

# HULEVESIKASETTIJÄRJESTELMIEN SUUNNITTELUN NÄKÖKOHTIA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma  
Ympäristötekniikan suuntautumisvaihtoehto  
Opinnäytetyö  
Syksy 2010  
Anniina Pouta

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikka

Annina Pouta: Hulevesikasettijärjestelmien suunnittelun näkökohtia

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 35 sivua, 2 liitesivua

Syksy 2010

## TIIVISTELMÄ

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä tietoa hulevesikasettijärjestelmien suunnitteluun vaikuttavista tekijöistä sekä kartoittaa kokemuksia ja näkökulmia niiden käyttöön ottamisesta Lahdessa ja lähiseudun kunnissa. Tietoa kerättiin kirjallisuudesta, säännöksistä ja haastatteluilla. Työ tehtiin ympäristötekniikan ja -hallinnan asiantuntijayritys YIP Ympäristöinsinööripalvelut Oy:n toimeksiannosta.

Hulevesiä koskevaa lainsäädäntöä on niukasti. Hulevesikasettijärjestelmien käyttökokeuksia oli Suomessa vähän ja lyhyeltä ajalta. Haastatteluiden kohdekunnilla ei ollut omakohtaisia käyttökokeuksia, eikä niiden rakentamiseen liittyviin menettelyihin ollut muotoutunut vielä käytäntöjä. Hulevesien paikalliseen hallintaan oli kiinnitetty aikaisempaa enemmän huomiota kaavoituksessa.

Hulevesikasettialtaita voidaan käyttää monenlaisilla alueilla, myös liikennöidyillä. Ne soveltuvat huleveden paikalliseen käsittelyyn, jota on tärkeää lisätä taajamatulvien ehkäisemiseksi. Hulevedet sisältävät haitta-aineita, minkä vuoksi hulevesijärjestelmien suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon puhdistusmenetelmät ja pohjavedensuojaus.

Avainsanat: hulevesi, hulevesikasetti, hulevesikasettijärjestelmä, taajamatulvat, hulevesien hallinta, viivytys, imeyttäminen

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Environmental Technology

Pouta, Anniina:

Modular stormwater infiltration and attenuation systems  
Considerations of planning

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 35 pages, 2 appendices

Autumn 2010

## ABSTRACT

---

The objective of this study was to collect data needed in planning modular stormwater attenuation and infiltration systems. It was commissioned by YIP Environmental Engineering Services Ltd, a consultant of environmental technology and management. Modular stormwater systems provide a way to treat stormwater locally and prevent floods. They can be used in different kind of areas and to attenuate, infiltrate and storage stormwater. Stormwater carries pollutants, and it is important to consider cleaning when planning stormwater systems.

Information about technical features, regulations and examples were gathered from literature, the Internet, from regulations and interviews. Municipal aspects to modular stormwater systems were investigated by interviews that were carried out in Lahti and in seven nearby municipalities.

This study seems to indicate that stormwater management is hardly noticed in Finnish legislation. Experiences about using modular stormwater systems in Finland are few, and from a short period of time. The municipalities included in this study had not these systems in their own use and they were not noticed in the present building regulations. Local treatment of stormwater was increasingly noticed in town planning.

Key words: urban runoff, stormwater management, infiltration, detention, flood control, modular stormwater attenuation and infiltration system

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	HULEVESIEN HALLINTA	3
2.1	Hulevesien käsittely	3
2.2	Kaavoitus hulevesien hallinnassa	3
2.3	Vastuukysymykset	4
3	HULEVESIEN HALLINNAN ONGELMIA	5
3.1	Taajamatulvat	5
3.2	Epäpuhtaudet	6
3.3	Erosio	7
4	HULEVESIEN HALLINTAAN LIITTYVIÄ SÄÄDÖKSIÄ JA OHJEITA	8
4.1	Tulvariskien hallinnan lainsäädäntö	8
4.2	Maankäyttö- ja rakennuslaki	8
4.3	Vesihuoltolaki	9
4.4	Vesilaki	10
4.5	Suomen rakentamismääräyskokoelma	10
4.6	Muita määräyksiä ja ohjeita	12
5	MAANALAISET HULEVESIALTAAT	13
5.1	Hulevesikasettijärjestelmät	13
5.2	Esimerkkejä muista ratkaisuista	16
5.3	Viivytyt	18
5.4	Imeyttäminen	20
5.5	Mitoitus	21
5.6	Kantavuus	23
6	YHTEENVETO	25
	LÄHTEET	28

## LYHENNELUETTELO

BOD <sub>7</sub>	7 vuorokauden aikana mitattu biologinen hapenkulutus
COD	kemiallinen hapenkulutus
FPP	joustava polypropeeni
HDPE	polyeteeni high density
N	Newton, voiman yksikkö
LDPE	polyeteeni low density
m	metri
N <sub>kok</sub>	kokonaistyyppipitoisuus
PE	polyeteeni
P <sub>kok</sub>	kokonaisfosforipitoisuus
PP	polypropeeni
PVC	polyvinyylidikloridi
s	sekunti

## 1 JOHDANTO

Taajamien hulevesien hallinnassa vallitseva hulevesijärjestelmä on hulevesiviemäriverkko. Hulevesiviemärien mitoitus on paikoitellen jäänyt nykyisiin sademääriin nähden riittämättömäksi, minkä seurauksena hulevedet tulvivat rankkasateiden aikana. Niiden riittämättömän kapasiteetin paikkaamiseksi ja tulvien hallitsemiseksi tarvitaan hulevesien paikallista käsittelyä eli imeyttämistä ja viivyttämistä.

Taajaan rakennetuilla alueilla tilanpuute asettaa haasteita hulevesien paikallisen käsittelyn suunnittelulle. Kun maanpäällisille hulevesijärjestelmille, kuten viherpainanteille tai lammikoille, ei ole tilaa, voidaan hulevesiä hallita maanalaisilla hulevesialtailla, sillä näiden yläpuolista aluetta voidaan käyttää menetelmästä riippuen esimerkiksi paikoitusalueena. Maanalaiset hulevesialtaat voivat koostua karkeasta maa-aineksesta, putkista, betonista tai muovisista moduuleista. Tässä opinnäytetyössä keskitytään tarkastelemaan muovisista moduuleista eli hulevesikaseteista koostuvia maanalaisia hulevesijärjestelmiä, mutta muitakin menetelmiä esitellään lyhyesti ja vertaillaan.

Hulevesikasettijärjestelmien suunnittelussa on otettava huomioon lainsäädäntö, kuntien määräykset, kasettien ominaisuudet, käytettävä sovellus, rakenteen yläpuolisen alueen käytön aiheuttama kuormitus ja maaperä- ja pohjavesiolosuhteiden soveltuvuus hulevesien käsittelyyn. Suunnittelua ohjataan kaavoituksella ja kuntien lupamenettelyillä. Hulevesikasettien käyttökokemuksia on Suomessa vähän ja lyhyeltä ajalta, mikä asettaa haasteita suunnittelulle.

Hulevesikasettijärjestelmien sovelluksista käytetään kyseistä aluetta parhaiten palvelevaa ja maaperän kanssa toimivaa. Sovelluksia ovat imeytys, viivytytys, ja varastointi. Näitä hyödynnetään tulvien hallitsemiseksi hulevesiverkoston kapasiteetin ylityttyä, purkupaikkojen suojelemiseksi eroosiolta tai huleveden varastointiin myöhempää käyttöä varten. Haitta-aineita erottelevaa ominaisuutta ei kaseteissa ole, vaikka huleveden puhdistamiselle olisi tarvetta. Imeytysratkaisuja suunniteltaessa pohjaveden suojeleminen huleveden sisältämillä haitta-aineilla on tärkeää ottaa huomioon.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on koota tietoa hulevesikasettijärjestelmien suunnitteluun vaikuttavista asioista. Sen tavoitteena on antaa tietoa suunnittelun näkökulmista myös suunnittelun tilaajien käyttöön ja olla avuksi asettaessa suunnittelulle vaatimuksia. Se on tehty ympäristötekniikan ja -hallinnan asiantuntijayritys YIP Ympäristöinsinööripalvelut Oy:n toimeksiannosta.

Tietoa on kerätty säädöksistä, kirjallisista lähteistä ja laitevalmistajien antamista tuotetiedoista. Lisäksi kuntien näkökulmaa asiaan on kartoitettu kuntien asiantuntijoiden haastatteluilla Lahdessa ja lähialueen kunnissa, painottuen kuitenkin Lahden eteläpuolelle. Haastatteluissa kyseltiin esimerkiksi hulevesien hallinnan ongelmista, kokemuksista ja kiinnostusta hulevesikasettijärjestelmien käyttöön, kaavoituksen vaikutuksesta hulevesikasettijärjestelmien käytölle ja näkemyksiä hulevesikasettijärjestelmien rakennusluvanvaraisuudesta.

7.7.2010 voimaan tullut Valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta (659/2010) velvoittaa kuntia kartoittamaan merkittävät tulvariskialueet 22.12.2011 mennessä ja tekemään niille tulvariskien hallintasuunnitelmat 22.12.2015 mennessä (13 §). Vesihuoltolain uudistuksen myötä vastuuta viemäriverkostoista siirtyy vesilaitoksilta kunnille (Maa- ja metsätalousministeriö 2010a). Näiden muutosten myötä on kunnilla paineita kiinnittää huomiota hulevesien hallintaan ja nykyisten hallintamenetelmien toimivuuteen. Uusia ratkaisuja tarvitaan käyttöön.

## 2 HULEVESIEN HALLINTA

### 2.1 Hulevesien käsittely

Viemäriverkoston johtaminen on taajamissa valtaapitävä tapa käsitellä hulevesiä. Haastatteluiden kohdekunnissa oli viemäriverkosto taajamien hulevesien käsittelyn perusta; avo-ojat sekä viivytys- ja imeytysjärjestelmät paikkasivat sitä. Tontti-kohtaisen hulevesien hallinnan lisäämiseen määräysten avulla oli kiinnostusta. (Siikanen 2010; Helenius 2010; Ristola 2010; Laitila 2010; Tuomala 2010; Juhola 2010; Laine 2010.) Viemäriverkostot oli joissakin haastatteluiden kohdekunnissa havaittu kapasiteetiltaan riittämättömiksi, joten viivytys- ja imeytysratkaisuja tul-taisiin tarvitsemaan kasvavassa määrin (Helenius 2010; Laitila 2010).

