



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

# **LUMEN SULANTA JA HULEVEDEN LAATU**

Juuso Ojala

YMPÄRISTÖTEKNIikka

Kandidaatintyö

Toukokuu 2019



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

# **LUMEN SULANTA JA HULEVEDEN LAATU**

Juuso Ojala

Ohjaaja: Heini Postila

YMPÄRISTÖTEKNIikka

Kandidaatintyö

Toukokuu 2019

# TIIVISTELMÄ

## OPINNÄYTETYÖSTÄ Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaatintyö, diplomityö)		Pääaineopintojen ala (lisensiaatintyö)	
Ympäristötekniikan koulutusohjelma			
Tekijä		Työn ohjaaja yliopistolla	
Ojala Juuso		Postila H, tutkija	
Työn nimi			
Lumen sulanta ja huleveden laatu			
Opintosuunta	Työn laji	Aika	Sivumäärä
Vesi- ja yhdyskuntatekniikka	Kandidaatintyö	Toukokuu 2019	23 s.
<p>Tiivistelmä</p> <p>Hulevesi on rakennetuilla alueilla virtaavaa sade- tai sulamisvettä, joka ei pääse imeytymään maaperään läpäisemättömien pintojen vuoksi. Tämä vesi johdetaan hulevesiviemäreitä ja ojia pitkin pois rakennetulta alueelta, ja lopulta se päättyy suurempiin vesistöihin. Hulevetteen päättyä ja se huuhtoo mukaansa haitta-aineita, jotka kulkeutuvat sen mukana alapuolisiin vesistöihin, joissa haitta-aineet voivat aiheuttaa erilaisia ongelmia.</p> <p>Tämän työn tavoitteena on tarkastella huleveden laatuun liittyviä tekijöitä. Työssä pyritään selvittämään, mitkä ovat merkittävimmät hulevesiin vaikuttavat haitta-aineet, mistä näitä haitta-aineita kulkeutuu hulevesiin ja mitä vaikutuksia niillä on joutuessaan ympäristöön. Työssä myös käydään läpi lumen sulamisen mekanismeja ja sulannan aikaista hulevettä sekä sen eroavaisuutta muusta hulevedestä. Lisäksi työssä tarkastellaan huleveden määrään liittyviä vaihteluita.</p> <p>Hulevesiin joutuu haitta-aineita monesta eri lähteestä. Liikenteessä syntyy mm. pakokaasupäästöjä sekä öljyvuotoja. Teollisuuden ravinne- ja raskasmetallipäästöt putoavat maahan laskeumina. Rakennusten pinnoilta kuluvat materiaalit huuhtoutuvat sateiden mukana maahan. Lumen sulannan aikaan huleveden määrät kasvavat suureksi, ja haitta-aineiden pitoisuudet vaihtelevat verrattuna sulannan jälkeisen ajan hulevesiin.</p>			
Muita tietoja			

# ABSTRACT FOR THESIS

University of Oulu Faculty of Technology

Degree Programme (Bachelor's Thesis, Master's Thesis) Environmental engineering		Major Subject (Licentiate Thesis)	
Author Ojala Juuso		Thesis Supervisor Postila H, researcher	
Title of Thesis Snowmelt and quality of runoff			
Major Subject	Type of Thesis Bachelor's Thesis	Submission Date May 2019	Number of Pages 23 p.
<p>Abstract</p> <p>Urban runoff is caused by rainwater and snowmelt in urban areas. It flows through the streets because the impervious surface will not absorb it like it would in the nature. This surface runoff is directed to sewers specifically made for it or via ditches which then transports it out from the city towards larger bodies of water. Urban runoff carries these harmful substances to bodies of water, where the impurities can cause harmful effects.</p> <p>The aim of this thesis is to go through the different kinds of factors which affect the quality of urban runoff. To navigate the most influential substances that deteriorate the quality of runoff, to pinpoint the sources from which these harmful substances come from and to find out the effects these substances to the environment. In addition, the mechanisms of snowmelt, the quality of urban runoff created by it and the way it differs from the quality of other seasons is under inspection.</p> <p>Harmful substances enter urban runoff from various different sources. Traffic creates e.g. emissions and oil leaks. factories release nutrients, like phosphorus and nitrogen, and heavy metal compounds which then come down as a fallout. The rain washes buildings taking deteriorating materials with it to the ground. During snowmelt the amount of runoff is typically high, and the concentration of harmful substances can vary between before and after snowmelt period.</p>			
Additional Information			

# ALKUSANAT

Tämä kandidaatintyö on tehty kevään 2019 aikana. Haluan kiittää Heini Postilaa työn ohjaamisesta sekä asiantuntevista neuvoista työn rakenteen ja sisällön suhteen. Kiitokset myös omaopettajalleni Tiina Laitiselle, joka on ohjannut ja auttanut minua näiden kolmen opiskeluvuoden ajan.

Haluaisin kiittää myös vanhempiani, jotka ovat tukeneet ja kannustaneet minua koko tämän pitkän koulutaipaleen ajan.

