



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Hanna Jääskeläinen ja Susanna Wiman

HULEVESIEN HAITTA-AINEET JA MIKRO- MUOVIT

Vaasan kaupungin hulevesien laadun seurantaohjelma

Tekniikka

2024

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Hanna Jääskeläinen ja Susanna Wiman
Opinnäytetyön nimi	Hulevesien haitta-aineet ja mikromuovit Vaasan Kaupungin hulevesien laadun seurantaohjelma
Vuosi	2024
Kieli	suomi
Sivumäärä	58 + 3 liitettä
Ohjaaja	Irma Hyry

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia hulevesien laatua, niiden sisältämiä haitta-aineita ja mikromuoveja kirjallisuustietoon pohjautuen. Kirjallisuuskatsauksen lisäksi toteutettiin Vaasan kaupungille hulevesien laadun seurantaohjelman suunnitelma. Tällä hetkellä Vaasan kaupunki seuraa hulevesien laatua kahdesti vuodessa ottamalla kerta-näytteet useasta eri tarkkailupisteestä ja vertailemalla näytteitä Tukholmassa laadittuun hulevesien laatuluokitukseen. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Vaasan kaupungin hulevesien laadullista seurantaamme kattavammaksi ja kustannustehokkaammaksi.

Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksessa määritellään, mitä hulevedet ovat, minkälaisia ympäristövaikutuksia niillä on ja perehdytään hulevesien laatuun sekä laadulliseen hallintaan. Lisäksi vertaillaan hulevesiä ja jätevesiä koskevaa lainsäädäntöä sekä niiden raja-arvoja. Vaasan kaupungin hulevesien laadun seurannan nykytilan arvioimiseksi tutkimusaineistona on käytetty KVVY Tutkimus Oy:n tuottamia tutkimusraportteja Vaasan hulevesitarkkailuista vuosilta 2018–2023.

Johtopäätöksenä todettiin, että paras tulos hulevesien laadullisen tilan seurannasta saadaan yhdistämällä jatkuvatoimisen vedenlaatumittarin käyttö kerta-näytteenottoon. Hulevesien laatua tulee seurata erityisesti sellaisilta alueilta, jotka antavat todenmukaisimman kuvan valuma-alueen hulevesien laadun tilasta. Tutkittavien parametrien valintaan vaikuttaa se, millaiset pitoisuuksien vaihtelut niillä on hulevesiseurannan aikana sekä kuinka hyödyllisiä niistä saatavat tulokset ovat tutkittavan alueen kannalta.

Avainsanat hulevesi, haitalliset aineet, mikromuovi, vedenlaatu, seurantaohjelma

ABSTRACT

Author	Hanna Jääskeläinen ja Susanna Wiman
Title	The Harmful Substances and Microplastics in Stormwater Quality Monitoring Program of Stormwater for the City of Vaasa
Vaasa	
Year	2024
Language	Finnish
Pages	58 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Irma Hyry

The purpose of this thesis was to research the quality of stormwater, the harmful substances and microplastics they contain based on literature. In addition to the literature review, a stormwater quality monitoring program plan was implemented for the City of Vaasa. Currently, the City of Vaasa is monitoring the quality of stormwater twice a year by taking discrete samples from multiple observation points and comparing them with the guideline values for stormwater contaminants developed in Stockholm. The aim of this thesis was to develop more comprehensive and cost-effective qualitative monitoring of stormwater for the city of Vaasa.

The literature review defines what stormwater is, what kind of environmental impacts they have and delves into the quality and qualitative management of stormwater. Additionally, legislation of stormwater and legislation of wastewater, as well as their limit values, were compared. To assess the current situation of stormwater quality monitoring in Vaasa, we used research reports produced by KVVY Tutkimus Oy on stormwater quality in the city of Vaasa from 2018 to 2023.

In conclusion, the best stormwater quality is achieved by combining continuous water quality monitor with discrete sampling. Stormwater quality should be monitored especially in areas that provide the most accurate representation of the stormwater quality status within the drainage basin. The selection of parameters researched depends on what kind of changes the concentrations have during the stormwater monitoring and on how useful the results are in terms of the researched area.

Keywords Stormwater, harmful substances, microplastic, water quality, quality monitoring program

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY.....	9
	2.1 Vaasan kaupunkiympäristön toimiala	9
	2.2 Vaasan kaupungin kuntatekniikka	10
3	HULEVESIEN MÄÄRITELMÄ JA SYNTY.....	11
	3.1 Hulevesien yleisimmät haitta-aineet ja mikromuovit	11
	3.2 Ympäristövaikutukset	12
	3.3 Haitta-aineiden päästölähteet.....	13
4	HULEVESIEN LAATU JA LAADULLINEN HALLINTA.....	15
	4.1 Hulevesien laadun mittarit	16
	4.2 Hulevesien laadun hallinnan tekniikat.....	16
	4.2.1 Ennaltaehkäisy	16
	4.2.2 Suodatus.....	17
	4.2.3 Laskeutusaltaat	18
	4.2.4 Biosuodatus.....	19
	4.2.5 Kosteikot	20
	4.2.6 Viherkatot.....	21
	4.2.7 Mikromuovien poisto hulevesistä.....	21
	4.3 Hulevesien hallinnan tulevaisuus.....	22
5	HULEVESIEN LAATU VERRATTUNA YHDYSKUNTIEN JÄTEVESIIN.....	25
	5.1 Hulevesien ja jätevesien laatua koskeva lainsäädäntö.....	25
	5.2 Hulevesien raja-arvot.....	26
	5.2.1 Raja-arvoehdotuksen tasot.....	26
	5.3 Jätevesien pitoisuus- ja käsittelyvaatimukset.....	27
6	VAASAN KAUPUNGIN HULEVESIEN LAADUN SEURANNAN NYKYTILANNE....	31

6.1	Mittausajankohdat.....	31
6.2	Tarkkailupisteet.....	32
6.3	Mittausmenetelmät	35
6.4	Parametrit	36
6.5	Tulokset.....	36
7	UUDEN HULEVESIEN LAADUN SEURANTAOHJELMAN SUUNNITELMA.....	41
7.1	Tavoitteet ja tarkoitus.....	41
7.2	Hulevesien laadun seuranta muissa kaupungeissa	41
7.2.1	Lappeenranta	41
7.2.2	Lahti.....	42
7.2.3	Kokkola	43
7.3	Parametrien valinta	43
7.4	Näytteenottotavan valinta.....	44
7.5	Näytteenottopisteiden valinta.....	45
7.6	Näytteenoton ajankohdan valinta	46
7.7	Näytteenottokustannukset.....	47
8	POHDINTA JA JATKOTUTKIMUSTARPEET	50
	LÄHTEET	52
	LIITTEET	59

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Vaasan kaupungin organisaatio. (Vaasan kaupunki, n.d.)	9
Kuva 2. Vaasan kaupunkiympäristön toimialan organisaatorakenne, muokattu versio. (Vaasan kaupunki, 2021.)	10
Kuva 3. Havainnekuva biosuodatuksesta. (Lehikoinen, 2015.)	20
Kuva 4. Vaasan hulevesien tarkkailupisteet sekä toteutunut näytteenotto. (Virtanen, 2023.)	32
Kuva 5. Tarkkailupiste 7, Järvikatu, Onkilahti. (Virtanen, 2018.).....	33
Kuva 6. Tarkkailupiste 9, Vaskiluodonsilta. (Virtanen, 2018.)	34
Kuva 7. Tarkkailupiste 11, Sanmarkinkatu. (Virtanen, 2018.)	35
Kuva 8. Hulevesien laadun vertailuarvot Tukholmassa. (Virtanen, 2023.).....	37
Kuva 9. Näytteiden perusanalyysitulokset verrattuna soveltuvin osin Tukholman laatuluokitukseen. (Virtanen, 2023.).....	38
Kuva 10. Näytteissä havaitut PAH-yhdisteiden summapitoisuudet verrattuna Tukholman veden laatuluokitukseen. (Virtanen, 2023.)	39
Kuva 11. Lika-aineiden laskennalliset vuorokausikuormitukset 2023. (Virtanen, 2023.)	40
Kuva 12. Metallien ja PAH-yhdisteiden summan laskennalliset vuorokausikuormitukset vuonna 2023. (Virtanen, 2023.).....	40
Kuva 13. Viiden automaattisen vedenlaatumittarin vuotuiset kustannukset. (Salmi ym., 2011.)	48
Taulukko 1. Päästölähteet Taajamissa. (Suomen kuntaliitto, 2012)	14
Taulukko 2. Ehdotetut ohjearvot hulevesipäästöille (Regionplane- och trafikkontoret,Stockholms läns landsting, 2009)	27
Taulukko 3. Yhdyskuntajätevesien biologisen käsittelyn vähimmäisvaatimukset. (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006, Liite A., Taulukko 1.)	28
Taulukko 4. Jätevesien käsittelyn vähimmäisvaatimukset ravinteiden poistolle. (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006, Liite A., Taulukko 2.)	28

Taulukko 5. Pättin jätevedenpuhdistamon pitoisuus- ja käsittelyvaatimukset. (aluehallintovirasto, 2017)	29
Taulukko 6. Pättin jätevedenpuhdistamon raja-arvot metalleille. (Vaasan Vesi, 2019)	29
Taulukko 7. Pättin jätevedenpuhdistamon raja-arvot muille aineille. (Vaasan Vesi, 2019)	30
Taulukko 8. Mittausajankohdat ja vuorokausisadannat. (Ilmatieteen laitos)	32
Taulukko 9. Kustannusarvio hulevesien laadun seurannasta Vaasassa.	47

1 JOHDANTO

Hulevesien laadullinen hallinta on erittäin ajankohtainen aihe. Ilmastonmuutoksen ja kaupunkialueiden tiivistyneen rakentamisen myötä hulevesiä käsittelevät kysymykset tulevat olemaan merkittävässä asemassa myös tulevaisuuden kaupunki- ja hulevesisuunnittelussa (Järvinen 2019, 5.). Hulevesien sisältämät haitta-aineet kulkeutuvat läpäisemättömiä pintoja pitkin vesistöihin, joissa niistä aiheutuu ympäristölle useita haittoja. Jotta hulevesien laatua saadaan parannettua ja niiden sisältämien haitta-aineiden määriä vähennettyä, tulee Vaasan kaupungin panostaa hulevesien hallintarakenteisiin ja hulevesien laadullisen hallinnan parantamiseen nyt ja tulevaisuudessa.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Vaasan kaupungin kuntatekniikka. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa Vaasan kaupungille uusi hulevesien laadun seurantaohjelman suunnitelma, jossa käydään läpi erilaisia ratkaisuja siihen, miten huleveden laadun seuranta voidaan parantaa mahdollisimman kustannustehokkaasti. Seurantaohjelman suunnitelmaa varten on haastateltu Lappeenrannan, Lahden ja Kokkolan kaupunkien asiantuntijoita hulevesien laadunseurannan toteutumisesta sekä sen kustannuksista, jotta saataisiin parempi kuva siitä, millaisia ratkaisuja hulevesien laadunseurantaan olisi mahdollista toteuttaa myös Vaasassa. Erilaisten laadunseurantamenetelmien kustannuksien selvittämiseen on käytetty hankkeiden ja tutkimusten kustannuslaskelmia sekä talousraportteja. Tällä hetkellä hulevesien laatua seurataan pelkästään kertanäytteiden avulla kaksi kertaa vuodessa, joten pitoisuuksien vaihtelut voivat olla suuria, eivätkä tulokset eivät anna totuudenmukaista kuvaa hulevesien laadullisesta tilasta.

Tutkimusmateriaalina tässä opinnäytetyössä on käytetty KVVY Tutkimus Oy:n tuottamia hulevesitarkkailuiden tutkimusraportteja vuosilta 2018–2023. Tutkimusraporteissa käsitellään muun muassa mitä haitta-aineita hulevedet sisältävät, millaisista kohdista hulevesien laatua on seurattu sekä minkälaisina ajankohtina näytteenottoa on toteutettu.

2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

Ylintä päätösvaltaa Vaasassa käyttää kaupunginvaltuusto. Valtuusto päättää Vaasan asioista ja on vastuussa kaupungin toiminnasta ja taloudesta. Kaupunginvaltuusto määrittää kaupunginhallituksen, jonka tehtävänä on johtaa kaupungin hallintoa ja valmistella valtuustossa käsiteltäviä asioita. Tämän lisäksi Vaasan kaupungin organisaatioon kuuluu monia lauta- ja johtokuntia, jotka valvovat ja ohjaavat omien tehtäväalueidensa toimintaa. Vaasan kaupungin organisaation rakennetta kuvataan kuvassa 1. (Vaasan kaupunki, n.d.)



Kuva 1. Vaasan kaupungin organisaatio. (Vaasan kaupunki, n.d.)

2.1 Vaasan kaupunkiympäristön toimiala

Vaasan kaupunkiympäristön toimiala on vastuussa vaasalaisten elinympäristöstä, kaupungin teknisestä infrastruktuurista ja palveluista. Kaupunkiympäristön toimiala jakautuu kolmeen lauta- ja johtokuntaan: kaupunkiympäristölautakuntaan, rakennus- ja ympäristölautakuntaan sekä teknisten liikelaitosten johtokuntaan. Vaasan kaupunkiympäristön toimialan organisaatorakennetta kuvataan kuvassa 2. (Vaasan kaupunki, n.d.)

Vaasan kaupunkiympäristö toimialan organisaatorakenne 1.8.2021-



Kuva 2. Vaasan kaupunkiympäristön toimialan organisaatorakenne, muokattu versio. (Vaasan kaupunki, 2021.)

2.2 Vaasan kaupungin kuntatekniikka

Opinnäytetyömme toimeksiantajana toimii Vaasan kaupungin kuntatekniikka. Kuntatekniikka on vastuussa hulevesien hallinnan järjestämisestä asemakaava-alueella. Lisäksi kuntatekniikka vastaa liikenteen, liikenneväylien, viheralueiden, yleisten alueiden, venesatamien sekä maa- ja vesirakenteiden suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta ja näihin liittyvistä laitteista. Kuntatekniikka vastaa myös yleisten alueiden vuokraamisesta. (Vaasan kaupunki, n.d.)

3 HULEVESIEN MÄÄRITELMÄ JA SYNTY

Hulevesi on maan pinnalta, rakennusten katoilta tai muilta vastaavilta, vettä läpäisemättömiltä pinnoilta pois johdettavaa sade- tai sulamisvettä. Myös perustusten kuivatusvedet luetaan hulevedeksi. (Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut, 2024)

Kaupunkialueilla syntyy erityisesti hulevesiä, koska kaupunkien maa-ala on pääasiassa tiivistä, vettä läpäisemätöntä pintaa kuten asfalttia. Täten veden imeytyminen maaperään ja haihtuminen kasvillisuuden kautta vähentyy.

Yleensä hulevesi johdetaan maanpinnoilta hulevesiviemäriin tai avo-ojiin, mistä se virtaa lähimpiin vesistöihin. Pääsääntöisesti hulevettä ei puhdisteta, vaan se johdetaan suoraan vesistöihin tai maastoon. Hulevettä ei myöskään saa johtaa jätevesiviemäriin (Vesihuoltolaki 17 d§), koska riskinä on, että rankkasateiden tai lumen sulamisaikaan viemäriverkosto täyttyy liikaa, eikä jätevedenpumppaamot pysty välittämään sitä eteenpäin ja syntyy ylivuoto (Vesilaitosyhdistys, n.d.).

3.1 Hulevesien yleisimmät haitta-aineet ja mikromuovit

Yleisimpiä hulevesien sisältämiä haitta-aineita ovat kiintoaine, ravinteet, metallit, öljyt, rasvat ja kloridit (Suomen ympäristökeskus, 2022). Lisäksi hulevesissä voidaan havaita yleensä pienempinä pitoisuuksina PAH-yhdisteitä, PFAS-yhdisteitä, mikromuoveja, raskasmetalleja ja bakteereita (Järveläinen, 2024). Suurin osa hulevesien sisältämistä haitta-aineista on sitoutuneena kiintoaineeseen, minkä ansiosta niiden poistaminen on kohtalaisen helppoa esimerkiksi erilaisilla suodatus-tekniikoilla tai laskeuttamalla. Pienempi osa haitta-aineista on liukoisessa muodossa. Nämä haitta-aineet pyritään pidättämään biologisesti aktiiviseen pintamaan ja kasvien juuristoon. (Suomen kuntaliitto, 2012, 11.)

