

Juuli Haapakoski

# HULEVESIEN HYÖDYNTÄMINEN ASUINALUEILLA

Tekniikka ja luonnontieteet  
Kandidaatintyö  
Joulukuu 2018

# TIIVISTELMÄ

Juuli Haapakoski: Hulevesien hyödyntäminen asuinalueilla  
Kandidaatintyö, 25 sivua  
Tampereen yliopisto  
Ympäristö- ja energiatekniikan tutkinto-ohjelma  
Joulukuu 2018  
Tarkastaja: Yliopisto-opettaja Hannele Auvinen

---

Hulevedet aiheuttavat erilaisia määrällisiä ja laadullisia ongelmia, joita voidaan hallita esimerkiksi säilyttämällä rakennettaessa enemmän kasvillisuutta. Hulevesien määrä lisääntyy mitä enemmän on vettä läpäisemätöntä pintaa ja ylimääräinen vesi aiheuttaa tulvia. Hulevedet johdetaan viemäristä riippuen joko jätevedenpuhdistamolle tai vesistöön. Hulevesien laatu uhkaa purkuvesistöä ja huleveden määrä aiheuttaa ongelmia jätevedenpuhdistamolle.

Hulevesien hyödyntäminen voidaan nähdä yhtenä hallinnan osa-alueena. Työssä selvitetään, paljonko hulevesiä muodostuu asuinalueella ja minkä laatuista hulevesi on. Työssä esitellään erilaisia hyötykäyttökohteita ja hyötykäyttökohteiden vedenlaatuvaatimuksia. Työssä tutkitaan ihmisten vedenkäyttötottumuksia ja suhteutetaan niitä hulevesien muodostumismäärään.

Hulevesille on monia mahdollisia hyötykäyttökohteita, mutta käyttöä haittaa laatustandardien puute. Tulevaisuuden kannalta on laadittava yhtenevä ohjeistus hulevesien laatuvaatimuksista, jotta hyötykäyttöä voidaan laajentaa. Hulevesiä muodostuu erilaisilla alueilla hyvin erilaisia laatuja, minkä takia veden laatu täytyy mitata tapauskohtaisesti. Hyötykäyttökohteiden laatuvaatimusten kannalta on tärkeä huomioida, että hulevesien laatu saattaa heikentyä varastointiaikana. Hulevesiä on turvallista käyttää kohteissa, missä ne eivät ole suoranaisesti yhteydessä ihmisten kanssa, kuten vessan huuhtelussa. Joissakin kohteissa hulevesi tarvitsee esikäsittelyä ja esimerkiksi huleveden käyttö ruokakasvien kastelussa vaatii vielä tutkimista.

Avainsanat: hulevesi, hyödyntäminen, laatu, määrä, keräys, varastointi

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

## SISÄLLYS

1	Johdanto .....	4
2	Hulevesien määrä ja laatu .....	6
2.1	Hydrologisen kierron yhteys hulevesiin.....	6
2.2	Hulevesien määrä ja sen määrittäminen .....	7
2.3	Hulevesien sisältämät haitta-aineet .....	8
2.3.1	Haitta-aineiden lähteet ja ominaisuudet .....	8
2.3.2	Haitta-aineiden pitoisuudet ja niihin vaikuttavat tekijät .....	10
3	Asuinalueen hulevedet ja niiden hyötykäyttö .....	13
3.1	Asuinalueen vedentarve .....	13
3.2	Hulevesien keräys ja varastointi.....	14
3.3	Hyödyntämiskohteet .....	16
3.3.1	Sammutusvesi .....	18
3.3.2	Kasteluvedet .....	18
3.3.3	Auton ja ikkunoiden pesu.....	19
4	Case: Hulevesien hyötykäyttö Tampereen Käpylässä .....	20
4.1	Asuinalueen vedentarve suhteessa hulevesien muodostumismäärään.....	21
4.2	Huleveden keräysjärjestelmä ja hyödyntämiskohteet .....	22
5	Johtopäätökset .....	24
	Lähteet.....	25

# 1 JOHDANTO

Maapallolla on melkein 1,4 miljardia km<sup>3</sup> vettä, joka kiertää hydrologisen kierron mukaan sekä ilmakehässä että maanpinnalla (Leppäranta et al. 2017, s. 7, 8). Kokonaisvesimäärästä vain 2,5 % on makeaa vettä, jota ihmiset käyttävät päivittäin. Tästä makeasta vedestä suurin osa on varastoitunut jäätikköön, jolloin pohja- ja pintavesissä esiintyvän veden määrä on vain alle prosentti maapallon kokonaisvesimäärästä. (Leppäranta et al. 2017, s.8; YK-liitto) Ilmastomuutoksen ja veden saastumisen vuoksi maapallon puhtaan veden varastot vähenevät. Veden tarve kasvaa entisestään väestönkasvun, teollisuuden laajentumisen ja kaupungistumisen takia. (YK-liitto)

Luonnollisessa hydrologisessa kierrossa sadanta pidättäytyy kasvillisuuteen ja suotautuu maakerrosten läpi pohjavedeksi tai valuu pintavaluntana vesistöihin. Vettä läpäisemättömät pinnat kuten asfaltit ja katot estävät sadannan suotautumisen pohjavesiin, ja pinnalle jäänyt vesi lisää pintavaluntaa. Tätä vettä läpäisemättömiltä pinnoilta valuvaa sade- ja sulamisvettä kutsutaan hulevedeksi. Vettä läpäisemättömien pintojen osuus lisääntyy kaupungistumisen myötä. Hulevesi kerää pinnoilta mukaansa erilaisia haitta-aineita, jotka päätyvät kuormittamaan vesistöjä. (Kuntaliitto 2012)

Ilmastomuutos kasvattaa Suomen sademääriä, ja rankkasateet yleistyvät. Sademäärät säilyvät suurempina kesäisin, mutta ilmastomuutoksesta johtuen talvisateiden määrä suhteessa aiempaan kasvaa. (Aaltonen et al. 2008) IPCC (2018) mukaan Pohjois-Euroopassa tulvien määrän laskee, sillä lumien sulamisen aiheuttamat tulvat vähenevät 6 %. Taajamissa sadanta on hieman runsaampaa kuin haja-asutusalueilla ja haihdunta pienempää. (Kuntaliitto 2012)

Hulevesien hallinnan tarkoituksena on vähentää hulevesien määrää ja parantaa hulevesien laatua (Eskola & Tahvonen 2010, s.13; Kuntaliitto 2012). Hulevesiä on tutkittu laajalti hallitsemisen näkökulmasta, sillä hulevedet aiheuttavat haittaa erityisesti tulvien aikaan. Kaupunkien tiiviiden keskustojen hulevesien viemäröinnillä tavoitellaan esteettisistä ympäristöä ja pintojen nopeaa kuivatusta. Sekaviemäröinnissä hulevedet kulkevat jätevesien mukana jätevedenpuhdistamolle ja erillisviemäröinnissä hulevedet kulkevat omassa putkessa käsittelemättöminä vesistöihin. (Kuntaliitto 2012)

HSY:n (2018) mukaan sekaviemäroinnin takia puhdistamoille päivässä tulevan jäteveden määrä voi jopa kolminkertaistua lumien sulamisaikana. Jos puhdistamo ei ole mitoitettu näin suurien virtaamien mukaan, ylivuotojen riski kasvaa ja ylimääräinen vesi päätyy ylivuotona ympäristöön (Haminan vesi; HSY 2018). Suuret virtaamat kuluttavat jätevedenpuhdistamon käsittelykapasiteettia ja ylimääräiset pumppaukset kuluttavat energiaa. (HSY 2018) Uusille alueille rakennetaan aina erillisviiemärointi ja vanhoja alueita saneerataan sekaviiemäreistä erillisviiemärointiin. Erillisviiemäroinnin rakentaminen tiiviiden kaupunkien keskustoihin on hankalaa ja kallista. (Kuntaliitto 2012) Jos hulevesien hyötykäyttö yleistyisi kaupunkien keskustoissa, jätevedenpuhdistamoiden ongelmat saattaisivat pienentyä.

Tässä työssä selvitetään, voitaisiinko hulevesiä hyödyntää asuinalueella esimerkiksi vessan huuhtelussa tai auton pesussa. Työssä tutkittavilla asuinalueilla sijaitsee lähinnä omakoti- ja paritaloja. Koska työssä keskitytään Suomeen, täytyy huomioida talven vaikutus hulevesien määrään. Työssä vertaillaan ihmisten vedenkulutusta suhteessa hulevesien muodostumismäärään ja hulevesien laadullista soveltuvuutta käyttökohteisiin.

Luvussa 2 kerrotaan hydrologisen kierron yhteydestä hulevesiin ja hulevesien määrään ja laatuun vaikuttavista tekijöistä. Luvussa 3 kerrotaan kotitalouksien vedenkulutuksesta, hulevesien keräyksestä ja varastoinnista sekä esitellään hyötykäyttökohteita. Luvussa 4 lasketaan hulevesien muodostumismäärä ja asuinalueen vedentarve Tampereen Käpylässä, mietitään sopiva hulevesien keräystapa ja pohditaan sopivia hyötykäyttökohteita. Viimeisessä luvussa tehdään yhteenveto koko työstä ja kerrotaan, mihin johtopäätöksiin työssä päädyttiin.