Hulevesiä käsitellään paikallisesti sopivilla alueilla maanpäällisillä tai maanalai-silla imeytys- ja viivytysrakenteilla. Taajamissa maanpäällistä paikallista käsitte-lyä vaikeuttaa rakentamattoman maanpinnan vähyys. Maanalaiset hulevesialtaat voivat soveltua myös tiiviisti rakennetulle alueelle, sillä niiden yläpuolelle voi-daan rakentaa esimerkiksi puisto.

Vesihuoltolaitos voi periä hulevesiverkkoon liittymisestä maksua (Vesihuoltolaki 119/2001, 19 §). Hulevesiverkkoon liittymisen kustannukset tontin omistajalle tai haltijalle vaihtelevat paikkakunnan mukaan. Esimerkiksi Lahti Aquan alueella hulevesiviemäriin liittymisestä ja hulevesien johtamisesta siihen ei peritä maksua (Lahti Aqua Oy 2010), kun taas Heinolan kaupungin vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella hulevesiverkkoon liittyminen on maksullista (Heinolan kaupunki 2010).

### 2.2 Kaavoitus hulevesien hallinnassa

Haastatteluissa kävi ilmi, että useimmissa kunnissa otettiin hulevesien käsittely aikaisempaa enemmän huomioon kaavoituksessa. Uusien alueiden hulevesijärjes-telmien tarve oli arvioitu ja kaavaan oli varattu alueita maanpäällisille tai maan-alaisille hulevesialtaille. Esimerkiksi Lahden Ranta-Kartanon kerrostaloalueen asemakaavaluonnoksessa oli osoitettu alue hulevesien hallintaan liittyville raken-teille ja havainnekuvassa varattu tila maanalaiselle hulevesialtaalle (Lahden kau-



punki 2010.) Järvenpäässä asuinalue Lepola 1:n kaavoituksessa on suunniteltu hulevesien käsittely toteutettavaksi niiden syntypaikalla kosteikkorakenteiden avulla, sillä purkuojan kapasiteetti ja muoto eivät kestä pistemäistä maksimivirtausta. (Laine 2010.)

Kaavamääräyksiin voidaan sisällyttää vaatimuksia hulevesien tonttikohtaiselle käsittelylle. Esimerkiksi Järvenpäässä edellä mainitun asuinalue Lepola 1:n asemakaavamääräyksissä edellytetään hulevesien käsittelyä kiinteistöillä, ja samoin tullaan menettelemään sitä seuraavien asemakaava-alueiden kohdalla. Tällöin rakennuslupahakemukseen on sisällytettävä selvitys kiinteistön hulevesien käsittelystä, ja rakennusluvan saaminen edellyttää, että esitetty käsittelymenetelmä hyväksytään kunnassa. (Laine 2010.) Asemakaava ohjaa hulevesijärjestelmien valintaa ja suunnittelua, mutta se ei määritä käytettävää järjestelmää. Asemakaavamääräyksissä pyritään sellaiseen yksityiskohtaisuuteen, että pystytään arvioimaan ympäristön laatu kuitenkin rajaamatta hyviä uusia ratkaisuja pois. (Airas 2010.)

### 2.3 Vastuukysymykset

Hulevesien hallinnan järjestämisestä on kokonaisvaltainen vastuu vesihuoltolaitoksilla ja kunnilla. Vastuunjaossa on ollut epäselvyyksiä, ja hulevesien hallinnan järjestämisen motivaatiota heikentävät sen huonot liiketoimintamahdollisuudet. Vesilaitos ja kunta eivät hyödy hulevesistä taloudellisesti (Helenius 2010; Kaija 2010). Kiinteistön omistaja tai haltija vastaa vesihuoltolain (119/2001) 6. pykälän mukaan kiinteistönsä hulevesien ja kuivatusvesien käsittelystä.

Hulevesien kokonaisvastuun asettamista kunnille asemakaava-alueella maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) muutoksilla esitetään vesihuoltolain (119/2001) uudistamistarvetta pohtineen työryhmän loppuraportissa. Vastuu hulevesien viemäröinnistä säilyisi vesihuoltolaitoksilla. (Maa- ja metsätalousministeriö 2010a, 49-50.)

### 3 HULEVESIEN HALLINNAN ONGELMIA

Hulevesi on ongelmallista monella tapaa. Huleveden määrään liittyy ongelmia, kuten lisääntyneen huleveden ja kasvaneiden virtaamahuippujen ympäristölle ja omaisuudelle aiheuttamat ongelmat. Hulevesi on yksi tärkeimmistä hajakuormituksen lähteistä monien ympäristöä kuormittavien aineiden osalta. Jätevesijärjestelmän käyttöön hulevesien käsittelyssä liittyy ongelmia, kuten jäteveden puhdistustulosten heikkeneminen jätevedenpuhdistamolla. (Kotola ym. 2005, 15.)

Ilmastonmuutos hankaloittaa hulevesien käsittelyä kasvattamalla sademääriä ja lisäämällä rankkasateita. On ennustettu, että talvisateet runsastuvat ja että rankkasateita esiintyy entistä enemmän ja voimakkaampana kesäisin. (Aaltonen ym. 2008, 7.) Käytössä olevien hulevesijärjestelmien täydentämiselle paikallisella hulevesien käsittelyllä on tarvetta, jotta tulvia voidaan ehkäistä.

#### 3.1 Taajamatulvat

Taajamatulva syntyy, kun hulevesi- ja kuivatusverkosto ei ota vastaan satanutta vettä. Useimmiten tämä johtuu verkostojen mitoituksen riittämättömyydestä sataneen vesimäärän käsittelyyn. Riittämättömyyteen vaikuttavat verkoston mitoitus- sademäärän valinta mahdollisimman kustannustehokkaasti sekä valuma-alueen korkeuserot. Hulevesi- ja kuivatusverkoston kapasiteetin ylittyessä sadevesi kertyy hallitsemattomasti kaduille, pihoihin ja kiinteistöihin. (Tiihonen 2007, 8.)

Kaupunkitulvista aiheutuvat haitat ovat pääasiassa taloudellisia ja toiminnallisia. Taloudellisiin haittoihin kuuluu esimerkiksi tuhoutunut omaisuus ja toiminnallisiin esimerkiksi liikenteen estyminen. (Hyöty ym. 2005, 15.) Riskeinä ovat myös hulevesien pääsy jätevesiviemäriin ja juomaveden pilaantuminen (Hyöty 2010). Vahinkoja voidaan estää huolellisella maankäytön suunnittelulla. (Hyöty ym. 2005, 15.) Tulvasuojelu on mahdollista järjestää myös jo rakennetulle alueelle. Esimerkiksi Kouvolan keskustan tulvien hallintakeinoja pohdittaessa ehdotettiin ratkaisuksi useiden keinojen yhdistelmää: maanalaisen viivytysaltan rakentamista, imeytystä puistoalueita ja urheilukenttää hyödyntäen sekä hallittua tulvimista siihen soveltuvalla katuosuudella. (Hujanen 2008, 81.)

### 3.2 Epäpuhtaudet

Kiintoaine on tyypillisesti hulevesissä vallitseva haitta-aine. Muita hulevesille ominaisia haitta-aineita ovat ravinteet, mikro-organismit, orgaaniset aineet, raskasmetallit ja polttoainejäämät. Useat näistä ovat sitoutuneina kiintoaineeseen erityisesti pH:n ollessa yli 7. Keväällä lumien sulamisvesissä on teiden suolauksesta peräisin olevia suoloja. Tämä voi aiheuttaa ongelmia etenkin hulevesien purkupaikan kasvillisuudelle. (Kannala 2001, 19-20.)

TAULUKKO 1. Hulevesille tyypillisiä haitta-ainepitoisuuksia (Kannala 2001, 20)

Parametri	Pitoisuus mg/l			
	Liikennealueet	Pysäköintialueet	Kaukovainio, Oulu	Puhdistettu jätevesi
Kiintoaine	100–600	20 - 100	89	14
COD	150–250		22	78
BOD7			14	21
N <sub>kok</sub>			1,7	36
P <sub>kok</sub>			0,27	0,42
Pb	0,1-0,2	0,03-0,15	0,13	<0,005
Zn			0,34	0,13
Cd	0,002-0,004	0,002-0,004	0,001	<0,001
Cu	0,05-0,1	0,05-0,1	0,38	0,012

Hätinen (2010) tutki Hollolassa viiden pohjavesialueella sijaitsevan teollisuusalueen hulevesien haitta-ainepitoisuuksia, joita verrattiin Valtioneuvoston asetuksessa maaperän puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007) säädettyihin kynnsarvoihin. Tutkimuksessa havaittiin imeytyskaivoista otetuissa maanäytteissä kynnsarvot ylittäviä pitoisuuksia sinkin, kuparin, raskaiden öljyjakeiden ja tolueenin osalta (Hätinen 2010, 46).

Tyypillisesti teollisuusalueiden hulevesissä havaitaan huomattavia määriä raskasmetalleja, joista yleisimmin kuparia ja sinkkiä. Aineet ovat mahdollisesti peräisin teollisesta toiminnasta tai liikenteestä. (Hätinen 2010, 3-4). Raskasmetallit ovat pysyviä luonnossa ja useat niistä ovat myrkyllisiä (Valtion ympäristöhallinto 2009), joten niiden esiintyminen hulevesissä on huolestuttavaa. Etenkin pohjavesialueella raskasmetallit olisi poistettava hulevedestä. Käsiteltäessä hulevesiä

hulevesialtaassa, kertyvät laajan alueen hulevedet ja niiden sisältämät raskasmetallit altaaseen, joka muodostaa siten pistemäisen kuormituslähteen. Niiden erottaminen hulevedestä on tarpeen ennen sen purkamista maaperään tai vesistöön.

