



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

KALLE UUSITALO
HULEVESIEN LAADULLISEN KÄSITTELYN OPTIMOINTI KAU-
PUNGISTUNEILLA ALUEILLA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Jukka Rintala
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
20. kesäkuuta 2017

TIIVISTELMÄ

UUSITALO, KALLE: Hulevesien laadullisen käsittelyn optimointi kaupungistuneilla alueilla

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 70 sivua, 1 liitesivu

Tammikuu 2018

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Pääaine: Yhdyskuntien ympäristötekniikka

Tarkastaja: Professori Jukka Rintala

Avainsanat: hulevesi, huleveden haitta-aineet, hulevesien käsittely, paikkatieto, vesistöjen kunto

Kaupunkiympäristöissä tapahtuvan toiminnan vesistöille aiheuttamaa kuormitusta ei voida tietää tai ennustaa tarkasti. Taajamissa muodostuvien hulevesien haitalliset vaikutukset vesistöille on kuitenkin osoitettu kiistattomasti. Hulevesien näkyvät vaikutukset vesistöissä riippuvat kyseisten vesistöjen nykyisestä tilasta ja ominaisuuksista, jotka saattavat muuttua hetkellisesti tai pitkäaikaisesti esimerkiksi rakentamisen aikaisten kuivausvesien vaikutuksesta.

Hulevesien osalta tutkimuksen ja lainsäädännön painopiste on viime vuosiin saakka ollut teollisuusalueiden pistemäisissä kuormituksissa. Toisaalta on myös tiedossa, että liikennealueilla muodostuvissa hulevesissä on kohonneita metalli-, öljyhiilivety-, PAH-, kiintoaine- ja typpipitoisuuksia, joiden on todettu aiheuttavat laadullista huonontumista vastaanottavissa vesistöissä. Vesistöjen ekologisen tilan parantamiseksi tai säilyttämiseksi täytyisikin pistemäisten kuormitusten lisäksi ryhtyä ottamaan paremmin huomioon taajamien sisällä tapahtuvien haitallisten aineiden kulkeutuminen. Viimeisten vuosien aikana on kaupunkiympäristöjen hulevesien vesistövaikutukset nousseet näkyvämpään rooliin julkisessa keskustelussa sekä tutkimuksessa osaltaan Euroopan Unionin säätämän vesidirektiivin vaikutuksesta. Toisaalta on myös huomattu, että mahdollisuudet kaupunkiympäristöjen hulevesien käsittelyyn riippuvat monista eri tekijöistä, kuten esimerkiksi hajanaisesta hulevesiverkoston rakenteesta sekä tiiviiksi rakennetusta kaupunkiympäristöstä.

Tässä työssä etsittiin hulevesien käsittelyyn soveltuvia alueita Tampereen kantakaupungista, erityisesti tiealueilla muodostuvien, laadullisesti heikentyneiden hulevesien käsittelemiseksi. Alueiden määrittäminen ja karttatulosteiden toteutus suoritettiin työssä paikkatieto-ohjelma QGIS:ä ja alueiden rajaukset hulevesiverkostokartan perusteella suunnitteluohjelma AutoCAD:ä hyödyntäen. Hulevesien käsittelyyn soveltuvien kohteiden löydyttyä tarkastettiin, mihin vesistöön hulevedet näiltä alueilta kulkeutuvat ja mikä kyseisen vesistön nykyinen kunto on. Soveltuvien kohteiden paikantamisen sekä asiaankuuluvien vesistöjen tilojen määrittämisen jälkeen voitiin kohteet asettaa keskenään tärkeysjärjestykseen hulevesien käsittelyllä saavutettavissa olevan hyödyn perusteella Tampereen kaupungin alueella.

ABSTRACT

KALLE UUSITALO: Optimisation of stormwater treatment in urban areas

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 70 pages, 1 Appendix page

January 2018

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Environmental civil engineering

Examiner: Professor Jukka Rintala

Keywords: stormwater, stormwater pollution, stormwater treatment, GIS, water quality

Predicting the degree and type of pollution in urban environments is challenging. That being said, the negative impact of polluted stormwater on receiving water bodies located in or near cities is proven indisputably. Stormwater from construction sites is known to be the most common source causing visible impacts on water bodies. Whether there will be any visible or long term impacts caused by polluted stormwater depends on the quality of the receiving water, which can fluctuate significantly.

In the past, emphasis of stormwater treatment has been on industrial type point sources. However, stormwater coming in contact with roads contains elevated concentrations of metals, hydrocarbons, PAHs, suspended solids and nitrogen. These pollutants cause degradation of quality in receiving water bodies and can alter their ecology. For this reason, stormwater runoff from urban environment should also be considered when improving or retaining the quality of receiving waters in addition to industrial point source stormwater. During recent years, more research has surfaced addressing the impacts of municipal stormwater on water bodies. In addition, the Water Framework Directive set by the European Union has brought about greater awareness on the need of treatment of municipal stormwater as well. It should be noted, that the possibility to implement municipal stormwater treatment activities depends on several factors including the degree of urbanisation and the limitations set by the city plan.

In this study, suitable treatment locations for likely polluted stormwater in the city of Tampere were identified. The assessment of the suitability of the identified sites was based on traffic volumes, existing stormwater sewers and the current quality of the receiving water body. Suitable treatment locations were determined using geographical information system software QGIS and the definition of the catchment area for the existing stormwater sewers was conducted using AutoCAD. After the identification of suitable sites for stormwater treatment, the related receiving body of water and its current state were defined in order to prioritise the implementation of stormwater treatment activities in the city of Tampere.

ALKUSANAT

Haluan kiittää professori Jukka Rintalaa työn ohjauksesta ja tarkastuksesta, sekä Tampereen kaupungin hulevesiasiantuntijoita työn ohjauksesta. Kiitokset myös Terhi Rengolle diplomityön alkuun saattamisesta ja ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää työtovereitani ja ystäviäni saamastani kannustuksesta ja tuesta. Erityiskiitos perheelleni kaikesta tuesta ja kannustuksesta opintojeni aikana.

Helsingissä, 21.01.2018

Kalle Uusitalo

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	HULEVEDET RAKENNETUSSA YMPÄRISTÖSSÄ	3
2.1	Taajamahydrologia ja kaupungistuminen	3
2.2	Ilmastonmuutoksen aiheuttama muutos sadantaan	5
2.3	Kaupunkien hulevesien vaikutus luontoon	6
2.3.1	Kaupunkien hulevesien erityispiirteitä	8
2.4	Lainsäädäntö	9
2.5	Maankäytön suunnittelu	10
2.6	Hulevesien laatu	12
2.6.1	Kiintoaine	13
2.6.2	Liuenneet ionit ja suolat	15
2.6.3	Raskasmetallit	16
2.6.4	Orgaaniset yhdisteet	18
2.6.5	Typpi ja fosfori	21
2.7	Huleveden hallintamenetelmät ja ratkaisut	21
2.7.1	Määrään ja laatuun vaikuttaminen	22
2.8	Huleveden määrän vähentämisen menetelmiä	24
2.8.1	Kasvillisuus	24
2.8.2	Imeyttäminen	24
2.8.3	Läpäisevät päällysteet	26
2.9	Hulevesien johtaminen, viivyttäminen ja käsittely	28
2.9.1	Johtaminen	28
2.9.2	Viivyttäminen ja käsittely	28
3.	AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ	32
3.1	Paikkatietopohjainen alueiden rajaaminen	32
3.2	Öljyhiilivetyjen mahdolliset päästölähteet	33
3.3	Vireillä olevat asemakaavat	35
3.4	Valuma-alueet ja näiden purkupisteet	35
3.4.1	Härmälanojan valuma-alue	36
3.4.2	Höytämöjärven valuma-alue	37
3.4.3	Keskustan valuma-alue	39
3.4.4	Näsijärven valuma-alue	40
3.4.5	Pyhäjärven valuma-alue	42
3.4.6	Vihiojan valuma-alue	43
3.4.7	Vihnusjärven valuma-alue	45
3.4.8	Viinikanojan valuma-alue	46
4.	TULOKSET	49
4.1	Huleveden laadunparantamiseen soveltuvia purkupisteitä	49
4.1.1	Hatanpää	50
4.1.2	Hervanta	51

4.1.3	Lamminpää	52
4.1.4	Lempääläntie ja Viinikka	53
4.1.5	Lielähti	55
4.1.6	Linnainmaa	56
4.1.7	Keskusta	57
4.1.8	Nekala	58
4.1.9	Teiskontie	59
4.2	Priorisointi.....	60
5.	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	63
	LÄHTEET	64
	LIITE A: TAMPEREEN VALUMA-ALUEKARTTA.....	71

1. JOHDANTO

Vesi on maapallolla jatkuvassa kierrossa. Veden sataessa alas maanpinnalle, se virtaa eri reittejä pitkin kohti suurempia vesimuodostumia, imeytyy maaperään pohjavedeksi tai haihtuu takaisin ilmakehään. Kun sadevettä pyritään ohjaamaan pois maanpinnalta tai maaperästä, kutsutaan vettä hulevedeksi. Sadeveden kuivattamista tapahtuu ihmisen rakentamassa ympäristössä paljon, sillä vesi saattaa tulviessaan aiheuttaa vahinkoa kaupunkirakenteille sekä asukkaille. Kuivatettujen pintojen ala on kasvanut paljon taajamien leviittäytyttyä yhä laajemmalle alueelle, joka on vähentänyt veden luonnollista virtaamista. Taajamissa ja teollisuusalueilla tapahtuva toiminta aiheuttaa ympäristön kulumista ja erilaisten haitallisten aineiden, kuten metallien ja PAH-aineiden, tiivistynyttä esiintymistä niin maanpinnalla kuin ihmisten valmistamissa tuotteissa. Huleveden virratessa rakennetussa ympäristössä, kerää se samalla mukaansa osia haitallisista aineista, jotka kulkeutuvat maan alla hulevesiverkostossa tai ojissa kohti järviä ja meriä, jonne painavimmat aineet sedimentoituvat.

Teollisuuden toiminnasta aiheutuvaan ympäristön pilaantumiseen alettiin kiinnittää suurta huomiota, kun eläinlajit alkoivat vähentyä tai hävitä alueelta kokonaan. Tämä aiheutti pistemäisten kuormituslähteiden säännöllistämiseen ja hoitoon, jonka seurauksena monet vesistöt palautuivat kohti luonnontilaansa. Nyttemmin on ryhdytty keskittymään kaupungeissa tapahtuvaan toimintaan ja tämän aiheuttamiin kuormituksiin alueen vesistöissä. Kaupungeista vesistöihin kulkeutuva kiintoaine aiheuttaa lähes välittömästi huomattavan muutoksen veden samentuessa. Kiintoaineen mukana voi kohteesta riippuen kulkeutua haitallisia aineita kiintoaineeseen sitoutuneena.

Kiintoaineeseen ja muihin huleveden mukana kulkeutuvien haitallisten aineiden poistoon on kehitelty erilaisia menetelmiä, joilla voitaisiin välttää vesistöjen tilan heikentymistä tiiviilläkin kaupunkirakenteilla. Suomessa hulevesien hallintaan ja käsittelyyn julkaistiin monien muiden maiden tapaan oma opas. Kuntaliiton julkaisemassa Hulevesioppaassa (2012) esitellään eri tapoja välttää ja varautua tulvatilanteisiin, vähentää hulevesien aiheuttamaa vahinkoa ympäristölle ja hallita hulevesiä erilaisissa ympäristöissä.

Tämän työn tarkoitus on antaa ymmärrys kaupunkialueilla muodostuvien hulevesien laadun vaihtelusta ja vaikutuksista. Työssä etsitään vesistöihin päätyvien hulevesien laadun kohdennettua parantamista alueilla, joilla tapahtuvan toiminnan vuoksi saattaa ilmetä erityisen suuria määriä haitallisia aineita. Laadunparantamismenetelmänä työssä keskitytään pääosin hiekan- ja öljynerottimiin näiden hyvän liitettävyyden ja soveltuvuuden vuoksi. On kuitenkin oleellista ymmärtää hulevesien laatuun vaikuttavien aineiden kirjo

ja näiden käyttäytyminen ja kulkeutuminen hulevedessä laadunparannusmenetelmää valittaessa.

Työ toteutettiin paikkatieto-ohjelma QGIS:ä (Quantum geographic information system) ja AutoCAD –ohjelmaa käyttäen. Pääosa aineistosta saatiin avointa dataa käyttäen, jonka avulla voitiin keskittyä vilkkaasti liikennöityihin alueisiin. Työssä käytettiin myös huleveden verkostokarttaa, jonka avulla voitiin rajata kuivatettavia alueita tarkasti.

Työn lopputuloksena saatiin esitettyä yhdeksän potentiaalista huleveden laadunparannukselle soveltuvaa kohdetta, joilla voidaan parantaa alajuoksun vesistöjen tilaa. Kohteet myös priorisoitiin karkeasti arvioidun kuormitusmäärän ja alajuoksun vesistön kunnan perusteella. Vesistöihin kulkeutuvien ulkoisten kuormitusten vähentäminen on avainasemassa näiden ekologisen tilan ja alueen viihtyisyyden paranemiselle. Vesistöjen tilan ekologinen paraneminen on osa EU:n asettamaa direktiiviä, jonka tarkoituksena on palauttaa vesistöt hyvään tilaan viisiportaisella asteikolla. Tällä pyritään turvaamaan luonnon monimuotoisuutta sekä vesivarojen käyttömahdollisuus tulevaisuudessa.

2. HULEVEDET RAKENNETUSSA YMPÄRIS- TÖSSÄ

Ympäristöpäästöjen hallinnassa keskitytään yleisesti pistemäisiin päästölähteisiin, joista saadaan tehokkaasti vähennettyä ympäristökuormituksia. Hulevesien laadunparantamisessa keskeisenä ajatuksena on hajakuormitusten yhteen laskeminen ja useiden eri haitta-aineiden yksilölliset ominaisuudet sekä näiden vaikutukset vastaanottavaan vesistöön. Yleisesti tällaisena purkupisteenä toimii meri, järvi tai joki, joiden lähistöllä kaupungit tavallisesti sijaitsevat.

Pistekuormitusten laadunparannuksen jälkeen hajakuormitukset ovat nousseet mm. Yhdysvalloissa suurimmaksi vedenlaadun riskitekijäksi. Valunnan mukana vesistöön kulkeutuvat haitta-aineet aiheuttavat ympäristössä riskin aina ruoansulatusvaivoista kuolemaan asti. Valunnan tuomat päästöt uhkaavat ajan kuluessa vesistöjen koko ravintoketjua haitta-aineiden kertyessä eliöihin ja kulkeutuessa ravintoketjussa eteenpäin. (USEPA, 2002)

Vesistöjen suojelemiseksi EU:n komissio sääti direktiivin (2000/60/EY) vesistöjen palauttamiseksi ekologisesti hyvälle tasolle vuoteen 2020 mennessä. Suomessa hulevesien osalta vesistöjen laadullinen suojeleminen pantiin täytäntöön vesienhoitolailla (1299/2004) ja näiden täyttä hallintaa ohjaamaan säädettiin maanrakennuslakiin (MRL 132/1999) uusi 13a luku. Tässä asetettiin tavoitteeksi mm. ehkäistä ympäristölle aiheutuvia haittoja, ottaen huomioon ilmaston muutokset ajan kuluessa. Ilmaston muuttuessa Suomen keskilämpötilan on ennustettu kasvavan, kuten myös sade- ja rankkasateiden määrän. Näihin tulisi siis varautua jo tämän hetkisessä suunnittelussa kaupunkien levittäytyessä laajemmalle ja läpäisemätöntä pinta-alaa lisättäessä.

Tässä työssä käsitellään hulevesien vaikutusta pohjaveteen ainoastaan, mikäli laadultaan huonoksi arvioidut hulevedet puretaan verkostosta pohjavesialueelle, jolloin niiden suotautuminen on mahdollista. Vesistöihin purkavat hulevedet ja näiden laadun parantaminen ovat tämän työn paikkatietoanalyysiä tehdessä pääosassa.

2.1 Taajamahydrologia ja kaupungistuminen

Taajamahydrologia eroaa luonnontilaisesta hydrologiasta huomattavasti. Tavallisesti hydrologia jakaantuu neljään osaan: sadantaan, valuntaan, haihduntaan ja suotautuminen. Taajamissa suotautumisen osuus pienenee merkittävästi, jolloin pohjavedet ja näiden kautta vesistöön ja mereen purkautuvat vesimäärät ovat huomattavasti pienemmät luonnontilaan verrattuna. Suotautumisen sijaan hulevesi kerääntyy taajamissa päällystetyille

pinnoille, joiden määrä kaupunkien pinta-alasta saattaa olla jopa yli puolet. Näiltä pinnoilta hulevedet kulkeutuvat painovoimaisesti kohti vesistöjä. Sadanta kaupunkialueilla voi olla 5-10% luonnontilaista suurempaa ja kasvillisuuden peittämän pinta-alan vähene-
misen vuoksi haihdunta pienempää. Kasvillisuuden lisäämistä pidetään ratkaisevassa osassa hulevesien vähentämisessä taajamissa. Tämä perustuu kasvien luonnolliseen ky-
kyyn pidättää ja hyödyntää vettä sekä tehostaa sen haihtumista. (Hulevesiopas, 2012; RT 89, 2015)

Päällystetyt pinta-alueet johtavat hulevesiä merkittävästi läpäiseviä pintoja enemmän, minkä vuoksi päällystetyillä kaupunkialueilla sadannasta muodostuu nopeasti paljon pin-
tavaluntaa. Tästä syystä valunnan ajalliset vaihtelut ovat taajamissa luonnontilaa nope-
ampia ja voimakkaampia. (RT 89, 2015) Tämä voimistaa eroosiota, kun taajamien hule-
vesiä puretaan viemäreistä vesistöön. Tästä syystä suurilta päällystetyiltä alueilta kerättä-
viä hulevesiä olisi syytä viivyttää tai pidättää ennen purkamista verkostoon. Erilaisille
pinnoille on annettu kirjallisuudessa omat valumakertoimet, joiden avulla voidaan arvi-
oida pinnan aiheuttama valunnan johtamiskyky. Tämä johtamiskyky lähestyy yhtä sen
mukaan, kuinka vähän pinta hulevesiä pidättää. Läpäisevillä pinnoilla tämä luku on lä-
hempänä nollaa ja päällystetyillä lähellä yhtä (Taulukko 1). (Hulevesiopas, 2012)

Taulukko 1: Valumakertoimia eri pinnoille (Liikennevirasto, 2013)

Pinta	Valumakerroin
Katto	0,80...1,00
Asfalttipäällyste	0,70...0,90
Tien nurmetettu luiska	0,40...0,60
Avoin kalliomaasto	0,30...0,50
Soratie, soraluiska	0,20...0,50
Nurmipintainen piha, puisto	0,10...0,40
Niitty, pelto, puutarha	0,10...0,30
Suo	0,05...0,15
Kumpuileva sekametsä	0,05...0,20
Tasainen metsämaasto	0,10...0,10
Tasainen sorakenttä	0,00...0,05

Yksi merkittävä osa vesistöille aiheutuvista kuormituksista aiheutuu kaupungin raken-
nustyömailta. Nykytrendinä on kaupunkien tiivistäminen, joka tuo säästöjä yhdyskunta-
tekniikassa, jolloin suurempaa ihmismäärää palvelemaan tarvitaan pienempiä investoin-
teja esim. teiden, joukkoliikenteen ja vesihuollon osalta. Maarakennustöiden aikana alu-
eelta huuhtoutuu kuitenkin huomattavia määriä päästöjä hulevesien mukana, mikäli näi-
den hallintaa ei suunnitella huolellisesti. Erityisesti huuhtoutuu kiintoainetta, mikä on
suurinta heti pintamaan poiston jälkeen. Kiintoaineen lisäksi työmailta huuhtoutuu hule-
vesien mukana myös monia muita vesistöille haitallisia päästöjä, kuten räjäytys- ja lou-

hintatöistä ja betonoinnista. Työmaan maaperästä ja pohjatöistä riippuen hulevedet saattavat olla happamia tai emäksisiä, mikä vaikuttaa raskasmetallien liukenemiseen. (KH 82-00602, 2016)

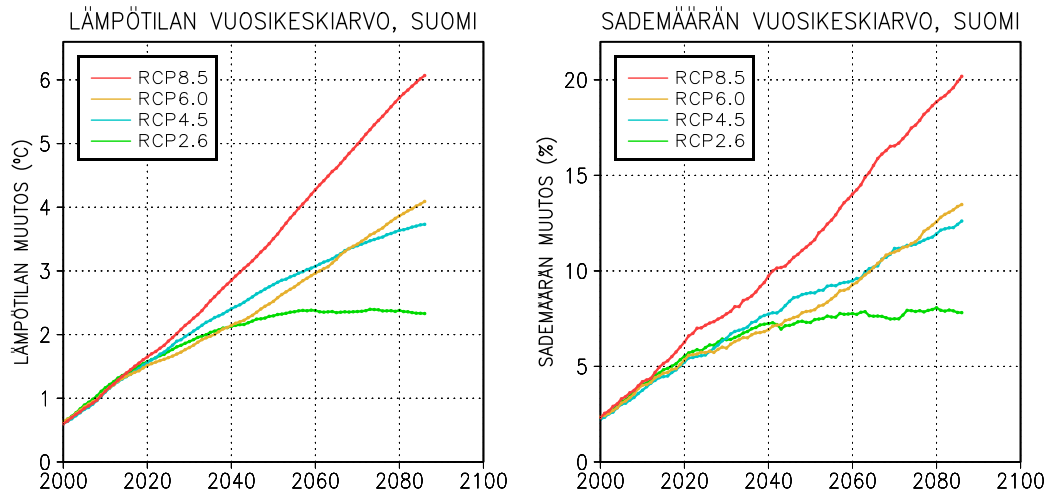
Kaupunkien hulevedet voidaan mitoittaa eri tarkoituksiin; hulevesien johtamiseen tai varastointiin ja käsittelyyn. Hulevesien johtamisessa tavoitteena on saada hulevedet johdettua esim. viemäroitynä purkupisteelle, jolloin mitoitusperusteena käytetään hetkellistä virtaamaa, jonka suuruus riippuu sateen rankkuudesta. Varastoinnin ja käsittelyn mitoitukseen käytetään hulevesien tilavuutta, joka riippuu sademäärästä. Hulevesiverkostot ja rakenteet koostuvat yleensä molemmista, joten valuma-alueella muodostuvien hulevesien johtamisessa tulee ottaa molemmat huomioon lähtö- ja purkupisteiden välillä. Kaupungeissa ei kuitenkaan voida kustannustehokkaasti estää kaikkien rankimpien sateiden aiheuttamaa haittaa, sillä näiden vaatimat tilavaraukset estäisivät tehokkaan rakentamisen. Mitoitukseen kuuluukin haittojen riskinarviointi ja kustannuksien tarkastelu. (RT 89, 2015) Katukohtaisesti kuivatusjärjestelmien mitoitus ja suunnittelu toteutuvat parhaiten, kun se tehdään liikenneväylien ja muiden teknisten verkostojen kanssa yhteistyössä (Katu 2002, 2003)

2.2 Ilmastonmuutoksen aiheuttama muutos sadantaan

Ilmaston on ennustettu muuttuvan ajan kuluessa ilmakehän lämmetessä kasvihuoneilmaston aiheuttamana. Tämän on arvioitu aiheuttavan entistä voimakkaampien sateiden määrän lisääntymisen, niin Suomessa kuin maailmallakin. Rankkasateiden määrällistä kasvua ennustetaan kasvihuonepäästöjen lisääntymisen perusteella. Tätä ei kuitenkaan voida etukäteen varmasti tietää, joten arvioinnissa käytetään erilaisia skenaarioita, joissa kasvihuonepäästöjen määrille annetaan eri kasvuennusteen arvoja. Nämä antavat kuitenkin paremmin pohjaa lämpötilojen muutokselle, eivät sademäärien. Sademäärien on kuitenkin yksimielisesti eri tutkimuksissa osoitettu kasvavan Pohjois-Euroopassa ilmaston lämmetessä. (Aaltonen ym. 2008) Sademäärien tilastolliset muutokset voidaan kuitenkin todeta vasta takautuvasti, koska näiden määrä vaihtelee vuosittain enemmän. (Salanne ym. 2010) Sademäärien kasvun on arvioitu jakautuvan niin, että talviaikaan sademäärät kasvavat kesää enemmän ja Pohjois-Suomessa kasvu on suurempaa kuin Etelä-Suomessa (Aaltonen ym. 2008; Salanne ym. 2010; Ruosteenoja, 2013)

Salanne ym. (2010) arvioivat tutkimuksessaan Etelä-Suomen sademäärien kasvavan ”todennäköisimmän skenaarion mukaan” talviaikaan 6% ja kesäaikaan 3% 2030-luvulla. Kevät- ja syysateiden kasvu arvioitiin näiden kahden väliin. Lumipeitteinen aika laskee Etelä-Suomessa 20-30 vuorokaudella ja lumen määrä Keski-Suomessa 15-30%. 2050-luvulla nämä luvut kasvavat kaikilta osin jokaisella kasvihuonekaasujen eri päästöskenaariolla. Myös rankkasateiden määrä kasvaa Suomessa ilmaston lämmetessä. Vaikka sademäärän ennustetaan kasvavan talvella kesää enemmän, muodostuu suurempi osa sateista kesällä kosteamman ilman vuoksi (Aaltonen ym. 2008). Ruosteenojan tutkimuksessa (2013) skenaario, jossa kasvihuonepäästöt kasvavat kaikista maltillisimmin (RCP

luku 2.6; kts. Kuva 1) pysäyttäisi lämpötilan kohoamisen noin vuonna 2060. Tämä on ainoa kuvan 1 ilmastoskenaario, jolla lämpötilan kohoaminen voitaisiin pitää tavoitellussa 2 °C:ssa.



Kuva 1: Suomessa taulukon aikavälillä tapahtuva vuoden keskilämpötilan muutos asteina ja sademäärän muutos prosentteina 28 eri ilmastomallin keskiarvoilla 1971–2000 keskimääriin verrattuna. RCP-luvuilla tarkoitetaan eri ilmastomallien skenaarioita. (Ruosteenoja, 2013)

Sademäärien kasvu voi aiheuttaa lisääntyviä padotustilanteita jo nyt osittain alimitoitetuissa suomalaisissa hulevesiverkostoissa. Sateen intensiteetin kasvaessa virtaamahuiput kasvavat huomattavasti tiiviillä kaupunkirakenteilla, jolloin tulvatilanteiden määrä kasvaa ja tulvat levittäytyvät yhä laajemmille alueille verkoston padottaessa.

2.3 Kaupunkien hulevesien vaikutus luontoon

Kaupunkien kasvaessa, myös päällystetyn alueen määrät ovat kasvaneet, mikä aiheuttaa suurempia huleveden virtauksia valuma-alueilla. Kasvavat virtausmäärät ja nopeudet johtuvat päällystettyjen alueiden kasvavista virtauskertoimista, jotka ovat huomattavasti luonnontilaa suuremmat. Nämä kasvavat virtaukset voivat aiheuttaa maan ja vastaanottavan vesistön pohjan ja reunojen kulumista ja kiintoaineen kulkeutumista alaspäin virtauksessa. Samalla kaupunkiympäristöjen vesistöissä on todettu eliöstön vähenemistä ja yksipuolistamista sekä happikatoa eri päästöjen kulkeutuessa hulevesien mukana. (USEPA, 2002) Suomessa vallitseva neljä vuodenaikaa luo luonnollisen kierron eliöstölle, jolloin hulevesien laadun huonontuminen saattaa aiheuttaa tiettyinä aikoina tavanomaista suurempaa haittaa. Tällaisia ovat esim. kalojen kutuaika. (Hulevesiopas, 2012)

Suomessa kaupungeissa olevista päällystetyistä pinnoista noin kaksi kolmasosaa on katuja, muita väyliä ja pysäköintialueita, joilta liikenteen kuluttamana haitallista kiintoainetta, ja siihen sitoutuneena öljyjä ja raskasmetalleja, kulkeutuu hulevesiverkostoon,

jonka avulla katualueet taajamissa yleensä kuivatetaan. Verkoston kautta hulevedet johdetaan ojiin ja vesistöihin, joissa ne pääsevät kosketuksiin ympäristön kanssa (RT 89, 2015) Kaupungeissa käytettävien päällystemateriaalien valinta vaikuttaa hulevesien mukana kulkeutuviin päästöihin. Kiintoainetta kulkeutuu paljon autojen kuluttamalla asfaltilta ja laskeuman mukana kulkeutuneet päästöt huuhtoutuvat helposti päällystetyiltä pinnoilta valunnan mukana. Näiden lisäksi myös kattomateriaaleista ja talojen julkisivuista liukenee metalleja sadeveden vaikutuksesta jotka kulkeutuvat vesistöihin tai imeytyvät maaperään. (Hulevesiopas, 2012)

Taulukko 2: Eri huleveden laatutekijöiden vaikutukset vesistöille. (kts. luku 2.6)

Haitta-aine	Kulkeutuminen vesistöön	Laadunparannusmenetelmä	Vaikutukset vesistöön
PAH-aineet	sitoutuu kiintoaineeseen -> sedimentoituu	Kiintoaineen poisto, laskeutus, suodatus	Erittäin myrkyllisiä, karsinogeeninen, mutageeninen, teratogeeninen, bioakkumuloiva, pysyvä
Typpi ja fosfori	Fosfori sitoutuu kiintoaineeseen osittain, Typpi liukenee veteen	Kiintoaineen poisto, viheralueet, kosteikot	Vesistöjen rehevöityminen ja tämän aiheuttama hapenpuute -> sisäinen kuormitus, umpeenkasvu vesiympäristön pienentyminen -> virkistyskäytön väheneminen
Sitoutuvat metallit	sitoutuu kiintoaineeseen -> sedimentoituu	Kiintoaineen poisto, laskeutus, suodatus	Pysyviä, bioakkumuloiva, myrkyllisiä, mutageenisia, teratogeenisiä
Liuenneet metallit	Liukenee huleveteen	Biosuodatus	Aiheuttaa kerrostumista, mikä heikentää ilmastumista -> sisäinen kuormitus, myrkyllisiä
Liuenneet suolat	Liukenee huleveteen	Biosuodatus, membraanisuo-datus, kemiallisesti aktiivinen suodatus	Aiheuttaa kerrostumista, mikä heikentää ilmastumista -> sisäinen kuormitus, jotkut suolat hyvin myrkyllisiä eliöille
Öljyhiilivedyt	Kulkeutuu omana faasinaan yleensä veden pinnalla, mutta myös pohjalla	Biosuodatus, öljynerotin	Muodostaa erittäin ohuen kerroksen veden pintaan, joka heikentää ilman sitoutumista, hajoaminen kuluttaa happea -> sisäinen kuormitus, sotkee ympäristöä ja eläimiä
Kiintoaine	Suuret kiintoainemäärät irtoavat asfaltilta, kun sateen intensiteetti on suurimmillaan	Laskeutus/sedimentaatio, suodatus	Samentuminen, rehevöityminen, kiintoaineeseen sitoutuneet päästöt voivat aiheuttaa sekä akuutteja, että kroonisia ongelmia vesistöille

Hulevesien laadun ollessa heikko, voi pienimpien ja matalimpien tai herkimpien vesistöjen kunto heiketä nopeastikin. Tällöin vesistöalueen eliöstön määräkin voi muuttua huomattavasti. Pienikin muutos eliöstössä saattaa vaikuttaa ratkaisevasti koko alueen ekologiaan ja voi yksipuolistaa eliökantaa. EU:n vesien laatudirektiivi pyrkii saattamaan vesistöjä näiden luonnollista tilaa kohti. Hulevesillä voi paikoitellen olla suurikin vaikutus vedenlaatuun. Suunniteltaessa uusia alueita, jotka purkavat hulevedet herkille vesialueille, tulisikin purkautuvien hulevesien laatuun kiinnittää erityistä huomiota, ympäristön ekologisen tilan säilyttämiseksi. (Hulevesiopas, 2012)

2.3.1 Kaupunkien hulevesien erityispiirteitä

Kaupunkiympäristöt poikkeavat luonnollisesta ympäristöstä. Lämpisemätön pinta johtaa hyvin hulevesiä ja huuhtoo päästöjä kaupungeista kohti vesistöjä ja pohjavesiä. Kaupunkien lähivesistöt vastaanottavat luonnollista tasoa enemmän päästöjä, joka voi heikentää herkimpien vesistöjen kuntoa nopeastikin.