## 2 HULEVESIEN MÄÄRÄ JA LAATU

Rakennetuilta pinnoilta valuvaa sade- ja sulamisvettä kutsutaan hulevedeksi (Kuntaliitto 2012). Kaupungistumisen myötä lisääntyvät rakennetut pinnat keräävät muodostuvan sadannan ja johtavat sen pintavaluntana pois valuma-alueelta (Göbel et al. 2007). Valuma-alueelta poistuva vesi voidaan nähdä sekä uhkana purkuvesistölle että valuma-alueen menettämänä resurssina (Kuntatekniikka 2017). Hulevedet mielletään yhdeksi pahimmista saastuttajista kaupunkialueilla, sillä ne aiheuttavat ympäristöllisiä ja terveydellisiä riskejä. Hulevesien mukana valuu erilaisia haitta-aineita, kuten ravinteita, metalleja, kiintoainesta, mikrobeja ja orgaanisia yhdisteitä. (Valtanen et al. 2015)

### 2.1 Hydrologisen kierron yhteys hulevesiin

Maapallolla kiertää hydrologisen kierron mukaan tietty määrä vettä, joka ei häviä mihinkään vaan muuttaa muotoaan (Suomen YK-liitto; Leppäranta et al. 2017, s. 7). Veden kiertokulun tarkastelu voidaan aloittaa sadannasta. Vesi sataa maanpinnalle, josta osa haihtuu takaisin ilmakehään, osa varastoituu alueen maaperään, kasvillisuuteen ja vesistöihin ja loppu poistuu alueelta valuntana. (Leppäranta et al. 2017, s. 62)

Vesitase kuvaa edellä mainittujen suureiden keskistä yhteyttä ja se voidaan kirjoittaa valunnan  $R$  kannalta muodossa

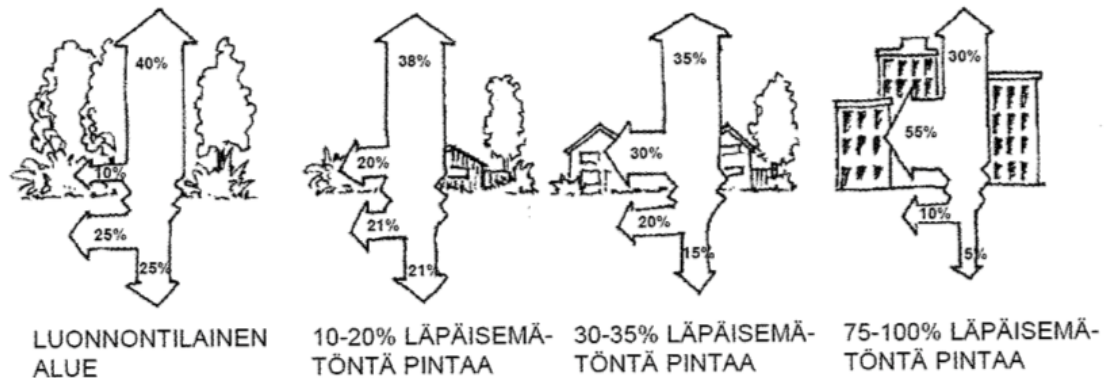
$$R = P - E - \frac{1}{A} \frac{dV}{dt}, \quad (1)$$

jossa  $P$  on sadanta,  $E$  on haihdunta,  $A$  on alueen pinta-ala ja  $\frac{dV}{dt}$  kuvaa vesivaraston muutosta  $dV$  ajan muutoksessa  $dt$  (Leppäranta et al. 2017 s.171). Valunta on siis se osuus sadannasta, joka ei haihdu takaisin ilmakehään tai varastoidu alueelle.

Meteorologisista suureista on vaikea ennustaa pitkän aikavälin muutoksia, sillä ilmaston luonnollinen vaihtelu on suurta (Leppäranta et al. 2017, s. 192). Vesivarat, tulvat ja kuivuus muuttuvat eri puolella Suomea eri tavalla. Suomen vuotuinen sademäärä on 500-750 mm ja sen oletetaan kasvavan 13-26% vuosisadan loppuun mennessä (Eskola & Tahvonen 2010, s.11; Keskitalo 2017, s.75). Rankkasateet yleistyvät, mikä lisää myös haihduntaa ja valuntaa sadetapahtumien aikana. Kun pienempi määrä vedestä pidättyy lumeen, kevättulvat pienenevät ja talvitulvat lisääntyvät. Suomessa tulvien voimakkuus tulee keskimäärin pienenevän, sillä kevättulvat ovat aiemmin olleet voimakkaimpien tulvien aiheuttajia. (Veijalainen et al. 2012)

## 2.2 Hulevesien määrä ja sen määrittäminen

Valunta voidaan jakaa kolmeen osaan: pohjavesivaluntaan, pintakerrosvaluntaan ja pintavaluntaan (Leppäranta et al. 2017, s.172). Hulevesivalunnan muodostumiseen vaikuttavat maapinnan ominaisuudet ja kaltevuus, sateen intensiteetti ja kesto sekä sadetapahtumaa edeltävän kuivan ajan pituus (Kuntatekniikka 2017). Pintavalunnan osuus sadannasta on merkittävä erittäin rakennetulla alueella, kun vesi ei pidäyty kasvillisuuteen, varastoidu alueelle tai pääse suodautumaan päällysteen läpi (Kuva 1).



**Kuva 1:** Rakennetun pinnan vaikutus hydrologiseen kiertoon (Eskola & Tahvonen 2010).

Taajamassa jopa puolet pinta-alasta voi olla läpäisemätöntä pintaa, mikä muuttaa hydrologista kiertoa voimakkaasti (Kuntaliitto 2012; Kuntatekniikka 2017). Rakennetut pinnat ja viemärointi kuljettavat sadeveden kaupunkialueelta pois, minkä vuoksi vettä on sitoutunut maaperään vähemmän kuin luonnontilassa. Vähäinen veden haihtuminen kuluttaa vähemmän energiaa, minkä takia pintojen ja ilman lämpötila laskee vähemmän. (Ilmastokestävän kaupungin suunnitteluopas)

Hulevesimäärä  $V$  [ $m^3$ ] tietyllä alueella voidaan määrittää sadannan avulla yhtälöllä

$$V = CPA * 100, \quad (2)$$

jossa  $C$  on valumakerroin,  $P$  on sademäärä [ $mm$ ] ja  $A$  on valuma-alueen pinta-ala [ $ha$ ] (Kuntaliitto 2012). Valumakerroin  $C$  luetaan taulukosta 1. Tiivis rakennettu pinta kuten asfaltti vaikuttaa hulevesien määrään selkeästi enemmän kuin rakentamaton luonnontilainen (Taulukko 1).

**Taulukko 1:** Erilaisten pintojen valumakertoimia. Perustuu lähteeseen (Eskola & Tahvonen 2010, s.134).

Pinta	Kerroin
Katto	0,9
Betoni- ja asfalttipinta	0,8
Tiivissaumainen kiveys	0,8
Kiveys hiekkasaumoin	0,7
Hyväkuntoinen soratie	0,3
Kallioinen puuton puistoalue	0,5
Paljas laakeahko kallio	0,4
Sorakenttä ja -käytävä	0,3
Puistomainen piha	0,2
Kallioinen metsä	0,15
Niitty, pelto, puutarha	0,1
Tasainen tiheäkasvuinen metsä	0,05

Esimerkiksi puolen hehtaarin metsässä pintavaluntaa muodostuisi kesällä 7 mm:n rankkasateen aikana 17,5 m<sup>3</sup>. Jos sama sade tapahtuisi samankokoisella asfaltoidulla parkkipaikalla, hulevesiä muodostuisi 280 m<sup>3</sup>.

## 2.3 Hulevesien sisältämät haitta-aineet

Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty erillisiä raja-arvoja hulevesien haitta-aineille, vaikka Ympäristölaatonormissa esimerkiksi hulevesien sisältämä lyijy on määritelty ympäristölle vaaralliseksi aineeksi (Liikennevirasto 2013; Ympäristölaatonormi 2015). Haitta-aineet vahingoittavat vesistöjen ekosysteemejä ja ovat uhka talousveden laadulle. Taajamien pistekuormituksista sekä maatalouden hajakuormituksesta tulevat ravinteet rehevöittävät vesistöjä. (Leppäranta et al. 2017) Tärkeimpiä hulevesien laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat sademäärä, vuodenaika, liikennemäärä ja pinnan läpäisevyys (Liikennevirasto 2013; Göbel et al. 2007; Baralkiewicz et al. 2014).

### 2.3.1 Haitta-aineiden lähteet ja ominaisuudet

Hulevesissä esiintyy ravinteita, kiintoainesta, orgaanisia yhdisteitä, raskasmetalleja ja mikrobeja. Hulevesien laatu vaihtelee erittäin paljon riippuen näytteenotto paikasta, joten parametrit on mitattava tilannekohtaisesti (Baralkiewicz 2014). Eri haitta-aineiden kuormituslähteet on vaikea tunnistaa, sillä ne käyttäytyvät eri alueilla ja eri vuodenaikoina eri tavalla (Keskitalo 2017, s.179; Lundy et al. 2018). Ilmakehä, liikenne, teollisuus ja asutus ovat merkittäviä haitta-aineiden lähteitä (Taulukko 2).



