

Opinnäytetyö (AMK)

Tekniikan insinööri | LVI-tekniikka

2019

Petri Tynkkynen

HULEVESIVIIVÄSTYKSEN MITOITUS

Petri Tynkkynen

HULEVESIVIIVÄSTYKSEN MITOITUS

Työn tarkoituksena oli luoda suunnittelijoille työkalu, jonka avulla pystyy mitoittamaan määräysten mukaisen hulevesijärjestelmän viivästyskaivolla. Tavoitteena oli, että viivästyskentän mitoitus voitaisiin tehdä hulevesikaseteilla, säiliöillä sekä sorapedillä. Viivytyskaivon supistusosan mitoittaminen mahdollistaa hulevesiverkostoon päin virtaaman hallinnan esimerkiksi viranomaisten vaatimiin arvoihin.

Työssä tutkittiin huleveteen liittyvää lainsäädäntöä sekä määräyksiä, jotka täytyy ottaa huomioon suunnittelussa. Hulevesiviivytys voidaan toteuttaa monilla eri tavoilla, joista opinnäytetyössä käsiteltiin yleisimmät säiliörakenteet. Viranomaiset vaativat yhä useammin hulevesivirtaaman rajoittamista hulevesiverkostoon päin, joten työssä selvitettiin myös viivästyskaivon toiminta sekä miten kaivon mitoittaminen tapahtuu.

Opinnäytetyössä tutkittujen ratkaisuiden pohjalta valmistui suunnittelijoille työväline, jolla pystyy mitoittamaan toimivan sekä määräykset täyttävän hulevesijärjestelmän. Lopputuloksena saadaan valmis pdf-dokumentti, jonka pystyy tallentamaan osaksi suunnittelun dokumentaatiota. Työväline ohjelmoitiin käyttäen PHP-ohjelmointikieltä, jolla saatiin aikaiseksi käyttöjärjestelmästä riippumaton ohjelmisto. Ohjelmointiosuutta ei kuitenkaan opinnäytetyössä käydä tarkemmin lävitse.

ASIASANAT:

Hulevesi, hulevedenviivytys, hulevesikasetti, hydrologia, sadanta, mitoitusvirtaama, hulevesisäiliöt.

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

HVAC engineering

2019 | 31 pages

Instructor: Juha Leimu, Principal Lecturer (Turku University of Applied Sciences)

Petri Tynkkynen

MANAGING URBAN STORMWATER AND RETARDING WATER FLOW

The purpose of this thesis was to create a tool for designers to design a compliant storm water system with a delay well. The aim was to design the delay field with storm water cartridges, tanks and gravel beds. The dimensioning of the delay well section allows the flow to the storm water network to be controlled, for example, to the values required by the authorities.

The thesis investigated storm water legislation and regulations that must be considering in the planning. Storm water delay can be implemented in many ways, of which the most common tank structures were discussed in the thesis. The authorities increasingly demanded that the storm water flow be restricted to the storm water network, so the work also investigated the operation of the delay well and how the well is dimensioned.

Based on the solutions studied in the thesis, a tool was created for designers to design a functioning and compliant storm water system. The result is a complete pdf document that can be saved as part of the design documentation. The tool was programmed using a PHP programming language that produced software is independent of the operating system. However, this part of the thesis does not go into detail.

KEYWORDS:

Urban runoff, storm water, delay wells, storing storm water, hydrology

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	1
2 MÄÄRÄYKSET	2
2.1 Ympäristöministeriön asetukset	2
2.2 kaavamääräykset	3
3 HULEVESIJÄRJESTELMÄT	6
3.1 Sorapeti	6
3.2 Tunneli- ja kasettijärjestelmät	6
3.3 Hulevesisäiliöt	8
3.4 Viivytyskaivot	8
4 HULEVESIJÄRJELMIEN MITOITUSPERIAATTEET	10
4.1 Mitoitussade ja maaston topografia	10
4.2 Valuntakerroin	12
4.3 Huleveden määrän laskenta	14
4.4 Hidastumisen huomioiminen	14
4.5 Kuivatusvedet	15
4.6 Mitoitusvesimäärä	16
4.7 Sorapedin tilavuuden laskenta	16
4.8 Kasettien ja tunnelien tilavuuksien laskeminen	17
4.9 Hulevesisäiliön tilavuuden laskeminen kaavalla	18
4.10 Viivytyskaivon mitoitus ja laskenta	18
5 ESIMERKKI HULEVESIJÄRJESTELMÄSTÄ	20
5.1 Viivästyssäiliö	20
5.2 Padotusventtiili	21
5.3 Sadevesikaivot	23
5.4 Rännikaivo	24
5.5 Perusvesikaivo	24
6 HULEVESILASKURI	26
6.1 Ohjelman mitoitussivu	26

