

Tomi Muinonen

# HULEVEDEN LAADULLINEN JA MÄÄRÄLLINEN SELVITYS HAMINAN KAUPUNGISSA

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Ympäristötekniikan koulutus

2024



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä	Tomi Muinonen
Työn nimi	Huleveden laadullinen ja määrällinen selvitys Haminassa
Toimeksiantaja	Haminan kaupunki
Vuosi	2024
Sivut	50 sivua, liitteitä 15 sivua
Työn ohjaaja	Arto Sormunen

## TIIVISTELMÄ

Huleveden laadun ja määrän tutkimus on tärkeää ympäristön kuormituksen hallinnan, biodiversiteetin säilyttämisen ja huleveden hallinnan näkökulmasta tutkimustiedon ja ympäristötietoisuuden kasvaessa. Opinnäytetyö toteutettiin "Hulevesien hallinnan parantaminen vesiensuojelun näkökulmasta Haminassa" -hankkeen ensimmäisenä vaiheena. Tavoitteena oli selvittää huleveden sisältämät haitta-aineet, huleveden virtaamamäärät sekä tunnistaa mahdollisia riskikohteita haitta-aineiden osalta valuma-alueilla Haminan kaupungissa. Tutkimus tehtiin yhteistyössä Haminan kaupungin, Haminan Veden ja Kymen Ympäristölaboratorion kanssa.

Hulevesi on läpäisemättömiltä pinnoilta pois johdettavaa sade- tai sulamisvettä. Teoreettisessa viitekehyksessä tarkasteltiin hulevesissä esiintyviä ympäristöä kuormittavia haitta-aineita ja niille asetettuja raja-arvoja sekä hulevesien virtaamamääriä. Empiirinen osuus toteutettiin kolmella muodostumisalueella, joissa oli yhteensä 16 mittauspistettä. Tutkimuksessa käytettiin perusvedenlaatumittareita sekä laajoja analyysijä hulevesinäytteistä loppukevällä ja alkukesällä 2023. Tutkimuksessa tarkasteltiin haitta-ainepitoisuuksia suhteessa Tukholman läänin asettamiin raja-arvoihin sekä ympäristölaatonormeihin. Tutkimustuloksia myös verrattiin sekä kansallisiin että kansainvälisiin tutkimuksiin.

Kaikilla valuma-alueilla kiintoainepitoisuudet ylittävät Tukholman läänin asettamat raja-arvot. Lisäksi kyseiset raja-arvot ylittyvät kokonaistypen, nikkelin ja elohopean pitoisuuksissa kolmella mittauspisteellä. Vertailtaessa muihin kaupunkeihin havaitaan vastaavia haitta-ainepitoisuuksia, mutta suurempina suuremmissa kaupungeissa.

Tutkimustuloksia on syytä tulkita suuntaa antavina, koska tutkimusjakso oli lyhyt, näytteenottoja oli rajallisesti sekä tutkimus ajoittui vain loppukevääseen ja alkukesään. Tulokset antavat kuitenkin arvokasta tietoa huleveden laadullisista ja määrällisistä tekijöistä, joita havaittiin lumen sulamisen sekä kevät- ja kesäkauden aikana. Tämä raportti tuo täysin uutta tietoa Haminan kaupungin hulevesien nykytilasta ja toimii pohjana hankkeen seuraaville vaiheille.

**Asiasanat:** hulevesi, huleveden laatu, huleveden virtaamamäärä, haitta-aine

Degree title	Bachelor of Engineering
Author	Tomi Muinonen
Thesis title	A report of stormwater quality and quantity in Hamina town
Commissioned by	Hamina town
Time	2024
Pages	50 pages, 15 pages of appendices
Supervisor	Arto Sormunen

## ABSTRACT

With the increase of research and environmental awareness, there is a growing recognition of the importance of studying stormwater quality and quantity to minimize environmental risks and to advance sustainable water management in urban areas. The aim of this thesis was to find out the quality and quantity of stormwater in the town of Hamina as the first phase of the project "Improving Stormwater Management from the Perspective of Water Protection in Hamina". The thesis was carried out in collaboration with Hamina town and Kymi Environment Laboratory Ltd. The primary objective of the study was to report the current state of stormwater in Hamina.

Stormwater is defined as rainwater and meltwater that is conveyed from surfaces on built areas. The theoretical framework focused especially on the environmental pollutants of stormwater and their threshold values, as well as the flow rates of stormwater. The empirical part was carried out in three catchment areas with 16 measurement points utilizing basic water quality meters instruments and extensive analyses of stormwater samples collected in late spring and early summer of 2023. The research findings were compared with national and international research with a particular focus on pollutant concentrations in relation to the threshold values set by Stockholm County and environmental quality norms.

According to the results, the sediment concentrations exceeded the threshold values set by Stockholm County in all catchment areas. There were elevated concentrations of total nitrogen, nickel, and mercury observed at three measurement points. A comparative analysis with other municipalities indicated similar pollutant concentrations, although higher levels were observed in larger urban areas. The influence of hydrological cycles and soil characteristics on stormwater flow rates was evident.

The results should be considered as indicative, as the study period was short and the samples were limited. However, the results provide valuable insights into the stormwater quality and quantity during the snowmelt, spring and summer. This report provides new knowledge about the current state of stormwater in Hamina and serves as the foundation for the next phases of the project.

**Keywords:** stormwater, stormwater quality, stormwater quantity, pollutants

# SISÄLLYS

## SELITYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	7
2	HULEVESI.....	9
2.1	Huleveden laadullinen selvitys.....	11
2.1.1	Huleveden haitta-aineet.....	11
2.1.2	Tukholman läänin asettamat raja-arvot.....	14
2.1.3	Ympäristölaatunormit.....	14
2.2	Huleveden määrällinen selvitys.....	15
3	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	16
3.1	Muodostumisalueet ja mittauspisteet.....	17
3.1.1	Muodostumisalue 1.....	19
3.1.2	Muodostumisalue 2.....	21
3.1.3	Muodostumisalue 3.....	24
3.2	Aineistonkeruu ja analysointi.....	24
3.2.1	Huleveden perusmittaukset ja näytteenotto.....	25
3.2.2	Hulevedestä tutkittavat parametrit.....	26
3.2.3	Huleveden virtaamamäärät.....	28
4	TUTKIMUSTULOKSET.....	29
4.1	Muodostumisalue 1.....	30
4.2	Muodostumisalue 2.....	32
4.3	Muodostumisalue 3.....	36
4.4	Huleveden virtaamamäärät.....	37
5	TULOSTEN TARKASTELU.....	38
5.1	Muodostumisalue 1.....	39
5.2	Muodostumisalue 2.....	41
5.3	Muodostumisalue 3.....	43
5.4	Huleveden virtaamamäärät.....	44
6	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	45

LIITTEET

- Liite 1. EU:n vesipuidedirektiivissä määritetyt ympäristölaatunormit
- Liite 2. Muodostumisalueen 3 tutkimustulokset
- Liite 3. Näytteenottotulokset: Mittauspiste 1, 19.4.2023
- Liite 4. Näytteenottotulokset: Mittauspiste 1, 3.5.2023
- Liite 5. Näytteenottotulokset: Purkupaikka 1 (Kirkkojärvi), 20.6.2023
- Liite 6. Näytteenottotulokset: Mittauspiste 2, 19.4.2023
- Liite 7. Näytteenottotulokset: Mittauspiste 2, 3.5.2023
- Liite 8. Näytteenottotulokset: Purkupaikka 2 (Salmenvirta), 20.6.2023
- Liite 9. PFC-yhdisteiden tutkimustulokset
- Liite 10. VOC- ja PAH-yhdisteiden, torjunta-aineiden ja öljyhiilivetyjen tutkimustulokset
- Liite 11. Muodostumisalueiden 1, 2 ja 3 tutkimustulosten loppuyhteenveto

## SELITYSLUETTELO

**Asemakaava** = Asemakaavalla määritetään tarkasti maa-alueen käyttötarkoitus.

**Avo-oja** = Peittämätön oja tai uoma, jonka tarkoitus on ohjata vedet sille määritettyyn paikkaan.

**Biodiversiteetti** = Luonnon monimuotoisuus, joka tarkoittaa lajien monimuotoisuutta sekä lajien sisäisen perinnöllisyyden vaihtelua.

**Dioksiini** = Hiilivetyketjuja, joiden klooratut yhdisteet ovat merkittäviä ympäristömyrkkyjä.

**Eroosio** = Maaperän kuluminen ympäristö- tai mekaanisen tekijän vaikutuksesta.

**Hapan sulfaattimaa** = Rikkipitoinen pohja-aines, joka aiheuttaa happamuusongelmia ympäristöön, usein suoalueita.

**Hulevesi** = Vettä läpäisemättömiltä pinnoilta pois johdettava sade- tai sulamisvesi.

**Huleveden laadullinen hallinta** = Menetelmä, jolla pyritään ehkäisemään huleveden ympäristökuormitusta.

**PAH-yhdisteet** = Orgaaninen yhdiste; polysykliset aromaattiset hiilivedyt.

**pH** = Osoittaa veden happamuuden.

**Pohjavesi** = Luonnonmukainen vesivara, merkittävä osa myös pintavedestä suodattuu osaksi pohjavesivarantoja maakerrosten läpi.

**Sadanta (mm)** = Tietyllä alueella satanut vesimäärä.

**Sulanta (mm)** = Lumen sulamisesta aiheutuva veden kerroksen määrä.

**Valuma-alue** = Rajattu maa-alue, jolta pintavalunta valuu samaan vesistöön.

## 1 JOHDANTO

Huleveden laadullinen ja määrällinen selvitys on havaittu tarpeelliseksi vesistöjen tilan parantamisessa. Kansainväliset ja kansalliset tutkimustulokset osoittavat huleveden sisältävän laajasti tunnistettuja haitta-aineita, mutta myös tunnistamattomia ympäristölle riskejä aiheuttavia aineita. Luonnon monimuotoisuuden heikentyminen ja ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat nostaneet hulevesien tutkimuksen merkitystä. (Valtanen ym. 2023.)

Viime vuosina hulevesien laadulliseen tutkimustietoon on kiinnitetty entistä enemmän huomiota määrällisen tutkimuksen rinnalla. Erityisesti kaupunkialueilla ihmisen toiminnan aiheuttamat fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiset saasteet kerääntyvät hulevesiin ja aiheuttavat ympäristöriskejä (Goonetilleke & Lambard 2019). Korkeat haitta-ainepitoisuudet hulevesissä voivat aiheuttaa ekotoksikologisia vaikutuksia eliöstöön, kun taas rakentaminen muuttaa hydrologista kiertoa, mikä vaikuttaa vesiympäristön tasapainoon ja toimivuuteen (Valtanen ym. 2023).

Hulevesien laadullisen selvityksen merkitys nousee keskeiseksi ympäristökuormituksen hallinnassa ja vähentämisessä. Olennaista on havainnoida huleveden laadullista tilaa ja tunnistaa siinä esiintyvien haitallisten aineiden vaikutukset vesistöihin. Näiden päästöjen aiheuttama ympäristönkuormitus voi vaikuttaa ekosysteemin tasapainoon (Drapper ym. 2022).

Huleveden laadullisia tekijöitä voidaan sisällyttää ympäristölupiin, mutta yleisesti hulevesien laadullisia kriteereitä ei ole Suomessa määritelty. Tämä vaikeuttaa hulevesinäytteiden tutkimustulosten tulkintaa ja vertailtavuutta. (Kuntaliitto 2012.) Suomessa ei ole asetettu tarkkoja raja-arvoja huleveden laadulle, vaan useasti haitta-ainepitoisuuksia verrataan Tukholman läänin asettamiin raja-arvoihin (Riktvärdesgruppen 2009) sekä EU:n asettamiin vesiputedirektiivin pintavedenlaatonormeihin (Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 23.11.2006/1022).

Ympäristöministeriön viisivuotisen (2019–2023) vesiensuojelun tehostamisohjelman tavoitteena on muun muassa vähentää maa- ja metsätalouden ravin-

teiden päästöjä vesistöihin, kunnostaa vesistöjä, vähentää haitallisten aineiden päästöjä kaupunkivesiin ja luoda yhteistoimintamalleja. (Ympäristöministeriö 2021.) Osana kansallista vesiensuojelun tehostamisohjelmaa toteutetaan Haminan kaupungissa ”Hulevesien hallinnan parantaminen vesiensuojelun näkökulmasta Haminassa”-hanke 1.1.2023–1.12.2024. Tämän hankkeen päämääränä on tehostaa vesiensuojelua erityisesti hulevesien hallinnan kautta Haminassa. Hankkeen tavoitteena on vähentää haitallisten aineiden pääsyä vesistöihin kaavoituksen ja vesihuollon sekä muiden toimijoiden yhteistyön avulla. Haminan kaupungilla on ollut kokonaisvastuu hulevesistä vuodesta 2021 alkaen. (Hankesuunnitelma 2022.)

Opinnäytetyö toteutettiin ensimmäisenä vaiheena kolmivaiheista hanketta. Ensimmäisen vaiheen tavoitteena oli tehdä Haminan hulevesien nykytilan selvitys, jota hyödynnetään hankkeen seuraavissa vaiheissa. Tutkimus on rajattu huleveden nykytilan laadulliseen ja määrälliseen selvitykseen kolmella erityyppisellä maankäyttöalueella, joilla on erilaiset päästölähteet ja maankäyttömoodot. Näiden maankäyttöalueiden purot ja norot laskevat Suomenlahteen. Tutkimuksen keskiössä on alueen ekosysteemin ja vesistöjen kehittämisen tarve. Tutkimus toteutettiin yhteistyössä Haminan Veden ja Kymen Ympäristölaboratorion kanssa keväällä ja kesällä 2023. Huleveden laadullista tai määrällistä selvitystä ei ole aikaisemmin tehty Haminan kaupungissa, joten tutkimus tuo täysin uutta tietoa huleveden nykytilasta.

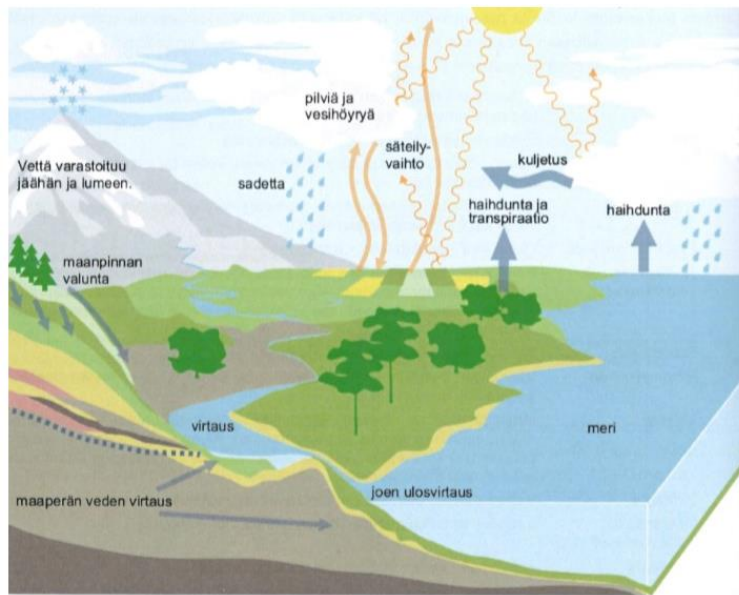
Tämän tutkimustyön tavoitteet muotoiltiin kolmeksi tutkimuskysymykseksi:

1. Millaisia haitta-ainepitoisuuksia hulevedessä esiintyy ja millainen huleveden yleinen tila havaintopaikoilla on?
2. Millaiset huleveden virtaamamäärät ovat havaintopaikoilla ja miten ne vaikuttavat huleveden laatuun?
3. Onko Haminan alueella huleveden laatuun vaikuttavia riskikohteita tai -alueita?



## 2 HULEVESI

Veden kiertokulku eli hydrologinen kierto koostuu neljästä osa-alueesta: sadannasta, valunnasta, haihdunnasta ja imeytymisestä. Ympäristössä tapahtuu jatkuvaa veden kiertokulkua (kuva 1). Hydrologinen kierto käsittää veden siirtymistä ja varastoitumista luonnossa. Luonnossa osa vedestä on varastoituna vesistöihin ja osa vesihöyrynä ilmakehään. Lisäksi vesi on varastoituna myös kiinteässä muodossa lumeksi ja jääksi. (Leppäranta ym. 2017.) Luonnonmukainen vedenkierto toimii tehokkaimmin, kun suurin osa pintavalunnasta imeytyy maaperään.



Kuva 1. Veden kiertokulku ympäristössä (Leppäranta ym. 2017)

Ilmastonmuutos, kaupunkien vettä läpäisemättömien pinta-alojen lisääntyminen ja maankäytön muutokset kasvattavat pintavalunnan määrää ja häiritsevät luonnonmukaista vedenkiertoa (Hettiarachchi ym. 2022). Tämä lisää huleveden ja pintavalunnan vastaanottimien kuormitusta, mikä johtaa saasteiden määrän kasvamiseen ja heikentää vastaanottavien vesistöjen ekologista tasapainoa (Vasconcelos ym. 2020).

Kasvillisuudella on merkittävä osa veden kiertokulkua, haihduttaen ja sitoen runsaasti vettä. Kasvillisuus varastoi vettä lehtiin, oksiin ja juuriin. Lisäksi kasvit tukevat fysikaalisia ja kemiallisia prosesseja, jotka käsittelevät saasteita. Kasvillisuuden läsnäolo hidastaa valuntaa sitomalla vettä itseensä, mikä mah-

dollistaa suspendoituneen kiintoaineen pidättäytymistä ja kasvien hyödynnettävissä olevien ravinteiden sitomista (Orta-Ortiz & Geneletti 2022). Sadanasta osa kulkeutuu maanpinnalla pintavaluntana ja ohjautuu vesistöihin sekä mereen, osa imeytyy maaperän kautta pohjavedeksi. Pintavalunnan aikana vettä haihtuu myös osittain takaisin ilmakehään (Vakkilainen 2022).

Valuma-alueelle muodostuu maankäytölle ominainen vedenkiertokulku, jossa vesi noudattaa veden luonnollisen kiertokulun vaiheita. Valuma-alue käsittää alueen, josta maanmuodon mukaiselta rajatulta alueelta, valumavedet laskevat samaan vesistöön tai uomaan. Valunnan aikana vettä myös imeytyy maaperän väliainekerrosten läpi. Tässä vaiheessa maaperällä on tärkeä tehtävä suodattaa vettä ja vedessä olevat haitta-aineet ja raskasmetallit sitoutuvat maaperässä oleviin kerroksiin. Tällöin vesi suodattuu ja puhdistuu laskeutessaan pohjavesivarantoihin. Muita maaperässä tapahtuvia prosesseja ovat adsorptio/absorptio ja nitrifikaatio-denitrifikaatio, jotka sitovat ja suodattavat veden liuenneita haitta-aineita, ympäristömyrkyjä, orgaanista ainetta ja taudinaiheuttajia. (Szelq ym. 2022.) Valumavesien hallinta ja hulevesien käsittely riippuvat viheralueiden kasvillisuuden ja maaperän tukemista hydrologisista ja saasteiden käsittelyprosesseista (Orta-Ortiz & Geneletti 2022).

Hulevedellä tarkoitetaan maanpinnalta, rakennusten katolta tai muilta vettä läpäisemättömiltä pinnoilta poisjohdettavaa sade- tai sulamisvettä. Hulevedet ovat myös rakennukselta tai tontilta poisjohdettavia perustusten ja tontin kuivatusvesiä. Hulevesissä näkyy useasti ihmistoiminnan vaikutuksia, mikä erottaa hulevedet luonnonmukaisista valumavesistä. Hulevesien valuntaan ja sen määrän muodostumiseen vaikuttavat sateen määrä ja kesto, kuivan ajan pituus, sulamisveden määrä, maanpinnan muoto ja maaperä (Kuntaliitto 2012, 18).

Hulevesien hallinta on kokonaisuus, jossa painopiste on tyypillisesti hulevesien määrän hallinnassa, ja toimenpiteet keskittyvät hulevesien pois johtamiseen rakennetusta ympäristöstä. Laadullisia kriteerejä voidaan sisällyttää ympäristölupiin, mutta yleisesti hulevesien laadullisia tavoitteita ei aseteta, eikä laatua mitata. (Hankesuunnitelma 2022.) Viime vuosina huleveden laadun hallinnan merkitys on kasvanut yhtä tärkeäksi kuin huleveden määrän hallinta

(Valtanen ym. 2023, 75). Opinnäytetyön keskeisiä käsitteitä ovat hulevesi ja sen haitta-aineet, huleveden laatu ja huleveden virtaamamäärät.

Hulevesiä koskevaa lainsäädäntöä on säännelty muuan muassa maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999, MRL), vesilaissa (587/2011, VL) vesihuoltolaissa (119/2001, VHL) sekä tulvariskilaissa (laki tulvariskien hallinnasta 620/2010) (Kuntaliitto 2017, 14). Suomessa on annettu hulevesien hallintaan koskevia säädöksiä, mutta raja-arvoja ei lainsäädännössä kuitenkaan ole määritelty. Monissa tutkimuksissa huleveden laadullisia tuloksia verrataan Ruotsissa käytettyyn Tukholman läänin asettamiin raja-arvoihin (Riktvärdesgruppen 2009) ja EU:n vesipuidedirektiivin (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 23.10.2000/60/EY) asettamiin ympäristölaatunormeihin.