**Taulukko 2:** *Haitta-aineiden lähteitä. Perustuu lähteeseen (Massachusetts Department of Environmental Protection and Massachusetts Office of Coastal Zone Management 1997, House et al. 1993, D'Arcy et al. 2000, Moy et al. 2003, Valtanen et al. 2010 mukaan).*

	<b>Ilmakehä</b>	<b>Liikenne</b>	<b>Teollisuus</b>	<b>Katto- rakenteet</b>	<b>Asutus</b>	<b>Rakennus- työmaat</b>	<b>Nurmi- alueet</b>
Typpi	x	x	x		x	x	x
Fosfori	x	x	x		x	x	x
Kiintoaine	x	x	x		x	x	x
VOC		x	x				
PAH	x	x	x		x		
Öljyt ja hiilivedyt			x		x	x	
Metallit	x	x	x	x	x		
Koliformiset bakteerit					x		x
Kloridi	x	x					
Pestisidit		x	x		x		x
Rikin oksidit	x	x					
Sulfaatti	x	x					

Typpi ja fosfori haittaavat purkuvesistöjen ekosysteemejä ja aiheuttavat leväkukintoja (Eskola & Tahvonen 2010, s.15) Asuinalueilla kokonaisfosforin ja ammoniakkin pitoisuudet ovat koholla, sillä asuinalueiden sammal ja jäkälä sekä lintujen ulosteet lisäävät ravinteiden määrää (Göbel et al. 2007).

Kiintoaine on hulevesien tärkein laatuparametri, jonka avulla voidaan karkeasti analysoida hulevesien laatua (Kuntaliitto 2012). Kaupunkialueiden korkeammat virtaamat ja virtaamavaihtelut lisäävät eroosiota, mikä lisää kiintoaineen määrää hulevesissä (Kotola & Nurminen 2003). Renkaiden kulumisesta johtuva kiintoainepitoisuuden lisääntyminen kasvaa tiheästi liikennöidyillä alueilla. (Göbel et al. 2007).

Orgaaniset yhdisteet kuten VOC- ja PAH-yhdisteet sekä öljyt ja hiilivedyt kuluttavat vedestä happea (Eskola & Tahvonen 2010, s. 15). VOC-yhdisteet eli haihtuvat orgaaniset yhdisteet voivat olla ihmisille haitallisia erityisesti yhteisvaikutuksessa toistensa kanssa (Hengitysliitto). PAH-yhdisteissä eli polysyklisissä aromaattisissa hiilivedyissä on useita bentseenirenkaita, jonka takia yhdisteet ovat usein karsino- tai mutageenisia. PAH-yhdisteitä syntyy epätäydellisestä palamisesta liikenteessä tai teollisuudessa sekä lämmityksessä, josta ne haihtuvat ilmakehään ja kulkeutuvat sateen mukana hulevesiin. (Göbel et al. 2007)

Raskasmetallien on todettu vähentävän vastustus- ja lisääntymiskykyä (Eskola & Tahvonen 2010, s.15). Raskasmetallien konsentraatio kasvaa kiintoainepitoisuuksien kasvaessa. Katoilta ja sadevesikouruista tulevan veden sinkki ja kupari pitoisuudet ovat korkeammat kuin muiden hulevesien. (Göbel et al. 2007) Muita hulevesissä esiintyviä raskasmetalleja ovat esimerkiksi alumiini, lyijy ja nikkeli (Valtanen et al. 2014).

Patogeeniset mikrobit vedessä ovat terveysriski ihmisille (Eskola & Tahvonen 2010, s.15). Patogeenien esiintyvyyttä sadevesien keräyssysteemeissä ei ole tutkittu tarpeeksi, minkä takia on vaikea arvioida terveysriskin suuruutta (Lundy et al. 2018). Esimerkkinä koliformisesta bakteerista voidaan käyttää ulosteperäistä *Escherichia colia*, jota käytetään usein vedenlaadun indikaattorina.

### **2.3.2 Haitta-aineiden pitoisuudet ja niihin vaikuttavat tekijät**

Hulevesien haitta-aineiden konsentraatiot ovat pahimmillaan sateen alussa, koska veden mukaan huuhtoutuu kaikki pinnoille kerääntyneet haitta-aineet. Tätä ilmiötä kutsutaan alkuhuuhtoumaksi. Sateen aikana hulevesien haitta-ainekuorma pääasiassa laskee, mutta pitoisuuksissa saattaa esiintyä kasvua sateen intensiteetin kasvaessa. (Göbel et al. 2007; Liikennevirasto 2013) Valtanen et al. (2015) mukaan tärkein haitta-aineiden konsentraatioon vaikuttava tekijä rakennetuilla alueilla on lämpiminä vuodenaikoina huippuvirtaama, mutta lumien sulamisen aikaan valunnan kesto. Huippuvirtaama on lämpiminä aikoina tärkeä, koska hulevettä muodostuu kesän rankkasateiden aikaan eniten (Valtanen et al. 2015).

Talvella lämmitys ja liikennemäärät kasvavat sekä nastarenkaiden aiheuttama eroosio lisääntyy, minkä vuoksi haitta-aine kuormitus hulevesissä on suurempaa kesään verrattuna (Valtanen et al. 2015). Teiden suolaus lisää hulevesissä esiintyvän natriumin ja kloridin määrää, mikä lisää merkittävästi hulevesien sähkönjohtokykyä. Kun sähkönjohtokyky kasvaa, hulevedet irrottavat metallisilta pinnoilta esimerkiksi arseenia, lyijyä ja sinkkiä. (Liikennevirasto 2013) Sulamisen aikana hulevesien laatu on heikompaa kuin sulana kautena, koska lumeen sitoutuneet haitta-aineet purkautuvat (Eskola & Tahvonen 2010, s.14). Kaupunkialueiden likaisimmilta alueilta, kuten teiltä ja parkkipaikoilta viedään lumi pois, minkä takia kuormitus jakautuu tasaisemmin (Keskitalo 2017, s.177).

Kuvassa 2 on satelliittikuvat Lahdessa kahdesta alueesta, joilta on analysoitu lämpötilan ja pinnan läpäisevyyden vaikutusta hulevesien haitta-aineiden pitoisuuksiin. Tutkimuksessa on mitattu ravinteiden, kiintoaineen, TOC:in eli orgaanisen kokonaishiilen ja raskasmetallien pitoisuuksia kahden vuoden ajalta. (Valtanen et al. 2015) Valtanen et al. (2015) tutki haitta-ainepitoisuuksia kolmella eri pinnan läpäisevyydellä, mutta tässä työssä rajataan pois korkein rakennetun pinnan osuus aivan Lahden keskustassa, sillä se on epäoleellinen asuinalueiden kannalta.



**Kuva 2:** Satelliittikuva alueista, joiden pinnan läpäisevyydet ovat 62 % ja 19 %. Perustuu lähteeseen (Valtanen et al. 2015).

Vasemmalla olevan alueen läpäisemättömyys on 62% ja oikealla olevan 19%. Mustat alueet kuvaavat läpäisemätöntä pintaa, vaalean harmaat sora-alueita ja valkoiset kaupungin päällystämättömiä viheralueita. Tumman harmaat viivat ovat sadevesiputkia ja valkoiset pienet neliöt, joihin osoittaa pienet nuolet ovat mittauspaikkoja. (Valtanen et al. 2015) Läpäisevyyden vaikutus ravinteiden ja kiintoaineen pitoisuuksiin on suurin kylminä aikoina (Taulukko 3).

**Taulukko 3:** *Haitta-aineiden pitoisuuksien mediaaneja mitattuna kahdella eri pinnan läpäisevyydellä ja kahtena eri vuodenaikana Lahdessa. Perustuu lähteeseen (Valtanen et al. 2014).*

	Läpäisevyys 62%		Läpäisevyys 19%	
	Kylmä Mediaani	Lämmin Mediaani	Kylmä Mediaani	Lämmin Mediaani
Tot-N µg/l	2368	927	1567	764
Tot-P µg/l	135	74	30	64
TSS mg/l	129	72	19	28
TOC mg/l	3,8	3,4	5,7	3,2
<b>Raskasmetalli kokonaan</b>				
Al µg/l	10528	2715	1266	840
Mn µg/l	140	39	21	24
Zn µg/l	277	208	34	91
Cr µg/l	20	7	2,3	1,9
Ni µg/l	9	5	5	3,6
Cu µg/l	29	15	12	21
Co µg/l	7	1,5	0,83	0,71
Pb µg/l	7	5	1,4	1,4
<b>Raskasmetalli liuennut</b>				
Al µg/l	87	75	186	241
Mn µg/l	10	8	6,3	3
Zn µg/l	66	144	55	53
Cr µg/l	2,1	0,5	1,3	0,5
Ni µg/l	1,6	0,7	1,7	1,1
Cu µg/l	6,4	7,2	9,3	11