6.2 Säiliörakenteen valinta	27
6.3 Tulokset	28
7 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	31

KAAVAT

Kaava 1 Mitoitusvirtaaman laskukaava (Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärlaitteistoista 2007. 59).	14
Kaava 2 Hidastumiskertoimen määrittäminen pinta-alan perusteella (RIL 124-2 2004, 463).	14
Kaava 3 Mitoitusvirtaaman laskeminen, kun otetaan huomioon hidastumiskerroin	15
Kaava 4 kuivatusvesivirtaaman laskeminen.	15
Kaava 5 Mitoitettavan vesimäärän laskeminen.	16
Kaava 6 Sorapedin kerrospaksuuden laskeminen (Kuntaliiton hulevesiopus. 2012. 146).	16
Kaava 7 Sorapetiin tarvittavan tilavuuden laskeminen (Kuntaliiton hulevesiopus. 2012. 146).	17
Kaava 8 hulevesikasettien ja tunnelien tilavuuksien laskeminen.	18
Kaava 9 Hulevesisäiliön tilavuuden laskeminen (Tekniikan taulukkokirja. 2013. 23).	18
Kaava 10 Viivästyskaivon supistusosan virtaaman laskeminen (Momentti 1. 1999. 326).	18
Kaava 11 Kuroutumiskertoimen k laskeminen (Tekniikan taulukkokirja. 2013. 187).	19
Kaava 12 Viivytysputken pituus, kun tiedetään tarvittava viivytystilavuus.	21

KUVAT

Kuva 1 Vesistöihin siirtyvien mikromuovien lähteitä.	5
Kuva 2 Uponor hulevesikasetti	7
Kuva 3 Uponorin hulevesitunneli	8
Kuva 4 Uponorin hulevesisäiliö	8
Kuva 5 Viivästyskaivon periaatekuva (Jita Oy)	9
Kuva 6 Sateen profiili 13.07.2018 aikavälillä 00:00 – 23:50	12
Kuva 7 Sateen profiili 08.07.2015 aikavälillä 00:00 – 23:50	12
Kuva 8 Hulevesijärjestelmän periaatepiirustus, jossa ylivuotorajan alle jäävät rakenteet tulee ottaa huomioon tilavuuden laskennassa.	17
Kuva 9 Hulevesisäiliön rakenne ja siihen liittyvät osat (Pipelife Oy).	21
Kuva 10 Padotusventtiilikaivon rakenne.	22
Kuva 11 Pallopadotusventtiilin toiminta (Meltex Oy)	22
Kuva 12 Läppäpadotusventtiilin toiminta (Nestetekniikka Oy).	23
Kuva 13 Sadevesikaivon rakenne lietepesällä (uponor).	23
Kuva 14 Rännikaivo sakkapesällä (Uponor).	24
Kuva 15 perusvesikaivon osat (Uponor).	25
Kuva 16 Hulevesilaskurin etusivunäkymä esimerkkituloilla täytettynä.	27

TAULUKOT

Taulukko 1 Arvioidut ominaiskuormitusarvot eri maankäyttömuodoille (Turun kaupunki, alueellinen hulevesisuunnitelma, 2014).	4
Taulukko 2 sateen intensiteetti Turun Artukaisissa aikavälillä 1.1.2013 – 1.1.2019. (ilmatieteenlaitos 2019).	11
Taulukko 3 Valuntakertoimia erilaisille pinnoille. (Kuntatekniikan yhdistys ry 2003).	13
Taulukko 4 Valuntakertoimen määrittäminen maakäytön mukaan (Turun kaupunki, alueellinen hulevesisuunnitelma 2014).	13
Taulukko 5 valumiskertoimet määräysten mukaan (Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärilaitteistoista 2007. 59).	14

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Hulevesi	Sade-, salaoja- ja sulamisvesiä, jotka johdetaan pois maan pinnalta, rakennuksen katoilta tai muilta vastaavilta pinnoilta.
Hulevedenviivytys	Sade-, salaoja- ja sulamisvesien aiheuttamien valumien jakamista pitkälle ajanjaksolle.
Valuntakerroin	Hulevesien määrä, mikä ei imeydy pinnan läpi alempiin kerroksiin (Turun kaupunki, alueellinen hulevesisuunnitelma 2014)
Hule-100	Tarkoittaa, että jokaista 100 m ² läpäisemätöntä pinta-alaa kohti tulee olla 1 m ³ viivästyssäiliötä (viite).
PHP	(PHP: Hypertext Preprocessor) ohjelmointikieli.
ss	Kiintoaines
P	Fosfori
N	Typpi
Pb	Lyijy
Cu	Kupari
Zn	Sinkki

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena oli luoda suunnittelijoille työkalu, jonka avulla pystyy mitoittamaan määräysten mukaisen hulevesijärjestelmän viivästyskaivolla. Tähän päästääkseen tulee selvittää muun muassa mitä hulevesi on ja mitä asioita tulee ottaa huomioon, että määräykset tulee täytettyä ja järjestelmästä tulee toimiva kokonaisuus.

Hulevedellä tarkoitetaan sade-, salaoja- ja sulamisvesiä, jotka johdetaan pois maan pinnalta, rakennuksien katoilta tai muilta vastaavilta pinnoilta. Ilmastonmuutoksen on ennustettu lisäävän sademääriä ja sateiden intensiteettiä huomattavasti Suomessa. Tästä johtuen hulevesien hallinnasta tulee tulevaisuudessa entistäkin tärkeämpää.

Viivytyksellä tarkoitetaan sade-, salaoja- ja sulamisvesien aiheuttamien valuntojen jakamista pitkälle ajanjaksolle. Tämä auttaa leikkaamaan huippuvirtaamia pienemmiksi.