## **2.1 Huleveden laadullinen selvitys**

Huleveden laadullinen selvitys ja tutkimustulosten analysointi auttaa selvittämään, mitä haitta-aineita hulevesistä tulisi vähentää. Ympäristön kuormituksen vähentäminen ja parantaminen merkitsee myös hulevesien laadun seurantaa ja varsinkin haitta-ainepitoisuuksien tiedostamista. Huleveden laatua heikentävät runsasliikenteiset maantiet, laajat vettä läpäisemättömät pinnat, teollisuusalueet, sulfidi- ja savipitoiset alueet sekä maatalousalueet. Pisteistä kuormitusta voivat lisätä kiertotalousasemat, lumenkaatopaikat sekä teollisen toiminnan kohteet, kuten asfaltti- ja murskeasemat (Hulakas-hanke 2022, 7).

Huleveden laadullisessa selvityksessä tutkitaan hulevesissä olevia haitallisia aineita. Huleveden laatuun vaikuttavat päästöt aiheuttavat vesistöissä lyhyt- ja pitkäkestoisia laadun heikkeneväisyyksiä sekä ekologisen tilan muutoksia. Lyhytkestoiset eli akuutit vaikutukset näkyvät muun muassa eliöstön ja kasvillisuuden muutoksina tai kuolemina. Pitkäaikaiset eli krooniset vaikutukset näkyvät esimerkiksi vesistön rehevöitymisenä. (Valtanen ym. 2023, 34.)

### **2.1.1 Huleveden haitta-aineet**

Huleveden laatua heikentäviä haitta-aineita ovat: ravinteet, kiintoaineet, metallit, kloridi, torjunta-aineet, PAH-yhdisteet (polysykliset aromaattiset hiilivedyt),

PFAS-yhdisteet (perfluoratut alkyylilyhdisteet), öljyhiilivedyt ja MTBE eli bensii-  
nin lisääine. Jätevesistä peräisin olevia bakteereja löytyy usein myös huleve-  
sistä. Hulevedessä esiintyviä haitta-aineita ja erityyppisiä yhdisteitä sekä nii-  
den päästölähteitä on esitetty taulukossa 1 ja 2.

Taulukko 1. Hulevedessä esiintyviä yleisimpiä haitta-aineita ja niiden päästölähteitä (Valtanen  
ym. 2023, 13-14)

Haitta-aine	Päästölähteet	Maankäyttömuoto
Typen yhdisteet	Ilmalaskeuma, liikenne, eroosio, lannoitus	Asutusalue, keskusta-alue, viheralue, työmaa
Fosforin yhdisteet	Ilmalaskeuma, liikenne, eroosio, lannoitus	Asutusalue, keskusta-alue, viheralue, työmaa
Kiintoaines	Ilmalaskeuma, liikenne, eroosio	Asutusalue, keskusta-alue, viheralue, työmaa
Kloridi	Ilmalaskeuma, liikenne	Asutusalue, keskusta-alue, työmaa
Sulfaatti	Ilmalaskeuma, liikenne	Asutusalue, keskusta-alue, työmaa
BOD	Liikenne	Asutusalue, keskusta-alue, teollisuusalue
COD	Liikenne	Asutusalue, keskusta-alue, teollisuusalue
Zn	Ilmalaskeuma, liikenne, katot, teollisuus	Asutusalue, keskusta-alue, työmaa, teollisuusalue
Cu	Ilmalaskeuma, liikenne, katot, teollisuus	Asutusalue, keskusta-alue, työmaa, teollisuusalue
Ni	Ilmalaskeuma, liikenne, teollisuus	Asutusalue, keskusta-alue, työmaa, teollisuusalue
Pb	Ilmalaskeuma, liikenne, teollisuus	Asutusalue, keskusta-alue, työmaa, teollisuusalue
Cd	Ilmalaskeuma, liikenne, teollisuus	Asutusalue, keskusta-alue, työmaa, teollisuusalue
Cr	Ilmalaskeuma, liikenne, teollisuus	Asutusalue, keskusta-alue, työmaa, teollisuusalue
Al	Ilmalaskeuma, liikenne, teollisuus	Asutusalue, keskusta-alue, työmaa, teollisuusalue
Fe	Ilmalaskeuma, liikenne, teollisuus	Asutusalue, keskusta-alue, työmaa, teollisuusalue
V	Ilmalaskeuma, liikenne, teollisuus	Asutusalue, keskusta-alue, työmaa, teollisuusalue
Mn	Ilmalaskeuma, liikenne, teollisuus	Asutusalue, keskusta-alue, työmaa, teollisuusalue
Koliformit bakteerit	Viemärijuodot, eläinten ja ihmisten ulosteet	Asutusalue, viheralue, keskusta-alue
PAH-yhdisteet	Liikenne, teollisuus	Asutusalue, keskusta-alue, teollisuusalue, työmaa
Öljyt ja hiilivedyt	Liikenne, teollisuus	Asutusalue, keskusta-alue, teollisuusalue, työmaa
Mikromuovit	Liikenne, roskat, kenkien ja vaatteiden kuluminen, rakennusmateriaalit	Asutusalue, keskusta-alue, teollisuusalue, työmaa
PFAS-yhdisteet	Ilmalaskeuma, roskat, rakennusmateriaalit	Asutusalue, keskusta-alue, teollisuusalue, työmaa, paloharjoitusalue, kaatopaikka

Huleveden mukana kulkeutuu ympäristöstä peräisin olevia haitta-aineita, jotka voivat esiintyä ympäristössä liukoisessa tai partikkelimaisessa olomuodossa (Allen Burton & Pitt 2001). Maankäyttömuodon lisäksi sääolosuhteet vaikuttavat hulevesissä esiintyviin haitallisiin aineisiin (Kuntaliitto 2012, 124–127).

Taulukko 2. Hulevedessä esiintyviä yhdisteitä ja niiden päästölähteitä (Valtanen ym. 2023, 15)

Yhdiste	Päästölähde
VOC-yhdisteet	liikenne, teollisuus
Mikromuoveja: Polyeteeni (PE): HDPE, LDPE, LLDPE polypropyleeni (PP) polyvinyylikloridi (PVC) polystyreeni (PS) polyesteri (PES) etyleenipropyleenidieenikumi (EPDM) etyleenivinyliasetaatti (EVA) Kumipolymeerit: styreenibutadieenikumi (SBR)A	liikenne, roskat, kenkien pohjat, muovipussit, erilaiset pakkausmateriaalit ja säilytysastiat, muoviputket, styroksi, rakennustyömaiden eristelevyt sekä muovin käsittely työmailla ja teollisuudessa
PFAS-yhdisteitä: perfluorioktaanisulfonihappo (PFOS) perfluorioktaanihappo (PFOA)	teollisuus kaatopaikat paloharjoitusalueet
Alkyyliifenoleita: Bisfenoli A (BPA) Nonyyliifenoli (NP)	
Perfluorikarboksyylihapot: Perfluoriheksaanihappo (PFHxA)	pysäköintialueet
Heksabromisyklododekaani	
Polybromatut difenyylieetterit	
Perfluorisulfonihapot	
Fluoritelomeerit	
Bentsotriatsolit	
Torjunta-aineet	katot, pysäköintialueet, varastoalueet, kadut, lastausalueet, teollisuus
PAH-yhdisteet	
Ftalaatit: di-isonyyliftalaatti (DINP) di(2-etyyliheksyyli)ftalaatti (DEHP)	

Tässä tutkimuksessa tutkittaviin haitta-aineiden esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä on:

- Valuma-alue (pintavalunta, pintakerrosvalunta ja virtausreitti)
- Maankäyttömuoto ja sen päästölähteet (tie- ja katualueet, ajoneuvokanta, raskaan liikenteen osuus, liikenteen määrä, liikenneväylien kunnossapitotoimenpiteet, esimerkiksi teiden suolaus)
- Toiminta yksittäisillä kiinteistöillä ja yleisillä alueilla (rakennukset, vettä läpäisemättömät pinnat ja materiaalit, piha- ja pysäköintialueet, viheralueiden istutukset ja lannoitteet, tekonurmi, katteet ja maanpeitteet, asfaltti, jätteiden keräys- ja käsittelypaikat, peltojen lannoitteet, työmaat)
- Alueen luonnolliset ominaisuudet ja olosuhteet (ilmasto, sää ja vuodenaikaisvaihtelu, maaperä, kivilaji- ja raekoostumus eli veden luonnonmukainen vedenkierto)

Hulevesissä tunnistettavista yleisimmistä aineista, kuten ravinteilla ja bakteereilla, on vaikutuksia veden yleiseen tilaan esimerkiksi virkistyskäytössä. Raskasmetallit ja orgaaniset haitta-aineet voivat vaikuttaa haitallisesti eliöstöön ja kasvillisuuteen, jonka takia haitta-aineille on asetettu ympäristölaatunormeja ja raja-arvoja. (Kuntaliitto 2012, 5.)

## 2.1.2 Tukholman läänin asettamat raja-arvot

Suomessa ei ole asetettu raja-arvoja huleveden laadulle, vaan useasti haitta-ainepitoisuuksia verrataan Tukholman läänin asettamiin raja-arvoihin. Tukholman läänin asettamien raja-arvojen pohjana on käytetty EU:n vesipuidedirektiivin ympäristölaatonormeja. Tukholman läänin asettamat raja-arvot on esitetty taulukossa 3. Taulukon raja-arvot on esitetty viidessä tasossa, jotka on määritelty huleveden purkautumisalueen mukaan. Taulukossa esitetyt arvot ovat vuosittaisia keskimääräisiä pitoisuuksia ja metalli- ja ravinnepitoisuudet ovat kokonaispitoisuuksia. (Riktvärdesgruppen 2009, 8–11.)

Taulukko 3. Tukholman läänin asettamat raja-arvot (mukaillen Riktvärdesgruppen 2009, 11)

Päästöjen taso		Pienemmät järvet, vesistöt, merenlahdet		Suuremmat järvet ja meri		Liiketoiminnanharjoittajat
		Taso 1	Taso 2	Taso 1	Taso 2	Taso 3
Haitta-aine	Yksikkö					
Fosfori, P	µg/l	160	175	200	250	250
Typpi, N	mg/l	2	2,5	2,5	3	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
Öljyt	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

Taulukossa 3 taso 1 kuvaa hulevedessä esiintyvälle haitta-aineelle raja-arvoa paikassa, jossa hulevesi purkautuu suoraan vesistöön. Taso 2 kuvaa päästöjen raja-arvoa hulevedessä, joka purkautuu muodostumisalueen kautta kyseiseen vesistöön. Taso 3 kuvaa liiketoiminnasta aiheutuvien päästöjen raja-arvoja. (Riktvärdesgruppen 2009, 8–9.)

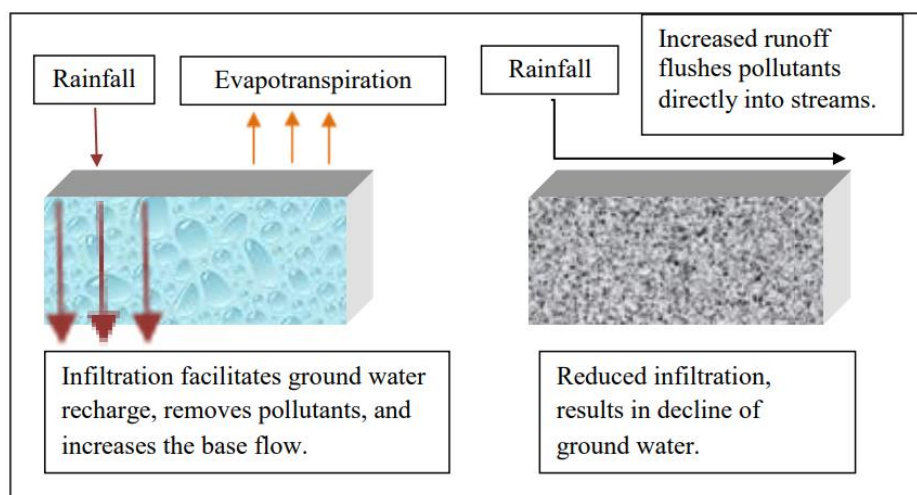
## 2.1.3 Ympäristölaatonormit

Huleveden laatua käsittelevissä tutkimuksissa on usein käytetty vertailuarvoina vesistöille asetettuja ympäristölaatonormeja. EU:n vesipuidedirektiivin (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 23.10.2000/60/EY) pohjalta on määritetty ympäristölaatonormit, jotka on kirjattu Valtioneuvoston asetukseen vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (23.11.2006/1022). Ympäristölaatonormien tarkoitus on vähentää pinta- ja pohjavesien haitta-aineiden kuormitusta. EU:n vesipuidedirektiivin mukaiset ympäristölaatonormit on esitetty liitteessä 1.

Opinnäytetyön tutkimuksessa tarkastellaan ympäristölaatunormien elohopean, kadmiumin, lyijyn, nikkelin ja eri yhdisteiden haitta-ainepitoisuuksia. Ympäristölaatunormien raja-arvot on laadittu pintavesistöille ja niiden haitta-ainepitoisuuksille.

## 2.2 Huleveden määrällinen selvitys

Huleveden määrään vaikuttavat sademäärä, sateen voimakkuus, sulavan lumien määrä ja sulamisnopeus sekä vettä läpäisemättömien pintojen pinta-ala (HSY 2023). Ilmastomuutos muuttaa luonnon hydrologista kiertoa, koska sään ääri-ilmiöt yleistyvät. Joillakin alueilla kuivuudet lisääntyvät, kun taas toisaalla rankkasateet lisääntyvät. Kaupungistumisen kasvaessa huomattavasti, kaupunkialueet altistuvat enemmän hulevesitulville. Vettä läpäisemättömien pintojen laajentuminen kaupungeissa aiheuttaa haitta-aineiden huuhtoutumista laajoilta alueilta. Valunta huuhtoo erilaisia epäpuhtauksia kaupunkiympäristöstä (kuva 4). Rankkasateet huuhtovat taudinaiheuttajia, ravinteita ja myrkyllisiä kontaminanteja. Kasvava virtaus irrottaa sedimenttiin laskeutuneita ympäristölle haitallisia aineita. Tämä lisää hulevesien ja pintavalunnan vastaanottavien vesistöjen ympäristökuormitusta. (Chithra ym. 2015.)



Kuva 2. Kaupunkiympäristössä erityyppisten pintojen käyttäytyminen (Chithra ym. 2015)

Infiltraatio eli pintavalunnan imeytyminen edistää pohjavesien täyttymistä, poistaa saasteita ja lisää pohjavesien virtausta (kuva 2). Kaupunkiympäris-

tössä vettä läpäisemättömillä pinnoilla, kuten asfaltti ja betoni, lisääntynyt pinta-  
tavalunta huuhtoo haitta-aineita suoraan puroihin. Vähentynyt infiltraatio joh-  
taa pohjavesien vähentymiseen. (Chithra ym. 2015.)

Avo-uomissa hulevesien virtausta pyritään hidastamaan, jotta haitta-aineet oh-  
jautuisivat pohjasedimenttiin (sedimentaatio). Sedimentaatio on yleinen tek-  
niikka hulevesien hallinnassa. Viime aikoina on kuitenkin tiedostettu, että mer-  
kittävästi lisääntyvä virtaus voi aiheuttaa sedimentissä olevien epäpuhtauksien  
huuhtoutumista ja merkittäviä ympäristöriskejä. (Karlsson ym. 2010.) Virtauk-  
sen tapahtuessa avouomassa tai hulevesiviemärissä, jossa virtaus pysyy va-  
kiona, riskiä ei ole.

Virtaamamittauksessa mitataan virtausmatkaa, virtausaikaa, uoman leveyttä  
ja vedensyvyyttä, jotta voidaan laskea virtausnopeus ja uoman poikkileikkauk-  
sen pinta-ala. Näiden tietojen perusteella voidaan laskea virtaama. Virtaama  
kertoo, kuinka paljon vettä virtaa avoimessa uomassa tai hulevesiviemärissä,  
jossa paine pysyy vakiona. Virtauksen vähentäminen auttaa pienentämään  
valumamäärää sekä hillitsemään ja viivästyttämään huippuvirtausta. Huleve-  
sien käsittely puolestaan vähentää saasteiden määrää ja kuormitusta. Virtaa-  
mamittauksilla voidaan ennakoida esimerkiksi tulvia ja ehkäistä niiden synty-  
mistä sekä tiedottaa kansalaisia merkittävistä tulvariskeistä. (SYKE 2020.)

### **3 AINEISTO JA MENETELMÄT**

Opinnäytetyön tutkimuskohteet sijaitsevat Haminan kaupungissa, Itäisen Suo-  
menlahden rannikolla. Haminan kaupungissa olevista joista, puroista ja  
avouomista suurin osa laskeutuu kaupungin edustalla olevaan Suomenlah-  
teen. Haminan taajama-alueella kulkee vilkas E18-moottoritie sekä junarata  
Haminan satamaan. Haminan kaupunki on noin 20 000 asukkaan rannikko-  
kaupunki.

Haminassa on säilynyt suhteellisen paljon luonnonmukaisia viheralueita. Tii-  
viisti rakennettua keskustaympäristöä ei ole toistaiseksi kovinkaan paljon,  
mikä pitää luonnonmukaisen vedenkierron mahdollisimman optimaalisena ja  
luonnonmukaisen vedenkierron häiriintymisen minimaalisena. Merkittävä osa  
Haminan alueen maaperästä on epätasaista kalliomaastoa, jossa kallioperä

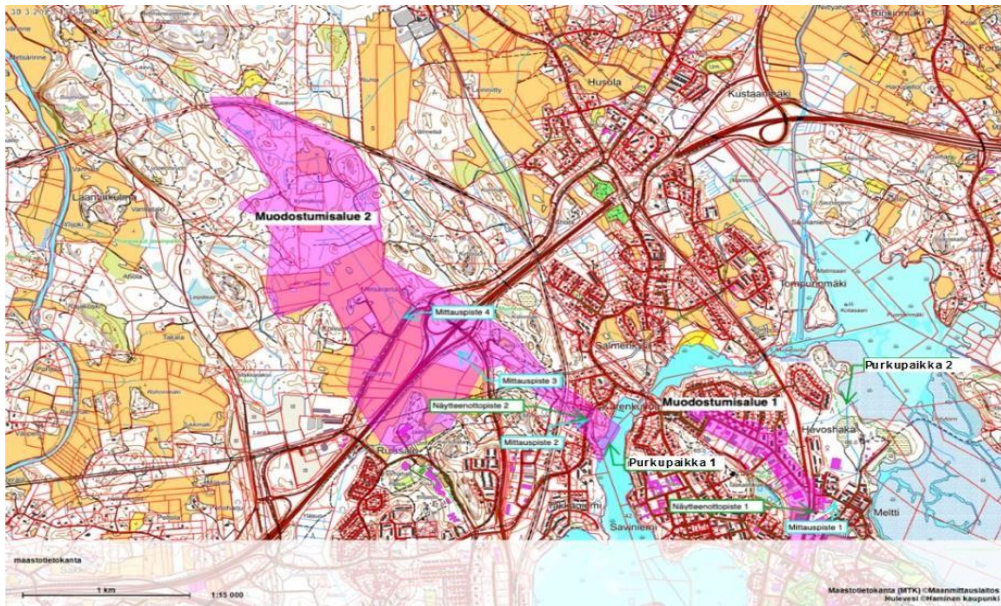


on herkästi rapautuvaa rapakiveä. Alueella esiintyy myös saviperäistä maaperää, näillä alueilla hulevesien imeytyminen eli infiltraatio on heikkoa. Moreeniesiintymiä alueella on suhteellisen vähäisesti. (Valovirta 1972, 6.)

### **3.1 Muodostumisalueet ja mittauspisteet**

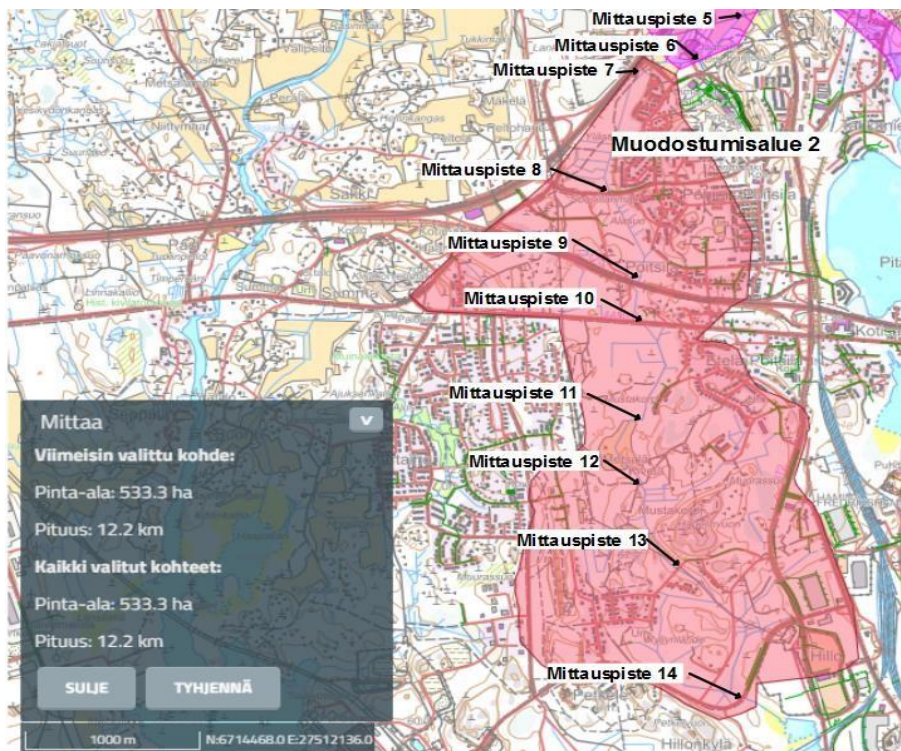
Tutkimuksen suunnitteluvaiheessa kartoitettiin valuma-alueet eli muodostumisalueet mittauspisteineen sekä tutkittavat haitta-aineet ja virtaamamäärämittauksen toteuttaminen. Lisäksi suunniteltiin kenttätutkimuksen toteuttamista ja siihen tarvittavia välineitä, tutkimuksen aikataulua ja mittaustulosten analysointia.