Oulussa, 21.5.2019

Juuso Ojala

# SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto .....	6
2 Hulevesi ja sen määrien vaihtelevuus .....	7
2.1 Hulevesi.....	7
2.2 Vuodenaikojen vaikutus huleveden määrään.....	7
2.3 Hulevedestä aiheutuvat tulvat .....	8
3 Hulevesien laatu .....	9
3.1 Päästölähteet.....	9
3.2 Laatuun vaikuttavat tekijät .....	10
3.2.1 Ravinteet .....	10
3.2.2 Kiintoaine .....	10
3.2.3 Metallit.....	11
3.2.4 Orgaaniset aineet .....	12
3.2.5 Mikromuovit.....	13
3.2.6 MTBE .....	14
3.3 Huleveden haitta-aineiden pitoisuus vs. kuormitus .....	14
3.4 Hulevesien haitta-aineiden pitoisuuksia.....	14
3.5 Mahdollisuuksia vähentää huleveden määrää ja sen haitta-aineita.....	16
4 lumensulannan aikainen huleveden laatu.....	17
4.1 Lumen sulanta (Oberts 2019).....	17
4.2 Sulannan laatu .....	18
5 Yhteenveto ja johtopäätökset .....	20
6 Lähdeluettelo.....	21

# 1 JOHDANTO

Sadeveden laskeutuessa maahan se muuttuu pintavedeksi. Osa pintavedestä kulkeutuu suurempiin vesistöihin, osa muuttuu vesihöyryksi eli haihtuu, ja osa imeytyy maaperään, jossa siitä tulee pohjavettä. Kaupungeissa veden imeytyminen on vähäisempää kuin luonnossa, sillä rakennetuilla alueilla maahan lisätään usein pinnoite, joka estää veden luontaisen imeytymisen maaperään. Näitä pinnoilla virtaavia ja rakennetuilta alueilta poisjohdettavia sade- ja sulamisvesiä kutsutaan hulevedeksi.

Kaupunkien kasvaessa ja viheralueiden vähentyessä on jouduttu ottamaan huomioon tämän rakennetuilla pinnoilla virtaavan sade- tai sulamisveden poistomahdollisuuksia, sekä huleveden vaikutusta ympäristöön ja vesistöihin, jonne se johdetaan. Työssä tarkastellaan yksitellen hulevesiin merkittävimmin vaikuttavia haitta-aineita, sekä niiden pitoisuuksia, päästölähteitä ja vaikutusta ympäristöön. Työssä myös käydään läpi huleveden määrään vaihteluita ja tutustutaan lumen sulannan aikaiseen huleveden käyttäytymisen ja laatuun.

## 2 HULEVESI JA SEN MÄÄRIEN VAIHTELEVUUS

### 2.1 Hulevesi

Hulevedellä tarkoitetaan niitä sade- ja sulamisvesiä, jotka syntyvät kaupungeissa ja muilla urbaaneilla alueilla sateella, ja silloin kun lumi sulaa. Hulevesien määrä riippuu sateen voimakkuudesta ja kestosta tai lumen määrästä ja sen sulamisnopeudesta. Hulevesien määrään vaikuttavat myös vastaanottavan pinnan ominaisuudet. Urbaaneihin alueisiin usein integroidaan pintoja kuten nurmikkoa, puistoja ja muita viheralueita, joilla osaltaan pyritään vähentämään hulevesien määrää. Rakennetuilla alueilla on paljon läpäisemätöntä pintaa kuten asfalttia, mikä estää hulevesien imeytymistä ympäristöön. Tämän vuoksi suurin osa sataneesta vedestä/sulaneesta lumesta virtaa rakennusten katoilla ja maan pinnalla etsien poistumisreittiä, jonka yleensä lopulta hulevesiviemärit tarjoavat. Täältä se virtaa kohti vesistöjä, kuten järviä ja merta. (Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut 2019.)

### 2.2 Vuodenaikojen vaikutus huleveden määrään

Vuodenaikojen vaihtelu näkyy huleveden määrässä. Syksyn ja kevään sadekaudet lisäävät merkittävästi huleveden määrää (Ilmatieteen laitos 2019). Erityisen merkittävää vaihtelua määrässä ja laadussa tapahtuu varsinkin lämpötilan siirtyessä pakkasesta plussan puolelle, jolloin maassa oleva lumi sulaa ja routainen maa on vesille vielä läpäisemättömämpi kuin yleensä. Yleisesti siis siirryttäessä talvesta kevääseen.

Vesisateet ovat lämpimien kausien hulevesien merkittävin lähde. Talvisin kylmillä alueilla sateet laskeutuvat lumena, jolloin vesimassan kokonaishaihdunta on hyvin pieni. Talven aikana suuri vesimassa sitoutuu lumiin, mikä sulaessaan suhteellisen lyhyellä aikavälillä, aiheuttaa hulevesien määrän nopean kasvun. Suuren lumen sulamisen määrän lisäksi mahdollinen keväinen vesisade kasvattaa taajamien huleveden määrää, josta voi seurata suurempia tulvia. (Moghadas 2016.)



### 2.3 Hulevedestä aiheutuvat tulvat

Tulvat ovat näkyvin hulevedestä aiheutuvista ongelmista. Sateet ja lumen sulanta synnyttävät rakennetuilla alueilla hulevettä, joka suurina määrinä virratessaan jokiin ja ojiin, aiheuttaa tulvia. Tulvan vapauttaman veden määrään vaikuttaa sateen ja sulannan kesto ja intensiteetti, valuma-alueen maan rakenne, pinnanmuodot ja kasvillisuus, sekä tapahtumaa edeltävä alueen hydrologinen tilanne. (Konrad 2003.)

Tulvat itsessään eivät ole ihmisen aiheuttama ilmiö. Tulvimista on tapahtunut varsinkin jokien varsilla luontaisesti jo miljoonia vuosia, ja niiden maalle tuomista ravinteista on ollut paljon hyötyä elämän kehittymiselle. Ihmistoiminta on tehnyt tulvista paljon tuhoisampia rakentamalla tulvatasankojen päälle läpäisemätöntä pintaa, minkä takia vesi ei imeydy maaperään. Myös ilmastonmuutos vaikuttaa kasvavaan tulvien määrään sen tuomien sääilmiöiden, sekä sulavien jäätiköiden kautta. (Nunez 2019.)