Hulevesiä voidaan käsitellä ja ohjailla useilla eri tavoilla kuten esimerkiksi avo-ojilla, erilaisilla imeytyskentillä sekä kosteikoilla. Erityisen tärkeää on huomioida, ettei hulevesijärjestelmään saa johtaa ympäristölle tai viemärin toiminnalle haitallisia aineita.

Hulevesiä johdetaan nykyisin joko avo-ojien tai sadevesiviemäröinnin kautta lähimpiin vesistöihin. Tästä johtuen muun muassa mikromuovit, kemikaalit, ja muut epäpuhtaudet pääsevät suodattamattomina vesistöihin. Hulevesiä on yhdistetty myös viemärilinjoihin, joka aiheuttaa jätevesipuhdistamoissa rankkasateiden aikana suuria ongelmia.

Työssä käydään läpi yleisesti mitä hulevesi on ja miten sitä voidaan nykyisillä menetelmillä hallita. Tutustutaan myös huleveteen liittyvään lainsäädäntöön ja määräyksiin sekä alueellisiin ohjeistuksiin. Laskennan osalta työ rajataan koskemaan sorapetiä, hulevesikasetteja, hulevesisäiliöitä sekä viivytykskaivoja.

Markkinoilla on useita valmistajia, jotka valmistavat huleveden hallintaan soveltuvia tuotteita. Näitä ovat esimerkiksi Uponor, Pipelife ja wavin. Tuotteet eroavat muun muassa teholliselta tilavuudeltaan kuin kuormituksen kestävyudessa. Työssä suunniteltavan ohjelman tulisi kyetä tekemään laskelmat eri valmistajien tuotteilla, jotta mitoitukselta oli konkreettista hyötyä suunnittelussa.

2 MÄÄRÄYKSET

Suomessa viranomaiset ovat asettaneet määräyksiä ja ohjeita, joita tulee rakentamisessa noudattaa. Hulevesien käsittelyyn määräyksiä asettaa ja ohjeistaa muun muassa ympäristöministeriö sekä kaupunkien rakennusvalvonnat. Voimassa olevat määräykset löytyvät ympäristöministeriön sekä kaupunkien rakennusvalvonnan internetsivuilta.

2.1 Ympäristöministeriön asetukset

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen vesi- ja viemärlaitteistoista luvussa 7 käsitellään hulevesilaitteistoa. Pykälän 35 mukaan hulevedet tulee poistaa ensisijaisesti viivyttämällä sekä imeyttämällä ne kiinteistössä. Mitoituksen on oltava sellainen, että mitoitussadetta vastaava virtaama ei aiheuta tulvimista. (ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärlaitteistoista, 2017). Alla asetusteksti kokonaisuudessaan.

35 §

Pää- ja erityissuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti suunniteltava hulevesijärjestelmä niin, että ensisijainen ratkaisu hulevesien poistamiseksi on niiden viivyttäminen ja imeyttäminen kiinteistöllä. Jos hulevesien imeyttäminen ei ole maaperän ominaisuuksien vuoksi mahdollista, kiinteistöllä on oltava hulevesilaitteisto, jonka kautta hulevedet virtaavat avo-ojaan, vesistöön tai kunnan hulevesiviemäriin. Hulevesilaitteistoon ei saa johdtaa jätevesiä.

Hulevesilaitteiston mitoituksen on oltava sellainen, että viemäriin johdettava mitoitussadetta vastaava virtaama ei aiheuta viemäriin tulvimista. (ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärlaitteistoista, 2017).

Rakennuksen sisäpuolella olevat hulevesiviemärit eivät saa aiheuttaa melua ja niiden tulee olla kondenssieristettyjä. Myös sisäpuolisten putkien tiiviys tulee varmistaa ja siitä on oltava merkintä rakennustyön tarkastusasiakirjassa. Hulevesilaitteiston tulee olla puhdistettavissa kaivojen ja puhdistusputkien kautta. (ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärlaitteistoista, 2017).

2.2 kaavamääräykset

Kaupunkialueilla hulevesien pois johtaminen on perinteisesti toteutettu hulevesiviemäreillä sekä sekaviemäreillä. Tämä aiheuttaa ongelmia hulevesiä vastaanottavissa vesistöissä sekä verkoston kapasiteetti saattaa jäädä riittämättömäksi kaupunkirakentamisen lisääntyessä. Yleiskaavatasoisella hulevesisuunnitelmalla pyritään varautumaan näihin aiheutuviin muutoksiin. Kaava-alueiden hulevesien hallintamenetelmillä vastataan seuraaviin tavoitteisiin (Turun kaupunki, alueellinen hulevesisuunnitelma, 2014):