Opinnäytetyön tutkimuksessa määritettiin kolme muodostumisaluetta, joille valittiin 16 mittauspistettä (kuva 3 ja kuva 4). Kolme muodostumisaluetta valittiin erityyppisten maankäyttöalueiden perusteella, jotta saataisiin laajasti erilaisia päästölähteitä hulevesien kuormituksesta esille. Muodostumisalue 1 sijaitsee Haminan keskustan pohjoispuolella (kuva 3). Alue koostuu asuinalueista ja alueella on pienteollisuus- ja yritystoimintaa. Alueella on myös entinen kaatopaikka ja nykyinen lumenkaatopaikka. Muodostumisalue 2 sijaitsee Haminan keskustan luoteispuolella (kuva 3). Alueella on maa- ja metsätaloustoimintaa, pienjäteasema, ampumarata ja asuinalue. Alueen vieressä kulkee E18-moottoritie sekä junarata Haminan satamaan.



Kuva 3. Muodostumisalueet 1 ja 2 mittauspisteineen (mukailen Maastotietokanta 2023)

Muodostumisalueella 1 ja 2 tehtiin huleveden perusmittaukset ja näytteenotot. Muodostumisalue 3 levittäytyy Haminan keskustan länsipuolelle (kuva 4).



Kuva 4. Muodostumisalue 3 mittauspisteineen (mukailen Maastotietokanta 2023)

Muodostumisalue 3 käsittää maatalous- ja urheilutoimintaa, suoalueen sekä asuinalueen. Lisäksi muodostumisalueella on E18-moottoritien huleveden laskeutusallas. Muodostumisalueella 3 mitattiin vain huleveden perusmittaukset.

### 3.1.1 Muodostumisalue 1

Muodostumisalue 1 käsittää noin 24 hehtaaria ja sijaitsee Haminan keskustan pohjoispuolella, suurimmaksi osaksi Hevoshaan asuinalueella sekä Teollisuuskadun ja Rautatienkadun reunamilla (kuva 3, s. 17). Muodostumisalueella on pienteollisuus- ja yritystoimintaa. Muodostumisalue 1 painottuu keskustaan, jonka tyypillisiä pintavalunnan mukana kulkeutuvia ympäristöä kuormittavia aineita voivat olla orgaaniset yhdisteet, liikenteestä syntyvä raskasmetalli ja haitta-aineet sekä runsaiden sateiden mukana valunnasta syntyvät ravinnepitoisuudet. Muodostumisalueelle 1 määritettiin mittauspisteiksi: mittauspiste 1 (kuva 5) ja purkupaikka 1 (kuva 6).

#### Mittauspiste 1

Mittauspisteen 1 näytteenottopaikka sijaitsee Haminan keskustan pohjoispuolella Rautatienkadun vieressä, jonka lähellä on yritys- ja teollisuustoimintaa. Mittauspiste 1 on avouomaan johtavan hulevesiviemäriin päässä (kuva 5). Avouomaan johtava hulevesiviemäri kerää hulevesiä Teollisuuskadun ja Rautatienkadun alueelta.



Kuva 5. Mittauspiste 1 kuvattuna 26.4.2023

Hulevesiviemäri purkaa hulevedet Rautatienkadun toisella puolella olevaan avouomaan, josta hulevesi kulkeutuu osaksi avouomana ja osaksi viemärinä



kohti purkupaikkaa 1. Hieman ennen purkupaikkaa 1 on lumenkaatopaikka, joka on entinen kaatopaikka.

### **Purkupaikka 1**

Purkupaikka 1 edustaa muodostumisalueen 1 huleveden valuman kokonaisuutta. Purkupaikka 1 sijaitsee Haminan keskustan pohjoispuolella lähellä kosteikkoaluetta, jonka läheisyydessä on nykyinen lumenkaatopaikka ja entinen kaatopaikka (kuva 6).



Kuva 6. Purkupaikka 1 kuvattuna 9.6.2023

Purkupaikan 1 näytteenottoaika sijaitsee avouoman päässä, josta hulevesi purkautuu Haminan pohjoispuolella olevaan Kirkkojärveen ja sen jälkeen Suomenlahteen. Kirkkojärvi kuuluu Euroopan unionin Natura 2000-suojelualueeseen, jossa tuetaan luonnonmonimuotoisuutta. Kirkkojärvi on lajistoltaan harvinaisen monipuolinen ja linnuston suojelualue. Alueella on laskettu yli 60 pesivää lintulajia. Kirkkojärven kosteikko on yhteydessä Itäiseen Suomenlahteen, Mullinkosken ja Salmenvirran kautta. (ELY-keskus 2023.)

### 3.1.2 Muodostumisalue 2

Muodostumisalue 2 sijaitsee Haminan kaupungin länsipuolella Kylmäkorven ja Metsärannan alueella. Alueen pohjoispää on metsätalous- ja maatalousaluetta. Keskiosassa on E18-moottoritie, Haminan satamaan kulkeva junarata, ampumarata ja pienjäteasema. Alueen purkupäässä sijaitsee Salmenkylän pientaloasuinalue, josta avouoma purkautuu Salmenvirran uimarannan vierestä Suomenlahteen. Muodostumisalueella 2 laaja ja moni maankäytön osalta, jossa näkyy ihmistoiminnan vaikutus. Muodostumisalue 2 on pinta-alaltaan noin 420 hehtaaria. Muodostumisalueen 2 mittauspisteiksi määritettiin: mittauspiste 2 (kuva 7), mittauspiste 3 (kuva 8, s. 22), mittauspiste 4 (kuva 9, s. 23) ja purkupaikka 2 (kuva 10, s. 23).

#### Mittauspiste 2

Mittauspisteen 2 näytteenottoaika (kuva 7) sijaitsee Haminan keskustan länsipuolella Salmenkylän asuinalueen ja Salmenkylän virallisen uimarannan välissä.



Kuva 7. Mittauspiste 2 kuvattuna 26.4.2023

Mittauspisteen 2 näytteenotto tehtiin Salmenvirrantien alittavasta avouoman rummun päästä. Mittauspiste 2 johtaa hulevedet avouomaa pitkin kohti purkupaikkaa 2, josta huleveden avouoma purkautuu Suomenlahteen.

### Mittauspiste 3

Mittauspisteen 3 näytteenottoaikka sijaitsee Haminan keskustan länsipohjoispuolella. Näytteenottoaikka on E18-moottoritien vieressä peltoalueen laitamalla, jonka lähellä on pienjäteasema ja ampumaratatoimintaa. Näytteitä otettiin avouoman rummun päästä (kuva 8).



Kuva 8. Mittauspiste 3 kuvattuna 26.4.2023

Mittauspisteen 3 avouoma johtaa hulevesiä peltoaukeamien läpi kohti Salmenkylän asuinaluea. Salmenkylän alueella on Haminan Satamaan kulkeva junarata.

### Mittauspiste 4

Mittauspisteen 4 näytteenottoaikka sijaitsee Haminan keskustan luoteispuolella, Koivulehdon peltoalueella Puuropytyntien alittavan hulevesiviemärin suulla (kuva 9).



Kuva 9. Mittauspiste 4 kuvattuna 26.4.2023

Mittauspiste 4 on kauimmaisena merestä, yläjuoksulla sijaitseva mittauspiste muodostumisalueella 2. Mittauspiste edustaa metsä- ja maatalousaluetta. Mittauspisteeltä 4 hulevedet kulkeutuvat kohti purkupaikkaa 2.

## **Purkupaikka 2**

Purkupaikka 2 edustaa muodostumisalueen 2 huleveden valuman kokonaislaatua, ennen huleveden purkautumista Suomenlahteen. Purkupaikka 2 (kuva 10) sijaitsee Haminan keskustan länsipuolella, Salmenvirran virallisen uimarannan vieressä.



Kuva 10. Purkupaikka 2 kuvattuna 20.6.2023



Purkupaikan 2 näytteenottoaikka sijaitsee muodostumisalueen 2 päässä, josta hulevesi purkautuu Suomenlahteen. Suomenlahden puoleisen alueen seurannasta huolehtii Kymijoen Vesi ja Ympäristö Ry (Nakari & Jännti 2022, 3).

### 3.1.3 Muodostumisalue 3

Muodostumisalue 3 sijaitsee Haminan keskustan länsipuolella, Ruissalon alueella. Muodostumisalueella 3 on monentyyppistä toimintaa, joka vaikuttaa huleveden laatuun. Alueella on muun muassa Ruissalon liikunta-alue, jossa on jäähalli, ampumarata ja hiihtolatu. Huleveden laatuun vaikuttavat myös pelto- ja metsäalueet, E18-moottoritien päästöt ja sen laskeutumisaltaan valuntamäärä sekä laatu, Poitsilan asuinalue sekä alueella sijaitsevien suoalueiden maaperän happamuus. Muodostumisalueen 3 avouoma kulkee pohjavesialueen vieressä, ennen Suomenlahteen purkautumista. Muodostumisalueelle 3 määritettiin mittauspisteiksi yhteensä 10 mittauspistettä (mittauspisteet 5–14). Kuvassa 11 on esimerkkikuvia muodostumisalueen 3 mittauspisteistä.



Kuva 11. Mittauspisteet 5, 7 ja 14 kuvattuna 9.6.2023

Muodostumisalueen 3 hulevedet purkautuvat Haminan Hillonlahteen, joka on yhteydessä Suomenlahteen.

## 3.2 Aineistonkeruu ja analysointi

Tutkimuksen aineistonkeruu toteutettiin 13.4.–4.7.2023. Tutkimuksen aikana huleveden laatua tutkittiin perusmittauksilla (lämpötila, pH, kiintoaine, sähkönjohtavuus, ORP ja suolapitoisuus) ja näytteenotoilla (vedenlaadun keskeiset



parametrit, raskasmetallit ja orgaaniset yhdisteet). Huleveden määrää tutkittiin virtaamamittauksilla, joissa hyödynnettiin kelluvaa kappaletta ja veden virtaaman laskentakaavoja. Taulukossa 4 on esitetty toteutetut huleveden perusmittaukset, näytteenotot ja virtaamamittaukset eri muodostumisalueilla päivämäärittäin.

Taulukko 4. Hulevedestä toteutetut mittaukset ja näytteenotot

HULEVEDEN PERUSMITTAUKSET (X), NÄYTTEENOTOT (X) JA VIRTAAMAMITTAUKSET (X)																
Päivämäärä	Muodostumisalue 1		Muodostumisalue 2				Muodostumisalue 3									
	M1	P1	M2	M3	M4	P2	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
13.4.2023	X															
14.4.2023	X, X		X, X	X	X											
19.4.2023	X, X, X		X, X, X	X	X											
21.4.2023	X,		X	X	X											
26.4.2023	X, X		X, X	X	X											
3.5.2023	X, X, X		X, X, X	X	X											
10.5.2023	X, X		X, X	X	X											
17.5.2023	X, X		X, X	X	X											
23.5.2023	X, X		X, X	X	X											
30.5.2023				X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
31.5.2023	X, X		X, X	X	X											
6.6.2023	X, X		X, X	X	X											
9.6.2023				X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13.6.2023	X, X		X, X	X	X											
14.6.2023				X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20.6.2023	X, X	X	X, X	X	X	X										
27.6.2023	X, X		X, X	X	X											
4.7.2023	X, X		X, X	X	X											

Muodostumisalueilla 1 ja 2 toteutettiin huleveden perusmittauksia, näytteenottoja ja virtaamamittauksia. Muodostumisalueella 3 tehtiin ainoastaan huleveden perusmittauksia.

### 3.2.1 Huleveden perusmittaukset ja näytteenotto

Huleveden perusmittauksia tehtiin Haminan Veden mittausvälineillä, joita olivat muun muassa mittausastia sekä vedenlaatumittari (Ecosense), jolla mitattiin lämpötilaa, kiintoaine-, sähkönjohtavuus-, hapetus-pelkistyspotentiaali-arvoa ja suolapitoisuutta. Tämän lisäksi mitattiin hapetuspelkistyspotentiaaliarvoa omalla ORP-mittarilla (Redox). Mittausastialla otettiin hulevesinäyte pintavettä syvemältä, jonka jälkeen vedenlaatumittarilla mitattiin tulokset. Hulevedestä vedenlaatumittarilla saadut perusmittaustulokset kirjattiin aluksi kenttälokkkeeseen paikan päällä. Tämän jälkeen tulokset taulukoitiin Excel-tilk-laskentaohjelmaan analysointia varten.

Huleveden näytteenotot toteutettiin standardin mukaisesti (SFS-EN ISO 5667-6: 2016). Hulevesinäytteet otettiin näytteenottopulloilla suoraan vedestä hie-  
man pintavettä syvemmältä, jotta vältettäisiin näytteen ottaminen pelkästään  
pintavedestä. Näytepullot täytettiin standardin ohjeistusta noudattaen. Näyte-  
pullot laitettiin mahdollisimman nopeasti näytteenoton jälkeen kylmälaukkuun,  
joka toimitettiin Kymen Ympäristölaboratorioon analysointia varten. Analysoin-  
nin jälkeen tulokset saapuivat Lims by digia -järjestelmään, josta tulokset siir-  
rettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaan.

Huleveden näytteenottojen ensimmäinen kerta pyrittiin ajoittamaan heti lumien  
sulamisen jälkeen, jotta lumen sulamisvaikutus näkyisi huleveden laadussa.  
Toinen näytteenotto kerta pyrittiin ajoittamaan heti sateiden jälkeen, jotta en-  
sihuuhtouma ja mahdolliset ympäristöä kuormittavat tekijät näkyisivät huleve-  
den laadussa. Kolmas hulevesinäytteenotto otettiin mereen johtavista purku-  
paikoista ja tämä näyte oli vertailunäyte.

### **3.2.2 Hulevedestä tutkittavat parametrit**

Tässä tutkimuksessa hulevedestä tutkittavia parametrejä kartoitettiin kirjalli-  
suuskatsauksen ja muiden tutkimusten perusteella. Hulevedestä päätettiin tut-  
kia 23 parametria (taulukko 5).

Taulukko 5. Tutkimuksessa hulevedestä tutkittavat parametrit

<b>Tutkittavat parametrit</b>
<b>Yleiset laatuhavainnot</b>
<b>Biologinen hapenkulutus</b> BOD (mg/l)
<b>Kemiallinen hapenkulutus</b> COD (mg/l)
<b>Kiintoaine</b> (mg/l)
<b>pH</b>
<b>Sähkönjohtavuus</b> ( $\mu\text{S/m}$ )
<b>Sameus</b> (FNU)
<b>Escherichia coli</b> (suolistoperäiset bakteerit, pmy/100 ml)
<b>Sulfaatti</b> , SO <sub>4</sub> (mg/l)
<b>Kokonaistyyppi</b> ( $\mu\text{g N/l}$ )
<b>Kokonaisfosfori</b> ( $\mu\text{g P/l}$ )
<b>Kloridi</b> , Cl (mg/l)
<b>Metallit</b>
<b>Sinkki</b> , Zn ( $\mu\text{g/l}$ )
<b>Kadmium</b> , Cd ( $\mu\text{g/l}$ )
<b>Kromi</b> , Cr (mg/l)
<b>Kupari</b> , Cu ( $\mu\text{g/l}$ )
<b>Nikkeli</b> , Ni ( $\mu\text{g/l}$ )
<b>Lyijy</b> , Pb ( $\mu\text{g/l}$ )
<b>Elohopea</b> , Hg ( $\mu\text{g/l}$ )
<b>Yhdisteet</b>
<b>PFC-yhdisteet</b> ( $\mu\text{g/l}$ )
<b>VOC-yhdisteet</b> ( $\mu\text{g/l}$ )
<b>PAH-yhdisteet</b> ( $\mu\text{g/l}$ )
<b>Öljyhiilivedyt</b> C10-C40 ( $\mu\text{g/l}$ )
<b>Torjunta-aineet</b>

Huleveden yleiset laatuhavainnot kertovat veden laadun yleisestä tilasta (ekologisesta tilasta). Lämpötilan mittaaminen on tärkeä osa vesien perusmäärittämisestä. Suomen vesistöille tyypillistä on talven ja kesän lämpötilan kerrostuneisuus, joka vaikuttaa happipitoisuuteen ja sen kautta veden laatuun. Myös valuma-alueilla virtaamat ja sääolosuhteet aiheuttavat veden viilenemistä, joka näkyy veden laadussa. Happamuudelle (pH) hulevesissä ei ole asetettu raja-arvoja. Suomen jokivesien erinomaisen tai hyvän luokituksen mukaan kuitenkin veden pH tulisi olla korkeampi kuin 5,8. Suomen vesistöissä pH on yleisesti ottaen 6,5–6,8 eli lievästi hapan. Eliöstö Suomen vesistöissä on mukautunut parhaiten 6,0–8,0 pH-tasoon. Talvella pH on alhaisempi kuin kesällä. (Oravainen 1999, 12–13.)

Kiintoaine vedessä tarkoittaa partikkelimaista ainesta. Jätevedet, levät ja savaines nostavat kiintoainepitoisuutta. Kirkkaiden vesistöjen kiintoainepitoisuus on alle 1,0 mg/l, mutta muun muassa jokivesissä kiintoainepitoisuuden vaihtelu voi olla suurta. Sähkönjohtavuudelle ei ole asetettu raja-arvoja. Sähkön-

johtavuutta lisäävät korkea suolapitoisuus sekä natrium, kalium, kalsium, magnesium, kloridit ja sulfaatit. Maatalousalueilla sähkönjohtavuus on yleensä 15–20 mS/m. Suomen vesistöt ovat yleensä vähäsuolaisia. Jätevedet ja peltolannoitus nostavat veden suolapitoisuutta. (Oravainen 1999, 1–12.)

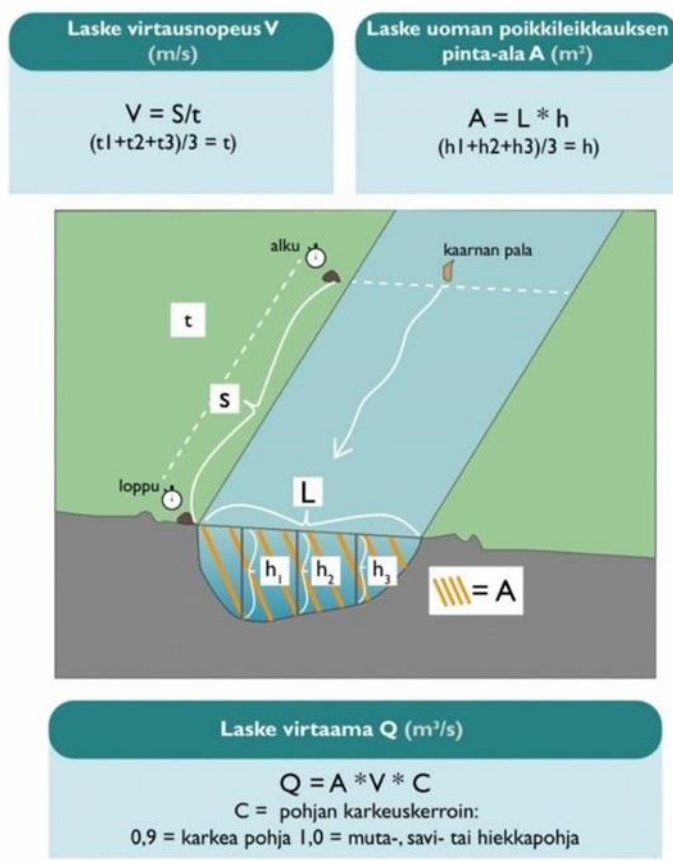
Huleveden laatuun vaikuttavat myös erilaiset haitta-aineet, kuten metallit. Tässä tutkimuksessa selvitettiin sinkin, kadmiumin, kromin, kuparin, nikkelin, lyijyn ja elohopean pitoisuuksia hulevedestä. Huleveteen liuenneita haitta-aineita voivat olla erityyppiset yhdisteet, kuten PAH-yhdisteet, PFC-yhdisteet, VOC-yhdisteet ja öljyhiilivedyt.

### 3.2.3 Huleveden virtaamamäärät

Tutkimuksen aineistonkeruun aikana virtaamamittauksia toteutettiin 12 kertaa peräkkäisinä viikkoina 14.4.–4.7.2023. Mittauksissa havainnoitiin huleveden virtaamamäärää ja sen vaihtelua. Virtaamamittauksia tehtiin muodostumisalueen 1 mittauspisteellä 1 ja muodostumisalueen 2 mittauspisteellä 2.