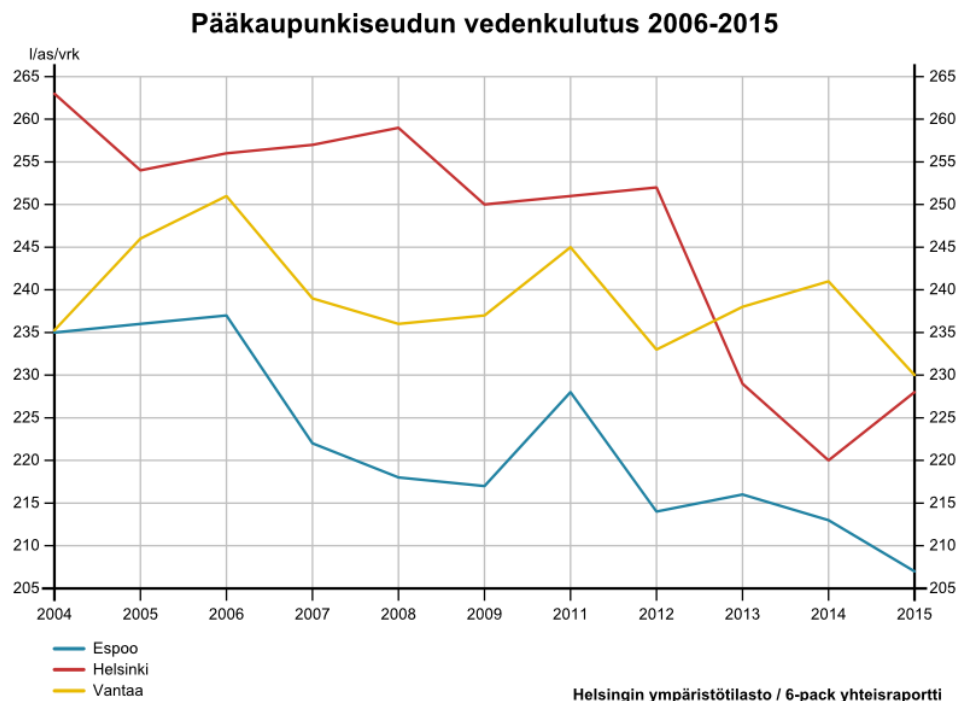
TOC:in ei voida todeta riippuvan läpäisevyydestä, sillä kylmänä aikana läpäisemättömän pinnan kasvaessa TOC:in konsentraatio laskee. Mangaanin, nikkelin, kuparin ja koboltin kokonaiskonsentraatiot kasvavat pinnan läpäisevyyden laskiessa. Pinnan läpäisevyys vaikutti eniten alumiinin, sinkin ja kromin kokonaiskonsentraatioihin. (Valtanen et al. 2014) Liukoiset aineet aiheuttavat ongelmia, koska ne liikkuvat herkästi ja saattava aiheuttaa rehevöitymistä tai olla vaarallisia eliöille (Keskitalo 2017, s.177). Liukoisten raskasmetallien konsentraatiot vaihtelevat eri metallien välillä eri tavalla, mutta läpäisevämmällä alueella on enemmän liukoista raskasmetallia suhteessa raskasmetallien kokonaispitoisuuteen. Alumiinin, nikkelin ja kromin pitoisuudet ovat suurempia läpäisevämmällä alueella. (Valtanen et al. 2014)

### 3 ASUINALUEEN HULEVEDET JA NIIDEN HYÖTYKÄYTTÖ

Suomessa on perinteisesti kerätty sadevettä kasteluun ja mökeillä myös peseytymiseen (Kuntaliitto 2012). Tutkimuksen kannalta on oleellista selvittää mihin ihmiset käyttävät vettä, jotta osataan suhteuttaa hulevesien syntymäärä vedentarpeeseen. Lisäksi ennen hyötykäyttöä on selvitettävä, miten hulevesiä voidaan kerätä ja varastoida.

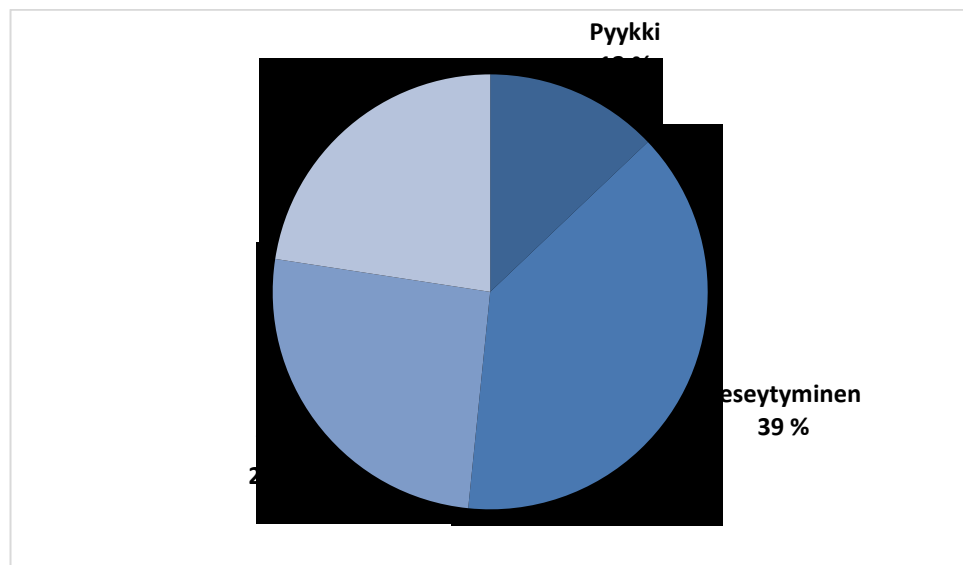
#### 3.1 Asuinalueen vedentarve

Suomessa vedenkokonaiskulutus on vuonna 2014 ollut noin 232 litraa/asukas/vuorokausi. Kokonaiskulutus koostuu laskuttamattomasta vedestä eli esimerkiksi vuoto- ja sammutusvesistä, yritysten ja palveluiden käyttämästä vedestä sekä kotitalouksissa käytettävästä vedestä. (VVY 2016) Suomen vedenkulutus on laskenut 80-luvulta, johtuen uusista vettä säästävistä vesikalusteista sekä esimerkiksi putkistosaneerausten yhteydessä uusituista vesijohtoverkoston paineista (Pääkaupunkiseudun ympäristötieto 2016) Kuvasta 4 nähdään Suomen pääkaupunkiseudun vedenkulutuksen laskeminen vuodesta 2004 vuoteen 2015.



**Kuva 4:** Vedenkulutus pääkaupunkiseudulla vuosina 2006-2015  
(Pääkaupunkiseudun ympäristötieto 2016)

Kotitaloudessa vettä kuluu pääosin vessan huuhteluun, pyykinpesuun, peseytymiseen, astianpesuun, ruoan valmistukseen ja juomiseen (VVY 2016). VVY (2016) mukaan kotitalouksien keskimääräinen vedenkulutus on vuonna 2014 ollut 129 l/as/vrk. Suomen vedenkulutus on pienempi kuin kansainvälinen kotitalouksien vedenkulutus, joka on 177 l/as/vrk (VVY 2016). Motiva (2018) mukaan vedenkulutus kerrostalossa on 155 l/as/vrk ja rivitalossa 140 l/hlö/vrk. Kerrostalossa vedenkulutus on suurempaa, koska vesilasku on usein osana yhtiövastiketta eikä ole huoneistokohtaista mittausta (Pääkaupunkiseudun ympäristötieto 2016; Motiva 2018). Huoneistokohtainen mittaus kerrostalossa säästää 10-30 %:a kokonaisvedenkulutuksesta ja eri huoneistojen välillä on havaittu eroa 70 l/as/vrk:sta 450 l/as/vrk:een. Eroihin vaikuttavat asukkaiden erilaiset kulutustottumukset, elämänvaihe ja kotona vietetty aika. (Motiva 2018) Kotitalouksissa kuluu eniten vettä peseytymiseen ja vessan huuhteluun (Kuva 5).



**Kuva 5:** Eri käyttökohteiden osuudet kokonaisvedenkulutuksesta kerrostalossa. Perustuu lähteeseen (Motiva 2018)

Kerrostaloasukkaan käyttämästä kokonaisvesimäärästä 155 l/as/vrk kuluu 60 litraa peseytymiseen, WC:n huuhteluun 40 litraa, ruoanlaittoon 35 litraa ja 20 litraa pyykinpesuun (Motiva 2018). Asuinalueilla vettä käytetään näiden lisäksi esimerkiksi kasteluun, auton ja ikkunoiden pesuun ja tulipaloihin (Hatt et al. 2016)

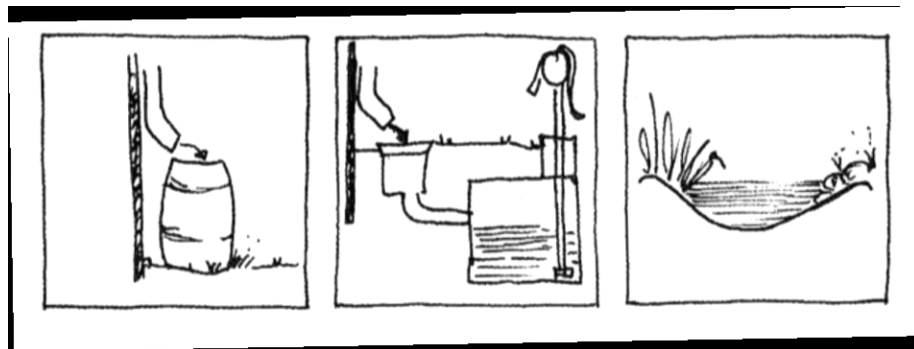
### 3.2 Hulevesien keräys ja varastointi

Hulevesien keräyksen tavoitteena on vähentää hulevesivaluntaa ja korvata osa vedentarpeesta hulevesillä. Sadeveden keräyksellä voidaan pienentää hulevesivirtaamia

3-47 % (Ahiablame & Shakya 2016). Meksikossa kotitalouksien vedentarpeesta on voitu täyttää sadeveden keräyksellä jopa 27 % (Pérez-Uresti et al. 2019).