Erilaiset haitta-aineet, kuten hiilivedyt, raskasmetallit, öljyt, mikromuovit ja muut kiintoaineet päätyvät siis suoraan vesistöihin, koska hulevesiä ei tarvitse erikseen käsitellä (Kuntaliitto, 2023). Haitta-aineita päätyy hulevesiin myös ilmalaskeuman

ja kaupungin infrastruktuurin kautta. Kaikki hulevesiin päätyvät haitta-aineet eivät kuitenkaan ole ihmistoiminnan aiheuttamia, vaan haitta-aineita kulkeutuu myös luonnollisista lähteistä, kuten kallio- ja maaperän eroosion kautta.

Hulevedet sisältävät myös paljon muita haitallisia aineita, joita ei ole tutkittu tarpeeksi. Kun haitta-aineet lopulta päätyvät maaperään ja vesistöihin, ne aiheuttavat erilaisia ympäristövaikutuksia.

3.2 Ympäristövaikutukset

Hulevesien ympäristövaikutuksia on viime aikoina alettu tutkimaan entistä enemmän ja uudet tutkimukset kertovat, etteivät hulevedet ole niin puhtaita kuin aiemmin on luultu (Ympäristöministeriö, 2023). Ne sisältävät useita vesistöjä ja ympäristöä kuormittavia haitta-aineita. Hulevedet saavat alkunsa sadevedestä ja lumesta, mutta kun ne valuvat pintoja pitkin, ne keräävät mukaansa erilaisia haitta-aineita, likaa ja roskia. Ilmastonmuutos tulee lisäämään sadeveden määrää, jonka takia myös huleveden määrä kasvaa tulevaisuudessa.

Haitta-aineet vaikuttavat muun muassa vedenlaatuun ja veden käyttökelpoisuuteen sekä osa aineista vaikuttaa haitallisesti vesieliöstöön. Myös pohjavesien laatu ja määrä saattavat kärsiä hulevesistä. Sillä mitä enemmän on rakennettua ympäristöä, sitä vähemmän sade- ja sulamisvesiä pääsee imeytymään maaperään, jolloin uutta pohjavettä ei myöskään pääse muodostumaan. (Valtanen ym., 2023)

Hulevesien kuljettamat haitta-aineet voivat aiheuttaa vakavia ympäristövaikutuksia etenkin vesistöille ja vesieliöstölle. Näitä vaikutuksia voivat olla esimerkiksi veden saastuminen, ekosysteemien häiriintyminen ja jopa kalakuolemat. Eri haitta-aineet aiheuttavat erilaisia ympäristövaikutuksia ja esimerkiksi kiintoaine sekä ravinteet, kuten fosfori ja typpi, edistävät vesistön rehevöitymistä ja lisäävät veden sameutumista. Rehevöityminen vähentää vesistöjen happipitoisuutta, mikä voi aiheuttaa kalakuolemia. Eläinten ulosteista taas kulkeutuu hulevesiin bakteereja, mikä voi heikentää pohjaveden laatua ja vaikuttaa vesistön virkistysmahdollisuuksiin.

siin. Autonrenkaiden kuluminen kuormittaa hulevesiä mikromuoveilla ja raskasmetalleilla. Mikromuovit aiheuttavat kroonisia vaikutuksia esimerkiksi kaloille, joita voivat olla muun muassa hidastunut kasvu ja poikastuotannon vähentyminen. Lisäksi mikromuovit kertyvät ravintoverkon muihin eliöihin. Niitä esiintyy laajasti vesistöissä ja ne hajoavat hitaasti. Metallit taas ovat erityisen myrkyllisiä vedessä eläville eliöille, koska osa niistä rikastuu ravintoverkossa, ja ne aiheuttavat muutoksia solutasolla, jotka vaikuttavat vesieliöiden kasvuun ja kehitykseen. (Valtanen ym., 2023) Maanmuokkaus- ja rakentamistoimet happamalla sulfaattimailla aiheuttavat maaperän happamoitumista ja happaman valunnan lisääntymistä, jolloin purkuvesistön happamuus saattaa kasvaa ja metalleja kulkeutuu vesistöön aiempaa enemmän. Kun hulevedet purkautuvat pinta-alallisesti pieniin vesistöihin, kuten ojiin tai puroihin, vesistöjen haitalliset kuormitukset korostuvat enemmän. (Suomen Ympäristökeskus, 2022)

Haittavaikutukset voivat ilmetä heti tai vasta ajan kuluessa, joten hulevesikuormituksen vaikutukset voidaan jakaa lyhytaikaisiin eli akuutteihin vaikutuksiin tai kroonisiin vaikutuksiin, jotka ilmenevät pidemmällä aikavälillä. Akuutit vaikutukset kestävät tyypillisesti muutamista tunneista päiviin, kun taas kroonisten vaikutusten kesto voi vaihdella kuukausista vuosikymmeniin. Vesistön rehevöityminen on esimerkki kroonisesta vaikutuksesta. (Valtanen ym., 2023, 33.).

3.3 Haitta-aineiden päästölähteet

Haitta-aineita päätyy hulevesiin useista eri päästölähteistä muun muassa kuiva- ja märkälasseumana, liikenteestä, rakennusmateriaalien kulumisesta ja korroosiosta sekä teollisuudesta (taulukko 1). Liikenteestä huuhtoutuu hulevesiin erityisesti tiettyjä metalleja, kiintoainetta, öljyä, kloridia sekä fosforia ja typpeä. Mikromuovin suurimpana päästölähteenä taas on ajoneuvojen renkaiden, jarrujen ja tienpäällysteiden kuluminen. Taajama-alueiden hulevesien haitta-aineiden päästölähteisiin on alettu kiinnittämään enemmän huomiota, jotta mahdollisia haittoja voitaisiin pienentää. Osa toiminnoista tai maankäyttömuodoista vaatii hulevesien

erityistarkastelua, kuten rakennustyömaat ja lentokentät. Esimerkiksi rakennustyömaat voivat vaikuttaa merkittävästi valuma-alueelta mitattavaan kokonaiskuormitukseen, sillä työmailta huuhtoutuu eroosion myötä suuria kiintoainemääriä hulevesiin. Maankäytöllä on siis suuri vaikutus hulevesissä esiintyviin haitta-aineisiin, sillä esimerkiksi asuinalueiden vesistä löytyy runsaasti bakteereja ja ravinteita, kun taas teollisuus- ja liikennealueilta löytyy enemmän metalleja. (Kuntaliitto, 2012)

Taulukko 1. Päästölähteet Taajamissa. (Suomen kuntaliitto, 2012.)

Päästölähde	Haittojen synty ja syyt	Haitta-aineet hulevesissä
Liikenne ja liikennealueet	Renkaiden ja tienpintojen kuluminen, öljy- ja polttoainevuodot, pakokaasut, teiden suo- laus	kiintoaine, metallit, öljyt ja muut hiilivedyt, kloridit
Rakennukset ja katutila	Rakennusmateriaalien (esim. kattopintojen) kuluminen ja korroosio, roskat, eläinten jätökset	metallit, muovit ja muut roskien sisältämät aineet, mikrobit
Teollisuus- ja liikealueet	Raaka-aineiden ja tuotteiden käsittely, lastaus ja varastointi, liikenne ja ajoneuvojen huolto	öljyt, kemikaalit, metallit, muovit ym., toiminnasta riippuen
Viheralueet ja pihat	Lannoitteet, torjunta-aineet, puutarhajätteet ja muu orgaaninen aines, roskat, eläinten jätökset	ravinteet, kemikaalit, muovit ym., orgaaniset yhdisteet, mikrobit
Rakennus- ja kunnostustyöt	Kaivutyöt, rakennusjätteet, vuodot, huono jätevesihuolto	maa-aines, öljyt, muovit, mikrobit, ravinteet
Vesi- ja jätevesihuolto	Putkirikot ja ylivuodot, huoltotyöt, väärät kytkennät (esim. prosessivesiä hulevesiin)	mikrobit, ravinteet, orgaaniset yhdisteet, öljyt ym., maa-aines
Kotitalouksien jätehuolto	Jätteiden huolimaton käsittely ja väärä hävittäminen	öljyt, maalit, liuotteet, metallit, orgaaniset yhdisteet, muovit ym.
Laskeuma ilmasta	Päästöt ilmaan liikenteestä, teollisuudesta, lämmityksestä ja energiantuotannosta	PAH ja muut orgaaniset yhdisteet, metallit, typen ja rikin oksidit

4 HULEVESIEN LAATU JA LAADULLINEN HALLINTA

Huleveden laadun määrittää se, minkälaisia haitta-aineita hulevesi sisältää, ja kuinka suurina pitoisuuksina. Siihen, kuinka paljon haitta-aineita hulevesi pitää sisällään vaikuttaa useat erilaiset seikat, jotka voidaan jakaa kahteen yläkategoriaan. Nämä kategoriat ovat: valuma-alueen ominaisuudet ja sääolosuhteista riippuvat tekijät. (Järveläinen, 2024)

Valuma-alueen ominaisuudet heijastavat alueen kaavoituksen ja suunnittelun aikana tehtyjä valintoja, jotka vaikuttavat alueen hulevesien laatuun ja niiden hallintaan. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi alueen pintojen läpäisevyys, alueen maankäyttö, hulevesien hallinnan ratkaisut sekä mahdolliset pistekuormituslähteet, kuten teollisuuslaitokset. Näiden ominaisuuksien huolellinen suunnittelu kaavoitusprosessin aikana mahdollistaa paremman hulevesien laadun ja näin vähentää hulevesien aiheuttamia haittoja. Huleveden laatu on pääsääntöisesti huonoin, tiiviisti rakennetuilla alueilla ja sellaisilla alueilla, joissa läpäisevien pintojen määrä on vähäinen. (Järveläinen, 2024)

Sääolosuhteista riippuvat tekijät ovat sellaisia, joihin ei pystytä vaikuttamaan ihmistoiminnalla. Näitä tekijöitä ovat sadetta edeltävän kuivan ajan pituus, sateen kesto ja sademäärä, sateen rankkuus, vuodenajat ja sateen olomuoto. Mitä pidempään kuivempi ajanjakso on kestänyt ennen sadetta, sitä enemmän pinnoille on ehtinyt kertymään haitta-aineita, jotka lopulta huuhtoutuvat hulevesien mukana eteenpäin. (Järveläinen, 2024)

Suomessa hulevesien hallinta on perinteisesti keskittynyt määrälliseen hallintaan, jolla on pyritty vähentämään hulevesistä aiheutuvia tulvahaittoja. Viime vuosien aikana hulevesien määrällisen hallinnan rinnalle on noussut myös niiden laadullinen hallinta (Järveläinen 2019, 5.). Hulevesien laadullisen hallinnan tavoitteena on vähentää hulevesien sisältämien haitta-aineiden määrää ja tämän kautta niiden ympäristölle haitallisia vaikutuksia.

4.1 Hulevesien laadun mittarit

Hulevesien laatua voidaan tarkastella aineiden pitoisuuksina, aineiden kokonaiskuormana tai parametrien arvoina. Parametreinä voivat olla esimerkiksi pH, sähkönjohtokyky tai sameus. Aineen pitoisuus kertoo hetkellisestä pitoisuudesta, joka kertoo vedenlaadusta tietyllä ajanottohetkellä. Pitoisuus on tyypillisin mitattu suure hulevesien tarkkailuohjelmissa. EMC (event mean concentration) eli yhden sade- tai sulamistapahtuman keskimääräinen pitoisuus taas kertoo yhden tapahtuman aikana mitattujen pitoisuuksien virtaamalla painotetun keskimääräisen pitoisuuden. EMC on luotettavampi arvo hulevesien laadun tarkkailussa kuin hetkellinen pitoisuus, sillä sade- tai sulamistapahtumien aikana vedenlaatu saattaa vaihdella moninkertaisesti. Jos huleveden laatua seurataan, on tällöin hyvä laatia kattava mittausohjelma, joka seuraa pitoisuuden lisäksi myös virtaamaa sekä virtaaman ja laadun ajallista muutosta. (Valtanen ym., 2023)

4.2 Hulevesien laadun hallinnan tekniikat

Hulevesien laadun hallintaan on kehitetty useita erilaisia tekniikoita. Ensisijaisesti hulevesien laadunhallinnassa pyritään estämään likaisten hulevesien muodostumista. Ensisijainen tapa parantaa huleveden laatua on valuma-alueen maankäyttöön ja toimintoihin vaikuttaminen. Jos näillä toimenpiteillä ei saavuteta tarpeeksi hyvää hulevesien laatua, voidaan laatua parantaa erilaisten hallintarakenteiden avulla. (Valtanen ym., 2023)

4.2.1 Ennaltaehkäisy

Laadullisessa hallinnassa tulisi ensisijaisesti tähdätä päästölähteiden vähentämiseen, päästöjen ennaltaehkäisyyn sekä hulevesien huomioimiseen jo kaavoituksessa ja suunnittelussa (Suomen kuntaliitto 2012, 92.). Hyvällä hulevesien hallinnan suunnittelulla pystytään välttämään kaupunkirakenteen tiivistymisestä johtuvia hulevesien ympäristöhaittoja sekä varautumaan ilmastonmuutokseen (Sitowise, n.d.). Huolellisesti suunnitellut hulevesirakenteet lisäävät myös kaupunkialueen viihtyisyyttä ja edistävät luonnon monimuotoisuutta. Hulevesiin kulkeutuvia

päästöjä voidaan ennaltaehkäistä lisäämällä ihmisten tietoisuutta ja antamalla kattavaa ohjeistusta siitä, miten esimerkiksi tupakantumpin tai koiran jätösten maahan jättäminen vaikuttaa hulevesien ja sitä kautta muiden vesistöjen laatuun. Hulevesiä puhdistavista käsittelymenetelmistä huolimattakin hulevesien sisältämiä haitta-aineita, kuten raskasmetalleja, päätyy hieman luontoon. Tämänkin takia ennaltaehkäisy hulevesien laadun hallinnassa on todella tärkeässä asemassa (Vakkilainen ym., 2005, 77.).

4.2.2 Suodatus

Suodatusta hyödynnetään hulevesien laadun parantamiseen silloin, kun rakenteissa ei ole merkittävää kasvillisuutta. Käsittelyprosessi pohjautuu tällöin fysikaaliskemiallisiin menetelmiin eli fysikaalisiin suodatusprosesseihin ja kemiallisiin reaktioihin. Tällöin suodatuksen perustana on kiintoaineksen fysikaalinen tarttuminen suodatinmateriaaliin tai kemiallisten sidosten ja yhdisteiden muodostuminen veden aineiden ja suodatin materiaalin välille. Suodattavat rakenteet voidaan toteuttaa läpäisevinä päällysteinä ja tällöin ne toimivat hyvin esimerkiksi pysäköintialueilla muodostuvien hulevesien käsittelyssä. Läpäisevä päällyste ja sen alapuolinen suodatinrakenne voi muodostua esimerkiksi vettä läpäisevästä sorapinnasta ja päällysteen alla olevista kiviainekerroksista, jotka toimivat suodatinrakenteina. (Valtananen ym., 2023) Suodatinmateriaalien tehtävänä on pidättää jo hulevesissä olevia haitta-aineita, kuten kiintoainesta, metalleja ja bakteereja, jolloin ne eivät kulkeudu suoraan maaperään ja vesistöihin.

Suodatuksessa yleisimpänä ongelmana on suodatinmateriaalien tukkeutuminen. Suodatinmateriaalit vaativat säännöllistä puhdistamista, sillä esimerkiksi hiekoi-tushiekka tukkii läpäisevien päällysteiden suodatinmateriaaleja ja kaivokohtaiset suodattimet saattavat tukkeutua roskista ja muista epäpuhtauksista.