Tässä tutkimuksessa huleveden virtaamamäärän laskemiseen käytettiin sovellettua mittaustapaa kelluvan kappaleen (pingispallon) avulla, jonka annettiin kulkea hulevesiputkessa tai avouomassa vapaasti metrin matka ja matkan kuluksi mitattiin aika. Kelluva kappale pyrittiin laskemaan avouoman rummun sisällä, jotta vältettäisiin häiriötekijöitä, kuten sääolosuhteita ja epätasaista virtaamaa kasvillisuuden takia. Tutkimuksessa mitattiin pintavirtaamaa, mutta tuloksiin voivat vaikuttaa häiriötekijät kuten tuuli, kasvillisuus ja avo-ojan pohjan maaperä. Häiriötekijöitä ei aina ollut täysin mahdollista sulkea pois, joten virtaamamäärän mittaustulokset ovat suuntaa antavia. Virtaamamäärän mittaustulokset kirjattiin kenttätyöskentelyn aikana kenttälomakkeeseen, jonka jälkeen mittaustulokset taulukoitiin Excel-taulukko ohjelmaan. Tämän jälkeen virtaamamäärät laskettiin kaavojen avulla.

Tämän opinnäytetyön virtaamamäärien mittauksissa on käytetty soveltaen virtaaman laskukaavaa (kuva 12). Ensin virtausnopeus ( $V$ ) on laskettu jakamalla virtausmatka ( $S$ ) virtausajalla ( $t$ ).



Kuva 12. Virtaaman laskukaava, jolla virtaamamäärät on laskettu (SYKE 2020).

Uoman poikkileikkauksen pinta-alaa ( $A$ ) ei tutkimuksessa selvitetty tarkasti, vaan sen arvioitiin olevan uoman keskikohdan syvyyden ( $h$ ) ja uoman leveyden ( $L$ ) tulo. Virtaamaa ( $Q$ ) laskettaessa on kerrottu uoman arvioitu poikkipinta-ala ( $A$ ) virtausnopeudella ( $V$ ) ja pohjan karkeudella ( $C$ ). Pohjan karkeudeksi ( $C$ ) arvioitiin 1,0, koska virtausnopeutta mitattiin sileän muoviputken sisällä, eli pohja ei hidasta veden virtausta merkittävästi.

#### 4 TUTKIMUSTULOKSET

Muodostumisalueella 1 tutkimustuloksissa havaitaan kiintoaineen ja sähkönjohtavuuden arvojen selkeästi kasvavan tutkimuksen loppua kohden (taulukko 6, s. 31). Muodostumisalueella 2 mittauspisteellä 2 tulokset osoittavat myös kiintoainepitoisuuden ja sähkönjohtavuuden selvää nousua (taulukko 9, s. 33). Lisäksi mittauspisteellä 2 havaitaan korkeita kokonaistyyppipitoisuuksia molemmilla näytteenottokerroilla. Salmenvirran purkupaikalla kloridipitoisuudet ovat monikertaiset muihin mittauspisteisiin verrattuna (taulukko 10, s. 34). Muodostumisalueella 3 mittauspisteillä 6 ja 7 kiintoainepitoisuudet ja sähkönjohtavuus

nousevat selkeästi tutkimuksen loppua kohden (ks. liite 2). Tulosten perusteella vedenlaadun kiintoainepitoisuudet ja sähkönjohtavuuden arvot noudattavat samaa trendiä eri muodostumisalueilla, eli arvot kasvavat selkeästi tutkimuksen loppua kohden.

#### **4.1 Muodostumisalue 1**

Muodostumisalueella 1 todetaan selkeästi isoimmat määrät erilaisia orgaanisia haitta-aineyhdisteitä (taulukko 7, s. 31). Kiintoainepitoisuus ja sähkönjohtavuus nousevat tutkimuksen loppua kohden ja huippulukemat saavutetaan 6.6.2023. Tuloksia tarkasteltaessa kiintoainepitoisuudet ovat 120–352 mg/l (taulukko 6). Kiintoainepitoisuuden keskiarvo on 213 mg/l. Tukholman läänin raja-arvot on asetettu 40–100 mg/l, joten mittauspisteen 1 kiintoainepitoisuus arvot ylittävät Tukholman läänin asettaman ylimmän raja-arvon.

#### **Mittauspiste 1**

Mittauspisteellä 1 tuloksissa havaitaan pH:n muutos 21.4.2023, jolloin pH:n arvo sijoittuu selkeästi happaman puolelle 6,0 (taulukko 6). Tarkasteltaessa muita vedenlaadun arvoja samana päivänä, havaitaan normaalia korkeampi ORP-arvo (hapetus-pelkistyspotentiaali), joka on 88. Lisäksi mittauspisteen 1 kiintoainepitoisuuksissa ja sähkönjohtavuudessa säilyy sama trendi eli tulokset jatkavat dynaamista nousua tutkimuksen loppua kohden.

Taulukko 6. Mittauspiste 1. Huleveden laadun tulokset

MITTAUSPISTE 1 Päivämäärä	Lämpötila (C°)	pH	Kiintoaine (mg/l)	Sähkönjohtavuus (µS/m)	ORP (mV)	Suolapitoisuus
13.4.2023	5,2	7,2	159	250	Ei mitattu	118
14.4.2023	4,2	6,9	171	265	Ei mitattu	130
19.4.2023	5,6	7,3	120	159	Ei mitattu	87
21.4.2023	8,2	6,0	120	165	Ei mitattu	86
26.4.2023	9,5	7,2	145	215	70	104
3.5.2023	9,6	7,2	151	230	71	108
10.5.2023	10	7,2	161	247	83	119
17.5.2023	10,7	7,2	186	274	71	132
23.5.2023	12,5	7,3	202	312	67	152
31.5.2023	13,4	7,3	242	412	74	181
6.6.2023	14,2	7,3	352	532	86	267
13.6.2023	11,0	7,3	291	442	81	219
20.6.2023	12,4	7,4	273	462	78	247
27.6.2023	13,6	7,4	287	443	88	283
4.7.2023	14,7	7,4	332	471	93	264
<b>Havaintoja (kpl)</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>15</b>
<b>keskiarvo</b>	<b>10,3</b>	<b>7,2</b>	<b>213</b>	<b>325</b>	<b>78</b>	<b>166</b>
<b>min.</b>	<b>4,2</b>	<b>6,0</b>	<b>120</b>	<b>159</b>	<b>67</b>	<b>86</b>
<b>maks.</b>	<b>14,7</b>	<b>7,4</b>	<b>352</b>	<b>532</b>	<b>93</b>	<b>283</b>

Kymen Ympäristölaboratorion näytteenottotuloksissa mittauspisteellä 1 todetaan PFC-yhdisteitä, haihtuvia VOC-yhdisteitä, PAH-yhdisteitä sekä öljyhiilivetketjuja C10-C40 (taulukko 7). Orgaanisten yhdisteiden haitta-ainepitoisuudet ovat kuitenkin vähäisiä ja ne alittavat Tukholman läänin asettamat raja-arvot (ks. liite 9 ja 10).

Taulukko 7. Mittauspiste 1. Huleveden näytteenottotulokset (Kymen Ympäristölaboratorio)

MITTAUSPISTE 1	19.4.2023	3.5.2023	Havaintoja	Keskiarvo
Biologinen hapenkulutus, BOD (mg/l)	< 2	4,9	2	-
Kemiallinen hapenkulutus, COD (mg/l)	7,7	7,8	2	7,8
pH	6,5	6,8	2	6,6
Kiintoaine (GF/C 1,2 µm) (mg/l)	6,2	5,3	2	5,8
Sähkönjohtokyky (mS/m)	19,5	22,2	2	20,9
Sameus (FNU)	12	9,5	2	10,8
Escherichia coli (pmy/ 100 ml)	0	2	2	1
Sulfaatti, SO4 (mg/l)	5,8	11	2	8,4
Kokonaistyyppi (µg N/l)	1600	1039	2	1320
Kokonaisfosfori (µg P/l)	52	68	2	60
Kloridi, Cl (mg/l)	7,7	18	2	12,9
Sinkki, Zn (µg/l)	34	24	2	29
Kadmium, Cd (µg/l)	< 0,2	< 0,2	2	< 0,2
Kromi, Cr (mg/l)	< 0,09	< 0,09	2	< 0,09
Kupari, Cu (µg/l)	4,4	5,5	2	5,0
Nikkeli, Ni (µg/l)	< 2	< 2	2	< 2
Lyijy, Pb (µg/l)	< 2	< 2	2	< 2
Elohopea, Hg (µg/l)	Ei mitattu	Ei mitattu	0	-
PFC-yhdisteet (µg/l)	Todettu (ks. liite 9)	Todettu (ks. liite 9)	2	-
VOC-yhdisteet (µg/l)	Todettu (ks. liite 10)	Todettu (ks. liite 10)	2	-
PAH-yhdisteet (µg/l)	Todettu (ks. liite 10)	< 0,03 (ks. liite 10)	2	-
Öljyhiilivedyt C10-C40 (µg/l)	< 50 (ks. liite 10)	< 50 (ks. liite 10)	2	< 50

## Purkupaikka 1

Purkupaikalla 1 (Kirkkojärven näytteenottopiste) todetaan PFC-yhdisteiden ja öljyhiilivetyjen (C10-C40) pitoisuuksia (taulukko 8, ks. liite 5). Pitoisuudet ovat kuitenkin pieniä. Tuloksissa kiinnostavaa on VOC-yhdisteiden ja PAH-yhdisteiden häviäminen puron laskeutuessa Kirkkojärven alajuoksulle.

Taulukko 8. Purkupaikka 1. Huleveden näytteenottotulokset (Kymen Ympäristölaboratorio)

PURKUPAIKKA 1	20.6.2023
Biologinen hapenkulutus, BOD (mg/l)	3,9
Kemiallinen hapenkulutus, COD (mg/l)	12
pH	7,1
Kiintoaine (GF/C 1,2 µm) (mg/l)	13
Sähkönjohtokyky (mS/m)	39,4
Sameus (FNU)	8,3
Escherichia coli (pmy/ 100 ml)	6
Sulfaatti, SO <sub>4</sub>	Ei mitattu
Kokonaistyyppi (µg N/l)	800
Kokonaisfosfori (µg P/l)	68
Kloridi, Cl (mg/l)	41
Sinkki, Zn (µg/l)	7
Kadmium, Cd (µg/l)	< 0,2
Kromi, Cr (mg/l)	< 0,09
Kupari, Cu (µg/l)	1,8
Nikkeli, Ni (µg/l)	< 2
Lyijy, Pb (µg/l)	< 2
Elohopea, Hg (µg/l)	0,07
PFC-yhdisteet (µg/l)	Todettu
VOC-yhdisteet (µg/l)	Ei todettu
PAH-yhdisteet (µg/l)	Ei todettu
Öljyhiilivedyt C10-C40 (µg/l)	< 50

Elohopeapitoisuus on ympäristölaatusnormin hetkellisen pitoisuuden (MAC-EQS) raja-arvolla (0,07 µg/l). Muut metallipitoisuudet alittavat Tukholman läänin asettamat ja EU:n vesipuitteidirektiivin ympäristölaatusnormien raja-arvot.

### 4.2 Muodostumisalue 2

Muodostumisalueen 2 tuloksissa havaitaan sama suuntaus kiintoaineen ja sähkönjohtavuuden arvoissa, jotka jatkavat nousua aina tutkimuksen loppua kohden. Mittauspisteellä 4 todetaan tutkimuksen alhaisin pH-arvo 5,7. Mittauspisteellä 2 Kymen Ympäristölaboratorion näytteenottotuloksissa todetaan moninkertaisia kokonaistyyppipitoisuuksia verrattuna muihin mittauspisteisiin.



## Mittauspiste 2

Kiintoainepitoisuuden ja sähkönjohtavuuden arvot jatkavat nousua aina tutkimuksen loppuun saakka (taulukko 9). Kiintoainepitoisuuden arvot ylittävät Tukholman läänin asettaman ylimmän raja-arvo suosituksen merenlahdille ja pienemmille vesistöille 60 mg/l.

Taulukko 9. Mittauspiste 2. Huleveden vedenlaadun tulokset

MITTAUSPISTE 2 Päivämäärä	Lämpötila (C°)	pH	Kiintoaine (mg/l)	Sähkönjohtavuus (µS/m)	ORP (mV)	Suolapitoisuus
14.4.2023	3,3	6,7	145	220	Ei mitattu	110
19.4.2023	4,6	6,8	137	207	Ei mitattu	104
21.4.2023	7,7	6,9	90	136	Ei mitattu	69
26.4.2023	9,4	6,9	145	230	180	110
3.5.2023	9,4	6,9	185	254	181	141
10.5.2023	9,4	6,8	203	310	185	154
17.5.2023	10,1	7,0	213	323	189	167
23.5.2023	14,2	7,3	247	377	195	186
31.5.2023	13,8	7,3	252	383	167	191
6.6.2023	13,7	7,7	268	409	153	202
13.6.2023	13,2	7,6	285	433	155	216
20.6.2023	13,5	7,5	286	428	161	242
27.6.2023	13,6	7,4	274	422	158	207
4.7.2023	13,7	7,2	293	443	152	211
<b>Havainnot</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>14</b>
<b>keskiarvo</b>	<b>10,7</b>	<b>7,1</b>	<b>216</b>	<b>327</b>	<b>171</b>	<b>165</b>
<b>min.</b>	<b>3,3</b>	<b>6,7</b>	<b>90</b>	<b>136</b>	<b>152</b>	<b>69</b>
<b>maks.</b>	<b>14,2</b>	<b>7,7</b>	<b>293</b>	<b>443</b>	<b>195</b>	<b>242</b>

Mittauspisteen 2 näytteenottotuloksissa havaitaan moninkertaisia arvoja nikkelipitoisuudessa verrattuna muodostumisalueen 1 tutkimustuloksiin (taulukko 10). Kokonaistypen keskiarvo on 2000 µg/l. Kokonaistypen pitoisuudet ovat moninkertaisia muihin näytteenottopisteisiin verrattuna. Kokonaistypen keskiarvo on sama kuin Tukholman läänin asettama alin raja-arvo. Kokonaisfosforin mediaani on 33,5 µg P/l, joka alittaa Tukholman läänin asettaman alimman raja-arvon.

Taulukko 10. Mittauspiste 2. Huleveden näytteenottotulokset (Kymen Ympäristölaboratorio)

MITTAUSPISTE 2	19.4.2023	3.5.2023	Havaintoja	keskiarvo
Biologinen hapenkulutus BOD (mg/l)	< 2	2,9	2	-
Kemiallinen hapenkulutus COD (mg/l)	12	9	2	10,5
pH	6,0	6,9	2	6,4
Kiintoaine (GF/C 1,2 µm) (mg/l)	15	11	2	13
Sähkönjohtokyky (mS/m)	22,6	37,3	2	30,0
Sameus (FNU)	24	16	2	20
Escherichia coli (pmy/ 100 ml)	3	0	2	1,5
Sulfaatti, SO <sub>4</sub> (mg/l)	18	60	2	39
Kokonaistyyppi (µg N/l)	2100	1900	2	2000
Kokonaisfosfori (µg P/l)	38,0	29,0	2	33,5
Kloridi, Cl (mg/l)	7,3	32	2	19,7
Sinkki, Zn (µg/l)	28	30	2	29
Kadmium, Cd (µg/l)	< 0,2	< 0,2	2	< 0,2
Kromi, Cr (mg/l)	< 0,09	< 0,09	2	< 0,09
Kupari, Cu (µg/l)	5,7	4,5	2	5,1
Nikkeli, Ni (µg/l)	12	12	2	12
Lyijy, Pb (µg/l)	< 2	< 2	2	< 2
Elohopea, Hg (µg/l)	Ei mitattu	Ei mitattu	0	-
PFC-yhdisteet (µg/l)	Todettu (ks. liite 9)	Todettu (ks. liite 9)	2	-
VOC-yhdisteet (µg/l)	Ei todettu	Ei todettu	2	-
PAH-yhdisteet (µg/l)	< 0,1 (ks. liite 10)	< 0,03 (ks. liite 10)	2	-
Öljyhiilivedyt C10-C40 (µg/l)	< 50 (ks. liite 10)	< 50 (ks. liite 10)	2	< 50
Torjunta-aineet (µg/l)	Ei todettu (ks. liite 10)	Ei todettu (ks. liite 10)		-

Kadmiumin pitoisuudet ovat alle Tukholman läänin asettaman rajan (< 0,2 µg/l.) Nikkelipitoisuuden keskiarvo on 12 µg/l, joka ylittää ympäristölaatu- normin vuosikeskiarvon (AA-EQS) arvon (4 µg/l), mutta alittaa Tukholman läänin asettaman alimman raja-arvon (15 µg/l). Metalleista ainoastaan kromin pitoisuudet ylittävät Tukholman läänin asettaman ylimmän raja-arvon (taulukko 10, ks. liite 6 ja 7) Huleveden näytteenottotuloksissa todetaan PFC-yhdisteitä, PAH-yhdisteitä ja öljyhiilivetyjä (ks. liite 9 ja 10).

### Mittauspiste 3

Mittauspisteen 3 tulokset noudattavat samanlaista kaavaa kuin muut mittauspisteet. Sähkönjohtavuuden arvo vaihtelee arvojen 91–287 µS/m välillä. Sähkönjohtavuuden keskiarvo on 217 µS/m, joka on korkeampi kuin yleisesti pu-rovesien sähkönjohtavuus. Kiintoainepitoisuus on 21–187 mg/l, Kiintoainepi- toisuuden keskiarvo on 136 mg/l, joka ylittää Tukholman läänin asettaman ylimmän raja-arvo suosituksen merenlahdille (60 mg/l) (taulukko 11).

Taulukko 11. Mittauspiste 3. Huleveden vedenlaadun tulokset

MITTAUSPISTE 3 Päivämäärä	Lämpötila (°C)	pH	Kiintoaine (mg/l)	Sähkönjohtavuus (µS/m)	ORP (mV)	Suolapitoisuus
14.4.2023	4,2	6,1	101	151	Ei mitattu	77
19.4.2023	4,5	6,2	121	147	Ei mitattu	84
21.4.2023	9,4	7,1	60	91	Ei mitattu	45
26.4.2023	8,6	6,5	95	144	228	71
3.5.2023	9,6	6,4	21	171	215	96
10.5.2023	10,8	6,3	133	201	211	101
17.5.2023	11,3	6,4	143	227	221	111
23.5.2023	15,9	6,5	171	267	234	129
31.5.2023	14,6	7,2	172	269	231	131
6.6.2023	13,7	7,7	175	267	228	132
13.6.2023	11,8	6,7	176	270	190	133
20.6.2023	12,1	7,2	181	269	204	140
27.6.2023	12,4	7,3	174	275	224	143
4.7.2023	13,2	7,1	187	287	219	142
<b>Havainnot (kpl)</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>14</b>
<b>keskiarvo</b>	<b>10,9</b>	<b>6,7</b>	<b>136</b>	<b>217</b>	<b>219</b>	<b>110</b>
<b>min.</b>	<b>4,2</b>	<b>6,1</b>	<b>21</b>	<b>91</b>	<b>190</b>	<b>45</b>
<b>maks.</b>	<b>15,9</b>	<b>7,7</b>	<b>187</b>	<b>287</b>	<b>234</b>	<b>143</b>

## Mittauspiste 4

Mittauspisteellä 4 todetaan tutkimuksen alhaisin pH-arvo 5,7 (taulukko 12).

Kiintoainepitoisuuden ja sähkönjohtavuuden arvot noudattavat samaa kaavaa kuin muilla mittauspisteillä eli arvot nousevat selkeästi tutkimuksen loppua kohti. Kiintoainepitoisuuden keskiarvo on 126 mg/l, joka ylittää Tukholman läänin asettaman ylimmän raja-arvo suosituksen merenlahdille (60 mg/l).

Taulukko 12. Mittauspiste 4. Huleveden vedenlaadun tulokset

MITTAUSPISTE 4 Päivämäärä	Lämpötila (°C)	pH	Kiintoaine (mg/l)	Sähkönjohtavuus (µS/m)	ORP (mV)	Suolapitoisuus
14.4.2023	4,6	5,7	90	139	Ei mitattu	72
19.4.2023	4,7	5,8	97	121	Ei mitattu	84
21.4.2023	9,6	7,2	71	86	Ei mitattu	47
26.4.2023	9,2	6,4	100	150	250	72
3.5.2023	9,6	6,2	109	161	231	81
10.5.2023	9,8	6,0	118	183	228	89
17.5.2023	11,7	6,0	129	201	242	101
23.5.2023	16	5,9	145	221	258	110
31.5.2023	16,6	5,9	153	232	254	114
6.6.2023	17	6,0	157	240	250	118
13.6.2023	13,3	6,0	143	217	225	107
20.6.2023	13,7	5,9	141	225	237	121
27.6.2023	14,1	5,8	154	228	244	107
4.7.2023	14,6	5,9	161	231	256	114
<b>Havainnot (kpl)</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>14</b>
<b>keskiarvo</b>	<b>11,8</b>	<b>6,0</b>	<b>126</b>	<b>188</b>	<b>243</b>	<b>96</b>
<b>min.</b>	<b>4,6</b>	<b>5,7</b>	<b>71</b>	<b>86</b>	<b>225</b>	<b>47</b>
<b>maks.</b>	<b>17,0</b>	<b>7,2</b>	<b>161</b>	<b>240</b>	<b>258</b>	<b>121</b>

## Purkupaikka 2

Purkupaikalla 2 (Salmenvirran näytteenottopiste) havaitaan selkeästi moniker-  
tainen kloridipitoisuus verrattuna purkupaikkaan 1. Kloridipitoisuus on 810  
mg/l (taulukko 13, ks. liite 8). Näytteenottotuloksessa näkyy meriveden suola-  
pitoisuuden vaikutus. Tutkimustulosten ravinnepitoisuudet, kokonaisfosfori ja  
kokonaistyyppi, alittavat Tukholman läänin asettaman alimman raja-arvon. Me-  
tallipitoisuudet jäävät Tukholman läänin asettamien ja ympäristölaatumormien  
alimpien raja-arvojen alle.