Tulvilla on useita negatiivisia, jopa katastrofaalisia vaikutuksia yhteiskuntaan ja ympäristöön. Rakennusten vaurioituminen, sadon ja karjan menetys ja ihmiskuolemat ovat esimerkkejä tulvien aiheuttamista vahingoista yhteiskunnissa. Tulvatilassa olevilla alueilla on ongelmia myös mm. sähkön jakamisessa ja teiden ja siltojen käytössä, minkä takia asukkaat ovat tulvan ajan usein jumissa (Queensland Government 2018). Kaikkein vaarallisimpiin tulviin kuitenkin liittyy yleensä jokin luonnonkatastrofi, kuten mannerlaattojen liikkumisesta aiheutuva hyökyaalto.

## 3 HULEVESIEN LAATU

### 3.1 Päästölähteet

Ajoneuvoista ja liikenteestä yleisesti syntyy paljon hulevesiin päätyviä haitta-aineita. Ajoneuvojen pakokaasupäästöt sekä öljy- ja voiteluainevuodot ovat hyvin merkittäviä päästölähteitä (Kuntaliitto 2012). Autojen renkaat ja jarrupalat kuluvat jättäen jälkeensä pienhiukkasia ja asfalttibetonipäällysteisten teiden pinta kuluu synnyttäen katupölyä (Ziemann 2017). Talvisin teiden kunnossapitoa ja turvallisuutta pyritään edistämään hiekoituksella ja suolaamisella. Hiekoitus aiheuttaa paljon pölyä ja suolaaminen nostattaa hulevesien suolapitoisuutta. (Airola ym. 2014.)

Teollisuudesta, energiantuotannosta sekä liikenteestä syntyvät ilmanpäästöt joutuvat hulevesiin märkä- tai kuivalaskeumana. Laskeumat tuovat mukanaan hulevesiin todella paljon erilaisia haitta-aineita, mm. typpeä, fosforia sekä raskasmetalleja, kuten lyijyä, sinkkiä ja kuparia. Laskeumat kuljettavat myös orgaanisia haitta-aineita, kuten PAH-yhdisteitä (Kuntaliitto 2012). Näiden lisäksi myös elohopeaa, sulfaattia ja kiintoainetta siirtyy jossain määrin hulevesiin laskeumien mukana. (Airola ym. 2014.)

Rakennukset ja rakenteet sisältävät kuparia, sinkkiä, orgaanista ainetta sekä muita rakennusmateriaaleja. Sateet huuhtovat rakennusten pintaa, mikä kuljettaa kulunutta ja korroosion runtelemaa rakennusmateriaalia kaduille ja hulevesiin. Päällystämättömistä peltikatoista huuhtoutuu rännien kautta paljon metalleja, jotka vaikuttavat huleveden laatuun (Airola ym. 2014). Rakennustöiden aikana haitta-aineiden päästöt ovat suurimmillaan ja tällöin hulevesiin kulkeutuu merkittävästi kiintoaineita mm. tuulen mukana. Lisäksi työmailta tuleva vesi voi sisältää työkoneista peräisin olevaa öljyä. (Kuntaliitto 2012).

Viheralueiden, kuten puistojen, puutarhojen ja nurmikkojen kunnossapidosta syntyy ruohonleikkuu- ja puutarhajätettä, torjunta-aineita sekä lannoitetta, joista hulevesiin kulkeutuu fosforia, typpeä ja orgaanista materiaalia. Näillä alueilla esiintyy myös muuhun rakennettuun ympäristöön verrattuna paljon eläimiä, joiden ulosteet lisäävät samoja aineita ja bakteereita hulevesiin. Myös lemmikkieläinten ulosteista päätyy mm. ravinteita ja bakteereita hulevesiin. (Kuntaliitto 2012.)

Kaupungeissa sijaitsevaan lumeen on sitoutunut paljon haitta-aineita, jotka ovat pääsääntöisesti peräisin maasta ja ilmasta. Suurin osa näistä aineista tulee liikenteestä, sekä teiden kunnossapidosta. Lumesta päätyy lumenkeräyspaikoille kiintoainetta ja haitta-aineita, mutta nämä jäävät yleensä kyseiselle alueelle veden imeytyessä maahan. (Airola ym. 2014).

## **3.2 Laatuun vaikuttavat tekijät**

### **3.2.1 Ravinteet**

Ravinteita, eli typpeä ja fosforia päätyy hulevesiin työmailta, laskeumina, maatilojen lannoitteista sekä eläinten jätöksistä. Lisäksi jätevesiviemärien rikkoutuminen ja ristiinkytkenät (sekaviemärointi) tuovat hulevesiviemäriin ravinnepestöjä (Vahtera & Lahti 2016.) Ravinteita voidaan hulevesissä havaita eri muodoissa. Typpeä löytyy hulevesistä sekä liuenneena, että partikkeleina. Fosforia esiintyy samoin liuenneena orgaanisessa ja epäorgaanisessa muodossa, sekä kiinnittyneenä sedimentteihin. (Minnesota pollution control agency 2008).

Ravinteiden tunnetuin vaikutus vesistöissä on rehevöityminen. Hulevesi kuljettaa ravinteita purojen ja viemäreiden kautta suurempiin vesistöihin, joissa liiallinen typen ja fosforin määrä aiheuttaa kasvien kuten levien liikakasvun, mikä johtaa niiden kasvavaan hapen tarpeeseen. Tämä taas aiheuttaa paikallisia happikatoja, joista seuraa mm. kalakuolemia. Veden rehevöitymisestä seuraa myös monia haittavaikutuksia sen käyttäjille, kuten uimareilla ja sitä vettä juoville eläimille. (Ympäristö.fi 2013.)

### **3.2.2 Kiintoaine**

Kiintoainetta pidetään hulevesien tärkeimpänä laatuparametrina, sillä siihen on sitoutunut suurin osa huleveden kuljettamista päästöistä ja haitta-aineista (Kuntaliitto 2012). Kiintoaineella tarkoitetaan hiukkasmaista ainetta, joka voi olla joko orgaanista tai epäorgaanista. Orgaaninen aines voi olla joko elävää tai kuollutta, eläin- tai kasvipäristä materiaalia. Epäorgaaninen aines puolestaan on mineraalimaa-ainesta, kuten savea. (Vapo 2012.)