Tärkeimpiä muodostumisen estämisen keinoja ovat kasvillisuuden säilyttäminen sekä pintojen rakentamisen ja tasaamisen minimointi (Kuntaliitto 2012). Haihduttaminen, viivyttäminen ja imeyttäminen ovat tärkeitä hulevesien määrän vähentämisessä ja laadun parantamisessa (Eskola & Tahvonen, s. 94). Kosteikot ja viherkatot ovat hyviä esimerkkejä hulevesien hallinnasta, sillä niissä tapahtuu samaan aikaan haihduttamista, viivyttämistä ja imeyttämistä (Eskola & Tahvonen, s. 94). Kosteikosta ja viherkatoilta syöksytörvien kautta voidaan myös kerätä vettä suoraan hyötykäyttöön.

Australiassa tehdyn tutkimuksen mukaan 60 %:a hyödynnettävästä hulevedestä kerätään kaupungin rakennetuista kuivatusjärjestelmistä, kuten sadevesikouruista ja loput luonnon kuivatusjärjestelmistä kuten painanteista. Australiassa usealta erilaiselta alueelta kerätystä hulevedestä 48 %:a varastoidaan säiliöissä, kolmasosa lammikoissa ja syvänteissä, 14 % imeytetään pohjavesiin ja loput johdetaan kosteikkoihin. (Hatt 2006) Keräys ja varastointi hyötykäyttöön voidaan tehdä esimerkiksi maanpäällä tynnyrissä, maanalaisessa säiliössä tai avoimessa pidätysaltaassa eli kosteikossa (Kuva 3).



*Kuva 3: Mahdollisia hulevesien keräys- ja varastointitapoja: tynnyri, maanalainen säiliö ja kosteikko (Eskola & Tahvonen 2010, s.97).*

Vaikka kerätyn huleveden laatu olisikin käyttökohteelle sopiva, vedessä esiintyvät ravinteet saattavat aiheuttaa levien kasvua ja bakteerien lisääntymistä varastointiaikana (Lundy et al. 2018). Kotitalouksien on vaikea mitata hulevesien laatua tai pitää tiettyä laatua yllä (Ahmed et al. 2011, Lundy et al. 2018 mukaan). Sateet huonontavat veden laatua keräyssysteemeissä, mikä johtuu luultavasti alkuhuuhtoumasta. Sadevesikouruihin ja tankkeihin voidaan asentaa suodatin ja alkuhuuhtouma voidaan ohjata ohi keräyssysteemistä. (Lundy et al. 2018)

Saksassa omakotitaloihin asennetaan joka vuosi 50 000 ammattimaista sadeveden keräysjärjestelmää, joka kerää huleveden katolta. Rakennetummille alueille ja kerrostaloille sopiva systeemi kerää huonompi laatuista hulevettä sisäpihoilta ja yksisuuntasilta teiltä, joissa on vähän liikennettä. Systeemi kääntää alkuhuuhtouman sadevesiviemäriin ja kerää 190 m<sup>3</sup> vesisäiliön täyteen. Vesi suodatetaan kasvualustan

läpi ja desinfioidaan UV-valolla. (Nolde 2007) Puhdistus vähentää merkittävästi kemiallista hapenkulutusta (COD), biologista hapenkulutusta (BOD) ja *E. coli* pitoisuutta (Taulukko 4).

**Taulukko 4:** Puhdistamattoman ja puhdistetun huleveden COD, BOD ja *E. coli* pitoisuudet. Perustuu lähteeseen (Nolde 2007).

	<b>Keskiarvo</b>	
	<b>Puhdistamaton</b>	<b>Puhdistettu</b>
COD	14 mg/l	6,8 mg/l
BOD	6,4 mg/l	0,9 mg/l
<i>E. coli</i>	1060 PMY/100ml	4 PMY/100ml
	<b>Maksimi</b>	
	<b>Puhdistamaton</b>	<b>Puhdistettu</b>
COD	36 mg/l	15,8 mg/l
BOD	45 mg/l	3 mg/l
<i>E. coli</i>	43000 PMY/100ml	43 PMY/100ml

Puhdistettua vettä saadaan päivässä noin 10 m<sup>3</sup> ja sitä voidaan varastoida prosessin lopussa olevaan 6 m<sup>3</sup> tankkiin. Menetelmä on todettu halvaksi ja puhdistusteholtaan sopivaksi, jotta vettä voidaan käyttää 200 ihmisen vessan huuhteluun ja kasvien kasteluun. Puhdistaminen ja veden johtaminen vessaan kuluttaa energiaa 0,88 kWh/m<sup>3</sup> eli päivässä noin 8,8kWh. (Nolde 2007) Suuren vesisäiliön tilavuuden ja päivässä puhdistettavan veden määrän avulla viipymäksi voidaan laskea 19 päivää. Jos vessan huuhteluun kuluu 40 l/vrk/as, tankin puhdistamasta vedestä vessojen huuhtelun jälkeen käytettäväksi jää vielä noin 2 m<sup>3</sup>.

### 3.3 Hyödyntämiskohteet

Standardien puute ja vaihtelevat ohjeistukset eri tahoilta hankaloittavat hulevesien hyötykäyttöä (Lundy et al. 2018; Hatt 2006). Useissa tutkimuksissa hulevesille ilmoitetaan *E. coli* pitoisuus, koska se on hyvä indikaattori veden saastumisesta. Huleveden käyttöä rajoittaa myös liuenneiden metallien, hiilivetyjen ja VOC-yhdisteiden pitoisuudet. (Lundy et al. 2018) Eri käyttökohteille on annettu ohjearvoja *E. coli* pitoisuuksista (Taulukko 5).



**Taulukko 5:** Eri käyttökohteiden vaatimia *E. coli* pitoisuuksia. Perustuu lähteeseen (NSW Department of Environment and Conservation 2006, JRC 2016, EU Drinking Water Directive, Lundy et al. 2018 mukaan).

Käyttökohte		<i>E. coli</i> pitoisuuden ohjearvo (PMY/100 ml)
Asuinalue tai kaupallinen alue	Vessan huuhtelu Puutarhan kastelu Auton pesu	≤ 1
Vapaassa käytössä oleva kaupunkialue	Sammutusvesi Pölyn hallinta, katujen peseminen, Kastelu julkisilla paikoilla tai puistoissa Koristeelliset vedenlähteet	≤ 10
Rajoitetussa käytössä oleva kaupunkialue	Liikuntapaikkojen ja päiväkotien kastelu	≤ 100
Viljelyyn käytettävä kastelu (myös siirtomaapuutarhat)	Raakana syötävät kasvit Prosessoitavat kasvit Ei syötävät kasvit	≤ 1 ≤ 100 ≤ 1000
Juomavesi	Pintavedenotto Vesistöjen elvytys	≤ 0 Ei määritettävissä

Tutkimuksen (Lundy et al. 2018) mukaan suurimmassa osassa hyötykäyttökohteita oli vain pieni tai kohtalainen terveystarve. Korkean riskin aiheuttivat ainoastaan kotitaloudessa auton pesu ja työpaikalla raakana syötävien kasvien kastelu. Korkean riskin käyttökohteet vaativat huleveden esikäsitteilyä. Työntekijän riski on yleisesti suurempi kuin kotitalouskäyttäjän, koska esimerkiksi palokunnan käyttämät paineistetut letkut nostavat riskiä hengitysteille ja ihokosketukselle. Kastelussa riskin työntekijöille aiheuttaa hengitystiet, ihokontakti sekä raakana syötävien kasvien aiheuttamat vaikutukset ruoansulatuksessa. Myös kasvien syöjät altistuvat riskille, vaikka *E. coli* pitoisuuksien oletetaan laskevan kastelun ja syömisestä välisen ajan kasvaessa. Avoimien vedenlähteiden, kuten kosteikkojen aiheuttama riski on yhtä suuri ammatinharjoittajille kuin ulkopuolisille. (Lundy et al. 2018) Lim et al. (2015) tutki adenoviruksen ja noroviruksen aiheuttamia terveystarvejä huleveden käyttökohteissa ja erilaiset riskinarviointi ohjeet antoivat ristiriitaisia tuloksia. Hulevesien käyttö ruokakasvien kastelussa ylitti riskirajat, hulevesien käyttö suihkussa oli hyväksyttävää toisella riskinarviointi ohjeella, mutta toisella ei ja hulevesien käyttö vessan huuhtelussa oli sallittavien rajojen sisällä molemmilla (Lim et al. 2015). Hulevesien aiheuttamaa riskiä ikkunan pesemisessä ei ole arvioitu.