Markkinoilla on nykyään tarjolla useita erilaisia suodatinratkaisuja, jotka tarjoavat helpotusta hulevesien käsittelyyn ja suodatuksen. Esimerkiksi Watecin kehittämä Filtro-hulevesisuodatin on patentoitu kaivokohtainen hulevesisuodatin. Watecin

kehittämä hulevesisuodatin muun muassa kierrättää tekonurmikenttien rengasrouheen, poistaa mikromuoveja katu- ja kaupunkialueiden hulevesistä ja estää veden roskaantumista. Suodatin myös parantaa kaupunkipurojen ja -vesistöjen vedenlaatua. Filtro-kaivosuodatin voidaan asentaa jälkikäteen kaivoihin, jolloin se puhdistaa niiden kautta kulkeutuvat hulevedet tai se voidaan asentaa jo rakennusvaiheessa, jolloin se puhdistaa samalla myös rakennustyömaan hulevedet. (Watec Consulting, n.d.)

Uponor valmistaa myös erilaisia hulevesien suodatinkaivoja, kuten Uponor Smart Trap -hulevesikaivoa ja Uponor-suodatinkaivoa. Uponor Smart Trap -hulevesikäivon käyttökohteiksi on suunniteltu sade- ja hulevesiputkistot. Kaivo voidaan sijoittaa myös kosteikkojen, viivytyssäiliöiden ja imeytysratkaisujen yhteyteen. Uponor Smart Trap estää kiintoaineita ja niihin sitoutuneita epäpuhtauksia huuhtoutumasta hulevesien mukana vesistöihin ja se voidaan asentaa sekä uusiin että vanhoihin kaivoihin. Uponor-suodatinkaivossa taas on modulaarinen suodatin, joka suodattaa hulevesistä kiintoainesta, bakteereita, öljyä, fosforia ja metalleja. Hulevedet käsitellään sekä selkeyttämällä että suodattamalla. Raskaammat epäpuhtaudet laskeutuvat kaivon pohjalle ja suodatin poistaa ulosmenevästä vedestä hienojakoisen aineksen. Suodatinkaivoa käytetään paikoissa, joissa puhdistusvaatimukset ovat korkeita, esimerkiksi pysäköinti- ja teollisuusalueilla. (Uponor, n.d.) Sekä Uponorin että Watecin suodattimien eliniäksi on arvioitu noin viisi vuotta, jonka jälkeen ne vaihdetaan uusiin.

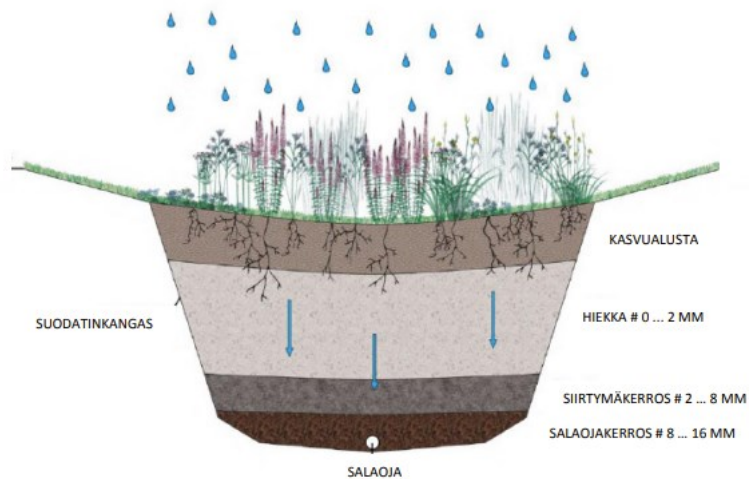
4.2.3 Laskeutusaltaat

Laskeutusallas soveltuu etenkin runsaasti kiintoaineita sisältävien hulevesien käsittelyyn. Tällaisia hulevesiä voivat olla muun muassa työmaavedet. Hulevesien virtaus hidastuu laskeutusaltaaseen saapuessa altaan suuren pinta-alan ja vesitilavuuden ansiosta. Virtauksen hidastumisen seurauksena veden sisältämä kiintoaines laskeutuu altaan pohjalle painovoiman vaikutuksesta. (Valtanen ym., 2023,

63.) Laskeutusaltaan mitoitus on erittäin tärkeää, sillä liian pienessä altaassa veden virtaus ei pääse hidastumaan tarpeeksi, eikä kiintoaines ehdi laskeutumaan (Maa- ja metsätalousministeriö, n.d.).

4.2.4 Biosuodatus

Biosuodatuksella viitataan prosessiin, jossa hulevesi suodatetaan ja puhdistetaan kuljettamalla se orgaanisten maakerrosten läpi (Suomen kuntaliitto ry 2017, 6.). Biosuodattimen rakenne koostuu useimmiten kasvualustakerroksesta, suodatin-kerroksesta, siirtymäkerroksesta tai suodatinkankaasta ja salaojakerroksesta, joita havainnollistetaan kuvassa 3. Suodattuessa maakerrosten läpi hulevedestä irtoaa erilaisia haitta-aineita sitoutumalla maaperään, mikrobiologisen toiminnan sekä kasvien aineiden pidättämisen myötä. Maaperän läpi suodattunut hulevesi joko imeytetään pohjamaahan tai useimmiten kerätään pois salaojaviemärillä tai -kerroksella. Biologisen toiminnan tukemiseksi biosuodattimien kasvillisuus, sille so- piva kasvualusta ja suodatinmateriaalit valitaan huolellisesti. Biosuodattimen kas- villisuuden täytyy sietää hyvin vaihtelevia vesi- ja sääoloja, suodattimen kuivu- mista helteillä ja hulevesien talvisin sisältämää tiesuolaa. Suodatinkerroksen rae- koon tulee kasvaa, mitä syvemmälle kerroksissa mennään. Näin voidaan välttyä kasvien juurten kasvua hankaloittavien ja helposti tukkeutuvien suodatinkankai- den käytöltä rakennekerrosten välissä. (Valtanen ym., 2023, 55.)



Kuva 3. Havainnekuva biosuodatuksesta. (Lehikoinen, 2015.)

4.2.5 Kosteikot

Kosteikot ovat alueita, jotka ovat kokonaan tai osittain kasvillisuuden peitossa, ja jotka ovat pysyvästi tai tilapäisesti veden peittämiä. Kosteikoista tulisi löytyä sekä syvän avoveden että matalan veden alueita ja myös ajoittain kuivuvia tulvaniittyjä, jotta kosteikon biologinen toiminta olisi mahdollisimman tehokasta ja monipuolista (Valtanen ym., 2023). Kosteikkojen avulla pyritään hallitsemaan hulevesiä, sillä ne hidastavat veden virtaamaa ja viivyttävät tulvia. Ne parantavat myös veden laatua, koska ne ehkäisevät huleveden mukana tulevien ravinteiden ja kiintoainesten pääsyä vesistöihin (Pien-Saimaa). Kosteikot lisäävät myös luonnon monimuotoisuutta, sillä useat eri lajit viihtyvät ja hyötyvät kosteikkojen tarjoamasta elinympäristöstä. Samalla ne tuovat maisemaan viihtyisyyttä vehreydellään.

Kosteikkoihin voi kuitenkin liittyä ongelmia, kuten oikovirtauksia, pyörteitä, ylikuormitusta sekä jäätymisestä aiheutuvia haittoja (Valtanen ym., 2023). Oikeanlaisella suunnittelulla ja mitoituksella kuitenkin vältytään näiltä ongelmilta.

Kosteikkoja täytyy hoitaa ja kunnossapitää tietyin väliajoin, jotta niistä saatava hyöty ja toiminta olisi mahdollisimman tehokasta. Kosteikosta tulisi poistaa kaikki

ylimääräinen eli roskat, vierasesineet, liian runsas kasvillisuus sekä kosteikkoon kerääntynyt kiintoaines. Lietettä poistetaan kosteikoista tarpeen vaatiessa esimerkiksi kaivinkoneella. Kosteikkojen yleinen tavoite kuitenkin on, että ne toimivat vähällä hoidolla. (Kasvio ym., 2016)

4.2.6 Viherkatot

Viherkatolla tarkoitetaan kattoa, jonka päälle on istutettu kasvillisuutta ja rakennettu kasvillisuuden vaatimat alusrakenteet (Tieteen termipankki, 2015). Niiden avulla pystytään käsittelemään hulevesiä jo niiden syntyapaikalla. Viherkatot vähentävät valuntahuippuja tehokkaasti, koska ne viivästyttävät hulevesien valuntaa ja vähentävät kokonaisvaluntaa. Kokonaisvalunta vähenee osan vedestä imeytyessä viherkaton kasvillisuuteen ja haihtuessa siitä takaisin ilmakehään. Kattojen kasvillisuuden juuriston mikrobiologinen toiminta sekä veden suodattuminen viherkaton läpi puhdistaa siitä epäpuhtauksia. Rankkojen sateiden seurauksena viherkattojen kyky puhdistaa vettä heikkenee, sillä vesi kulkeutuu liian nopeasti kasvukerroksen läpi, eikä mikrobit ehdi käsittelemään läpi kulkeutuvaa vettä. Viherkatot ovat siis tehokkaimpia silloin, kun sademäärät pysyvät pieninä. Kattojen tehokkuuteen vaikuttaa myös kasvualustan tyyppi sekä paksuus, katon kasvilajit ja katon kaltevuus. Jos viherkaton kasvillisuuden kasvatukseen käytetään lannoitteita, voivat ne liueta veden mukana ja viherkatosta voi pahimmillaan syntyä uusi vesistökuormituksen lähde (Laurila ym., 2014, 14–16.).

Viherkatot ovat kuitenkin tehokas ratkaisu hulevesien hallinnassa etenkin tiiviisti rakennetuilla kaupunkialueilla, joissa maanpinnan tasossa ei ole tarpeeksi pintaa, mutta kattopinta-alaa on runsaasti. Yksinkertaisimmillaan viherkatto voi koostua juurisuojusta, kasvualustasta ja kasvillisuudesta. Lisäksi siihen voi sisältyä erilaiset salaoja- ja vedenpidätyskerrokset (Laurila ym., 2014, 11, 15.).

4.2.7 Mikromuovien poisto hulevesistä

Mikromuovia päätyy vesistöihin etenkin hule- ja jätevesien kautta ja suurin mikromuovin lähde on liikenne. Vesistöjen mikromuoveista noin 69–81 % arvioidaan

olevan sekundaarista mikromuovia. Sekundaariset mikromuovit syntyvät suurempien muovikappaleiden hajotessa, joten olisi tärkeä ennaltaehkäistä myös makromuovin päätymistä vesistöihin. (Valtanen ym., 2023).

Mikromuovin määrää voidaan kuitenkin vähentää hulevesissä erilaisin menetelmin ja nykyisin suurin osa käytetyistä menetelmistä perustuu suodatukseen. Suodatuksessa mikromuovi tarttuu joko mekaanisesti kiinni tai sitoutuu kemiallisesti suodatinmateriaaliin. Suodatukseen käytetään siihen tarkoitettuja suodattimia ja niissä voidaan käyttää erilaisia materiaaleja, kuten biohiiltä tai suodatushiekkaa, tai hulevedet voidaan suodattaa esimerkiksi maaperän avulla imeyttämällä. Mikromuoveista liukenee myös erilaisia lisäaineita, joiden poistaminen on haastavampaa kuin mikromuovipartikkeleiden. Niiden poistaminen hulevesistä voi vaatia erilaisia suodattimia ja kemiallisia menetelmiä (Valtanen ym., 2023, 73.).

4.3 Hulevesien hallinnan tulevaisuus

Hulevesien hallinnan merkitys tulee korostumaan entisestään ilmastonmuutoksen sekä kaupunkirakenteen tiivistymisen myötä. Ilmastonmuutoksen seurauksena sään ääri-ilmiöt, kuten rankkasateet, tulvat ja kuivakaudet yleistyvät. Talvet ovat tulevaisuudessa yhä sateisempia ja rikkonaisempia, eli sulantajaksojen määrät lisääntyvät. Rankkasateet, rikkonaiset talvet ja kuivakaudet vaikuttavat kaikki hulevesiä vastaanottavien vesien laatuun. Hulevesijärjestelmiä suunniteltaessa ja mitoitettaessa tulee nykytilanteen lisäksi huomioida ilmastonmuutoksen aiheuttamat seikat, jotta riskit saadaan minimoitua. (Järveläinen, 2024)

Kaupungistuminen on globaali megatrendi, joka johtaa siihen, että yhä useampi ihminen asuu kaupunkiseudulla ja suurin osa toiminnoista keskittyy kaupunkeihin (Suomen ympäristökeskus, 2023). Mitä enemmän ihmisiä haluaa asua kaupungeissa, sitä enemmän tarvitaan asuinalueita. Uusien asuinalueiden rakentaminen tapahtuu usein viheralueiden ja kaupunkimetsien kustannuksella, minkä seurauksena läpäisevän pinnan määrä vähenee (Jylhä, 2022). Läpäisevien pintojen väheneminen lisää hulevesistä aiheutuvia tulvia ja niiden mukana kulkeutuvia haitta-

aineita. Tulevaisuuden kannalta on otollista integroida hulevesirakenteet myös osaksi tiiviitä kaupunkirakenteita muun muassa viherkattojen ja -seinien sekä bio-suodatuspainanteiden muodossa.

Vaasan kaupungissa on tänä vuonna käynnistynyt noin vuoden pituinen KUHA eli ”Kuormitus haltuun – Vaasan keskusta-alueen kaupunkivesien hallintasuunnitelma” hanke. Hanke on saanut rahoitusta ympäristöministeriön vesiensuojelun tehostamisohjelmasta. Hankkeen tarkoituksena on luoda Vaasan keskusta-alueelle kaupunkivesien hallintasuunnitelma, jonka avulla pyritään vähentämään hulevesien ja rankkasateiden aiheuttamien viemärylivuotojen ympäristö- ja vesistökuormitusta. Hallintasuunnitelman pääpaino on paikallisessa lähtötilanneanalyysissä, johon sisältyy viemäreiden selvitystyö ja kuormituksen arviointi. Uudella jätevesiviemärimallista ja hulevesimallista koostuvalla yhdistelmämallilla voidaan tarkastella kuormituksen muodostumista eri tilanteissa. Hallintasuunnitelman tavoitteet ja sen vaatimat toimenpiteet määräytyvät ylivuotoriskien ja kuormituksen arvioinnin perusteella. (Vaasan kaupunki, 2024)

IoT eli Internet of Things -pohjaiset ratkaisut ovat yleistymässä myös hulevesien hallinnassa. IoT -teknologian avulla on mahdollista kerätä dataa useasta eri mittauspisteestä reaaliaikaisesti. Näin esim. hulevesien laadun seurannasta ja analysoinnista saataisiin tehtyä tarkempaa ja luotettavampaa. IoT -sensoreilla pystyttäisiin myös seuraamaan sademääriä ja vedenpintojen korkeutta. Ennustavan analytiikan sekä IoT -datan avulla olisi myös mahdollista ennustaa hulevesien käyttäytymistä esimerkiksi niiden virtaamaa. Näin pystyttäisiin paremmin varautumaan ja kartoittamaan resursseja myrskyjen ja rankkasateiden varalle. (Rainplan, 2023)

Vaasassa on käynnistynyt huhtikuussa 2024 hanke, jossa hyödynnetään IoT -teknologiaa. Vaasan kaupunki valitsi IoT -alustan, liikenteen tilannekuvan ja kiinteistöjen energiadatan seurannan palveluntuottajaksi vaasalaisen ohjelmistotalon Wapice Oy:n. Hanke rahoitetaan EU:n innovaatioekosysteemisopimuksen kautta ja sen kokonaisbudjetti kahden vuoden sopimuskaudelle on 105 000 €. IoT -alus-

tan avulla Vaasan kaupunki ottaa huomattavan askeleen kohti tietopohjaista päätöksentekoa ja kestävästä kehitystä. Alustan avulla on mahdollista tutkia kaupungin dynamiikkaa, energiatehokkuutta, liikenteen sujuvuutta sekä monia muita tärkeitä ja keskeisiä teemoja. IoT -alustan hyödyntäminen aloitetaan liikenteestä, mutta tulevaisuudessa sitä on mahdollista hyödyntää muillakin osa-alueilla, kuten hulevesien hallinnassa ja laadun seurannassa. (Vaasan kaupunki, 2024)

5 HULEVESIEN LAATU VERRATTUNA YHDYSKUNTIEN JÄTEVESIIN

5.1 Hulevesien ja jätevesien laatua koskeva lainsäädäntö

Pääsääntöisesti hulevesien hallintaa sääntelee maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999). Tämä laki asettaa yleiset tavoitteet hulevesien hallinnalle etenkin asemakaava-alueella sekä määrittää, mistä toimista hulevesien hallinta koostuu. Lisäksi laki määrittää hulevesien hallinnan vastuutahot. (Suomen ympäristökeskus, 2022) Vaikka maankäyttö- ja rakennuslaki käsittelee hulevesiä ja niiden hallintaa laajasti, se ei juuri ota kantaa niiden laatuun. Yksi maankäyttö- ja rakennuslain hulevesien hallinnan yleisistä tavoitteista on kuitenkin ”ehkäistä hulevesistä ympäristölle ja kiinteistölle aiheutuvia haittoja ja vahinkoja ottaen huomioon myös ilmaston muuttuminen pitkällä aikavälillä” (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 103 c §). Tämän voidaan ymmärtää viittaavan myös niihin, haittoihin, joita hulevesien mukana kulkeutuvat haitalliset aineet voivat aiheuttaa ympäristölle. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan ”Kunnan määräämä monijäseninen toimielin voi antaa kuntaa tai kunnan osaa koskevia tarkempia määräyksiä hulevesien hallinnasta” (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 103 j §). Yksi osa-alue, jota määräykset voivat koskea on hulevesien laatu. Hulevesien laadunhallinta on siis kuntien itsensä päätettävissä, eikä erinäisiä toimia siihen ole määritetty lainsäädännössä.