Kiintoainetta kulkeutuu hulevesien mukana vesistöihin osana luontaista geologista kulkua. Sade, tuuli, ja muut luonnonilmiöt vaikuttavat maa-alueiden rapautumiseen, ja sen kautta luonnollisesti vesistöihin päätyvän kiintoaineen määrään. Luonnollisen kulkeutumisen lisäksi ihmisen toiminta, kuten rakentaminen ja maatalous lisäävät hulevesiin, ja sen kautta vesistöihin kulkeutuvan kiintoaineen määrää. Eniten kiintoainetta hulevesiin päätyy kasvipeitteettömiltä alueilta. (Pelastajarvi.fi 2013.)

Vesistöissä kiintoaine aiheuttaa veden samentumista. Samean veden takia valon läpäisykyky heikkenee, mikä vähentää mm. uppolehtisten kasvien kasvua ja määrää (Pelastajarvi.fi 2013.) Kiintoaineiden mukana kulkeutuvilla haitta-aineilla, kuten metalleilla ja fosforilla on myös omat vaikutuksensa vesistöihin. (Kuntaliitto 2012.)

### **3.2.3 Metallit**

Ympäristölle haitallisimpia metalleja ovat alumiini, elohopea, kadmium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli, rauta ja sinkki (Airola ym. 2014). Metalleja kulkeutuu hulevesiin useasta eri lähteestä, kuten liikenteestä, rakennusmateriaaleista sekä teollisuudesta mm. laskeumina (Kuntaliitto 2012). Liikenteessä metallipäästöjä syntyy autojen renkaiden ja jarrupalojen kulumisesta. Rakennetussa ympäristössä metalleja irtoaa rakennusten pinnoilta, joissa on metallisia elementtejä, kuten peltikatot ja rännit. Myös maalattujen pintojen rappeutuessa ympäristöön irtoaa metalleja. (Kyllönen 2017.)

Raskasmetallit esiintyvät hulevesissä kiintoaineeseen osittain, tai lähes kokonaan sitoutuneena. Sitoutumisaste on metallin ominaisuuksien ja huleveden pH:n funktio. Lyijy sitoutuu kiintoaineeseen lähes kokonaan, kun taas kupari, kromi ja elohopea voivat esiintyä merkittävässä määrin myös liuenneena. Myös vuodenajalla on todettu olevan vaikutusta metallien sitoutumiseen. (Kyllönen 2017.)

Autojen jarrupalat, rakennusmateriaalit, sekä laskeumat ovat merkittäviä kuparin päästölähteitä (Kyllönen 2017). Kupari on eläimille ja vesikasveille myrkyllinen raskasmetalli, joka liukoisena vesistöön joutuessaan tuhoaa mm. leväkasvustoa. Sinkki on eliöille välttämätön kivennäisaine, joka edistää kasvua ja immuunijärjestelmän toimintaa. Se on kuitenkin kohonneina pitoisuuksina myrkyllinen mm. kaloille, ja voi aiheuttaa ihmisellä terveyshaittoja (Airola ym. 2014.) Sinkkipäästöjä syntyy mm renkaiden ja rakennusmateriaalien kulumisesta. (Kyllönen 2017).

Luonnossa oleva elohopea on suurimmaksi osaksi peräisin aineen aikaisemmasta käytöstä (mm. lämpö- ja painemittareissa) ja kaukokulkeumasta (Vahtera & Lahti 2016). Elohopean käyttöä mittareissa on viime vuosikymmeninä pyritty vähentämään, koska se on erittäin myrkyllinen ihmisille, eläimille ja kasveille (Airola ym. 2014). Elohopeaa voi luonnossa esiintyä sen alkuainemuodossa tai metyylielohopeana, joka on elohopean yhdisteistä myrkyllisin. Hulevesiin metyylielohopeaa päätyy märkälaskeumana. (Vahtera & Lahti 2016.)

Lyijyä ja kadmiumia yhdistää niiden päästölähteet. Kumpaakin metallia esiintyy malmeissa, joista päätyy luonnollisesti haitta-aineita vesiin mineraalien rapautuessa. Kaivos- ja metalliteollisuus tuottavat kuitenkin eniten lyijy- ja kadmiumpäästöjä, jotka tuovat metalleja hulevesiin laskeumina. Kadmiumia leviää ympäristöön myös lannoitteista sekä jätteenpoltosta. Lyijypäästöjä on kyetty pienentämään merkittävästi siirryttäessä lyijyttömän bensiinin käyttöön. Molemmat aineet ovat hyvin myrkyllisiä ja aiheuttavat ongelmia kulkeutuessaan hulevesien kautta vesiorganismeihin. (Vahtera & Lahti 2016.)

#### **3.2.4 Orgaaniset aineet**

PAH-yhdisteet, eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt ja VOC-yhdisteet, eli haihtuvat orgaaniset yhdisteet ovat kaupunkiympäristöstä hulevesiin päätyviä orgaanisia haitta-aineita. Nämä ilmansaasteet ovat suurimmalta osaltaan lähtöisin liikenteestä ja energiantuotannosta. Molemmat yhdisteet ovat merkittäviä terveysriskejä. (Vahtera & Lahti 2016.)