### 3.3.1 Sammutusvesi

Yli 91 % rakennuspaloista saadaan sammutettua palon havaitsijan alkusammutuksella tai palokunnan alle 10<sup>3</sup> sammutusvesimäärällä (Pelastusopisto 2010, Kuntaliitto 2011 mukaan). Jos tulipalo on asuinrakennuksessa alle 50 m<sup>3</sup> alueella, sammutus- ja säiliöauton vesimäärä (13 m<sup>3</sup>) riittää sammutukseen yli 40 minuutiksi. Jos tulipalo etenee suurpaloksi, palon sammuttamiseen voidaan tarvita jopa tuhansia kuutiometrejä vettä. (Kuntaliitto 2011) Hulevettä voitaisiin käyttää suurpaloissa vedenottoon, mutta hulevesien keräyssysteemin on oltava suuri, jotta siitä olisi järkevämpää ottaa vettä kuin esimerkiksi läheisestä vesistöstä.

Sammutusjätevedet saattavat kulkeutua viemäröinnistä riippuen jätevedenpuhdistamolle tai suoraan vesistöön. Riippuen kiinteistön käyttötarkoituksesta, sammutuksesta tulevat jätevedet voivat olla myrkyllisiä ja vaarantaa jätevedenpuhdistamon toiminnan. (Kuntaliitto 2011) Jos tulipaloalueella kerätään hulevettä, tulipalosta tuleva sammutusjätevesi kerääntyy hulevesien keräyssysteemeihin, joiden kautta myös sammutusjätevedet saadaan osin hallittua.

### 3.3.2 Kasteluedet

Sadevesipuutarhoja käytetään hulevesien suodattamiseen ja hyödyntämiseen. Sadevesipuutarhassa kasvatetaan kasveja, jotka kestävät hyvin sekä kuivia että todella kosteita olosuhteita (Richards 2015; Kuntaliitto 2012). Parhaiten hulevesiä puhdistaa ja pidättää monikerroksellinen ja monilajinen kasvillisuus, joka kestää parhaiten myös vaihtuvia olosuhteita. Sadevesipuutarhoihin hyvin soveltuja lajeja ovat esimerkiksi pajut ja lepät, rentukka, keltakurjenmiekkä, ranta-alpi ja rantakukka. (Kuntaliitto 2012)

Sadevesipuutarhoissa kasvaa kasveja usein yhtä paljon kuin perinteisissä puutarhoista (Richards 2015). Hulevesien suodatus puutarhoissa vähentää tehokkaasti hulevesien määrää ja raskasmetallipitoisuuksia. Hulevesien kadmium, kupari, lyijy ja sinkki pitoisuuksista yli 90 %:a sekä mangaanista ja nikkelistä yli 70 % poistuu sadevesipuutarhassa. Poistotehot eivät silti riitä pienentämään raskasmetallien pitoisuuksia tarpeeksi, jotta syötävien kasvien sisältämistä metalleista ei aiheutuisi uhkaa terveydelle. (Ng 2018)

Huleveden mahdollisten haitta-aineiden pääsyä kasveihin voidaan vähentää johtamalla kasteluvesi kasvien alta. Kasvit voidaan rajata maaperästä siten, ettei vesi pääse valumaan alempiin maakerroksiin. Rajaamaton puutarha vähentää huleveden määrää yli 90 %:a. Rajattu puutarha ei tarvitse ylimääräistä kastelua edes kuivana kesänä, muttei pienennä hulevesien määrää yhtä paljoa. Rajattua sadevesipuutarhaa voidaan soveltaa viherkatoille. (Richards 2015)

Pienkiinteistöillä suurimman osan hulevesistä muodostavat yleensä katoilta valuvat vedet. Merkittävin muutos hulevesien määrässä viherkattojen avulla saadaan tiheästi rakennetuilla alueilla, joilla on rajatut mahdollisuudet hulevesien hallintaan. Viherkatot pidättävät enemmän vettä mitä pienempi kaltevuus ja suurempi kerrospaksuus niissä on, mutta suunnittelussa täytyy ottaa huomioon katon kantavuus ja veden johtaminen pois. Viherkatot suojaavat vesikatteita ultraviolettisäteilyltä, eristävät, vaimentavat melua ja parantavat pienilmastoa ja katot voidaan kokea esteettisiksi tiheästi rakennetuilla alueilla. Katoilla käytetään usein esikasvatettuja kasvillisuusmattoja, joiden kasvillisuudelle sopii ohut kasvukerros eikä kasveilla ole syvää juuristoa. Kasvillisuusmattoihin soveltuu hyvin maksaruohosammalkasvillisuus, joka vaatii vähän hoitoa, kestää vaihtuvia olosuhteita ja on pitkäikäinen. (Kuntaliitto 2012)

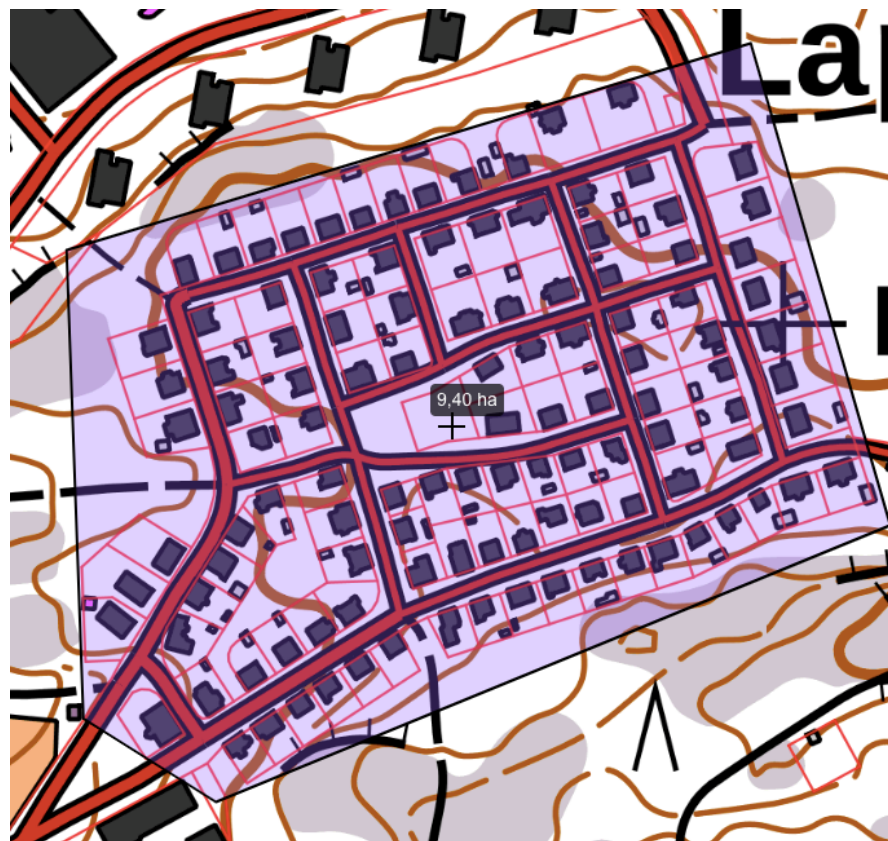
### **3.3.3 Auton ja ikkunoiden pesu**

Auton likaantumiseen vaikuttaa kuinka paljon autolla ajaa, millaisessa säässä ja missä autoa säilyttää. Autopesujen määrä vuodessa riippuu täysin siitä, kuinka puhtaana käyttäjä autonsa haluaa pitää. On vaikea arvioida auton pesuun kuluva vesimäärä, sillä sekin riippuu täysin pesijästä. Öljy- ja biopolttoaineala ry (2015) mukaan käsinpesupaikalla kuluu vettä 200 l/auto. Jos kotitalouskäyttäjä pesee autoaan samalla kulutuksella kymmenen kertaa vuodessa, vettä kuluu 2000 l. Autonpesusta syntyvä jätevesi sisältää esimerkiksi hiekkaa, lietettä, moottoriöljyä, rasvoja ja pesuaineita (Öljy- ja biopolttoaineala ry).

Ikkunoiden likaantumiseen vaikuttaa esimerkiksi katu- ja siitepölyn määrä ikkunoiden läheisyydessä. Myös ikkunoiden pesuun kuluva vesimäärä ja pesukertojen määrä vuodessa riippuvat täysin pesijästä. Jos omakotitalon ikkunoiden pesuun kuluisi noin 5 litraa ja ikkunoita pestään kerran vuodessa, vedenkulutus on erittäin pientä.