Lammi (2006) tutki Lahdessa taajama-alueelta kerättyjen hulevesien vaikutusta purkuvesistöinä toimivan Joutjärven veden laatuun. Tutkimuksessa otettiin hulevesinäytteitä kahdesta näytteenottopisteestä keväällä, kesällä ja syksyllä, ja niiden sisältämiä pitoisuuksia verrattiin järviveden pitoisuuksiin (Lammi 2006, 2). Molemmissa näytteenottopisteissä hulevesien fosfori- ja typpipitoisuus on moninkertainen järviveden pitoisuuksiin verrattuna (Lammi 2006, 28). Lammi (2006, 34) ehdottaakin hulevesien käsittelyä esimerkiksi viemäriin lisättävällä suodattimella ennen järveen purkamista. Monissa järvissä on ongelmana rehevöityminen, ja käsittelemättömät taajama-alueen hulevedet on syytä ottaa huomioon rehevöittäviä tekijöitä tarkasteltaessa.

Epäpuhtauksien poistamiseen hulevedestä tulisi kiinnittää huomiota hulevesijärjestelmiä suunniteltaessa. Öljyn- ja hiekanerottimien käyttöä on syytä harkita aina suunniteltaessa hulevesien keräämistä kasettijärjestelmään. Kiintoaine vaikuttaisi olevan vallitseva haitta-aine hulevesissä (taulukko 1) ja se voi tukkia järjestelmän, ellei hiekanerotinta käytetä. Erottimien mitoituksessa on syytä harkita, kuinka suuren roolin kustannustarkastelu saa puhdistustuloksen kustannuksella. Hyvä puhdistustulos voi pienentää pitkän aikavälin kustannuksia pidentämällä hulevesialtaan käyttöikä. Lisäksi on huomioitava, että haitta-aineet kertyvät laajalta alueelta huleveden mukana altaaseen.

### 3.3 Eroosio

Eroosio voi olla ongelmana hulevesiverkoston purkukohdissa tai veden kulkureiteillä etenkin rankkasateen aikana. Se voi aiheuttaa vahinkoja tai murentamalla maata rakennelmien alta tai lisäämällä purkuvesistön kiintoainekuormaa. Eroosiota voidaan hillitä viivyttämällä tai imeyttämällä hulevettä ennen purkua virtaaman tasaamiseksi.

Esimerkiksi Lahdessa huleveden suuri virtaama hulevesiviemärin purkukohdassa on aiheuttanut maan eroosiota ja veden samentumista keskustan tuntumassa sijaitsevaan Joutjärveen. Virtaaman hillitsemiseksi viemärin yläosaan liitetään kasettirakenteinen viivytysallas. (Hiltunen 2010.)

#### 4 HULEVESIEN HALLINTAAN LIITTYVIÄ SÄÄDÖKSIÄ JA OHJEITA

Suomen lainsäädännössä on niukasti ohjausta hulevesijärjestelmien mitoitukselle, mikä vie pohjaa hulevesien hallinnan huolelliselta suunnittelulta. Hulevesijärjestelmät mitoitetaan yleensä kesäsateiden aiheuttaman suurimman virtaaman mukaan. Hulevesijärjestelmien mitoitusperusteiden tarkistamiselle on tarvetta, sillä sateiden vesimäärän kasvu ja luonteen muuttuminen on odotettavissa. (Tiihonen 2007, 9.)

##### 4.1 Tulvariskien hallinnan lainsäädäntö

Laki tulvariskien hallinnasta (620/2010, 19 §) velvoittaa kunnat nimeämään tulvariskialueet sekä laatimaan tulvariskikartat ja tulvariskien hallintasuunnitelman. Asetus tulvariskien hallinnasta (659/2010) antaa tarkempia ohjeita tulvariskien hallinnan asiakirjojen laatimiseen. Sen 13. pykälän mukaan ensimmäinen tulvariskien alustava arviointi on oltava valmiina 22.12.2011, tulvavaara- ja tulvariskikartat 22.12.2013 ja ensimmäinen tulvariskien hallintasuunnitelma 22.12.2015. Tulvariskien hallintasuunnitelmassa on otettava huomioon mahdollisuudet tulvasuojelurakenteiden, tulvareittien ja tulvien pidättymisalueiden käyttöön. Lisäksi on huomioitava luonnonsuojelualueet sekä maankäyttö ja vesivarojen hyödyntäminen. (Valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta 659/2010, 5 §.)

##### 4.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäytön hallintaa ohjaavat maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) nojalla maankäytön suunnittelun menetelmät, kuten kaavoitus, voivat ohjata hulevesien käsittelyä. Lupamenettely hulevesijärjestelmän asentamisen kohdalla jää avoi-

meksi. Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 125. pykälän mukaan rakennuksen rakentamiseen tarvitaan rakennuslupa ja 126. pykälän mukaan laissa määritetty muunlaisen rakennelman rakentamiseen toimenpidelupa. Luvan ratkaisee kunnan rakennusvalvontaviranomainen (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 130 §).

Maankäyttö- ja rakennuslain 158. pykälän mukaan rakennusrasite eli toista tonttia rasittava oikeus rakennuksen tai rakennelman käyttämiseen tai niihin verrattavaan toimenpiteeseen on perustettavissa, mikäli se ei aiheuta kohtuutonta haittaa rasitettavan tontin omistajalle. Kiinteistön omistajan on hyväksyttävä johdon tai johdoin liittyvän vähäisen laitteen, laitoksen tai rakennelman sijoittaminen hallitsemalleen tai omistamalleen alueelle, mikäli se on ainoa järkevä sijoituspaikka (Maankäyttö- ja rakennuslaki 161 §).

#### 4.3 Vesihuoltolaki

Vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella kiinteistön on liitettävä vesihuoltoverkoston hulevesien poisjohtamiseksi, jos alueella on erillinen verkosto sitä tarkoitusta varten (Vesihuoltolaki 119/2001, 10 §). Vesihuoltolaitos voi periä hulevesiverkoon liittymisestä maksua (Vesihuoltolaki 119/2001, 19 §). Kunnan ympäristönsuojeluviranomainen voi myöntää vapautuksen velvoitteesta, jos kiinteistön hulevedet käsitellään asianmukaisesti muulla keinolla (Vesihuoltolaki 119/2001, 11 §.) Kiinteistön vesihuoltolaitteiston on oltava yhteensopiva vesihuoltolaitoksen laitteiston kanssa (Vesihuoltolaki 119/2001, 13 §).

Vesihuoltolain tarkistamistyöryhmä esittää loppuraportissaan, että maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) muutoksilla asetettaisiin kokonaisvastuu hulevesien hallinnasta asemakaava-alueilla kunnille. Hulevesien viemärointi säilytettäisiin vesihuoltolaitosten vastuun piirissä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2010a, 49-50.) Kunnalle säädettäisiin maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) muutoksella oikeus antaa määräyksiä hulevesien hallinnasta kiinteistöillä. Määräykset voisivat koskea hulevesien imeyttämistä, viivyttämistä tai johtamista kunnan hulevesijärjestelmään. Kunta voisi vaatia kiinteistöiltä hulevesisuunnitelman ja hulevesijär-

jestelmän toteuttamisen sen mukaisesti. (Maa- ja metsätalousministeriö 2009, 55-56.)

#### 4.4 Vesilaki

Vesilaissa (264/1961) säädetään 2. luvun 2. pykälän mukaan vesistöihin vaikuttavien rakennushankkeiden luvanvaraisuudesta. Hulevesistä säädetään, että kunnan ympäristönsuojeluviranomainen voi antaa luvan maankuivatusveden johtamiseen toisen viemäriin, jos siitä ei aiheudu sanottavaa haittaa eikä sen takia tarvita muutoksia viemäriin tai siihen kuuluviin laitteisiin. Viemärillä tarkoitetaan muuta kuin vesihuoltolaitoksen ylläpitämää viemäriä. (Vesilaki 264/1961, 10 luku 10 §.)

Maa- ja metsätalousministeriön asettama työryhmä tarkasteli vesilain muutostarvetta ja ehdotti muutosta vesitaloushankkeiden lupamenettelyyn tulva- ja kuivumisriskien huomioimiseksi paremmin. Uudistuksen myötä luvanvaraisiin hankkeisiin sisällytettäisiin tarvittaessa tulvariskiä pienentäviä toimenpiteitä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2010b, 8.)

#### 4.5 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Suomen rakentamismääräyskokoelma on ympäristöministeriön ylläpitämä kokoelma ympäristöministeriön asetuksia, jotka täydentävät muuta rakentamista ohjaavaa lainsäädäntöä.

##### A1 Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus: määräykset ja ohjeet 2006

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa A1 määrittää rakennustyön vaiheita ja valvontaa täydentäen maankäyttö- ja rakennuslain säädöksiä. (Ympäristöministeriö 2006, 3-4.)

##### B3 Pohjarakenteet: määräykset ja ohjeet 2004

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa B3 sisältää määräyksiä ja ohjeita rakennusten pohjarakenteista. Vaikka nämä eivät ole suoraan rinnastettavissa maanalaiseen hulevesialtaaseen, voi joistain tiedoista olla hyötyä maanalaisten rakenteiden suunnittelussa. Pohjarakenteet ovat pysyviä tai rakennuksenaikaisia. Pysyviä rakenteita ovat rakenteiden perustukset, kuivatusrakenteet, routasuojusrakenteet ja muut suojusrakenteet. Ennen rakentamista selvitetään kantavuusolosuhteita helpoissa kohteissa asiantuntijan tekemällä maastokatselmuksella, pohjaveden pinnankorkeus ja sen vaihtelut sekä routiminen. (Ympäristöministeriö 2004, 3-7.)

#### D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot: määräykset ja ohjeet 2007

Osa D1 sisältää kiinteistön sadevesilaitteiston rakentamiseen liittyviä määräyksiä ja ohjeita. Sadevesilaitteisto on sijoitettava kiinteistön alueella sijaitseville pinoille, joihin sadevesi ei pysty imeytymään. Sen on kestettävä maanpainetta, kuormitusta, maaperän syövyttävyyden ja routimisen vaikutuksia sekä sijaintipaikan mahdollista painumista. Sadevesiviemärissä on oltava puhdistusaukkoja, mutta tuuletusta se ei yleensä tarvitse. (Ympäristöministeriö 2007, 27-29.) Liitteessä 1 on annettu vesihuoltolaitteiston takaisinimusuojausohjeita ja liitteessä 2 ohjeita sadevesiviemärin mitoittamiseen ja mitoitusvirtaaman laskukaava (Ympäristöministeriö 2007, 31-43).