PAH-yhdisteet ovat hulevesistä tutkituin orgaaninen yhdisteryhmä (Kyllönen 2017). Niitä esiintyy mm. hiilessä, raakaöljyssä sekä bensiinissä. Myös fossiililla polttoaineilla tuotetuissa tuotteissa kuten asfaltissa on PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteitä vapautuu epätäydellisen palamisen seurauksena ja niitä voidaan havaita ilmassa, vedessä sekä maaperässä (Illinois Department of Public Health). PAH-yhdisteet eivät juurikaan liukene veteen, ja tämän takia esiintyvät hulevesissä sitoutuneena orgaaniseen ainekseen. Useat PAH-yhdisteet aiheuttavat perimämuutoksia ja syöpää (Vahtera & Lahti 2016.) Hulevesissä esiintyviä PAH-yhdisteitä ovat mm. naftaliinin eri muodot, bifenyylit, fluoreeni sekä pyreeni. (Airola ym. 2014).

VOC-yhdisteet ovat kaasumaisia, haihtuvia hiiliyhdisteitä, jotka haihtuvat erittäin helposti. Hulevesien VOC-yhdisteitä suurin osa on polttoaineisiin liittyviä yhdisteitä, kuten tolueenia ja ksyleeniä (Li 2016.) VOC-yhdisteiden osuus hulevesissä on yleisesti pieni juurikin yhdisteiden tehokkaan haihtuvuuden takia (Vahtera & Lahti 2016). Haihtuvuudella on osuutta myös VOC-yhdisteiden kausittaiseen esiintymiseen, sillä yhdisteitä tavataan hulevesissä enemmän kylminä vuodenaikoina vähäisemmän haihtumisen takia (Kyllönen 2017). Hulevesien VOC-yhdisteet ovat vain lievästi myrkyllisiä vesiorganismeille, varsinkin koska hulevedet kuljettavat VOC-yhdisteitä niin pienissä konsentraatioissa. (Li 2016).

### **3.2.5 Mikromuovit**

Mikromuoveilla tarkoitetaan pientä, alle 5 mm:n raekoon omaavaa muoviroskaa. Suurin päästölähde, josta mikromuoveja päätyy ympäristöön, on liikenne ja autonrenkaiden kuluminen. Muita lähteitä ovat mm. kosmetiikassa ja hygienia tuotteissa käytettävät muovirakenteet, sekä suurempien muovikappaleiden rappeutuminen (Luhtala 2018.) Mikromuovit sisältävät suuren määrän erilaisia ympäristölle haitallisia aineita, kuten palonestoaineita, täyteaineita, väripigmentejä ja metalleja. Muovien ominaisuuksien takia sen hajoaminen luonnossa kestää hyvin kauan, joten siinä olevat haitta-aineet ehtivät vaikuttaa ympäristössä pitkään. Muovit aiheuttavat myös monia fyysisiä haittoja eläimille. Mikromuoviin liittyy esimerkiksi tukehtumisriski, sekä ruoansulatuskanavan tukkeutuminen. (Hartikainen 2018.)

### 3.2.6 MTBE

MTBE eli metyyli-tertiääri-butyyl, on bensiinissä käytetty lisäaine, jonka tarkoitus on kohottaa bensiinin oktaanilukua. Kyseessä on oksygenaatti, joka edistää bensiinin palamista, mikä vähentää bensiinikäyttöisten moottoreiden pakokaasupäästöjä. MTBE vaikuttaa positiivisesti ilmakehän saasteiden määrään vähentämällä mm. liikenteen aiheuttamia päästöjä. MTBE on kuitenkin erittäin vesiliukoinen aine. Se kulkeutuu maaperään imeytymällä ja hulevesien mukana esimerkiksi pohjavesiin. Tämä mm. jo hyvin pieninä pitoisuuksina rajoittaa vesien käyttöä talousvetenä. (Tidenberg ym. 2009.)

### 3.3 Huleveden haitta-aineiden pitoisuus vs. kuormitus

Arvioitaessa huleveden laatua, täytyy tarkastella erikseen haitta-aineiden pitoisuutta ja kuormitusta. Pitoisuudella tarkoitetaan tutkittavan aineen määrää vesitulavuutta kohden, kun taas kuormituksella eli huuhtoutumalla kuvataan aineen kokonaismäärää pinta-alaa kohden aikayksikössä. Kummankin käsitteen tutkiminen on merkittävää, sillä haitta-ainepitoisuudet voivat olla erittäin korkeat lyhytkestoisen sateen tai sulamisen aikana, mutta tällöin huuhtouma ja huleveden kokonaismäärä jää pieneksi. Toisaalta pitkäkestoisten, runsaiden sateiden ja sulamisen aikana hulevesimäärä ja huuhtouma kohoavat suureksi, kun taas pitoisuudet jäävät pieneksi. Hulevesien laatuvaikutusten arvioinnissa pitoisuus ei siis ole riittävä mittari, vaan luotettavien tulosten saamiseksi on tarkasteltava vaikutusta pitkällä aikavälillä. (Kuntaliitto 2012.)

### 3.4 Hulevesien haitta-aineiden pitoisuuksia

Haitta-ainepitoisuudet hulevesissä vaihtelevat voimakkaasti ajan mukana. Tämän takia yksittäiset havainnot ja mittaustulokset eivät täysin mallinna pitoisuuksien kokonaiskuva. Hulevesien keskimääräistä laatua kuvaa usein parhaiten mitattujen arvojen mediaani, sillä poikkeuksellisen suuret yksittäiset arvot eivät vaikuta siihen merkittävästi. (Kuntaliitto 2012.) Tukholman läänissä on useina vuosina tutkittu paljon hulevesien haitta-ainepitoisuuksia. (Airola ym. 2014). Tässä opinnäytetyössä verrataan eri kaupungeissa mitattuja pitoisuuksia (taulukot 1 ja 2) Tukholman läänin ehdotettuihin raja-arvoihin (taulukko 1).