## 4 CASE: HULEVESIEN HYÖTYKÄYTTÖ TAMPEREEN KÄPYLÄSSÄ

Tampereen Käpylä sijaitsee Lapin kaupunginosassa ja alue on rakennettu pääosin 1910-1920-luvulla, mutta täydennysrakentamista on ollut vielä 1940- ja 1950-luvulla. Alueen rakennukset ovat hirrestä rakennettuja paritaloja, mutta suurin osa on remontoitu yhden perheen asunnoiksi. (Haavisto 2013) Tämä alue valittiin, koska se on selkeärajainen (Kuva 4).



*Kuva 4: Mitoitettavan alueen rajaus ja pinta-ala (Maanmittauslaitos).*

Käpylän asuinalueella sijaitsee kuvan 4 mukaan 114 asuintonttia, joilla on yhteensä 51 piharakennusta. Museovirasto on määritellyt pientaloalueen valtakunnallisesti arvokkaaksi rakennetun ympäristön kohteeksi (RKY 2009, Haavisto 2013 mukaan). Tämä saattaa rajoittaa alueelle ja taloihin tehtävien muutoksien mahdollisuutta. Alueen hulevedet syntyvät katto- ja tiepinnoilla.

#### 4.1 Asuinalueen vedentarve suhteessa hulevesien muodostumismäärään

Oletetaan, että asuinalueen jokaisessa talossa asuu neljä ihmistä, jolloin asuinrakennusten määrän (114) avulla saadaan, että asuinalueella asuu noin 456 ihmistä. Heidän keskimääräinen vedenkulutuksensa kuukaudessa on yhteensä 2120 m<sup>3</sup> (Motiva 2018). Vettä kuluu Käpylän asuinalueella kuukaudessa Motiva (2018) perusteella 821 m<sup>3</sup> peseytymiseen, 547 m<sup>3</sup> vessan huuhteluun, 479 m<sup>3</sup> ruoanlaittoon ja 274 m<sup>3</sup> pyykinpesuun.

Käytetään hulevesimäärän laskemiseen Tampereen Härmälässä mitattua vuoden 2017 korkeinta kuukauden sadesummaa 137 mm kesäkuussa ja pienintä sadesummaa 12 mm toukokuussa (Ilmatieteen laitos). Karttapaikka-palvelun avulla laskettu kokonaispinta-ala alueelle on 9,4 ha, josta asuin- ja piharakennusten kattopinta-alaa on yhteensä 1,4 ha ja tiepinta-alaa on 1,2 ha. Alueella on 6,7 ha muuta pintaa, joka luokitellaan yksinkertaisuuden vuoksi puistomaiseksi pihaksi, vaikka osa alueesta on pihatietä tai metsää. Kaavalla 2 voidaan laskea hulevesien muodostumismäärä Käpylän asuinalueella.

Kaava 2 saadaan muotoon

$$V_{\text{asuinalue}} = P * 100 * (C_{\text{katto}} * A_{\text{katto}} + C_{\text{tie}} * A_{\text{tie}} + C_{\text{puistomainen piha}} * A_{\text{puistomainen piha}}),$$

jossa taulukon 1 mukaan  $C_{\text{katto}}$  on 0,9,  $C_{\text{tie}}$  on 0,8 ja  $C_{\text{puistomainen piha}}$  on 0,2. Hulevesien muodostumismääräksi saadaan kuukaudessa suurimmillaan 49 445 m<sup>3</sup> ja pienimmillään 4 318 m<sup>3</sup>. Suurempi muodostumismäärä on yli kymmenkertainen pienempään verrattuna, mutta pienempi muodostumismäärä on jopa kaksikertainen asuinalueen kokonaisvedenkulutukseen nähden.

Jos tontilla on 100 m<sup>3</sup> kattopintaa ja 200 m<sup>3</sup> puistomaista pihaa, hulevesien muodostumismäärä yksittäisen rakennuksen katolla on

$$V_{\text{tontti}} = P * 100 * (C_{\text{katto}} * A_{\text{katto}} + C_{\text{puistomainen piha}} * A_{\text{puistomainen piha}}),$$

josta saadaan 179 m<sup>3</sup> ja 16 m<sup>3</sup> kuukaudessa käyttämällä samoja Tampereen Härmälässä mitattuja sadannan arvoja kuin aiemmin lasketussa koko asuinalueen hulevesimäärässä.

## 4.2 Huleveden keräysjärjestelmä ja hyödyntämiskohteet

Tarkasteltavalle alueelle on rakennettu erillisviemäröinti (Keskustan valuma-alue). Kuvassa 5 näkyy koko kaupunginosan hulevesiverkosto vihreällä merkittynä.



**Kuva 5:** Käpylän asuinalueen hulevesiverkosto. Perustuu lähteeseen (Keskustan valuma-alue).

Jos luvussa 3.2 esiteltyä saksalaista keräyssysteemiä käytettäisiin Käpylän asuinalueella, kaksi tankkia kattaisi Käpylän asukkaiden vedentarpeen vessan huuhtelun ja kasvien kastelun osalta. Tankit tuottaisivat yhteensä 20 m<sup>3</sup> puhdistettua vettä päivässä, jolloin 1,76 m<sup>3</sup> jäisi vessojen huuhtelun jälkeen kasteluvedeksi. Kyseiset takit eivät ole tehokkaita omakotitaloalueelle, koska ne keräävät veden yhteen paikkaan, jolloin vesi pitäisi pumpata jokaiseen taloon erikseen. Tämän vuoksi omakotitaloalueella on järkevintä järjestää talokohtainen huleveden keräys, sillä hulevedet päästään hyödyntämään suoraan syntymispaikalla ja yhteiskeräys olisi vaikea saada toimivaksi. Yhteiskeräys sopii parhaiten kerrostaloihin, sillä niissä kaikki muodostuva hulevesi saadaan tehokkaasti hyötykäyttöön.

Talokohtaisen keräyksen vuoksi, asukkaiden täytyy olla itse kiinnostuneita hulevesien hyödyntämisestä. Koska vedenkeräys järjestetään talokohtaisesti, alueella ei ole mahdollista tarjota tulipalojen sammutukseen lisävettä. Lisävesi on järkevää tuoda Näsijärvestä, koska se on todella lähellä Käpylän asuinaluetta. Vettä voidaan käyttää keräyspisteistä kasteluun sekä auton ja ikkunoiden pesuun. Huleveden käyttö vessan huuhtelussa saattaa vaatia muutoksia talon järjestelmiin ja on selvítettävä voiko muutoksia tehdä valtakunnallisesti arvokkaaksi rakennetun ympäristön kohteeksi luokiteltuun taloon. Yhdellä tontilla muodostuva katon hulevesi, ei riitä edes yhden ihmisen vessanhuuhteluun kuukaudessa, koska suuri osa alueen hulevedestä muodostuu

tieosuuksilla. Hulevedellä voitaisiin siis korvata vain osa vessanhuhteluvedestä Käpylässä.

Katoilta muodostuva hulevesi voidaan kerätä syöksytorvista tynnyriin tai maanalaiseen säiliöön. Keräyssysteemin koko voisi olla käyttökohteiden vedenkulutuksen perusteella 200 litraa ja yksi säiliö riittää, jos samana päivänä ei pestä autoa ja ikkunoita ja kastella puutarhaa. Säiliö kääntää alkuhuhtouman ja ylimääräisen veden erillisviemäröintiin.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Hulevedet aiheuttavat määrällisiä ja laadullisia ongelmia. Huleveden määrä on sitä suurempi ja laatu huonompi, mitä enemmän alueella on rakennettua pintaa. Hulevedet aiheuttavat ongelmia jätevedenpuhdistamoille sekä uhkaavat talousveden laatua ja määrää, kun vettä ei pääse suotautumaan pohjavesiin tai hulevedet pilaavat pohja- ja pintavesiä.

Hulevesien määrään vaikuttaa sadanta, rakennetun pinnan määrä ja ilmastonmuutos. Hulevesitulvat, jotka lisääntyvät ilmastonmuutoksen vaikutuksesta, uhkaavat taloja ja irtaimistoa. Mikään hyödyntämiskohde ei voi toimia pelkästään hulevesien avulla, koska hulevesien muodostuminen on täysin sadannasta riippuvaista. Jos hulevesien hyödyntäminen olisi laajaa, talousvesilaitoksien olisi huomioitava puhdistetun veden käytön väheneminen sateisina aikoina ja toisaalta käytön kasvaminen kuivina aikoina.

Hulevesien laatuun vaikuttaa alueen käyttö ja turvallisuuden vuoksi hulevesin laatu on mitattava aina tapauskohtaisesti. Esimerkiksi alueella sijaitsevat teollisuuslaitokset ja valtatie saattavat heikentää hulevesien laatua merkittävästi ja aiheuttaa terveystariskin.

Hulevesien hyötykäytöllä säästetään puhtaita vesivaroja ja kotitalouksien rahaa, kun ei käytetä talousvettä kohteissa, jotka eivät vaadi kovin puhdasta vettä. Hulevesien hallinnassa tärkeintä on estää hulevesien muodostuminen ja käsitellä hulevesi syntypaikalla. Hyötykäyttö voidaan nähdä osana hulevesien määrällistä hallintaa.