#### D4 LVI -piirrosmerkit: ohjeet

Ohjeissa on esitetty yleisimmin esiintyviä piirustusmerkkejä, joita voidaan käyttää ilman erillisiä merkkien selityksiä viranomaisille toimitettavissa piirustuksissa. Myös muita merkkejä voidaan viranomaisen suostumuksella käyttää, mikäli näiden merkkien selitykset sisällytetään piirustuksiin. (Sisäasiainministeriö 1978, 1.)



## 4.6 Muita määräyksiä ja ohjeita

### Kuntien määräykset ja ohjeet

Kunnilla ja kaupungeilla ei ole vielä yhtenevää käytäntöä maanalaisten hulevesialtaiden lupamenettelyyn. Haastatteluiden perusteella uudisrakentamisen yhteydessä hulevesikasettijärjestelmä kuuluisi rakennuslupaan kaikissa kunnissa, mutta saneerauksen osalta ei ole määritetty käytäntöjä, koska sellaisia ei ole tehty kuntien alueella. Joissain kunnissa saneeraushankkeeseen suhtauduttiin toimenpideluvanvaraisena (Valo 2010; Leponokka 2010), joissain toimenpideluvanvaraisena mikäli järjestelyt tontilla muuttuisivat (Siikanen 2010; Vastamäki 2010). Useimmissa haastatelluissa kunnissa pidettiin tärkeänä, että hulevesijärjestelmän saneerauksesta pitäisi ainakin tiedottaa kunnalle ja toimittaa suunnitelmapiirroksot hankkeesta (Siikanen 2010; Helenius 2010; Kauppinen-Ketola 2010). Jos saneeraus vaikuttaa viemäriverkostoon, on vesilaitoksen saatava tieto putkien sijainnista, jotta viemärikartta voidaan päivittää (Siikanen 2010).

Useissa kunnissa asemakaavoituksessa hulevesien hallintaan on alettu kiinnittää huomiota (Siikanen 2010; Tuomala 2010.) Esimerkiksi Järvenpään kaupungissa uusissa asemakaavoissa sisältyy asemakaavamääräyksiin vaatimus hulevesien käsittelystä tontilla (Laine 2010) ja Riihimäen kaupungin asemakaavamääräyksiin on lisätty vuoden 2004 tulvaongelmien jälkeen vaatimuksia hulevesien imeytys- ja varastointikaivojen asentamisesta tonteille (Laitila 2010). Rakennusjärjestykseen voidaan sisällyttää vaatimuksia, että rakennusluvan yhteydessä on esitettävä selvitys hulevesien hallinnasta kiinteistöllä. Näin on tehty esimerkiksi Riihimäen kaupungissa (Riihimäen kaupunki 2010).

## Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset: Osa 1 Väylät ja alueet

Rakentamisen yleisissä laatuvaatimuksissa annetaan määräyksiä pohjaveden suojausrakenteista, salaojakaivojen ja –putkien halkaisijasta ja materiaaleista, kairannon täytöstä ja sen kerroksista sekä routaeristysmuoveista tie- ja katurakentamisessa. Lisäksi annetaan ohjeita, mitä asioita suunnitteluasiakirjoissa voidaan esittää. (Rakennustieto Oy 2009.)

### 5 MAANALAISET HULEVESIALTAAT

Maanalaiset hulevesialtaat voidaan rakentaa monenlaisista materiaaleista ja niiden sovelluksia ovat menetelmästä riippuen huleveden imeyttäminen ja viivyttäminen. Tässä työssä keskitytään muovisista hulevesikaseteista koostuviin maanalaisiin hulevesialtaisiin, mutta vertailun vuoksi on esitelty muitakin menetelmätyyppejä.

#### 5.1 Hulevesikasettijärjestelmät



KUVIO 1. Hulevesikasettijärjestelmä asennusvaiheessa

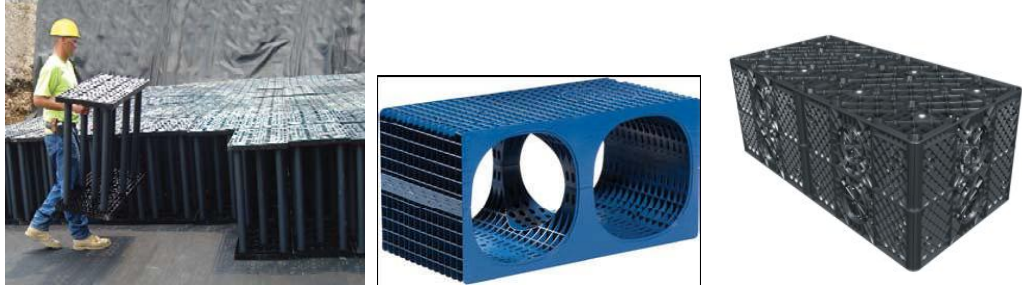
Hulevesikasettijärjestelmiä on ollut käytössä Suomessa parin vuoden ajan, ja niitä on käytetty hulevesien tonttikohtaiseen käsittelyyn lähinnä suurilla kiinteistöillä, kuten kauppakeskuksissa. Käyttökohteita voivat olla mm. pysäköintialueet, teollisuuslaitosten pihat ja varastoalueet, kadut, terminaalialueet, lentokentät ja varikot (Wavin-Labko Oy 2009; Uponor Suomi Oy 2009). Kuviossa 1 näkyy järjestelmän rakentuminen hulevesikaseteista, joiden seinämien läpi hulevesi pääsee kulkeutumaan järjestelmässä, ja putkien liitoskohdat. Hulevesikasettijärjestelmien hyötytilavuus (taulukko 2) on suurin tässä työssä esitellyistä maanalaisista hulevesialtaisista, mikä parantaa niiden käyttömahdollisuuksia tonteilla, joissa on rajoitetusti tilaa käytettävissä.

TAULUKKO 2. Hulevesikasettien ominaisuuksia (Otto Graf GmbH 2010; Pipelife Finland Oy 2010; Wavin-Labko Oy 2010a&b; ACO Technologies 2009; Pipelife International 2009; Uponor Suomi 2009; Wavin 2007)

Malli	Pituus (mm)	Leveys (mm)	Korkeus (mm)	Tilavuus (l)	Hyötytilavuus (%)	Paino (kg)	Materiaali
Uponor Hulevesikasetti 300	1200	600	420	285	95	15	PP
Wavin Q-Bic	1200	600	600	432	95	19,7	PP
Wavin Aquacell	1000	500	400	200	95	9	PP
ACO Storm Tank FC4	457	914	457	191	96	9,3	PP
ACO Storm Tank FC6	457	914	610	254	97	10,5	PP
ACO Storm Tank FC9	457	914	914	382	95,5	13	PP
Pipelife Stormbox	1200	600	300	206	96	8	PP
Graf Percolation Bloc HGV	1200	600	420	300	95	15	PP
Graf Percolation Bloc Car	1200	600	420	300	95	15	PP

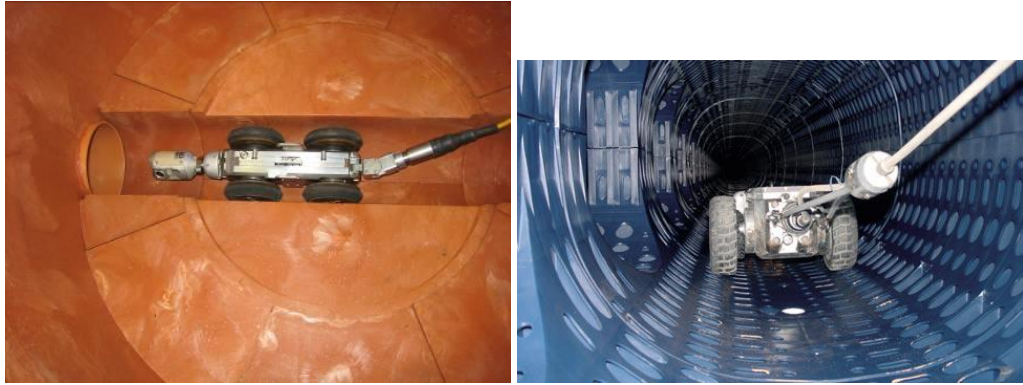
Haitta-aineita erottelavaa ominaisuutta hulevesikaseteilla ei ole, mutta hulevettä voidaan puhdistaa kiintoaineesta ja öljystä asentamalla hulevesialtaan yhteyteen hiekan- ja öljynerottimet. Altaan jälkeen hulevettä voidaan puhdistaa esimerkiksi johtamalla se suodattavan maa-aineskerroksen läpi. Lahdessa Joutjärveen purettavan huleveden virtaaman tasaamiseksi rakennetun hulevesialtaan perään on suunniteltu

niteltu noin kahden metrin levyinen karkeasta maa-aineksesta koostuva kaivanto, jonka läpi hulevedet kulkevat (Hiltunen 2010).



KUVIO 2. Hulevesikasettimalleja. Vasemmalla ACO StormTank, keskellä Wavin Q-Bic ja oikealla Graf Percolation Bloc HGV (ACO Technologies plc 2009; Rainwater Harvesting Ltd 2010; Wavin 2007)

Vesi johdetaan hulevesikasettijärjestelmään sadevesiviemäriä tai salaojia pitkin ja tyhjennys tapahtuu putkikanavaa tai pumppukaivoa pitkin. Järjestelmän kunto on tarkastettavissa tarkastuskaivon kautta putkeen mahtuvalla kameralla, josta esimerkkejä on esitetty kuviossa 3. Järjestelmä on puhdistettava aika ajoin, jotta sen toiminta ei häiriinny (ACO Nordic Oy 2010). Wavin Q-Bic – hulevesikasettijärjestelmän huolto-ohjeiden mukaan järjestelmän kunto on hyvä tarkistaa silmämääräisesti puolen vuoden välein, ja kertynyt liete poistaa vähintään kolmen vuoden välein (Wavin-Labko Oy 2010c). Valmistajien mukaan kaikki kasettimallit ovat periaatteessa tarkastettavissa ja huuhdeltavissa tarkastuskaivon tai – putken kautta, mutta näiden sijainti on suunniteltava siten, että tarkastuskameralle ja puhdistusvälineistölle jää tarkoituksenmukainen kulkuväylä järjestelmään. (ACO Technologies plc 2009; Pipelife Finland Oy 2010; Otto Graf GmbH 2008; Wavin-Labko Oy 2010a&b). Wavin Q-Bic – kasetissa väylät ovat osa kasetin rakennetta (kuvio 2), minkä seurauksena mahdollisille tukoksille on useampia poistumisreittejä puhdistuksessa.