Ensimmäisenä hulevesien mukana huuhtoutuu veteen liukenevat aineet, kuten eri suolat ja metallit, jotka nostavat huleveden pH:ta ja sähkönjohtavuutta nopeasti. Tällaiselle huleveden laadun muutokselle käytetään kirjallisuudessa termiä first-flush. First-flush käsittelee valunnan ensimmäiset noin 2 mm sademäärän hetket, jonka jälkeen useiden päästöjen määrä hulevedessä vähenee olemattomaksi. First-flush –efektiä ei huleveden mukana kulkeutuvan kiintoaineen osalta olla pystytty todentamaan. Suurimmat huleveden sisältämät kiintoainemäärät on todettu vasta kun valunta saavuttaa huippunsa. (Morgan ym. 2017; Hulevesiopas, 2012; Göbel ym. 2007; Sansalone, 2007)

Kaupunkien lämpisemättömälle pinnalle kerääntynyt laskeuma kulkeutuu first-flushin tavoin helposti hulevesien mukana. Tämä johtuu laskeuman partikkeleiden pienestä koosta. Pääosa laskeuman partikkeleista on 20–40 µm kokoluokkaa. Ilmakehässä olevat partikkelit voivat laskeutua joko kuiva- tai märkälasseumana. Kuivalasseumassa partikkelit laskeutuvat painovoimaisesti ja märkälasseumassa vesipisaroihin tai lumihiuhtaleisiin kiinnittyneinä. (Murphy, 2015; Glenn ja Sansalone, 2007; Melanen, 1980)

Lumen kerääntyminen poikkeaa kaupungeissa luonnontilasta siinä, että lumet poistetaan katualueilta. Suomessa noin 40% vuosittaisesta sadannasta sataa lumena (Valtanen ym. 2014b). Lumi kerätään katualueilta auroilla ja kuljetetaan usein lumenkaatopaikalle tai mereen. Lumeen sitoutuneena kulkeutuu nastarenkaiden ja aurauksen aiheuttamana kiintoainetta ja haitallisia aineita. Haitallisten aineiden määrä lumessa riippuu lämpötilasta ja siitä, kuinka kauan lumi on liikenteen läheisyydessä ollut. Tavallisesti huleveteen liukenevat raskasmetallit voivat pienemmissä lämpötiloissa kiinnittyä kiintoaineeseen ja nämä kiinnittyvät lumeen ensimmäisen 12 tunnin aikana. Suomessa päästöemissioiden on arvioitu olevan kaupungeissa talvella kesää suurempia liukkaudentorjunnan, liikennemäärien kasvun sekä lämmityksen vuoksi. (Valtanen ym. 2015; Valtanen ym. 2014a; Glenn ja Sansalone, 2002)

Kaupunkien kuivatusjärjestelmät suunnitellaan tavallisesti kesän rankkasateita varten, mutta kevään sulamishuippu on kuitenkin yksi merkittävimmistä vuoden valumatapahtumista. (Valtanen ym. 2014b) Vuosittaisesta sadannasta Suomen olosuhteissa noin 40% tulee lumena (Hulevesiopas, 2012). Tämän vuoksi hulevesijärjestelmien talvenaikaiseen toimivuuteen tulee kiinnittää huomiota ja varautua kevään sulamisvesien aiheuttamaan valuntapiikkiin.

Ajoneuvoista peräisin olevat vuodot seuraavat myös mm. autokorjaamoille, joista yleisimmin syntyvät jätteet ovat erilaisia jäteöljyjä. Uudemmissa autokorjaamoilla, kuten myös huoltoasemilla on tavallisesti omat öljynerotinkaivot, joilla ehkäistään vuodot hulevesiverkostoon ja ympäristöön. (Liukkonen, 2015; SFS 3352) Tyypillisesti öljyvuoja tapahtuu esimerkiksi Toronton kaltaisissa kaupungeissa autokorjaamoista, parkkipaikoilta, teiltä sekä varastoalueilta (Li ja Chui, 2004)

2.4 Lainsäädäntö

Hulevesien määrällisen hallinnan järjestämisestä vastaa maankäyttö ja rakennuslain (132/1999, MRL) mukaan kunta. Tämän mukaan kunnan maankäytön ohjaamiseksi laaditaan yleis- ja asemakaavoja. Yleiskaavoja voidaan luoda myös kuntien kesken, esim. lähelle kunnanrajaa. Tämä onkin järkevää vesistöjen suojelussa, mikäli valuma-alueen rajat eivät mukaile kunnanrajoja. Myös maakuntakaavalla voidaan vaikuttaa yleispiirteisesti alueiden käyttöön yli kunnanrajojen. Tällä voidaan suunnitella huleveden merkitystä tulvien hallinnassa alueella sekä pinta- ja pohjavesien turvaamista. Parhaiten hulevesien ohjausta voidaan hallita erillisellä hulevesiohjelmalla, jolla sitoutetaan kunnan asukkaita ja yhteistyökumppaneita. Hulevesiohjelma voi myös olla kuntien yhteinen. MRL:ssä asetetaan hulevesien hallinnan yleisistä *tavoitteista* Hulevesioppaan päivitetyn liitteen (2017) mukaan seuraavasti:

- Hulevesien hallinnan suunnitelmallinen kehittäminen
- Hulevesien imeyttäminen ja viivyttäminen
- Hulevesistä ympäristölle ja kiinteistöille aiheutuvien haittojen ehkäiseminen
- Hulevesien johtamisesta jätevesiviemäriverkostoon luopumisen edistäminen

Kunta voi myös päättää hulevesiverkoston hallinnan kuuluvan vesihuoltolaitokselle tietyllä alueella, vaikka hulevesien viemärointi erotettiin vesihuollosta. Kun hulevesiviemäriin hallinnoimisesta vastaa vesihuoltolaitos, sovelletaan tähän vesihuoltolain pykälää MRL:n sijaan. (Hulevesiopus, 2012; Hulevesiopus, 2017; RT 89, 2015)

Hulevesien laadullisesta hallinnoimisesta säädetään selkeimmin ympäristönsuojelulaissa (YSL), jonka tavoitteiksi asetetaan:

- Ehkäistä ympäristön pilaantumista sekä poistaa ja vähentää pilaantumista aiheuttavia vahinkoja
- Turvata terveellinen ja viihtyisä sekä luonnontaloudellisesti kestävä ja monimuotoinen ympäristö
- Torjua ilmastonmuutosta ja tukea muuten kestävästä kehityksestä

Tätä sovelletaan toimiin, joista ”aiheutuu tai saattaa aiheutua laissa tarkoitettua ympäristön pilaantumista”. Lakia on yksinkertaisempaa soveltaa pistemäisissä päästölähteissä, mutta taajamista johtuvien hulevesien aiheuttamat hajakuormat, joista aiheutuu pitkällä

aikavälillä vesistöjen laadun huonontumista, ovat monimutkaisempia, eivätkä tähän asti ole vaatineet erillistä lupaa kunnan puolesta. Tutkimuksissa on kuitenkin yksiselitteisesti todettu kaupunkialueella muodostuvien hulevesien laadun heikentyminen, mutta näiden aiheuttamat vesistön laatua heikentävät vaikutukset riippuvat osittain myös vesistön ominaisuuksista, kuten viipymästä. YSL:ssä myös säädetään toiminnanharjoittajan selvitysohjeiden avulla, jonka mukaan alueen toiminnan ympäristövaikutuksista ja näiden vähentämiskeinoista tulee olla riittävä tieto. Lisäksi nämä toiminnot on järjestettävä niin, että mahdollinen ympäristön pilaantuminen voidaan estää. (Hulevesiopas, 2017) Ongelmaksi tulee kuitenkin kunnan tasolla se, mikä osa toiminnasta on kunnan vastuulla, esim. asfaltin kulumisesta johtuva kiintoainekuorma ja tämän mukana kulkeutuvat päästöt vesistöihin. Nämä saattavat muokata vesistön ekologiaa pitkällä aikavälillä huomattavasti, toisin kuin pohjavesien pilaantuminen voidaan todeta nopeasti. Pohjavesialueilla käytäntönä teiden kohdalla onkin pintavesien tehokas johtaminen pois alueelta (Tiehallinto, 2004), mutta näiden vesien päätymistä valunnan mukana vesistöihin ei huomioida.

Vesilaissa (VL) säädellään vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä, jolla pyritään parantamaan näiden tilaa ja ehkäistä haittoja. Vesilaissa keskitytään enemmän vesitalouteen, jota voi olla esim. vedenotto ja ojitukset. Kun on riskinä yleisen tai yksityisen edun kannalta veden pilaantuminen sovelletaan tähän vesilakia. Kun ympäristön pilaantumiseen liittyy vesilain piiriin ulottuva kohta, menetellään ratkaisussa ainoastaan vesilakia, vaikka hankkeessa olisi selvästi ympäristönsuojelulain piiriin sisältyviä kohtia. (Hulevesiopas, 2017)

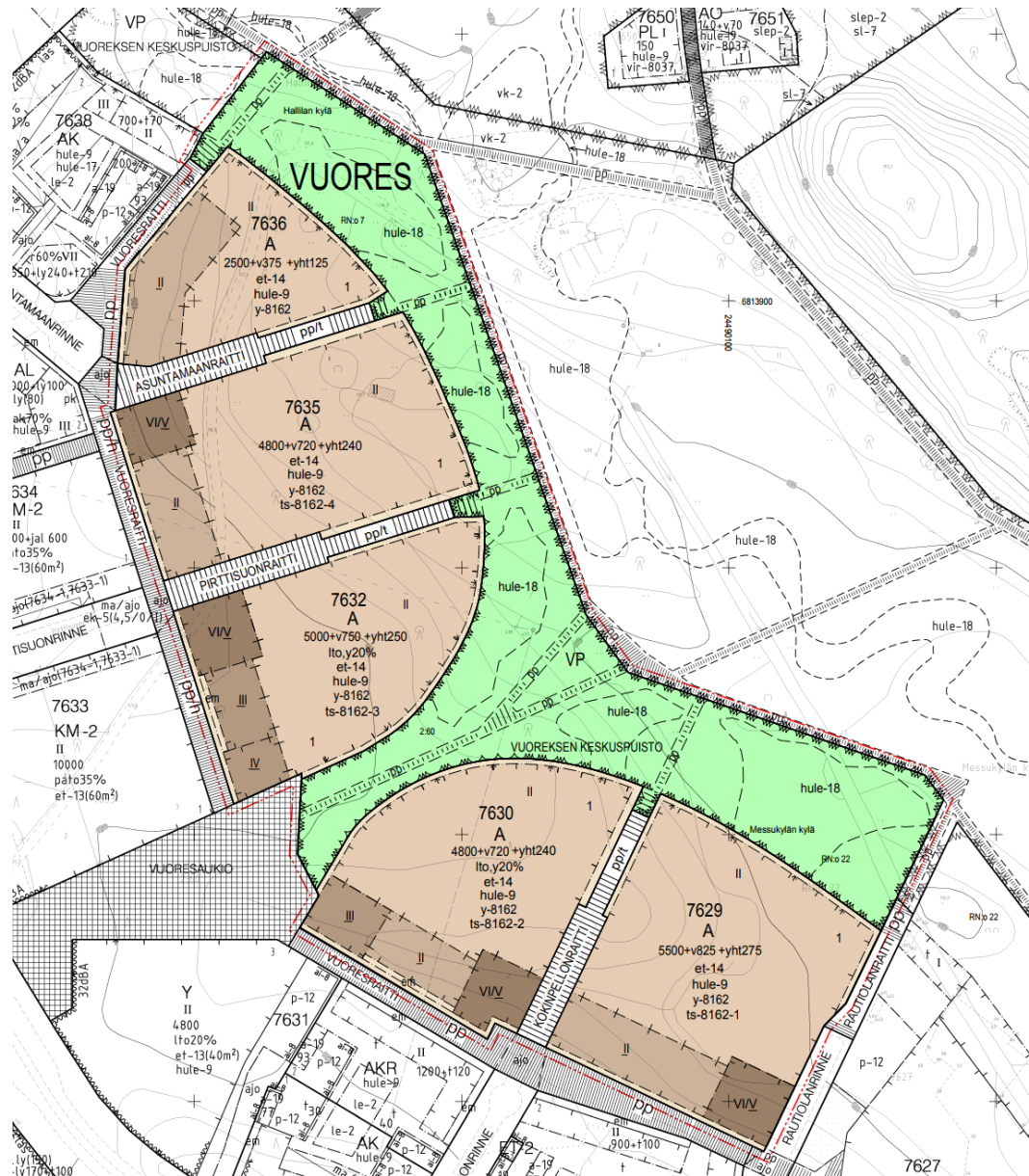
Kunta vastaa pääosin myös hulevesien aiheuttamien tulvatilanteiden ehkäisemisestä yhdessä ELY-keskuksen, pelastuslaitoksen sekä muiden viranomaisten kanssa. Näin säädetään erikseen tulvariskilaissa (659/2010). (Hulevesiopas, 2017) Muita mainittavia hulevesien määrään ja laatuun liittyviä lakeja on mainittu Hulevesioppaassa (2012 ja 2017). Näitä ovat luonnonsuojelulaki, laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta (KatuL), maantielaki sekä ratalaki.

2.5 Maankäytön suunnittelu

Tulvariskien ja näiden kiinteistöille aiheuttamien vahinkojen estämiseksi tulee alueiden kehittämisessä ja uusia asuinalueita kaavoitettaessa tarkastella muuttuvan ympäristön vaikutusta hulevesien valunnan määrille. Nykyisillä alueilla voidaan tarkastella jo tapahtuneita tulvia ja miettiä, miten alueelle voidaan suunnitella uusia asuinalueita valuma-alueen tulvariskiä kasvattamatta. Hulevesien muodostumisessa maanpinnan korot ja maaperän koostumus ovat ratkaisevassa osassa hulevesien muodostumisessa ja valunnassa. Korkeimmilla vedenjakaja-alueilla muodostuu usein pohjavesiä ja nämä pyritään säilyttämään nykyisellään. Alueen alimmat alueet ja painanteet olisi hyvä suunnitella osaksi viheralueiden verkostoa, joka hidastaa ja pidättää hulevesiä ja tämän sisältämiä kiintoaineita. Painanteisiin voidaan kerätä hulevedet ja mahdollisuuksien mukaan myös käsitellä

ja viivyyttää niitä. Tämän jälkeen hulevedet purkautuisivat hallitusti eteenpäin. On suositeltavaa käyttää nykyisiä vesireittejä, jolloin ylimääräiseltä rakentamiselta säästyttäisiin. (Hulevesiopus, 2012)

Nykyään hulevesisuunnittelu otetaan huomioon erityisesti rakennettaessa alueille, joiden läheisyydessä sijaitsee herkästi pilaantuvia vesistöjä. Tällaisesta alueesta hyvä esimerkki on Tampereelle kaavoitettu Vuoreksen uusi kaupunginosa, missä hulevesien reitit ja laadullinen käsittely otettiin huomioon alusta alkaen (Kuva 2).



Kuva 2: Tampereen Vuoreksen asemakaava. Kaavamerkinnällä hule-9 määrätään alueita toteuttamaan hulevesien viivytystä läpäisemättömän pinnan mukaan ja hule-18 alue on varattu hulevesijärjestelmälle. (Tampereen kaupunki, 2015)

Hulevesien hallinnan suunnittelu on erityisen tärkeää uusilla rakennettavilla asuinalueilla, joiden kuivatusvedet johdetaan nykyiseen viemäriin. Tällöin viemärin kapasiteetti käy liian pieneksi ja aiheuttaa tulvariskin verkoston varrella.

Tietyillä maankäytön alueilla tuotetaan suurempia määriä haitallisia aineita ja näiden tiedetään aiheuttavan suuremmat uhkat hulevedelle. Tällaisia alueita ovat esim. teollisuusalueet, huoltoasemat, parkkipaikat, bussiasemat, golf-kentät ja taimistot. Alueita, joita ei pidetä erityisesti hulevesien laatuun vaikuttavana ovat esim. tonttikadut, asuinalueet, liike- ja toimistoalueet, ei-teolliset katot ja läpäisevät pinnat. (USEPA, 2002) Tällaisten alueiden sijoittumista ja näillä alueilla syntyviä hulevesiä tulee tarkistella kaavasuunnittelussa kohdennetusti.

Tarkemmassa maisemasuunnitelmassa näytetään rakennettavalle alueelle tulevat viheralueet, näiden pintamateriaalit ja kasvit sekä huleveden käsittelymenetelmien toteutusperiaatteet, kuten imeytysalueet. Maisemasuunnitelmassa voidaan ottaa hallittavien hulevesien määrä parhaiten huomioon, kun se tehdään yhdessä hulevesien hallintasuunnitelman kanssa. Hallintasuunnitelmassa mitoitetaan alueella muodostuvien hulevesien määrät ja lasketaan näiden vaatima varastointitilat, kuten imeytys- ja viivytyispainanteet. Maisemasuunnittelu on oleellinen osa asemakaavan suunnittelua. (Hulevesiopus, 2012)

Asemakaava-alueilla hulevesien hallinta on kunnan vastuulla. Asemakaava-alueen suunnitelmissa esitetään mm. rakennusten sijainti ja koko sekä näiden käyttötarkoitus. Määrällisesti uusissa asemaakaavoissa suunnitellaan rakennettavaksi käyttämättömiä alueita, minkä vuoksi muutos läpäisevän pinnan määrässä on huomattava. Tavallisia muutoksia läpäisemättömän pinnan kasvaessa on sen aiheuttama muutos valuntaan. Kasvavia valuntamääriä hallitaan tonttikohtaisesti, esim. liittymällä kunnalliseen hulevesiverkkoon tai ojaan. (MRL; Hulevesiopus, 2012) Kaupunkialueilla hulevesijärjestelmien uusiminen ja näiden koon kasvattaminen ilmastonmuutokseen ja tulvatilanteiden varautumisessa nopeasti on kallista ja asteittain hidasta. Muita vaihtoehtoja on huleveden varastoimisen ja imeyttämisen lisääminen nykyisen järjestelmän ohella. (Aaltonen ym. 2008) Tällaisilla metodeilla voidaan myös mahdollisesti vaikuttaa paikallisesti hulevesien laatuun, mikä on Hulevesioppaassa (2012) merkitty hulevesien hallinnan prioriteetiksi. Alueellisilla menetelmillä varaudutaan enemmän tulvariskeihin tasaamalla ja vähentämällä syntyviä virtaamia valuma-alueella. (Hulevesiopus, 2012) Asemakaavassa voidaankin vaatia esim. kattovesien imeyttäminen tontilla.

2.6 Hulevesien laatu

Hulevesien laadusta tarkkaillaan erityisesti EU:n listaamia prioriteettiaineita tai aineiden ryhmiä, joita on alkuperäisessä listassa 33 erilaista ja näiden lisäksi 8 muuta ympäristölle haitallista ainetta. Uudessa direktiiviehdotuksessa (31.01.2012) haitallisten aineiden määrää on kasvatettu 48 kappaleeseen. (Euroopan komissio, 2012)

Metallien ja kokonaistypen, mutta myös monien muiden päästöjen, määrä kasvaa hulevesissä kuivan ajanjakson pituuden venyessä. Tämä johtuu päästöjen kertymisestä läpäisemättömälle pinnalle omana faasinaan tai sitoutuneena kiintoaineeseen. Koska suotautuminen maaperään on estetty, jää parhaaksi kulkeutumismuodoksi hulevesien virtaukset. Päästölähteet ja -määrät yleisestikin vaihtelevat kylmän ja lämpimän ajanjakson välillä joskus huomattavastikin. (Valtanen ym. 2015) Päälystetyt pinnan lisäävät valunnan lisäksi myös huleveden lämpötilan vaihtelua, joka voi suurina muutoksina vaikuttaa vastaanottavien vesistöjen kuntoon (Hulevesiopas, 2012)

Useille haitta-aineille on ominaista kerääntyä luontoon pysyvästi, mikä saattaa johtaa ympäristön biodiversiteetin muutokseen ja lisätä vesistöjen alkaliniteettiä, joka heikentää esim. veden kiertoa. (Göbel ym. 2007) Haittallisten aineiden määrät kaupungin valuma-alueiden vesistöissä ovatkin lisääntyneet ihmisen toimesta ja päästölähteiden määrät ovat kasvaneet kaupunkien kasvaessa (Hulevesiopas, 2012).

2.6.1 Kiintoaine

Kiintoaineella tarkoitetaan huleveden mukana kulkeutuvia hiukkasia tai partikkelaineita, jotka voivat olla orgaanista tai epäorgaanista. Kiintoainetta pidetään eräänä tärkeimmistä hulevedestä mitattavista parametreista, sillä kiintoaineessa kulkeutuu suuri osa muista päästöistä siihen sitoutuneena. (Hulevesiopas, 2012) Kiintoaineet voidaan jakaa hienoainekseen ja karkeaan ainekseen ja näiden raekoiksi annetaan esim. Kimin ja Sansalonen (2008) tutkimuksessa 1-75 μm ja $>75 \mu\text{m}$. Partikkeliaineet, joiden raekoko on $<1 \mu\text{m}$ ovat usein liuenneena huleveteen, ja näiden poistamiseen tarvitaan fyysistä tai kemiallista suodatusta (Clark ja Pitt, 2012).

Kiintoaineen kulkeutumiseen ja määriin vaikuttaa partikkeliaineiden koko, veden virtausmekaniikka, määrä, kadun kaltevuudet, liikenne, tuuli, päällystemateriaali ja kadun puhdistaminen. (Kim ja Sansalone, 2008) Kiintoaineen kulkeutumista kasvattaa läpäisemättömän alueen määrä, sillä läpäisemättömällä pinnalla muodostuu suuremmat valunnan määrät, jotka saavat kiintoaineen liikkeelle (Kotola ja Nurminen, 2003; Valtanen ym. 2014). Päästöjen kiinnittyminen kiintoaineeseen yleisesti kasvaa huleveden pH:n lasiessa (Dempsey, Tai ja Harrison, 1993).

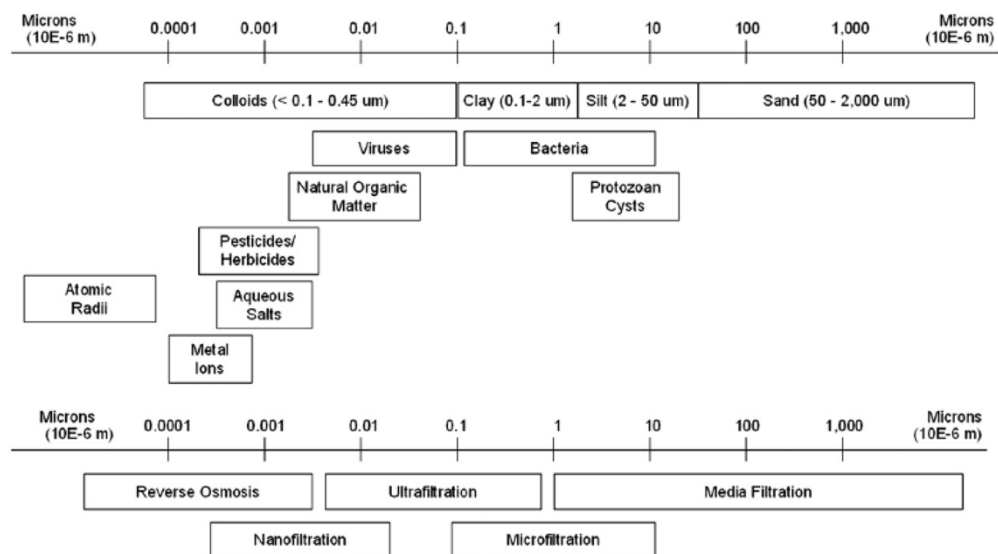
Suomessa huleveden kiintoaineen määrä kasvaa päällystetyillä, kaupunkialueilla huomattavasti talviaikaan. Voimakkaasti päällystetyllä kaupunkiosuudella (päällystetty ala 98% alueesta) kiintoaineen määrä hulevesissä oli 70% suurempi kuin lämpimään vuodenaikaan. (Valtanen ym. 2014) Tähän vaikuttaa Suomessa liukkaudentorjuntaan käytettävät autojen nastarenkaat, sekä kasvavat liikennemäärät, jotka lisäävät päällystetyn pinnan kulumista.

Juuri valmistuneilla alueilla kiintoainetta huuhtoutuu enemmän kuin vanhoilla, mikäli kasvillisuus on työmaan aikana poistettu ja uusi kasvillisuus on istutettu työmaan valmistuttua. Tällöin kasvillisuuden palautuminen voi kestää useita vuosia ja kiintoainekuormitus vastaanottavissa vesissä pysyä valuma-alueella korkeampana. Tämän estämiseksi voidaan alueelle siirtää valmiita kasvualustoja tai istuttaa kasvillisuutta mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. (KH 82, 2016)

Kiintoaine aiheuttaa vastaanottavissa vesistöissä rehevöitymistä ja samentumista, joka pitkittyneenä voi johtaa eliökannan muutoksiin vesistössä tai sen lähiympäristössä. Viemäriverkostossa kiintoaine voi vaurioittaa tai pahimmillaan tukkia käytettyjä viemäreitä, kaivoja ja mahdollisia pumppaamoita. Sekaviemärijärjestelmissä kiintoaine voi aiheuttaa prosessihäiriöitä puhdistamalla, joka voi aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia tai johtaa vaaratilanteisiin. (KH 82-00602, 2016)

Kasvanut kiintoaineen huuhtoutuminen ja päätyminen vesistön pohjaan saattaa vaikuttaa vesistön olosuhteisiin. Pidemmällä aikavälillä voidaan vesistöä joutua ruoppaamaan sedimentin virtausominaisuuksien ja tilavuuden parantamiseksi. Ensisijaisena tulisi kuitenkin olla päästöjen ennaltaehkäisyminen, sillä herkissä vesistöissä olosuhteet voivat muuttua kelpottomiksi nopeastikin. (Ympäristöopas, 2005)

Kiintoaineen poistossa käytetään usein viivytyksaltaita tai suodattimia, joilla vähennetään partikkelimääriä. Huleveden mukana kulkeutuvien partikkeleiden koko vaikuttaa huomattavasti valittavaan poistomenetelmään. Vilkkaammin liikennöidyillä suuremmilla teillä partikkeleiden koko on usein suuri, suurempi kuin 25 µm (silttä tai suurempaa) (Kim ja Sansalone, 2008), mutta muualla partikkeleiden koko saattaa olla pienempiä, kuten savea. Kuvassa 4 on esitetty eri maa-ainesten raekokoja ja näiden vaihtelua.



Kuva 3: Huleveden sisältävien partikkeleiden jakauma raekoon mukaan ja näille käytettävät suodatusmenetelmät. (Clark ja Pitt, 2008; sit. www.freedrinkingwater.com, www.ultrapure.com, www.prep-tec.co.uk, www.coolabahwater.com.au)

Kiintoaineeseen sitoutuneiden ja veteen liukenevien haitta-aineiden määrät riippuvat ensisijaisesti, kuinka pitkään hulevesi on kosketuksissa katuun, sadeveden pH:sta, kiintoaineen määrästä ja laadusta sekä metallien liukenemisestä. Kiintoaineen raekoolla on merkitystä sen sitomiskykyyn. Suuret kiintoaineet (raekoko > 1 mm) pidättävät hyvin pienen määrän päästöjä (Morgan ym. 2017). Useimmiten tutkimuksissa keskitytään raekokojen tutkimiseen, jotka ovat suurempia kuin 1 µm - 0,45 µm, jolloin voidaan päätellä tätä pienempien, huleveteen liuenneiden aineiden, päästömääriä (Morquecho ym. 2005). Pienien partikkeleiden poisto voi olla vaikeaa, sillä nämä sedimentoituvat suuria partikkeleita huonommin. Sedimentaatioon vaikuttaa myös esim. kolloidien ja savien omaava hylkivä varaus. (Clark ja Pitt, 2012)

Sedimentaatiolla eroteltavien partikkeleiden raekooksi suositellaan vähintään 5-20 µm, mikä poisti eräessä tutkimuksessa (Morquecho, Pitt, Clark, 2005) 76-81% > 0,45 µm raekoon kiintoaineesta, mutta vain 40-43% kaikesta kiintoaineesta. Tutkimuksessa tarkasteltiin tosin ainoastaan katoille ja pressuille kerättyjä hulevesiä Yhdysvalloissa. Viivytyksaltailla voidaan poistaa partikkeliaineet jopa 1 µm kokoluokkaan asti, jolloin voitaisiin päästä keskimääräisesti 52% kokonaiskiintoaineen ja 98% >0,45 µm raekoon kiintoaineen poistoon (Morquecho ym. 2005). Alle 0,45 µm raekoon partikkeleiden poistamiseen tarvitaan usein suodatusta. Sedimentaatioissa partikkeliaineiden laskeutuvuuteen vaikuttaa virtaako vesi laminaarisesti vai turbulentsesti. (Clark ja Pitt, 2012) Tievaluilta peräisin olevien hulevesien laadunparannukseen laskeuttaminen soveltuu hyvin, sillä Kim ja Sansalonen (2008) vertailututkimuksessa tiealueiden kiintoaineet olivat raekooltaan suurempia kuin 25 µm.

2.6.2 Liuenneet ionit ja suolat

Monet haitta-aineet kiinnittyvät kiintoaineeseen, mutta huomattava osa kaupungeissa liikkuvista päästöistä kulkeutuu liuenneena veteen. Taajama-alueiden hulevesistä ei ole juuri tutkittu liuenneita ioneja, koska ne linkittyvät enemmän maatalouden hulevesien päästöihin, kloridia lukuun ottamatta. Tavallisimmin tutkittavat veteen liuenneet aineet ovat Na, K, Ca, Mg, Cl, NO₃, NH₃ ja SO₄ sekä eri torjunta-aineet, lannoitteet, kuten NH₄, PO₄, ja eri patogeeneit. (Taka ym. 2017; Clark ja Pitt, 2012; Göbel ym. 2007; Marsalek, 2003) Näiden lisäksi voidaan hulevesiin sanoa olevan liuenneena orgaanisia tai epäorgaanisia aineita, joiden raekoon yläraja vaihtelee tutkimuskohtaisesti 0,45-1µm välillä. (Clark ja Pitt, 2012; Kim ja Sansalone, 2008; Sansalone ym. 2005; Sansalone ja Buchberger, 1997; Viklander, 1998) Hulevesiin liuenneet aineet eivät tarvitse liikkuakseen merkittävää veden virtaamaa ja voivat levittäytyä laajalle alueelle. Näistä aineista onkin nähtävillä selvästi nk. First-flush –vaikutus (Hulevesiopas, 2012).