1. Käsitellään hulevedet ensisijaisesti paikallisesti.
2. Hidastetaan, viivytetään ja tasataan hulevesivirtaamia.
1. Ehkäistään hulevesien syntyä imeyttämällä niitä valuma-alueella.
2. Käsitellään hulevedet ensisijaisesti paikallisesti.
3. Vedenhankinnan kannalta tärkeillä pohjavesialueilla (luokka I) imeytetään puhdaita hulevesiä mahdollisimman paljon.
4. Lisätään hulevesien käsittelyä ja johtamista avoimissa, näkyvissä ja mahdollisimman luonnonmukaisissa järjestelmissä (ojat, tasausaltaat, lammet jne.) ja varataan siihen kaavoituksessa ja yleisten alueiden suunnittelussa tarvittavat reitit ja alueet.
5. Hidastetaan, viivytetään ja tasataan hulevesivirtaamia.
6. Suunnitellaan ja rakennetaan alueita hallitulle hulevesien tulvimiselle.
7. Rakennetaan uusien ja muotoillaan olemassa olevien avo-ojien uomia luonnonmukaisemmiksi ja säilytetään olemassa olevia puroja ja avo-ojia mahdollisuuksien mukaan.
8. Jatketaan kaupunkipurojen tilan parantamista kaupunkimaisen moninaiskäytön periaatteiden pohjalta.
9. Vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriverkon toiminta-alueella olevilta kiinteistöiltä hulevedet johdetaan ensisijaisesti hulevesiviemäriin.
10. Vähennetään hulevesiin joutuvia ympäristölle haitallisia aineita puuttamalla ensisijaisesti päästölähteisiin.
11. Haitallisia aineita sisältävät hulevedet puhdistetaan, jos kuormitus ylittää vastaanottavan vesistön herkkyytason.

Mitoitusperiaatteena on, että viivytystilavuuden koko vastaa maankäytön muutoksen aiheuttamaa vesimäärän kasvua.

Myös huleveden laadulle on määritetty maankäyttömuotojen arvioidut ominaiskuormitusarvot.

Maankäyttö	ss x 1000	P	N	Pb	Cu	Zn
Pientaloalue	22	30	250	11	5	18
Rivi/kerrostaloalue	33	61	400	25	3	73
Keskustamainen kerrostaloalue	78	93	500	57	40	96
Teollisuusalue	78	93	500	57	40	96
Niitty, nurmi	70	53	480	10	2	8
Pelto	70	110	1500	10	2	8
Metsä, suo	2,5	9	250	10	2	8
Liikennealue	37	41	300	29	4,5	30

Taulukko 1 Arvioidut ominaiskuormitusarvot eri maankäyttömuodoille (Turun kaupunki, alueellinen hulevesisuunnitelma, 2014).

Taulukko 1:sen lyhenteet tarkoittavat,

ss = kiintoaines

P = fosfori

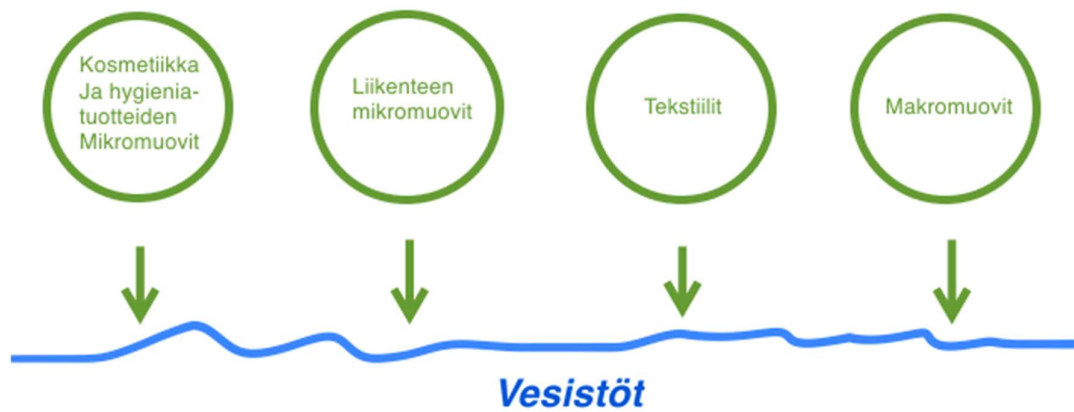
N = typpi

Pb = lyijy

Cu = kupari

Zn = sinkki.

Alueellinen hulevesiopas ei ota kantaa mikromuoveihin, joita huleveteen tulee muun muassa liikenteestä. Mikromuoveilla tarkoitetaan muovihiukkasia, jotka ovat kooltaan alle 5 mm. Hulevesien mukana kulkeutuvaa mikromuovikuormaa voidaan ehkäistä hulevesijärjestelmän suunnittelussa putki- ja kaivoratkaisujen avulla. (www.ymparisto.fi)



Kuva 1 Vesistöihin siirtyvien mikromuovien lähteitä.

3 HULEVESIJÄRJESTELMÄT

Hulevedet tulisi ensisijaisesti imeyttää maaperään valuma-alueellaan. Tämä onnistuu muun muassa rakentamalla kosteikkoja, kasvillisuuskattoja, avo-ojia ja muita vastaavanlaisia imukykyisiä pintarakenteita. Ongelmana näissä on, että ne vaativat paljon tontin pinta-alaa, jota harvoin on käyttää tällaisiin rakenteisiin. Siksi yleinen tapa ratkaista ongelma on rakentaa maan alle jonkinlainen säiliörakenne, jonne hulevedet voidaan johtaa ja käsitellä halutulla tavalla. Yleisin tapa on johtaa huleveden sellaisenaan kaupungin hulevesiverkostoon tai lähimpään avo-ojaan. Nykypäivän kaupungistumisen aikana tämä ei enää käy päinsä vaan hulevedet tulee pystyä joko käsittelemään tontin alueella tai viivästyttämään niin ettei hulevesiverkosto pääsee tulvimaan.