Erilaiset riskinarviointimenetelmät ja -ohjeistukset antavat ristiriitaista tietoa erilaisten hyötykäyttökohteiden vaatimasta veden laadusta. Tämä vaikeuttaa hyötykäytön laajempaa leviämistä, kun ihmiset eivät tiedä vaarantaako hulevesi käyttäjän terveyden. Hulevesille tulisi antaa yksiselitteiset laatuvaatimukset erilaisissa käyttökohteissa.

Käpylän asuinalueella voidaan järjestää talokohtainen kattohuleveden keräys suoraan syöksytovista. Vesi voidaan varastoida joko tynnyrissä tai maanalaisessa säiliössä. Hulevesiä voidaan käyttää puutarhan kasteluun sekä auton ja ikkunoiden pesuun.



## LÄHTEET

Aaltonen, J., Hohti, H., Jylhä, K., Karvonen, T., Kilpeläinen, T., Koistinen, 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, Helsinki, 123 s.

Ahiablame, L. & Shakya, R. (2016). Modeling flood reduction effects of low impact development atr a watershed scale, Journal of Environmental Management, Vol. 171, pp. 81-91.

Amos, C.C., Rahman, A., Karim, F. & Gathenya J.M. (2018). A scoping review of roof harvested rainwater usage in urban agriculture: Australia and Kenya in focus, Journal of Cleaner Production, Vol. 202, pp. 174-190.

Baralkiewicz, D., Chudzinska, M., Szpakowska, B., Swierk, D., Goldyn, R. & Dondajewska, R. (2014). Storm water contamination and its effect on the quality of urban surface waters, Environmental Monitoring and Assessment Vol. 186, pp. 6789-6803.

Eskola, R. & Tahvonen, O. (2010) Hulevedet rakennetussa viherympäristössä, Hämeenlinna, 150 s.

Göbel, P., Dierkes, C. & Coldewey, W.G. (2007). Stormwater runoff concentration matrix for urban areas, Journal of Contaminant Hydrology Vol. 91, pp. 26-42.

Haavisto, H. (2013). Tampereen Lapin pientaloalueen suojeleusmakaava, Rakennetun kulttuuriympäristön inventointi, Pirkanmaan maakuntamuseo.

Haminan vesi. Kysymyksiä ja vastauksia hulevesistä, verkkoaineisto. Saatavissa (viitattu 20.10.1018): <http://www.haminanvesi.fi/FI/Hulevesi/Kysymyksi%C3%A4%20ja%20vastauksia%20hulevedest%C3%A4/>

Hatt, B., Deletic, A. & Fletcher, T. (2006). Integrated treatment and recycling of stormwater: a review of Australian practice, Journal of Environmental Management, Vol. 79, pp. 102-113.

Hengityслиitto. VOC-yhdisteet. Saatavilla (viitattu 29.11.18): <https://www.hengityслиitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuhautaudet/voc-yhdisteet>

HSY 2018. Jätevedenpuhdistus pääkaupunkiseudulla 2017, Helsingin seudun ympäristöpalvelut –kuntayhtymä, Helsinki. Saatavilla (viitattu 29.11.2018): [https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Julkaisusarja/1\\_2018-jatevedenpuhdistus-paakaupunkiseudulla-2017.pdf](https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Julkaisusarja/1_2018-jatevedenpuhdistus-paakaupunkiseudulla-2017.pdf)

Ilmastokestävän kaupungin suunnitteluopas. Ilmastomuutoksen vaikutukset, verkkoaineisto. Saatavissa (viitattu 3.11.2018): <http://ilmastotyokalut.fi/ilmastonmuutos-ja-kaupungit/ilmastonmuutoksen-vaikutukset/>

Ilmatieteenlaitos. Havaintojen lataus, verkkopalvelu. Saatavilla (viitattu 21.12.2018): <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

IPCC (2018). Impacts of 1,5°C of global warming on natural and human systems, An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1,5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Saatavilla (Viitattu 22.12.2018): <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-3/>

Maanmittauslaitos. Karttapaikka, verkkopalvelu. Saatavilla (viitattu 21.12.2018): <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>

Keskitalo, J. (2017). Rajaton vesi, rajalliset vesivarat, Tallinna Raamatutrükikoja OÜ, Tallinna, 236 s.

Keskustan valuma-alue – Liite 6 (2012). Teoksessa: Tampereen kaupungin valuma-alue selvitys, Tampereen kaupunki.

Kuntaliitto (2011). Opas sammutusvesisuunnitelman laatimiseksi, Suomen kuntaliitto, Helsinki, 46 s.

Kuntaliitto (2012). Hulevesiopas, Suomen kuntaliitto, Helsinki, 294 s.

Kuntatekniikka (2017). Hulevesien määrän merkittävä kasvu on suuri ympäristömuutos, uutinen. Saatavissa (viitattu 25.10.2018): <https://kuntatekniikka.fi/2017/10/05/hulevesien-maaran-merkittava-kasvu-suuri-ymparistomuutos/>

Leppäranta, M., Virta, J. & Huttula, T. (2017). Hydrologian perusteet, Unigrafia, Helsinki, 234 s.

Liikennevirasto (2013). Maanteiden hulevesien laatu, tutkimusraportti.

Saatavissa (viitattu 25.10.2018): [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lts\\_2013-12\\_maanteiden\\_hulevesien\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lts_2013-12_maanteiden_hulevesien_web.pdf)

Lim K.-Y., Hamilton, A. & Jiang, S. (2015) Assessment of public health risk associated with viral contamination in harvested urban stormwater for domestic applications, *Science of The Total Environment*, Vol. 523, pp. 95-108.

Lundy, L., Revitt, M. & Ellis, B. 2018. An impact assessment for urban stormwater use, *Environmental science and pollution research*, Vol. 25 (20), pp. 19259-19270.

Motiva (2018). Vedenkulutus taloyhtiössä. Saatavissa (viitattu 6.12.2018): [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa\\_energian\\_ja\\_vedenkulutuksesta/vedenkulutus\\_taloyhtiossa](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa_energian_ja_vedenkulutuksesta/vedenkulutus_taloyhtiossa)

Ng, K.T., Herrero, P., Hatt, B., Farrelly, M. & McCarthy, D. (2018). Biofilters for urban agriculture: Metal uptake of vegetables irrigated with stormwater, *Ecological Engineering*, Vol. 122, pp. 177-186.

Nolde, E. (2007). Possibilities of rainwater utilization in densely populated areas including precipitation runoffs from traffic surfaces, *Desalination*, Vol. 215, pp. 1-11.

Pérez-Uresti, S., Ponce-Ortega, J.M. & Jiménez-Gutiérrez, A. (2019). A multi-objective optimization approach for sustainable water management for places with over-exploited water resources, *Computers & Chemical Engineering*, Vol. 121, pp. 158-173.

Pääkaupunkiseudun ympäristötieto (2016). Pääkaupunkiseudun vedenkulutus 2006-2015. Saatavissa (viitattu 6.12.2018): <http://www.pks-ymparistotieto.fi/tiedot/vedet/vedenkulutus/>

Richards, P., Farrell, C., Tom, T., Williams, N. & Fletcher, T. (2015). Vegetable raingardens can produce food and reduce stormwater runoff, *Urban forestry & Urban Greening*, Vol. 14, pp. 646-654.

Valtanen, M., Sillanpää, N. & Setälä, H. (2015). Key factors affecting urban runoff pollution under cold climatic conditions, *Journal of hydrology* Vol. 529 (3), pp. 1578-1589

Valtanen, M., Sillanpää, N. & Setälä, H. (2014). The effect of urbanization on runoff pollutant concentrations, loadings, and their seasonal patterns under cold climate, *Water, air and soil pollution* Vol. 225 (4).

Valtanen, M., Sillanpää, N., Häätinen, N. & Setälä, H. (2010). Hulevesien imeyttäminen ja suodattaminen: haitta-aineet ja menetelmät, Helsingin yliopisto, 42s.

Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M. & Aaltonen, J. (2012). Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen, WaterAdapt-projektin loppuraportti, Suomen ympäristökeskus, Helsinki, 138s.

VVY (2016). Välttämätön vesi. Saatavissa (viitattu 6.12.2018): [https://www.vvy.fi/site/assets/files/1088/valttamaton\\_vesi\\_vvy\\_2016\\_nettti.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/1088/valttamaton_vesi_vvy_2016_nettti.pdf)

YK-liitto. Vesi, Suomen YK-liitto, verkkoaineisto. Saatavissa (viitattu 18.10.2018): <https://www.ykliitto.fi/yk70v/ekologinen/vesi>

Ympäristölaatonormi (2015). L 05.11.2015/1308. Saatavissa (viitattu 29.12.2018): <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151308>

Öljy- ja biopolttoaineala ry (2015). Ajoneuvojen pesutoiminta huoltoasemilla ja muissa vastaavissa kohteissa, verkkoaineisto. Saatavissa (Viitattu 21.12.2018): [http://www.oil.fi/sites/default/files/ajoneuvojen\\_pesutoiminta\\_jakeluasemilla\\_ja\\_muissa\\_vastaavissa\\_kohteissa\\_julkaisu\\_liitteineen\\_012015.pdf](http://www.oil.fi/sites/default/files/ajoneuvojen_pesutoiminta_jakeluasemilla_ja_muissa_vastaavissa_kohteissa_julkaisu_liitteineen_012015.pdf)