Kloridin määrää hulevesissä on tutkittu etenkin kylmemmillä alueilla, mikä johtuu sen käytöstä teiden sulapidossa. Kloridi on pysyvä suola, joka on suurempina pitoisuuksina vesieliöille myrkyllinen. Pienemmätkin konsentraatiot saattavat muuttaa vesiympäristön

biodiversiteettiä, millä voi olla huomattavia vaikutuksia ekologisesti. Erityisesti kloridin päätymistä pohjavesiin on pyritty estämään. (Environment Canada ja Health Canada, 2001) Teiden sulanapidossa käytetään tavallisesti natriumkloridia, mutta myös kalsium- ja magnesiumkloridia käytetään (Marsalek, 2003).

Takan ym. (2017) Suomessa toteutetussa tutkimuksessa huomattiin, että suurimmat ionimäärien päästöt ympäristöön tapahtuivat kesä- ja syysaikaan, natriumia ja kloridia lukuun ottamatta, joiden suurimmat päästömäärät tapahtui talvi- ja kevätaikaan alueilla, joilla tien suolausta toteutettiin. Lisäksi samassa tutkimuksessa osoitettiin, että tutkittujen veteen liuenneiden ionien määrä kasvaa kaupunkialueen kasvaessa ja pienentyvän kasvi- peitteen laajetessa.

Myös kattovesistä on löydetty kohonneita määriä metalleja. Lye (2009) kokosi useammista tutkimuksista tietoja, miten sadevesien laatu muuttui sen laskeuduttua katolle. Monista näytteistä löydettiin kohonneita määriä eri metalleja, kuten alumiinia, kuparia, sinkkiä ja lyijyä. Lisäksi löytyi mikrobiologisia eliöitä, jopa salmonellaa. Kattovesien metallit pääosin liukenevat, jos metallipintaa ei ole päällystetty. Päällystäminen pienensi metallimäärää huomattavasti. Kattovesistä löydettiin Puolasta myös kohonneita määriä myrkyllisiä päästöjä, joita löytyi myös lähialueen vesisysteemeistä (Polkowska ym. 2002).

Liuenneiden metallien poisto hulevesistä on vaikeaa ja usein kallista. Clark ja Pitt (2012) mainitsivat mahdolliseksi käsittelymenetelmäksi $<1 \mu\text{m}$ raekoon omaaville liuenneille kiintoaineille koagulantin lisäyksen, joka mahdollistaa liuenneen kiintoaineen sedimentoitumisen. Toisena vaihtoehtona mainitaan membraanisuodatus, mutta tämä mainitaan erikseen kalliina ja vaikeasti huollettavana menetelmänä.

2.6.3 Raskasmetallit

Metallit ovat luonnollinen osa luontoa ja kasvit käyttävät näitä rakennusaineinaan. Liiallisessa määrin ne kuitenkin aiheuttavat haittaa ympäristössä. Liikenteen aiheuttaman kuluman myötä ympäristöön päätyy tutkimusten mukaan (Valtanen ym. 2014; Clark ja Pitt, 2012; Sansalone ja Buchberger, 1997) huomattava määrä eri raskasmetalleja. Raskasmetallit säilyvät luonnossa ja ovat myös biokertyviä. Lisäksi jotkin raskasmetallit, kuten elohopea ja lyijy, eivät edes sovellu kasvien ja eliöstön käytettäväksi, ja ne luokitellaan myrkylliseksi luonnolle. (Morquecho ym. 2005)

Hulevesistä määritetään tavallisimmin kupari, kadmium, kromi, lyijy, elohopea ja sinkki. Raskasmetallit voivat esiintyä hulevesissä liuenneena, kolloideina tai kiinnittyneenä partikkeleihin, kuten maa-ainekseen. Metallien kulkeutumismuotoon vaikuttaa huleveden pH, lämpötila, kuivan ajan pituus ja kiintoaineen konsentraatiot. Kun sadeveden pH on matala ja sadetta edeltänyt kuiva-aika pitkä, mitattiin hulevedessä tutkimuksessa erityisen paljon liuenneita metalleja. (Morquecho ym. 2005; Sansalone ja Buchberger, 1997)

Raskasmetalleista herkimmin huleveteen liukenee sinkki, kadmium ja kupari, joista on nähtävillä selvä first-flush vaikutus. Kiintoaineeseen sitoutuneena kulkeutuu lyijy, rauta, alumiini ja kromi. Näistä erityisesti lyijy kulkeutuu vasta suuremmilla veden virtauksilla suuren raekoon partikkeleihin sitoutuneena. (Morquecho ym. 2005; Sansalone ja Buchberger, 1997)

Kiintoaineeseen sitoutuneena metallit liikkuvat kiintoaineen lähtiessä liikkeelle, johon vaaditaan suuremmat virtaamat. Suomen olosuhteissa kylmän sään on todettu lisäävän metallien sitoutumista kiintoaineeseen liukenemisen sijaan. Veteen liuenneiden metallien prosentuaalisen määrän osuuden on todettu kasvavan kasvipeitteen määrän kasvaessa ja pienentyvän päällystetyssä kaupunkiympäristössä. Näin tapahtui erityisesti alumiinin, kuparin ja nikkelin, sinkin ja lyijyn kohdalla. Tämä johtuu oletettavasti pienemmistä kiintoainesmääristä, joihin metallit voisivat sitoutua. (Valtanen ym. 2014). Eri metallien ja aineiden päästölähteitä havainnollistetaan kuvassa 4.

	Jarrut	Renkaat	Kori	Polttoaineet ja öljyt	Betoninen päällyste	Asfalttinen päällyste	Tiesuola	Roskat
Kadmium								
Kromi								
Kupari								
Rauta								
Lyijy								
Nikkeli								
Vanadiini								
Sinkki								
Kloridit								
Orgaaniset kiintoaineet								
Epäorgaaniset kiintoaineet								
PAH:t								
Fenolit								

Kuva 4: Ihmisen toimista peräisin olevat aineet kaupunkien päällystettyjen tiealueiden huleve-sistä (Sansalone ja Buchberger, 1997)

Kuvasta 4 huomataan, että suuri osa teiltä huuhtoutuvista metalleista on peräisin liikennevälineistä. On myös huomattu, että esim. poistumisrampeilta löytyy huomattavia määriä kuparia, lyijyä ja sinkkiä, jonka on osoitettu johtuvan jarrujen osien kulumisesta. (Drapper ym. 2000)

Elohopean ollessa kosketuksissa orgaanisen aineksen kanssa, voi tämä muuttua metyyli-elohopeaksi (Clark ja Pitt, 2012) Elohopea saattaa myös reagoida epäorgaanisten ligandien kanssa, kuten kloridien, ja muodostaa epäorgaanisia molekyylejä (Snoeyink ja Jenkins, 1980). Elohopeaa sisältävien hulevesien ja vesistöjen kohdalla tämä on otettava huomioon turvallisuusriskinä. Kohonneiden kloridin määrien on huomattu lisäävän myös kadmiumin liukenemista veteen, sekä muiden raskasmetallien, kuten lyijyn, kuparin ja kromin liikkuvuutta joka lisää ympäristön kuormaa. (Marsalek, 2003; Novotny ym. 2009, sit. Novotny ym. 1999)

Raskasmetallien poistamisessa hulevedestä tulee ottaa huomioon näiden mahdollinen lämpötilasta tai pH:sta riippuva liukeneminen. Monet metallit pidättyvät kiintoaineeseen, jolloin nämä voidaan laskeuttaa erilaisissa altaissa. Liuenneet metallit vaativat kuitenkin kemiallisesti aktiivisen suodattimen tai koagulantin, jolla nämä voidaan erotella hulevedestä. Kemiallisesti aktiiviset suodattimet pidättävät pienempiä partikkeleita pintajännityksen avulla suodattimeen. Yksinkertaisimmat suodatusmenetelmät ovat biosuodatuksia, joissa suodatinaaineena on erilaiset maakatteet, kuten turve tai kompostoituva aines. (Clark ja Pitt, 2012)

2.6.4 Orgaaniset yhdisteet

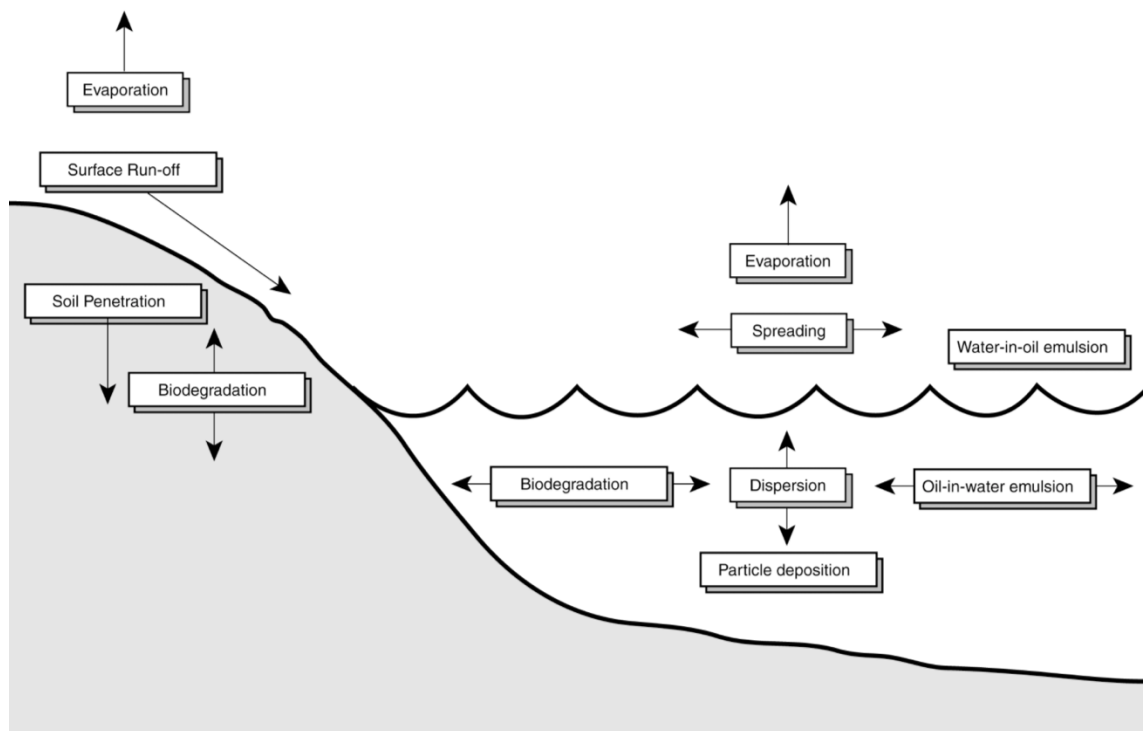
Hulevesistä löytyvistä orgaanisista yhdisteistä PAH-aineet ja hiilivedyt ovat haitallisimpia huleveteen päätyneitä aineita, joiden päätyminen vesistöön tulisi estää. Euroopan komissio (2012) luokittelee PAH-aineet vaarallisiksi ja ovat suoraan eliöstölle myrkyllisiä. (Markiewicz, 2017; Göbel ym. 2007). Hulevesistä on havaittu myös polykloorattuja bifenyylejä (PCB) (Sansalone ym. 2005), PCDD/PCDF:a (dioksiineja), ftalaatteja, kloorattuja ja alkaloituja bentseenejä, kloro-, metyyli ja nitrofenoleja, kloorattuja hiilivetyjä ja eri torjunta-aineita (Kjølholt, 1997). Erityisesti liikenteessä käytetyistä polttoaineiden höyryistä ja pölyyn sidottuna on todettu karsinogeenisiä bentseenejä ja bentso(a)pyreeniä. (ATSDR, 1999)

Hulevesien mukana kulkeutuvat öljyhiilivedyt voivat olla kevyitä tai raskaita polttoöljyjä. Kiintoaineeseen sitoutuvat ja vedenpohjaan sedimentoituvat tavallisesti raskaimmat öljyn jakeet. Öljyhiilivetyjä on jaettu eri fraktioihin, joiden avulla voidaan arvioida eri öljylaatujen kulkeutumista ympäristössä. Esimerkiksi bensiinin öljyfraktio vaihtelee lähteestä riippuen $C_6 - C_{10-12}$, dieselöljyn $C_{8-12} - C_{24-28}$ ja asfaltin sideaineena käytetyn bitumin $C_{<20}$. (ATSDR, 1999; USEPA, 2003; Honkonen, 2015) Suomalaisessa tutkimuksessa (Inha, Kettunen ja Hell, 2013) tutkittiin teiden hulevesistä löydettyjä öljyhiilivetyjä, jotka olivat jaoteltu fraktioihin keskittisleet ($C_{10} - C_{21}$) ja raskaat öljyjakeet ($C_{21} - C_{40}$). Pääosa öljyhiilivedyistä oli raskaita öljyjakeita. Lisäksi jokainen näyte sisälsi ylittävän määrän öljyhiilivetyjä pohjaveden laatuunormiin nähden (0,05 mg/l). Bitumi sisältää myös PAH-aineita, joista liukenee hulevesiin eniten naftaleeniä (Brandt ja de Groot, 2001), mutta määrät pysyivät pieninä. Muiden tutkittujen PAH-aineiden pitoisuudet olivat pieniä, eikä useita pystytty tutkimusmenetelmän tunnistusrajoissa määrittämään. Määrät riippuivat myös bitumin valmistukseen käytetyn raskasöljyn alkuperästä.

Inhan ym. (2013) tutkimuksessa, sekä Australiassa tehdyssä tutkimuksessa (Drapper ym. 2000) huomattiin, etteivät hulevesien sisältämät öljyhiilivetyjen määrät riippuneet liikenteen määrästä. Drapperin ym. (2000) tutkimuksessa vilkkaammin liikennöidyiltä tiealueilta saatiin tosin todennäköisemmin suurempia kokonaisöljyhiilivedyn lukemia. Suurinta öljyhiilivetyvuotojen päästölähdettä ei siis voida kaupunkialueilla suoraan päätellä esim. liikennemääristä. Öljyhiilivetyjen määriin hulevesissä vaikuttaa oletettavasti tien

käyttäjät sekä tien pituuskaltevuudesta johtuva äkillinen kiihdyttäminen. Asfaltin kulumista voidaan kuitenkin pitää liikennemääristä riippuvaisena.

Tavallisesti öljy tuottaa vedessä pinnalle oman kerroksen, 0,1 mm tai ohuemman, joka laajenee sääolosuhteiden vaikutuksesta. Se, miten öljy leviää veden pinnalla, riippuu päästön *pintajännityksestä*, *ominaispainosta* sekä *viskositeetista*. Öljyn ominaisuuksien lisäksi, näiden leviämiseen liittyy oleellisesti ympäristöolosuhteet. Tällaisia ovat *rapautuminen*, *haihtuminen*, *hapettuminen*, *hajoaminen* ja *emulgoituminen*. Nämä voivat vaikuttaa veden pinnalle kerroksen tehneeseen öljyyn esim. hajauttamalla öljyn pisaroiksi veteen tai pohjalle tai kuluttamalla happea vedestä hajoamisen yhteydessä. Makeissa vesissä vaikutukset tapaavat olla ankarammat, sillä veden liikkeet ovat meriolosuhteita pienemmät, jolloin öljy jää paikalleen pidemmäksi aikaa aiheuttaen suurta tuhoa pienemmälle alueelle. Öljy saattaa myös vaikuttaa pohjan organismeihin ja näitä ravintonaan käyttäviin eliöihin, ollessaan kosketuksissa pohjasedimentin kanssa. Virtaavissa vesistöissä öljy tarttuu tavallisesti rannan kasveihin ja ruohikkoon. (US EPA, 1999; ATSDR, 1999)



Kuva 5: Hulevesien sisältämien öljypäästöjen kulkeutuminen maalla ja vedessä. (US EPA, 1999)

Katualueilta kulkeutuvat orgaaniset yhdisteet ovat peräisin ajoneuvojen vuodoista (öljyt, polttoaine, jarruneste), renkaiden ja jarrulevyjen kulumisesta sekä moottorin emissioista (Göbel ym., 2007). Haitallisimpia liikennealueilta tavattavia öljyhiilivetyjä ovat $C_{20} - C_{40}$ alkaanit, sekä $C_1 - C_{20}$ aldehydit, joita tavataan määrällisesti eniten liikennealueilla (Markiewicz, 2017) Viheralueilta kulkeutuvat orgaaniset yhdisteet ovat peräisin maaperän

kasveista, joita kulkeutuu hulevesien mukana erityisesti silloin, kun valunta on suurta (Ågren, 2008).

Jotkin öljypäästöissä ympäristöön kulkeutuvat myrkylliset aineet haihtuvat nopeasti, joka saattaa vähentää vahingoittavia vaikutuksia eliöstölle. Tällöin pahimmat vaikutukset kohdistuvat pääosin päästöalueelle. Öljypäästöt, jotka luovat veden pinnalle kalvon hajoavat tavallisesti päivien tai muutaman viikon kuluttua. Tässä ajassa se saattaa kuitenkin myrkyttää ja tappaa vesistön herkimpiä eliöitä ja organismeja, aiheuttaen ongelmia ravintoketjuissa. Pysyvät myrkyt saattavat liikkua eteenpäin ravintoketjussa aina ihmisiin asti, tai aiheuttaa lisääntymisongelmia. Öljyt päätyvät monesti rannalle, missä linnut ja nisäkkäät pesivät ja etsivät ruokaa, jolloin nämä saattavat joutua kosketuksiin öljyn kanssa. Tämä voi aiheuttaa lintujen paleltumia tai ihon- ja silmien ärsytystä. (US EPA, 1999; ATSDR, 1999)

PAH-aineet ja öljyhiilivedyt ovat puolihaihtuvia orgaanisia yhdisteitä (SVOC). Molempia päätyy hulevesiin liikenteestä ja teollisuudesta haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) tavoin. Merkittävimmät taajamien hulevesistä mitatut VOC-yhdisteet ovat bensiinin lisäaineena käytetyt metyyli-tertiääri-butyylieetteri (MTBE) sekä tertiiääri-amyylimeytyyli-eetteri (TAME). PAH-aineet kiinnittyvät voimakkaasti kiintoaineisiin, erityisesti orgaanisiin, kuten turpeeseen, kompostoituviin sekä maaperästä irronneisiin kappaleisiin, joilla on suuri pinta-ala tilavuuteen nähden. Yleensä kiinnittyminen tapahtuu sitä paremmin, mitä useamman aromaattisen renkaan PAH-aine sisältää ja mitä suurempi sen molekyyli massa on. (Clark ja Pitt, 2012; Kotola ja Nurminen, 2003; Nurmi, 2001) Suurin osa liikenteestä peräisin olevista PAH-aineista on kuitenkin 2-4 renkaisia (Markiewicz ym., 2016). PAH-aineita vapautuu eniten seuraavassa järjestyksessä:

Naftaleeni > kryseeni > pyreeni > fenantreeni > fluoranteeni

PAH-aineet ovat peräisin ajoneuvojen pakokaasuista, renkaiden kulumisesta, moottoriöljyistä, pinnan kulumisesta ja jarrulevyistä. Eniten PAH-aineita on todettu muodostuvan dieselillä kulkevista henkilöautoista ja kevyistä pakettiautoista (paino < 3,5t) ja toiseksi eniten bensiinillä käyvät ajoneuvot. (Markiewicz ym., 2016)

Lahdessa tehdyissä tutkimuksissa suurin osa asfaltista peräisin olevista PAH-aineista mitattiin rutiläkaivojen sakkapesistä, kun taas purkupisteistä määritetyt PAH:t olivat peräisin palamisreaktioista (Honkonen, 2015). PAH-yhdisteiden emissiot teillä ovat suurimmat autojen käynnistyessä sekä kiihdytyksessä (Göbel ym. 2007, sit. Joneck ja Prinz, 1996) ja niiden määrät kylmemmässä ilmastossa kasvavaa mitä kaupunkimaisempi ympäristö on (Honkonen, 2015). PAH-aineiden pitoisuudet kasvavat sateen intensiteetin kasvaessa (Göbel ym., 2007).

Orgaanisten aineiden poistoon hulevedestä voidaan käyttää samoja menetelmiä, kuin kiintoaineen poistoon, koska monet kuormittavat tekijät ovat sitouneet kiintoaineeseen.

Öljyiset päästöt tulee kuitenkin kerätä esim. öljynerotinkaivolla, jossa usein vettä kevyemmät öljytuotteet pidätetään säiliön pinnalla.

2.6.5 Typpi ja fosfori

Huleveden mukana kulkeutuu huomattavia määriä fosforia ja typpeä, jotka lisäävät vastaanottavien vesien rehevöitymisriskiä ja pilaantumista. Typen ja fosforin päästölähteet vaihtelevat suuresti. Tavallisimmin päästölähteenä typelle ja fosforille pidetään maanviljelyssä käytettäviä lannoitteita.

Kaupunkialueilla päästölähteitä on useita. Golf-kentiltä ja kotitalouksien pihoilta saattaa kulkeutua kasvunparannukseen käytettyä fosforia huleveden mukana. Liikenteessä muodostuvat pakokaasut ovat myös yleinen typen ja fosforin lähde kaupungeissa. Rakentamisen aikaisista räjäytystöistä saattaa liueta veteen kiintoaineen lisäksi orgaanisia yhdisteitä, fosforia ja erityisesti typpeä. Huomattavia fosfori- ja typpipäästöjä aiheuttavat eläinten jätökset sekä jätevesiviemäreiden vuodot. Laskeuman on myös arvioitu huomattavaksi päästölähteeksi, mutta määrät vaihtelevat. Prosentuaalisesti suuri osa hulevesiin päätyvästä tyypestä on laskeumasta peräisin. (RT 89; USEPA, 2002; Kotola ja Nurminen, 2003) Typen ja fosforin määrät hulevedessä voivat vaihdella lämpötilan vaikutuksesta kaupunkimaisilla alueilla. Typpeä ja fosforia mitattiin Valtasen ym. (2014a) tutkimuksessa talvisaikaan kesäaikaa suurempia määriä. Laajojen läpäisemättömän pinnan alueella tuloksissa oli kuitenkin vaihtelua.

Typen ja fosforin poistaminen hulevesistä on vaikeaa näiden pienen koon vuoksi. Reaktiivisen fosforin (yleisesti fosfaatti), nitraatin ja nitriitin poisto onnistuu parhaiten kasvien avulla, mutta tämä vaatii pienen virtaaman, jolloin typpi ja fosfori voivat kiinnittyä kasveihin (Baker ja Clark, 2012). Fosfaatti voidaan myös laskeuttaa yhdessä kiintoaineen kanssa, sillä se reagoi herkästi raudan, alumiinin ja/tai mangaanin kanssa, jotka osittain kiinnittyvät kiintoaineeseen (Clark ja Pitt, 2012). Morquecho ym. (2005) tutkivat kaupungeissa syntyvien päästöjen vähenemistä laskeuttamalla kiintoainetta. Tutkimuksessa saatiin fosfaatille 78% poistoteho, kun yli 5 µm raekoon kiintoaine oli poistettu. Nitraatti ei saman kokoluokan poistossa vähentynyt lainkaan. Kokonaistyppeä poistui kiintoaineen mukana 92%, kun kokonaisfosforia poistui ainoastaan 23%.

2.7 Huleveden hallintamenetelmät ja ratkaisut

Hulevesien hallintamenetelmiä on useita ja parhaan lopputuloksen aikaansaamiseksi näitä tulisi yhdistellä. Hallintaa varten kehitetyt rakenteelliset ratkaisut mukailevat luonnonmukaisia huleveden hallinnan periaatteita. Näitä rakenteellisia ratkaisuja voidaan painottaa käytettäväksi yhdyskuntarakenteen suunnittelun toimintamalleissa, joilla tulisi pyrkiä esim. maankäytön keinoin ehkäisemällä hulevesien muodostumista tai näiden laadullista

heikentymistä alueella. Alueellista hulevesien hallintaa tehdään yleis- ja asemakaavoitus- tasolla, joka MRL:n mukaan kuuluu kunnalle. (Hulevesiopas, 2012) Tässä työssä on esitetty hulevesien hallinnan rakenteellisiin menetelmiin pohjautuvaa laadun parantamista, joka toteutetaan öljyn- ja hiekanerottimilla. Huleveden rakenteellisia hallintamenetelmiä on esitetty luvussa 2.6.2.

Hallintamenetelmiä suunniteltaessa, tulee aina ottaa huomioon hulevesien kohdekohtaiset ominaisuudet, sekä näiden toivottu laatu ennen purkua. Hulevesien hallinnan suunnittelussa on otettava huomioon koko valuma-alue, mutta alueen riskikohteiden kartoittaminen on hyvä lähtökohta. Riskikohteita voivat olla suuret päällystetyt pinnat, joilla muodostuu nopeasti suuria määriä hulevesiä, tai laadultaan heikot hulevedet. Hallintamenetelmien valintaan vaikuttaa myös käytettävissä oleva tila ja toivottu esteettinen lopputulos. Ensisijaisena toimenpiteenä ovat hulevesien muodostumisen ehkäiseminen ja vähentäminen. Toissijaisena näiden viivyttäminen ja hallittu johtaminen. Kiinteistöjen alueella tulisi siis tarkastella näitä vaihtoehtoja ennen suoraa liittymistä rakennettuun verkostoon. Jo rakennetuilla alueilla tämä on usein haastavaa, sillä käytettävissä olevat alueet on käytetty jo tehokkaasti. (Hulevesiopas, 2012)

2.7.1 Määrään ja laatuun vaikuttaminen

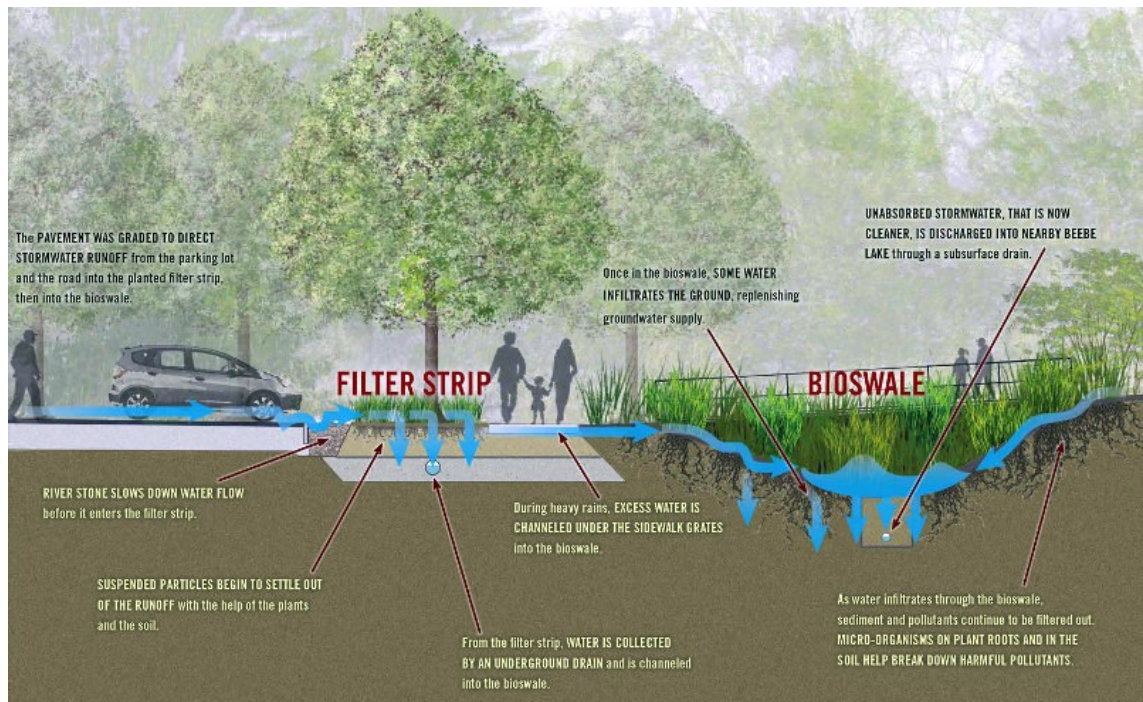
Ainoa tapa rajoittaa hulevesien muodostumista, on rakennetun läpäisemättömän pinta-alan pienentäminen tai korvaaminen läpäisevällä pinnalla. Jo olemassa olevilla tiiviillä kaupunkirakenteilla hulevesien pintavalunnan määrään ja laatuun on kuitenkin hankala vaikuttaa. Autojen määrän lisääntyessä liikennealueita ei ole kannattavaa pienentää, eikä asukkailta voida vaatia kalliita saneerauksia hulevesien vähentämiseksi. Kunnalla on kuitenkin erilaisia mahdollisuuksia vaikuttaa uudisrakentamiseen kaavoituksella tai rakennusjärjestyksessä. (Hulevesiopas, 2012)

Huleveden mukana kulkeutuvia päästöjä voidaan pyrkiä ehkäisemään tehostetummin kaupunkikohtaisilla määräyksillä tai kaavoituksen avulla. Suora määräys hulevesien hallinnan suunnittelusta voi olla kerrottu kunnan rakennusjärjestyksessä, viranomaisluvan tai kunnan määräämän toimielimen kautta. Asemakaavassa hulevesien käsittelyn toteuttamiselle voidaan antaa erityisvaatimuksia. Näin voidaan vaikuttaa kiinteistöllä muodostuvien hulevesien määrään ja laatuun. (Hulevesiopas, 2012)

Hulevesien mukana kulkeutuvien päästöjen vähenemiseen voidaan vaikuttaa myös lainsäädännön kautta. Esimerkiksi polttoaineissa nakutuksenestoon käytetty lyijy (tetraetyylilyijy) kiellettiin EU-direktiivillä tapahtuvaksi viimeistään vuoden 2001 alussa. (Komission direktiivi, 2000) EU esitti myös 30% hiilidioksidin päästövähennystä bensiiniautoissa vuoteen 2030 mennessä (YLE, 2017). Tällä saataisiin hillittyä ilmastonmuutosta sekä sateen pH:n normalisoitumista. Yhtä lailla voidaan poliittisesti tukea autokannan uudistumista uusien, vähäpäästöisten autojen tukemisella tai vanhojen autojen romutus- palkkioilla.