Taulukko 13. Purkupaikka 2. Huleveden näytteenottotulokset (Kymen Ympäristölaboratorio)

PURKUPAIKKA 2	20.6.2023
Biologinen hapenkulutus BOD, (mg/l)	4,9
Kemiallinen hapenkulutus COD, mg/l)	13
pH	7,2
Kiintoaine (GF/C 1,2 µm) (mg/l)	6,6
Sähkönjohtokyky (mS/m)	217
Sameus (FNU)	4,1
Escherichia coli (pmy/100 ml)	2
Sulfaatti, SO <sub>4</sub> (mg/l)	Ei mitattu
Kokonaistyyppi (µg N/l)	850
Kokonaisfosfori (µg P/l)	65
Kloridi, Cl (mg/l)	810
Sinkki, Zn (µg/l)	3,6
Kadmium, Cd (µg/l)	< 0,2
Kromi, Cr (mg/l)	< 0,09
Kupari, Cu (µg/l)	2,0
Nikkeli, Ni (µg/l)	< 2
Lyijy, Pb (µg/l)	< 2
Elohopea, Hg (µg/l)	< 0,04
PFC-yhdisteet (µg/l)	Todettu
VOC-yhdisteet (µg/l)	Ei todettu
PAH-yhdisteet	Ei todettu
Öljyhiilivedyt C10-C40 (µg/l)	< 50

Purkupaikan 2 näytteenottotuloksissa todetaan PFC-yhdisteitä ja öljyhiilivetyjä  
(C10-C40). Yhdisteiden pitoisuudet alittavat Tukholman läänin asettamat ja  
ympäristölaatumormien raja-arvot.

### 4.3 Muodostumisalue 3

Muodostumisalueella 3 todetaan selkeät eroavaisuudet mittauspisteiden välillä  
kiintoainepitoisuuksissa ja sähkönjohtavuudessa. Suurimmat pitoisuudet ha-  
vaitaan E18-moottoritien ja moottoritien valuma-altaan läheisyydessä mittaus-  
pisteellä 5 ja 6 (ks. liite 2). Sähkönjohtavuuden keskiarvo on 324 µS/m. Kiinto-  
ainepitoisuuden keskiarvo on 210 mg/l, joka ylittää Tukholman läänin asetta-  
man ylimmän toiminnanharjoittajien raja-arvon.

#### 4.4 Huleveden virtaamamäärät

Mittauspisteellä 2 havaitaan virtaamamäärien muutos kevään lumen sulamisen seurauksena. Kuitenkin ravinnepitoisuuksissa ja sähkönjohtavuudessa havaitaan arvojen nousevaa trendiä virtaamien vähentyessä. Tutkimuksen alussa avouoman virtaamamäärä on 182 l/s ja tutkimuksen lopussa noin 20 l/s (taulukko 14). Kaikilla mittauspisteillä kiintoainepitoisuudet ja sähkönjohtavuudet ovat huipussaan tutkimuksen lopussa.

Taulukko 14. Huleveden virtaamamäärät muodostumisalueella 1 ja muodostumisalueella 2

HULEVEDEN VIRTAAMAMÄÄRÄT	Matkan pituus (m)	Aika (s)	Leveys (cm)	Syvyys (cm)	Virtaamamäärä (l/s)
<b>Päivämäärä</b>					
<b>Mittauspiste 1</b>	1	3,2	100	13,5	42,2
14.4.2023	1	3,1	80	12,0	31,5
19.4.2023	1	3,1	100	11,5	31,5
26.4.2023	1	3,2	85	11,5	35,9
3.5.2023	1	3,0	85	9,5	26,9
10.5.2023	1	3,0	65	7,5	16,3
17.5.2023	1	3,2	60	7,5	14,1
23.5.2023	1	4,0	55	6,5	8,9
31.5.2023	1	4,2	55	6,0	7,9
6.6.2023	1	4,2	50	6,0	7,1
13.6.2023	1	4,5	50	5,5	6,1
20.6.2023	1	5,0	50	4,5	4,5
27.6.2023	1	6,0	50	4,0	3,3
4.7.2023	1	6,2	50	3,5	2,9
<b>Mittauspiste 2</b>					
14.4.2023	1	2,0	140	26,0	182,0
19.4.2023	1	2,2	140	25,0	159,1
26.4.2023	1	2,5	140	24,0	134,4
3.5.2023	1	3,0	140	22,0	102,7
10.5.2023	1	3,3	130	20,0	78,8
17.5.2023	1	3,5	130	16,0	59,4
23.5.2023	1	3,6	130	14,0	50,6
31.5.2023	1	4,0	120	13,5	40,5
6.6.2023	1	4,2	120	12,0	34,3
13.6.2023	1	4,5	120	12,0	32,0
20.6.2023	1	4,6	120	10,0	26,1
27.6.2023	1	5,0	120	8,0	19,2
4.7.2023	1	5,0	120	8,0	19,2

Viikoittaiset havainnot virtaamamääristä osoittavat niiden merkittävän vähene-  
misen tutkimusjakson aikana. Samalla kiintoainepitoisuudet ja sähkönjohta-  
vuuden arvot kasvavat. Tämä viittaa siihen, että virtaamamäärien vähenemi-  
nen on yhteydessä kiintoainepitoisuuksien ja sähkönjohtavuuden nousuun.  
Kun virtaamamäärät vähenevät, veden nopeus ja tilavuus pienenevät, mikä  
voi johtaa siihen, että kiintoaineet ja epäpuhtaudet kerääntyvät ja sedimentoi-  
tuvat helpommin.

## 5 TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimustulokset osoittavat, että huleveden laatu vaihtelee merkittävästi eri maankäyttöalueiden ja ihmistoiminnan intensiteetin mukaan. Useita tekijöitä tunnistetaan vaikuttavan huleveden laatuun, kuten läpäisemättömien pintojen määrä, teollisen toiminnan vaikutus, ihmisen toiminnan osuus, liikennemäärät, maankäyttömuodot ja sääolosuhteet. Huomattavaa on, että tutkimuksen aikana haitta-ainepitoisuudet pysyivät alhaisina eikä tutkimusalueiden huleveissä havaittu akuuttia ympäristöriskiä.

Huleveden laadun tuloksia verrataan Tukholman läänin ehdottamiin raja-arvoihin sekä EU:n vesipuitedirektiivin asettamiin pintaveden laatonormeihin. Tutkimustuloksia tarkasteltaessa kiinnitetään erityistä huomiota haitta-ainepitoisuuksiin, jotka ylittävät asetetut raja-arvot. Lisäksi tutkimustuloksia verrataan muihin vastaaviin tutkimuksiin, jotka ovat suoritettu erilaisilla maankäyttöalueilla Uudenmaan alueella (taulukko 15). Tuloksia verrataan myös kansainvälisiin tutkimuksiin Yhdysvalloissa, jotta voidaan hahmottaa huleveden laadun ja päästöjen kehitystä kansainvälisellä tasolla (taulukko 15).

Taulukko 15. Hulevesimittaustulokset Yhdysvalloissa ja Suomessa (Kasurinen 2020)

Haitta-aine	Yhdysvaltalaisten mittaus- ten mediaani (µg/l)	Suomessa tehtyjen mit- tausten keskiarvot(µg/l)
Kiintoaine (TDS+TSS)	<b>139000</b>	-
Kokonaisfosfori	<b>270</b>	170
Kokonaistyyppi	<b>1400</b>	2200
Kokonaiskadmium	<b>1</b>	0,05
Kokonaiskromi	<b>7</b>	2,3
Kokonaissinkki	<b>116</b>	84
Kokonaiskupari	<b>16</b>	19
Kokonaistryjy	<b>17</b>	<8
Elohopea	<b>0,20</b>	<0,03
Kokonaisnikkeli	<b>8</b>	2,3
PAH	-	0,9

Yhdysvaltalaisten hulevesimittaustulosten mediaanit on kerätty mittaustuloksista, joita on tehty vähintään tuhat jokaisen haitta-aineen kohdalla. Mittaukset on toteutettu suurelta osin asuinalueilla ja taajamissa vuosina 1994–2005. (Pitt & Maestre 2015; Kasurisen 2020 mukaan.) Suomessa Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry toteutti hulevesien näytteenottoja

erilaisilla maankäyttöalueilla muun muassa Hyvinkäällä, Tuusulassa, Riihimäellä ja Viikissä vuonna 2014 ja 2015. Tutkimustuloksista on koottu tehtyjen mittausten keskiarvot. (Vahtera & Lahti 2016.)

## 5.1 Muodostumisalue 1

Muodostumisalueen 1 tutkimustulokset osoittavat, että valuma-alueen haitta-ainepitoisuudet ovat vähäisiä, eikä hulevesi aiheuta akuuttia ympäristöhaittaa. Mittauspisteellä 1 havaittiin lieviä orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia, jotka selittyvät vieressä sijaitsevan pienteollisuusalueen toiminnasta. Suhteellisen suuri liikenteen määrä ja isohkojen kauppojen pysäköintialueet lienevät myös yksi kuormittavista tekijöistä. PAH-yhdisteiden pitoisuudet ovat  $<0,03 \mu\text{g/l}$ . Pitoisuudet alittavat Tukholman läänin ehdottoman alimman raja-arvon  $<0,03 \mu\text{g/l}$ . PAH-yhdisteiden pitoisuudet alittavat myös keskiarvon ( $0,9 \mu\text{g/l}$ ), joka on saatu PAH-mittaustuloksista Uudenmaan alueella (Vahtera & Lahti 2016).

Öljyhiilivedyt vaikuttavat vesiorganismien lisääntymiskyvyn heikentymiseen (Erickson 2013). Hiilivetyjä päätyy hulevesiin teiltä, asuinalueiden läpäisemättömiltä pinnoilta, parkkipaikoilta ja ajoneuvojen huoltopaikoista (Kuntaliitto 2012). Lisäksi kalakuolemia on yhdistetty korkeisiin PAH-pitoisuuksiin (Watts 2010). PAH-yhdisteitä muodostuu, kun orgaaninen aines palaa epäpuhtaasti. Yhdisteitä voi syntyä muillakin tavoilla, mutta epätäydellinen palaminen on kuitenkin tunnistettu olevan merkittävin yksittäinen tekijä (Zhang & Tao 2009). Purkupaikan 1 tutkimustuloksissa havaitaan elohopean arvo ( $0,07 \text{ mikro g/l}$ ), joka ylittää Tukholman läänin asettaman pienten vesistöjen raja-arvon (taulukko 8, s. 32).

Muodostumisalueen 1 korkein sähkönjohtavuuden mittaustulos on  $53,2 \text{ mS/m}$ , joka todettiin mittauspisteellä 1. Mittaustulos kertoo veden sisältävän ionisoituneita aineita. Kyseinen arvo on verrattain lähellä Uudenmaan alueella tehtyjen mittaustulosten (Vahtera & Lahti 2016) kanssa, vaikkakin hieman pienempi kuin teollisuusalueen arvo Uudenmaan alueella. Sähkönjohtavuudelle ei ole asetettu raja-arvoa. Sähkönjohtavuus purovesissä on yleensä  $2\text{--}22 \text{ mS/m}$  ja suurimmat arvot mitataan yleensä runsassavisilla valuma-alueilla, jotka ovat korkeimmillaan  $50\text{--}60 \text{ mS/m}$  (Lahermo ym. 1996).

Mittauspisteen 1 Kymen Ympäristölaboratorion analysoimissa hulevesinäytteissä biologisen hapenkulutuksen arvot ovat alle 2 mg/l ja 4,9 mg/l, jotka ovat hyviä vesistön happitasapainoisuuden kannalta. Biologisen hapenkulutuksen (BOD) arvot ovat alle 2 mg/l ja 2,9 mg/l, joten orgaanisen aineen hapenkulutus ei ole merkittävää. Veden happitasapainoisuus alkaa häiriintyä, kun arvot ovat 5–15 mg/l. Happikato saattaa syntyä, kun arvot menevät yli 20 mg/l. Biologinen hapenkulutus aiheutuu orgaanisen aineen hapenkulutuksesta vedessä. (Oravainen 1999, 15–16.)

Muodostumisalueen 1 sameuden keskiarvo on 9,9 FNU, joka kertoo veden olevan hieman sameaa. Sameudella kuvataan, miten hyvin vesi läpäisee valoa. Kirkkaiden vesien sameus on alle 1 FNU ja lievästi samean veden arvo on alle 5 FNU. (Oravainen 1999, 8). Humuspitoisten tummien vesien sameus on 5–10 FNU. Veden sameuteen vaikuttavat selkeästi kevään valunnat ja eroosio. Sulava lumi ja sateet liuottavat maaperästä ravinteita ja muita aineita, jotka voivat lisätä sameuden määrää vedessä. Lisäksi voimakkaat virtaamat voivat irrottaa sedimenttiä pohjasta, mikä voi lisätä veden sameutta.

Muodostumisalueella 1 *Escherichia coli* -bakteereja todetaan kahdella näytteenotokerralla. Purkupaikalla 1 todetaan korkeampi arvo (6 pmy / 100 ml), joka on kuitenkin alhaisempi kuin Vahteran ja Lahden (2016) mittaustulosten arvot (10–10000 pmy / 100 ml). Suolistoperäisten bakteerien päästölähteitä ovat muun muassa jätevedet ja eläinten ulosteet. *Escherichia coli* -bakteerit ovat ulosteperäisiä bakteereja, jotka esiintyvät kolibakteeri- ja streptokokkibakteerimuodossa. (Oravainen 1999, 24.) Ruth (2004) on tehnyt seurantatutkimusta *Escherichia coli* -bakteerien pitoisuuksista.

Muodostumisalueella 1 sulfaattipitoisuuden keskiarvo on 8,4 mg/l ja kloridin keskiarvo oli 22,2 mg/l, jotka ovat alhaisia. Sulfaatti- ja kloridipitoisuudella ei ole asetettu raja-arvoja Suomessa. Korkeat sulfaattipitoisuudet voivat aiheuttaa korroosiota esimerkiksi rautaputkistoissa. Sulfaattipitoisuuden suositellaan olevan alle 150 mg/l vesilaitosten toimittamalle vedelle. Natriumkloridin käyttö tiensuolauksessa aiheuttaa kloridipitoisuuden nousua ja tämä näkyy kloridi- ja sähkönjohtavuus arvojen selkeänä nousuna. Laatunormi kloridipitoisuudelle pohjavesissä on 25 mg/l. (Vahtera & Lahti 2016, 16.)



Muodostumisalueen 1 haitta-ainepitoisuuksien tulokset ovat samansuuntaisia kuin Uudellamaalla tehtyjen tutkimusten (Vahtera & Lahti 2016) tulokset. Keskimääräisesti kuitenkin suuremmissa kaupungeissa havaitut pitoisuudet ovat korkeampia. Tämän tutkimuksen haitta-ainepitoisuudet ovat vähäisiä verrattuna Tukholman läänin asettamiin raja-arvoihin ja harvoin ylittävät Tukholman läänin asettamat raja-arvot (taulukko 3, s. 14). Tämän tutkimuksen haitta-ainepitoisuudet ovat hyvin vähäisiä verrattuna USA:ssa tehtyihin hulevesinäytteenottotuloksiin. Yhdysvaltalaisten tutkimusten haitta-ainepitoisuuksien medianiarvot ovat moninkertaisia.

## 5.2 Muodostumisalue 2

Muodostumisalueella 2 huomattiin keskeisten vedenlaatuparametrien osalta mittaustulosten nouseva trendi kuin muilla muodostumisalueilla tutkimuksen loppua kohden. Kiintoaineen ja sähkönjohtavuuden kohonneita arvoja havaitaan kesäkuun alusta heinäkuun alkuun eli tutkimuksen loppuun saakka. Mittauspiste 2 kokonaistyyppi- ja nikkelpitoisuudet ovat moninkertaisia verrattuna muihin näytteenottopisteisiin. Mittauspiste 2 nikkelin pitoisuus on 12 µg/l, joka ylittää ympäristölaatunormien asettaman pintavedenlaadun vuosikeskiarvon (AA-EQS), joka on 4 µg/l. Nikkelpitoisuudet (12 µg/l) ovat myös moninkertaisia verrattuna Uudenmaan alueella tehtyjen mittausten keskiarvoihin 2,3 µg/l (taulukko 15, s. 38). Moninkertaiset nikkelpitoisuudet selittyvät muodostumisalueen 2 näytteenottoaikan (noro) vieressä sijaitsevan pienjäteaseman ja ampumaradan vaikutuksesta. Raskasmetallien tulosten analysoinnissa on tärkeää huomioida, onko näyte suodatettu eli kertooko näyte liukoksen vai suodatetun pitoisuuden.

Muodostumisalueella 2 PAH-yhdisteitä todetaan alle 0,1 µg/l ja öljyhiilivetyjä todettiin alle 50 µg/l. Nämä arvot alittavat kaikki raja-arvot. PAH-yhdisteet ovat yleisimpiä ympäristössä esiintyviä haitta-aineita ja niiden haitallisuus perustuu ympäristössä pitkään säilymisaikaan (Ancion ym. 2010). PAH-yhdisteet vaikuttavat myös haitallisesti eläviin organismeihin, kun ne kerääntyvät organismeihin ja sedimenttiin sekä saavuttavat haitallista konsentraatiota (Fatoki ym. 2010). Torjunta-ainepitoisuuksia mitattiin kahteen kertaan mittauspisteellä 2, mutta torjunta-aineita ei todettu.

Muodostumisalueella 2 mitataan kaikkien muodostumisalueiden alin veden pH-arvo (5,72) mittauspisteellä 4, joka sijaitsee suoalueella. Suoalueille tyypillistä on hapan rikkipitoinen sulfiittimaaperä (Valtanen ym. 2023). Happamoituminen vaikuttaa eliöstöön, kun pH-arvo laskee alle 6,0 ja ensimmäiset vaikutukset näkyvät simpukoiden, rapujen ja kotiloiden katoamisena (Oravainen 1999, 13). Muodostumisalueen 2 kiintoainepitoisuuksien keskiarvo ylitti kaikki Tukholman läänin asettamat raja-arvot. Muun muassa raskasmetallit sitoutuvat osaksi kiintoaineeseen. Sitoutumisen määrä riippuu veden ominaisuuksista kuten pH:sta sekä kiintoaineen ominaisuuksista. Metallit eivät hajoa luonnossa haitattomiksi yhdisteiksi kuten orgaaniset kemikaalit, joten niiden säilyvyys haitallisena ympäristössä on hyvin pitkä (Gheorghe ym. 2017).

Muodostumisalueen 2 sähkönjohtokyvyn korkein mitattu arvo on 217 mS/m, joka mitattiin purkupaikalta 2 (Salmenvirta). Teiden suolaus, jätevedet ja pelto-lannoitus lisäävät sähkönjohtavuutta (Oravainen 1999, 10). Tässä tapauksessa kuitenkin korkea sähkönjohtavuuden arvo selittyy näytteenottopaikan sijainnilla. Näyte otettiin merivedestä.

Kemiallisen hapenkulutuksen (COD) keskiarvo on 11,3 mg/l. Humusvesissä kemiallisen hapenkulutuksen arvo on 10–20 mg/l. Kemiallista hapenkulutusta lisäävät muun muassa metsäteollisuuden jätevedet, mutta asuinalueiden jätevesien ei ole todettu nostavan kemiallisen hapenkulutuksen (COD) arvoja. (Oravainen 1999, 15–16.) Muodostumisalueen 2 sameuden keskiarvo on 14,7 FNU. Tutkimuksen aikana sameus vaihteli 4,1–24 FNU. Veden sameus vaihtelee vuodenajasta ja sadannasta riippuen. Keväällä tulvien aikana sameus voi olla jopa yli 100 FNU. (Oravainen 1999, 8.) Tutkimuksen aikana veden sameuden arvot pysyivät suhteellisen maltillisena. Alhainen keskiarvo ja vaihteluväli saattavat viitata veden hyvään virtaustilaan ja vähäiseen sedimenttien määrään veden mukana.

Muodostumisalueella 2 eri metallien pitoisuudet ovat alle Tukholman läänin asettamien raja-arvojen. Tosin kromin ja elohopean tarkkaa pitoisuutta ei määritetty, joten niiden arvoja ei voi verrata. Kromin pitoisuudeksi Kymen Ympäristölaboratoriossa saatiin tulokseksi <0,09 mg/l. Tukholman läänin ehdottama ylin raja-arvo kromille on 0,025 mg/l. Elohopeapitoisuudeksi määritettiin < 0,04 µg/l. Tukholman läänin asettama alin raja-arvo elohopeapitoisuudelle

on 0,03 µg/l. Elohopeapitoisuutta mitattiin vain yhden kerran, joten tämä tulee huomioida tulosten luotettavuudessa. Luotettavaan tulokseen vaadittaisiin useampia näytteenottokertoja. Kromipitoiset kiinteät jätteet, nesteet ja lietteet kasvattavat kromipitoisuutta (Vahtera & Lahti 2016, 21).

Purkupaikan 2 (Salmenvirta) kloridipitoisuus on moninkertainen muihin näytteenottoaikkoihin verrattuna. Kloridipitoisuuden korkein arvo (810 mg/l) mitattiin purkupaikalta 2. Korkean kloridipitoisuuden selittää näytteenottoaikan sijainti, joka on Suomenlahdessa. Näyte otettiin merivedestä. Kloridipitoisuudelle ei ole asetettu raja-arvoja hulevesissä tai vesistöissä, mutta pohjavesissä on asetettu laatu normiksi 25 mg/l (Ranta-Korhonen & Pekurinen 2022, 108).