Toisin kuin hulevesillä jätevesillä on niiden puhdistamista koskevia vaatimuksia, jotka on määritetty ympäristönsuojelulaissa (527/2014). Ympäristönsuojelulain mukaan ”Talousjätevedet on puhdistettava siten, että ympäristöön aiheutuva kuormitus vähenee orgaanisen aineen osalta vähintään 80 prosenttia, kokonaisfosforin osalta vähintään 70 prosenttia ja kokonaistypen osalta vähintään 30 prosenttia verrattuna haja-asutuksen kuormitusluvun avulla määritettyyn käsittelemättömän jäteveden kuormitukseen” (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 154 b §). Ympäristönsuojelulaissa on kirjattu, että ”Talousjätevedet on käsiteltävä ennen niiden johtamista maahan, vesistöön taikka ojaan, tekolammikkoon tai 1 luvun 3§:n 1 momentin 6 kohdan mukaiseen noroon. Muut kuin vesikäymälän jätevedet

voidaan johtaa puhdistamatta maahan, jos niiden määrä on vähäinen eikä niistä aiheudu ympäristön pilaantumisen vaaraa” (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 155 §).

5.2 Hulevesien raja-arvot

Hulevesien haitta-ainepitoisuuksille ei ole Suomen lainsäädännössä asetettu raja-arvoja. Useissa Suomen hulevesien laatuun liittyvissä tutkimuksissa onkin käytetty vertailukohteena Ruotsissa Tukholman läänin hulevesille annettuja raja-arvoja. (Kerkkänen ym., 2019, 20.)

Tukholman läänin huleveden raja-arvot ovat määritetty useiden tutkimusten ja vesipuitedirektiivin ympäristölaatunormien perusteella. Tukholman läänin raja-arvoehdotus koostuu viidestä tasosta, jotka määräytyvät sen perusteella, missä päästö tapahtuu valuma-alueella, ja kohdistuuko kuormitus pieneen vai suureen vesistöön. Mitä pienempään vesistöön hulevesi kulkeutuu ja mitä lähempänä vesistöä päästö tapahtuu, sitä ankarampi raja-arvo on. Raja-arvot ovat kokonaispitoisuuksien vuosikeskiarvoja, joiden määrittämisessä on huomioitu taustapitoisuudet, normaalimitoitettun puhdistuslaitteiston puhdistuskyvyt sekä, missä kyseistä ainetta kannattaa puhdistaa. (Airola ym., 2014, 24–25.)

5.2.1 Raja-arvoehdotuksen tasot

Raja-arvoehdotuksen viisi eri tasoa ovat: 1M, 2M, 1S, 2S ja 3VU. Alla olevasta taulukosta 2. löytyvät jokaista tasoa koskevat eri aineiden raja-arvot. M-kirjain kuvaa pienempiä järviä, vesistöjä sekä merenlahtia, S-kirjain kuvaa isompia järviä sekä meriä ja 3VU tarkoittaa toiminnanharjoittajia. Tasot 1M ja 1S koskevat hulevesiä, jotka kulkeutuvat sellaisinaan vastaanottaviin vesistöihin. 2M- ja 2S-tasot koskevat osavaluma-alueita, jotka sijaitsevat ylävirtaan vastaanottavan vesistön purkukohtaan nähden. Taso 3VU koskee toiminnanharjoittajia.

Taulukko 2. Ehdotetut ohjearvot hulevesipäästöille. (Regionplane- och trafikkontoret, Stockholms Läns landsting, 2009.)

	Taso	Pienemmät järvet, vesistöt ja merenlahdet		Isommat järvet ja meret		Toiminnanharjoittajat
		1M	2M	1S	2S	
Haitta-aine	Yksikkö					
fosfori (P)	µg/l	160	175	200	250	250
typpi (N)	mg/l	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
lyijy (Pb)	µg/l	8	10	10	15	15
kupari (Cu)	µg/l	18	30	30	40	40
sinkki (Zn)	µg/l	75	90	90	125	150
kadmium (Cd)	µg/l	0,4	0,5	0,45	0,5	0,5
kromi (Cr)	µg/l	10	15	15	25	25
nikkeli (Ni)	µg/l	15	30	20	30	30
elohopea (Hg)	µg/l	0,03	0,07	0,05	0,07	0,1
kiintoaine	mg/l	40	60	50	75	100
öljyindeksi	mg/l	0,4	0,7	0,5	0,7	1,0
bentso(a)pyreeni	µg/l	0,03	0,07	0,05	0,07	0,1

5.3 Jätevesien pitoisuus- ja käsittelyvaatimukset

Jätevesille on asetettu Valtioneuvoston asetuksessa yhdyskuntajätevesistä (888/2000) käsittelyvaatimuksia. Asetus sisältää liitteenä taulukon (taulukko 3), jossa on ilmoitettu biologisen käsittelyn vähimmäisvaatimukset. Biologinen käsittely viittaa jälkiselkeytyksellä varustettuun jäteveden biologiseen käsittelyprosessiin tai muuhun vastaavaan menetelmään, jolla saavutetaan taulukossa 3 esitetyt vaatimukset. Asetuksessa on myös liitteenä taulukko (taulukko 4), jossa on ilmoitettu jätevesien käsittelyn vähimmäisvaatimukset ravinteiden poistolle. Kummasakin taulukoissa ilmoitetut pitoisuutta ja poistotehoa koskevat vaatimukset voivat olla vaihtoehtoisia keskenään.

Vaasan Pättin jätevedenpuhdistamolle annetut pitoisuus- ja käsittelyvaatimukset (taulukko 5) ovat jonkin verran tiukemmat, kuin valtioneuvoston asetuksessa yhdyskuntajätevesistä. Pättin jätevedenpuhdistamon poistotehoja verratessa valtioneuvoston asetukseen ainoastaan kokonaistypen poistoteho on sama kummassakin eli 70 %.

Taulukko 3. Yhdyskuntajätevesien biologisen käsittelyn vähimmäisvaatimukset. (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006, Liite A., Taulukko 1.)

Muuttuja	Pitoisuus	Poistoteho vähintään ¹⁾	Määrittymenetelmä ²⁾
Biologinen hapen kulutus (BHK ₇ 20° C:ssa ilman nitrifikointia ³⁾)	30 mg/l O ₂	70 %	Homogenoitu, suodattamaton, selkeyttämätön näyte. Liuenneen hapen määrittäminen ennen ja jälkeen 7 vrk inkubointia 20° C ± 1° C:ssa pimeässä. Nitrifikaation estoaikojen lisäys.
Kemiallinen hapen kulutus	125 mg/l O ₂	75 %	Homogenoitu, suodattamaton, selkeyttämätön näyte. Kaliumdikromaatti hapettimena.
Kiintoaine	35 mg/l	90 %	Edustavan näytteen suodatus 0,45 mikrometrin suodatuskaivolla. Kuivaus 105°C:ssa ja punnitus.

Taulukko 4. Jätevesien käsittelyn vähimmäisvaatimukset ravinteiden poistolle. (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006, Liite A., Taulukko 2.)

Muuttuja	Pitoisuus	Poistoteho vähintään ¹⁾	Määrittymenetelmä ²⁾
Kokonaisfosfori	3 mg/l (alle 2 000 avl) 2 mg/l (2 000–100 000 avl) 1 mg/l (yli 100 000 avl)	80 %	Molekyyliabsorptiospektrofotometria
Kokonaistyyppi ³⁾	15 mg/l (10 000–100 000 avl) ⁴⁾ 10 mg/l (yli 100 000 avl) ⁴⁾	70 %	Molekyyliabsorptiospektrofotometria

Taulukko 5. Pättin jätevedenpuhdistamon pitoisuus- ja käsittelyvaatimukset. (Aluehallintovirasto, 2017.)

	Enimmäispitoisuus, mg/l	Vähimmäisteho, %
BOD _{7ATU} , O ₂	10	95
Kokonaisfosfori, P	0,3	95
COD _{Cr} , O ₂	75	85
Kokonaistyyppi, N	–	70

Eri jätevedenpuhdistamoilla on myös omia raja-arvoja metalleille sekä muille aineille, kuten pH-arvolle ja PAH-yhdisteille. Raja-arvojen vaihteluun vaikuttaa muun muassa puhdistamoissa käytetyt puhdistusteknologiat ja alueen jäteveden koostumus. Vaasan Pättin jätevedenpuhdistamolla käytetyt metallien ja muiden aineiden raja-arvot ovat nähtävissä taulukoista 6 ja 7.

Taulukko 6. Pättin jätevedenpuhdistamon raja-arvot metalleille. (Vaasan Vesi, 2019.)

Metalli	Kemiallinen merkki	Enimmäispitoisuus mg/l
Arseeni	As	0,1
Elohopea	Hg	0,01
Hopea	Ag	0,1
Kadmium	Cd	0,01
Kokonaiskromi	Cr	1,0
Kromi VI	Cr ⁶⁺	0,1
Kupari	Cu	1,5
Lyijy	Pb	0,5
Nikkeli	Ni	1,0
Sinkki	Zn	2,0
Tina	Sn	2,0

Taulukko 7. Pättin jätevedenpuhdistamon raja-arvot muille aineille. (Vaasan Vesi, 2019.)

Aine	Raja-arvo
pH-luku	6,0–11,0
Lämpötila	40°C
Sulfaatti	400 mg/l
Kokonaissyaniidi CN ⁻	0,5 mg/l
Sähkönjohtavuus	100 mS/m (tavoitearvo)

6 VAASAN KAUPUNGIN HULEVESIEN LAADUN SEURANNAN NYKY- TILANNE

Vaasan kaupungin hulevesien laadun seurannan nykytilan arvioimiseksi on materiaalina käytetty KVVY Tutkimus Oy:n tuottamia tutkimusraportteja Vaasan hulevesitarkkailuista vuosilta 2018–2023.

Viime vuosina hulevesitarkkailun on toteuttanut KVVY Tutkimus Oy ja tarkkailun tarkoituksena on ollut kartoittaa Vaasan hulevesien laatua ylivaluma-aikana. Hulevesiprojekti käynnistyi loppusyksyllä vuonna 2018 ja vuoden 2023 tarkkailu on jatkoa edellisvuosien tutkimuksille. Vuoden 2023 hulevesien tarkkailupisteet on valikoitu edellisvuosien tulosten perusteella ja näytteet on otettu sellaisilta pisteiltä, joissa on todettu keskimääräistä suurempia pitoisuuksia.

Vaasan hulevesien laadun seuranta on tähän mennessä tehty ottamalla yksittäisiä kertanäytteitä kaksi kertaa vuodessa sekä keväällä että syksyllä, joista KVVY Tutkimus Oy on analysoinut erilaisia parametrejä. Tällä hetkellä toteutettavan seurannan kustannukset ovat noin 6 000 € vuodessa. Laadullinen seuranta kertanäytteistä on melko epävarmaa, sillä vaihtelu tuloksissa on suurta. Jotta hulevesien laadun seuranta Vaasassa saataisiin paremmaksi ja luotettavammaksi, tarvitsee Vaasan kaupunki uuden hulevesien laadun seurantaohjelman.

6.1 Mittausajankohdat

Jokaisena näytteenottovuotena näytteet yritettiin ottaa mahdollisimman sateisina ajankohtina. Vuoden 2019 syksyllä näytteitä otettiin kahtena eri päivänä, sillä osa näytteenottopaikoista oli vielä maaliskuun lopulla jäässä. Loput näytteet haettiin huhtikuun alussa. Vähäisen sadannan vuoksi näytteitä ei voitu ottaa lainkaan vuoden 2020 keväällä. (Valkonen, 2019; Juusela, 2020) KVVY Oy:n hulevesitarkkailuraporteissa ja ilmatieteen laitoksen tilastoissa ilmoitetuissa sadannan määrissä oli jonkin verran eroja. Alla olevaan taulukkoon 8 on koostettu vuorokausisadantojen määrät Ilmatieteen laitoksen tilastojen pohjalta.

Taulukko 8. Mittausajankohdat ja vuorokausiadannat. (Ilmatieteen laitos.)

Näytteenottovuosi	Ajankohta keväällä/kesällä	Ajankohta syksyllä/talvella	Vuorokausiadanta keväällä/kesällä (mm)	Vuorokausiadanta syksyllä/talvella (mm)
2018	X	5.12.	X	3,4
2019	25.3. ja 3.4.	X	0–0,4	X
2020	X	29.10.	X	0
2021	27.5.	21.10.	0	3,8
2022	11.5.	1.11.	3,7	0
2023	5.7.	11.9.	0,5	0

6.2 Tarkkailupisteet

Vaasan hulevesien tarkkailupisteet on jaettu tunnusnumeroin 1–7 ja 9–14. Kaikki Vaasan kaupungin tarkkailupisteet on esitetty havaintokartalla, joka on liitteenä 1. Eri vuosien tarkkailupisteiden tunnuksot, niiden nimet sekä toteutunut näytteenotto näkyvät kuvassa 4.

Tarkkailupiste		2018	2019	2019	2020	2021	2021	2021	2022	2022	2023	2023
Tunnus	Nimi	8.12.	25.3.	3.4.	29.10.	27.5.	21.10.	15.12.	11.5.	1.11.	5.7.	11.9.
1	Gerby, Rajarinne	Oja	x	x								
2	Gerby, Haukineva oja, Länsimetsäntien alue	Oja	x	x								
3	Singsby, Långäiket	Oja	x	x								
4	Singsby, Smal infjärden	Oja	x	x	x							
5	Singsby Fjärdsängen (Kosksuon suunta)	Oja	x	x	x							
6	Pukinjärvi	Oja	x	x	x							
7	Järvikatu/Onkilahti	Kaivo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9	Vaskiluodon silta	Kaivo	x	x	x	x	x	x	x	x	x*	x
10	Rantakatu	Kaivo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
11	Sanmarkinkatu	Oja	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12	Klemetinkatu/Ravikatu	Oja	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
13	Punarinankatu, Teeriniemi	Kaivo	x	x								
14	Lågfjärden, Pappilanmäki	Oja	x	x								
Sade	Taustanäyte peltikatolta		x									
Lumi	Lumenkaatopaikan oja	Oja		x	x							
	Kirkkolammen oja	Oja							x	x		
	Kirkkolampi	Lampi							x	x		

* Näytettä ei voitu hakea, sillä näytepaikalle ei ollut turvallista mennä liikenteen valvojan puuttuessa.