3.1 Sorapeti

Yleisin tapa toteuttaa huleveden varastointi valuma-alueella on sorapeti. Se on muista vaihtoehdoista halvin toteuttaa hankintahetkellä. Sorapeti voidaan toteuttaa useasta eri materiaalista, kuten esimerkiksi sorasta, kierrätyslasista tai kierrätyskeramiikasta. Sorapedin hankaluutena on ajan kanssa pedin sakkaantuminen. Petiä ei pystytä puhdistamaan niin kuin tunneli- tai kasettijärjestelmiä vaan se tulee mekaanisesti vaihtaa uuteen materiaaliin. Tämän takia tulisikin kiinnittää suunnittelussa erityistä huomiota hulevesien puhtauteen ennen sorapetiin johtamista.

3.2 Tunneli- ja kasettijärjestelmät

Tunneli- ja kasettijärjestelmillä voidaan hidastaa huleveden virtaamaa ja imeyttää hulevettä maaperään. Asentamalla vettä läpäisemätön kalvo tunnelin- tai kasettijärjestelmän ympärille, voidaan rakenne muuttaa säiliömäiseksi. Näin voidaan hulevesi varastoida esimerkiksi kasteluvedeksi. Rakenteidensa ansiosta huleveden varastointitilaa saadaan noin kolminkertaisesti verrattuna sorapetiin.

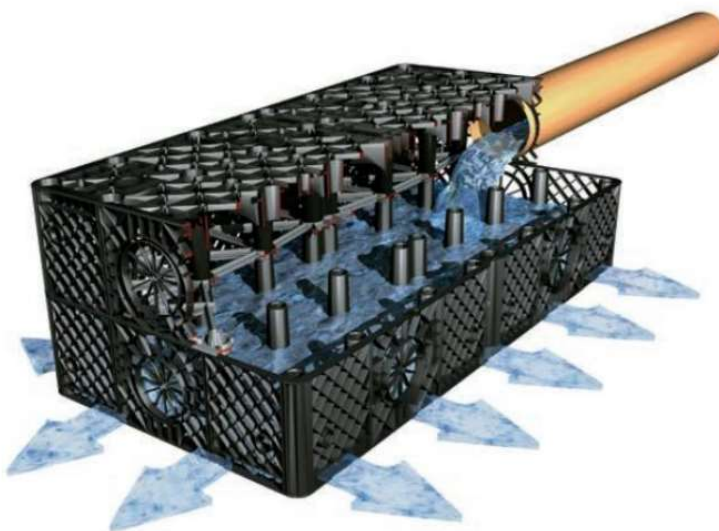
Suunnittelussa tulee ottaa huomioon seuraavia asioita, jos käytetään rakenteita imeytykseen.

- Tunnelit ja kasetit tulee asentaa vähintään metrin etäisyydelle pohjavedestä.

- Pohjavesialueella imeyttää saa vain puhtaita kattovesiä, parkkipaikkavedet tulee ohjata sadevesiviemärointiä pitkin muualle.

Suunnittelussa muita huomioon otettavia asioita, on järjestelmän tuuletuksen järjestäminen sekä hulevesien puhtaana järjestelmiin johdattaminen. Hulevesien puhtauden varmistamiseksi ennen järjestelmiä tulee asentaa lietepesälliset tai hiekanerottimilla varustetut sadevesikaivot. Järjestelmiin suositellaan myös ylivuotoputkea. (Uponor-hulevesikasetit ja -tunnelit)

Tunneli- ja kasettijärjestelmien valmistajia ovat muun muassa Uponor, Wavin, ACO Nordic, Meltex sekä Pipelife.



Kuva 2 Uponor hulevesikasetti



Kuva 3 Uponorin hulevesitunneli

3.3 Hulevesisäiliöt

Hulevesisäiliöt ovat vaikeampia asentaa kokonsa puolesta kuin tunnelit ja kasetit. Myös niiden puhdistettavuus on vaikeampaa kuin kasettiratkaisujen. Säiliöitä käytetään yleensä, kun maaperä on liian tiivistä tai pohjavesi on liian korkealla, ettei hulevesiä voi imeyttää.

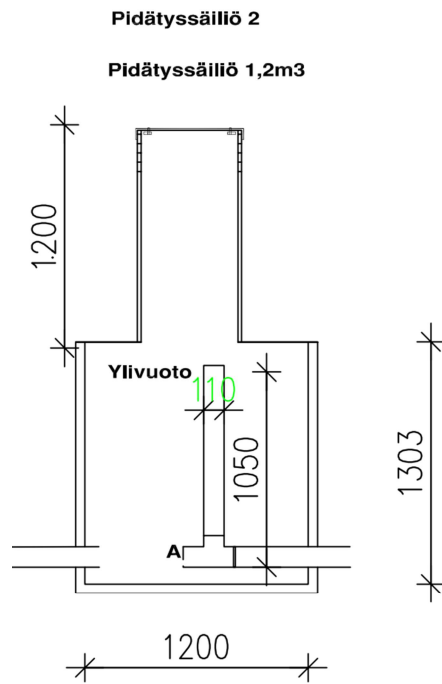


Kuva 4 Uponorin hulevesisäiliö

3.4 Viivytyskaivot

Viivästyskaivolla säädetään hulevesiverkostoon lähtevän huleveden virtaamaa. Viivästyskaivojen valmistajia löytyy markkinoilta muutamia. Kaivon virtaamaa säädetään kuristamalla lähtevää putkiosuutta.