Työmailta kulkeutuu huleveden mukana huomattavia määriä kiintoainetta ja tämän mukana muita päästöjä vesistöihin. Työmaille, joista saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista tulee hankkia ympäristölupa aluehallintovirastolta. Kunnan on kuitenkin mahdollista tarkentaa ja tehostaa hulevesien käsittelyä työmaalla, jos työmaa uhkaa kunnostettavan vesistön laatua. Tämä voi tapahtua esim. kunnan rakentamisjärjestystä muuttamalla hulevesien laatua paremmin huomioon ottavaksi. (Hulevesiopus, 2012)

Suurien hallirakennusten katoille satava vesi, joka ei sisällä muita haitta-aineita kuin laskeuman tai metallien liukenemisen aiheuttamia, voidaan pyrkiä imeyttämään suoraan maaperään viivytyksen sijaan. (Hulevesiopus, 2012) Imeyttämällä voidaan hallita hulevesiä valunnan syntylähteellä ja menetelmä voidaan ottaa laajemminkin käyttöön uusilla ja nykyisillä asuinalueilla. Monesti imeyttäminen vaatii tähän soveltuvan maaperän, mutta voidaan tehdä myös keinotekoisesti. Näin saadaan pienennettyä valuntamääriä ja edistetään veden luonnollista kiertokulkua, sadeveden imeytyessä pohjavedeksi. (Aaltonen ym. 2008; Hulevesiopus, 2012)



Kuva 6: Hulevesien määrällinen ja laadullinen hallinta. Katualueelta hulevesi imeytetään viherkaistalla, johdetaan biosuodatukseen, jonka jälkeen puhdas hulevesi johdetaan vesistöön. (Cornell University, 2017)

Laadullista parannusta suunniteltaessa kannattaa keskittyä tarkennettuihin alueisiin, joilla tutkitusti muodostuu suuria määriä vesistöjen laatuun suuresti vaikuttavia päästöjä. Tällaisia alueita ovat suuriliikenteiset tiet sekä näiden poistumiskaistat (Drapper ym, 2000). Muita alueita ovat suuret päällystetyt alueet, kuten parkkipaikat sekä alueet, joilla säilytetään ongelmallisia haitta-aineita ulkoilmassa. Suurilta asuinalueilta voi myös kulkeutua suuria määriä päästöjä hulevesien mukana, mutta näiden konsentraatiot ovat usein pieniä. (Clark ja Pitt, 2012)

2.8 Huleveden määrän vähentämisen menetelmiä

Hulevesien luonnollisessa kierrossa kulkeutuminen tapahtuu pintavaluntana, suotautumisen maahan pohjavedeksi tai haihtumalla. Kaupunkiympäristöissä hulevesien hallintaan voidaan käyttää samoja keinoja. Ensisijaisena hulevesien hallintamenetelmänä on määrän vähentäminen. Keinoja tähän on kasvillisuuden lisääminen, hulevesien imeyttäminen maaperään tai huleveden suodattaminen pinnan alapuolisessa karkeassa kiviaineskerroksessa ja johtaminen eteenpäin. Lämpisemättömän pinnan sijaan voidaan lisätä läpäisevää pintaa, joka hidastaa pintavaluntaa ja ehkäisee valumahuippuja. Uusia asuinalueita suunnitellaan nykyään hulevedet huomioon ottaen, jolla pyritään vähentämään valuntamääriä. Viherkasvien lisääntyminen kaupunkikuvassa on myös parantanut alueen viihtyisyyttä ja parantavan ilmanlaatua kasvien sitoessa pölyä. (Hulevesiopus, 2012)

Kaupunkialueilla muodostuvien hulevesien hallinnassa on ryhdytty tutkimaan myös näiden aiheuttamaa haittaa vesistöille. Alaluvuissa esitetyillä huleveden hallintamenetelmillä voidaan myös vaikuttaa positiivisesti näiden laatuun. Tämä kuitenkin vaatii huolellisen suunnittelun ja ymmärryksen siitä, mitä päästöjä alueella saattaa muodostua.

2.8.1 Kasvillisuus

Kasveihin perustuva valunnan vähentäminen perustuu kasvien kykyyn pidättää ja hyödyntää vettä. Kasvien pinnoille jäänyt vesi poistuu haihtumalla, jota kutsutaan transpiraatioksi. Pidättäytyminen kasvien pinnalle, eli interseptio, on suurinta sateen alkuvaiheessa, kuten myös imeytyminen maaperään. Kasvillisuus myös muuttaa maaperää huokoisemmaksi, joka edesauttaa hulevesien imeytymistä. Tämä lisää myös hulevesien mukana kulkeutuvien vesistöille haitallisten aineiden sitoutumista ja suotautumista ainakin maaperän pintakerroksessa. Kasvillisuus on myös tärkeä muissa huleveden hallintamenetelmissä, kuten painanteissa. (Hulevesiopus, 2012)

Nykyisillä päällystetyillä pinnoilla voidaan myös kasvattaa läpäisevää pintaa esim. reikälaatoilla tai puilla, joiden juurelle on asennettu ritilä, josta sadevesi voi imeytyä maahan. Hulevesiä voidaan johtaa kasvillisuuden peittämissä avouomissa, vaikka suurissa virtaamissa uomat voivat tarvita eroosiosuojausta kiviaineksella. (Hulevesiopus, 2012)

2.8.2 Imeyttäminen

Hulevesien virtaamia voidaan pienentää imeyttämällä hulevedet pohjavedeksi, kun maaperä on toimenpiteelle suotuisa. Pohjavedeksi imeyttämällä on omat laatuvaatimukset, jotka perustuvat pohjaveden pilaamiskieltoon. Kattovedet ovat usein laadultaan hyviä, ja ne voidaan imeyttää. Muilta hulevesiltä vaaditaan kuitenkin arviointi, mikäli näitä imeytetään pohjavesialueella. Myös maaperän puhdistuskyky arvioidaan samalla. Puhdistuskykyä voidaan tehostaa biosuodatuksella, jossa hulevedet imeytetään esim. humuspitoi-

sen pintamaakerroksen läpi. Näin voidaan toimia vähäliikenteisten katujen kuivatusvesille. Liikenteen lisääntyessä tarvitsee hulevedet johtaa pois pohjavesialueelta ja asentaa eristekerros näiden suojaksi. Tietyillä alueilla voidaan hulevesille tarvita ylivuotoreitti imeyttämisalueelle, jotta välttyttäisiin tulvien aiheuttamilta vahingoilta. (Hulevesiopus, 2012; Tiehallinto, 2004)

Hulevesien imeytysrakenteiden sijoittelussa tulisi keskittyä alueille, joilla pohjaveden alenemisella olisi suuria haitallisia vaikutuksia. Tällaisia ovat esim. pohjaveden kanssa kosketuksissa olevien puupaalujen kuivuminen ja haurastuminen pitkittyneillä satamatomilla aikaväleillä. (Hulevesiopus, 2012)

Vilkkaimmin liikennöityjen teiden ja teollisuusalueiden hulevesien laatua voidaan parantaa suodattamalla hulevedet maaperässä suodatinkerroksen läpi. Biosuodatuksella on saatu huleveteen liuenneille metalleille hyviä poistumia kylmissäkin olosuhteissa (Blecken ym., 2011). Tämä perustuu maaperän fysikaalisiin, kemiallisiin ja biologisiin ominaisuuksiin. Suodatusrakenteet muistuttavat imeytysrakenteita sillä erotuksella, että suodatinkerroksen pohjalle asennetaan salaoja, joka johtaa suodatinkerroksen läpi kulkeutuneet hulevedet eteenpäin. Suodatusrakenteilla saadaan laadunparannuksen lisäksi taositettua virtaamia, jolloin voidaan pyrkiä ehkäisemään tulvien ja eroosion syntyä ojissa ja vesistöissä. Imeytysjärjestelmät eivät kuitenkaan lähtökohtaisesti ole niin tehokkaita, että näillä pystyttäisiin estämään rankimpien sateiden aiheuttamia tulvia. (Hulevesiopus, 2012)

Imeytyskaivannot voivat olla joko maanpäällisiä tai maanalaisia. Maanalaiset kerrokset voidaan tehdä karkealla kiviaineskerroksella, pohjattomilla tarkastuskaivoilla tai uudemmilla muovikaseteilla. Hulevesikasettien ero kiviainekseen verrattuna on kasettien väliin jäävä suurempi huokostila (>90% vs. 20-30%) Imeytyskaivantoja suunniteltaessa tulee huomioida mahdollinen ylivuodon järjestäminen. Imeytyskaivantoihin voidaan johtaa suoraan kattovedet, koska nämä eivät sisällä paljoa epäpuhtauksia. Mikäli on riski pohjaveden pilaantumisesta, tulee maanalaiseen imeytyskaivantoon liittää hulevesien laatua parantavia komponentteja, kuten hiekan- ja öljynerotinta. Avopintaisiin imeytyskaivantoihin johdettavat hulevedet esikäsitellään maanpäällisillä keinoilla, kuten tasausaltailla. Esikäsitelyllä pyritään ehkäisemään kaivannon tukkeutumista sekä epäpuhtauksien kulkeutumista pohjaveteen. Avopintaiset imeytysrakenteet on päällystetty yleensä kiviaineksellä, joka läpäisee vettä hyvin. (Hulevesiopus, 2012) Eri maalajien vedenläpäisevyyserkkeitä on koottu taulukkoon 3.

Taulukko 3: Maalajien vedenläpäisevyyskertoimia (Korhonen ym. 1974)

Maalaji	Raekoko [mm]	Vedenläpäisevyyskerroin [m/s]	Huomautuksia
Sora	2...60	$10^{-2} \dots 10^{-4}$	Hyvin vettäläpäisevä
Hiekka	0,06...2	$10^{-4} \dots 10^{-6}$	Hyvin vettäläpäisevä
Siltti	0,002...0,06	$10^{-5} \dots 10^{-9}$	Huonosti vettäläpäisevä
Savi	< 0,002	$10^{-8} \dots 10^{-10}$	Lähes vettäläpäisemätön

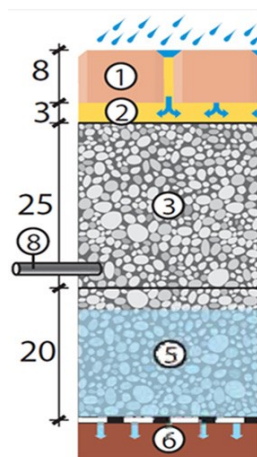
Hulevesien maanpäälliset imeytyspainanteet toteutetaan yleensä kasvillisuudella päällystettynä. Painanteet voivat olla osan aikaa kuivana tai lammenomaisia. Avovesipintaisessa rakenteessa tulee varmistaa veden riittävyys kuivina aikoina. Haihdunnan vuoksi avovesialueet eivät voi olla laajoja, ellei niitä kuivana aikana täytetä esim. purovedellä, lähteestä tai rakennusten kuivatusvesillä. Hulevesien suurten virtausten aikana tulee huomioida veden nousu ja levittäytyminen painanteissa sekä veden hallittu purku. Imeytyspainanteiden vedenkorkeudeksi suunnitellaan korkeintaan 10-25 cm. Painanteet voivat toimia varastoimisen lisäksi myös imeytysrakenteena maaperän salliessa. Painanteiden alle voidaan rakentaa karkeasta kiviaineksesta pidätys-imeytysrakenne. Imeytyspainanteille on useita nimikkeitä riippuen näiden toimintaperiaatteesta, kuten biosuodatusalue tai sadepuutarha. (Hulevesiopus, 2012)

2.8.3 Läpäisevät päällysteet

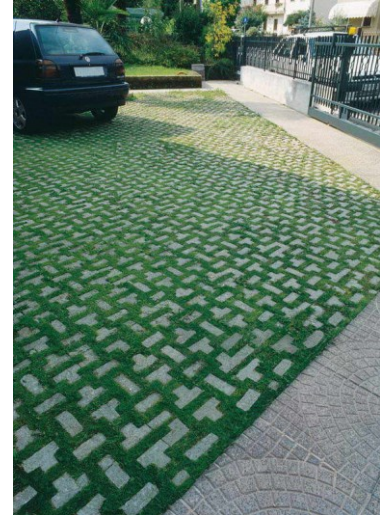
Vaikka kasvillisuus on itsessään läpäisevä päällyste, käytetään hulevesien muodostumisen ehkäisyyn myös muita materiaaleja. Läpäisevien pinnoitteiden toiminta perustuu maanpinnalla olevaan päällysteeseen, joka läpäisee alueelle satavaa vettä alapuolella olevaan karkeaan kiviainekerrokseen. Tällöin muodostuva hulevesi ei suoraan johdu verkostoon, vaan kulkee ensin kiviainekerroksen läpi, joka viivyyttää ja varastoi hulevettä. Tämän jälkeen hulevedet joko imeytyvät maaperään pohjavedeksi tai ne johdetaan salaojaputkissa eteenpäin. (Hulevesiopus, 2012) Kuvassa 8 on esitetty läpäisevän päällysteen rakennekerrokset ja asennusesimerkki.

Läpäisevien päällysteiden käytössä tulee ottaa huomioon mahdollinen tukkeutuminen ja tätä ehkäisevä huolto lakaisemalla tai haravoimalla. Pinnoite rakennetaan yleensä rei'ityistä betonilaatoista, harvasta kiveyksestä tai huokoisesta asfaltista. Lisäksi voidaan käyttää muovisia kennoja, joiden välit täytetään kiviaineksella tai nurmella. Alueen käytön lisääntyessä reikien ja huokostilojen tukkeutumisriski kasvaa, kuten myös kylmenevän sään aiheuttama puiden lehtien ja neulasten tippuminen syksyllä. (Hulevesiopus, 2012)

Vettä läpäisevän päällysteen rakenne-esimerkki



1. Läpäisevä betonikivipinta
2. Asennuskerros
3. Läpäisevä kantava kerros
5. Läpäisevä jakava kerros
6. Pohjamaa
8. Ylivuotoputki



Kuva 7: Poikkileikkaus vettä läpäisevästä päällysteestä. Betonikivillä voidaan toteuttaa erilaisia kuvioita päällysteelle, jotka usein tehdään kestämään henkilöauton paino. Lähde: Maisemabetoni (vas.) ja Archiproducts (oik.)

Koska läpäisevät kerrokset ovat tavallisia asfaltteja hauraampia, voidaan niitä käyttää vähemmän liikennöidyillä teillä, joilla nopeudet ovat pieniä, tai kevyen liikenteen väylillä. Läpäiseviä pintoja voidaan myös lisätä liikennöidyillä alueilla kohtiin, joissa liikenteen kuormitus on muuta tietä pienempää, kuten parkkiruudut. Myös läpäisevien pinnoitteiden käytössä tulee ottaa huomioon hulevesien laatu, jotta vältetään pohjavesien pilaantuminen. Läpäisevät pinnoitteet eivät juuri paranna hulevesien laatua, sillä huleveden suotautuminen karkeilla kiviaineksilla on vähäistä. Mikäli vedet imeytetään edelleen pohjamaahan, voidaan katsoa laadun paranevan rakennekerroksesta riippuen. Imeyttämistä ei kuitenkaan suositella käytettävään vilkkaasti liikennöidyillä alueilla tai alueilla, joissa on riski haitallisten päästöjen kulkeutumiselle hulevesien mukana. Läpäisevien kerrosten käyttö perustuukin enemmän hulevesien varastoimiselle ja viivyttämiseksi alueilla, joilla raskasta liikennettä ei ole. (Hulevesiopas, 2012)

Läpäisevien kerrosten tilantarve riippuu alueen vaatiman pohjakerroksen korkeudesta. Teiden rakennekerrokset koostuvat päällysteestä, kantavasta kerroksesta, jakavasta kerroksesta, suodatinkerroksesta sekä pohjamaasta. Kaikkia näitä kerroksia ei yleensä käytetä samassa tierakenteessa. Päällysteen alapuoliset kerrokset kannattavat päällystettä ja ehkäisevät muodonmuutoksia ja routimisen aiheuttamia muutoksia, kuten kuoppia, kumppuja ja uria. Kevyemmin liikennöidyillä teillä tukevat kerrokset ovat ohuempia ja heikompi materiaalista. (Tiehallinto, 2004b; Hulevesiopas, 2012)

2.9 Hulevesien johtaminen, viivyttäminen ja käsittely

Hulevesien virtaamien toissijaisena hallintamenetelmänä on viivyttäminen ja hallittu johtaminen. Menetelmiä on kehitelty useita erilaisiin ympäristöihin ja tilanteisiin soveltuvina. Toissijaiset huleveden hallintamenetelmät saadaan mahtumaan tiheämpiinkin kaupunkirakenteisiin.

2.9.1 Johtaminen

Kaupungeissa käytetyin hulevesien johtamiseen käytetty rakenne on viemäri. Viemäriin kerätään tehokkaasti hulevesiä ritiläkaivoilla, joita sijoitellaan alavimpiin kohtiin. Kaupunkirakenteen kasvaessa hulevesiviemärien määrä on kasvanut, mikä on johtanut patoamiseen ja tulvimiseen rankkasateiden aikana. Hulevesien hallintaan olisi kaupungeissa suositeltavaa suunnitella tulvareittejä, joita pitkin hulevedet voisivat purkautua muiden järjestelmien ohi tulvatilanteissa. Ritiläkaivoissa viemärijuoksun alapuolelle jätetään suurempien kiintoaineiden pidättämiseen sakkapesä, joka suojaa verkostoa kiintoaineen aiheuttamalta kulumiselta ja tukkeutumiselta. Sakkapesät vaativat tyhjentämistä aika-ajoin, mikä tulisi muistaa hulevesijärjestelmien kannattavuutta laskettaessa. (Hulevesiopus, 2012)

Maanalaisten viemäreiden lisäksi käytetään hulevesien johtamiseen myös maanpäällisiä rakennelmia, kuten kouruja, uomia ja kanavia. Maanpäällisissä rakennelmissä pyritään hidastamaan hulevesien virtaamia, jolloin kiintoaine voi laskeutua. Hidastaminen perustuu pieneen pituuskaltevuuteen sekä virtaamien estämiseen ja suunnan vaihdoksiin. Hulevesien pintajohtamismenetelmistä suositelluin on avo-ojat, jotka ovat tavallisesti kasvillisuuden peittämät ja varastoivat samalla hulevesiä. Ne vievät tilaa ja voivat syvinä olla vaarallisia ja kaupunkiympäristöön huonosti sopivia. Trendinä onkin ollut avo-ojien korvaaminen viemäreillä, joka ei hulevesien virtaamien hillitsemisen puolesta ole suositeltavaa tiivistyvillä kaupunkialueilla. Avo-ojan eräs muoto on painanne, joka on ojaa laajempi, matalampi ja loivaluiskainen. Painanteilla voidaan imeyttää jonkin verran pintavaluntana virtaavia hulevesiä, käsitellä kiintoainetta laskeuttamalla sekä viivyttää huleveden kulkeutumista. (Hulevesiopus, 2012)

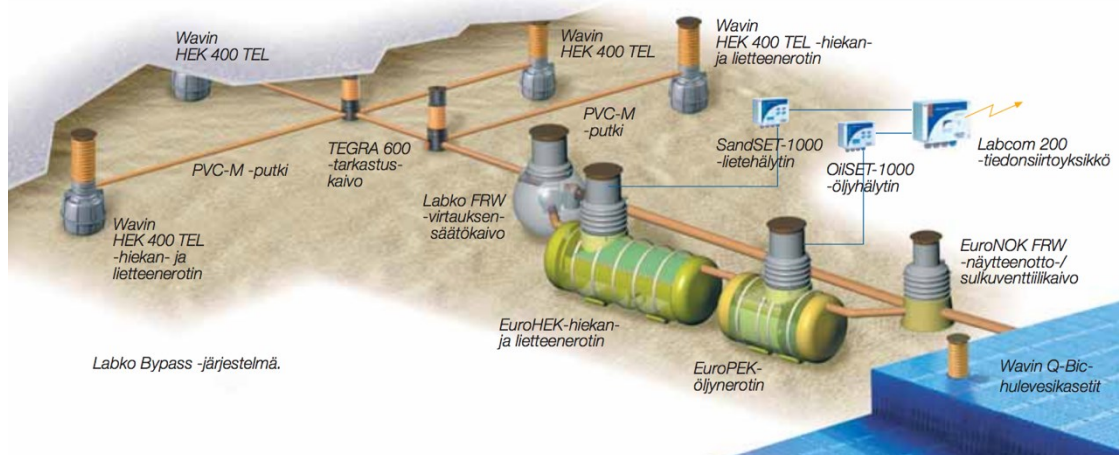
2.9.2 Viivyttäminen ja käsittely

Hulevesien viivyttämisellä pyritään säätelemään virtaamia ja samalla pidättämään ja laskeuttamaan epäpuhtauksia. Viivyttävät hulevedet puretaan kosteikkoon, lammikkoon, painanteeseen tai rakennettuun altaaseen tai kaivantoon. Näistä hulevedet puretaan hallitusti eteenpäin viivytyksvaraston täytyttyä. Näin voidaan välttyä tulvariskiltä alajuoksulla, vähentää eroosiota sekä parantaa hulevesien laatua. Moniin viivytyksmenetelmiin kuuluu kasvillisuuden hyödyntäminen, joka myös parantaa hulevesien laatua ja luo viihtyisyyttä ympäristöön. (Hulevesiopus, 2012)

Hulevesien käsittelyssä pyritään tavallisesti vaikuttamaan veden laatuun poistamalla mahdollisia päästöjä ennen purkautumista vastaanottavaan vesistöön. Hulevesiä voidaan käsitellä kaupunkialueella suodattamalla tai erilaisilla rakenteilla, joilla laskeutetaan ja erotellaan päästöjä. Suodatuksessa hulevedet johdetaan väliaineen läpi, joka pidättää epäpuhtauksia suodattimeen. Epäpuhtauksia voidaan pidättää myös kasvillisuuteen ja kasvukerrokseen huleveden virratessa esimerkiksi viherpainanteessa. Hulevesien johtamisella kasvillisuuden läpi pyritään laskeuttamaan ja pidättämään osa kiintoaineesta, jotta varsinainen suodatin ei tukkeutuisi. Viherpainanteet soveltuvat tähän hyvin. (Hulevesiopas, 2012) Esimerkiksi maakatteen käytössä suodatusmateriaalina on saatu hyviä tuloksia monien huleveden mukana kulkeutuvien päästöjen poistamisessa. Eräässä tutkimuksessa (Hong, Seagren ja Davis, 2006) maankatekerrokseen sitoutui yli 80% tai yli tämän läpi johdetusta moottoriöljystä, liuenneesta naftaleenista ja toluleenista sekä kiintoaineeseen sitoutuneesta naftaleenista. Biosuodattimet pidättävät myös veteen liuenneita tai kiintoaineeseen sitoutuneita metalleja.

Huleveden suodatus voidaan toteuttaa perinteisillä hiekkasuodattimilla, joita käytetään vedenkäsittelylaitoksillakin. Kaupunkikuvaan sopivista ja mahtuvista ratkaisuista rakennetuimpia on imeyttäminen nk. biosuodatusalueilla. Mikäli huleveden laadun arvioidaan uhkaavan pohjaveden laatua, on suodatusalueissa katkaistava veden kulku ja johdettava vedet salaojilla pois. (Hulevesiopas, 2012)

Hulevesien laadullista käsittelyä voidaan toteuttaa tehdasvalmisteisilla öljyn- ja hiekakerotinkaivoilla. Nämä ovat säiliöitä, jotka asennetaan maanpinnan alapuolelle ja voidaan liittää kaivolla nykyiseen hulevesiverkostoon, joita kaupunkialueilla tavallisesti käytetään hulevesien johtamiseen. Erotinkaivojen yläpuolinen ala voidaan siis pitää katualueena, kunhan säiliöiden vastaanottama kuormitus ja säiliöiden vaatima tilanvaraus otetaan huomioon. Erottimet voidaan ohittaa rankkasateiden muodostamien suurien valuntojen aikaan ohivirtausjärjestelmällä ja pitää virtaus tasaisena virtauksensäätökaivolla. Virtauksensäätökaivolla estetään säiliöihin päätyneiden päästöjen huuhtoutuminen takaisin verkostoon. Hiekan- ja lietteenerotin tulee asentaa ennen öljynerotinta kiintoaineen aiheuttaman tukkeutumisen estämiseksi. Erottimien toiminta turvataan säännöllisellä huollolla ja tyhjentämisellä. (Hulevesiopas, 2012; Wavin-Labko, 2010)



Kuva 8: Hulevesien hiekan- ja öljynerottimet ohivirtausjärjestelmällä. (Wavin-Labko, 2010)

Öljynerottimille on annettu eurooppalaisessa standardissa kaksi eri luokkaa puhdistustehon mukaan. I-luokan öljynerottimissa lähtevän veden öljypitoisuuden maksimiarvo on 5 mg/l ja II-luokan 100 mg/l. I-luokan öljynerottimia käytetään autopesuloissa ja hulevesille, joita ei johdeta jätevedenpuhdistamolle. II-luokan öljynerottimia käytetään tyypillisesti mittari- ja täyttökentillä, korjaamoilla, romuttamoilla sekä parkkipaikoilla ja eri hallilla. II-luokan erottimilta vesi tulee johtaa jätevesiviemäriin. (Hulevesiopas, 2012; Drapper ja Hornbuckle, 2016)

Standardin EN BS858.1 mukaan öljynerottimelle vaaditaan huomattava öljyn poistoteho tämän ollessa veteen sekoittunut (Drapper ja Hornbuckle, 2016; Wavin-Labko, 2007) Standardin mukaisissa mittauksissa öljyn konsentraatio vedessä oli noin 4250 mg/l. Luku on merkittävästi suurempi kuin Inhan ym. (2013) Suomen maanteiltä mitaamat tulokset (maksimikonsentraatio 7,9 mg/l öljyjakeilla C₁₀ – C₄₀). Osassa Drapperin ja Hornbucklen (2016) tutkimuksissa öljyn konsentraatio ennen erotinta oli alle vaaditun 5 mg/l, mutta öljynerottimella vähäisiä öljyn konsentraatioita saatiin vähennettyä yli 70%.

Erottimiin on mahdollista saada etähälyttimet, jotka ilmoittavat säiliöiden tyhjennystarpeesta näiden täytyttyä. Osassa tuotteista mittarit ovat valmiiksi asennettuina. Mittarit ja hälyttimet parantavat erottimien toimintavarmuutta ja optimoivat näiden tyhjennys- ja huoltokertoja. (Wavin-Labko, 2010)



Kuva 9: Koalisattorin toimintaperiaate ja huolto. (Wavin-Labko, 2010)

Öljihiilivetyjen määrä ja lähteet kaupunkiympäristössä vaihtelevat tutkimuksittain. Öljihiilivetyjä on mitattu huomattavia määriä huoltoasemilta sekä vaihtelevasti eri kokoisilta ja liikennöidyiltä tieosuksilta. (Drapper ja Hornbuckle, 2016; Inha ym. 2013)

3. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ

Tutkittava alue käsittää Tampereen kantakaupungin alueen. Raja kulkee Olkahisen kylän pohjoispuolella Sorilanojan valuma-alueen ja Näsijärven valuma-alueen rajalla. Valuma-alueiden rajat on toimitettu Tampereen kaupungin toimesta ja ovat heidän määrittämät. Valuma-alueet ovat edelleen rajattu näiden sisäisiin osavaluma-alueisiin. Valuma-aluekartta on liitteessä 1.

Työn tavoitteena on määrittää hiekan- ja öljynerotuskaivoille sopivia kohteita hulevesien laadunparantamiseksi ja priorisoida näiden toteuttamista. Työ toteutetaan paikkatieto-ohjelma QGIS:llä, jolla etsitään potentiaalisimpia päästölähteitä liikennemäärien ja maankäytön perusteella. Tämän jälkeen alueilta rajataan hulevesiviemäriverkostolla kuivatettava alue ja arvioidaan, onko kuivatettava alue riittävän kattava. Öljyn- ja hiekanerotin sijoitetaan peräkkäin niin, että hiekanerotin sijaitsee ennen öljynerotinta. Näin estetään öljynerotuksen tukkeutuminen kiintoaineella. Tärkeää hiekan- ja öljynerotimien käyttämiselle hulevesien laadun parantamiseen on näiden mitoitus. Kuivatettavien alueiden ollessa laajoja voidaan tarvita useita erottimia, jolloin saadaan käsiteltyä suuremmat hulevesien virtaamat.

Työssä etsitään erityisesti kohteita, jotka kuivatetaan suoraan hulevesiverkoston. Tällöin voidaan kuivatettavan huleveden sisältävän suuren osan teiltä huuhtoutuvista haitallisista aineista, koska hulevedet eivät pääse imeytymään maaperään ennen purkupistettä.

3.1 Paikkatietopohjainen alueiden rajaaminen

Paikkatiedon avulla tehtävällä alueiden rajaamisella on etuna kerätyn datan esittäminen visuaalisesti kartalla. Dataa kerryttämällä voidaan rajata ja optimoida haluttuja tietoja eri alueilla ja esittää nämä kartalla. Näin huomataan rajauksien päällekkäisyydet, joiden avulla halutut sijainnit saadaan paikannettua. Paikkatietosovellukset toimivat hyvänä yleissuunnittelun pohjana alueita rajaavana toimintona ja esittäjänä. Näiden avulla voidaan löytää alueita, joilla on kustannustehokkaampaa tai kannattavaa toimia. Paikkatietoaineistoa luodessa on tärkeää miettiä kuvaavimmat attribuutit, joilla saadaan rajattua haluttuja toimintoja laajasti tai tarvittaessa tarkasti.

Tässä työssä käytetyin rajaava attribuutti on liikennemäärät, jotka on kerätty Tampereen kaupungin sekä Liikenneviraston avoimesta datasta. Näiden avulla on keskitetty tarkemmat tutkimukset alueille, joilla on kannattavaa toimia. Muita käytettyjä attribuutteja on teollisuus- ja varastoalueiden kaavamerkinnot, jotka huomattiin osittain turhiksi verkostokartan puuttuessa näiltä alueilta.

3.2 Öljyhiilivetyjen mahdolliset päästölähteet

Suurin orgaanisen aineen päästölähde on liikenne, joten öljynerottimia olisi hyvä asentaa tällaisten alueiden kuivatusreitille. Muita huomattavia öljynerotinkaivoilla parannettavia päästölähteitä ovat teollisuuden ja varastoinnin alueet sekä vanhat huoltoasemat ja auto-korjaamot. Työmailta kulkeutuu myös tavallisesti kiintoainetta sekä yksittäisenä päästönä esim. öljyjä hulevesien mukana. Rakennustyömailta hulevesien mukana kuljettamille päästöille on määritelty nykyisin monissa kunnissa päästökohtaisia rajoituksia. (RT 89). Vilkkaammin liikennöidyillä suuremmilla teillä kiintoaineen partikkeleiden koko on usein suuri (silttiä tai suurempaa) (Kim ja Sansalone, 2008). Muualla partikkeleiden koko saattaa olla merkittävästi pienempää riippuen maankäytöstä. Teiltä peräisin olevat kiintoaineet saadaan tällöin tehokkaasti laskeutettua hiekan- ja lietteenerottimessa.