Kuva 4. Vaasan hulevesien tarkkailupisteet sekä toteutunut näytteenotto. (Virtanen, 2023.)

Vuosien 2022–2023 näytteet otettiin yhteensä viideltä erilaisista valuma-alueista kuivastavalta oja- tai hulevesiviemäripisteeltä, joissa aiempien vuosien pitoisuudet

ovat olleet keskimääräistä suurempia. Tarkkailupisteet olivat 7 (Järvikatu/Onkilahti), 9 (Vaskiluodon silta), 10 (Rantakatu), 11 (Sanmarkinkatu) ja 12 (Klemetin-
katu/Ravikatu). Osa tarkkailupisteistä on esitetty kuvissa 5–7.



Kuva 5. Tarkkailupiste 7, Järvikatu, Onkilahti. (Virtanen, 2018.)

Tarkkailupisteelle 7 (Järvikatu) vedet valuvat laajalta valuma-alueelta kaupungin keskustasta ja pisteen lähistöllä sijaitsee satamaan johtava rautatie (kuva 5).

Tarkkailupiste 9 (Vaskiluodon silta) on kaupungin vilkkain paikka ja sen kautta kulkee esimerkiksi sataman raskas liikenne sekä pisteelle johdetaan osa keskustan alueen hulevesistä (Kuva 6). Tarkkailupiste 10 (Rantakatu) sijaitsee vilkkaasti liikennöidyllä kadulla, johon johdetaan keskustan asuma-alueiden hulevesiä.



Kuva 6. Tarkkailupiste 9, Vaskiluodon-silta. (Virtanen, 2018.)

Tarkkailupiste 11 (Sanmarkinkatu) on avo-oja, jolla on laaja valuma-alue. Sinne johdetaan usean ympäröivän hulevesiverkoston vedet esimerkiksi Hietalahden, raviradan ja osin myös sairaala-alueen hulevedet tulevat Sanmarkinkadun tarkkailupisteelle (Kuva 7). Tarkkailupiste 12 (Klementinkatu/Ravikatu) on myös avo-oja, jolla on laaja valuma-alue. Alueen maaperä on savista, joten imeytyminen on heikkoa ja rankkasateiden aikana alueelle muodostuu laajoja avovesilammikoita.



Kuva 7. Tarkkailupiste 11, Sanmarkinkatu.
(Virtanen, 2018.)

6.3 Mittausmenetelmät

Kaikissa KVVY:n tekemissä Vaasan hulevesitarkkailuissa vuosien 2018–2023 välillä on näytteet otettu kertanäytteinä. Kertanäytteellä tarkoitetaan yleensä manuaalisesti otettavaa yksittäistä näytettä. Koska kertanäyte otetaan valitusta tarkkailupisteestä valittuna ajankohtana, ei sen avulla saada kokonaiskuvaa huleveden sisältämien haitta-aineiden pitoisuuksista ja niiden muutoksista. Kertanäytteitä suositellaan käytettäväksi silloin, kun veden virtaama ei ole yhtenäistä ja mitattavien parametrien arvot eivät pysy vakioina (SFS-EN ISO 5667-1:2023, 2023, 28.). Jotta saadaan mahdollisimman luotettavaa tietoa veden laadusta, kannattaa kertanäytteen lisäksi ottaa näyte myös muulla näytteenottotavalla (Mäkelä ja muut 1992, 63.).

6.4 Parametrit

Vaasan kaupungin hulevesitarkkailuissa vuosilta 2018–2023 on analysoitu perusvedenlaatumuuttujia, metalleja, mineraaliöljyjä ja PAH-yhdisteitä. Perusvedenlaatumuuttujilla tarkoitetaan mm. pH-arvoa, sähkönjohtavuutta, kiintoaineen ja ravinteiden pitoisuuksia sekä bakteerien pitoisuuksia. Hulevesitarkkailuissa metalleista seurattiin sinkin, nikkelin, kuparin, kromin, kadmiumin, lyijyn ja arseenin pitoisuuksia.

6.5 Tulokset

KVVY Tutkimus Oy:n tekemissä Vaasan hulevesitarkkailuissa selvitettiin hulevesien laatua Vaasassa ja verrattiin saatuja tuloksia Tukholman vesilaitoksen laatimaan hulevesien laatuluokitukseen, kotimaisten vertailuarvojen puuttuessa (Kuva 8). Laatuluokitus on laadittu moottoriteiltä johdettavia hulevesiä ajatellen, mutta sitä voidaan käyttää viitearvona myös kaupunkialueen hulevesille. Kaikki Vaasan hulevesi tulokset esitetään taulukoituna liitteessä 2. Liitteeseen 2 on värikoodattu pitoisuudet värein vihreä, sininen ja punainen riippuen ovatko pitoisuudet pienellä, keskisuurella vai suurella tasolla verrattuna Tukholman hulevesien laatuluokitukseen. Tässä tarkastellut Vaasan hulevesi tulokset ovat syksyltä ja keväältä 2023.

		Matala pitoisuus	Keskisuuri pitoisuus	Korkea pitoisuus
Kiintoaine	mg/l	<50	50-175	>175
Kok. N	µg/l	<1250	1250-5000	>5000
Kok. P	µg/l	<100	100-200	>200
Pb	µg/l	<3,0	3-15	>15
Cd	µg/l	<0,3	0,3-1,5	>1,5
Cu	µg/l	<9,0	9-45	>45
Cr	µg/l	<15	15-75	>75
Ni	µg/l	<45	45-225	>225
Zn	µg/l	<60	60-300	>300
Öljyhiihivedyt	µg/l	<500	500-1000	>1000
PAH-yhdisteet	ng/l	<1000	1000-2000	>2000

Kuva 8. Hulevesien laadun vertailuarvot Tukholmassa. (Virtanen, 2023.)

Liitteestä 2 ja kuvasta 9 huomataan, että kokonaistypen laatuluokitukset ovat keskiuuden pitoisuuden luokassa syksyn näytteissä. Myös keväällä Sanmarkinkadun ja Klementinkadun näytepisteiden typpipitoisuudet ovat keskiuudessa luokassa. Kiintoainepitoisuudet olivat pienen pitoisuuden luokassa jokaisella tarkkailukerralla. Kiintoaineisiin on yleensä sitoutuneena ravinteista erityisesti fosforia, joten siksi alhainen kiintoaineen pitoisuus näkyy myös matalina kokonaisfosforin pitoisuuksina. Veden pH oli lähellä neutraalia, lukuun ottamatta Vaskiluodon sillan ja Rantakadun korkeampia pH-arvoja syyskuussa, jolloin pH-arvot olivat 8 ja 7,7.

Bakteereista tutkittiin kokonaisenterokokit ja E.coli-bakteerit. Enterokokit kuvaavat mahdollisesti vanhaa ulosteperäistä saastumista, sillä ne ovat pidempi-ikäisiä bakteereja kuin E.coli-bakteerit, jotka taas kuvaavat tuoretta saastumistapausta. Kuten kuvasta 9 nähdään, bakteerien pitoisuudet olivat koholla kaikilla tarkkailupisteillä, etenkin kevään tarkkailukerroilla. Järvikadun kevään tarkkailukerralla todettiin eniten sekä E.coli-bakteereita että enterokokkibakteereita, jotka viittaavat voimakkaaseen tuoreeseen saastumiseen ja veden pidempään jatkuneeseen likaantumiseen. Järvikadun ja Klementinkadun tarkkailupisteillä on jo aiempien vuosien hulevesitarkkailuissa huomattu veden hygieenisen laadun heikkeneminen. Todennäköisimpänä syynä bakteeripitoisuuksien kasvulle voidaan pitää eläinperäisiä jätöksiä, jotka huuhtoutuvat kaduilta ja nurmialueilta.

Päivämäärä	Tarkkailupiste	HavPaik	pH	Sähkonj. mS/m	Kiintoaine mg/l	Kok.N µg/l	NH4-N µg/l N	Kok.P µg/l	PO4-P µg/l	Enterok. pmy/100 ml	E.coli MPN/100ml
5.7.2023	Järvikatu	Kaivo	7,5	33,7	4,9	1100	5,7	49	27	11000	12000
5.7.2023	Vaskiluodon silta	Kaivo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.7.2023	Rantakatu	Kaivo	7,4	15,0	9,8	760	<3	41	15	6900	4900
5.7.2023	Sanmarkinkatu	Oja	7,4	55,3	4,4	2200	250	36	33	2900	3100
5.7.2023	Klementinkatu	Oja	7,0	19,0	13,6	1400	51	43	31	7900	6500
11.9.2023	Järvikatu	Kaivo	7,5	69,4	4,0	2300	260	86	75	960	3700
11.9.2023	Vaskiluodon silta	Kaivo	8,0	69,5	<1	4000	36	68	64	400	2000
11.9.2023	Rantakatu	Kaivo	7,7	64,1	<1	2000	4,6	14	9,4	86	26
11.9.2023	Sanmarkinkatu	Oja	7,1	143	21,3	2300	550	51	16	49	17
11.9.2023	Klementinkatu	Oja	7,3	39,7	-12,4	2500	57	55	40	460	170

Pieni pitoisuus
Keskisuuri pitoisuus
Suuri pitoisuus

Kuva 9. Näytteiden perusanalyysitulokset verrattuna soveltuvin osin Tukholman laatuluokituksiin. (Virtanen, 2023.)

Metallipitoisuudet on tutkittu kokonaispitoisuuksina ja pääasiassa metallipitoisuudet kuuluivat pienten pitoisuuksien luokkaan (liite 2). Keskisuuria pitoisuuksia havaittiin sinkki- ja kuparipitoisuuksissa ja Rantakadun tarkkailupisteellä havaittiin heinäkuussa suuri pitoisuus sinkkiä (liite 2). Maaperässä esiintyy kuitenkin runsaasti sinkkiä, jolla voidaan perustella tavanomaista sinkkipitoisuuden nousua vesissä. Järvikadun metallien pitoisuudet ovat pienentyneet huomattavasti vuodesta 2022 vuoteen 2023 (liite 2 ja 3).

PAH-yhdisteet eli polyaromaattiset hiilivedyt on yksilöity Euroopan unionin ympäristölaatudirektiivissä prioriteettiaineeksi. Heinäkuun tarkkailukerralla PAH-yhdisteitä havaittiin Sanmarkinkadun sekä Rantakadun tarkkailupisteillä ja syyskuun tarkkailukerralla niitä havaittiin Sanmarkinkadun sekä Järvikadun tarkkailupisteillä. Kaikista havaituista yhdisteistä on laskettu summapitoisuudet, jotka olivat Tukholman laatuluokituksen mukaan pienellä tasolla (kuva 10). Syksyn tarkkailukerralla niitä havaittiin Sanmarkinkadun sekä Järvikadun tarkkailupisteillä. Kaikista havaituista yhdisteistä on laskettu summapitoisuudet, jotka olivat Tukholman laatuluokituksen mukaan pienellä tasolla (kuva 10).

Päivämäärä	Tarkkailupiste	HavPaik	PAH-yhdisteet	Ase	Fluoreeni	Kryseeni	Naftaleeni	Pyreeni	Summa-
				naftteeni	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
5.7.2023	Järvikatu	Kaivo	Ei todettu						
5.7.2023	Vaskiluodon silta	Kaivo	-						
5.7.2023	Rantakatu	Kaivo	Todettu			7,7		6,5	14,2
5.7.2023	Sanmarkinkatu	Oja	Todettu					6,4	6,4
5.7.2023	Klementinkatu	Oja	Ei todettu						
11.9.2023	Järvikatu	Kaivo	Todettu	83	28		140		251
11.9.2023	Vaskiluodon silta	Kaivo	Ei todettu						
11.9.2023	Rantakatu	Kaivo	Ei todettu						
11.9.2023	Sanmarkinkatu	Oja	Todettu	7,3				6,9	14,2
11.9.2023	Klementinkatu	Oja	Ei todettu						

Pieni pitoisuus
Keskisuuri pitoisuus
Suuri pitoisuus

Kuva 10. Näytteissä havaitut PAH-yhdisteiden summapitoisuudet verrattuna Tukholman veden laatuluokitukseen. (Virtanen, 2023.)

Klementinkadun sekä Sanmarkinkadun tarkkailupisteillä havaittiin mineraaliöljyjen (öljyn hiilivetyindeksi, HVI) pitoisuuksia ainoastaan heinäkuussa ja pitoisuudet olivat matalia Tukholman vesilaitoksen laatuluokituksen mukaan (liite 2).

Kuvassa 11 esitetään lika-aineiden vuorokausikuormitukset tarkkailuhetkellä arvioituun hetkelliseen virtaamaan perustuen ja kuvassa 12 esitetään metallien vuorokausikohtaiset kuormituslaskelmat. Jos perusvedenlaatumuuttujien tai mineraaliöljyn kuormitus alittaa 10 g vuorokausikuormituksen tason, ilmoitetaan tulos tällöin muodossa <0,01 kg/d. Metallien ja PAH-yhdisteiden osalta taas summan pienin ilmoitettu vuorokausikuormitustaso on 1 g, ja se ilmoitetaan muodossa <0,001 kg/d.

Päivämäärä	Tarkkailupiste	HavPaik	Virtaama m ³ /d	Kiintoaine kg/d	Kok.N kg/d	NH4-N kg/d	Kok.P kg/d	PO4-P kg/d	HVI kg/d
5.7.2023	Järvikatu	Kaivo	173	0,85	0,19	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
5.7.2023	Vaskiluodon silta	Kaivo	-	-	-	-	-	-	-
5.7.2023	Rantakatu	Kaivo	36	0,35	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
5.7.2023	Sanmarkinkatu	Oja	377	1,66	0,83	0,09	0,01	0,01	0,02
5.7.2023	Klementinkatu	Oja	62	0,85	0,09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
11.9.2023	Järvikatu	Kaivo	4,3	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
11.9.2023	Vaskiluodon silta	Kaivo	7,2	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
11.9.2023	Rantakatu	Kaivo	0,8	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
11.9.2023	Sanmarkinkatu	Oja	1866	39,8	4,29	1,03	0,10	0,03	0,05
11.9.2023	Klementinkatu	Oja	323	4,01	0,81	0,02	0,02	0,01	<0,01

Kuva 11. Lika-aineiden laskennalliset vuorokausikuormitukset 2023. (Virtanen, 2023.)

Heinäkuussa virtaamat ja ravinnekuormitukset olivat suurempia Järvikadun ja Rantakadun tarkkailupisteillä, kun taas syyskuussa virtaamat ja ravinnekuormitukset olivat suurempia Sanmarkinkadun ja Klementinkadun pisteillä. Sanmarkinkadun näytepisteellä havaittiin suurin virtaama ja suuremmat kiintoaineen ja ravinteiden kuormitukset kuin muilla tarkkailupisteillä (kuva 11).

Päivämäärä	Tarkkailupiste	HavPaik	Zn kg/d	Ni kg/d	Cu kg/d	Cr kg/d	Cd kg/d	Pb kg/d	As kg/d	PAH-summa kg/d
5.7.2023	Järvikatu	Kaivo	0,022	0,003	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
5.7.2023	Vaskiluodon silta	Kaivo	-	-	-	-	-	-	-	-
5.7.2023	Rantakatu	Kaivo	0,019	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
5.7.2023	Sanmarkinkatu	Oja	0,014	0,005	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
5.7.2023	Klementinkatu	Oja	0,007	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
11.9.2023	Järvikatu	Kaivo	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
11.9.2023	Vaskiluodon silta	Kaivo	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
11.9.2023	Rantakatu	Kaivo	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
11.9.2023	Sanmarkinkatu	Oja	0,060	0,047	0,015	0,002	<0,001	<0,001	0,001	<0,001
11.9.2023	Klementinkatu	Oja	0,024	0,010	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Kuva 12. Metallien ja PAH-yhdisteiden summan laskennalliset vuorokausikuormitukset vuonna 2023. (Virtanen, 2023.)