Purkuvesistöjen analyysitulokset ovat pääosin yhteneviä muiden Haminan edustalla tehtyjen tutkimusten kanssa. Kuitenkin kuparipitoisuusarvot purkuvesistöissä ovat hieman korkeammat kuin Haminan merialueiden tutkimustuloksissa. Salmenvirran ja Kirkkojärven purkupaikoissa havaittiin korkeammat kiintoaine- ja kemiallisen hapenkulutuksen (COD) arvot. Salmenvirran avouoman purkupaikan ja Kirkkojärven avouoman purkupaikkojen vedenlaatu näytteissä on huomattavasti korkeammat fosfori- ja typpipitoisuudet kuin Haminan edustalla meriveden pintavedestä otetuissa näytteissä.

### 5.3 Muodostumisalue 3

Muodostumisalueella 3 havaittiin korkeimpia kiintoainepitoisuuksia sekä sähkönjohtavuus- ja suolapitoisuusarvoja verrattuna muihin tutkittujen muodostumisalueiden tutkimustuloksiin (liite 11). Tutkimuksen aikana kiintoainepitoisuuden korkein arvo on 654 mg/l. Korkeimmat pistekuormitukset kiintoainepitoisuuden osalta mitataan mittauspisteillä 5, 6 ja 7, jotka sijaitsevat E18-moottoritien vieressä. Moottoritien valumavesiallas sijaitsee E18-moottoritien väylän vieressä, mikä selittää korkeat arvot, jotka johtuvat tiesuolasta ja valuma-alueelta laskeutuvasta vedestä. Kyseisiä mittauspisteitä ympäröi myös peltoalue, jossa purojen eroosio ja maatalouden valunta todennäköisesti aiheuttavat korkeita kiintoainepitoisuuksia. Tukholman läänin ehdottama kiintoainepitoisuuden raja-arvo on 40 mg/l - 100 mg/l (taulukko 3, s. 14), joten lähes kaikki (28/30) muodostumisalueella 3 tehdyistä mittaustuloksista ylittää kyseisen

raja-arvon. Muodostumisalueen 3 kiintoainepitoisuuksien keskiarvo on 210 mg/l ja mediaani 196 mg/l, joka ylittää Yhdysvalloissa mitatun kiintoaineen mediaaniarvon 139 mg/l (taulukko 15, s. 38).

Muodostumisalueen 3 samoilla mittauspisteillä havaitaan myös korkeimmat sähkönjohtavuuden ja suolapitoisuuden arvot. Sähkönjohtavuuden korkein arvo on 678  $\mu\text{S}/\text{m}$ , joka mitattiin mittauspisteellä 7. Sähkönjohtavuudelle ei ole asetettu raja-arvoja. Sähkönjohtavuutta lisää korkea suolapitoisuus. Peltolan-  
noitus ja jätevedet lisäävät suolojen määrää (Oravainen 1999, 10), mutta myös liukkaudentorjuntaan käytetty tiesuola kohottaa suolapitoisuutta vesissä.

#### **5.4 Huleveden virtaamamäärät**

Molemmilla muodostumisalueilla havaitaan hulevesien virtaamamäärässä huomattava muutos lumien sulamisen seurauksena. Virtaamamäärät olivat tutkimuksen huippulukemissa loppukevästä 2023. Suuret virtaamamäärät voivat heikentää huleveden laatua merkittävästi. Pintavalunta huuhtoo epäpuhtauksia huleveteen ja suuret virtaamamäärien vaihtelut voivat irrottaa haitta-ainepitoisuuksia pohjasedimentistä huleveteen. Tämä aiheuttaa ympäristön pilaantumisriskin kasvamista. (Valtanen ym. 2023.)

Huleveden määrään ja laatuun vaikuttavat monet tekijät, kuten maankäyttö ja sen eri toiminnot (teollisuus, maatalous, asutus), vuodenaajat ja niihin liittyvät sääolosuhteet, vesistöjen virtaamat ja muutokset (esimerkiksi tulvat), sademäärät, vettä läpäisemättömien pintojen pinta-ala, maaperä, ympäröivän alueen topografia ja kasvillisuus sekä ihmistoiminnan aiheuttamat päästöt ja valumavesien hallinta.

Yleisesti ottaen huleveden tutkimustulokset osoittavat veden laadun olevan pääasiassa hyvä ja havaitut haitta-ainepitoisuudet ovat pieniä. Tutkimuksen ajanjaksona ei saatu näkyviin ympärivuotisen vedenkierron vaikutuksia huleveden laatuun ja määrään, mikä heikentää tutkimustulosten luotettavuutta. Vähäisiin näytteenotokertoihin perustuvilla tutkimustuloksilla ei voida kuvata tarkasti huleveden keskimääräisiä haitta-ainepitoisuuksia, mutta niiden avulla voidaan määrittää, mitä haitta-aineita kannattaa erityisesti seurata jatkossa.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin hulevesien nykytilaa erilaisilla maankäyttöalueilla Haminassa, lukuun ottamatta ympäristölupavelvollisia laitoksia. Työssä ei käsitelty huleveden ekotoksikologisia vaikutuksia ympäristöön. Tulosten analysoinnissa on tärkeää kiinnittää huomiota raskasmetallien pitoisuuksiin sekä siihen onko näyte suodatettu ja kertooko tulos liukoisen vai kokonaispitoisuuden. Tässä tutkimuksessa keskityttiin kokonaispitoisuuksiin, mutta raskasmetallien liukoiset pitoisuudet voivat olla biosaatavia, mikäli keskitytään ekotoksikologisiin arvioihin. Ympäristötekijät, kuten pH ja veden kovuus, voivat vaikuttaa liukoisten pitoisuuksien muutoksiin.

Tulosten analysoinnissa on olennaista ottaa huomioon näytteenoton virhemarginaali ja epävarmuustekijät, jotka vaikuttavat tulosten tarkkuuteen ja niiden tulkintaan. Edustavan ja luotettavan näytteen merkitys korostuu vedenlaadun näytteenotossa. Tutkimuksen kaikilla näytteenotto-kerroilla täysin edustava näytteenotto ei toteutunut, sillä sääolosuhteet, vuodenaika ja virtaamavaihtelut vaikuttivat näytteenottoon eri tavoin eri kerroilla. Erityisesti virtaamamittauksissa tuuliolosuhteet vaikuttivat tuloksiin merkittävästi.

Jatkotutkimuksissa olisi aiheellista tarkastella huleveden hallintaan ja käsittelyyn liittyviä haasteita, erityisesti ottaen huomioon ilmastonmuutoksen vaikutukset vesistöjen pintojen nousuun. Tämä voi lisätä hulevesitulvien riskiä kaupunkialueilla, kuten Haminassa, joka kuuluu merkittävään tulvariskialueeseen. Näin ollen olisi ensisijaisen tärkeää kiinnittää erityistä huomiota näihin ilmiöihin ja niiden vaikutuksiin.

## **6 JOHTOPÄÄTÖKSET**

Kaikilla tutkituilla muodostumisalueilla huleveden laatu oli pääosin hyvä ja haitta-ainepitoisuudet olivat pieniä. Kaikilla kolmella muodostumisalueella havaittiin keskeisimpien veden laadun parametrien osalta kiintoaineiden ja sähkönjohtavuuden arvojen noudattavan nousevaa trendiä tutkimuksen loppuun saakka. Muodostumisalueella 1 ja 2 hulevedessä havaittiin orgaanisia yhdisteitä, kuten PFC- ja PAH-yhdisteitä sekä öljyhiilivetyjä, jotka voivat päätyä hulevesiin teollisuuden, liikenteen ja parkkipaikkojen kautta.

Muodostumisalueella 1 todettiin elohopeapitoisuuden arvo, joka ylittää Tukholman läänin asettaman alimman raja-arvon. Elohopea voi kertyä vesieliöihin, siirtyä ravintoketjussa ja saastuttaa vesistöjä. Muodostumisalueella 2 koka-naistyyppi- ja nikkelpitoisuudet olivat huomattavasti korkeampia verrattuna muihin näytteenottopisteisiin. Nikkelpitoisuus ylittää EU:n vesipuidedirektiivin ympäristölaatumien pintavedenlaadun vuosikeskiarvon. Kloridipitoisuuden arvo oli korkea, mutta se johtuu näytteenottoaikan sijainnista Suomenlahdessa. Korkea sähkönjohtavuuden arvo voi johtua näytteenottoaikan sijainnista merivedessä. Muodostumisalueella 3 havaittiin tutkimuksen korkeimmat kiintoainepitoisuudet sekä sähkönjohtavuuden ja suolapitoisuuden arvot. Korkeat arvot johtuvat muun muassa tiesuolasta, valuma-altaaseen laskeutuvasta vedestä sekä peltomaiden eroosiosta ja valunnasta.

Tutkimuksessa havaittiin, että huleveden virtaamamäärät olivat suurimmillaan lumien sulamisen ja ”ensihuuhtouman” aikana. Näytteenottotuloksissa ei kuitenkaan havaittu merkittäviä haitta-ainepitoisuuksia. Tutkimustulosten perusteella Haminan alueella ei havaittu merkittäviä potentiaalisia riskialueita. Kuitenkin ihmisen toiminnan vaikutus, teollisuusalueet ja liikenneväylät lisäävät riskiä haitta-aineiden pääsulle hulevesiin.

Opinnäytetyön tutkimus oli aiheeltaan ja alueeltaan laaja. Tutkimuksessa saatiin uutta tietoa huleveden sisältämisestä haitta-aineista ja niiden pitoisuuksista Haminan alueella. Selvitys antaa arvokasta tietoa hankkeen seuraaville vaiheille. Kahdentoista viikon tutkimusjakso muodosti vain lyhyen osan vuotuisesta vedenkierron syklistä. Tärkeää on huomioida säännöllisten ja jatkuvien mittausten merkitys tulosten luotettavuuden kannalta tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

- Allen Burton, G. & Pitt, R. 2001. Stormwater effects handbook: A toolbox for watershed managers, scientists and engineers. E-kirja. Saatavissa: <https://doi.org/10.1201/9781420036244> [viitattu 1.3.2024].
- Ancion, P-Y., Lear, G. & Lewis, G.D. 2010. Three common metal contaminants of urban runoff (Zn, Cu & Pb) accumulate in freshwater biofilm and modify embedded bacterial communities. *Environmental Pollution*, 158. Verkko-lehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.04.013> [viitattu 1.3.2023].
- Chithra, S.V., Nair, M.V.H., Amarnath, A. & Anjana, N.S. 2015. Impact of Impervious Surfaces on the Environment. *International Journal of Engineering Science Invention*, 4, 27-31. Verkko-lehti. Saatavissa: [https://www.ijesi.org/papers/Vol\(4\)5/E045027031.pdf](https://www.ijesi.org/papers/Vol(4)5/E045027031.pdf) [viitattu 1.3.2024].
- Drapper, D., Olive, K., Mcalister, T., Coleman, R. & Lampard, J. 2022. A Review of Pollutant Concentrations in Urban Stormwater Across Eastern Australia, After 20 Years. *Frontiers in Environmental Chemistry* 3. Verkko-lehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3389/fenvc.2022.853764> [viitattu 2.3.2024].
- ELY-keskus. 2023. Natura 2000 -alueet, Kirkkojärvi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/luonnon> [viitattu 7.8.2023].
- Erickson, A. J., Weiss, P. T. & Gulliver, J. S. 2013. Optimizing stormwater treatment practices. New York: Springer Publishing.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 23.10.2000/60/EY yhteisön vesipolitiikan puitteista.
- Fatoki, O., Van Ree, T. & Nakhavhembe, J. 2010. Runoff Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Surface Waters and runoff. Teoksessa Rauch, S., Morrison, G. & Monzón, A. (toim.) Alliance for Global Sustainability Book series, Highway and Urban Environment: Proceedings of the 9<sup>th</sup> Highway and Urban Environment symposium. E-kirja. Saatavissa: [http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-3043-6\\_23](http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-3043-6_23) [viitattu 2.3.2024].
- Gheorghe, S., Stoica, C., Vasile, G-G., Nita-Lazar, M., Stanescu, E. & Luca-ciu, I-E. 2017. Metals Toxic Effects in Aquatic Ecosystems: Modulators of Water Quality. Teoksessa Tutu, H. (toim.) Water Quality. E-kirja. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.5772/65744> [viitattu 1.3.2024].
- Goonetilleke, A. & Lampard, J-L. 2019. Stormwater Quality, Pollutant Sources, Processes and Treatment Options. Teoksessa Sharma, A.K., Gardner, T. & Begbie, D. (toim.) Approaches to Water Sensitive Urban Design. E-kirja. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-812843-5.00003-4> [viitattu 2.3.2024].
- Hankesuunnitelma. 2022. Hulevesien hallinnan parantaminen vesiensuojelun näkökulmasta Haminassa. Haminan kaupunki. Pöytäkirja. Julkaistu 22.11.2022.

Hettiarachchi, S., Wasko, C., & Sharma, A. 2022. Rethinking urban storm-water management through resilience - The case for using green infrastructure in our warming world. *Cities* 128. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103789> [viitattu 30.11.2023].

HSY. 2023. Hulevesi kaupunkiympäristössä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/hulevesi-kaupunkiymparistossa/> [viitattu 2.8.2023].

Hulakas-hanke. 2022. Hulevesien laatu ja kaivokohtainen suodatus. Helsingin kaupungin, Lahden kaupungin, Aalto-Yliopiston ja Wateco Oy:n yhteishanke. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.itamerihaaste.net/tyomme/hankkeemme/hulakas> [viitattu 5.4.2023].

Karlsson, K., Viklander, M., Scholes, L. & Revitt, M. 2010. Heavy metal concentrations and toxicity in water and sediment from stormwater ponds and sedimentation tanks. *The Journal of Hazardous Materials* 178, 1–3. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.01.129> [viitattu 30.11.2023].

Kasurinen, E. 2020. Hulevesien haitta-aineet ja käsittelymenetelmät. Tampereen yliopisto. Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta. Kandidaatintyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/122880> [viitattu 14.5.2023].

Kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopas> [viitattu 30.5.2023].

Kuntaliitto. 2017. Hulevesioppaan päivitettyt luvut lainsäädännön muutosten osalta. Hulevesioppaan liite. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2017/1829-hulevesioppaan-paivitetyt-luvut-lainsaadannon-muutosten-osalta> [viitattu 2.8.2023].

Lahermo, P., Väänänen, P., Tarvainen, T. & Salminen, R. 1996. Suomen geokemian atlas, osa 3: ympäristögeokemia – purovedet ja sedimentit. Geologian tutkimuskeskus. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej\\_020.pdf](https://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_020.pdf) [viitattu 17.8.2023].

Laki tulvariskien hallinnasta 620/24.6.2010.

Leppäranta, M., Virta, J. & Huttula, T. 2017. Hydrologian perusteet. Helsingin Yliopisto. Fysiikan laitos. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/c85e235b-3b47-4243-9aa2-3e399ada2dcd/content> [viitattu 30.11.2023].

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.

Nakari, H. & Jäntti, P. 2022. Pyhtää-Kotka-Hamina-merialueen vesistötarkkailun yhteenveto vuodelta 2022. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 318/2023. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.kymijoenvesijaymparisto.fi/wp-content/uploads/2023/08/Meriraportti\\_2022.pdf](https://www.kymijoenvesijaymparisto.fi/wp-content/uploads/2023/08/Meriraportti_2022.pdf) [viitattu 7.8.2023].



Nurhonen, N. 2020. Hulevesien hallinnan tila ympäristölupavelvollisissa laitoksissa. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.doria.fi/handle/10024/177683> [viitattu 14.5.2023].

Oravainen, R. 1999. Vesistötulosten tulkinta-opasvihkonen. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf> [viitattu 30.5.2023].

Orta-Ortiz, S.M. & Geneletti, D. 2022. What variables matter when designing nature-based solutions for stormwater management? A review of impacts on ecosystem services. *Environmental Impact Assessment Review* 95. Verkko-lehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106802> [viitattu 27.11.2023].

Pitt, R. & Maestre, A. 2015. The National Stormwater Quality Database Version 4.02. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://bmpdatabase.org/national-stormwater-quality-database> [viitattu 14.5.2023].

Ranta-Korhonen, T. & Pekurinen, L. (toim.). 2022. Hula-Hulevesien laadullinen hallinta ja haitallisten aineiden monitorointi. Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/786012> [viitattu 14.5.2023].

Riktvärdesgruppen. 2009. Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp. Regionala dagvattennätverket i Stockholms län. Regionplane- och trafikkontoret. Stockholms läns landsting. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://stormtac.com/admin/Uploads/Riktvarden\\_dagvatten\\_feb\\_2009.pdf](http://stormtac.com/admin/Uploads/Riktvarden_dagvatten_feb_2009.pdf) [viitattu 14.5.2023].

Ruth, O. 2004. Kaupunkipurojen hydrogeografia kolmen esimerkkivaluma-alueen kuvastamana Helsingissä. Helsingin Yliopisto. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Väitöskirja. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:952-10-2244-2> [viitattu 29.11.2023].

SFS-EN ISO 5667-6:en. 2016. Water quality. Sampling. Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams.

SYKE. 2020. Virtaaman mittaus. Suomen Ympäristökeskus. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vesi.fi/wp-content/uploads/2021/11/ohjekortti-virtaaman-mittaus.pdf> [viitattu 24.8.2023].

Szelq, B., Suligowski, R., De Paola, F., Siwicki, P., Majerek, D. & Lagod, G. 2022. Influence of urban catchment characteristics and rainfall origins on the phenomenon of stormwater flooding: Case study. *Environmental Modelling & Software* 150. Verkko-lehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105335> [viitattu 30.11.2023].

Vahtera, H. & Lahti, K. 2016. Hulevesien haitta-aineet. Kuormitusriski Vantaanjoen vesistöille? Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. Raportti 25–2016. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vhvsy.fi/fi->

[les/upload\\_pdf/6620/Raportti%2025%2D2016%20Hulevesien%20haitta%2Daineet%2DKuormitusriski%20Vantaanjoen%20vest%C3%B6lle.pdf](#) [viitattu 2.3.2024].

Vakkilainen P. 2022. Hydrologinen kierto. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1286900/mod\\_folder/content/0/1-Hydrologinen%20kierto.pdf?forcedownload=1](https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1286900/mod_folder/content/0/1-Hydrologinen%20kierto.pdf?forcedownload=1) [viitattu 30.11.2023]

Valovirta V. 1972. Suomen Geologinen kartta. Geologinen tutkimuslaitos. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://tupa.gtk.fi/kartta/maapera-kartta100/mps\\_3023\\_3014\\_3024\\_3041\\_3043\\_3042.pdf](https://tupa.gtk.fi/kartta/maapera-kartta100/mps_3023_3014_3024_3041_3043_3042.pdf) [viitattu 14.8.2023].

Valtanen, M., Paavilainen, P., Jalonen, J., Sopenen, S., Suvanto, S. & Haapalainen, J. 2023. Selvitys hulevesien laadusta. Suomen Kuntaliitto. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2023/2220selvitys-hulevesien-laadusta> [viitattu 30.5.2023].

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 23.11.2006/1022.

Vasconcelos, A., Barbassa, A., Fernanda Nobrega dos Santos, M. & Astaraié Imami, M. 2022. Barriers to sustainable urban stormwater management in developing countries: The case of Brazil. *Land Use Policy* 112. Verkkojlehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105821> [viitattu 30.11.2023].

Vesihuoltolaki 119/2001.

Vesilaki. 27.5.2011/587.

Ympäristöministeriö. 2021. Vesiensuojelun tehostamisohjelma. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/vedenvuoro> [viitattu 14.8.2023].

Zhang, Y. & Tao, S. 2009. Global atmospheric emission inventory of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) for 2004. *Atmospheric Environment* 43. Verkkojlehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.10.050> [viitattu 1.3.2023].