KUVIO 3. Vasemmalla hulevesikasettien tarkastaminen kameralla tarkastuskaivon kautta (Pipelife Finland Oy 2010), oikealla hulevesikasetin väylää pitkin (Wavin 2009)

Kasettien toimivuudesta ja käyttökustannuksista tarvittaisiin lisää tietoa. Niiden tukkeutumisen mahdollisuus hulevesien mukana kulkeutuvalla kiintoaineella ja käyttökustannusten arvioinnin epävarmuus nostaa kynnyistä kasettien käyttöönottoon. Käytössä olevien kasettien toimivuuden järjestelmällinen seuranta pitäisi määrittää. (Laine 2010.)

Vesilaitoksen ja kunnan näkökulmasta tonttikohtaiset kasettiratkaisut jakavat kokonaisvastuuta ja kustannuksia hulevesijärjestelmän osalta. Samalla hulevesijärjestelmän kuormitus ja tulvariskit pienenevät. (Helenius 2010; Kaija 2010). Vesi- huoltolaitoksen toiminnan kanssa kasetit ovat sopusoinnussa, kunhan kasettien käytön seurauksena ei padoteta vesiä ja maaperän soveltuvuus käyttötarkoitukseen on huomioitu (Ristola 2010.)

## 5.2 Esimerkkejä muista ratkaisuista

### Sepelipesä

Sepelipesässä imeytyskaivannon täytteenä käytetään karkeaa maa-ainesta, ja sen päällä on pintamaakerros. Vesi johdetaan siihen läpäisevän pintakerroksen läpi tai sadevesikaivojen kautta. (Kotola ym. 2005, 68.) Sen heikkoutena muihin maanalaisiin hulevesialtaisiin verrattuna on, että se tukkeutuu ajan myötä hulevesien

kuljettamasta kiintoaineesta, jolloin täyte pitää uusia (ACO Nordic Oy 2010). Sillä on myös pienin hyötytilavuus, 24-40 % (Brentwood Industries Inc. 2010.) Sepelipesän etuna kasettirakenteisiin verrattuna on, että sen käytöstä on kokemusta pidemmältä ajalta.

### Putkipatteristo

Putkipatteriston hyötytilavuus on noin 62 %. Sen heikkoutena kasettijärjestelmään ja betoniholviin verrattuna on huonompi puhdistettavuus. (Brentwood Industries Inc. 2010.) Putket ovat kokonsa vuoksi hankalampia asentaa kuin hulevesikasetit. Kuviossa 4 on esimerkki galvanoidusta teräsputkesta koostuvasta putkipatteristosta, mutta myös muita putkimateriaaleja käytetään.



KUVIO 4. Putkipatteristo huleveden viivytykseen (Tubosider 2010)

### Betoniholvi

Betoniholvin etuna muihin maanalaisiin hulevesialtaisiin verrattuna on paras kuormituskestävyys. Sen hyötytilavuus on parempi kuin sepelipesällä, noin 85 %. Heikkoutena on elementtien raskaus. (Brentwood Industries Inc. 2010.) Betoniholvin rakenne on nähtävissä kuviossa 5.



KUVIO 5. Betonista rakennettu maanalainen hulevesiallas. (Halff Associates Inc. 2010)

### 5.3 Viivytytys



KUVIO 6. HDPE-kalvolla tiivistetty viivytytysallas

Käytettäessä hulevesikasettijärjestelmää viivyttämiseen se ympäröidään vesitiiviillä kalvolla. Esimerkiksi Lahdessa rakenteilla olevan kauppakeskus Karisman piha-alueen vedet käsittelevään hulevesijärjestelmään kuuluva hulevesikasettijärjestelmä (kuvio 6) on tiivistetty viivytyksaltauksi HDPE-kalvolla, jota tyypillisesti käytetään vastaavanlaisissa kohteissa (Siikanen 2010; Laurell 2010). Scheirsin (2009, 60) karkeapiirteisen jaottelun mukaan HDPE-kalvo kestää erinomaisesti happoja, emäksiä ja alkoholeja; hyvin aldehydejä, estereitä, alifaattisia ja aromaattisia hiilivetyjä, ketoneita, mineraaleja sekä kasviöljyjä; sekä kohtalaisesti halogenoituja hiilivetyjä ja hapettavia aineita. Taulukossa 3 on yhteenvedoa tyypillisten tiivistysmateriaalien kemiallisesta kestävyydestä ja käyttökohteista.

Rakentamisen yleisten laatuvaatimusten mukaan katu- ja tiealueilla käytetään alusrakenteiden pohjavedensuojaukseen HDPE-, LLDPE- tai FPP-kalvoa ja bentoniittimatosta, bentoniittimaasta tai maatiivisteestä koostuvaan suojakerrosta. Kalvojen paksuus on vähintään 1,5 millimetriä. Kloridisuojaus saavutetaan käyttämällä yhdistelmärakennetta, jossa suojakerros on vahvistettu vähintään 0,5 millimetrin paksuisella ohutmuovilla. (Rakennustieto Oy 2009, 224-245.) HDPE-kalvo on kemiallisesti kestävä ja soveltuu käytettäväksi lähinnä altaissa, koska se jäykkytensä takia mukautuu huonosti alustaan eikä kestä taitteita. FPP kestää huomattavasti enemmän öljytuotteita kuin PE-kalvot. (Tiehallinto 2004, 29)

Bentoniittimatolla on erinomainen vedensitomiskyky ja se kestää hyvin mekaanista rasitusta ja kemikaaleja. (Rautioaho & Korkiala-Tanttu 2009, 16). Vedensitomiskykynsä ansiosta se ei läpäise nesteitä ja se kestää hyvin jäätymistä ja sulamista sekä kastumista ja kuivumista. Bentoniittimattoa käytetään maanalaisten rakenteiden vedenpaine-eristykseen (Viapipe Oy 2008).



TAULUKKO 3. Yhteenveto tiivistämiseen käytettävien materiaalien kemikaali-kestävyydestä ja esimerkkikäyttökohteista (Rautioaho & Korkiala-Tanttu 2009, 16; Scheirs 2009, 53-63; Leppänen 2002, 83-88; Viapipe Oy 2008; Watersaver Company 2010)

Materiaali	Kemiallinen kestävyys	Käyttökohteita
HDPE	erinomainen	kaatopaikkojen ja ongelmajätteenkaatopaikkojen tiivistysrakenteet, altaat, teiden luiskasuojaukset
LDPE	hyvä	kaatopaikkojen tiivistysrakenteet, altaat, teiden luiskasuojaukset
PVC	kohtalainen	jätevesialtaat
PP	kohtalainen	kaatopaikan tiivistysrakenteet
bentoniittimatto	hyvä	kaatopaikkojen tiivistysrakenteet, teiden luiskasuojaukset, maanalaisten rakenteiden vedenpaine-eristys

PE-kalvot sietävät hyvin alhaisia lämpötiloja ja kemikaaleja, mutta ovat jäykkiä verrattuna PP- ja PVC-kalvoihin (Scheirs 2009, 63; Leppänen 2002, 84). PVC-kalvo sietää UV-säteilyä heikosti, ja sillä on kohtalainen kemikaalien kestävyys (Scheirs 2009, 63). PP-kalvon etuna PE-kalvoihin verrattuna on sen pienempi lämpölaajenemiskerroin, jolloin se ei ole niin herkkä lämpötilan vaihteluiden aiheuttamille muodonmuutoksille (Leppänen 2002, 87).

#### 5.4 Imeyttäminen

Imeyttämisen suunnittelussa tulee huomioida maaperä- ja pohjavesiolosuhteet. Maaperän imeytyskyvyn on oltava riittävä; esimerkiksi soramaa soveltuu imeytykseen. Pohjavesi ei saa olla liian korkealla, ja sen korkeuden vaihtelut on huomioitava. Maaperän imeytyskyky ja pohjaveden korkeus on hyvä varmistaa mitauksin tai katselmuksella.

Hulevesien laatu vaikuttaa imeyttämismahdollisuuksiin. Imeytyminen tulisi estää, mikäli on olemassa pohjaveden pilaantumisen vaara. Esimerkiksi teollisuudesta

peräisin olevia haitta-aineita kulkeutuu huleveden mukana (Hätinen 2010, 44), ja niiden pääsy pohjaveteen on estettävä erottamalla ne hulevedestä. Imeytysaltaaseen kertyy huleveden mukana haitta-aineita laajalta alueelta, jolloin altaasta imeytyvän veden haitta-ainepitoisuus on suurempi verrattuna tilanteeseen, jossa hulevesi imeytyisi koko alueella. Lisäksi imeytysaltaaseen johdettu vesi ei ole kulkeutunut suodattavien rakenteiden, kuten maakerroksen, läpi.

## 5.5 Mitoitus

Hulevesijärjestelmän mitoitus perustuu valuma-alueen hulevesimääriin, joita arvioidaan valumiskertoimen avulla. Alueellista valumiskerrointa määritettäessä voidaan käyttää apuna arvioita maankäytön, maaperän ja maan kaltevuuden vaikutuksista. (Maa ja vesi Oy. 2006, 9.) Taulukossa 4 on arvioituja valumiskertoimia eri maaperätyypeissä ja kaltevuuksissa kirjallisuudessa esitettyjen arvojen pohjalta.