Metallien kuormitukset olivat vähäisiä kaikilla tarkkailupisteillä. Erittäin vähäisen 1 g vuorokausikuormituksen taso alittui kaikilla tai lähes kaikilla näytepisteillä lyijyn, kadmiumin, kromin ja arseenin osalta. Sinkin osalta havaittiin suurimmat pitoisuudet. Ympäristölaatu normilla säädellyn nikkelin kuormitus oli suurinta Sanmarkinkadun tarkkailupisteellä. PAH-yhdisteiden summakuormitukset jäivät erittäin vähäisen vuorokausikuormituksen tason alle (kuva 12).

7 UUDEN HULEVESIEN LAADUN SEURANTAOHJELMAN SUUNNITELMA

7.1 Tavoitteet ja tarkoitus

Uuden hulevesien laadun seurantaohjelman suunnitelman tavoitteena on tarjota Vaasan kaupungille erilaisia vaihtoehtoja siihen, kuinka hulevesien laadun seuranta voidaan parantaa. Vaasan kaupungissa seurataan hulevesien laatua tällä hetkellä kertainäytteillä kaksi kertaa vuodessa, keväisin ja syksyisin. Harvoin otetut kertainäytteet eivät anna tarkkaa kuvaa siitä, minkälainen hulevesien laadullinen tila on, sillä vaihtelu tuloksissa on suurta.

Hulevesien laadullisen hallinnan kehittämiseksi tarvitaan seurantatietoa siitä, minkälaiset ratkaisut soveltuvat parhaiten Vaasan olosuhteisiin, ja mitkä ovat mahdollisimman kustannustehokkaita. Luotettavan seurantatiedon kerääminen on välttämätöntä sen kannalta, että hulevesien laadunhallinnalle voidaan Suomessa esittää perusteltuja suosituksia ja tavoitteita käytännön päätöksenteon ja suunnittelun tueksi. (Sillanpää, 2019, 19.)

7.2 Hulevesien laadun seuranta muissa kaupungeissa

Kysyimme Lappeenrannan, Lahden ja Kokkolan kaupungeilta, kuinka he toteuttavat kaupungeissaan hulevesien laadun seuranta. Erityisesti meitä kiinnosti saada tietoa siitä, minkälaisia näytteenottotapoja käytetään, kuinka usein näytteitä otetaan, millaisia parametrejä mitataan, minkälaisista paikoista ja minkälaiset kustannukset ovat.

7.2.1 Lappeenranta

Lappeenrannan kaupunki on ollut vuodesta 2021 alkaen mukana TransformAr-hankkeessa. Hanke toteutetaan vuosien 2021–2025 välisenä aikana. TransformAr on Horisontti2020-rahoitteinen kehittämishanke, jossa Lappeenrannan kaupungin

osalta budjetti on noin 700 000 €. Hankkeen aikana Lappeenrannan kaupunki toteuttaa neljä hulevesiin liittyvää vaihetta, joista kaksi liittyvät olennaisesti hulevesien laatuun ja sen seurantaan. Lappeenrannan kaupunki seuraa hulevesien laatua ja määrää sekä manuaalisesti että jatkuvatoimisesti kaupungin keskustan alueella. Laatua seurataan keskustan alueella, missä kuormitus on tutkimusten mukaan suurinta, ja mistä hulevedet johdetaan suoraan vesistöön ilman käsittelyä. Eri puolilla keskustaa on tällä hetkellä jatkuvatoimisia sensoreita kuudessa eri kaivossa. Osassa mitataan vain vedenpinnankorkeutta ja kolmessa kaivossa pinnankorkeuden lisäksi mitataan lämpötilaa, sähkönjohtavuutta ja sameutta.

TransformAr-hankkeessa Lappeenranta on toteuttanut kaupungin keskustaan hulevesien biosuodatusalueen joukkoliikenteen pääkadun varrella sijaitsevalle viheralueelle. Biosuodatusalueelle johdettavan veden laatua seurataan jatkuvatoimisesti sekä manuaalisella näytteenotolla ja näytteitä otetaan huhti-marraskuun välisenä aikana n. 30 kertaa, erilaisina sadetapahtumina. Näistä vesinäytteistä analysoidaan pH, sameus, kiintoaine, nitraatti, ammonium, kokonaistyyppi ja -fosfori, liuennut fosfori, TOC ja erilaisia metalleja.

Lappeenrannan kaupunki pyrkii hankkeen aikana tunnistamaan riskialueita, joille pitäisi sijoittaa luonnonmukaisia suodatus- ja imeytysrakenteita. Hankkeen ulkopuolella laatua seurataan lähinnä kosteikoista, joihin johdetaan laajojen valuma-alueiden vesiä.

7.2.2 Lahti

Lahden kaupunki seuraa hulevesien laatua pääsääntöisesti poikkeustilanteiden tai päästöepäilyjen yhteydessä. Näissä tilanteissa näytteistä analysoitavia parametrejä ovat kohteen mukaan sähkönjohtokyky, pH, kiintoaine, kokonaistyyppi ja -fosfori, erilaisia metalleja, bakteerit, PAH-yhdisteet ja VOC-yhdisteet.

Lahdessa on toteutettu erillisiä seurantakampanjoita hulevesihankkeisiin liittyen, joissa näytteenotto on tavanomaisesti toteutettu joko kokoomanäytteinä tai useampana sadanta-valuntatapahtuman aikana otettuna yksittäisnäytteenä yhdistettynä sadannan ja virtaaman jatkuvatoimiseen mittaukseen.

7.2.3 Kokkola

Tällä hetkellä Kokkolassa ei seurata hulevesien laatua järjestelmällisesti. Laadun seuranta on ollut suunnitteilla Kokkolan kaupungissa, mutta konkretiaan asti sitä ei ole vielä saatettu.

7.3 Parametrien valinta

Tutkittavien parametrien valintaan vaikuttaa yleisesti se, millaiset pitoisuuksien vaihtelut niillä on hulevesiseurannan aikana sekä kuinka hyödyllisiä niistä saatavat tulokset ovat tutkittavan alueen kannalta. Esimerkiksi vesistöjen suuri ongelma on rehevöityminen, joten tällaisella alueella on tärkeä seurata fosfori- ja typpipitoisuuksia sekä selvittää mistä mahdolliset pitoisuuden nousut johtuvat (Pidä Saaristo Siistinä ry, n.d.).

Näytteet, joilla on suurimmat pitoisuuksienvaihtelut vaativat tarkempaa seuranta. Vaasan kaupungin aikaisemmista hulevesitarkkailuiden tutkimustuloksista selviää, että suurimmat pitoisuuden vaihtelut ovat seuraavilla näytteillä: kokonais-typpi- ja fosfori, nitraatti, kiintoaine, sähkönjohtavuus, e.coli- ja enterokokkibakteerit, mineraaliöljyt, sinkki, nikkeli ja kupari (liitteet 2 ja 3). On siis suotavaa lisätä edellä mainittujen parametrien mittaamiskertoja ja vähentää sellaisten parametrien analysointia, joiden pitoisuudet pysyvät kohtuullisen vakioina. Vaikka pH oli hulevesitarkkailuissa neutraalin tasolla, on silti suositeltavaa jatkaa sen mittaamista ja analysointia (liite 2 ja 3). Kattavassa mittausohjelmassa on hyvä seurata myös lämpötilaa, virtaamaa sekä virtaaman ja laadun ajallista muutosta.

7.4 Näytteenottotavan valinta

Kun mietitään näytteenottotavan valintaa, niin ensimmäisenä täytyy tarkastella siihen liittyviä kustannuksia. Esimerkiksi tässä kappaleessa käsitellään kahta erilaista näytteenottotapaa, jotka ovat manuaalinen näytteenottotapa ja jatkuvatoiminen mittaus, ja näistä kahdesta jatkuvatoiminen mittari on lähtökohtaisesti kalliimpi. Näytteenottotapojen kustannuksia käsitellään tarkemmin luvussa 7.7, näytteenottokustannukset.

Kertanäytteenotto on perinteisin ja yksinkertaisin manuaalinen näytteenottotapa ja tällöin vedenlaatua seurataan yksittäisten kertanäytteiden avulla, jotka myöhemmin lähetetään laboratorioon analysoitavaksi. Tällä hetkellä tämä näytteenottotapa on käytössä Vaasan kaupungilla ja näytteet otetaan kaksi kertaa vuodessa. Kertanäytteenotto mahdollistaa tarvittaessa tiheän näytteenoton, mutta sen toteuttamiseen vaaditaan henkilöitä, jotka ovat sitoutuneet ottamaan näytteitä koko valuntatapahtuman keston ajan. Pitoisuuksien vaihtelut voivat kuitenkin olla suuria manuaalisilla näytteenottotavoilla, jos näytteenotto ajoittuu esimerkiksi poikkeustilanteeseen (Huttula ym., 2009, 14.).

Manuaalisten näytteenottotapojen rinnalle on tullut erilaisia automatisoituja mittalaitteita, jotka mittaavat vedenlaadun muuttujia, kuten pH:ta, sameutta, nitraatipitoisuutta ja sähkönjohtavuutta, automaattisesti ja jatkuvatoimisesti. Tuloksista lasketaan vuorokausikeskiarvot, jotka piirtyvät käyriksi (SYKE, 2022). Näiden mittalaitteiden avulla mittaustuloksia voidaan tarkastella ja seurata etänä, jolloin niitä ei tarvitse lähettää erikseen laboratorioon analysoitavaksi. Jatkuvatoimisilla mittalaitteilla havaitaan hetkellisiä tai tiettyyn aikaan tapahtuvia muutoksia, jotka saattavat jäädä manuaalisilla mittausten menetelmillä huomaamatta. Jatkuvatoimisten vedenlaatumittareiden käyttöä kuitenkin rajoittaa niiden korkea hinta ja se, ettei niitä ole saatavilla kaikille hulevesien haitta-aineille. Myös ympäristöolosuhteet vaikuttavat esimerkiksi antureiden kuntoon ja voivat tällöin haitata mittaustuloksien varmuutta, joten mittauslaitteita täytyy huoltaa säännöllisin väliajoin. (Tattari ym., 2019)

Jatkuvatoimiset mittalaitteet ovat helpoin valinta, jos halutaan kerätä tietoa pitkäkestoisten tapahtumien välillä. Ne keräävät dataa jatkuvasti, joten tilastojen seuraaminen on helppoa ja vaivatonta. Näytteenoton automatisoiminen on siis suotavaa, jos tutkimuskohde ja tutkittavat haitta-aineet sen sallivat eivätkä vaadi esimerkiksi manuaalisia näytteenottotapoja. Tällä tarkoitetaan sitä, että nykyiset mittarit eivät vielä mittaa kaikkia haitta-aineita vaan esimerkiksi sameusarvon perusteella lasketaan kiintoainepitoisuus sekä fosforin kokonaispitoisuus ja nitraatipitoisuudesta johdetaan typen kokonaispitoisuus. (SYKE, 2022)

Tässä suunnitelmassa paras tulos saataisiin yhdistämällä jatkuvatoimisen mittalaitteen käyttö kertanäytteenottoihin, jolloin voidaan saada luotettavimmat tulokset hulevesien laadusta ja niiden sisältämistä haitta-aineista. Valitettavasti tällainen mittaussuunnitelma aiheuttaa myös huomattavia lisäkustannuksia.

7.5 Näytteenottopisteiden valinta

Näytteenottopisteet kannattaa valita sen mukaan, missä näytteenottopisteillä mitatut näytteet omaavat suurimmat pitoisuudet. Vaasan kaupungin hulevesitarkkailuiden raporteista käy ilmi, että on suotava jatkaa näytteidenottamista Järvikadulla, Vaskiluodon sillalla, Rantakadulla, Sanmarkinkadulla ja Klementinkadulla. Näytteenottopisteet näkyvät liitteessä 1 ja ne on numeroitu karttaan numeroin 7, 9, 10, 11 ja 12. Nämä näytteenottopisteet sijaitsevat kaikki lähellä keskustaa, jossa kuormitus on suurinta.

Näiden lisäksi hulevesien laatua olisi hyvä seurata mahdollisesti myös nykyisistä ja tulevista hulevesien hallintarakenteista. Näin saataisiin selvitettyä, kuinka hyvin erilaiset hallintarakenteet toimivat tietyllä alueella ja kuinka hyvin ne puhdistavat haitta-aineita hulevesistä.

7.6 Näytteenoton ajankohdan valinta

Yleisesti ottaen Suomessa sataa melko tasaisesti läpi vuoden. Kuivina ajanjaksoina sopivia vesisateita saattaa kuitenkin joutua odottamaan useitakin viikkoja. Suomen ilmastolle ovat tyypillisiä myös kylmät talvet, jotka hankaloittavat hulevesien laadun mittaamista vesien jäätyessä. Jotta talvisinkin saataisiin onnistuneita mittausjaksoja, kannattaa tutkimukselle varata enemmän aikaa kesään verrattuna. (Sillanpää, 2019, 22.) Tällä hetkellä Vaasassa näytteet otetaan enimmäkseen keväisin ja syksyisin mahdollisimman sateisina ajankohtina.

Vaasassa on viheralueiden lisäksi paljon läpäisemätöntä pintaa, minkä vuoksi huilevedet eivät pääse imeytymään maaperään, vaan ne kulkeutuvat pintavaluntana sekä hulevesiverkostojen kautta vesistöihin. Heti sadetapahtuman alussa huilevedet keräävät kaduille ja katoille kertyneet haitta-aineet mukaansa. Tämä ilmiö on nimeltään alkuhuhuhtouma. Mitä pidempi kuivakausi on ollut ennen sadetapahtuman alkua, sitä enemmän pinnoille on ehtinyt kertyä haitta-aineita. (Eskola ym., 2010)

Jos näytteenotolla pyritään määrittämään mittausalueen hulevesien laadun keskiarvoa, tulisi näytteenottoa välttää heti sadetapahtuman alettua tai pitkän kuivankauden jälkeen. Näytteenottoa ei myöskään tulisi aloittaa liian myöhään sateen alkamisesta, koska haitta-aineiden pitoisuudet voivat laimentua ja mittaus tulokset olla sen vuoksi epätodennukaisia. Otollisin aika näytteenotolle on siis silloin, kun sateen alkamisesta on kulunut jo jonkin aikaa. Jos näytteenoton tarkoituksena on tutkia mittausalueen suurimpia hulevesien sisältämiä haitta-ainepitoisuuksia, tulisi mittausajankohdan olla esimerkiksi sadetapahtuman alkupuolella. (Antola, 2018)

Jotta kerätty aineisto kattaa vaihtelevat olosuhteet ja mahdollistaa tilastollisen analyysin, tulee mittaus tapahtumien määrä olla riittävän suuri (Sillanpää, 2019, 19.). Mitä enemmän tutkitun haitta-aineen pitoisuuksissa tapahtuu ajallista vaih-

telua, sitä useamman tapahtuman aikana laatua olisi syytä mitata. Mittaustapahtumien määrä on sidoksissa tutkittuihin haitta-aineisiin ja valuma-alueeseen. Tämän takia tarvittavien mittaustapahtumien määrä vaihtelee valuma-alueella suuresti viidestätoista kerrasta jopa sataan. Kolme sadetapahtumaa on liian suppea aineisto hulevesirakenteen toiminnan tutkimiseen. Tämä johtuu siitä, että hulevesirakenteiden toiminnassa, kuten hulevesien laadussa ja valuntatapahtumien ominaisuuksissa on huomattavaa tapahtumakohtaista vaihtelua. (Sillanpää, 2019, 20.)