Taulukko 4: Tampereen valtatiet tarkastellulla alueella, näiden keskivuorokausiliikenne (KVL) ja valuma-aluekohtainen sijainti. Lähde: Liikenneviraston avoin data

Tie	Tieosuus	KVL	Valuma-alue
3	Pyhäjärventie (Helsingin VT länsipuoli)	51 000	Härmälänoja
9	Pyhäjärventie (HVV länsipuoli)	44 600	Härmälänoja-Vihioja
12	Paasikivenkatu (Porintien itäpuoli)	41 300	Näsijärvi
12	Paasikivenkatu (Porintien länsipuoli)	40 400	Näsijärvi
3	Helsinki - Tampere valtatie	40 400	Härmälänoja-Höytämöjärvi
12	Rantatunneli	40 000	Näsijärvi-Keskusta
12	Paasikivenkatu, Armonkallio	39 100	Näsijärvi
9	Pyhäjärventie (HVV itä - Sammon vt)	33 400	Vihioja-Viinikanoja
3	Turuntie-Porintie väli	33 100	Vihnusjärvi
	Lempääläntie (Pyhäjärventie pohj.)	28 200	Vihioja
	Kekkosentie	27 200	Näsijärvi-Viinikanoja
9	Pyhäjärventie (Messukylä-Teiskontie)	24 600	Viinikanoja
12	Teiskontie	24 400	Viinikanoja
	Paasikivenkatu, Lielahdi	23 300	Näsijärvi
12	Turuntie	21 900	Pyhäjärvi
9	Jyväskyläntie (Teiskontie-Aitolahdentie)	21 300	Näsijärvi-Viinikanoja
65	Vaasantie	20 400	Näsijärvi
12	Turuntie	18 900	Pyhäjärvi
3	Porintie-Vaasantie	17 800	Vihnusjärvi
12	Teiskontie (Jyväskyläntien itäpuoli)	17 600	Viinikanoja
9	Jyväskyläntie (Aitolahdentie pohj.)	15 800	Näsijärvi

Liikennemäärät Tampereen alueella keskittyvät suurille valtateille, kuten Helsinkiin vievä valtatie 3 ja Jyväskylään johtava valtatie 9. Nämä tiet risteävät keskustan eteläpuolella Härmälänojan valuma-alueella ja täällä liikennemäärät ovat suurimmat. Tampereen

alueiden teiden keskivuorokausiliikenteen suurimmat määrät ovat koottuna taulukkoon 4 ja 5.

Liikennemääristä ei tutkimuksissa ole löydetty suoraa yhteyttä öljyhiilivetyjen määriin, mutta suuremmilla liikennemäärillä on huomattu suurempia öljyhiilivedyn konsentraatioita. Suomalaisessa Inhan ym. (2013) Helsingin Kehä I (keskivuorokausiliikenne 90 000) mitatulla sillan kuivatusrummista näytteissä oli 7,9 mg/l maksimikonsentraatioon, kun Tampereen Aitoniementiellä (KVL 50-100) mitattiin maksimikonsentraatioksi 3,8 mg/l. Australialaisessa tutkimuksessa (Drapper ym., 2000) saatiin myös suuria vaihteluja öljyhiilivedyille eri liikennemäärillä. Tästä syystä ei voida luotettavasti arvioida öljynerottimella erotettavien öljyjakeiden määrää, mutta tässä työssä on liikennöityjen teiden varrella oletettu kulkeutuvan tasaisesti öljypitoista hulevettä. Vilkkaasti liikennöidyillä teillä asfaltin kuluminen on kiivaampaa ja tämän yhteydessä kulkeutuvat päästöt voidaan ottaa talteen hiekanerottimella. Näin voidaan parantaa kuivatettavan hulevesien laatua yhtäjaksoisesti ennen näiden purkua vesistöön.

Valtateiden kuivatukset hoidetaan pääosin johtamalla nämä tietä reunustaviin laajoihin ojiin ja painaumiin. Nämä viivyttävät virtaamaa ja pidättävät kiintoaineita hulevedestä, joten laadunparannus hiekan- ja öljynerottimilla voi olla osittain tehotonta. Tällaisille alueille olisikin kannattavampaa suunnitella hulevesien laadunparannusta esim. hidastamalla virtaamaa ojassa, jolloin kiintoaine pääsisi laskeutumaan.

Taulukko 5: Tampereen kaupungin vilkasliikenteisten katujen keskiliikennemäärät valuma-alueittain. Lähde: Tampereen kaupungin avoin data.

Tarkastelupiste kadulla	Liikennemäärä laskentapäivänä	Valuma-alue
Myllypuro	12 000	Pyhäjärvi
Sammon valtatie	11 600	Viinikanoja
Satakunnankatu	10 800	Keskusta
Aitolahdentie	10 500	Viinikanoja
Turvesuonkatu	10 300	Näsijärvi
Nekalantie	10 100	Viinikanoja
Hallilantie	9 900	Vihioja
Ilmailunkatu	9 800	Härmälänoja
Juvankatu	9 100	Vihioja
Pohjolankatu	8 400	Keskusta
Sarvijaakonkatu	8 100	Viinikanoja
Santaharjuntie	7 900	Viinikanoja
Ratapihankatu	7 800	Keskusta
Kullervonkatu	7 600	Keskusta
Nuutisarankatu	7 130	Härmälänoja

Liikennemäärät on kerätty Tampereen kaupungin avoimen datan palvelusta sekä Liikenneviraston avoimen datan palvelusta, jotka ovat yhteensopivia käytettäväksi työssä käytetyn QGIS-paikkatieto-ohjelman kanssa. Tampereen kaupungin avoin data on kerätty

hajanaisesti ja liikennemääriä arvioidaan ainoastaan mittauspaikoilta. Mittauksien ulkopuolelle on myös saattanut jäädä katuja, jotka voisivat soveltua liikennemäärän puolesta paremmin laadunparannuskohteeksi. Lisäksi Tampereen kaupungin alueella liikennejärjestelyt ovat muuttuneet huomattavasti rantatunnelin käyttöönoton vuoksi ja raitiotien rakentaminen saattaa muuttaa liikennemääriä paikallisesti rakentamisen aikana.

3.3 Vireillä olevat asemakaavat

Uusien alueiden rakentaminen aiheuttaa riskin päästöjen kulkeutumisesta hulevesien mukana vesistöihin. Nämä eivät kuitenkaan sovi hulevesien laadun pitkäaikaiseen parantamiseen öljyn- ja hiekanerottimilla, sillä päästöt ovat tilapäisiä. Rakentamisen aikaisia hulevesiä tulee kuitenkin käsitellä, mikäli ympäristön pilaantumisen riski on huomattava.

Mikäli uusien kaavoitettavien alueiden voidaan olettaa aiheuttavan kasvavia liikennemääriä ja isoja läpäisemättömän pinnan alueita, voidaan tiiviillä kaupunkirakenteella kuitenkin jättää tilavaraus huleveden laadun parantamiseen erottimilla. Usein ranta-alueet jätetään rakentamatta, jolloin näille alueille voisi suunnitella myös maanpäällisiä, luonnollisia huleveden laatuun vaikuttavia rakennelmia, kuten kosteikkoja. Tampereen alueella uusissa kaavoitettavissa alueissa hulevedet on kuitenkin otettu pitkälti huomioon ja esim. Vuoreksen kaupunginosassa teiltä kuivatettavat hulevedet purkavat laadunparannusaltaille ennen johtamista vesistöön.

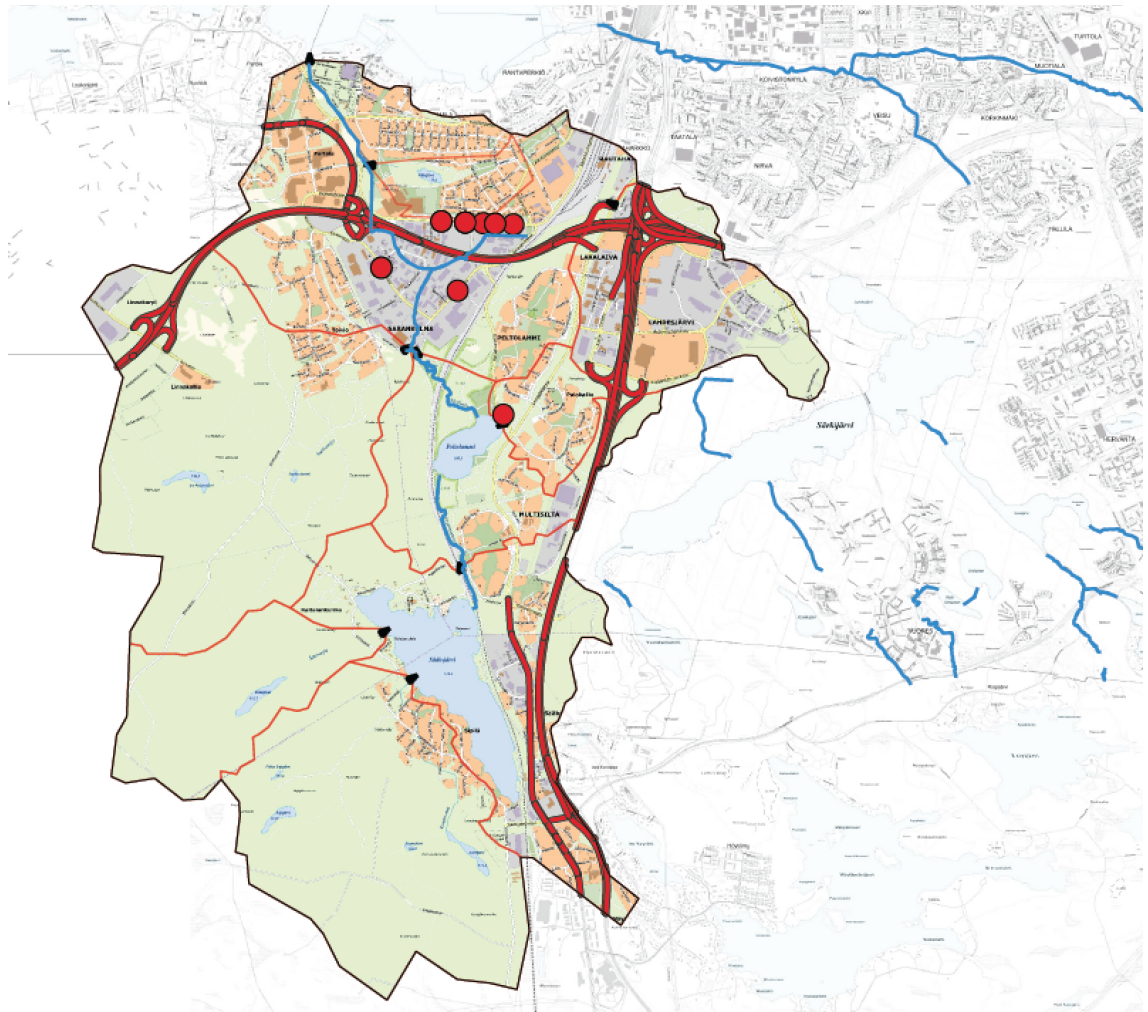
3.4 Valuma-alueet ja näiden purkupisteet

Mahdollisten päästöjen kulkeutumista vesistöihin tulee tarkastella valuma-aluekohtaisesti. Tällöin voidaan päästölähteiden reittiä hallita ja arvioida, mihin laadunparannusrakennelmia sijoitetaan ja mitä vesistöjä rakennelmilla suojellaan. Valuma-alueet voidaan jakaa pienempiin osavaluma-alueisiin, joista hulevedet voivat laskea pienempiin järviin tai jokiin, ennen valuma-alueen lopullista purkupistettä. Ilmastonmuutoksen edetessä saateen intensiteetin on ennustettu kasvavan, joka lisää oletettavasti kiintoaineen kulkeutumista. Suuret äkilliset virtaamat vaativat suuremmat erottimet. Tällöin erottimissa on suurempi kapasiteetti vastaanottaa hulevettä ja kiintoaine voi laskeutua erottimen pohjalle virtauksesta huolimatta. Laadunparannuskohteelle johdettavan kuivatettavan alueen kasvaessa myös valunta kasvaa, jolloin kaukaisemmilta alueilta valuvat hulevedet eivät välttämättä ehdi saavuttaa laadunparannuskohdetta ennen erotinjärjestelmän padottamista. Tällöin kaukaisempien alueiden hulevedet ohjautuvat erotinjärjestelmien ohi, ellei erottimien kokoa kasvateta riittävän suuriksi. Tästä syystä tulisi laadunparannuskohteelle johdettavien hulevesien virtaama suunnitella niin, että läpäisemättömiltä pinnoilta nopeimmin huuhtoutuvat päästöt saataisiin ohjattua erotinjärjestelmään ensimmäisenä ja läpäiseviltä alueilta valuvat hulevedet viivytettynä. Tällöin erotinjärjestelmän koot voidaan pitää pienempinä ja päästövähennys tehokkaana.

Alaluvuissa käsitellään Tampereen kantakaupungin valuma-alueiden vesistöjen kuntoa sekä alueen liikennemääriä ja uusia kaavoitettavia alueita. Vilkaasti liikennöidyltä teiltä ja rakennettavilta alueilta huleveden mukana kulkeutuvat päästöt ovat suurimpia, jolloin alueita on kannattavaa tarkastella lähemmin.

3.4.1 Härmälänojan valuma-alue

Härmälänojan valuma-alue sijaitsee etelä-Tampereella ja laskee Sääksjärvestä Pyhäjärveen. Valuma-alue ulottuu Lempäälän ja Pirkkalan puolelle ja purkupisteenä toimii Tampereetta ja Pirkkalaa erottava Härmälänoja.



Kuva 10: Härmälänojan valuma-alue ja osavaluma-alueet. Paksulla punaisella viivalla näkyy vilkasliikenteiset tiet. Purkupiste Pyhäjärveen näkyy ylälaidassa.

Sääksjärven tila oli vuonna 2016 arvioitu erinomaiseksi (SYKE, Vesikartta) ja tähän laskee hulevesiä pääosin luonnontilaisilta alueilta. Rannan välittömässä läheisyydessä sijaitsee kuitenkin asuntoalue, jonkin verran teollisuutta, rautatie ja valtatie 3. Sääksjärvestä vesi laskee Peltolammin pieneen järveen Multipuroa pitkin. Peltolammin tila arvioitiin

vuoden 2015 mittausten perusteella tyydyttäväksi rehevyyden vaihtelun ja talvella kohoavan suolapitoisuuden vuoksi. Peltolammien mataluuden vuoksi vesi ei kerrostu, joten happitilanne pysyy hyvänä ja viipymä on pientä (keskiviipymä 30 vrk). Pienetkin toimet ja runsaammat sateet yläjuoksulla kuitenkin näkyvät välittömästi järven tilassa, joka saattaa vaihdella nopeasti. (KVVY, 2015) Multipuron tila on arvioitu lievästi reheväksi ja lievästi sameaksi ja puroissa on huomattu voimakkaita eroosiovaurioita (Salo, 2011)

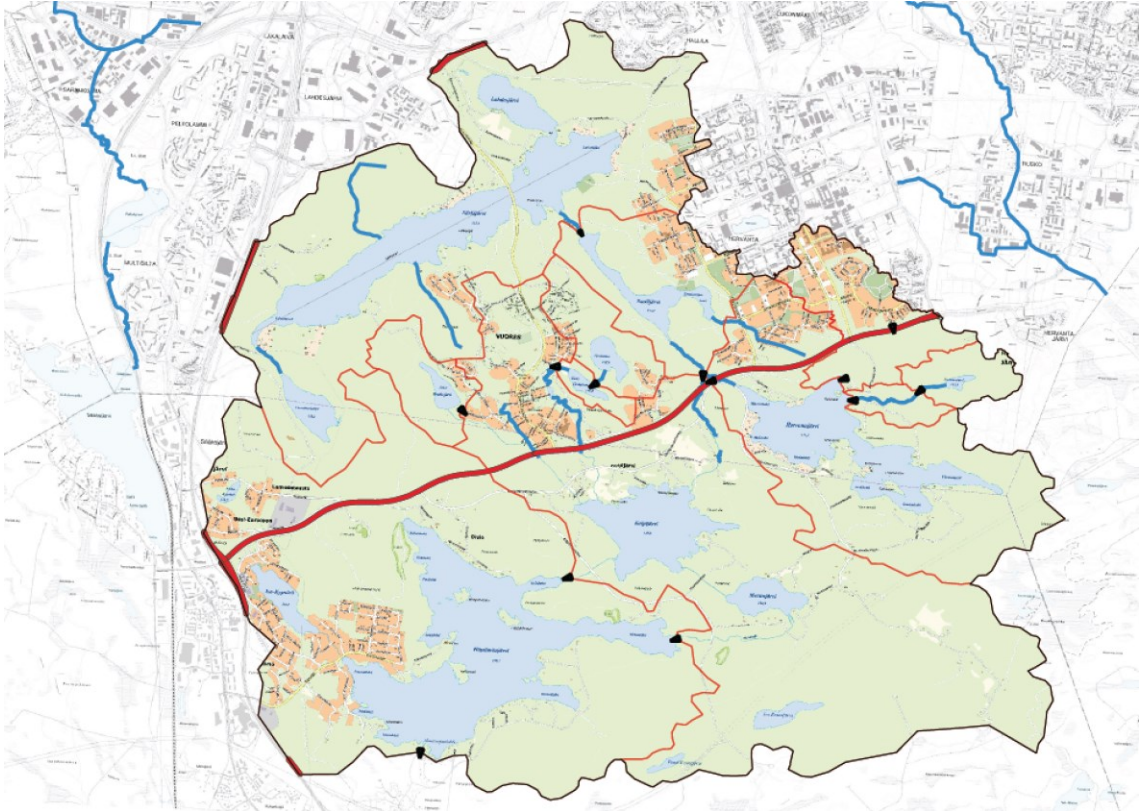
Peltolammista vesi valuu Myllyojaa pitkin Sarankulman teollisuusalueelle asti, jossa tähän yhtyy pääradalta lähtevä ja kolmostien alittava oja. Myllyojan kunto on arvioitu kasvillisuudeltaan reheväksi. Tästä vesi virtaa Härmälänojaa pitkin Pyhäjärveen. Härmälänojan vuoden 2016 tilaa kuvataan tyydyttäväksi (SYKE, Vesikartta) ja ojan alueella on runsaasti teollisuutta sekä jonkin verran asutusta. Oja on myös erittäin voimakkaasti muokattu ja tästä on nähtävissä selvää rehevyyttä ja sameutta (Salo, 2011). Lahdesjärven teollisuusalue sijaitsee myös Härmälänojan valumaalueella.

Härmälänojan valuma-alueella sijaitsee Tampereen liikennöidyin valtatieosuus Pyhäjärventielle, Helsinkiin vievä valtatie sekä näiden risteämä. Lisäksi Sarankulmassa kulkevalla Ilmailunkadulla, Patamäenkadulla, Rukkamäentiellä ja Nuuttisarankadulla on keskivuorokausiliikenne yli 5000 ajoneuvoa.

Suurin valuma-alueelle suunniteltu kaavamuutos on Sarankulman eteläpuolelle radan varteen kaavailtu teollisuusalue, jonka tavoitteena on täydentää teollisuuden kapasiteettia 60 000 kerrosneliömetrillä. Tältä alueelta hulevedet purkavat Arranmaanojan, Peltolamiin sekä Myllyojaan.

3.4.2 Höytämöjärven valuma-alue

Höytämöjärven valuma-alueen Tampereen puoleisissa järvissä laatu on suuremmissa erinomaisella tasolla, mutta pienemmät Vuoreksen uuden asuinalueen ympäröimien järvien kunto on joko välttävä tai tyydyttävä. Alueena valuma-alue on pääosin luonnontilaista metsäaluetta, mutta uusi Vuoreksen asuinalue aiheuttaa rakentamispaineita erityisesti Vuoreksen pohjoispuolelle. Tämä lisää riskiä työaikaisista ympäristöonnettomuuksista ja kiintoaineen kulkeutumisesta vesistöön. Esim. Vuoresta rakennettaessa arvioitiin ainakin 800 litran dieselöljyn vuotamisesta rekan polttoainetankista kadulle (Tilannehuone; Iltalehti, 2011)



Kuva 11: Höytämöjärven valuma-alue ja osavaluma-alueet. Paksulla punaisella viivalla näkyy vilkasliikenteiset tiet. Purkupiste Lempäälän keskustaa kohti näkyy lounaiskulmassa.

Suolijärvi sijoittuu Hervannan kaupunginosan länsipuolelle ja se vastaanottaa pienen osan länsi-Hervannan hulevesistä. Järven kunto on hyvä (2016) ja useimmilta laatuparametreiltään luonnontasoinen. Järven happitaso vaihteli ja vuoden 2016 mittauksissa vedessä todettiin selvä happivaje. Lisäksi kloridipitoisuus oli kohonnut, johtuen Hervannan katualueen suolauksesta. (Paakkinen, 2016) Suolijärveen Suoliojan kautta laskeva Särkijärvi ja tämän latvajärvet olivat kaikki erinomaisessa kunnossa. Varsinkin Särkijärvi todettiin laadultaan kaikin puolin erinomaiseksi, mutta tarkkailuväliä on tihennetty aikaisemmasta kolmesta vuodesta vuoteen. Tämä johtuu alueen kokemasta rakennuspaineesta nykyisen Vuoreksen kaupunginosan laajetessa pohjoisemmaksi. Särkijärveen laskevat Leppäsenoja ja Rimminsuonoja olivat laadultaan sameita ja Vuoresoja rehevä sekä lievästi samea (Salo, 2011) Näiden varrella ei toistaiseksi ole suuria kaupunkirakenteita.

Hervantajärvi on aktiivisessa virkistyskäytössä oleva latvajärvi, joka laskee Koipijärveen. Järven laatu luokitettiin erinomaiseksi (2016) ja laatuparametrit ovat luonnontasoa. Hervantajärvi luettiin 1980-luvulla happamoitumisuhan alaiseksi ja nykyään tila on normaali ja puskurikyky happamoitumisesta vastaan tyydyttävä. Höytämöjärven valuma alueelle Hervannan eteläpuolelle ollaan rakentamassa uutta Makkarajärven kaupunginosaa. Alueelta laskee oja Hervantajärveen ja aiheuttaa näin työaikana päästöriskin. Hulevesien määrään ja laatuun on alueella annettu kaavamääräyksiä ja suosituksia läpäisevän pinnoituksen käytöstä. (Paakkinen, 2017; Ohtola ja Kotilainen, 2015)

Hervantajärvestä ja Suolijärvestä laskevat joet yhtyvät ennen laskeutumista Myllyojaksi Lempäälän puoleiseen Koipijärveen, jonka laaduksi on määritelty hyvä (2016). Näissä tutkimuksissa myös todettiin järven olevan vähähumuksinen ja humusleimaltaa kohtalainen. Klorofyllipitoisuudet ovat järvessä laskeneet 2010-luvulla, mutta sähköjohtavuus vedessä on kasvanut talvisuolauksen vaikutuksesta. Myllyojan tilasta on arvioitu lievää sameutta (Salo, 2011). Nykyinen Vuoreksen kaupunginosa Tampereen puolella kuuluu pääosin Koipijärven osavaluma-alueeseen, mutta järven laatu ei ole kloridin ja sähköjohtavuuden lisäksi merkittävästi laskenut, vaan esim. rehevöitymisen puolesta parantunut. (Paakkinen, 2017)

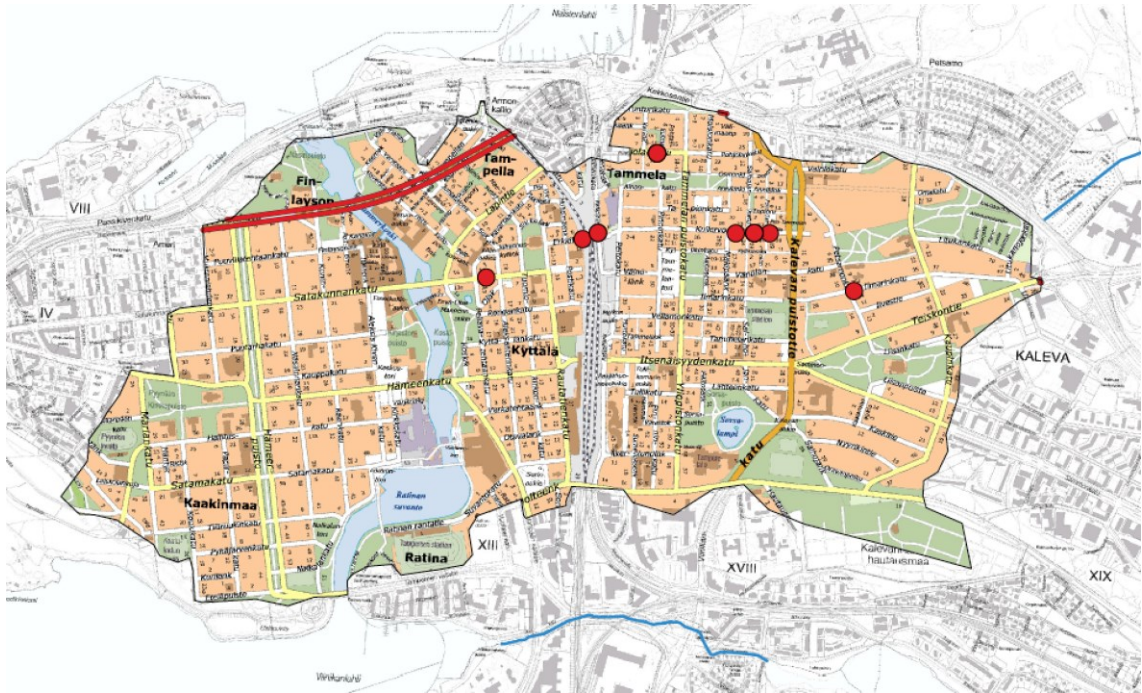
Koipijärveen laskee Tampereen puolelta myös Koukkuoja sekä Virolaisen oja. Molempien ojien tilaa on arvioitu reheväksi ja sameaksi. Virolaisenoja erityisen sameaksi. (Salo, 2011) Tämä johtuu oletettavasti Vuoreksen rakennustöiden aikaisesta kiintoainespitoisesta hulevesien valunnasta. Rakennustöitä jatketaan edelleen ja alue laajenee.

Höytämöjärven valuma-alueella ei juuri sijaitse suuria valtateitä lyhyehköä 800 metrin etappia Helsingin valtatiestä lukuun ottamatta. Tällä tieosuudella KVL on noin 40 400 ajoneuvoa ja tästä hulevedet laskevat metsäosuuden läpi Särkijärveen. Tämän lisäksi Vuoreksen eteläpuolella kulkevalla Ruskontiellä on laskettu noin 6500 ajoneuvoa vuorokaudessa ja Vuoreksen läpi kulkevalta Vuoreksen puistotieltä noin 4100 ajoneuvoa. Nämä luvut oletettavasti kasvavat Vuoreksen rakentamisen edetessä.

Nykyisin metsävaltaiselle Höytämöjärven valuma-alueelle kohdistuu suuria kasvupaineita ja alueelle on kaavoitettu useita uusia asuinalueita. Uusia asuinalueita on suunniteltu Särkijärven ympärille kaksi kappaletta. Näiden lisäksi Särkijärven pohjoispuolelle ollaan suunniteltu työpaikkoja Lahdesjärven alueelle. Myös Hervannan eteläpuolelle on suunniteltu Hervantajärven uutta asuinaluetta.

3.4.3 Keskustan valuma-alue

Keskustan valuma-alueen näkyvin vesistö on Näsijärven ja Pyhäjärven yhdistävä Tammerkoski, jota säädellään järvien korkeuksien mukaan. Valuma-alueella sijaitsee myös Sorsapuistossa sijaitseva Sorsalampi, joka kuuluu kunnostuksen piirissä oleviin järviin. Keskustan alue on tiivistä asuinaluetta, minkä vuoksi myös läpäisemättömän pinnan ala on verrannollisesti suuri. Valuma-alue ulottuu Tammerkosken länsipuolelta Pyynikin kentälle, ja itäpuolella Kalevan ABC:n ja Kalevankankaan hautausmaan linjalle. Alueella sijaitsee myös TAKO:n kartonkitehdas, jonka vesistövaikutukset on arvioitu nykyään vähäisiksi (Ympäristön tila Tampereella 2014).



Kuva 12: Keskustan valuma-alue. Punaisella viivalla näkyy vilkasliikenteiset tiet ml. Rantatunneli luoteiskulmassa. Purku tapahtuu Tammerkoskeen useiden eri hulevesiviemärien kautta.

Tiivis ja läpäisemätön rakentaminen aiheuttavat huleveden virtaamamäärien kasvua ja näin myös eroosiota. Keskustan alueella hulevedet kulkevat pääosin hulevesiviemäreissä, johon johdetaan kaduille ja katoille satavat vedet. Nämä vedet johdetaan pääosin verkostoa pitkin Tammerkoskeen, jota ympäröi paljolti puistoalue.

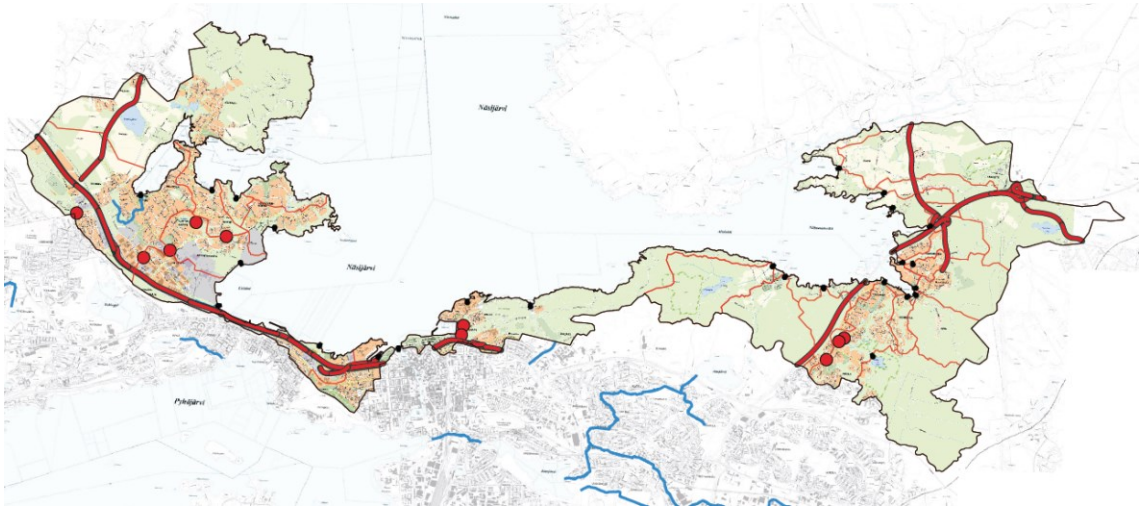
Keskustan alueella ei sijaitse lainkaan valtateitä Rantatunnelia lukuun ottamatta. Katualueilla on kuitenkin runsasta liikennettä ja nämä kuivatetaan pääosin rutiläkaivoilla viemäriverkostoon. Suurimmat liikennemäärät keskittyvät Tammerkosken itäpuolelle Satakunnankadulle (noin 10 800) ja Pohjolankadulle (noin 8000). Lisäksi alueella sijaitsee Erkkilänkatu (noin 8000), Ilmarinkatu (noin 6600) sekä Kullervonkatu (noin 6500).

Keskustaa ollaan kehittämässä erityisesti rautatieaseman eteläpuolelle kaavoitetulla tiivistämiskäytöksellä. Nykyään alue toimii toimitila ja parkkialueena.