TAULUKKO 4. Valumiskertoimia eri maaperätyypeissä ja kaltevuuksissa. A=sora, hiekka, turve, B=moreeni, C=savi, siltti, lieju, kallio. (Kuusisto 2002)

Rinteen kaltevuus	0-1°			1-4°			<4°		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<b>Maaperäluokka</b>									
Harva pientaloalue	0,05	0,1	0,15	0,1	0,15	0,2	0,15	0,2	0,25
Tiivis pientaloalue	0,1	0,15	0,2	0,15	0,2	0,25	0,2	0,25	0,3
Hyvin tiivis pientaloalue	0,15	0,2	0,25	0,2	0,25	0,3	0,25	0,3	0,35
Rivi- tai pienkerrostaloalue, väljä kerrostaloalue	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6
Tiivis kerrostaloalue, teollisuus- ja liikealueet, koulut	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7
Hyvin tiivis kerrostaloalue	0,4	0,55	0,7	0,5	0,65	0,8	0,6	0,75	0,9
Puisto	0,05	0,1	0,13	0,15	0,2	0,25	0,2	0,3	0,35
Metsä	0,01	0,05	0,1	0,05	0,1	0,2	0,1	0,2	0,25
Liikennealue - asfaltoitu	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
Liikennealue - sorapintainen	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
Pelto, niitty, nurmi	0,05	0,1	0,15	0,15	0,25	0,35	0,3	0,4	0,55
Sorakentät	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5
Vesi	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 mukaan sadeveden mitoitusvirtaama lasketaan kaavasta

$$q = k \cdot q_s \cdot A,$$

jossa

$$q = \text{virtaama (dm}^3/\text{s)}$$

$k$  = pintamateriaalista johtuva valumiskerroin

$$q_s = \text{mitoitussade (dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)) \text{ ja}$$

$$A = \text{valuma-alueen pinta-ala (m}^2)$$

(Ympäristöministeriö 2007, 59).

Mitoitussateen arvona käytetään yleensä  $0,015 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ , mutta tulvariskistä riippuen ja paikallisen viranomaisen hyväksynnällä voivat käytettävät arvot olla  $0,010 - 0,020 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ . Valumiskertoimen ( $k$ ) arvoiksi on annettu asfalttipinnoilla  $k = 1$ , sorapäälysteillä  $k = 0,7$  ja nurmikoilla  $k = 0,3$ . (Ympäristöministeriö 2007, 59).

Esimerkiksi yhden hehtaarin suuruisen asfalttipintaisen paikoitusalueen viivytyksaltaan mitoituksessa käytettävä mitoitusvirtaama olisi  $180 \text{ dm}^3/\text{s}$ , kun käytetään yleistä suositusta suurempaa mitoitussateen arvoa.

$$q = 1 \cdot 0,018 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2) \cdot 10000 \text{ m}^2 = 180 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Kun mitoitussateen kestoksi valitaan esimerkiksi 15 minuuttia, kertyisi sateen aikana hulevettä  $162 \text{ m}^3$ .

$$180 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot 900 \text{ s} = 162\,000 \text{ dm}^3 = 162 \text{ m}^3.$$

Tällaisen sateen viivyttämiseen tarvittaisiin  $162 \text{ m}^3$ :n suuruinen viivytyksallas. Altaan mitoitukseen vaikuttavat mitoitussateen lisäksi se, kuinka nopeasti sadeveden halutaan johtuvan altaaseen ja sallitaanko sen kerääntyä paikoitellen myös maan pinnalle esimerkiksi painanteeseen. Jos kaikki hulevesi halutaan johtaa altaaseen heti sateen alettua, on altaan mitoituksen oltava riittävä myös rankimman sateen käsittelyyn.

Imeytysaltaan mitoituksessa huomioidaan maaperän imeytyskyky. Jäteveden imeytyskentän mitoitusohjeiden mukaan voidaan maalajista riippuen vuorokaudessa imeyttää kenttään noin  $30 - 50 \text{ dm}^3/\text{m}^2$  (Kujala-Räty & Santala 2001; Liite 3). Jos edellisen laskuesimerkin sadevesimäärä  $162 \text{ m}^3$  haluttaisiin imeyttää altaan alapuoliseen maahan esimerkiksi 3 vuorokaudessa, olisi altaan alapuolisen maan pinta-alan oltava  $1080 \text{ m}^2$ , jos maaperän imeytyskyky on  $50 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ . Maaperä olisi tällöin soraa tai karkeaa hiekkaa (Kujala-Räty ym. 2008, 138), ja sen voidaan olettaa olevan tiiviimpää kuin kasettien seinämien ja siten imeytymisnopeuden määräävä tekijä.

$$162000 \text{ dm}^3 / (50 \text{ dm}^3/(\text{m}^2 \text{ vrk}) \cdot 3 \text{ vrk}) = 1080 \text{ m}^2$$

## 5.6 Kantavuus

Mitoitettaessa hulevesikasettijärjestelmän kuormankestävyyttä ovat maakerrokset ratkaisevassa asemassa, sillä hulevesikasettien kantavuudet ovat riittämättömiä. Taulukossa 5 on esitetty kasettien valmistajien suositukset järjestelmän yläpuolisten maakerrosten paksuuksiksi kantavuuden saavuttamiseksi viheralueella ja liikennöidyllä alueella. Maakerrosten paksuuksia suunniteltaessa on huomioitava kuitenkin käytettävän maa-aineksen kantavuus ja kasettien kantokyky yläpuolisen maakerroksen osalta.

TAULUKKO 5. Hulevesikasettien valmistajien antamia suosituksia vähimmäispeittosyvyyksiksi eri tavoin kuormitetuilla käyttöalueilla (Otto Graf GmbH 2010; Pipelife Finland Oy 2010; Wavin-Labko Oy 2010a&b; ACO Technologies 2009; Pipelife International 2009; Uponor Suomi 2009; Wavin 2007)

Malli	Max. asennussyvyys (m)	Kerrosten max. lkm	Min. peittosyvyys		
			viheralue (mm)	hlöauto (mm)	kuorma-auto (mm)
Uponor: Hulevesikasetti 300	3,75 - 5	10	250	500	800
Wavin: Q-Bic	7	10	300	600	800
Wavin: Aquacell	4,1	6	400	800	800
ACO: Storm Tank FC4			500	850	850
ACO: Storm Tank FC6			500	850	850
ACO: StormTank FC9			500	850	850
Pipelife: Stormbox		10	800	800	800
Graf: Percolation Bloc HGV	5	10	250	250	500
Graf: Percolation Bloc Car	3	6	400	400	ei

Hulevesikasettijärjestelmän yhteydessä käytetään liikennöidyillä alueilla 400 kN:n ja viheralueilla 250 kN:n liikennekuormille mitoitettuja kaivoja ja kansistoja (Rakennustieto Oy 2009, 251). Hulevesikaseteilla on pystysuuntaista hetkellistä kantavuutta 74 – 500 kN/m<sup>2</sup> (Otto Graf GmbH 2010; Pipelife Finland Oy 2010; Wavin-Labko Oy 2010a&b; ACO Technologies 2009; Pipelife International 2009; Uponor Suomi 2009; Wavin 2007). Nämä arvot ovat kuitenkin erittäin pieniä verrattuna liitteessä 1 esitettyihin katuluokkien kantavuusvaatimukseen 175 – 500 MN/m<sup>2</sup> (Rakennustieto Oy 2009, 594) sekä edellä mainittuihin kaivojen ja kansistojen kantavuusvaatimukseen, joten hulevesikasettien kantavuuden merkitys järjestelmän kantavuuden mitoituksessa on vähäinen. Hulevesikasettien kantavuudet on esitetty liitteessä 2.

## 6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä tietoa maanalaisten hulevesialtaiden suunnitteluun vaikuttavista asioista. Työssä keskityttiin muovisista moduuleista koostuviin maanalaisiin hulevesialtaisiin eli hulevesikasettijärjestelmiin, mutta muitakin menetelmiä esiteltiin lyhyesti ja vertailtiin. Työn toimeksiantaja oli ympäristötekniikan ja -hallinnan asiantuntijayritys YIP Ympäristöinsinööripalvelut Oy.

Hulevesikasettijärjestelmien suunnittelussa on huomioitava muun muassa lainsäädäntö, kuntien määräykset, kasettien ominaisuudet ja sovellukset sekä hulevesien laatu. Niistä kerättiin tietoa kirjallisista lähteistä, laitevalmistajilta ja haastatteluilta. Kuntien kokemuksia ja näkökulmia maanalaisiin hulevesialtaisiin liittyen selvitettiin haastatteleamalla Lahden ja sen lähialueen kuntien asiantuntijoita. Työssä keskityttiin tarkastelemaan Suomen tilannetta kasettiratkaisujen osalta, ja eri valmistajien kasettimalleista poimittiin esimerkkejä ja niiden ominaisuuksia tarkasteltiin.

Hulevesikasettijärjestelmää voidaan käyttää viivytykseen ja imeytykseen. Viivytyksaltaaksi se rakennetaan ympäröimällä kasetit vesitiiviillä kalvolla, jolla on hyvä olla myös kemiallista kestävyyttä hulevesien sisältämien haitta-aineiden eristämiseksi. HDPE-kalvo sopii ominaisuuksiltaan hyvin altaan tiivistämiseen, ja sillä on tiivistämiseen käytettävistä muovikalvoista paras kemiallinen kestävyys. Imeytykseen käytettäessä on huomioitava maaperän ja pohjavesiolosuhteiden sopivuus imeytykseen sekä huleveden laatu. Hulevesialtaan mitoituksessa huomioidaan valuma-alueen hulevesien määrä, ja sen kantavuus mitoitetaan kantavien maakerosten avulla.

Hulevesien laatu taajama-alueilla on huono, ja niiden sisältämien aineiden vaikutuksiin maaperään, pohjaveteen ja hulevesijärjestelmän käyttöikään olisi aiheellista kiinnittää huomiota. Hulevesikasettijärjestelmän yhteyteen voidaan asentaa hiekanerotin sekä öljynerotin, mutta haitta-aineita erottelevaa ominaisuutta hulevesikaseteissa ei ole. Erottimia tulisi käyttää aina taajamiin asennettavien viivyty- ja imeytyslaitteiden yhteydessä, sillä niihin kertyy haitta-aineita laajalta alueel-

ta. Puhdistusmenetelmiä muidenkin haitta-aineiden erottamiseksi olisi aiheellista ottaa käyttöön, jotta hulevesiä saataisiin puhdistettua tehokkaammin.