7.7 Näytteenottokustannukset

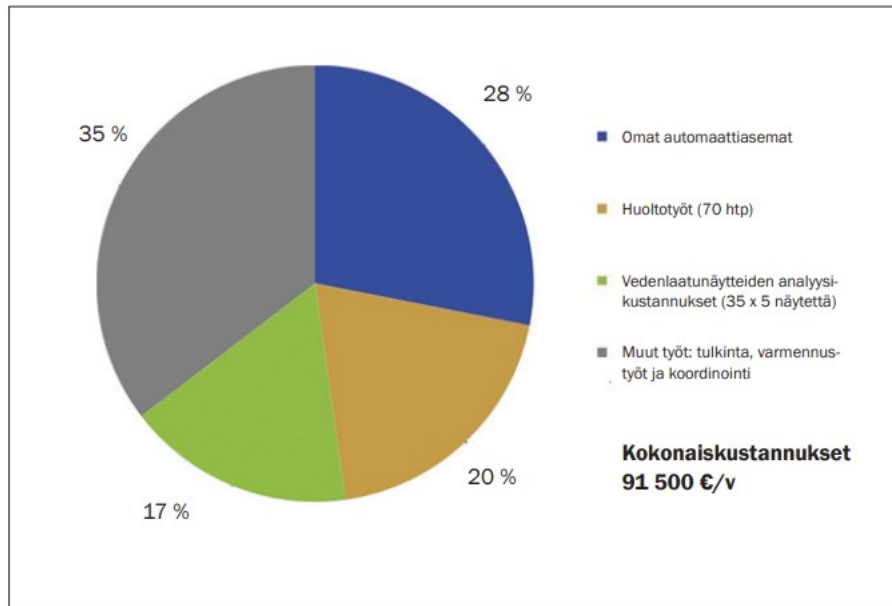
Vaasan kaupunki käyttää hulevesien laadun seurantaan vuosittain noin 5 800 €. Tähän sisältyy kaksi näytteenottokertaa, joiden aikana näytteet otetaan viidestä eri näytteenottopisteestä sekä näytteiden analysoinnit ja niistä raportointi. Kustannusarvio on nähtävissä taulukosta 9.

Taulukko 9. Kustannusarvio hulevesien laadun seurannasta Vaasassa.

	Hinta (alv 0 %)
Analyysit vuodessa (kevät ja syksy, 5 näytepistettä, 339 € / kpl)	3389 €
Näytteenotto valmisteluineen ja matkakuluineen (kevät ja syksy)	1088 €
Raportointi ja kuormituslaskenta	1100 €
Suunnittelu ja projektin ylläpito	200 €
YHTEENSÄ:	5777 €

Suurimmat kustannuserät näytteenotossa syntyvät analysointi- ja työvaiheista, mikä huomataan myös taulukosta 9. Jatkuvatoimisen näytteenoton työvaiheessa kustannuksia voi aiheutua muun muassa näytteenottolaitteiden asennuksista ja henkilöstökuluista. Jatkuvatoimisen vedenlaatumittarin asennustöiden lisäksi lisäkuluja voi koitua myös kalibrointivaiheessa otettavista kertaanäytteistä. Pelkästään kertaanäytteillä toteutettavalla näytteenotolla ei saada tarpeeksi kattavaa kuvaa hulevesien laadusta, ellei näytteitä oteta useampia kymmeniä, mikä nostaa kustannuksia (Antola, 2018). Vuonna 2011 toteutetussa TEHO-hankkeessa, jossa tutkittiin muun muassa vedenlaadun automaattiseurantaa on laskettu yhden automaattisen vedenlaatumittarin vuotuisiksi kustannuksiksi 18 300 €. Tähän summaan sisältyy mittareiden lisäksi huoltotyöt, analyysikustannukset ja muut työt.

Kustannusten jakautuminen viidelle vedenlaatumittarille on nähtävillä kuvasta 13. (Salmi ym., 2011, 24.)



Kuva 13. Viiden automaattisen vedenlaatumittarin vuotuiset kustannukset. (Salmi ym., 2011.)

XAMK:in toteuttamassa HULA-hankkeessa etsittiin keinoja ja ratkaisuja mm. hulevesien laadulliseen monitorointiin. Hankkeessa Mikkelin, Karikon hulevesialtaaseen asetettiin kaksi YSI EXO 3 -multisondia, jotka mittaavat jatkuvatoimisesti veden lämpötilaa, sameutta, sähköjohtavuutta sekä pH:ta. Tämän lisäksi sondit ilmoittavat laskennallisen liuennan orgaanisen aineen määrän vedessä. (Ranta-Korhonen & Pekurinen, 2022, 35.). Yhden YSI EXO 3 -multisondin hinta on noin 16 700 €: a (mittausguru).

Jyväskylässä toteutettiin vuosina 2016–2018 hallituksen kärkihanke ”Vihreitä vesireittejä”, jonka tarkoituksena oli parantaa vesien tilaa Tourujoella ja sen valuma-alueilla. Hankkeen aikana hulevesien laatua seurattiin kahdesta eri mittauspisteestä: Eerolanpuron kosteikosta ja Savulahden hulevesirakenteista. Seurannan tarkoituksena oli selvittää kosteikon ja hulevesirakenteiden toimivuutta ja vaikutusta hulevesien laatuun. Eerolanpuron kosteikon seuranta oli alun perin tarkoitus toteuttaa jatkuvatoimisella seurannalla, mutta sen toteuttaminen tällä tavalla olisi

vaatinut asian huomioimisen jo kosteikon suunnittelu- ja rakennusvaiheessa, jolloin mittarit olisi voitu asentaa kosteikolle asianmukaisella tavalla. Sekä Eerolanpuron, että Savulahden havaintopisteeltä seurattiin haitta-ainepitoisuuksia kerta-näytteillä ja virtaamaa siivikkomittauksilla. Näytteistä analysoitiin kiintoaine, sameus, sähkönjohtavuus, pH, kokonaistyyppi ja -fosfori sekä eri metalleja. Mittauksia suoritettiin koko vuoden ajan kerran kuussa, ja ne toteuttivat Eurofins Nablabs Oy. Hankkeen talousraportin mukaan hulevesien seurantaan kummastakin näytteenotto paikasta käytettiin vuonna 2017: 6 669 € ja vuonna 2018: 23 036 €. Jyväskylän kaupunki oli saanut seurantaan varten rahoitusta ympäristöministeriöltä 26 000 € ja omaa rahoitusta kaupungilta oli 3 705 €. (Jyväskylän kaupunki, 2018, 3, 8, 13, 36.)

TransformAr-hankkeessa Lappeenrannassa on asennettu ensimmäiset hulevesien laadun ja määrän jatkuvatoimisen seurannan mittarit 2023 syksyn ja talven aikana. Niiden toimintaa testataan tällä hetkellä ja selvitetään, saadaanko mittareilla haluttua tietoa, ja kuinka ne soveltuvat Suomen olosuhteisiin. Mittareiden ja niihin sisältyvien muiden palveluiden hinta aikavälille 1.11.2023–31.12.2025 oli hieman yli 20 000 € ilman arvonlisäveroa.

8 POHDINTA JA JATKOTUTKIMUSTARPEET

Vaasan kaupungille paras hulevesien laadun seurantaohjelma koostuisi sekä jatkuvatoimisesta mittauksesta että kertanäytteistä. Jatkuvatoiminen mittaus on tarpeen, koska hulevesien laatu voi vaihdella paljon lyhyessäkin ajassa. Se, että laatua seurataan automaattisten vedenlaatumittareiden avulla mahdollistaa myös paremman hulevesisuunnittelun. Kun tiedetään enemmän siitä, missä kohdissa hulevesien laatu on heikointa, ja mitkä mittauspisteet ovat sellaisia, joihin valuntaa tulee monesta eri lähteestä, voidaan suunnitella ja toteuttaa tehokkaampia hulevesien hallintarakenteita. Automaattisilla vedenlaatumittareilla pystytään kuitenkin mittaamaan vain tiettyjä perusparametrejä, minkä vuoksi olisi hyvä ottaa myös kertanäytteitä. Kertanäytteiden avulla voitaisiin varmistaa, toimivatko mittarit oikein, ja ovatko niiden antamat tulokset luotettavia. Paras hulevesien laadun seurantaohjelma saadaan, kun mittaustapahtumia on riittävän paljon ja pitkällä aikavälillä, jolloin saadaan mahdollisimman laaja tilastollinen tarkastelu eri aineiden pitoisuuksista koko valunnan ajalta.

Vaasan kaupungin tilanteessa automaattisia näytteenottimia kannattaisi harkita erityisesti Sanmarkinkadun ja Rantakadun näytteenottopisteille. Automaattinen näytteenotin olisi hyvä sijoittaa Sanmarkinkadun ojapisteelle siksi, koska siellä on laaja valuma-alue ja sinne johdetaan usean ympäröivän hulevesiverkoston vedet. Näytteenottopisteelle tulee hulevesiä Hietalahdesta, raviradalta sekä osin myös sairaala-alueelta avo-ojia pitkin. Lisäksi Sanmarkinkadulla virtaama on kaikista suurin. Rantakatu sijaitsee vilkkaasti liikennöidyllä kadulla, ja sinne johdetaan keskustan asuma-alueiden hulevesiä, minkä vuoksi automaattinen näytteenotin olisi sielläkin tarpeellinen. Jatkuvatoimisten mittareiden hankinnassa täytyy huomioida palvelujen saatavuus, esimerkiksi tarvitseeko mittarien käyttö sähkövirtaa vai toimivatko ne akkukäyttöisesti. Akkukäyttöiset mittalaitteet soveltuvat siis haastavampiinkin paikkoihin, joissa sähkövirtaa ei ole jatkuvasti saatavilla. Vaskiluodon sillan mittauspiste olisi ollut otollinen paikka automaattiselle näytteenottimelle, koska mittauspiste sijaitsee kaupungin vilkkaimmalla paikalla, jonka kautta kulkee

muun muassa sataman raskas liikenne. Automaattisen näytteenottimen sijoittaminen Vaskiluodon sillalle olisi kuitenkin työturvallisuuden kannalta riski, koska mittareita täytyisi käydä huoltamassa ja kalibroimassa tietyin väliajoin.

Kuten näytteenottokustannukset kappaleesta huomattiin, yhden automaattisen vedenlaatumittarin kustannuksiksi tulisi n. 20 000 € vuodessa. Hulevesien laadun seurannan toteuttaminen jatkuvatoimisen mittauksen ja kerta-näytteiden yhdistelmällä vaatisi kaupungin budjetin kasvattamista nykyisestä. Jotta tämänhetkistä seurantaohjelmaa saataisiin jonkin verran parannettua, voitaisiin kerta-näytteiden oton määrää lisätä kolmeen kertaan vuodessa, ainakin kappaleessa 7.5 mainituista viidestä näytteenotto paikasta. Vaasan kaupunki aikoo tulevaisuudessa lisätä erilaisia hulevesien hallintarakenteita nykyisten rinnalle. Näistä hallintarakenteista voitaisiin seurata myös hulevesien laatua, sillä tällöin saataisiin selvitettyä, kuinka hyvin erilaiset hallintarakenteet toimivat tietyllä alueella ja kuinka hyvin ne puhdistavat haitta-aineita hulevesistä. Hulevesien laadun seurannan parantamista koskeviin hankkeisiin on myös mahdollista hakea rahoitusta ympäristöministeriöltä tai Euroopan unionilta, kuten monissa muissa kaupungeissa oli tehty.

LÄHTEET

Airola, J., Nurmi, P. & Pellikka, K. (2014). Huleveden laatu Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2014. PDF-dokumentti. Noudettu 7.5.2024 osoitteesta <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-12-14.pdf>

Aluehallintovirasto. (10.7.2017). Ympäristölupa Vaasan Veden Pättin jätevedenpuhdistamo. Noudettu 10.5.2024 osoitteesta <https://www.vaasanvesi.fi/-/ymparistolupa-pattin-jatevedenpuhdistamolle-avi-tiedottaa-10-7-2017>

Antola, N. (2018). Ohjeistuksia hulevesinäytteenottoon – Case Kirstinpuisto. opinäytetyö. Noudettu 20.5.2024 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/156255/Antola_Noora.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Eskola, R. ja Tahvonen, O. (2010) Hulevedet rakennetussa viherympäristössä. Hämeen ammattikorkeakoulu. kirja.

Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut. (2024). Hulevesi. Noudettu 11.3.2024 osoitteesta <https://www.hsy.fi/vesi-javiemarit/hulevesi>

Huttula, T., Bilaletdin, E., Härmä, P., Kallio, K., Linjama, J., Lehtinen, K., Luotonen, H., Malve, O., Vehviläinen, B. ja Villa, L. (2009). Ympäristön seurannan menetelmien kehittäminen. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 2009/13. Noudettu 15.5.2024 osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/e1a6cd8f-c1da-469e-8da5-6467006d0374/content>

Ilmatieteenlaitos. (n.d.). Ilmatieteen laitoksen lämpö-, sade- ja lumimittauksia alkaen vuodesta 1998. Noudettu 21.5.2024 osoitteesta <https://jemma.mobi/kelitalot?a=Vaasa+Klemetil%C3%A4&v=2023&k=9>

Juusela, V. (17.12.2020). Vaasan hulevesitarkkailu 2020. KVVY Tutkimus Oy. Tutkimusraportti nro 1339/20.

Jylhä, N. (27.6.2022). Tiivistyvä kaupunkirakenne uhkaa luonnon monimuotoisuutta. Noudettu 7.4.2024 osoitteesta <https://www.tuni.fi/fi/ajankohtaista/tiivistyva-kaupunkirakenne-uhkaa-luonnon-monimuotoisuutta>

Jyväskylän kaupunki. (31.12.2018). Vihreitä vesireittejä – Hanke vesien tilan parantamiseksi Tourujoella ja sen valuma-alueilla. Hankkeen loppuraportti. Noudettu 20.5.2024 osoitteesta <https://www.jyvaskyla.fi/sites/default/files/atoms/files/vihreita-vesireitteja-loppuraportti-2018-netti.pdf>

Järveläinen, J. (23.2.2024). Hulevesien laatu ja merkitys vesistöille. Vesistökunnostajien aamukahvit: Hulevedet ovat ympäristöriski – ongelma ja ratkaisut. Youtube-video. Noudettu 18.3.2024 osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=0YuU702ggLo>

Järveläinen, J. (2019). Laadullisen hallinnan merkitys korostuu tulevaisuuden hulevesirakentamisessa. Vesitalous (2/2019). Verkkolehti. Noudettu 11.3.2024 osoitteesta https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2019/03/VT1902_lowres.pdf

Kasvio, P., Ulvi, T., Koskiaho, J., Jormola, J. (2016). Kosteikkojen ja biosuodatusalueiden toimivuus hulevesien käsittelyssä. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 7/2016. Noudettu 16.4.2024 osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/e0f35aba-964d-41ad-bb1a-57f1cd04fceb/content>

Kerkkänen, J., Sillanpää, N., Lehikoinen, E., Laurila, T., Kuoppamäki, K., Kalliala, E., Valtanen, M. & Jalonen, J. Hajautettua huleveden hallintaa Espoon Niittykummussa. Vesitalous (2/2019). Verkkolehti. Noudettu 7.5.2024 osoitteesta https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2019/03/VT1902_lowres.pdf

Kuntaliitto. (18.1.2023). Kuntaliitto ja ympäristöministeriö: Selvitys: Sade- ja sulamisvesien mukana kulkeutuu vesistöihin saasteita arvioitua enemmän. Noudettu 2.4.2024 osoitteesta <https://www.kuntaliitto.fi/tiedotteet/2023/selvitys-sade-ja-sulamisvesien-mukana-kulkeutuu-vesistoihin-saasteita-arvioitua>

Laurila, S., Jyrkänkallio-Mikkola, J., Mesimäki, M., Kallio, P., Kuoppamäki, K., Nieminen, H. & Lehtävirta, S. (2014) Normeja viherkatoille – perusteita kehittämiseen. Helsingin yliopiston koulutus- ja kehittämiskeskus Palmenia. Noudettu 29.3.2024 https://www.luomus.fi/sites/default/files/files/normeja_viherkatoille_-_perusteita_kehittamiseen.pdf

Maa- ja metsätalousministeriö. (N.d.) Metsänhoidon suositukset. Sanasto: laskeutusallas. Noudettu 3.4.2024 osoitteesta <https://metsanhoidonsuosituks.fi/fi/sanasto/laskeutusallas>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132. Finlex. Noudettu 12.3.2024 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Mittausguru. YSI EXO 3: johtokyky, lämpötila, sameus, happi + pyyhin. Noudettu 16.5.2024 osoitteesta <https://mittausguru.fi/product/ysi-exo3-johtokyky-lampotila-sameus-happi-pyyhin/>

Mäkelä, A., Antikainen, S., Mäkinen, I., Kivinen, J. & Leppänen, T. (1992) Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja B. Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. Noudettu 3.4.2024 osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/items/5c1097b9-c701-48f9-aa8f-f74c664e46a7>

Pidä Saaristo Siistinä ry. (N.d.) Rehevoityminen. Noudettu 22.5.2024 osoitteesta <https://pidasaaristosiistina.fi/mika-vesistojamme-uhkaa/rehevoityminen/>

Pien-Saimaa. (N.d.) Hulevesikosteikot. Noudettu 3.4.2024 osoitteesta <https://www.piensaimaa.fi/vesiensuojelurakenteet/hulevesikosteikot/>

Rainplan. (7.11.2023). The Future of Stormwater Management: Emerging Trends. Medium. Noudettu 17.4.2024 osoitteesta <https://rainplan.medium.com/stormwater-management-is-an-essential-aspect-of-urban-planning-and-environmental-conservation-but-0bce43879ecc>

Ranta-Korhonen, T. ja Pekurinen, L. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. (2022). HULA-hulevesien laadullinen hallinta ja haitallisten aineiden monitorointi. pdf. Noudettu 16.5.2024 osoitteesta <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/786012/URNISBN9789523444997.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Regionplane- och trafikkontoret, Stockholms läns landsting. Riktvärdesgruppen. (2009). Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp. pdf. Noudettu 10.5.2024 osoitteesta https://static1.squarespace.com/static/592c525fe3df282718f63597/t/5e05bb3b966a241ee2c7dff6/1577433916644/Riktvarde_n_dagvatten_feb_2009.pdf

Salmi, P., Rastas, K., Koskinen, J. & Peltonen, J. (25.8.2011). TEHO-hankkeen raportteja, osa 5. Vedenlaadun automaattiseuranta. Noudettu 21.5.2023 osoitteesta https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/94219/TEHO_hankkeen_raportteja_osa_5.pdf?sequence=2&isAllowed=y

SFS-EN ISO 5667-1:2023. (2023). Water quality. Sampling. Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques. Suomen Standardisointiliitto.