3.4.4 Näsijärven valuma-alue

Näsijärven valuma-alue jakaantuu keskustan länsi- ja itäpuolelle. Länsipuolella sijaitsee Lielahden ja Niemenrannan teollisuus- ja varastorakennusten täyttämä alue, Tipotien sosiaali- ja terveysasema sekä vilkkaasti liikennöity Paasikiventie ja päärata. Keskustan itäpuolella valuma-alue levittäytyy tarkkailtavalla alueella Ranta-Tampellan alueelta Olkahiseen asti ja jatkaa tästä vielä pohjoista kohti Teiskon alueella. Tällä alueella sijaitsee osa Kekkosen tiestä, Naistenlahden voimalaitos sekä Kaupinojan vedenpuhdistamo ja

kaukojäähdytyslaitos. Pääosa alueen tarkasteltavasta alasta on luonnontilaista lähivirkistysaluetta ja järviä on kaksi kappaletta.



Kuva 13: Näsijärven valuma-alue ja osavaluma-alueet. Punaisella paksulla viivalla näkyy vilkasliikenteiset tiet. Valuma-alue jatkuu Tampereen puolella Teiskoa kohti, mutta tässä työssä tarkastellaan Sorilanjoen eteläpuolelle jäävää aluetta.

Näsijärven valuma-alueen länsipuolella sijaitsee useita ojia, jotka toimivat purkukanaavana järveen. Monet näistä sijaitsevat Kauppi-Niihaman ulkoilualueella, joka on pääosin luonnontilaista metsää. Valuma-alueen itälaidalla sijaitsee myös Halimasjärven laskuoja, joka kulkee Halimasjärvestä Atalan asuin- ja teollisuusalueiden välistä ja laskee Näsijärveen. Ojan veden laadusta ei ole mainittu pienvesiselvityksessä (Salo, 2011) haittoja.

Näsijärven valuma-alueen länsipuolella Lielahden suuren läpäisemättömän alueen purkuojana toimii Lielahden laskuoja, joka on voimakkaasti muokattu ja jonka kautta virtaavasta vedestä on mitattu korkeita ravinnepitoisuuksia ja luonnonvesiä huomattavasti korkeampia sähkönjohtavuuslukemia sekä sameutta. Lisäksi Ryydynpohjaan laskee Pirkkalan puolelta alkava Ryydynoja, jonka ympärillä on tiheää asutusta, päärata sekä kantatie 65. Vedestä on huomattu lievää rehevyyttä ja lievää sameutta. (Salo, 2011)

Näsijärven valuma-alueen suurimmat liikennemäärät ovat Paasikiventiellä (KVL noin 41 300) ja Jyväskyläntiellä (KVL noin 21 300). Katualueista liikennöidyin on Turvesuonkatu (noin 10 300) sekä Aitolahdentie (noin 9 900). Muita vilkkaasti liikennöityjä katuja alueella ovat Rauhaniementie (noin 6600) sekä Lielahdenkatu (noin 6200).

Näsijärven valuma-alueelle on kaavoitettu laajoja uusia asuinalueita molemmin puolin Tammerkoskea. Valuma-alueen länsipuolelle on kaavoitettu Hiedanrannan uusi kaupunginosa, johon on suunniteltu 25 000 ihmiselle koteja sekä 10 000 työpaikkaa. Hiedanrannan pohjoispuolelle on myös alettu jo rakentamaan Niemenrannan aluetta, jota laajennetaan edelleen. Molemmat alueet sijaitsevat Näsijärven rannalla.

tuvat haitalliset aineet säilyvät pidempään, mikä voi aiheuttaa järven laadun heikentymisen pidemmällä aikavälillä. Sähkönjohtavuus oli edellisissä mittauksissa (2015) lievästi koholla, joka viittaisi lähialueiden hulevesien vaikutukseen. Järvellä sijaitsee myös suosittu uimaranta. Tohlopinjärvestä vedet laskevat Vaakonlammiin viemäriä pitkin. Vaakkolampi on kärsinyt aikaisemmin teollisuuden ja asutuksen hulevesikuormituksesta ja on nyttemmin kasvanut umpeen rannoiltaan. Happitilanne on ollut mittausvuonna (2015) huono varsinkin pohjassa ja kesäisin järvi rehevöityy huomattavasti. (Paakkinen, 2015) Vaakkolammista vesi virtaa Vaako-ojan kautta Pyhäjärveen. Ojaa on muokattu ja tästä on huomattu voimakasta eroosiota. Vesi ojassa on sameaa. (Salo, 2011)

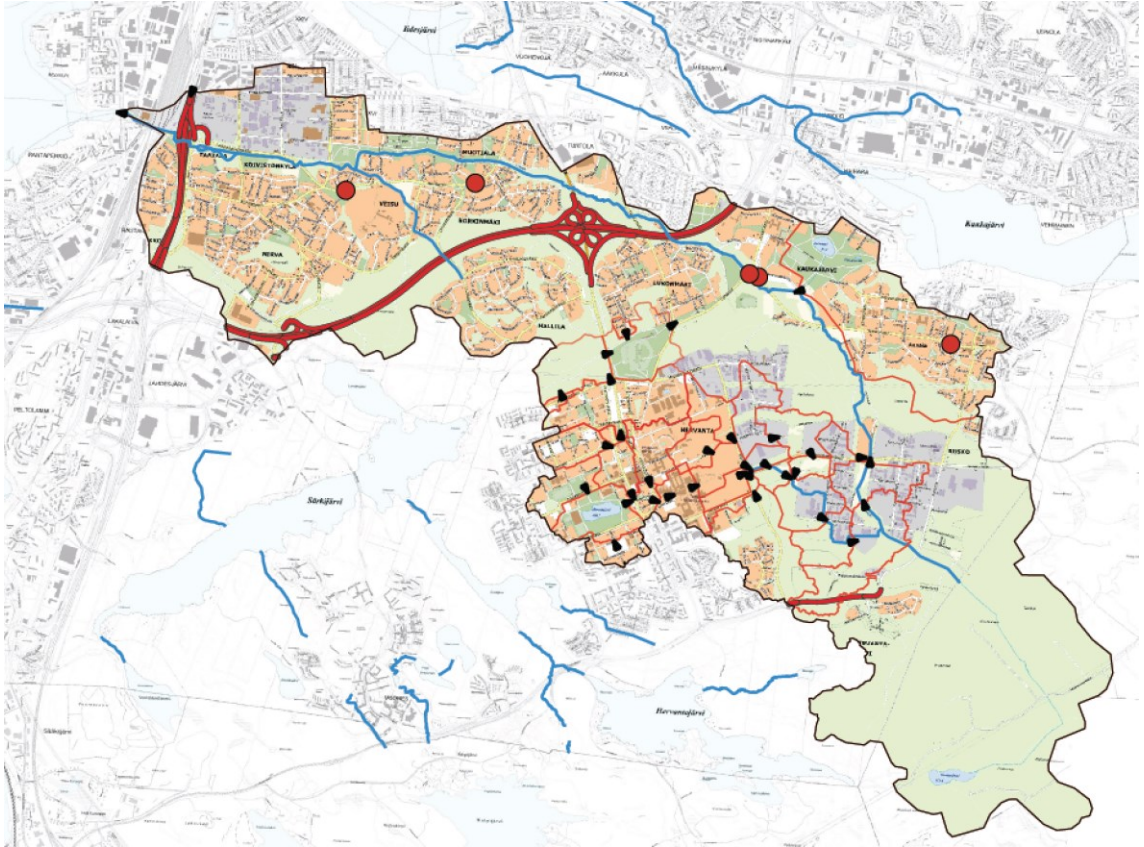
Pyhäjärven valuma-alueella liikenne keskittyy valtateille, sillä alueen läpi kulkee Poriin vievä tie, joka risteää Paasikiventieltä. Tällä valtatiellä KVL on noin 21 900. Katualueilla päivittäiset ajoneuvomäärät ovat suurimpia Myllypuronkadulla (noin 11 900), Tesoman valtatiellä (noin 6800) sekä Nokiantielle (noin 5400).

Pyhäjärven valuma-alueella on vireillä seitsemän uutta asemakaavoitusta, joista neljä on vesistöjen varrella. Uutta asutusta on kaavoitettu Tohlopinjärven etelärannalle, missä teollisuustoiminta on lopetettu ja tämän paikalle nousisi asutusta sekä Kaarilaan, jonne on kaavoitettu uuden asuntoalueen rakentamista nykyiselle peltoalueelle, jonka pohjoislaidalla virtaa Vaako-oja. Pyhäjärven rannalle on kaavoitettu Varalan urheiluopiston alueelle uutta liikunta-, majoitus ja toimistotilaa ja Eteläpuiston alueelle tiivistämisen rakentamista. Näiden lisäksi Hatanpään niemelle on kaavailtu Hatanpään sairaalan laajentamista sekä mahdollista asutusalan lisäämistä. (Tampereen kaupunki, 2017)

3.4.6 Vihiojan valuma-alue

Vihiojan valuma-alue saa alkunsa Hervannasta ja virtaa Ruskon teollisuusalueen kautta Vihiojaa pitkin Pyhäjärveen saakka. Järviä ei tällä välillä juuri ole, Ahvenisjärveä ja pieniä Houkanjärveä sekä Isolammia lukuun ottamatta. Ahvenisjärven kuntoa heikentää sijainti Hervannan asutuskeskuksen keskiössä. Laadultaan Ahvenisjärveä on pyritty parantamaan virransekoittimella, joka parantaisi hapensaantia järvessä. Silti happea järvessä oli vain välttävästi, mikä lisäsi jo entuudestaan voimakasta sisäistä kuormitusta ravinne-rikkaan sedimentin vuoksi. Tämän vuoksi järven tilaa kuvataan välttäväksi. (Paakkinen, 2017)

Ahvenisjärvestä kulkee vettä ylivuotona viemäreitä ja ojia pitkin Hervannan läpi Tauskonojaan, joka kulkee Ruskon läpi ja yhtyy Vihiojaan. Tauskonoja on voimakkaasti muokattu, erittäin rehevä ja erittäin samea eroosioaurioista kärsivä joki. Tästä Vihioja laskee Annalan, Kaukajärven, Lukonmäen, Muotialan, Korkinmäen, Veisun, Koivistonkylän ja Taatalan kautta Pyhäjärveen. Vihiojan loppupäässä sijaitsee myös Viinikan teollisuusalue. Vihiojaan liittyy Muotialan kohdalla Loukkaanoja, joka on voimakkaasti muokattu joki, jossa on eroosioaurioita sekä erittäin samea vesi. (Salo, 2011)



Kuva 15: Vihiojan valuma-alue ja osavaluma-alueet. Punaisella paksulla viivalla näkyy vilkasliikenteiset tiet. Osavaluma-alueet purkavat Vihiojaan, joka purkaa Pyhäjärveen.

Ruskon teollisuusalueen läpi kulkevalta Tauskonojalta on mitattu useammasta kohtaa puuron vedenlaatua, mutta mineraaliöljyä on löytynyt näistä vain muutamasta. (SYKE, Hertta-palvelu) Samoja tutkimuksia on tehty myös Vihiojasta Hervannan valtavyöhykkeen alitavalta osuudelta tämän ylä- ja alajuoksulta. Näistäkään ei löytynyt mineraaliöljyä. Hertta-palvelusta löytyvien mittauksia ei kuitenkaan voida tässä työssä huomioida, sillä mittauksia ei ole tehty sateen jälkeen. Tulokset onkin tarkoitettu ennemmin vesistöjen perustilan määrittämiseen.

Vihioja on monin paikoin voimakkaasti muotoiltu ja vesi on monin paikoin sameaa ja silmämääräisesti rehevää. Joessa on myös huomattu eroosiovaurioita. (Salo, 2011)

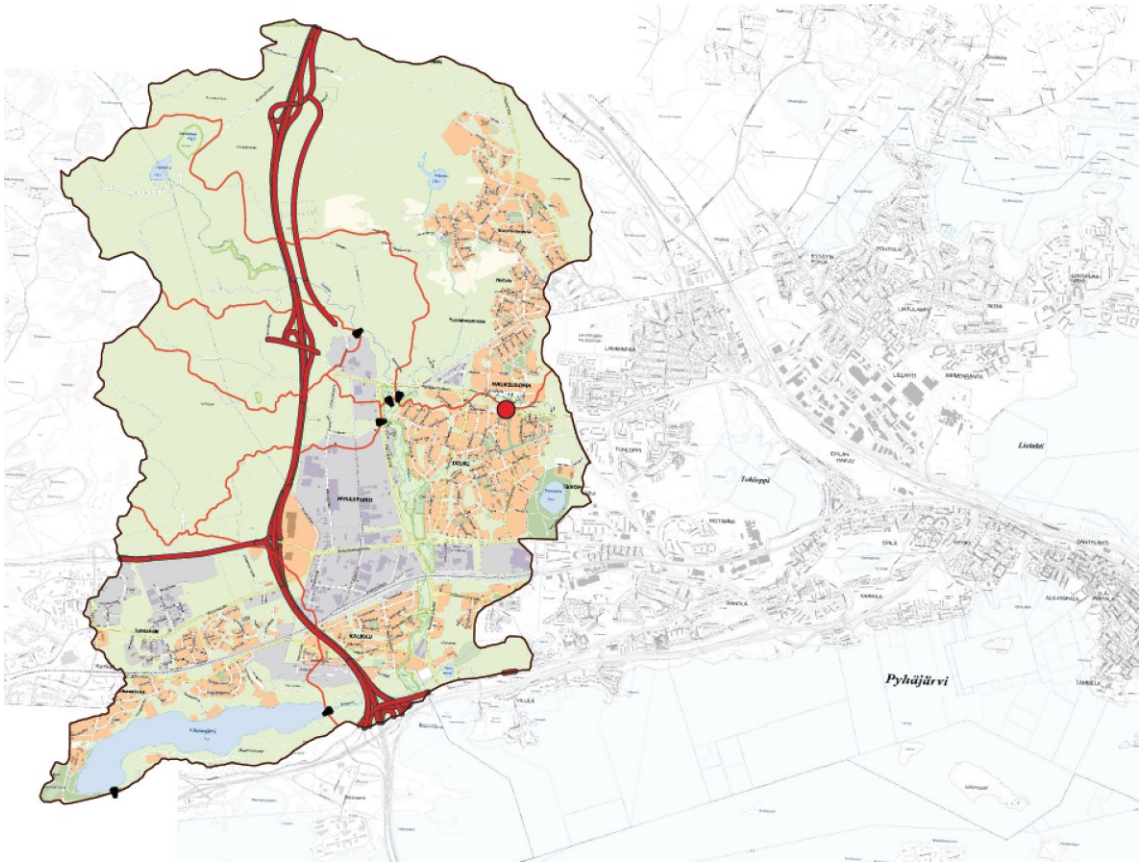
Vihiojan valuma-alueen läpi kulkee Helsinkiin vievä Lempääläntie (KVL noin 28 200) sekä Pyhäjärventie (KVL noin 44 600). Näiden lisäksi alueella sijaitsee keskustan ja Hervannan yhdistävä Hervannan valtatie sekä Lempääläntieltä risteävä Lahdesperäntie, mutta näiltä ei ole vuorokausiliikenteen tietoja saatavilla. Suurimpia katualueita päivittäisiltä ajoneuvomääriltään ovat Hallilantie (noin 9900) ja Juvankatu (noin 9100).

Valuma-alueelle on vireillä uuden asuinalueen asemakaavaehdotus Koivistonkylän kaupunginosaan vilkkaasti liikennöidyn Pyhäjärventien pohjoispuolelle. Muuta uudisrakentamista alueelle ei ole suunniteltu vaan ainoastaan tiivistämISRakentamista Hervannan ja Lukonmäen kaupunginosaan.

3.4.7 Vihnusjärven valuma-alue

Vihnusjärven valuma-alueella ei sijaitse suurempia järviä, vaan hulevedet virtaavat Vihnusjärveen Myllypuroa pitkin. Alueella toimii suurehko Myllypuron teollisuusalue, sekä Pyhäjärven rannassa risteävät valtatie 3 ja 12, joiden liikennemäärät lähellä Tamperetta ovat suuret. Alueen järvistä merkittävin on Tesomajärvi, joka laskee ojaa pitkin Myllypuroon. Tesomajärvi on asutuksen ympäröimä ja järvi on suosittu virkistyskohde. Valuma-alueen luoteisosassa Tampereen, Ylöjärven ja Nokian rajalla sijaitsee myös Haukijärvi, joka on pahasti happamoitunut, rehevä ja erittäin ruskea väriltään. Laskiessaan kohti Vihnusjärveä, Haukijärvestä peräisin olevan Leppiojan vedenlaatu paranee purkupisteelle päästessään, sillä Myllypuron kunto oli vuonna 2016 hyvä (SYKE, Vesikartta). Leppiojan veden laatu määriteltiin Tampereen pienvesiselvityksessä lievästi reheväksi ja kirkkaaksi ja Myllypuron lievästi reheväksi sekä sameaksi (Salo, 2011).

Myllypuroon liittyy kolme muuta ojaa, joista kaksi laskee Nokian puolelta. Tällä alueella louhitaan kalliota useammassa kohteessa. Näiden kunnosta ei kuitenkaan silmämääräisesti huomattu sameutta, mutta toisessa huomattiin lievää rehevyyttä. Tämä oja laskee Ikurin vanhalta kaatopaikalta ja tällä kohtaa veden laatua seurataan vuosittain. (Salo, 2011)



Kuva 16: Vihnusjärven valuma-alue ja osavaluma-alueet. Punaisella paksulla viivalla merkitty vilkasliikenteiset tiet. Purkupisteenä toimii Vihnusjärvi, joka purkaa Pyhäjärveen.

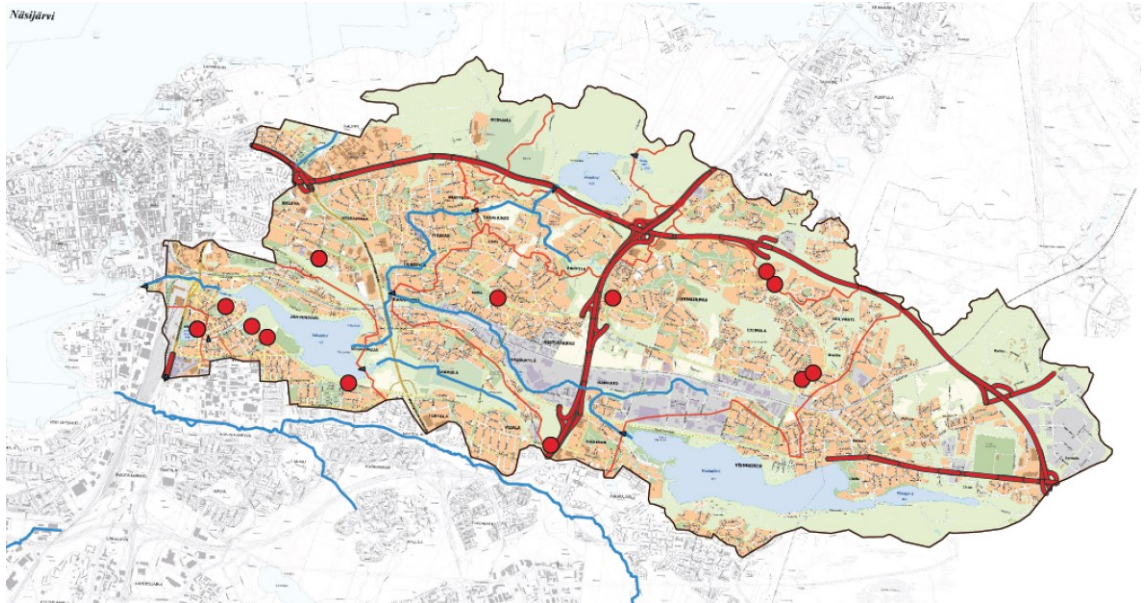
Suurimpia liikennemääriä valuma-alueella ovat Kolmenkulman ja Turuntien välisellä tieosuudella (KVL noin 33 100) sekä Kolmenkulmasta pohjoiseen vievällä kolmostiellä (KVL noin 17 800). Katualueilla liikennemäärät ovat pieniä Pyhäjärven valuma-alueen puolelta jatkuvaa Myllypuronkatua (noin 7100 ajoneuvoa vuorokaudessa) lukuun ottamatta.

Alueelle on vireillä kolme asemakaavaa, joista yksi sijaitsee Tesomanjärven pohjoispuolella, jonka läpi Tesomajärven ojan virtaa. Alueella on aiemmin toiminut Tampereen kaupungin taimisto ja tähän on suunniteltu kahden asuinrakennuksen korttelialuetta. (Tampereen kaupunki, 2017)

3.4.8 Viinikanojan valuma-alue

Viinikanojan valuma-alueella sijaitsee Tampereen huonokuntoisimmat vesistöt Iidesjärvi ja Viinikanoja, joista Iidesjärven ekologinen tila todettiin vuoden 2017 lausunnossa välttävaksi (KVVY ry; viitattu 4.10.2017) ja Viinikanojan vuoden 2016 tilaa huonoksi (SYKE, Vesikartta. Viitattu 4.10). Muita valuma-alueella sijaitsevia vesistöjä ovat Alasjärvi (ekologinen tila 2017 tyydyttävä), osittain Kangasalan puolella oleva Kaukajärvi

(erinomainen) ja Kangasalan puoleinen Pitkäjärvi (hyvä). Viinikanoja laskee Iidesjärvestä Pyhäjärveen. Iidesjärveen laskee vesi Vuohenojasta, joka jakaantuu kahtia Hakametsän kaupunginosassa Kaukajärveltä laskevan Pyhäojan yhdyttyä Vuojenojaan. Vuohenoja saa alkunsa Alasjärvestä, joka sijaitsee Teiskontien pohjoispuolella. Iidesjärveen laskee myös Mutaoja, joka tuo vettä Aakkulanharjulta Messukylän golfkentän läpi. Pitkäjärvi laskee Kaukajärveen.



Kuva 17: Viinikanojan valuma-alue ja osavaluma-alueet. Punaisella paksulla viivalla merkitty vilkasliikenteiset tiet. Purkaa Iidesjärvestä Viinikanojaan ja edelleen Pyhäjärveen.

Viinikanojan valuma-alue on pääosin rakennettu ja alueella toimii myös teollisuutta ja golf-kenttä. Alueen luoteiskulmassa sijaisee TAYS:n sairaalakompleksi ja pohjoisessa Kaupin/Niihaman metsäinen ulkoilureitti.

Iidesjärvi on matala (kokonaissyvyys 3 m) ja voimakkaasti rehevöitynyt järvi, jonka vesi on erittäin sameaa. Järven mataluuden ja tuloveden suuren määrän takia järven vaihtuvuus on nopeaa (keskiviipymä 28 vrk), joka aiheuttaa myös kausittaista vaihtelua vedenlaadussa. (Paakkinen, 2017).

Alasjärven tila vaihtelee vuosittain. Virkistyskäyttöön järvi soveltuu erinomaisesti, mutta pohjan hapettomuus aiheuttaa rauta- ja mangaanipitoisuuksien kohoamista ja sisäisen kuormituksen kasvua fosforin vapautuessa pohjan sedimentistä. Veden sähkönjohtavuus ja kloridipitoisuudet ovat myös koholla Teiskontien suolauksen vuoksi. (Paakkinen, 2017)

Kaukajärven vesi on säilynyt luonnontilaisena ja sen kunto onkin erinomainen. Järven happipitoisuus on erittäin hyvä ja ravinnetasot ovat pysyneet karujen vesien tasolla. Vedden keskiviipymä järvestä on kuitenkin pitkä (1095 vrk), minkä vuoksi järven kuntoon saattaa vaikuttaa pienikin ulkoisen kuormituksen lisäys. (Paakkinen, 2017)

Iidesjärveen laskevat Mutaoja, Pyhäoja ja Vuohenoja arvioitiin laadultaan reheväksi ja Mutaoja erittäin reheväksi. Vuohenoja arvioitiin sameaksi ja Pyhäoja erittäin sameaksi. Mutaojassa ei ollut havaittavissa sameutta. Jokaisessa joessa oli kuitenkin nähtävissä eroosiovaurioita. Iidesjärvestä Pyhäjärveen laskevassa Viinikanojassa virtaavan veden laatu arvioitiin erittäin reheväksi ja erittäin sameaksi ja siinä oli huomattavissa eroosiovaurioita. (Salo, 2011)

Viinikanojan valuma-alueella suurimmat liikennöidyt valtatie ovat Teiskontie (KVL enimmillään noin 24 400) sekä Pyhäjärventie (KVL enimmillään noin 33 400). Suurimpia katualueita päivittäiseltä liikennemäärältään ovat Sammon valtatie (noin 11 600), Aitolahdentie (noin 10 500) sekä Nekalantie (noin 10 100). Näiden lisäksi Helsinkiin vievä Lempääläntie päättyy valuma-alueelle ja tällä välillä KVL on noin 28 200. Lempääläntietä tosin kuivatetaan Vihiojan valuma-alueen puolelle ja tälle kohdalle on tässä työssä suunniteltu laadunparannuskohde, joka esitetään kappaleessa 4.1.3.

Valuma-alueella on useita vireillä olevia asemakaavoja, joista suurin osa tiivistämiskentamista. Suurin uusi asemakaavoitettu alue sijaitsee Sammon valtatievarrella Linnainmaalla, jonne on suunniteltu asuinalueita noin 70 pientaloasunnolle. Tältä alueelta hulevesien on suunniteltu virtaavan omana ojanaan Pyhäojaan liittyvään Hautalammin laskuojaan. Myös Kalevan ja Kissanmaan kaupunginosiin ollaan kaavoitettu laajaa tiivistämiskentamista.

4. TULOKSET

4.1 Huleveden laadunparantamiseen soveltuvia purkupisteitä

Parannettaessa hulevesien laatua öljynerottimilla otettiin alueiden etsinnässä ensimmäisenä huomioon alueet, joilla moottoriliikennettä on eniten. Nämä alueet erottuvat valuma-aluekartoista punaisina tieviivoina sekä pisteinä. Valtatiet näkyvät viivoina ja kaupungin mittaamat tiet pisteinä siitä kohtaa, jossa laskenta suoritettiin. Tämän jälkeen tuli arvioida verkostokartasta, kuinka tehokkaasti tiealuetta kuivatetaan ritiläkaivoilla ja kuinka pitkältä matkalta. Ongelmaksi osoittautui usein liian lyhyet kuivatusalueet, joille olisi tehotonta asentaa hulevesiverkoston rinnalle erotinkaivo. Useat valtatiet myös kuivatetaan ojiin, joilta vedet riittävän sademäärän jälkeen valuivat suoraan suurempiin ojiin ja puroihin. Tällaisille alueille öljynerotinkaivoja ei kuitenkaan voida asentaa, sillä nämä vaativat viemäriverkoston, johon liittyä. Näillä alueilla voitaisiin siis enemmän kehittää muita huleveden käsittelymenetelmiä, kuten kosteikkoja tai biosuodatusta. Tällaiset laadunparannusmenetelmät voivat toimia myös nyt löydetyillä alueilla ja näistä on mainittu erikseen.

Kuivatettavien alueiden pinta-alaa arvioidessa on huomioitu verkostoon välittömästi kuivatettavat alueet, eli tiealueiden ritiläkaivojen vaikutusalueet. Tämän lisäksi verkostoon liittyy tonttijohtoja satunnaisesti. Tonttijohdon liittyessä hulevesiverkostoon on tontin kuivatettava alue arvioitu. Tonttiliitos voi olla liitetty joko suurille teollisuusalueille, joilta verkostoon voidaan johtaa kattovesien lisäksi päällystetyn pinnan kuten parkkialueen hulevedet. Asuinalueen tonttiliitoksesta saattaa verkostoon purkautua kattovesien lisäksi salaojien vesiä. Laadunparannuskohteista esitetyissä kuvissa pohjana näkyvä ortokuva on otettu vuonna 2015, joten alueet saattavat olla muuttuneet.

Valtateiden jälkeen etsittiin liikennöidyimpiä katualueita, joita kuivatettiin ritiläkaivoilla ja jotka muodostivat pitkän tiealuetta kuivatettavan verkoston. Tämän jälkeen arvioitiin erotinkaivoille sopivaa sijaintia kuivatettavalta osuudelta niin, että kuivatettava tieala saataisiin maksimoitua. Verkostoihin liittyi useissa tapauksissa tiealueen lisäksi kiinteistöjä ja näiden parkkialueita, jotka kuormittavat verkostoa. Katualueilla tapahtuu usein valtaiteita enemmän pysähdyksiä ja kiihdytyksiä, joista muodostuu päästöjä ympäristölle.

Alueiden löytymisen jälkeen voitiin myös arvioida tiealueiden ruuhkautumisherkkyyttä, joka vaikuttaa kiihdytyksiin ja jarrutuksiin. Jarrutusten aikaan auton osat kuluvat enemmän ja näistä kuluu metalliosia tielle. Kiihdytyksissä taas erittyy enemmän PAH-aineita, joita voidaan erottaa hulevedestä hiekanerottimilla.

Valikoitujen laadunparannustoimien sijoittaminen voi olla ongelmallista, mikäli nykyisiä maanalaisia rakenteita sijaitsee suunnitellulla alueella. Lisäksi öljynerottimien hyödyllisyys on riippuvainen saapuvan huleveden sisältämästä öljyhiilivetyjen määrästä. Liikennemäärillä ei tutkimuksissa ole ollut suoraa yhteyttä päästöjen määriin, vaan päästöt ovat olleet tapauskohtaisia. Esitettyjen kohteiden purkupisteellä voisikin suorittaa mittauksia huleveden laadusta ennen rakennussuunnittelun aloittamista.

4.1.1 Hatanpää

Hatanpää sijaitsee Pyhäjärven valuma-alueella ja laskee hulevedet suoraan hulevesiverkostosta Pyhäjärveen. Hatanpään valtatiellä liikennemäärä on 15000 – 23700 välillä (SITO, 2015). Alueella toimii myös teollisuutta, sairaala sekä toimitiloja, joiden pihoiilla on laajat parkkialueet. Suunnitellulle laadunparannuskohteelle saapuu hulevedet noin 16 hehtaarin pinta-alalta. Ei tosin ole tiedossa, onko teollisuusalueella nykyisin jo olemassa olevia erottimia, jotka käsittelevät alueella muodostuvia hulevesiä. Mikäli alueella sijaitsee jo erottimia, voi rannan läheisyyteen esitetty huleveden laadunparannuskohde jäädä kannattamattomaksi. Haastetta rakentamisessa aiheuttaa kuvassa 19 ympyrällä merkityn purkupisteen läheisyydessä sijaitseva pumppaamo sekä hulevesiverkoston haarautuminen kahteen viemäriputkeen ennen suunniteltua laadunparannuskohdetta. Viemäriin haarautuessa kahteen purkuputkeen aiheutuu rakentamisesta suuremmat kustannukset ja rakentamisen aikaista haittaa liikenteelle ja parkkialueelle. Verkoston syvyydestä ja rannan läheisyydestä johtuen laadunparannus tulisi tehdä erottimilla.



Kuva 18: Hatanpään ehdotettu laadunparannuskohde kuvassa magentalla ympyrällä. Punaisella viivalla on rajattu kohteelle purkava, hulevesiverkostolla kuivatettava alue.