## EU:N VESIPUITEDIREKTIIVISSÄ MÄÄRITETYT YMPÄRISTÖLAATUNORMIT (Nurhonen 2020, 38–39)

	Aine	AA-EQS <sup>1</sup> Sisämaan pintavedet <sup>2</sup>	AA-EQS <sup>1</sup> Merivedet ja muut pintavedet	MAC-EQS <sup>2</sup> Sisämaan pintavedet <sup>1</sup>	MAC-EQS <sup>2</sup> Merivedet ja muut pintavedet	Yksikkö
1.	alakloori	0,3	0,3	0,7	0,7	µg/l
2.	antraseeni	0,1	0,1	0,1	0,1	µg/l
3.	atrasiini	0,6	0,6	2,0	2,0	µg/l
4.	bentseeni	10	8	50	50	µg/l
5.	bromatut difenyylietterit			0,14	0,014	µg/l
6.	kadmium ja kadmium-yhdisteet <sup>3</sup> (veden kovuusluokasta riippuen)	≤0,08–0,25	0,2	≤0,45–1,5	≤0,45–1,5	µg/l
6a.	hiilitetra-kloridi	12	12	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
7.	C10–13-kloori-alkaanit	0,4	0,4	1,4	1,4	µg/l
8.	klorfenvinifossi	0,1	0,1	0,3	0,3	µg/l
9.	klorpyrifossi (klorpyrifossi-etyyli)	0,03	0,03	0,1	0,1	µg/l
9a.	syklodieeni- torjunta-aineet <sup>4</sup>	Σ = 0,01	Σ = 0,005	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
9b.	kokonais- DDT	0,025	0,025	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
	para-para-DDT	0,01	0,01	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
10.	1,2-dikloori-etaani	10	10	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
11.	dikloori-metaani	20	20	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
12.	di(2-etyyli-heksyyli)-flataatti (DHEP)	1,3	1,3	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
13.	diuroni	0,2	0,2	1,8	1,8	µg/l
14.	endosulfaani	0,005	0,0005	0,01	0,004	µg/l
15.	fluoranteeni			0,12	0,12	µg/l
16.	heksakloori-bentseeni			0,05	0,05	µg/l
17.	heksakloori-butadieeni			0,6	0,6	µg/l
18.	heksakloori-sykloheksaani	0,02	0,002	0,04	0,02	µg/l
19.	isoproturoni	0,3	0,3	1,0	1,0	µg/l
20.	lyijy ja lyijy-yhdisteet <sup>4</sup>	1,2 <sup>5</sup>	1,3	14	14	µg/l
21.	elohopea ja elohopea-yhdisteet <sup>4</sup>			0,07	0,07	µg/l
22.	naftaleeni	2	2	130	130	µg/l
23.	nikkeli ja nikkelyhdisteet <sup>4</sup>	4 <sup>6</sup>	8,6	34	34	µg/l
24.	nonyylifenolit (4-nonyyli-fenoli)	0,3	0,3	2,0	2,0	µg/l
25.	oktyylifenolit <sup>4</sup>	0,1	0,01	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
26.	pentaklooribentseeni	0,007	0,0007	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
27.	pentakloorifenoli	0,4	0,4	1	1	µg/l
	Aine	AA-EQS <sup>1</sup> Sisämaan pintavedet <sup>2</sup>	AA-EQS <sup>1</sup> Merivedet ja muut pintavedet	MAC-EQS <sup>2</sup> Sisämaan pintavedet <sup>1</sup>	MAC-EQS <sup>2</sup> Merivedet ja muut pintavedet	Yksikkö
28.	polyaromaattiset hiilivedyt (PAH) <sup>7</sup>	ei sovelleta	ei sovelleta	ei sovelleta	ei sovelleta	
	bentso(a)pyreeni			0,27	0,027	µg/l
	bentso(b)fluoranteeni	<sup>8</sup>	<sup>8</sup>	0,017	0,017	µg/l
	bentso(k)fluoranteeni	<sup>8</sup>	<sup>8</sup>	0,017	0,017	µg/l
	bentso(g,h,i)-peryleeni	<sup>8</sup>	<sup>8</sup>	0,0082	0,0082	µg/l
	indeno(1,2,3-cd)pyreeni	<sup>8</sup>	<sup>8</sup>	ei sovelleta	ei sovelleta	
29.	simatsiini	1	1	4	4	µg/l
29a.	tetrakloorieteeni	10	10	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
29b.	trikloorieteeni	10	10	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
30.	tributyyliitinayhdisteet (tributyyliitina-kationi)	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015	µg/l
31.	triklooribentseenit	0,4	0,4	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
32.	trikloori-metaani	2,5	2,5	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
33.	trifuraliini	0,03	0,03	ei sovelleta	ei sovelleta	µg/l
34.	dikofoli			ei sovelleta	ei sovelleta	
35.	PFOS <sup>9</sup>			36	7,2	µg/l
36.	kinoksifeeni	0,15	0,015	2,7	0,54	µg/l
37.	dioksiinit ja dioksiinin kaltaiset yhdisteet			ei sovelleta	ei sovelleta	
38.	aklonifeeni	0,12	0,012	0,12	0,012	µg/l
39.	bifenoksi	0,012	0,0012	0,04	0,004	µg/l
40.	sybutryyni	0,0025	0,0025	0,016	0,016	µg/l
41.	sypermetriini	8*10 <sup>-5</sup>	8*10 <sup>-6</sup>	6*10 <sup>-4</sup>	6*10 <sup>-5</sup>	µg/l
42.	diklorovossi	6*10 <sup>-4</sup>	6*10 <sup>-5</sup>	7*10 <sup>-4</sup>	7*10 <sup>-5</sup>	µg/l
43.	heksabromi-syklododekaani (HBCDD)			0,5	0,05	µg/l
44.	heptakloori ja heptakloori-epoksidi			3*10 <sup>-4</sup>	3*10 <sup>-5</sup>	µg/l
45.	terbutryyni	0,065	0,0065	0,34	0,034	µg/l

### MUODOSTUMISALUEEN 3 TUTKIMUSTULOKSET

MITTAUSPISTEET 5-14 pvm. / mittauspiste	Lämpötila (C°)	pH	Kiintoaine (mg/l)	Sähkönjohtavuus (µS/m)	ORP (mV)	Suolapitoisuus
30.5.23 / mittauspiste 5	13,5	7,3	251	383	Ei mitattu	192
mittauspiste 6	13,7	7,3	382	579	Ei mitattu	257
mittauspiste 7	14,0	7,5	430	654	Ei mitattu	326
mittauspiste 8	13,0	6,1	147	226	Ei mitattu	110
mittauspiste 9	9,0	7,1	141	239	169	102
mittauspiste 10	13,4	7,0	146	222	138	111
mittauspiste 11	-	7,2	168	254	134	129
mittauspiste 12	14,1	6,6	127	208	139	101
mittauspiste 13	14,4	7,1	116	183	124	87
mittauspiste 14	15,2	6,8	158	244	162	119
9.6.2023 / mittauspiste 5	14,0	7,4	247	376	191	187
mittauspiste 6	13,1	7,5	394	605	185	298
mittauspiste 7	14,7	7,6	434	668	Ei mitattu	332
mittauspiste 8	13,1	6,9	72	115	177	54
mittauspiste 9	9,6	7,0	156	244	176	119
mittauspiste 10	13,7	6,9	152	243	149	121
mittauspiste 11	15,6	7,1	177	267	137	133
mittauspiste 12	14,4	6,8	133	213	147	104
mittauspiste 13	14,9	7,1	127	196	127	97
mittauspiste 14	15,4	6,7	153	232	159	112
14.6.2023 / mittauspiste 5	15,0	7,6	345	526	199	262
mittauspiste 6	15,7	7,8	407	618	195	309
mittauspiste 7	15,3	7,8	443	678	206	336
mittauspiste 8	14,7	7,1	73	115	108	55
mittauspiste 9	10,2	6,9	161	248	180	122
mittauspiste 10	14,0	6,9	165	250	150	125
mittauspiste 11	16,0	7,0	182	276	152	138
mittauspiste 12	15,0	7,1	145	230	155	108
mittauspiste 13	15,7	7,2	133	204	130	100
mittauspiste 14	15,9	6,7	147	221	151	111
<b>Havainnot (kpl)</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
<b>keskiarvo</b>	<b>14,0</b>	<b>7,1</b>	<b>210</b>	<b>324</b>	<b>158</b>	<b>159</b>
<b>min.</b>	<b>9,0</b>	<b>6,1</b>	<b>72</b>	<b>115</b>	<b>108</b>	<b>54</b>
<b>maks.</b>	<b>16,0</b>	<b>7,8</b>	<b>443</b>	<b>678</b>	<b>206</b>	<b>336</b>

## NÄYTTEENOTTOTULOKSET: MITTAUSPISTE 1, 19.4.2023 (Kymen Ympäristölaboratorio)

Näyte	Vesinäyte	Näytteen ottaja	Tutkimus
Näyte otettu	19.04.2023	Näytteen oton syy	
Näyte saapunut	19.04.2023	Näytteenottopiste	
Tutkimus alkoi	19.04.2023		
Tutkimus valmis	03.05.2023		

### Näytteen 1885-1 analyysit

Analyyssi	Menetelmä	Yksikkö	Tulos
<a href="#">Kromi(VI)</a>	Sis. menetelmä, fotom.	mg/l	< 0,09
<a href="#">BOD7</a>	Sis.men. kum.st SFS 3019, SFS-EN-1899-2:1998	mg/l	< 2
<a href="#">COD(Mn)</a>	SFS 3036:1981	mg/l	7,7
<a href="#">Kiintoaine (GF/C 1,2 µm)</a>	SFS-EN 872:2005	mg/l	6,2
<a href="#">Kloridi</a>	IC, SFS-EN ISO 10304-1:2009	mg/l	7,7
<a href="#">pH</a>	SFS 3021:1979		6,5
<a href="#">Sameus</a>	SFS-EN ISO 7027-1:2016	FNU	12
<a href="#">Sulfaatti</a>	IC, SFS-EN ISO 10304-1:2009	mg/l	5,8
<a href="#">Sähkönjohtokyky</a>	SFS-EN 27888:1994	mS/m	19,5
<a href="#">Typpi, kokonais-</a>	Aquakem, sis.men, per. kumot. SFS 3031:1990	µg N/l	1 600
<a href="#">Kadmium, Cd</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 0,2
<a href="#">Kupari, Cu</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	4,4
<a href="#">Lyijy, Pb</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 2
<a href="#">Nikkeli, Ni</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 2
<a href="#">Sinkki, Zn</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	34
<a href="#">Fosfori, kokonais-</a>	SFS-EN ISO 6878:2004, luku 7	µg P/l	52
<a href="#">PFC-yhdisteet LC/MS/MS</a>	ISO 25101 Mod.;EPA533	µg/l	Todettu, ks. liite
<a href="#">VOC</a>	Sis.men. ISO 11423-1, SFS-EN ISO 10301:1997	µg/l	Todettu
<a href="#">PAH yhteensä</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	Todettu, ks. liite
<a href="#">Bentso(a)pyreeni</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Bentso(b)fluoranteeni</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Bentso(ghi)peryleeni</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Bentso(k)fluoranteeni</a>	ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Indeno-(1,2,3-cd)-pyreeni</a>	ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">fraktio C10-C21</a>	SFS-EN ISO 9377-2:2001	µg/l	< 50
<a href="#">fraktio C21-C40</a>	SFS-EN ISO 9377-2:2001	µg/l	< 50
<a href="#">Escherichia coli</a>	Colilert, SFS-EN ISO 9308-2:2014	MPN/100ml	0
<a href="#">Esikäsittely alkuaineet 1-5 kpl. ICP</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009		Tehty
<a href="#">Esikäsittely (ICP)</a>	Märkäpoltto, ICP kok.pit.		Tehty



## NÄYTTEENOTTOTULOKSET: MITTAUSPISTE 1, 3.5.2023 (Kymen Ympäristölaboratorio)

Näyte	Vesinäyte	Näytteen ottaja	Tutkimus
Näyte otettu	03.05.2023	Näytteen oton syy	
Näyte saapunut	03.05.2023	Näytteenottopiste	
Tutkimus alkoi	03.05.2023		
Tutkimus valmis	16.05.2023		

### Näytteen 2162-1 analyysit

Analyyssi	Menetelmä	Yksikkö	Tulos
<a href="#">Kromi(VI)</a>	Sis. menetelmä, fotom.	mg/l	< 0,09
<a href="#">BOD7</a>	Sis.men. kum.st SFS 3019, SFS-EN-1899-2:1998	mg/l	4,9
<a href="#">COD(Mn)</a>	SFS 3036:1981	mg/l	7,8
<a href="#">Kiintoaine (GF/C 1,2 µm)</a>	SFS-EN 872:2005	mg/l	5,3
<a href="#">Kloridi</a>	IC, SFS-EN ISO 10304-1:2009	mg/l	18
<a href="#">pH</a>	SFS 3021:1979		6,8
<a href="#">Sameus</a>	SFS-EN ISO 7027-1:2016	FNU	9,5
<a href="#">Sulfaatti</a>	IC, SFS-EN ISO 10304-1:2009	mg/l	11
<a href="#">Sähkönjohtokyky</a>	SFS-EN 27888:1994	mS/m	22,2
<a href="#">Typpi kokonais-</a>	Aquakem, sis.men, per. kumot. SFS 3031:1990	µg N/l	1 039
<a href="#">Kadmium, Cd</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 0,2
<a href="#">Kupari, Cu</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	5,5
<a href="#">Lyijy, Pb</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 2
<a href="#">Nikkeli, Ni</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 2
<a href="#">Sinkki, Zn</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	24
<a href="#">Fosfori kokonais-</a>	SFS-EN ISO 6878:2004, luku 7	µg P/l	68
<a href="#">PFC-yhdisteet LC/MS/MS</a>	ISO 25101 Mod.;EPA533	µg/l	Todettu, ks. liite
<a href="#">VOC</a>	Sis.men. ISO 11423-1, SFS-EN ISO 10301:1997	µg/l	Todettu
<a href="#">PAH yhteensä</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,03
<a href="#">Bentso(a)pyreeni</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,003
<a href="#">Bentso(b)fluoranteeni</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Bentso(ghi)peryleeni</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Bentso(k)fluoranteeni</a>	ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Indeno-(1,2,3-cd)-pyreeni</a>	ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">fraktio C10-C21</a>	SFS-EN ISO 9377-2:2001	µg/l	< 50
<a href="#">fraktio C21-C40</a>	SFS-EN ISO 9377-2:2001	µg/l	< 50
<a href="#">Escherichia coli</a>	Colilert, SFS-EN ISO 9308-2:2014	MPN/100ml	2
<a href="#">Esikäsittely alkuaineet 1-5 kpl, ICP</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009		Tehty
<a href="#">Esikäsittely (ICP)</a>	Märkäpoltto, ICP kok.pit.		Tehty

## NÄYTTEENOTTOTULOKSET: PURKUPAIKKA 1 (Kirkkojärvi), 20.6.2023 (Kymen Ympäristölaboratorio)

Näyte  
Näyte otettu  
Näyte saapunut  
Tutkimus alkoi  
Tutkimus valmis

Vesinäyte  
20.06.2023  
20.06.2023  
20.06.2023  
30.06.2023

Näytteen ottaja  
Näytteen oton syy  
Näytteenottopiste

Tutkimus

### Näytteen 3272-2 analyysit

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	Tulos
<a href="#">Kromi(VI)</a>	Sis. menetelmä, fotom.	mg/l	< 0,09
<a href="#">BOD7</a>	Sis.men. kum.st SFS 3019, SFS-EN-1899-2:1998	mg/l	3,9
<a href="#">COD(Mn)</a>	SFS 3036:1981	mg/l	12
<a href="#">Kiintoaine (GF/C 1,2 µm)</a>	SFS-EN 872:2005	mg/l	13
<a href="#">Kloridi</a>	IC, SFS-EN ISO 10304-1:2009	mg/l	41
<a href="#">pH</a>	SFS 3021:1979		7,1
<a href="#">Sameus</a>	SFS-EN ISO 7027-1:2016	FNU	8,3
<a href="#">Sähkönjohtokyky</a>	SFS-EN 27888:1994	mS/m	39,4
<a href="#">Typpi, kokonais-</a>	Aquakem, sis.men, per. kumot. SFS 3031:1990	mg N/l	0,80
<a href="#">Kadmium, Cd</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 0,2
<a href="#">Kupari, Cu</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	1,8
<a href="#">Lyijy, Pb</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 2
<a href="#">Nikkeli, Ni</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 2
<a href="#">Sinkki, Zn</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	7,0
<a href="#">Fosfori, kokonais-</a>	SFS-EN ISO 6878:2004, luku 7	µg P/l	68
<a href="#">Elohopea, Hg</a>	Sis.men. per. ISO 5666:1999 ja SFS-EN ISO 17852:2008, CVAFS	µg/l	0,07
<a href="#">PFC-yhdisteet LC/MS/MS</a>	ISO 25101 Mod.;EPA533	µg/l	Todettu, ks. liite
<a href="#">VOC</a>	Sis.men. ISO 11423-1, SFS-EN ISO 10301:1997	µg/l	Ei todettu
<a href="#">PAH yhteensä</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	Ei todettu
<a href="#">fraktio C10-C21</a>	SFS-EN ISO 9377-2:2001	µg/l	< 50
<a href="#">fraktio C21-C40</a>	SFS-EN ISO 9377-2:2001	µg/l	< 50
<a href="#">Escherichia coli</a>	Colilert - SFS-EN-ISO 9308-2:2014	mpn/100ml	6
<a href="#">Esikäsittely</a>	Märkäpoltto		Tehty
<a href="#">Esikäsittely (ICP)</a>	Märkäpoltto, ICP kok.pit.		Tehty

## NÄYTTEENOTTOTULOKSET: MITTAUSPISTE 2, 19.4.2023 (Kymen Ympäristölaboratorio)

Näyte	Vesinäyte	Näytteen ottaja	Tutkimus
Näyte otettu	19.04.2023	Näytteen oton syy	
Näyte saapunut	19.04.2023	Näytteenottopiste	
Tutkimus alkoi	19.04.2023		
Tutkimus valmis	03.05.2023		

### Näytteen 1885-2 analyysit

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	Tulos
<a href="#">Kromi(VI)</a>	Sis. menetelmä, fotom.	mg/l	< 0,09
<a href="#">BOD7</a>	Sis.men. kum.st SFS 3019, SFS-EN-1899-2:1998	mg/l	< 2
<a href="#">COD(Mn)</a>	SFS 3036:1981	mg/l	12
<a href="#">Kiintoaine (GF/C 1.2 µm)</a>	SFS-EN 872:2005	mg/l	15
<a href="#">Kloridi</a>	IC, SFS-EN ISO 10304-1:2009	mg/l	7,3
<a href="#">pH</a>	SFS 3021:1979		6,0
<a href="#">Sameus</a>	SFS-EN ISO 7027-1:2016	FNU	24
<a href="#">Sulfaatti</a>	IC, SFS-EN ISO 10304-1:2009	mg/l	18
<a href="#">Sähkönjohtokyky</a>	SFS-EN 27888:1994	mS/m	22,6
<a href="#">Typpi kokonais-</a>	Aquakem, sis.men, per. kumot. SFS 3031:1990	µg N/l	2 100
<a href="#">Kadmium, Cd</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 0,2
<a href="#">Kupari, Cu</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	5,7
<a href="#">Lyijy, Pb</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 2
<a href="#">Nikkeli, Ni</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	12
<a href="#">Sinkki, Zn</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	28
<a href="#">Fosfori kokonais-</a>	SFS-EN ISO 6878:2004, luku 7	µg P/l	38
<a href="#">PFC-yhdisteet LC/MS/MS</a>	ISO 25101 Mod.:EPA533	µg/l	Todettu, ks. liite
<a href="#">VOC</a>	Sis.men. ISO 11423-1, SFS-EN ISO 10301:1997	µg/l	Ei todettu
<a href="#">PAH yhteensä</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,1
<a href="#">Bentso(a)pyreeni</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Bentso(b)fluoranteeni</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Bentso(ghi)perylenei</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Bentso(k)fluoranteeni</a>	ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Indeno-(1,2,3-cd)-pyreeni</a>	ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">TA KPL</a>	Laskettu kpl määrä	kpl	181
<a href="#">Torjunta-aineet yhteensä</a>	Sis. men. LA415	µg/l	Ei todettu
<a href="#">fraktio C10-C21</a>	SFS-EN ISO 9377-2:2001	µg/l	< 50
<a href="#">fraktio C21-C40</a>	SFS-EN ISO 9377-2:2001	µg/l	< 50
<a href="#">Escherichia coli</a>	Colilert, SFS-EN ISO 9308-2:2014	MPN/100ml	3
<a href="#">Esikäsittely alkuaineet 1-5 kpl, ICP</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009		Tehty
<a href="#">Esikäsittely (ICP)</a>	Märkäpoltto, ICP kok.pit.		Tehty



## NÄYTTEENOTTOTULOKSET: MITTAUSPISTE 2, 3.5.2023 (Kymen Ympäristölaboratorio)

Näyte  
Näyte otettu  
Näyte saapunut  
Tutkimus alkoi  
Tutkimus valmis

Vesinäyte  
03.05.2023  
03.05.2023  
03.05.2023  
16.05.2023

Näytteen ottaja  
Näytteen oton syy  
Näytteenottopiste

Tutkimus

### Näytteen 2162-2 analyysit

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	Tulos
<a href="#">Kromi(VI)</a>	Sis. menetelmä, fotom.	mg/l	< 0,09
<a href="#">BOD7</a>	Sis.men. kum.st SFS 3019, SFS-EN-1899-2:1998	mg/l	2,9
<a href="#">COD(Mn)</a>	SFS 3036:1981	mg/l	9,0
<a href="#">Kiintoaine (GF/C 1.2 µm)</a>	SFS-EN 872:2005	mg/l	11
<a href="#">Kloridi</a>	IC, SFS-EN ISO 10304-1:2009	mg/l	32
<a href="#">pH</a>	SFS 3021:1979		6,9
<a href="#">Sameus</a>	SFS-EN ISO 7027-1:2016	FNU	16
<a href="#">Sulfaatti</a>	IC, SFS-EN ISO 10304-1:2009	mg/l	60
<a href="#">Sähkönjohtokyky</a>	SFS-EN 27888:1994	mS/m	37,3
<a href="#">Typpi, kokonais-</a>	Aquakem, sis.men, per. kumot. SFS 3031:1990	µg N/l	1 900
<a href="#">Kadmium, Cd</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 0,2
<a href="#">Kupari, Cu</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	4,5
<a href="#">Lyijy, Pb</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 2
<a href="#">Nikkeli, Ni</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	12
<a href="#">Sinkki, Zn</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	30
<a href="#">Fosfori, kokonais-</a>	SFS-EN ISO 6878:2004, luku 7	µg P/l	29
<a href="#">PFC-yhdisteet LC/MS/MS</a>	ISO 25101 Mod.:EPA533	µg/l	Todettu, ks. liite
<a href="#">VOC</a>	Sis.men. ISO 11423-1, SFS-EN ISO 10301:1997	µg/l	Ei todettu
<a href="#">PAH yhteensä</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,03
<a href="#">Bentso(a)pyreeni</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,003
<a href="#">Bentso(b)fluoranteeni</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Bentso(ghi)peryleeni</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Bentso(k)fluoranteeni</a>	ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">Indeno-(1.2.3-cd)-pyreeni</a>	ISO 28540:2018	µg/l	<0,005
<a href="#">TA KPL</a>	Laskettu kpl määrä	kpl	182
<a href="#">Torjunta-aineet yhteensä</a>	Sis. men. LA415	µg/l	Ei todettu
<a href="#">fraktio C10-C21</a>	SFS-EN ISO 9377-2:2001	µg/l	< 50
<a href="#">fraktio C21-C40</a>	SFS-EN ISO 9377-2:2001	µg/l	< 50
<a href="#">Escherichia coli</a>	Colilert, SFS-EN ISO 9308-2:2014	MPN/100ml	0
<a href="#">Esikäsitellyt alkuaineet 1-5 kpl. ICP</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009		Tehty
<a href="#">Esikäsitellyt (ICP)</a>	Märkäpoltto, ICP kok.pit.		Tehty