Sillanpää, N. (7.6.2019). Hulevesien laatu ja hallinta. Tieto- ja kehitystarpeet Suomen olosuhteissa. pdf. Noudettu 16.5.2024

Sitowise. (N.d.) Hulevesipalvelut. Noudettu 16.3.2024 osoitteesta <https://www.sitowise.com/fi/infrastrukturi-ja-kaupunkikehitys/hulevesipalvelut>

Suomen Kuntaliitto ry. (2017). Hulevesioppaan päivitettyt luvut lainsäädännön muutosten osalta. Noudettu 11.3.2024 osoitteesta <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2017/1829-hulevesioppaan-paivitetyt-luvut-lainsaadannon-muutosten-osalta>

Suomen Kuntaliitto. (2012). Hulevesiopas. Noudettu 11.3.2024 osoitteesta <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopas>

Suomen ympäristökeskus. (25.4.2023). Kaupunkiseudut ja kaupungistuminen. Noudettu 7.4.2024 osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/fi/rakennettu-ymparisto/kaupunkiseudut-ja-kaupungistuminen>

Suomen ympäristökeskus. (9.11.2022). Jatkuvatoiniset vedenlaatumittarit. Noudettu 21.5.2024 osoitteesta <https://www.vesi.fi/vesitieto/jatkuvatoiniset-vedenlaatumittarit/>

Suomen ympäristökeskus. (1.2.2022). Hulevesien hallinnan vastuut ja ohjeistus. Noudettu 12.3.2024 osoitteesta <https://www.vesi.fi/vesitieto/hulevesien-hallinnan-vastuut-ja-ohjeistus/>

Suomen ympäristökeskus. (1.2.2022). Hulevesien ympäristöriskit. Noudettu 18.3.2024 osoitteesta <https://www.vesi.fi/vesitieto/hulevesien-ymparistoriskit/>

Tattari S., Tarvainen M., Kallio K., Lepistö A., Näykki T., Raateoja M., Seppälä J. (2019). Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 4/2019. Laatukäsikirja jatkuvatoimisille vedenlaadun mittauksille. Noudettu 18.5.2024 osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/f7b18f6b-dab3-4014-ae82-773469ca461d/content>

Tieteen termipankki. (13.5.2015). Ympäristötieteet: viherkatto. Noudettu 29.3.2024 osoitteesta <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Ymparistotieteet:viherkatto>

Uponor. (N.d.) Stormwise – Tehokkaat ratkaisut hulevesien hallintaan. Noudettu 15.4.2024 osoitteesta <https://www.uponor.com/fi-fi/infra/tuotejarjestelmat/hulevesiputkistot/hulevesikaivo-smart-trap>

Vaasan kaupunki. (2024). KUHA – Kuormitus haltuun – Vaasan keskusta-alueen kaupunkivesien hallintasuunnitelma. Noudettu 17.4.2024 osoitteesta <https://www.vaasa.fi/hankkeet/kuha-kuormitus-haltuun-vaasan-keskusta-alueen-kaupunkivesien-hallintasuunnitelma/>

Vaasan kaupunki. (n.d.). Vaasan kaupungin organisaatio ja päätöksenteko. Noudettu 18.4.2024 osoitteesta <https://www.vaasa.fi/tietoa-vaasasta-ja-seudusta/vaasan-kaupungin-organisaatio-ja-paatoksenteko/>

Vaasan kaupunki. (n.d.). Kaupunkiympäristön toimiala. Noudettu 18.4.2024 osoitteesta <https://www.vaasa.fi/tietoa-vaasasta-ja-seudusta/vaasan-kaupungin-organisaatio-ja-paatoksenteko/kaupunkiympariston-toimiala/>

Vaasan kaupunki. (7.5.2024). Älykäs Vaasa: IoT-alusta pienentää hiilijalanjälkeä, sujuvoittaa liikkumista ja säästää kustannuksia. Noudettu 3.6.2024 osoitteesta <https://www.vaasa.fi/ajankohtaista/alykas-vaasa-iot-alusta-pienentaa-hiilijalanjalkea-sujuvoittaa-liikkumista-ja-saastaa-kustannuksia/>

Vaasan kaupunki. (19.8.2021). Tekninen toimi on nyt kaupunkiympäristön toimiala – uusi nimi astui voimaan elokuun alussa. Noudettu 18.4.2024 osoitteesta <https://www.vaasa.fi/ajankohtaista/tekninen-toimi-on-nyt-kaupunkiympariston-toimiala-uusi-nimi-astui-voimaan-elokuun-alussa/>

Vaasan vesi. (1.5.2019). Yleiset toimitusehdot. Liite1. Noudettu 15.5.2024 osoitteesta https://www.vaasanvesi.fi/documents/67954/73823/Vaasan_Veden_Yleiset_toimitusehdot.pdf/f22ddb53-b108-49e5-8b6e-d2a56d4c5ecc

Vakkilainen, P. ja muut. (2005). Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Noudettu 11.3.2024 osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/98f08078-8522-476e-ac14-109e277586c3/content>

Valkonen, K. (4.9.2019). Vaasan hulevesiselvitys 2018–2019. KVVY Tutkimus Oy. Tutkimusraportti nro 795/19.

Valtanen, M., Paavilainen, P., Jalonen, J., Sopanen, S., Suvanto, S., Haapalainen, J. (2023). Selvitys hulevesien laadusta. Suomen Kuntaliitto ry. Noudettu 11.3.2024 osoitteesta <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2023/2220-selvitys-hulevesien-laadusta>

Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006. Finlex. Noudettu 10.5.2024 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060888>

Vesilaitosyhdistys. (n.d.). Puhdistamaton jätevesi lähivesistössä on riski ihmisille ja ympäristölle. Noudettu 18.4.2024 osoitteesta https://www.vvy.fi/site/assets/files/1088/hulevesi-haitariesite_a4_yleinen_web_250314.pdf

Vierro, T. (10.3.2015). Tienvarsien lumikasoissa muhii keväinen saastepommi. Artikkel. Noudettu 16.5.2024 osoitteesta <https://yle.fi/a/3-7855309>

Virtanen, L. (12.10.2023). Vaasan hulevesitarkkailu 2023. Tutkimusraportti nro 689/23.

Virtanen, L. (14.12.2022). Vaasan hulevesitarkkailu 2022. Tutkimusraportti nro 773/22.

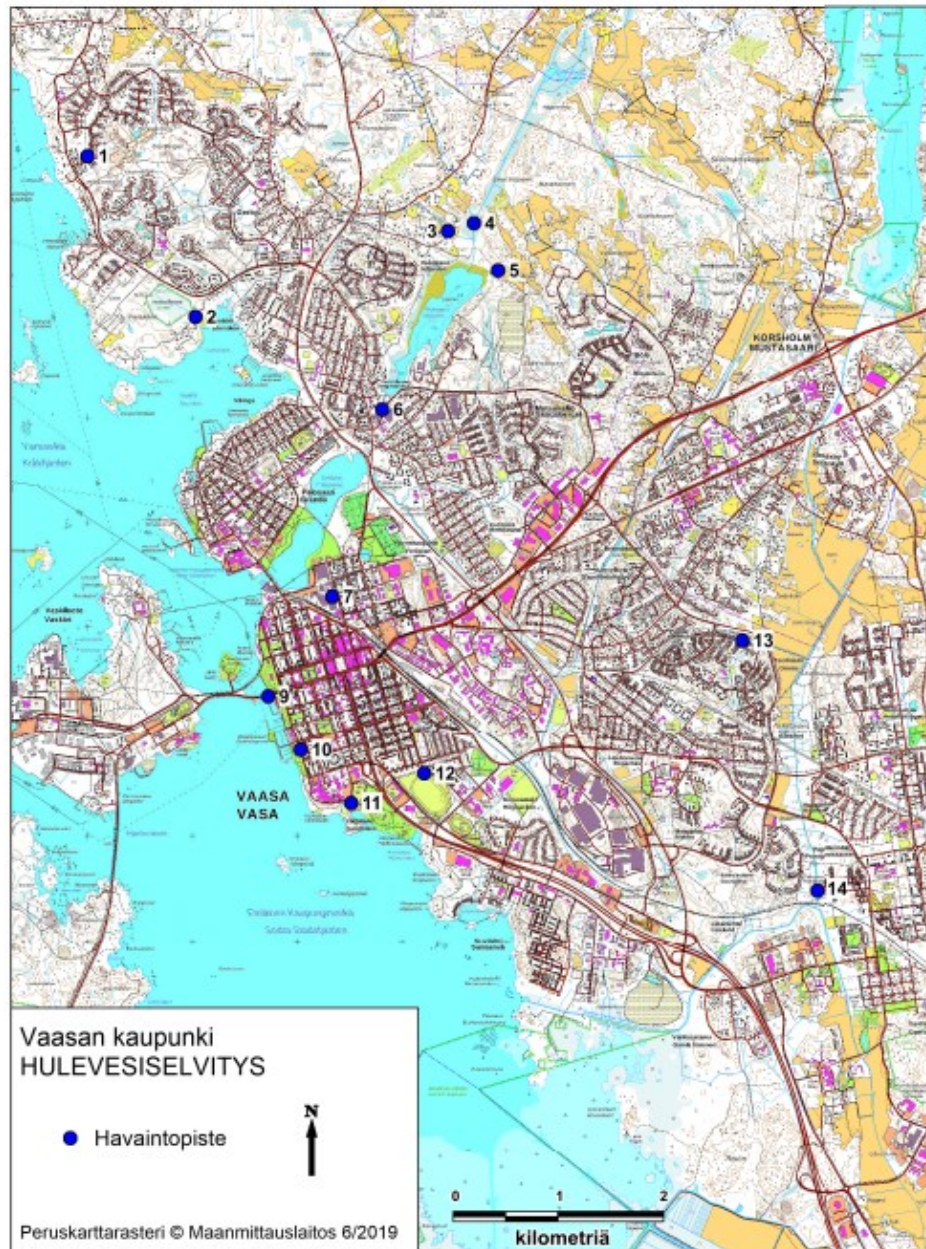
Virtanen, L. (8.12.2021). Vaasan hulevesitarkkailu 2021. Tutkimusraportti nro 760/21.

Watec Consulting. (N.d). Filtro-hulevesisuodatin. Noudettu 15.4.2024 osoitteesta <https://www.watec.fi/tuotteet/p/filtro>

Ympäristöministeriö ja Kuntaliitto: Sade- ja sulamisvesien mukana kulkeutuu vesistöihin saasteita arvioitua enemmän. (18.1.2023). Ympäristöministeriön tiedote. Noudettu 6.5.2024 osoitteesta <https://ym.fi/-/sade-ja-sulamisvesien-mukana-kulkeutuu-vesistoihin-saasteita-arvioitua-enemman>

LIITTEET

LIITE 1 HAVAINTOPAIKKAKARTTA



LIITE 2

KVVY TUTKIMUS OY:N LABORATORION MÄÄRITYSTULOKSET 2023



KVVY Tutkimus Oy on FINAS-akreditoitettujen akreditoituneiden testilaboratorio T064, SFS-EN ISO/IEC 17025
 • akreditoitu määrittämään Mittausparametrit laboratorion pyydetessä

Häviö- pakkia	Koepakkia	Päivänsä	Polymerisaatio- ainevaihtelu (PPM)	Aiempi ng/l	Fluoreni ng/l	Kyseeni ng/l	Nahlaeni ng/l	Pyyeni ng/l	Olyni hiltveinokki ng/l	Olyni hiltveinokki C10-C11 ng/l	Olyni hiltveinokki C12-C14 ng/l	Olyni hiltveinokki C15-C17 ng/l	Staku ng/l	Rauha ng/l	Tappi ng/l	Ammoni- ng/l	Fosfori ng/l	Fosfori- ng/l	TSS ng/l	pH	Sääh- ng/l
12	Kemerenkaihu / Rajakatu	5.7.2023 12:30	Ei todettu						86	<50	86	6500	7900		1400	51	43	31	13.6	7.0	19.0
7	Järvenkatu / Oinkäihni	5.7.2023 11:10	Ei todettu						<50	<50	<50	1200	1100		1100	5.7	49	27	4.9	7.5	33.7
11	Sammekinkatu	5.7.2023 12:56	Todettu					6.4	54	<50	<50	3100	2900		2200	280	36	33	4.4	7.4	55.3
10	Rantakatu	5.7.2023 13:15	Todettu			7.7		6.5	<50	<50	<50	4900	6900		760	<3	41	15	9.8	7.4	15.0
9	Vaskiluodon silta	5.7.2023																			
11	Sammekinkatu	11.9.2023 9:15	Todettu					6.9	<50	<50	<50	17	49								
12	Kemerenkaihu / Rajakatu	11.9.2023 11:00	Ei todettu						<50	<50	<50	170	460								
7	Järvenkatu / Oinkäihni	11.9.2023 12:10	Todettu				140		<50	<50	<50	980	980								
10	Rantakatu	11.9.2023 13:18	Ei todettu						<50	<50	<50	26	86								
9	Vaskiluodon silta	11.9.2023 13:00	Ei todettu						<50	<50	<50	2000	400								
11	Sammekinkatu	11.9.2023 9:15		0.0216	16.8	0.58	<0.1	1.3	7.8	<0.4	25	32	1500	2300	550	51	16	21.3	7.1	14.3	
12	Kemerenkaihu / Rajakatu	11.9.2023 11:00		0.0037	14.7	0.82	0.16	1.4	13	0.60	31	73	1900	2500	57	55	40	-12.4	7.3	39.7	
7	Järvenkatu / Oinkäihni	11.9.2023 12:10		0.00005	14.5	0.56	<0.1	<1	7.6	<0.4	30	49	850	2300	280	86	75	4.0	7.5	69.4	
10	Rantakatu	11.9.2023 13:18		0.00001	14.6	0.29	0.17	<1	12	<0.4	41	110	46	2000	4.6	14	9.4	<1	7.7	64.1	
9	Vaskiluodon silta	11.9.2023 13:00		0.00008	15.1	0.74	0.23	<1	12	<0.4	44	100	42	4000	36	68	64	<1	8.0	69.5	

Pieni Pitoisuus
 Keskiuuri Pitoisuus
 Suuri Pitoisuus