Kuva 5 esittää tyypillisen viivästyskaivon rakenteen. Kaivo koostuu rungosta, supistusosasta sekä ylivuotoputkesta. Supistusosaa vaihtamalla voidaan kaivosta lähtevää virtausta säädellä.



Kuva 5 Viivästyskaivon periaatekuva (Jita Oy)

4 HULEVESIJÄRJELMIEN MITOITUSPERIAATTEET

Hulevesijärjestelmien ja viivästyksen mitoituksessa käytetään apuna viranomaisten sekä lainsäädännön antamia mitoitusarvoja. Viivytyksen peruseriaatteena on hule-100 eli 1 m³ viivytystä jokaista läpäisemätöntä 100 m² kohti. Paikallisilla rakennusvalvonnoilla voi olla käytössä erilaisia ohjeistuksia mitoitukseen johtuen muun muassa paikallisista erityisolosuhteista. Turun kaupunki on laatinut hulevesisuunnitelman vuonna 2014, joka kattaa myös Liedon, Kaarinan, Raision ja Ruskon alueet. Mitoitussateeksi suunnitelmassa on valittu 267 l/s/ha (10 min), joka toistuu 50 vuoden välein. Tämä tarkoittaa sademäärää 16 mm. (Turun kaupunki, alueellinen hulevesisuunnitelma 2014).

4.1 Mitoitussade ja maaston topografia

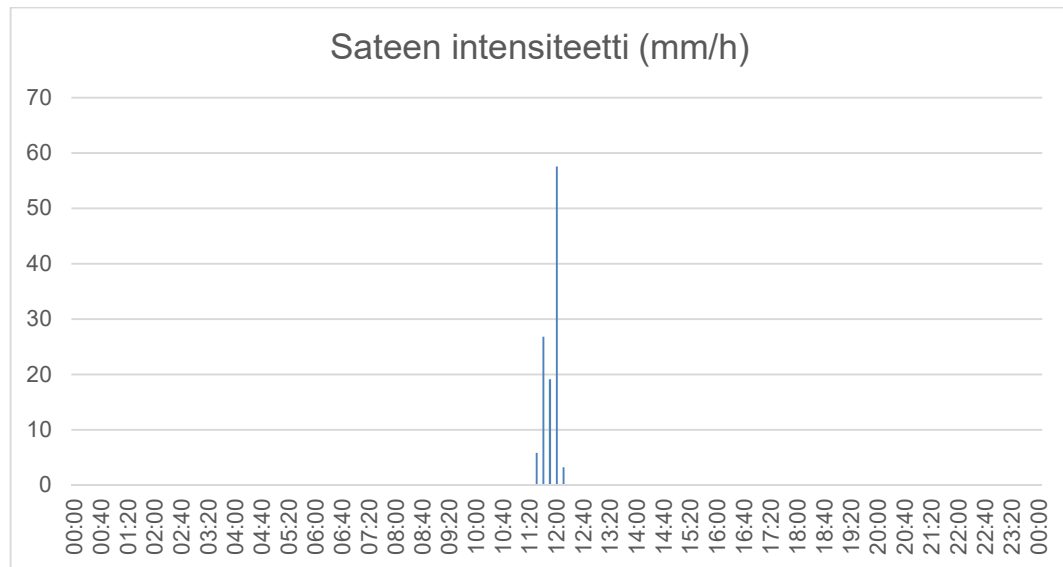
Mitoitussateena käytetään yleisesti arvoa 0,015 dm³/s, m². Paikallisen viranomaisen luvalla voidaan käyttää myös muita arvoja laskennassa. Mitoitussateen suuruuteen vaikuttaa sateen kesto, sademäärä, sateen intensiteetti sekä toistumistiheys (Suomen Kuntaliitto ry 2012.102). Sademäärä ilmoitetaan millimetreinä, joten 1 mm:n sade tarkoittaa yhtä litraa neliön alaa kohden. Eli neliön alalle kertyy 1 millimetrin verran vettä. Sateen intensiteettiä eli sateen rankkuutta ilmaistaan yksiköllä mm/min. Toistumistiheytenä laskelmissa käytetään yleensä 3 - 10 vuotta ja rankkasateen kestonä 10 minuuttia.

Ilmatieteenlaitoksen havaintojen (2013 - 2019) perusteella, voidaan päätellä, että mitoitusateena käytetty arvo on riittävä ainakin Turun alueella. Intensiteetti ylittyy vain yhtenä päivänä kyseisellä aikavälillä, ollen 13.7.2018 kello 12.00 57,6 mm/h (taulukko 2). (ilmatieteenlaitos, 2019).