Hatanpäällä sijaitseva nykyinen jätevedenpuhdistamo on siirtymässä Sulkavuorivuoreen, jolloin ranta-alue oletettavasti rakennetaan asutuskäyttöön. Koska rajattu alue sijoittuu jätevedenpuhdistamon välittömään läheisyyteen, voitaisiin alue rakentaa samaan aikaan. Laadunparannuskohteella voitaisiin myös käsitellä rakennustyömaan kiintoainepitoiset hulevedet.

4.1.2 Hervanta

Hervannan alue kuuluu Vihiojan valuma-alueeseen, josta iso osa hulevesistä kulkeutuu Vihiojaan Tauskonojan kautta. Tauskonojasta on löydetty jäämiä öljyhiilivedyistä, joka voi olla peräisin myös Ruskon teollisuusalueelta. Hervannan alue on laajoilta osin asfaltilla päällystetty, jota kuivatetaan tehokkaasti hulevesiviemäreillä. Verkostokartassa näkyy myös liitännät asuinalueille, joten voidaan olettaa, että viemäreissä virtaa myös paljon kattovesiä.



Kuva 19: Hervannan ehdotetut laadunparannuskohteet kuvassa magentoilla ympyröillä. Punaisella viivalla on rajattu kuvan alemmalle ympyrälle purkava, hulevesiverkostolla kuivatettava alue. Syaamalla rajattu alue purkaa ylemmälle ympyrälle, jonne voitaisiin rakentaa maanpäällistä huleveden käsittelyä.

Tauskonojaan vietetään hulevesiä kahta reittiä pitkin. Toinen kerää hulevedet suurelta osalta keskistä Hervantaa, jolle huleveden laadunparannus olisi kannattavaa. Käsittelypisteenä voisi toimia Olympiapuiston alue ennen hulevesien virtaamista TTY:n alueelle, joka ei ole kaupungin omistuksessa. Olympiapuistoon virtaa hulevedet noin 34 hehtaarin

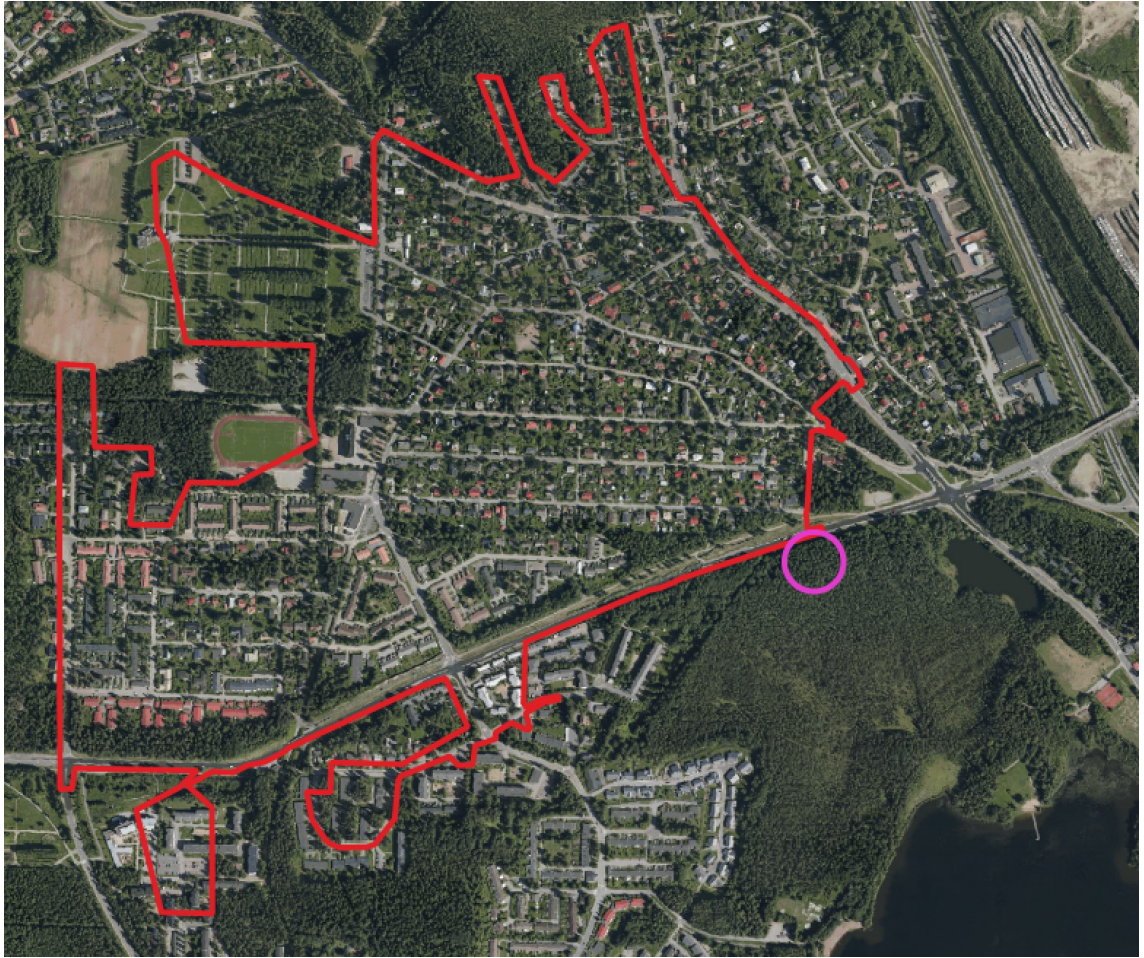
alueelta, joka vaatii laajan tilavarauksen erotinkaivoille. Vielä suuremman alueen hulevedet voitaisiin käsitellä juuri ennen Tauskonojan purkupistettä. Tällöin laadunparannuskohde tulisi sijoittaa TTY:n alueelle.

Mittausten mukaan suurin liikennemäärä Hervannan alueella kulkee Opiskelijankadulla (noin 4190 ajoneuvoa vuorokaudessa). Katu kuivatetaan hulevesiviemärillä, joka purkaa Hervannan valtavyhlän ja Opiskelijankadun risteyksessä olevaan ojaan. Tähän olisi myös mahdollista sovittaa huleveden laadullista käsittelyä esim. viivytsaltaalla.

Hervannassa ongelmana maarakentamisessa on ohut maakerros kalliopinnan ja pinta-maan välissä, joka voi vaatia kalliita louhintatöitä. Tämän vuoksi huleveden käsittelyn hinta voi nousta huomattavasti, ellei sopivaa paikkaa löydy. Maanpäällinen käsittely on oletettavasti erotinkaivoja halvempi käsittelymenetelmä Hervannassa. Lisäksi liikennemäärien mittaus Hervannan alueelta jää vajavaiseksi, sillä esim. Hervannan valtavyhlästä ei löydy liikennemääriä.

4.1.3 Lamminpää

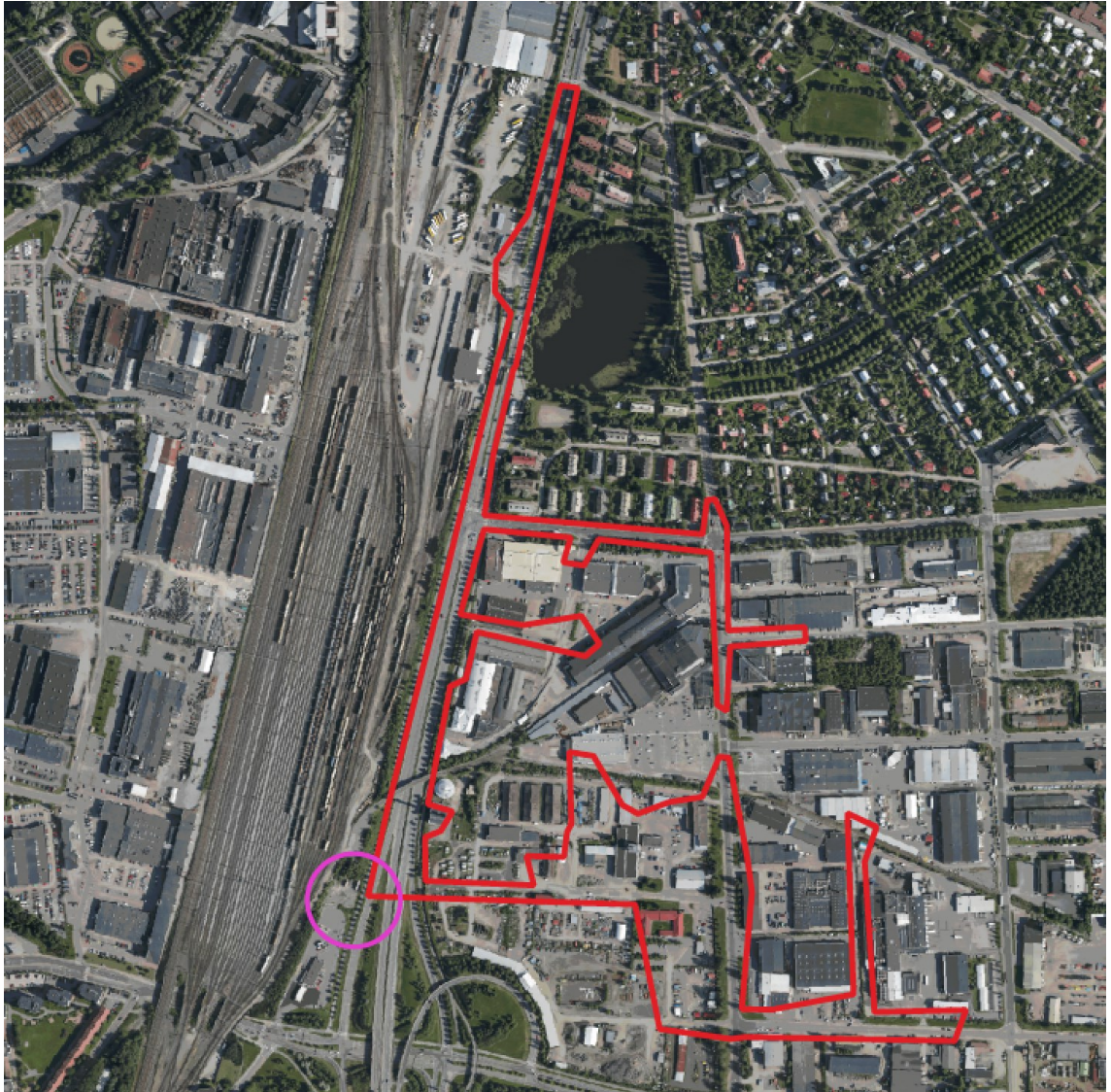
Pyhäjärven valuma-alueeseen kuuluvan Lamminpään kaupunginosan eteläpuolella kulkeva Myllypuronkatu on liikennemääränsä puolesta (noin 11 937 ajoneuvoa vuorokaudessa) sopiva kunnostuskohde. Kadun kuivatusvedet laskevat hyvälaatuiseen Tohlopinjärveen tai mahdollisesti tämän yläjuoksulla olevaan Pikku-Tohloppiin. Samaan purkukohtaan purkaa myös koko Lamminpään omakotialueen hulevedet, mutta kaatonsa puolesta Myllypuronkadun kuivatusvedet voisivat purkautua ensimmäisten joukossa. Purkupisteellä on nykyisin suurehko metsäalue, joten huleveden laadunhallinnallisten järjestelmien rakentaminen voi olla haastavaa. Koko alueen pinta-ala on lähes 100 hehtaaria, mutta valuntakerroin voidaan olettaa matalaksi (omakotialueet / pienet tontit on Katu 2002 (2003) kirjassa arvioitu valumakertoimeksi 0,3-0,25).



Kuva 20: Lamminpään ehdotettu laadunparannuskohde kuvassa magentalla ympyrällä. Punaisella viivalla on rajattu kohteelle purkava, hulevesiverkostolla kuivatettava alue.

4.1.4 Lempääläntie ja Viinikka

Lempääläntie on nykyisin vilkkaasti liikennöity ja ruuhka-aikaan ajoneuvoja täynnä. Tämä alue kuivatetaan hulevesiverkostolla 900 metrin pituudelta. Tämän lisäksi samaan hulevesiverkostoon purkaa kuivatusvedet Viinikan teollisuus- ja varastoalueelta, jossa sijaitsee myös kaupungin varikko. Verkosto kuivattaa välittömästi noin 15 hehtaarin alueen. Koko kuivatettavan alueen pinta-ala on oletettavasti tätä suurempi, mutta tonttiliitosten laajuus ei käy verkostokartasta selville. Verkostokartassa näkyy myös Lempääläntiellä viemärin takakaatoa Pahalammen kohdalla. Tällä kaivovälillä toisesta kaivosta on merkitty viemäriliitos lampea kohti, mutta korkoasema on merkitty nolaksi. Voisi siis olla, että noin 300 metrin matkalla Lempääläntietä kuivatettavat hulevedet purkavat Pahalampeen tai vedenpinnan noustessa Pahalammissa liian korkealle virtaa tämä osa verkostoon. On myös mahdollista, että tämä putkiliitos on tulpattu jälkepäin.



Kuva 21: Lempääläntielle ehdotettu laadunparannuskohde kuvassa magentalla ympärillä. Punaisella viivalla on rajattu kohteelle purkava, hulevesiverkostolla kuivatettava alue.

Suunniteltu laadunparannuksen paikka sijaitsee nykyisin päällystämättömällä väliaikaisella parkkipaikalla, joka ei ole kaupungin omistuksessa. Alue on rautatien välittömässä läheisyydessä, joten alueen omistaneen valtio. Tästä verkosto jatkaa etelään ja purkaa hulevedet Vihiojaan. Verkoston syvyydestä johtuen laadunparannukseen soveltuvat paremmin erottimet.

Lempääläntien varteen suunnitellut erotinkaivot taas eivät sijaitse kaupungin alueella, vaan valtion. Lisäksi alueen välittömässä läheisyydessä sijaitsee rautatien päärata. Tästä syystä suunnitteluun tulee mahdollisesti huomioida myös Liikenneviraston suunnittelua. Tämä nostaa yleensä suunnittelu- ja rakennuskustannuksia huomattavasti.

4.1.5 Lielahti

Lielahden kauppakeskusalue koostuu pääosin päällystetyistä teistä sekä parkkialueista, joilta virtaavat sademäärät ovat rankkasateiden aikaan suuria. Nämä virtaavat Näsijärveen Lielahden laskuojan läpi. Alueelta voidaan arvioida virtaavan huomattavia määriä erilaisia päästöjä huleveden mukana, joille olisi kustannustehokasta järjestää laadullista hallintaa. Ongelmana on kuitenkin tilanpuute sekä maiden yksityisomisteisuus. Tampereen kaupungin maita on laskuojan pohjoispuolelta, mutta alueelle kohdistuu paine uusien asuntojen rakentamiselle kaupungin ostettua maa-alue Metsä Boardilta.



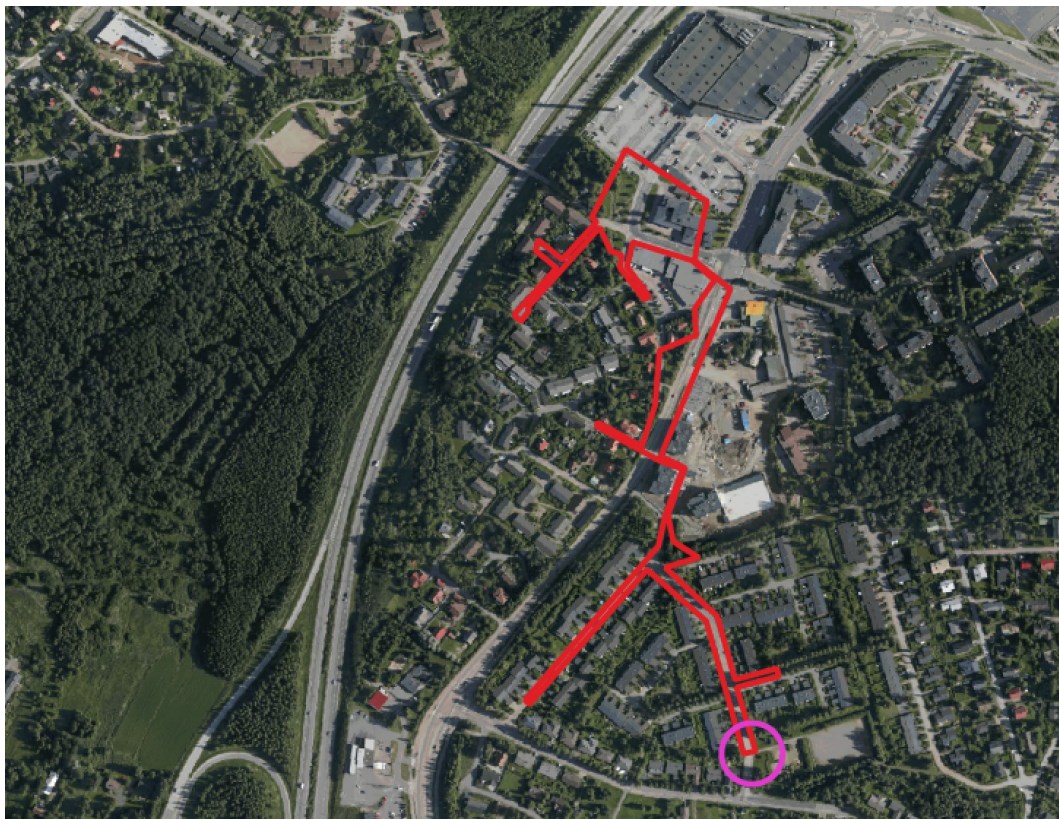
Kuva 22: Lielahden ehdotettu laadunparannuskohde kuvassa magentalla ympyrällä. Punaisella viivalla on rajattu kohteelle purkava, hulevesiverkostolla kuivatettava alue.

Lielahden länsiosassa on kuitenkin sopiva alue hulevesien laadunparannukselle. Nykyisen ojan viereen voitaisiin viettää hulevesiä Turvesuonkadulta (mitattu 10 256 ajoneuvoa vuorokaudessa), teollisuus- ja varastoalueilta ja näiden parkkialueilta sekä omakotialueelta. Hulevesiverkostoa on kehitetty viime aikoina ja verkostokartasta ei löydy kaikista kaivoista viemäriputkien korkolukemia, joka tosin voi merkitä myös joidenkin viemäreiden kulkevan kaivon läpi. Kuvassa esitetyn pisteen alueelle purkaa hulevedet noin 25 hehtaarin alueelta ja oja laskee lopulta Ryydynpohjaan. Purkupisteelle olisi mahdollista rakentaa sekä maanpäällisiä, että maanalaisia huleveden hallintajärjestelmiä.

Näsijärven valuma-alueella sijaitsevan Paasikiventien varrelle olisi liikenteen ja nykyisen hulevesiverkoston puolesta kannattavaa rakentaa öljynerotinkaivoja, mutta tien ja rannan välinen etäisyys jää purkupisteissä kapeaksi. Lisäksi tälle välille on kaavailtu raitiotien linjausta, jolloin huolto olisi lähes mahdotonta toteuttaa keskeyttämättä raitiotieliikennettä. Lisäksi useat purkupisteet palvelevat vain muutamaa ritiläkaivoa, jolloin laadunparannus voi olla kannattamatonta.

4.1.6 Linnainmaa

Linnainmaalla sijaitseva Aitolahdentie muodostaa huleveden laadunparantamiselle soveltuvan kohteen suuren liikennemäärän vuoksi (noin 10 525 ajoneuvoa vuorokaudessa). Liikennettä aiheuttavat oletettavasti alueella sijaitsevat suuret automarketit. Näiden kuivatusta ei kuitenkaan ole verkostokarttaan selvästi merkitty, joka aiheuttaa selvän epävarmuustekijän. Potentiaalisesti paikaksi kuitenkin soveltuisi noin 250 metriä Aitolahdentietä kuivattava sekä mahdollisesti Prisman ostoskeskuksen parkkipaikkaa kuivattava viemärilinja. Tämä purkaa hulevedet Pyhäojaan purkavaan pienempään ojaan Torponpuiston kohdalla. Torponpuiston kulmassa sijaitsevalle viherkaistalle voisi mahtua myös maanpäällinen laadunkäsittelyn hallintamenetelmä. Tästä ei kuitenkaan ole täyttä varmuutta, sillä hulevesikaivojen pinnankorkotieto puuttuu verkostokartasta. Kuivatettavan alueen pinta-ala on noin 2,2 hehtaaria.



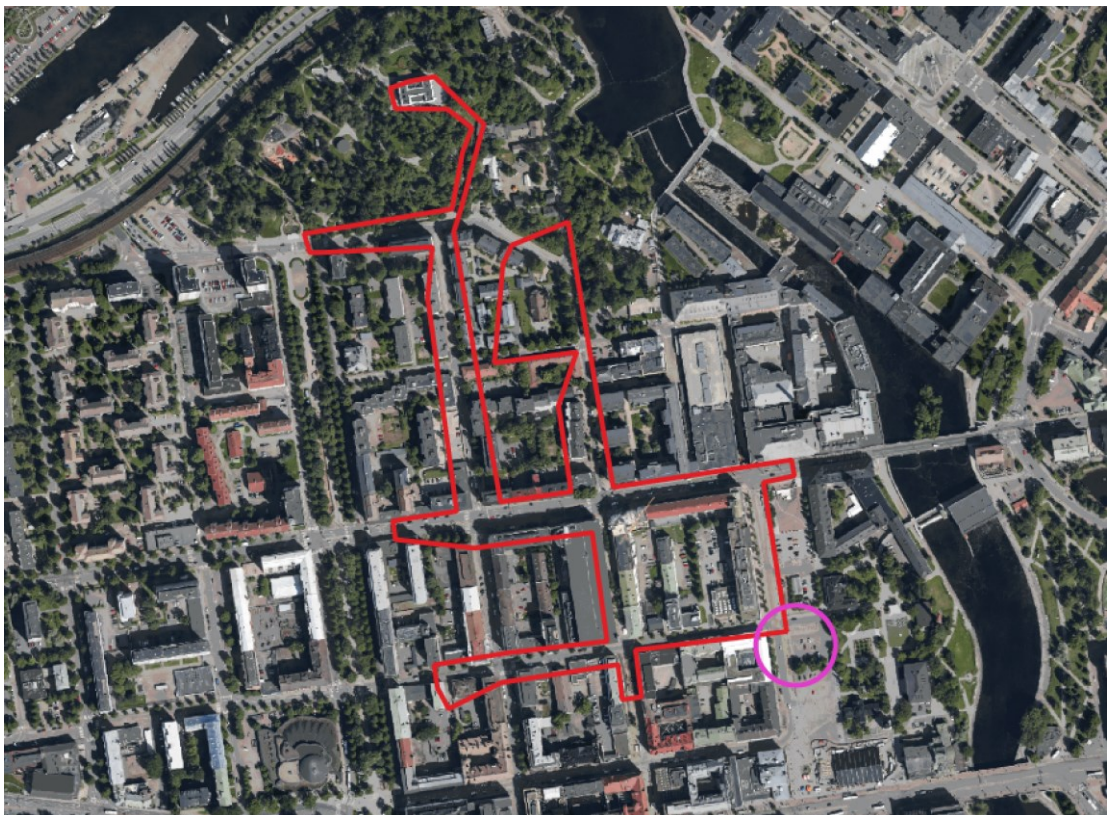
Kuva 23: Linnainmaan ehdotettu laadunparannuskohde kuvassa magentalla ympyrällä. Punaisella viivalla on rajattu kohteelle purkava, hulevesiverkostolla kuivatettava

alue. Rajatun alueen lisäksi kuvan ylälaudassa näkyvältä parkkipaikalta kuuluu mahdollisesti kuivatettavaan alueeseen.

4.1.7 Keskusta

Keskustan alueelle on tilanpuutteen vuoksi hankala sijoittaa erotinkaivoja, vaikka liikennettä olisi paljon. Tampereella keskustan alueella mitatuilta alueilta liikennemäärät ovat suurimpia Satakunnankadulla (noin 10 778 ajoneuvoa vuorokaudessa). Tammerkosken itäpuolella Satakunnankadun kuivatusvedet virtaavat Rongankadun kautta Koskipuistoon. Täällä verkoston peitesyvyys on kuitenkin suurta (Rongankadun ja Pellavatehtaan kadun risteyksessä neljä metriä), joten kaivannot olisivat syviä. Lisäksi tilaa löytyy käytännössä ainoastaan Koskipuistossa, josta jouduttaisiin töiden vuoksi oletettavasti kaatamaan puita.

Tammerkosken länsipuolella Satakunnankatua kuivatetaan hulevesiviemäreillä noin 400 metrin pituudelta. Hulevedet johdetaan Satakunnankadulta Aleksis Kiven kadulle Puutarhakadun risteyksestä, jonka jälkeen tilaa erottimille olisi Keskustorin puoleisella parkkialueella. Viemäri jatkaa kohti Laukontoria, johon myös voitaisiin erottimet rakentaa, mutta tälle välille kuivatetaan tontteja Hämeenkadun eteläpuolelta, joka kuormittaisi verkostoa. Yksi vaihtoehto olisi viivyttää hulevesiä Hämeenkadun pohjoispuolella esim. hulevesikaseteilla ja johtaa hulevesivirtaamat tämän jälkeen Laukontorin erottimille.



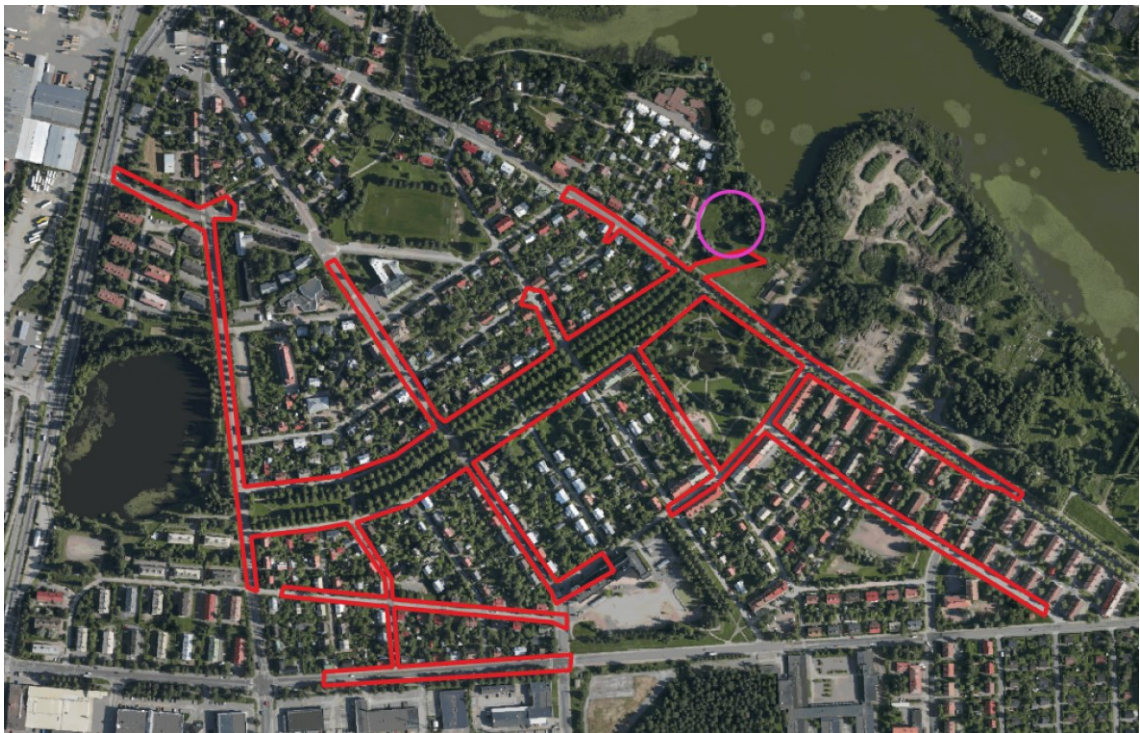
Kuva 24: Keskustan ehdotettu laadunparannuskohde kuvassa magentalla ympyrällä. Punaisella viivalla on rajattu kohteelle purkava, hulevesiverkostolla kuivatettava alue.

Hämeenkadun pohjoispuolelle sijoitettuna erottimille virtaisi hulevedet noin 7,6 hehtaarin alueelta. Verkoston syvyyden vuoksi maanpäällistä huleveden laadunparannusta ei voitaisi rakentaa, vaan tämä tulisi toteuttaa erotinkaivoilla. Kaivannon syvyys olisi tässä tapauksessa noin seitsemän metriä.

Satakunnankadun liikennemäärät saattavat tulevaisuudessa muuttua Kunkun parkkihallin rakentamisesta johtuen, jolloin keskustaan kulkisi ajoneuvoja mahdollisesti Rantatunnelin kautta. Suunnitelmat parkkihallin liittynästä ovat kesken.

4.1.8 Nekala

Iidesjärven etelärannalla on potentiaalia huleveden laadunparannukselle ennen purkamista Iidesjärveen. Kuivatettavalla alueella sijaitsee noin 650 metriä Nekalantietä (7189 ajoneuvoa vuorokaudessa) ja ulottuu kuivattamaan myös 450 metriä Viinikankatua (6184 ajoneuvoa vuorokaudessa). Näiden lisäksi hulevettä tulee verkostoon myös Nekalan omakotialueelta. Omakotialuetta kuivatetaan pitkälti ojiin, josta hulevedet johdetaan hulevesiverkostoon. Yhteensä tämän alueen kuivatettava pinta-ala on noin 10,5 hehtaaria. Purkuputki on kuitenkin Maanmittauslaitoksen antaman Iidesjärven vedenpinnan tason alapuolella, joten öljynerottimen purkuputkelle tulisi mahdollisesti laittaa takaiskuventtiili huuhtoutumisen estämiseksi.



Kuva 25: Nekalan ehdotettu laadunparannuskohde kuvassa magentalla ympyrällä. Punaisella viivalla on rajattu kohteelle purkava, hulevesiverkostolla kuivatettava alue.

Alueen rakennussuunnittelussa tulee kuitenkin huomioida alueen historia. Iidesjärven etelärannalla toimi aikoinaan Nekalan kaatopaikka, joka on jo suljettu. Kaatopaikasta johtuen rakentamisjärjestelyt voivat olla kalliita ja näitä tulee suunnitella huolella terveystieteiden vuoksi. Iidesjärvestä vesi purkautuu Viinikanojaa pitkin Pyhäjärveen.

4.1.9 Teiskontie

Teiskontie osuus TAYS:n kohdalla on vilkasliikenteinen (KVL 24 425 ajoneuvoa) ja parkkitilaa on alueella myös runsaasti. Verkostokartan perusteella tältä alueelta voitaisiin johtaa hulevesiä noin 700 metrin matkalta erottimelle ennen kuin tie kääntyy Kissanmaankadulle. Verkostokartta ei selvästi kerro, kuinka suuria alueita Teiskontien pohjoispuolen parkkipaikoista kuivatetaan viemäreillä, mutta putket selvästi ulottuvat tänne. Kuivatettavan alueen pinta-ala on noin 6 hehtaaria. Maanpäällistä huleveden laadullista parantamista ei verkoston syvyyden vuoksi voitaisi toteuttaa ja erottimilla kaivannon syvyydeksi tulisi noin seitsemän metriä. Alue, jonne erottimet mahtuisivat, on viheraluetta ja jää Teiskontien ja omakotialueen väliin.