## NÄYTTEENOTTOTULOKSET: PURKUPAIKKA 2 (Salmenvirta), 20.6.2023 (Kymen Ympäristölaboratorio)

Näyte	Vesinäyte	Näytteen ottaja	Tutkimus
Näyte otettu	20.06.2023	Näytteen oton syy	
Näyte saapunut	20.06.2023	Näytteenottopiste	
Tutkimus alkoi	20.06.2023		
Tutkimus valmis	30.06.2023		

### Näytteen 3272-1 analyysit

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	Tulos
<a href="#">Kromi(VI)</a>	Sis. menetelmä, fotom.	mg/l	< 0,09
<a href="#">BOD7</a>	Sis.men. kum.st SFS 3019, SFS-EN-1899-2:1998	mg/l	4,9
<a href="#">COD(Mn)</a>	SFS 3036:1981	mg/l	13
<a href="#">Kiintoaine (GF/C 1,2 µm)</a>	SFS-EN 872:2005	mg/l	6,6
<a href="#">Kloridi</a>	IC, SFS-EN ISO 10304-1:2009	mg/l	810
<a href="#">pH</a>	SFS 3021:1979		7,2
<a href="#">Sameus</a>	SFS-EN ISO 7027-1:2016	FNU	4,1
<a href="#">Sähkönjohtokyky</a>	SFS-EN 27888:1994	mS/m	217
<a href="#">Typpi, kokonais-</a>	Aquakem, sis.men, per. kumot. SFS 3031:1990	mg N/l	0,85
<a href="#">Kadmium, Cd</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 0,2
<a href="#">Kupari, Cu</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	2,0
<a href="#">Lyijy, Pb</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 2
<a href="#">Nikkeli, Ni</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	< 2
<a href="#">Sinkki, Zn</a>	#ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009	µg/l	3,6
<a href="#">Fosfori, kokonais-</a>	SFS-EN ISO 6878:2004, luku 7	µg P/l	65
<a href="#">Elohopea, Hg</a>	Sis.men. per. ISO 5666:1999 ja SFS-EN ISO 17852:2008, CVAFS	µg/l	<0,04
<a href="#">PFC-yhdisteet LC/MS/MS</a>	ISO 25101 Mod.;EPA533	µg/l	Todettu, ks. liite
<a href="#">VOC</a>	Sis.men. ISO 11423-1, SFS-EN ISO 10301:1997	µg/l	Ei todettu
<a href="#">PAH yhteensä</a>	SFS-ISO 28540:2018	µg/l	Ei todettu
<a href="#">fraktio C10-C21</a>	SFS-EN ISO 9377-2:2001	µg/l	< 50
<a href="#">fraktio C21-C40</a>	SFS-EN ISO 9377-2:2001	µg/l	< 50
<a href="#">Escherichia coli</a>	Colilert - SFS-EN-ISO 9308-2:2014	mpn/100ml	2
<a href="#">Esikäsittely</a>	Märkäpoltto		Tehty
<a href="#">Esikäsittely (ICP)</a>	Märkäpoltto, ICP kok.pit.		Tehty

## PFC-YHDISTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET (Kymen Ympäristölaboratorio)



Tutkimustodistus AR-23-RZ-012901-01  
Raportointipäivämäärä 28.04.2023

Sivu 1/4

Näyte-erä EUAA56-00138379  
Tilausviite 1885

Kymen Ympäristölaboratorio Oy  
tulokset  
Patosillantie 2  
45700 KUUSANKOSKI  
FINLAND

## PFC-yhdisteet / PFOS

Näytteen numero	750-2023-00025489	750-2023-00025490		
Näytteen nimi	1885-1	1885-2		
Näytteen aine	Muut nestemäiset materiaalit	Muut nestemäiset materiaalit		
Näytteen kuvaus	Muut nestemäiset materiaalit	Muut nestemäiset materiaalit		
Vastaanottopäivä	21.04.2023	21.04.2023		
Näytteenottaja	Asiakas	Asiakas		
Analyysit	Yksikkö	Tulos	Tulos	
<b>Perfluoratut yhdisteet (PFC)</b>				
2H-Perfluoro-2-dek eenihappo (8-2 FTUCA)	RZPFC µg/l	<0,0005	<0,0005	
Perfluoro-1-tridekaa nisulfonaatti (PFTrDS)	RZPFC µg/l	<0,0005	<0,0005	
Perfluoro-1-undeka anisulfonaatti (PFUdS)	RZPFC µg/l	<0,0005	<0,0005	
Perfluorobutaanih appo (PFBA)	RZPFC µg/l	0,0020	<0,0005	
Perfluoropentaanih appo (PFPeA)	RZPFC µg/l	0,0060	<0,005	
Perfluoroheksaanih appo (PFHxA)	RZPFC µg/l	0,0040	<0,005	
Perfluoroheptaanih appo (PFHpA)	RZPFC µg/l	0,0020	<0,0005	
Perfluoro-oktaanih appo (PFOA)	RZPFC µg/l	0,0040	<0,0005	
Perfluorinonaanih appo (PFNA)	RZPFC µg/l	<0,0005	<0,0005	
Perfluorodekaanih appo (PFDA)	RZPFC µg/l	<0,0005	<0,0005	
Perfluoroundekaani happo (PFUnA)	RZPFC µg/l	<0,0005	<0,0005	
Perfluorododekaani happo (PFDoA)	RZPFC µg/l	<0,0005	<0,0005	
Perfluorotridekaanih appo (PFTrDA)	RZPFC µg/l	<0,0005	<0,0005	
Perfluorotetradekaa nihappo (PFTA)	RZPFC µg/l	<0,0005	<0,0005	
Perfluoroheksadeka nihappo (PFHxDA)	RZPFC µg/l	<0,0005	<0,0005	
Perfluoro-oktaanide kaanihappo (PFODA)	RZPFC µg/l	<0,0005	<0,0005	
Perfluorobutaanisulf onaatti (PFBS)	RZPFC µg/l	0,0010	<0,0005	

Eurofins Environment Testing Finland Oy  
Niemenkatu 73  
15140 Lahti  
FINLAND

+35 840 356 7895  
ask@eurofins.fi  
www.eurofins.fi

Y-Tunnus: FI27522925

Näytteen nimi	750-2023-00025489	750-2023-00025490	
Näytteen nimi	1885-1	1885-2	
Näyttematriali	Muut nestemäiset materiaalit	Muut nestemäiset materiaalit	
Näytteen kuvaus	Muut nestemäiset materiaalit	Muut nestemäiset materiaalit	
Vaestäänottopäivä	21.04.2023	21.04.2023	
Analyysit	Yksikkö	Tulos	Tulos
<b>Perfluoriat yhdisteet (PFC)</b>			
Perfluoropentaanisulfonylfluoridi (PFPeS)	µg/l	0,0008	<0,0005
Perfluorohexaanisulfonylfluoridi (PFHxS)	µg/l	0,0060	0,0008
Perfluoroheptaanisulfonylfluoridi (PFHpS)	µg/l	<0,0005	<0,0005
Perfluorooktaanisulfonylfluoridi (PFOS)	µg/l	0,0090	0,0007
Perfluorononaanisulfonylfluoridi (PFNS)	µg/l	<0,0005	<0,0005
Perfluorodekaanisulfonylfluoridi (PFDS)	µg/l	<0,0005	<0,0005
Perfluorododekaanisulfonylfluoridi (PFDoS)	µg/l	<0,0005	<0,0005
1H,1H,2H,2H-Perfluorooktaanisulfonylfluoridi (4:2 FTS)	µg/l	<0,0005	<0,0005
1H,1H,2H,2H-Perfluorooktaanisulfonylfluoridi (6:2 FTS)	µg/l	0,0030	<0,0005
1H,1H,2H,2H-Perfluorodekaanisulfonylfluoridi (8:2 FTS)	µg/l	<0,0005	<0,0005
Perfluoro-1-heksaanisulfonylfluoridiamidi (FHxSA)	µg/l	<0,0005	<0,0005
Perfluorobutaanisulfonylfluoridiamidi (PFBSA)	µg/l	<0,0005	<0,0005
Perfluorooktaanisulfonylfluoridiamidi (PFOSA)	µg/l	<0,0005	<0,0005

\*Menetelmä on akkreditoitu.

**YHTEYSHENKIÖ**

Salla Partio Analyysipalvelupäällikkö

SallaPartio@eurofins.fi +358 44 7421564

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

## Menetelmätiedot

Testikoodi	Parametrin nimi, CAS	Menetelmän mittauspäivävarmuus	Menetelmän määrittysraja	Akkreditoitu	Menetelmä	Laboratorio
<b>Perfluoratut yhdisteet (PFC)</b>						
RZPFC	2H-Perfluoro-2-dekeenihiappo (8.2 FTUCA), 70887-84-2	45%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluoro-1-tridekaanisulfonaatti (PFTrDS), 791563-89-8	45%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluoro-1-undekaanisulfonaatti (PFUdS), 749786-16-1	45%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluorobutaanihiappo (PFBA), 375-22-4	28%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluoropentaanihiappo (PFPeA), 2706-90-3	21%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluorohexaanihiappo (PFHxA), 307-24-4	20%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluoroheptaanihiappo (PFHpA), 375-85-9	21%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluoro-oktaanihiappo (PFOA), 335-67-1	22%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluorinonaanihiappo (PFNA), 375-95-1	27%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluorodekaanihiappo (PFDA), 335-76-2	26%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluoroundekaanihiappo (PFUnA), 2058-94-8	30%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluorododekaanihiappo (PFDoA), 307-55-1	29%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluorotridekaanihiappo (PFTrDA), 72629-94-8	40%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluorotetradekaanihiappo (PFTA), 376-06-7	40%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluorohexadekaanihiappo (PFHxDA), 67905-19-5	40%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluoro-oktaanidekaanihiappo (PFODA), 16517-11-6	40%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluorobutaanisulfonaatti (PFBS), 375-73-5	23%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluoropentaanisulfonaatti (PFPeS), 2706-91-4	40%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluorohexaanisulfonaatti (PFHxS), 355-46-4	21%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluoroheptaanisulfonaatti (PFHpS), 375-92-8	27%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluoro-oktaanisulfonaatti (PFOS), 1763-23-1	24%	0,0001 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluorononaanisulfonaatti (PFNS), 68259-12-1	40%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	Perfluorodekaanisulfonaatti (PFDS), 335-77-3	36%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ



Perfluoratut yhdisteet (PFC)						
RZPFC	Perfluorododekaanisulfonaatti (PFDoS), 79780-39-5	40%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	1H,1H,2H,2H-Perfluorohexaanisulfonaatti (4:2 FTS), 757124-72-4	31%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	1H,1H,2H,2H-Perfluorooktaanisulfonaatti (6:2 FTS), 27619-97-2	31%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFC	1H,1H,2H,2H-Perfluorodekaanisulfonaatti (8:2 FTS), 39108-34-4	37%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFS	Perfluoro-1-heksaanisulfonamidi (FHxSA), 41997-13-1	48%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFS	Perfluorobutaanisulfonamidi (PFBSA), 30334-69-1	43%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ
RZPFS	Perfluoro-oktaanisulfonamidi (PFOSA), 754-91-6	24%	0,0005 µg/l	Ei	ISO 25101 Mod.; EPA 533	RZ

**Laboratorio**

RZ Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)

Tutkimustodistuksen jakelu: tulokset@kymlab.fi

**Huomautukset**

Tutkimustodistuksen osittainen kopiointi on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain vastaanotettua ja tutkittua näytettä. Näytteet on toimitettu laboratorioon asiakkaan toimesta, ellei tutkimustodistuksella toisin ilmoiteta.

## VOC- JA PAH- YHDISTEIDEN, TORJUNTA-AINEIDEN JA ÖLJYHIIVIVETY- JEN TUTKIMUSTULOKSET (Kymen Ympäristölaboratorio)



Kymen Ympäristölaboratorio Oy  
Patosillantie 2  
45700 KUUSANKOSKI

TESTAUSSELOSTE  
4KYMEN/264:23VX01712  
28.4.2023

1(2)



Projekti 4KYMEN/264  
Projektin nimi Vesikemia  
Näyttenumero 23VX01712  
Näytteen nimi\* 1885-1  
Näyte saapunut 21.4.2023

Määritys	Menetelmän tunnus	Yksikkö	Tulos
VOC (haihtuvat orgaaniset yhdisteet)	LA123		Todettu
Tetrakloorieteeni	LA123*	µg/l	0,75
Triklloorieteeni	LA123*	µg/l	0,88
Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH)	LA426*		Todettu
Asenafteeni	LA426*	ng/l	12
Fluoreeni	LA426*	ng/l	9,0
Naftaleeni	LA426*	ng/l	5,4
Öljyn hiilivetyindeksi	LA408H*	µg/l	< 50
Öljyn hiilivetyindeksi C10-C21 fraktio	LA408H	µg/l	< 50
Öljyn hiilivetyindeksi C21-C40 fraktio	LA408H	µg/l	< 50

### KVVY Tutkimus Oy

*Heli Orakangas*

Heli Orakangas  
Ympäristöasiantuntija

Digitally signed by allekirjoitus.kvvy.innolims.fi  
Date: 2023.04.28 15:15:58 +03:00  
Reason: InnoLIMS pdf sign

### JAKELU

tulokset@kymlab.fi

### MENETELMÄVIITTEET

LA123	SFS-EN ISO 10301:1997 ja SFS-ISO 11423-1:2011
LA408H	SFS-EN ISO 9377-2:2001
LA426	SFS-ISO 28540:2018

\* = Akkreditoitu tutkimusmenetelmä, † = Asiakkaan ilmoittama tieto  
Tässä testausselostuksessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle.  
Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan. Mikrobiologiset mittausraportit saavat jättää osittain.

<b>Tampere</b> Puh. 03 246 1208 tam@kvvy.fi	<b>Pori</b> Puh. 03 246 1277 pori@kvvy.fi	<b>Rauma</b> Puh. 03 246 1276 rauma@kvvy.fi	<b>Hämeenlinna</b> Puh. 03 246 1275 haame@kvvy.fi	<b>Sastamala</b> Puh. 03 246 1275 sastam@kvvy.fi	<b>Vaasa</b> Puh. 06 312 0020 vaasa@kvvy.fi	<b>Jyväskylä</b> Puh. 03 246 1267 jyvas@kvvy.fi
---	---	---	---	--	---	---



Kymen Ympäristölaboratorio Oy  
Patosillantie 2  
45700 KUUSANKOSKI

**TESTAUSSELOSTE**  
**4KYMEN/264:23VX01713**  
28.4.2023

1(2)



Projekti 4KYMEN/264  
Projektin nimi Vesikemia  
Näytenumero 23VX01713  
Näytteen nimi\* 1885-2  
Näyte saapunut 21.4.2023

Määritys	Menetelmän tunnus	Yksikkö	Tulos
VOC (haihtuvat orgaaniset yhdisteet)	LA123		Ei todettu
Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH)	LA426*		Ei todettu
Torjunta-aineet GC+LC	LA415		Ei todettu
Öljyn hiilivetyindeksi	LA408H*	µg/l	< 50
Öljyn hiilivetyindeksi C10-C21 fraktio	LA408H	µg/l	< 50
Öljyn hiilivetyindeksi C21-C40 fraktio	LA408H	µg/l	< 50

**KVYY Tutkimus Oy**

*Heli Orakangas*

Heli Orakangas  
Ympäristöasiantuntija

Digitally signed by allekirjoitus.kvyy.innoims.fi  
Date: 2023.04.28 15:16:54 +03:00  
Reason: InnoLIMS pdf sign

**JAKELU**

tulokset@kymlab.fi

**MENETELMÄVIITTEET**

LA123	SFS-EN ISO 10301:1997 ja SFS-ISO 11423-1:2011
LA408H	SFS-EN ISO 9377-2:2001
LA415	Sisäinen menetelmä LA415, GC-MS/MS ja HPLC-MS/MS
LA426	SFS-ISO 28540:2018

\* = Akkreditoitu näkemyksenmenetelmä, † = Asiakkaan ilmoittama tieto  
Tässä testausselostuksessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle.  
Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan. Mikrobiologiset mittauspäivämäärät saa pyydettäessä.

<b>Tampere</b> Puh. 03 246 1208 laborator@kvyy.fi	<b>Pori</b> Puh. 03 246 1277 pori@kvyy.fi	<b>Rauma</b> Puh. 03 246 1276 rauma@kvyy.fi	<b>Hämeenlinna</b> Puh. 03 246 1275 hva@kvyy.fi	<b>Sastamala</b> Puh. 03 246 1275 sast@kvyy.fi	<b>Vaasa</b> Puh. 06 312 0020 vaasa@kvyy.fi	<b>Jyväskylä</b> Puh. 03 246 1267 jyvas@kvyy.fi
---	---	---	---	--	---	---



**MUODOSTUMISALUEIDEN 1, 2 JA 3 TUTKIMUSTULOSTEN LOPPUIHTEENVETO**

TUTKIMUSTULOKSET 13.4. - 4.7.2023	MUODOSTUMISALUE 1			MUODOSTUMISALUE 2			MUODOSTUMISALUE 3		
	havaintoja (kpl)	keskiarvo	min. maks.	havaintoja (kpl)	keskiarvo	min. maks.	havaintoja (kpl)	keskiarvo	min. maks.
Huleveden perusmittaustulokset	15	10,3	4,2 14,7	42	11,1	3,3 17	29	14,0	9 16
Lämpötila (C°)	15	7,19	6,00 7,42	42	6,68	5,72 7,7	30	7,11	6,12 7,78
pH	15	213	120 352	42	160	21	293	30	210 72
Kiintoaine (mg/l)	15	325	159 532	42	244	86	443	30	324 115
Sähköjohtavuus (µS/m)	11	78	67 93	33	211	152	258	25	158 108
ORP (mV)	15	166	86 283	42	123	45	242	30	159 54
Suolapitoisuus									
Huleveden näyteenottotulokset									
Biologinen hapenkulutus, BOD (mg/l)	3	4,4	< 2 4,9	3	3,9*	< 2 4,9			
Kemiallinen hapenkulutus, COD (mg/l)	3	9,2	7,7 12,0	3	11,3	9 13,0			
pH	3	6,80	6,50 7,10	3	6,70	6,00 7,20			
Kiintoaine (GF/C 1,2 µm) (mg/l)	3	8,2	5,3 13,0	3	10,9	6,6 15,0			
Sähköjohtokyky (mS/m)	3	27,0	19,5 39,4	3	92,3	22,6 217,0			
Sameus (FNU)	3	9,9	8,3 12,0	3	14,7	4,1 24,0			
Escherichia coli (pmy/100ml)	3	3	0 6	3	1,7	0 3			
Sulfaatti, SO4 (mg/l)	2	8,4	5,8 11	2	39	18 60			
Kokonaistyppi (µg N/l)	3	880	800 1600	3	1617	850 2100			
Kokonaisfosfori (µg P/l)	3	62,7	52 68,0	3	44,0	29 65,0			
Kloridi, Cl (mg/l)	3	22,2	7,7 41,0	3	283,1	7,3 810,0			
Sinkki, Zn (µg/l)	3	21,7	7 34,0	3	20,5	3,6 30,0			
Kadmium, Cd (µg/l)	3	< 0,2	< 0,2 < 0,2	3	< 0,2	< 0,2 < 0,2			
Kromi, Cr (mg/l)	3	< 0,09	< 0,09 < 0,09	3	< 0,09	< 0,09 < 0,09			
Kupari, Cu (µg/l)	3	3,9	1,8 5,5	3	4,1	2 5,7			
Nikkeli, Ni (µg/l)	3	< 2	< 2 < 2	3	12*	< 2 12			
Lyijy, Pb (µg/l)	3	< 2	< 2 < 2	3	< 2	< 2 < 2			
Elohopea, Hg (µg/l)	1	0,07	0,07 0,07	1	< 0,04	< 0,04 < 0,04			
PFC-yhdisteet (µg/l)	3	3	3	3	3	3			
VOC-yhdisteet (µg/l)	3	3	3	3	3	3			
PAH-yhdisteet (µg/l)	3	3	3	3	3	3			
Öljyhiilivedyt C10-C40 (µg/l)	3	< 50	< 50 < 50	3	< 50	< 50 < 50			
Torjunta-aineet				2	2	2			

\*kahden havainnon ka.