Mittaustuloksista voidaan havaita, että tarkastelluissa kaupungeissa on päästy raja-arvon alle useiden haitta-aineiden osalta. Poikkeuksia löytyi eniten Helsingistä, jossa mitattiin kohonneita elohopea-, kadmium- ja öljypäästöjä. Yksittäisten mittausten takia on vaikeampi tulkita Turun ja Hyvinkään hulevesien päästötilanteen kokonaiskuvaa, mutta tehdyissä mittauksissa löydettiin kohonneita fosfori-, kupari- ja sinkkipitoisuuksia Turun Kristiinankadulla, ja huomattavan suuri elohopeapitoisuus Hyvinkään Kruununpuistossa.

Taulukko 1. Tukholman läänin haitta-aineiden raja-arvot ja Helsingin asuinalueen hulevesien haitta-aineiden mediaanit, sekä minimi- ja maksimiarvot. (Airola ym. 2014.)

Haitta-aine	Yksikkö	Matalin raja-arvo	Helsinki	
			Mediaani	min - max
Kok. typpi	(mg/l)	2,0	1,49	4,61 – 19,0
Kok. fosfori	(µg/l)	160	74	11 – 2600
Alumiini	(µg/l)	-	489	373 – 3403
Elohopea	(µg/l)	0,03	0,200	0,00 – 0,2
Kadmium	(µg/l)	0,4	0,5	0,00 – 0,9
Kromi	(µg/l)	10,0	2,0	1,4 – 65,0
Kupari	(µg/l)	18,0	13,0	5,0 – 124,3
Lyijy	(µg/l)	8,0	1,7	0,00 – 15,3
Nikkeli	(µg/l)	15,0	3,0	0,5 – 18,0
Sinkki	(µg/l)	75,0	49,0	14,0 – 170,5
Öljy	(µg/l)	0,4	0,5	0,5 – 0,5

Taulukko 2. Turun Kristiinankadun (Hamilas 2018) ja Hyvinkään Kruununpuiston (Vahtera 2014) asuinalueen hulevesien haitta-aineiden yksittäisen mittauksen arvoja.

Haitta-aine	Yksikkö	Turku	Hyvinkää
Kok. typpi	(mg/l)	1,1	0,65
Kok. fosfori	(µg/l)	170	130
Elohopea	(µg/l)	0,02	0,23
Kadmium	(µg/l)	0,09	0,05
Kromi	(µg/l)	4,0	3,4
Kupari	(µg/l)	38,0	11,0
Lyijy	(µg/l)	3,0	2,5
Nikkeli	(µg/l)	3,1	2,2
Sinkki	(µg/l)	230	74,0



Valtioneuvoksen asetuksessa vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (VN 1022/2006) ja tätä täydentävässä (VN 868/2010) on määrätty päästökieltoja ja raja-arvoja pintavesien suojelemiseksi ja laadun parantamiseksi ehkäisemällä haitallisten aineiden vaikutus niitä vähentämällä (Finlex 2006, 2010). Päätös koskee useita teollisuuskemikaaleja, kasvinsuojeluaineita sekä metalleja. Asetuksessa on määritetty eri aineille ympäristölaatunormit, jolla tarkoitetaan tietyn haitta-aineen pitoisuutta vesistössä, eliöstössä tai sedimentissä, jota ei saa kansan terveyden ja ympäristön suojelemisen takia ylittää. (Airola ym. 2014.)

### **3.5 Mahdollisuuksia vähentää huleveden määrää ja sen haitta-aineita**

Hulevesien haitta-ainepitoisuuksien vähentämiseen tulevaisuudessa on useita keinoja. Ajoneuvojen siirtyminen ekologisempaan polttoainevaihtoehtoon, teollisuuden päästöjen parempi suodattaminen ja uusissa rakennuksissa käytettävät ympäristöystävällisemmät materiaalit ovat hyviä esimerkkejä tavoista, joilla voidaan parantaa huleveden laatua. Huleveden määrää voidaan vähentää kasvillisuutta lisäämällä ja tuomalla enemmän läpäiseviä pintoja kuten puistoja kaupunkialueille.

## 4 LUMENSULANNAN AIKAINEN HULEVEDEN LAATU

### 4.1 Lumen sulanta (Oberts 2019)

Lumen sulanta on ennalta-arvattavissa oleva prosessi, joka tapahtuu kolmessa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe on ns. päällystesulanta. Auringon paistaessa lämpöä imevälle pinnalle, kuten päällystetylle tielle, sen päällä oleva lumi- tai jääkerros sulaa nopeasti. Myös teille lisättävät aineet, joilla pyritään sulattamaan jäätä aiheuttavat tarkoituksenmukaisesti päällystesulantaa. Nämä koko lumisen kauden lisättävät aineet vaikuttavat myös merkittävästi huleveden laatuun, sillä ne ovat erittäin suolapitoisia. Päällystesulanta tapahtuu nopeasti, mutta useamman kerran talven aikana, ja siitä aiheutuvan huleveden määrä on vähäinen.

Toisessa vaiheessa sulaa teiden vierellä olevat lumikasat. Teiden vierustoiden sulaminen osallistuu hulevesien tuotantoon aika ajoin, kun sulatuskemikaalit sekä auringon säteily sulattavat hitaasti lumikinoksia.

Kolmannessa ja viimeisessä lumensulannan vaiheessa sukaa päällystämättömät ja läpäisevät alueet, kuten puistot ja pihanurmikot, Nämä alueet varastoivat suuren määrän lunta, jota on usein kerääntynyt alueelle koko talven ajan. Päällystämättömät alueet voivat siis synnyttää suuren määrän hulevettä varsin lyhyessä ajassa, varsinkin kun sulamista nopeutetaan sateilla.