Kuva 26: Teiskontien ehdotettu laadunparannuskohde kuvassa magentalla ympyrällä. Punaisella viivalla on rajattu kohteelle purkava, hulevesiverkostolla kuivatettava alue.

On myös huomioitava, että Teiskontieltä hulevedet kaatavat ensin laajaan ojaan, jota kuivatetaan ritiläkaivoilla. Tästä johtuen kaikki sateet eivät välttämättä edes päädy purkupistettä kohti, vaan imeytyvät maahan. Tästä johtuen viemäriin päätyy Teiskontieltä rankkasateiden hulevedet, joissa kiintoainemääräkin voi olla suurempi. Teiskontien varrelta hulevedet purkautuvat lopulta Vuohenojaan ja tästä Iidesjärveen.

4.2 Priorisointi

Priorisoinnissa tulee ottaa huomioon useita asioita, kuten vastaanottavan veden nykyinen tila, vesistön haavoittuvuus, muutokset valuma-alueen rakentamisessa sekä purkupisteen alajuoksulla sijaitsevat vesistöt. Tavoitteena on vesistöjen laatuojen parannus EU:n vesidirektiivin vaatimalle, vähintään hyvän ekologisen tilan tasolle. Mikäli järvialueen ympäristö on lähiaikoina muuttumassa tai järven tila on huonontunut vähän kerrallaan, voi tämä olla merkki hulevesien laadunparannuksen tarpeellisuudesta. Hulevesien laadunparannus voi tuoda helpotusta pitkällä aikavälillä, sillä järven kunto ei kohennu ennen vesistöön kohdistuvan ulkoisen kuormituksen vähentämistä.

Järvien tämänhetkisen tilan perusteella EU:n asettamaa rajaa huonompaan tilaan Tampereen alueella kuuluvat; Vaakkolampi (välttävä), Näsijärvi (Lielahden ja Olkahistenlahden kohdalla tyydyttävä, muualla hyvä), Pyhäjärvi (jokaisella kolmella mittauspisteellä tyydyttävä), Iidesjärvi (välttävä), Peltolampi (tyydyttävä), Iso-Virolainen (tyydyttävä), Pieni-Virolainen (välttävä), Ahvenisjärvi (välttävä), Iidesjärvi (välttävä), Alasjärvi (tyydyttävä), Pikku-Niihama (huono), Halimasjärvi (välttävä) ja Näsijärvi (Olkahistenlahti). (KVVY, 2017)

Tämän työn yhteydessä esitetyillä laadunparannuskohteilla voitaisiin vaikuttaa Pyhäjärven, Iidesjärven, Tohlopin sekä Ryydynpohjan (laskee Näsijärveen) tilaan. Esitetyistä laadunparannuskohteista oletettavasti suurimman päästömäärän vastaanottaa Lempääläntien varteen esitetty piste. Tosin teollisuus- ja varastoalueilta peräisin olevia päästöjä ei voida tarkasti arvioida, joten Lielahden ja Hatanpään pisteisiin saapuvat hulevedet saattavat laadultaan vaihdella huomattavasti. Ehdotettujen laadunparannuskohteiden purkuvesistöt ja näiden tila on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6: Laadunparannuskohteiden purkuvesistö ja näiden nykyinen kunto. Purkuvesistön seuraava vesistö merkitty -> -merkillä. Jokien kunto on määritelty sameuden, rehevyyden ja eroosioaurioiden perusteella Salon (2011) antamilla tuloksilla.

Kohde	Laskee ojaan/järveen	Joen/järven tila	Järvet alajuoksulla
Hervanta	Tauskonoja -> Vihioja	Huono	Pyhäjärvi
Lempääläntie	Vihioja	Huono	Pyhäjärvi
Linnainmaa	Pyhäojan laskuoja -> Pyhäoja	Välttävä	Iidesjärvi -> Pyhäjärvi
Nekala	Iidesjärvi	Välttävä	Pyhäjärvi
Teiskontie	Vuohenoja	Välttävä	Iidesjärvi -> Pyhäjärvi
Hatanpää	Pyhäjärvi	Tyydyttävä	Pyhäjärvi
Lielahden	Ryydynoja	Tyydyttävä	Ryydynpohja -> Näsijärvi
Keskusta	Ratinan suvanto	Tyydyttävä	Pyhäjärvi
Lamminpää	Tohloppi	Erinomainen	Vaakkolampi -> Pyhäjärvi

Tässä työssä esitetyt huleveden laadunparannukset on kohdistettu tiealueilta tuleville haitallisille aineille ja kiintoaineelle, jotka vaikuttavat erityisesti vesistön lajirikkauteen. Lajirikkauden heikentyminen johtuu huleveden sisältämien aineiden myrkyllisyydestä ja

veden samentumisesta. Toinen vilkkailta liikennealueilta saapuvien haitallisia aineita sisältävien hulevesien aiheuttama vaikutus vesistöissä on happitilanteen heikentyminen, erityisesti järvissä, joissa veden vaihtuvuus on vähäistä. Happitilanne huonontuu veden kerrostuessa liuenneiden metallien vaikutuksesta ja öljyhiilivetyjen muodostaessa hapen imeytymistä haittaavan kalvon veden pinnalle. Kunnostuskohteiden priorisointi tulee kohdentaa sellaisiin kohteisiin, joiden tila voisi parantua ensisijaisesti tiealueilla muodostuvien hulevesien laadun paranemisella.

Laadunparannuskohteiden aiheuttamaa kuormitusta voidaan arvioida ajoneuvomäärien ja kuivatettavan tien pituudella, joita on laskettu taulukossa 7. Ajoneuvomäärät kerrotaan kuivatettavan tien pituudella, jolloin saadaan kohteen keräämät pisteet. Taulukosta nähdään, että suurin potentiaalinen päästömuodostuma saapuu Lempääläntieltä. Tämän jälkeen tulivat Teiskontie, Lamminpää, Hatanpää, Lielähti, Nekala, Keskusta ja Linnainmaa. Hervanta jäi viimeiseksi puuttuvien ajoneuvomäärien vuoksi. Nekalaa lukuun ottamatta kohteissa ei voitu ottaa laskentaan mukaan useampia kuivatettavien teiden ajoneuvomääriä, vaikka tällaisilta teiltä hulevesiä laadunparannuskohteelle johdettaisiinkin. Tämä johtui siitä, että ajoneuvomääriä ei ollut saatavilla.

Taulukko 7: Liikennemäärän ja kuivatettavan tien pituuden mukaan saadut pisteet ja sijoitukset eri laadunparannuskohteilla. Nekalassa voitiin ottaa huomioon myös Viinikankadun tie-osuus, sillä tältä löytyi tieto ajoneuvomäärästä.

Kohde	Liikennemäärä [ajon./vrk]	Kuivatettavan tien pituus [m]	Pisteet	Sijoitus
Lempääläntie	28200	900	25,38	1
Teiskontie	24425	700	17,10	2
Lamminpää	11937	1300	15,52	3
Hatanpää	15000	600	9,00	4
Lielähti	10256	500	5,13	5
Nekala	7189+6184	650+450	4,67	6
Keskusta	10778	400	4,31	7
Linnainmaa	10525	250	2,63	8
Hervanta	vaihtelee	laaja	ei arvoa	

Lempääläntien ja Teiskontien suuret liikennemäärät saavat aikaan korkeat pistemäärät, mutta näiden lisäksi Lamminpään laadunparannuskohteelle kertyy pitkän kuivatettavan matkan tuloksena paljon pisteitä. Kohteiden priorisoinnissa voidaan myös huomioida hulevesien kuormituksen sopivuutta vesistölle, johon hulevedet purkautuvat. Tähän käytettiin laadunparannuskohteiden kuormittavuuden sijoitusta ja vesistön kuntoa. Vesistön tilalle annettiin pisteet 1 – 5, jossa 1 kuvaa huonoa tilaa ja 5 erinomaista. Nämä arvot on kerätty taulukkoon 8.

Taulukko 8: Vesistön tilan ja huleveden kuormituksen perusteella arvioitu priorisointi. Vesistön tila arvioitiin viisiportaisella asteikolla, jossa 1 kuvaa huonoa ja 5 erinomaista vesistön tilaa.

Kohde	Vesistön tila	Kuormitus	Pisteet	Sijoitus
Lempääläntie	1	1	1	1
Teiskontie	2	2	4	2
Hatanpää	3	4	12	3
Nekala	2	6	12	3
Lamminpää	5	3	15	4
Lielahdi	3	5	15	4
Linnainmaa	2	8	16	5
Keskusta	3	7	21	6
Hervanta	1	ei arvoa	ei arvoa	

Taulukon 8 mukainen priorisointi ei välttämättä ole paras kertomaan, missä järjestyksessä ehdotetut laadunparannuskohteet tulisi rakentaa. Jotta vesistöjen tilaa saataisiin parannettua, tulee ensin selvittää ulkoiset kuormitukset ja näiden seuraukset. On myös huomioitava, että laskennassa Hervanta ei ajoneuvoliikennemäärien puuttuessa saanut lainkaan pisteitä, eikä tällöin myös sijaa. Silti SYKE:n Hertta –palvelussa Hervannasta vetensä saava Tauskonoja oli ainoa oja, josta havaittiin öljyhiilivetyjä. Lisäksi tapa, jolla hulevesien laatua käsitellään on tärkeä, sillä esim. huleveten liuennetta metalleja ja suoloja ei saada erotettua muuten kuin suodattamalla hulevedet. Hulevesien laadun parantaminen on kuitenkin hyvä lähtökohta hulevesien taajamista kuljettamien haitta-aineiden vähentämisessä.

Priorisoinnissa vesistön kunnon lisäksi voidaan ottaa huomioon vesistön virkistyskäyttö ja laadunparannuskohteelle saapuvan huleveden arvioitu laatu. Järvistä, joihin ehdotetulta laadunparannuskohteelta hulevedet purkautuvat, virkistyskäytössä ovat: Tohloppi, Pyhäjärvi ja Ryydynpohja. Näistä Ryydynpohjassa on havaittu happikatoa kesäisin, mutta ei kuitenkaan sisäistä kuormitusta.

5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä tutkittiin Tampereen kaupungin alueelta huleveden laadunparannukselle soveltuvia kohteita paikkatieto-ohjelmalla ja priorisoitiin näiden toteuttamista. Tarve laadunparannukselle arvioitiin käyttäen Liikenneviraston ja Tampereen kaupungin avointa dataa, joista saatiin selville katu- ja tiekohtaiset liikennemäärät. Tämän jälkeen selvitetiin, miten kuivatus on hoidettu vilkkaimmin liikennöidyillä teillä ja minne hulevedet johdetaan hulevesien verkostokartan perusteella. Hulevesien laadunparannuksen tehokkuuden maksimoimiseksi hulevesiä tuli kuivattaa vilkkailta teiltä mahdollisimman laajalta alueelta. Tämän jälkeen tarkisteltiin, onko tiealueen ja purkupisteen välissä sopivaa tilaa, johon hulevesien käsittely mahtuisi. Hulevesien laadullinen käsittely oletettiin työssä tehtävän öljyn- ja hiekanerottimilla, mutta joillekin määritetyille kohteille soveltuu myös maanpäällinen käsittelytapa.

Hulevesien laadulliseen käsittelyyn soveltuvia alueita löytyi tässä työssä yhdeksän; Hatanpäästä, Hervannasta, Lamminpäästä, Lempääläntieltä, Lielahdesta, Linnainmaalta, Keskustasta, Nekalasta ja Teiskontieltä. Laadunparannuskohteille virtaavan huleveden on arvioitu sisältävän kohonneita määriä haitallisia aineita, jotka johtuvat suurista liikennemääristä. Liikennöidyiltä teiltä kulkeutuu hulevesien mukana tavallisesti metalleja sekä kiinteässä, että liuenneessa muodossa, öljyhiilivetyjä, PAH-aineita sekä asfaltin kulumisesta aiheutuvaa kiintoainetta. PAH-aineet ja metallit kulkeutuvat usein kiintoaineeseen sitoutuneena sateen intensiivisimmässä vaiheessa ja huleveteen liukenevat aineet ja öljyhiilivedyt valunnan alkuhetkillä. Laadunparannuksessa haitallisten aineiden määrää hulevedessä pyritään vähentämään, jolloin kaupungin alueen vesistöjen ekologinen tila paranisi ja tilan huonontumiselta vältyttäisiin. Vesistöjen tilan parantamista voidaan priorisoida eri tavoin: vesistö voi olla alueen asukkaiden aktiivisessa virkistyskäytössä tai vesistön tila on pitkään heikentynyt. Nyt esitetyt laadunparannukseen maankäytön puolesta soveltuvat kohteet sopivat teoriassa erityisen hyvin käsiteltäväksi näiden aiheuttaman kuormituksen vuoksi. Huleveden laadusta voisi kuitenkin ottaa näytteitä ennen rakennussuunnittelua käsittelytarpeen varmistamiseksi.

Hulevesien laadun parantamisella on paikkansa kaupunkien alueella sijaitsevien vesistöjen kunnon parantamisessa ja näiden ylläpidossa. Oletuksena on, että tulevaisuudessa kaupunkien hulevedet saavat omat laadunorminsa ympäristölainsäädännössä näiden aiheuttaman kuormituksen vuoksi. Kaupungeissa on pyritty kehittämään joukkoliikennettä, jotta henkilöautoliikenteen määrä saataisiin laskuun, mutta muutos on hidasta. Lisäksi ajoneuvoliikenteen on arvioitu muuttuvan, kun öljypohjaiset polttoaineet korvataan sähköllä ja itseohjautuvien autojen määrä liikenteessä kasvaa.

LÄHTEET

Aaltonen, J., Hohti, H., Jylhä, K., Karvonen, T., Kilpeläinen, T., Koisitinen, J., Kotro, J., Kuitunen, T., Ollila, M., PArvio, A., Pulkkinen, S., Silander, J., Tiihonen, T., Tuomenvirta, H., Vajda, A. 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Suomen Ympäristökeskus, Suomen ympäristö 31/2008. Helsinki. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38381/SY_31_2008.pdf?sequence=7>

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 1999. Toxicological profile for total petroleum hydrocarbons (TPH). U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Saatavilla: <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp123.pdf>>

Baker K.H. ja Clark S.E., 2012. Recycling Vertical-Flow Biofilter: A Treatment System for Agricultural Subsurface Tile Water, Irrigation - Water Management, Pollution and Alternative Strategies, Dr Iker Garcia-Garizabal, InTech. Saatavilla; <<https://www.intechopen.com/books/irrigation-water-management-pollution-and-alternative-strategies/recycling-vertical-flow-biofilter-a-treatment-system-for-agricultural-subsurface-tile-water>>

Blecken, G-T., Marsalek, J., Viklander, M., 2011. Laboratory Study of Stormwater Biofiltration in Low Temperatures: Total and Dissolved Metal Removals and Fates. Water, Air & Soil Pollution, Vol. 219, Issue 1-4, sivut 303-317. Saatavilla: <[https://link-springer-com.libproxy.tut.fi/article/10.1007%2Fs11270-010-0708-2](https://link.springer-com.libproxy.tut.fi/article/10.1007%2Fs11270-010-0708-2)>

Brandt, H.C.A., de Groot, P.C., 2001. Aqueous leaching of polycyclic aromatic hydrocarbons from bitumen and asphalt. Water Research, Vol. 35, Issue 17. s. 4200-4207. Saatavilla: <<http://www.sciencedirect.com/libproxy.tut.fi/science/article/pii/S0043135401002160>>

Clark, S. E., Pitt, R. 2012. Targeting treatment technologies to address specific stormwater pollutants and numeric discharge limits. Water research, Vol. 46, s. 6715-6730. Saatavilla: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135412004915>>

Drapper, D., Hornbuckle, A., 2016. Case studies of a hydrocarbon capture technology for stormwater quality class 1 compliance against EN BS858.1-2002 and subsequent field evaluation. Water vol. 8, 48. Saatavilla: <<https://doaj.org/article/fdcc80c1a25f454cace36948ae292a93>>

Dempsey, B. A., Tai, Y. L. ja Harrison, S. G., 1993. Mobilization and removal of contaminants associated with urban dust and dirt. Water Science Technology. Vol. 28, 3-5, s.

225-230. Saatavilla: <<https://search-proquest-com.libproxy.tut.fi/docview/1943295797?pq-origsite=summon>>

Environment Canada, Health Canada, 2001. Canadian Environmental Protection Act, 1999. Priority substances list assessment report; Road salts. Viitattu: 14.11.2017.

EU komission direktiivi 2000/71/EY. Viitattu 20.9.2017 Saatavilla: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex:32000L0071>>

Euroopan komissio. Ehdotus. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi, direktiivien 2000/60/EY ja 2008/105/EY muuttamisesta vesipolitiikan alan prioriteettiaineiden osalta. 2012. Saatavilla: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52011PC0876>>

Glenn, Donald. W, Sansalone, John, J. 2002. Accretion and partitioning of heavy metals associated with snow exposed to urban traffic and winter storm maintenance activities. II, Journal of environmental engineering, Vol. 128, s. 167-185. Saatavilla: <[https://ascelibrary-org.libproxy.tut.fi/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2002\)128:2\(167\)](https://ascelibrary-org.libproxy.tut.fi/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9372(2002)128:2(167))>

Göbel, P., Diekers, C., Coldewey, W. G. 2007. Storm water runoff concentration matrix for urban areas. Journal of contaminant hydrology, Vol. 91(1-2), s. 26-42. Saatavilla: <<http://www.sciencedirect.com.libproxy.tut.fi/science/article/pii/S0169772206001938?via%3Dihub>>

Helmreich, B., Hilliges, R., Schriewer, A., Horn, H., 2010. Runoff pollutants of a highly trafficked urban road – correlation analysis and seasonal influences. Chemosphere Vol. 80, Issue 9, s. 991-997. Saatavilla: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653510006132>>

Honkonen, O., 2015. The fate of urban derived contaminants in boreal environments. Väitöskirja. Helsingin Yliopisto. Saatavilla: <<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/157026>>

Hulevesiopas. 2012, Helsinki, Suomen Kuntaliitto.

Hulevesiopas, 2017. Hulevesioppaam päivitettyt luvut lainsäädännön muutosten osalta. Suomen Kuntaliitto ry. Helsinki.

Iltalehti, 2011. Viitattu 10.10.2017. [WWW] Saatavilla <http://www.iltalehti.fi/uutiset/2011101814591851_uu.shtml>

Katu 2002, 2003. Kadunrakennuksen tekniset ohjeet. Suomen kuntatekniikan yhdistys ry.

Korhonen, K-H., Gardemeister, R., Tamminne, M., 1974. Geotekninen maaluokitus. VTT. Tiedonanto 14. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/1970s/geotekniikan_tiedonanto_14.pdf>

Kotola, J., Nurminen, J., 2003. Kaupunkialueiden hydrologia – Valunnan ja Ainehuuhtouman Muodostuminen Rakennetuilla Alueilla, osa I, kirjallisuustutkimus. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakentamisen julkaisuja 7. Otamedia Oy, Espoo.

KVVY ry, Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Viitattu 4.10.2017. [WWW] Saatavilla: <<http://www.vesikeskus.fi/vedenlaatu/index.php?haku=viinikanoja>>

Li, J., Chui, J., 2004. Hydraulic considerations in designing an oil spill control system for a stormwater outfall 1. Journal of Environmental Engineering and Science. September 2004; 3, 5. s. 355-364. Saatavilla: <<https://search-proquest-com.libproxy.tut.fi/docview/237214309?pq-origsite=summon>>

Liikennevirasto, 2013. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Helsinki. Liikenneviraston ohjeita 5/2013. Saatavilla: <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2013-05_teiden_ja_ratojen_web.pdf>

Liukkonen, H., 2015. Tampereen kaupungin autokorjaamoiden valvonta 2014, Loppuraportti, Ympäristönsuojelun julkaisuja 1/2015. Tampereen kaupunki. Saatavilla: <https://www.tampere.fi/liitteet/a/WKOXFZr3k/Autokorjaamoprojekti_2014_raportti.pdf>

Lye, D., J. 2009. Rooftop runoff as a source of contamination: A review. Science of Total Environment. Vol 207, 21. S. 5429-5434. Saatavilla: <<http://www.sciencedirect.com.libproxy.tut.fi/science/article/pii/S0048969709006706?via%3Dihub>>

Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL). 5.2.1999/132. Viitattu 27.9.2017. Saatavissa <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>>

Markiewicz, A., Björklund, K., Eriksson, E., Kalmykova, Y., Strömvall, A-M., Siopi, A., 2016. Emissions of organic pollutants from traffic and roads: Priority pollutants selection and substance flow analysis. Science of Total Environment. Vol. 580. s. 1162-1174. Saatavilla: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716327619>>

Marsalek, J. 2003. Road salts in urban stormwater: an emerging issue in stormwater management in cold climates. Water Science and Technology, Vol. 48, s. 61-70. Saatavilla: <<https://search-proquest-com.libproxy.tut.fi/docview/1943411460?pq-origsite=summon>>

Melanen, M., 1980. Taajamien hule- ja sulamisvedet. I osa, Laadun tarkastelu. Vesihallitus, Tiedotus 197.

Morgan, D., Johnston, P., Osei, K., Gill, L., 2017. The influence of particle size on the first flush strength of urban stormwater runoff. *Water Science & Technology*. Saatavilla: <<http://wst.iwaponline.com.libproxy.tut.fi/content/76/8/2140>>

Morquecho, R., Pitt, R., Clark, S. E. 2005. Pollutant associations with particulates in stormwater. *World Water an Environmental Resources congress*. Saatavilla: <[https://ascelibrary-org.libproxy.tut.fi/doi/abs/10.1061/40792\(173\)216](https://ascelibrary-org.libproxy.tut.fi/doi/abs/10.1061/40792(173)216)>

Murphy, Louis U. 2015. Build-up and wash-off dynamics of atmospherically derived Cu, Pb, Zn and TSS in stormwater runoff as a function of meteorological characteristics. *Science of the Environment*, Vol. 508, s. 206-213. Saatavilla: <<https://www.sciencedirect-com.libproxy.tut.fi/science/article/pii/S0048969714016957>>

Novotny, E. V., Sander, A. R., Mehseini, O., Stefan, H. G. 2009. Chloride ion transport and mass balance in a metropolitan area using road salt. *Water Resources Research*, Vol. 45, W12410. Saatavilla: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009WR008141/full>>

Nurmi, P., 2001. Sadevesiviemäreiden vedenlaatu. *Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Moniste*. Helsinki. Viitattu 28.9.2017. Saatavilla <<https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/moniste-08-01.pdf>>

Ohtola, H., Kotilainen, I., 2015. Rakentamistapaohje, Asemakaava nro 8192, Hervantajärvi. LUONNOS. Saatavilla: <https://www.tampere.fi/ytoteto/aka/nahtavillaolevat/8192/luonnos/8192_rakentamistapaohje.pdf>

Paakkinen, M., 2017. Vuonna 2016 tutkittujen järvien vedenlaatu. *Tampereen kaupunki. Saatavilla* <https://www.tampere.fi/tiedostot/v/oebcDZxL9/Vuosiyhenteenveto_Tampereen_jarvet_2016.pdf>

Polkowska, Z., Gorecki, T., Namiesnik, J., 2002. Quality of roof runoff waters from an urban region (Gdansk, Poland). *Chemosphere*, Vol. 49, Issue 10. Sivut 1275-1283. Saatavilla: <<http://www.sciencedirect.com.libproxy.tut.fi/science/article/pii/S0045653502006112?via%3Dihub>>

RT 89, 2015. Hulevesien hallinta. Rakennustieto Oy.

Ruosteenoja, K., 2013. Maailmanlaajuisiin ilmastomalleihin perustuvia lämpötila- ja sademääräskenaarioita. SEUTUKLIM-hanke. Saatavilla: <http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=c4c5bf12-655e-467a-9ee0-f06d8145aaa6&groupId=30106>

Salanne, I., Byring, B., Valli, R., Tikkanen, M., Peltonen, P., Haapala, J., Jylhä, K., Tolonen-Kivimäki, O., Tuomenvirta, H. 2010. Ilmastonmuutos ja tavaraliikenne. Ensipainos. Liikenne- ja Viestintäministeriö. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78186/Julkaisuja_15-2010.pdf?sequence=1>

Salo, P., 2011. Tampereen kantakaupunkialueen pienvesiselvitys. Tampereen kaupunki, Ympäristönsuojelun julkaisuja 1/2011. Saatavilla: <https://www.tampere.fi/liitteet/t/60dOGrZoa/Kantakaupunkialueen_pienvesiselvitys.pdf>

Sansalone, J. J., Buchberger, S. G., 1997. Partitioning and first flush of metals in urban roadway storm water. *Journal of Environmental Engineering*. Vol 123(2), s. 134-143. Saatavilla: <[https://ascelibrary-org.libproxy.tut.fi/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1997\)123:2\(134\)](https://ascelibrary-org.libproxy.tut.fi/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9372(1997)123:2(134))>

Sansalone, J., Hird, J., Cartledge, F., Tittlebaum, M. 2005, Event-based stormwater quality and quantity loadings from elevated urban infrastructure affected by transportation. *Water Environment Research*- Vol. 77, s 348-365. Saatavilla: <<https://search-proquest-com.libproxy.tut.fi/docview/216066646?pq-origsite=summon>>

SFS 3352, 2014. Palavien nesteiden jakeluasema.

SITO; Mäkinen, J., Lintusaari, M., Backman, T., Jalonen, A., Räikkönen, A., Aarnikko, T. 2015. Tampere-Pirkkala raja-alueen liikenneselvitys ja Naistenmatkantien Partolan kohdan aluevaraussuunnitelma. Viitattu 8.1.2018. Saatavilla: <https://www.pirkkala.fi/site/assets/files/17031/tre-pir_raja-alue_liikenneselvitys_loppuraportti_11-5-2015.pdf>

Suomen ympäristökeskus, SYKE. Hertta-palvelu. Viitattu 9.10.2017. Saatavilla: <http://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Ymparistotietojarjestelmat> Vaatii sisäänkirjautumisen.

SYKE, Vesikartta. Vesien ekologinen tila, paikkatietiosovellus. Viitattu: 4.10.2017 [WWW] Saatavilla: <http://paikkatieto.ymparisto.fi/vesikarttaviewers/Html5Viewer_2_5_2/Index.html?configBase=http://paikkatieto.ymparisto.fi/Geocortex/Essentials/REST/sites/VesikarttaKansa/viewers/VesikarttaHTML525/virtualdirectory/Resources/Config/Default>

Taka, M., Kokkonen, T., Kuoppamäki, K., Niemi, T., Sillanpää, N., Valtanen, M., Warsta, L., Setälä, H. 2017. Spatio-temporal patterns of major ions in urban stormwater under cold climate. *Hydrological Processes*, Vol. 31, s. 1564-1577. Saatavilla: <<http://onlinelibrary.wiley.com.libproxy.tut.fi/doi/10.1002/hyp.11126/abstract>>

Tampereen kaupunki, 2017. Viitattu 7.12.2017 [WWW] Saatavilla: <<https://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/kaavoitus/asemakaavoitus.html>>

Tiehallinto, 2004. Pohjaveden suojaus tien kohdalla. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki.

Tilannehuone. Viitattu 10.10.2017 [WWW]. Saatavilla: <<http://www.tilannehuone.fi/tehtava.php?hash=69d5867446c3c4ea4b499fce66b2b95a>>

US EPA, 1999. Understanding oil spills and oil spill response. Understanding oil spills in freshwater environments. Viitattu 13.10.2017. Saatavilla: <<https://www7.nau.edu/itep/main/HazSubMap/docs/OilSpill/EPAUnderstandingOilSpillsAndOilSpillResponse1999.pdf>>

US EPA, 2000. Method 8015D Nonhalogenated organics using GC/FID. Revision 3. Saatavilla: <<http://www.caslab.com/EPA-Methods/PDF/EPA-Method-8015C.pdf>>

USEPA, 2002. Considerations in the Design of Treatment Best Management Practices (BMPs) to Improve Water Quality. National Risk Management Laboratory Office of Research and Development. Viitattu 18.9.2017. Saatavilla: <<https://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/2000D1JS.PDF>>

Valtanen, M ym. 2013. Effects of land use intensity on stormwater runoff and its temporal occurrence in cold climates. Hydrological processes, Vol. 28, s. 2639-2650. Saatavilla: <<http://onlinelibrary.wiley.com.libproxy.tut.fi/doi/10.1002/hyp.9819/abstract>>

Valtanen, M., Sillanpää, N., Setälä, H., 2014a. The Effects of Urbanization on Runoff Pollutant Concentrations, Loadings and Their Seasonal Patterns Under Cold Climate. Water Air Soil Pollutant, Vol. 225. Saatavilla: <<https://link-springer-com.libproxy.tut.fi/content/pdf/10.1007%2Fs11270-014-1977-y.pdf>>

Valtanen, M., Sillanpää, N., Setälä, H., 2014b. Effects of land use intensity on stormwater runoff and its temporal occurrence in cold climates. Hydrological Processes, Vol. 28, sivut 2639 - 2650. Saatavilla: <<http://onlinelibrary.wiley.com.libproxy.tut.fi/doi/10.1002/hyp.9819/epdf>>

Valtanen, M., Sillanpää, N., Setälä, H., 2015. Key factors affecting urban runoff pollution under cold climatic conditions. Journal of hydrology. Vol. 529, s. 1578-1589. Saatavilla: <<http://www.sciencedirect.com.libproxy.tut.fi/science/article/pii/S0022169415005983?via%3Dihub>>

Viklander, M. 1999. Substances in urban snow. A comparison of the contamination of snow in different parts of the city of Luleå, Sweden. Water, air, and soil pollution, Vol. 114, s. 377-394. Saatavilla: <<https://link-springer-com.libproxy.tut.fi/article/10.1023%2FA%3A1005121116829>>

Wavin-Labko, 2007. Sertifikaatin testitulos EuroPEK Roo NS20-luokan öljynerottimelle. Viitattu 28.11.2017. Saatavilla: <file:///Users/omistaja/Downloads/CE%20Declaration%20of%20Performance%20EuroPEK%20(GRP)%20ENG.pdf>

Wavin-Labko, 2010. Labko öljynerotinjärjestelmät. Esite. Viitattu 6.11.2017. Saatavilla: <<https://www.wavin.com/fi-fi/Ratkaisut/Hulevesien-hallinta/Puhdistaminen/Oljynerottimet-luokka-I>>

YLE, 2017. Viitattu 29.11.2017 [WWW]. Saatavilla <<https://yle.fi/uutiset/3-9921520>>

Ympäristöopas 114, 2005. Järvien kunnostus. Suomen ympäristökeskus. Saatavilla: <<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41746>>

Ågren, A., Jansson, M., Ivarsson, H., Bishop, K., Seibert, J. 2008. Seasonal and runoff-related changes in total organic carbon concentrations in the river Öre, Northern Sweden. *Aquatic Sciences*, Vol. 70, s. 21-29. Saatavilla: <<https://link-springer-com.libproxy.tut.fi/article/10.1007%2Fs00027-007-0943-9>>