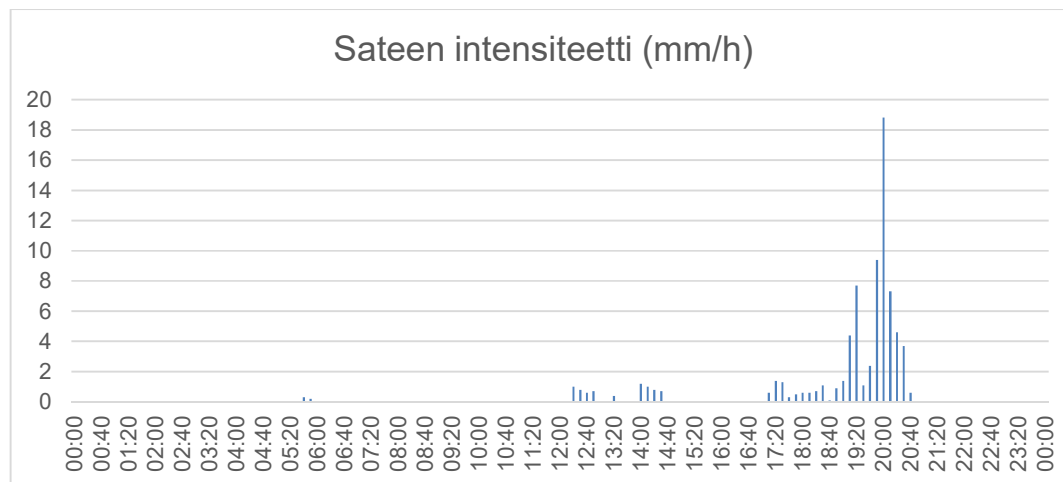
Vuosi	Kk	Pv	Klo	Sateen intensiteetti (mm/h)
2018	7	13	12:00	57,6
2015	7	8	20:00	18,8
2014	7	31	08:00	17,6
2018	7	29	09:00	17,3
2017	8	13	03:00	14,8
2013	8	7	11:00	14,3
2015	8	26	05:00	14,2
2016	6	16	13:00	12,3
2013	8	14	06:00	11,3
2014	6	12	05:00	11,2
2017	8	6	10:00	11,0
2014	8	27	14:00	10,7
2014	8	16	10:00	10,6
2016	8	22	06:00	9,6
2015	11	13	21:00	9,4
2018	8	26	07:00	9,0
2013	6	22	02:00	8,9
2016	5	15	09:00	8,9
2014	8	18	09:00	8,5
2013	8	14	03:00	8,1
2013	7	30	21:00	7,7

Taulukko 2 sateen intensiteetti Turun Artukaisissa aikavälillä 1.1.2013 – 1.1.2019. (ilmatieteenlaitos 2019).

Tarkastellaan sateen intensiteettiä vielä erikseen päiväkohtaisesti taulukon 2 kahden suurimman arvon osalta. Kuvan 6 sade (13.07.2018) tuotti sadevettä $18,75 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ noin 50 minuutissa ja sade 08.07.2015 sai aikaan sadevettä puolestaan $11,58 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ kolmessa ja puolessa tunnissa. Kuten kuvista on nähtävissä, niin sateiden profiilit eroavat toisistaan hyvinkin paljon. Hulevesijärjestelmille ongelmia aiheuttavat eniten lyhyet kovat sateet, jolloin sadevesivirtaamat ovat suuria lyhyellä aikavälillä. Mitoituksessa oletetaan mitoitussateen olevan tasainen koko tarkastelun ajan.



Kuva 6 Sateen profiili 13.07.2018 aikavälillä 00:00 – 23:50



Kuva 7 Sateen profiili 08.07.2015 aikavälillä 00:00 – 23:50

4.2 Valuntakerroin

Valuntakertoimella tarkoitetaan sitä määrää mikä hulevesistä ei imeydy pinnan läpi maan alempiin kerroksiin. Valuntakerroin k_n voidaan valita alla olevasta taulukko 3:sta. (Turun kaupunki, alueellinen hulevesisuunnitelma 2014).

Pinnan laatu	Valuntakerroin
Katto	0,90
Betoni ja asfaltti	0,80
Tiivissaumainen kiveys	0,80
Kiveys hiekkasaumoin	0,70
Hyväkuntoinen soratie	0,50
Nurmetettu luiska	0,50
Paljas laakeahko kallio	0,40
Sorakenttä ja -käytävä	0,30
Puistomainen piha	0,20
Puisto, runsas kasvillisuus	0,15
Kallioinen metsä	0,15
Niitty, pelto, puutarha	0,10
Tasainen tiheäkasvuinen metsä	0,05

Taulukko 3 Valuntakertoimia erilaisille pinnoille. (Kuntatekniikan yhdistys ry 2003).

Maankäytön muutos vaikuttaa myös alueen valuntakertoimiin. Taulukko 4:ssä on esitetty tuleva valuntakerroin maakäytön mukaan. Määräysten mukaisessa laskennassa käytetään kuitenkin valuntakertoimia taulukko 3:sen mukaan.