E erityisen suuria päästömääriä voidaan havaita sulamiskauden loppupuolella, kun suurten kosteiden lumimassojen päälle sataa vettä. Tämä aiheuttaa sulamista, joka vapauttaa nopeasti suuren määrän liukoisia haitta-aineita lumikasojen päältä samalla kun vesi huuhtoo partikkelimaisia haitta-aineita itse kinoksesta. Ilmiöstä syntyy jopa kesien myrskysateita suurempi määrä hulevettä, koska jäätynyt tai kylläinen maaperä ei poista vettä imeytymällä. Suuri huleveden määrä myös huuhtoo mukaansa haitta-aineita päällystetyiltä pinnoilta.

## 4.2 Sulannan laatu

Päästöt kerääntyvät lumeen usean eri vaiheen kautta. Ensin putoavat lumihiutaleet keräävät tehokkaasti mukaansa ilmansaasteita. Laskeuduttuaan lumi on sekä jatkuvasti, että jaksottain altistuneena ilmasta tuleviin päästöihin, jotka ovat peräisin sekä lähialueiden päästölähteistä, että kaukolaskeumasta. Laskeumien tuomia haitta-aineita, ravinteita sekä kiintoaineita havaitaan urbaanien alueiden lumipinnoilla läpi talven. Näitä syntyy mm. fossiilisten polttoaineiden palaessa, jätteenpoltosta sekä metallintuotannosta. (Oberts 2019.)

Päästöjä kulkeutuu suoraan lumeen esimerkiksi liikenteestä. Teistä irtoavien päällysteiden sekä myrkyllisten aineiden määrä on huipussaan sulannan alussa. Ajoneuvoista lähtevät polttoainepäästöt ja metallit, suoraan lumelle lisätty suola ja liirronestopöly, sekä tien kuluminen ovat merkittäviä päällystettyjen alueiden lumien päästö määrin edistäjiä. (Oberts 2019.)

Tarkasteltaessa Helsingissä lumen sulamisaikaan (28.4) ja sen päätyttyä (30.5) suoritettujen mittausten hulevesien haitta-ainepitoisuuksia voidaan huomata niiden välillä useita eroavaisuuksia. Kokonaistyppeä, kloridia, kromia, kuparia, nikkeliä ja sinkkiä havaittiin hulevedessä suurempia määriä sulannan aikana, kun sen jälkeen. Kokonaisfosfori- ja lyijypitoisuudet olivat sen sijaan kasvaneet sulamisen päätyttyä, kun taas elohopea- ja kadmiumpitoisuudet olivat pysyneet samana. Verrattaessa Tukholman läänin asettamiin raja-arvoihin (taulukko 1) huomataan, että sulannan jälkeen otetussa näytteessä ainoa rajan yrittävä haitta-aine on elohopea. Sulannan aikana otetussa näytteessä todettiin elohopean lisäksi lähes kolminkertainen määrä kokonaistyppeä toiseen näytteeseen verrattuna, mikä ylittää selvästi raja-arvon. Näytteet otettiin Helsingin Maununnevilla, Oulunkylässä ja Herttoniemessä sijaitsevilta lumen vastaanottopaikoilta.

Taulukko 3. Helsingissä sulamisaikaan (28.4) ja sen päätyttyä (30.5) mitattuja huleveden haitta-ainepitoisuuksista. (Salla ym. 2012.)

Haitta-aine	Yksikkö	28.4	30.5
Kok. typpi	(mg/l)	3,40	1,357
Kok. fosfori	(µg/l)	43,7	53,7
Kloridi	(µg/l)	523	105
Elohopea	(µg/l)	0,2	0,2
Kadmium	(µg/l)	0,5	0,5
Kromi	(µg/l)	5,0	2,0
Kupari	(µg/l)	9,7	8,7
Lyijy	(µg/l)	1,3	2,7
Nikkeli	(µg/l)	5,0	3,0
Sinkki	(µg/l)	43,7	33,0

## 5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Lähtökohtana tässä kirjallisuuteen pohjautuvassa opinnäytetyössä oli tarkastella hulevesien haitta-aineita, ja selvittää näiden aineiden pitoisuuksien vaihtelua sulannan aikaisen ja sen jälkeisen huleveden välillä. Työssä käsiteltiin pintapuolin huleveden määrään vaikuttavia tekijöitä ja ongelmia, sekä tärkeimpänä merkittävimmät huleveden laatuun vaikuttavat aineet, niiden päästölähteet sekä vaikutukset ympäristöön ja vesistöihin, jonne ne johdetaan hulevesiviemäristön kautta. Haitta-aineiden pitoisuuksien mittaustuloksia tarkastellessa huomattiin, että asetettujen raja-arvojen alle on suurimmalta osalta päästy, mutta parannettavaa on vielä. Työssä tutkittiin myös lumen sulannan mekanismeja, sekä haitta-ainepitoisuuksia lumen sulannan aikaan. Mittaustuloksista voitiin todeta, että sulannan aikana otetuissa näytteissä on merkittävää vaihtelua verrattuna muihin ajankohtiin. Tulevaisuudessa tulee keskittyä huleveden haitta-aineiden vähentämiseen esimerkiksi siirtymällä pois fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Haitta-aineiden pitoisuuksien mittaamista kannattaa myös jatkaa, koska sillä voidaan luoda hyvä kuva paikallisesta päästötilanteesta.