Haastatteluiden perusteella kunnissa oli alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota hulevesien paikalliseen hallintaan kaavoituksessa ja yhdyskuntarakentamisen määräyksissä. Rakennusjärjestykseen, asemakaavamääräyksiin tai rakennuslupaprosessiin oli lisätty vaatimuksia hulevesien hallinnasta tonteilla (Riihimäen kaupunki 2010; Laine 2010). Tämän voidaan olettaa lisäävän osaltaan kiinnostusta hulevesikasettijärjestelmien käyttöönottoon. Kunnilla niitä ei ollut omassa käytössä, ja niiden rakentamisen luvanvaraisuuteen ei ollut käytäntöjä, sillä kuntien alueella mahdollisesti asennetut hulevesikasettijärjestelmät oli sisällytetty laajempien rakennushankkeiden lupiin. Haastatteluissa esitettyjä näkemyksiä pelkän hulevesikasettijärjestelmän asentamisen lupamenettelyksi olivat toimenpidelupa tai ilmoitus ja suunnitelmapiirrosten toimittaminen kunalle. Haastatteluiden perusteella tärkeimpiä näkökohtia hulevesikasettijärjestelmiin oli niiden toimivuudesta kiinteistöllä huolehtiminen, tontikohtaisten hulevesijärjestelmien merkitys kunnallisten järjestelmien kuorman keventäjänä ja käyttökustannusten arvioinnin vaikeus käyttökokemusten vähäisyyden vuoksi.

Hulevesikasettijärjestelmistä oli käyttökokemuksia vähän ja lyhyeltä ajalta Suomessa. Tutkimuksia niiden soveltuvuudesta Suomen olosuhteisiin ei löytynyt. Tiedon vähäisyyden vuoksi hulevesikasettijärjestelmiin liittyen on paljon jatkotutkimusaiheita. Tärkeimpiä vaikuttaisivat tämän työn perusteella olevan hulevesikasettijärjestelmien toiminnan seuranta ja hulevesien sisältämien haitta-aineiden erottamisen tehostaminen niiden yhteydessä. Hulevesien laatua suomalaisissa taajamissa olisi syytä tutkia, jotta puhdistamisen tarvetta pystyttäisiin arvioimaan tarkemmin hulevesikasettijärjestelmien suunnittelussa.

Hulevesikasettijärjestelmän toiminnan säännöllinen seuranta heti käyttöönoton jälkeen ja mielellään vuosien ajan antaisi arvokasta tietoa sen toimivuudesta. Seurannan tulokset ohjaisivat myös kiinnostusta hulevesikasettijärjestelmien käyttöön ja niiden tuotekehittelyä. Haitta-aineita erottelevaksi järjestelmäksi ei riitä tällä hetkellä käytössä olevat hiekan- ja öljynerottimet, vaan myös muita epäpuhtauksia pitäisi pystyä erottamaan hulevedestä. Hulevesien käsittelyn kustannustarkastelus-

sa ei hulevesien laadun kontrollointi ole sopiva kohde säästötoimille, sillä pohjavesien pilaantumisen riskiä ei ole syytä ottaa. Huleveden puhdistaminen pidentää kasettijärjestelmän käyttöikä, sillä se ehkäisee järjestelmän tukkeutumista. Se alentaa myös käyttökustannuksia, kun järjestelmää ei tarvitse puhdistaa niin usein. Öljyn ja muiden haitta-aineiden vaikutuksista kasetteihin ei löytynyt tietoa tätä työtä tehdessä, mutta tutkimustulokset aiheesta auttaisi arvioimaan hulevesijärjestelmien käyttöikä ja – kustannuksia suunnitteluvaiheessa.

Työssä käytettiin monenlaisia tiedonlähteitä ja se oli luonteeltaan pääasiassa tiedon kokoamista. Tiedonlähteistä useissa oli mukana subjektiivista näkökulmaa, joten työ ei ole kaikilta osin yleistettävissä. Lainsäädännössä hulevesiä ei ollut juurikaan huomioitu, ja suunnittelua koskevat osiot oli suunnattu pääasiassa rakennusten suunnitteluun. Haastattelut ovat lähteenä tulkinnanvaraisia, ja niitä on pyritty käyttämään harkiten työssä. Ne antavat kuitenkin tietoa suhtautumisesta ja näkökulmista sekä kuntakohtaisista käytännöistä hulevesikasettijärjestelmiin liittyen. Työssä hyödynnettiin aiheeseen liittyviä tutkimuksia, mutta sopivan näkökulman omaavia tutkimuksia oli vaikea löytää. Valmistajien antamista tiedoista käytettiin hulevesikasettien teknisiä ominaisuuksia ja mitoitusliittyviä ohjeita.

Työ sisältää pääasiassa yleistasoista tietoa maanalaisista hulevesialtaista ja niiden suunnittelusta. Sen rajaus jäi epämääräiseksi, eikä se anna kokonaisvaltaista kuvaa hulevesikasettijärjestelmien suunnittelusta. Niinpä työn tarkoitus palvella suunnittelijoita ja suunnittelun tilaajia toimimalla kokoelmana suunnittelun näkökohtia toteutui joiltain osin. Työ kuitenkin osoittaa, että suunnittelussa on otettava huomioon lukuisia asioita, joiden yhtensovittaminen asettaa haasteita tarkoitustaan palvelevan hulevesikasettijärjestelmän toteuttamiselle.



## LÄHTEET

Painetut lähteet:

Hujanen, J. 2008. Kouvolan kaupungin hulevesien hallinnan kehittäminen. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala. AMK-opinnäyte.

Hyöty, P., Lehtikangas, S. & Meriluoto, J. 2005 Kaupunkitulvat kaavoituksessa. Vesitalous 5/2005, 14-16.

Kannala, M. 2001. Vaasan kaupungin hulevesikuormituksen vähentäminen. Alueelliset ympäristöjulkaisut 216. Vaasa: Länsi-Suomen ympäristökeskus.

Kotola, J., Nurminen, J. & Vakkilainen, P. 2005. Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Suomen ympäristö 776. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Kujala-Räty, K., Mattila, H. & Santala, E. 2008. Haja-asutusalueiden vesihuolto. HAMKin julkaisuja 7/2008. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.

Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010.

Lammi, P. 2006. Hulevesikuormituksen vaikutus Lahden Joutjärveen. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala. AMK-opinnäyte.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.

Rakennustieto Oy. 2009. InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset: Osa 1 Väylät ja alueet. 2. painos. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.

Rautioaho, E. & Korkiala-Tanttu, L. 2009. Bentomap: Survey of Bentonite and tunnel backfill knowledge. VTT Working Papers 133 [viitattu 17.11.2010]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/publications/>

Scheirs, J. 2009. A Guide to Polymeric Geomembranes: A Practical Approach. Chichester, United Kingdom: John Wiley and Sons Ltd.

Valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta 659/2010.

Vesilaki 264/1961.

Vesihuoltolaki 119/2001.

Elektroniset 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., Tiinonen, T., Tuomenvirta, H. & Vajda, A. 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Hankkeen loppuraportti. Suomen Ympäristö 31/2008 [viitattu 2.11.2010]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=304648&lan=fi&clan=fi>

ACO Technologies plc. 2009. ACO Storm Tank. Esite [viitattu 12.9.2010]. Saatavissa: [http://www.aco.co.uk/product\\_detail.php?id=25](http://www.aco.co.uk/product_detail.php?id=25)

ACO Nordic Oy. 2010. ACO Hulevesijärjestelmät. Esite [viitattu 17.11.2010]. Saatavissa: <http://www.acodrain.fi/Tuotteet/Brochure%20order%20form.aspx#>

Brentwood Industries Inc. 2010. Stormwater Management [viitattu 17.11.2010]. Saatavissa: <http://www.brentwoodprocess.com/stormwater.html>

Half Associates Inc. 2010. Aviation [viitattu 17.11.2010]. Saatavissa: <http://www.half.com/services/aviation.php>

Heinolan kaupunki. 2010. Heinolan kaupungin vesihuoltolaitoksen hinnasto 1.3.2010 alkaen [viitattu 16.11.2010]. Saatavissa: <http://www.heinola.fi/FIN/Palvelut/Vesihuoltolaitos/Hinnasto/>

Hätinen, N. 2010. Hulevesien haitta-aineet ja käsittelytarve pohjavesialueilla sijaitsevilla teollisuuskiinteistöillä. Helsinki: Helsingin yliopisto. Pro gradu – tutkielma [viitattu 8.11.2010]. Saatavissa:  
[http://www.lahtisbp.fi/fi/klustereiden\\_kehittaminen/ymparistoteknologia/stormwater\\_hanke/helsingin\\_yliopisto](http://www.lahtisbp.fi/fi/klustereiden_kehittaminen/ymparistoteknologia/stormwater_hanke/helsingin_yliopisto)

Kujala-Räty, K. & Santala, E. 2001. Haja-asutuksen jätevesien käsittelyn tehostaminen. Suomen ympäristö 491 [viitattu 25.11.2010]. Saatavissa:  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=55608&lan=FI>

Kuusisto, P. 2002. Kaupunkirakentamisen vaikutus pieniin valuma-alueisiin ja vesistöihin Suomessa. Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja B 48. Helsinki: Helsingin yliopisto [viitattu 9.11.2010]. Saatavissa:  
<http://www.helsinki.fi/maantiede/ega.html>

Lahden kaupunki. 2010. Ranta-Kartanon alue, Kartano: asemakaavan muutos [viitattu 12.10.2010]. Saatavissa:  
<http://www.lahti.fi/www/cms.nsf/pages/355C6BD56EDC2F91C22575DE0049E416>

Lahti Aqua Oy. 2010. Liittyminen hulevesiviemäriin [viitattu 15.11.2010]. Saatavissa:  
<http://www.lahtiaqua.fi/Asiakaspalvelu/Lahti/Liittyj%C3%A4lle/Liittyminen%20hulevesiviem%C3%A4riin>