## 6 LÄHDELUETTELO

Airola, J., Nurmi, P., & Pellikka, K. (2014). Huleveden laatu Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Saatavissa: <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-12-14.pdf>

Finlex. (2006). Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006). Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20061022>

Finlex. (2010). Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (868/2010). Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100868>

Hamilas, J. (2018). Turun hulevesien laatu ja vesistökuormituksen vähentämismahdollisuudet. Opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu, energia- ja ympäristötekniikka. Turku. 47 s. + liitteet. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/142295/Hamilas\\_Jussi.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/142295/Hamilas_Jussi.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Hartikainen, S. (2018). Mikromuovitutkimus Suomen vesistöissä. Itä suomen yliopisto. Saatavissa: [https://portal.savonia.fi/amk/sites/default/files/pdf/4\\_mikromuovit\\_tiivistelma\\_samuel\\_hartikainen\\_uf\\_07022018.pdf](https://portal.savonia.fi/amk/sites/default/files/pdf/4_mikromuovit_tiivistelma_samuel_hartikainen_uf_07022018.pdf)

Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut (2019). Hulevesi. [Viitattu: 27.3.2019] [Päivitetty 7.3.2019] Saatavissa <https://www.hsy.fi/fi/asukkaalle/kodinvesiasiat/hulevesi/Sivut/default.aspx>

Illinois Department of Public Health (IDPH). Polycyclic aromatic hydrocarbons. Saatavissa: <http://www.idph.state.il.us/cancer/factsheets/polycyclicaromatichydrocarbons.htm>

Ilmatieteen laitos (2019). Kuukausitilastot. Saatavissa: <https://ilmatieteenlaitos.fi/kuukausitilasto>

Konrad, C. P. (2003). U.S. Geological Survey. Effects of urban development on floods. Saatavissa: <https://pubs.usgs.gov/fs/fs07603/>

Kyllönen, S. (2017). Huleveden haitta-ainekuormitukset kaupungistuneilla pohjavesialueilla. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. Tampere. 95 s. + liitteet. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/24973>

Li, K. (2016). Evaluating removal of nutrients, volatile organic compounds, and nicotine by bioretention soil mixtures with biochar amendment. Master's thesis, University of Missouri-Columbia. Columbia, Missouri. 71 s. + liitteet. Saatavissa: <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/59922/research.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Luhtala, M. (2018). Mitä on mikromuovi? Plasthouse. [Viitattu 1.5.2019] Saatavissa: <https://plasthouse.fi/mita-on-mikromuovi/>

Minnesota pollution control agency (2008). Nutrients: phosphorus, nitrogen sources impact on water quality. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-iw3-22.pdf>

Moghadas, S. (2016). Urban runoff and snowmelt, *Quantity and Quality Processes in Snow Deposits and Hydrologic Abstractions*. Doctoral thesis, Luleå University of technology, Urban Water Engineering. Luulaja. 90 s. + liitteet. Saatavissa: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:970732/FULLTEXT01.pdf>

Nunez, C. (2019). National Geographic. Floods. [Viitattu 20.5.2019] Saatavissa: <https://www.nationalgeographic.com/environment/natural-disasters/floods/>

Oberts, G. Influence of snowmelt dynamics on stormwater runoff quality. Feature article from Watershed Protection Techniques. 1(2): 55-61. (Viitattu 13.5.2019, julkaisuvuotta ei näy) Saatavissa: [https://www.nrcm.org/uploads/Influence\\_of\\_Snowmelt\\_Dynamics\\_on\\_Stormwater\\_Runoff\\_Quality.pdf](https://www.nrcm.org/uploads/Influence_of_Snowmelt_Dynamics_on_Stormwater_Runoff_Quality.pdf)

Pelastajarvi.fi (2013). Kiintoaine. [Viitattu 12.4.2019] Saatavissa: <http://www.pelastajarvi.fi/kiintoaines>

Queensland Government (2018.) Understanding floods. [Viitattu 20.5.2019] Saatavissa: <https://www.chiefscientist.qld.gov.au/publications/understanding-floods/flood-consequences>

Salla, A., Nurmi, P. & Riipinen, M. (2012). Lumen läjityksen ympäristövaikutukset Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Saatavissa: <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-03-12.pdf>

Suomen kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas.

Tidenberg, S., Taipale, T. & Gustafsson, J. (2009). MTBE ja TAME pohjavesiriskinä Suomessa. Suomen ympäristökeskus. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38015/SY29\\_2009\\_MTBE\\_ja\\_TAME\\_pohjavesiriskina\\_Suomessa.pdf](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38015/SY29_2009_MTBE_ja_TAME_pohjavesiriskina_Suomessa.pdf)

Vahtera, H. (2014) Hulevesien laatu Hyvinkäällä, *seurantatuloksia vuosilta 2011-2013*. Saatavissa: <https://www.hyvinkaa.fi/globalassets/asuminen-ja-ymparisto/julkaisuja-ja-raportteja/liitteet/hulevesien-laatu-hyvinkaalla-2011-2013.pdf>

Vahtera, H. & Lahti, K. (2016). Hulevesien haitta-aineet, *Kuormitusriski Vantaanjoen vesistölle?* Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesisuojeluyhdistys ry. Saatavissa: [http://www.vhvsy.fi/files/upload\\_pdf/6620/Raportti%2025-2016%20Hulevesien%20haitta-aineet-Kuormitusriski%20Vantaanjoen%20vesist%C3%B6lle.pdf](http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/6620/Raportti%2025-2016%20Hulevesien%20haitta-aineet-Kuormitusriski%20Vantaanjoen%20vesist%C3%B6lle.pdf)

Vapo (2012). Usein kysytyt kysymykset: 5. Mitä kiintoaine on? [Viitattu 12.4.2019] Saatavissa: <https://www.vapo.com/turvetuotantoavastuullisesti/ymparistokoulutus-ja-tiedotus/kysymykset-vastaukset-2>

Ympäristö.fi (2013). Järven rehevöityminen. [viitattu 4.4.2019] [Päivitetty 28.11.2016] Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen\\_kunnostus/Jarvien\\_kunnostus/Kunnostustarvetta\\_aiheuttavia\\_tekijoi-ta/Rehevoityminen](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostustarvetta_aiheuttavia_tekijoi-ta/Rehevoityminen)

Ziemann, M. (2017). Analyysi: Renkaat ja jarrut suurempi hiukkaspäästöongelma kuin pakokaasu. *Yle Uutiset* 21.2.2017. [Viitattu 4.4.2019] Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9470466>