Leppänen, M. (toim.) 2002. Kaatopaikan tiivistysrakenteet. Ympäristöopas 36. Suomen ympäristökeskus [viitattu 10.11.2010]. Saatavissa:  
<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=65558&lan=fi>

Maa- ja metsätalousministeriö. 2010a. Vesihuoltolain tarkastamistyöryhmän loppuraportti [viitattu 18.10.2010]. Saatavissa:  
<http://www.mmm.fi/fi/index/julkaisut.html>

Maa- ja metsätalousministeriö. 2010b. Tulva-asetustyöryhmän raportti [viitattu 20.10.2010]. Saatavissa: <http://www.mmm.fi/fi/index/julkaisut.html>

Maa ja vesi Oy. 2006. Vahteriston kaava-alueen hulevesien hallinnan yleissuunnitelma. Raportti. Riihimäen kaupunki [viitattu 12.9.2010]. Saatavissa: [http://www.riihimaki.fi/Tiedostot/g2upndown/RIIHIM%C3%84KI/RmkTekvi/Rmk\\_kaavoituspalvelut/Vahteristo%20I/Vahteristo%20hulevesiselvitys%202006.pdf](http://www.riihimaki.fi/Tiedostot/g2upndown/RIIHIM%C3%84KI/RmkTekvi/Rmk_kaavoituspalvelut/Vahteristo%20I/Vahteristo%20hulevesiselvitys%202006.pdf)

Otto Graf GmbH. 2010. Instruction for installation Percolation Bloc [viitattu 13.10.2010]. Saatavissa: <http://www.graf-water.com/download/installation-manuals.html>

Otto Graf GmbH. 2008. Stormwater management. Esite [viitattu 7.11.2010]. Saatavissa: <http://www.graf-water.com/stormwater-management.html>

Pipelife Finland Oy. 2010. Stormbox yksikön asennus [viitattu 13.10.2010]. Saatavissa: <http://www.pipelife.com/fi/tuotteet/Erikoistuotteet/stormbox.php>

Pipelife International GmbH. 2009. Stormbox. Esite [viitattu 25.10.2010]. Saatavissa: [http://www.pipelife.com/com/products/eco\\_systems/stormbox/stormbox\\_main.php](http://www.pipelife.com/com/products/eco_systems/stormbox/stormbox_main.php)

Rainwater Harvesting Ltd. 2010. Drainage and flood prevention [viitattu 15.11.2010]. Saatavissa: <http://www.rainwaterharvesting.co.uk/products.php?cat=19&pg=2>

Riihimäen kaupunki. 2010. Riihimäen kaupungin rakennusjärjestys. Luonnos [viitattu 20.10.2010]. Saatavissa: <http://www.riihimaki.fi/Riihimaki/Asuminen-jararakentaminen/Rakennusvalvonta/>

Sisäasiainministeriö. 1978. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D4 LVI-

piirrosmerkit. Ympäristöministeriö [viitattu 2.9.2010]. Saatavissa:  
[www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset](http://www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset)

Tiehallinto. 2004. Pohjaveden suojaus tien kohdalla [viitattu 10.11.2010]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100028-v-04pohjavsuojtienkohd.pd.pdf>

Tiihonen, T. 2007. Hulevesijärjestelmät Suomessa ja kansainvälisesti: nykytila ja kehitystarpeet. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU) -hankkeen osaraportti. Suomen ympäristökeskus [viitattu 21.8.2010]. Saatavissa:  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=137472>.

Tubosider. 2010. Stormwater attenuation tanks [viitattu 11.11.2010]. Saatavissa:  
<http://www.tubosider.co.uk/index.html>

Valtion ympäristöhallinto. 2009. Raskasmetallit [viitattu 18.11.2010]. Saatavissa:  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=39067>

Viapipe Oy. 2008. Pohjaveden suojaus [viitattu 15.11.2010]. Saatavissa:  
<http://www.viapipe.fi/pohjavedensuojaus.php>

Watersaver Company Inc. 2010. Geomembrane products [viitattu 17.11.2010]. Saatavissa: <http://www.watersaver.com/pond-lake-liners-geomembrane-erosion-sediment-control-products-geomembrane.aspx>

Wavin-Labko Oy. 2010c. Wavin Q-Bic sadevesikasetti: huolto-ohjeet [viitattu 12.11.2010]. Saatavissa: [http://www.wavin-labko.fi/tuotteet/putkistojarjestelmat/hulevesikasetit/wavin\\_q-bic/](http://www.wavin-labko.fi/tuotteet/putkistojarjestelmat/hulevesikasetit/wavin_q-bic/)

Ympäristöministeriö. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot [viitattu 2.9.2010]. Saatavissa:  
[www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset](http://www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset)

Ympäristöministeriö. 2006. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa A1 Raken-

tamisen valvonta ja tekninen tarkastus [viitattu 2.11.2010]. Saatavissa:  
[www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset](http://www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset)

Ympäristöministeriö. 2004. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa B3 Pohjarakenteet [viitattu 2.11.2010]. Saatavissa:  
[www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset](http://www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset)

#### Suulliset lähteet:

Airas, P. 2010. Kaavoitusarkkitehti. Lahden kaupunki. Haastattelu 30.9.2010.

Helenius, T. 2010. Vesihuoltopäällikkö. Keravan kaupunki. Haastattelu 20.9.2010.

Hiltunen, J. 2010. Suunnitteluinsinööri. Lahti Aqua. Puhelinkeskustelu 6.10.2010.

Hyöty, P. 2010. Hulevesien hallinnan haasteet – suunnittelijan näkökulma. Luento FinnBuild 2010 –messuilla 7.10.2010.

Juhola, P. 2010. Kunnallistekniikan suunnittelupäällikkö. Tuusulan kunta. Haastattelu 8.10.2010.

Kaija, J. 2010. Katujen ja vesihuollon suunnittelupäällikkö. Keravan kaupunki. Haastattelu 20.9.2010.

Kauppinen-Ketola, P. 2010. Ympäristöpäällikkö. Askolan kunta. Haastattelu 21.9.2010

Laine, K. 2010. Kunnallistekniikan suunnittelupäällikkö. Järvenpään kaupunki. Haastattelu 3.11.2010.

Laitila, E. 2010. Katujen ja vesihuollon suunnittelija. Riihimäen kaupunki. Haas-

tattelu 30.9.2010.

Laurell, E. 2010. LVI-projektipäällikkö. SRV Toimitilat Oy. Puhelinkeskustelu 11.11.2010.

Leponokka, J. 2010. Apulaisrakennustarkastaja. Riihimäen kaupunki. Haastattelu 30.9.2010.

Ristola, J. 2010. Vesihuollon rakennuttaja. Hollolan kunta. Haastattelu 29.9.2010.

Siikanen, K. 2010. LVI-insinööri. Lahden kaupungin rakennusvalvonta. Haastattelu 9.9.2010.

Tuomala, T. 2010. Kaupungininsinööri. Orimattilan kaupunki. Haastattelu 1.10.2010.

Valo, J. 2010. Rakennustarkastaja. Hollolan kunta. Haastattelu 29.9.2010.

Vastamäki, J. Johtava rakennustarkastaja. Järvenpään kaupunki. Haastattelu 3.11.2010.

Muut lähteet:

Uponor Suomi Oy. 2009. Uponor hulevesikasetit ja –tunnelit. Esite.

Wavin-Labko Oy. 2009. Labko-öljynerotinjärjestelmät. Esite.

Wavin-Labko Oy. 2010a. Wavin Aquacell –hulevesikasetit. Esite.

Wavin-Labko Oy. 2010b. Wavin Q-Bic –hulevesikasetit. Esite.

Wavin. 2009. Versickerungs- und Rückhaltetechnik: Technisches Handbuch. Esite

Wavin. 2007. Installation guide. Esite



**LIITTEET**

- LIITE 1**      **Katuluokat ja niiden pinnan kantavuusvaatimukset**
- LIITE 2**      **Valmistajien antamia hulevesikasettien hetkellisiä ja pitkäaikaisia kantavuuksia**

Katuluokat ja niiden pinnan kantavuusvaatimukset (Rakennustieto Oy 2009, 594-595)

Katu luokka	Kuvaus	Liikennemäärä (ajoneuvoa/vrk)	Kantavuusvaatimus päällysteen päältä (MN/m <sup>2</sup> )
1	Erittäin raskaasti liikennöity moottori- tai pääkatu (ajokaistoja 2 + 2)	> 30 000	500
2	Raskaasti liikennöity moottori- tai pääkatu (ajokaistoja 2 + 2)	10 000 - 30 000	420
3	Pääkatu, kokoojakatu tai vilkasliikenteinen kerrostaloalueen asuntokatu (ajokaistoja 1 + 1)	2500 - 10 000	350
4	Asuntokatu tai pientaloalueen kokoojakatu, raskaiden ajoneuvojen pysäköintialueet	500 - 2500	250
5	Pientaloalueen asuntokatu, huoltoliikenteen väylät, henkilöautojen pysäköintialueet	10 - 500	200
6	Jalkakäytävät, pyörätiet, puistotiet; ei ajoneuvoliikennettä		175

Valmistajien antamia hulevesikasettien hetkellisiä ja pitkäaikaisia kantavuuksia (Otto Graf GmbH 2010; Pipelife Finland Oy 2010; Wavin-Labko Oy 2010a&b; ACO Technologies 2009; Pipelife International 2009; Uponor Suomi 2009; Wavin 2007)

malli	max kuorma hetk.		max kuorma pitkäaik.
	pysty (kN/m <sup>2</sup> )	sivu (kN/m <sup>2</sup> )	pysty (kN/m <sup>2</sup> )
Uponor: Hulevesikasetti 300	98		49
Wavin: Q-Bic	98		
Wavin: Aquacell	98		
ACO: Storm Tank FC4	340	140	
ACO: Storm Tank FC6	340	56	
ACO: StormTank FC9	340	34	
Pipelife: Stormbox	500	85	100
Graf: Percolation Bloc HGV	98		49
Graf: Percolation Bloc Car	74		34