Maankäyttö	Valuntakerroin
harva pientaloalue	0,1 - 0,2
Tiivis pientaloalue	0,15 – 0,25
Hyvin tiivis pientaloalue	0,2 – 0,3
Rivi- tai pienkerrostaloalue, väljä kerrostaloalue	0,3 – 0,5
Tiivis kerrostaloalue, teollisuus- ja liikealueet, koulut	0,4 – 0,6
Hyvin tiivis kerrostaloalue	0,5 – 0,8
Puisto	0,15 – 0,25
Metsä	0,05 – 0,2
Liikennealue – asfaltoitu	0,7 – 0,8
Liikennealue – sora	0,35 – 0,4
Pelto, niitty, nurmi	0,15 – 0,35
Sorakentät	0,2 – 0,4
Vesi	1

Taulukko 4 Valuntakertoimen määrittäminen maakäytön mukaan (Turun kaupunki, alueellinen hulevesisuunnitelma 2014).

Määräyksissä käytetään valuntakertoimina taulukko 5:n mukaisia arvoja. Kuten taulukoista huomataan, niin määräysten mukaiset kertoimet olettavat vielä suurempien vesimäärien menevän hulevesijärjestelmään.

Pinnan laatu	valuntakerroin
Katot, asfaltti-, betoni ja muut tiiviit päällysteet	1
Sorapäällysteet	0,7
Nurmikot ja päällystämättömät pinnat	0,3

Taulukko 5 valumiskertoimet määräysten mukaan (Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärlaitteistoista 2007. 59).

4.3 Huleveden määrän laskenta

Sadeveden mitoitusvirtaama (Q [dm^3/s]) saadaan määriteltä kaavalla

$$Q = q_s \cdot (k_1 \cdot A_1 + k_2 \cdot A_2 + \dots + k_n \cdot A_n)$$

Kaava 1 Mitoitusvirtaaman laskukaava (Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärlaitteistoista 2007. 59).

jossa,

q_s on mitoitus sade [$\text{dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$]

k_n valuntakerroin osa-alueelle

A_n valuma-alueen osan pinta-ala [m^2].

4.4 Hidastumisen huomioiminen

Huleveden hidastuminen otetaan huomioon laajaa viemäristöä mitoittaessa hidastumiskertoimella Ψ . Kerroin määritetään valuma-alueen pinta-alan mukaan.

$$\Psi = 1/A^{1/n}$$

Kaava 2 Hidastumiskertoimen määrittäminen pinta-alan perusteella (RIL 124-2 2004, 463).

jossa,

Ψ = hidastumiskerroin

A = valuma-alueen pinta-ala [ha]

n = 8, jos maaston keskikaltevuus on suurehko, tai alue on pyöreähkö ja viemäristö viuhkamainen

n = 5 – 6, jos maasto on kohtalaisen kaltevaa

n = 4, jos maasto on laakea tai alue pitkänomainen

Hidastumiskerroin otetaan mitoitusvirtaamassa huomioon kertomalla virtaama kertoimeilla.

$$Q_{tod} = Q * \Psi$$

Kaava 3 Mitoitusvirtaaman laskeminen, kun otetaan huomioon hidastumiskerroin

jossa,

Q_{tod} = Todellinen mitoitusvirtaama

Q = mitoitusvirtaama

Ψ = hidastumiskerroin.

4.5 Kuivatusvedet

Jos tontin kuivatusvedet johdetaan hulevesiviemäriin, tulee ne myös huomioida mitoitusvirtaamassa. Mikäli kuivatusvesien määrää ei tunneta, käytetään mitoituksessa arvoa 0,15 dm³/s/ha. Kuivatusvesivirtaama saadaan laskettua,

$$Q_{k-mi} = q_k * A$$

Kaava 4 kuivatusvesivirtaaman laskeminen.

jossa,

Q_{k-mi} = kuivatusvesivirtaama

q_k = kuivatusvesimäärä

A = tontin pinta-ala [ha].

4.6 Mitoitusvesimäärä

Mitoitusvesimäärä saadaan kertomalla mitoitusasteen kestoajalla.

$$V = ((Q_{tod} + Q_{k-mit}) \cdot t) / 1000$$

Kaava 5 Mitoitettavan vesimäärän laskeminen.

jossa,

V = mitoitusvesimäärä [m^3]

Q_{tod} = mitoitusvirtaama hidastumiskerroin huomioon otuna [dm^3/s]

Q_{k-mit} = kuivatusvesivirtaama [dm^3/s]

t = mitoitusasteen kesto-aika [s].

4.7 Sorapedin tilavuuden laskenta

Sorapedin tilavuus lasketaan johtamalla kaava 6:sta, sijoittamalla se kaava 7:seen.

$$h = \frac{\left(\frac{V_{mit}}{n}\right)}{A}$$

Kaava 6 Sorapedin kerrospaksuuden laskeminen (Kuntaliiton hulevesiopus. 2012. 146).

jossa,

h = kerrospaksuus

V_{mit} = mitoitusvesimäärä [m^3]

n = arvioitu huokostilavuus (kiviainekselle 0,25 – 0,3)

A = alueen pinta-ala [m^2].

Kaava 7:sen perustilavuuskaavaan sijoitetaan sorapedin kerrospaksuuden kaava 6, jolloin saadaan tulokseksi sorapetiin tarvittava tilavuus.

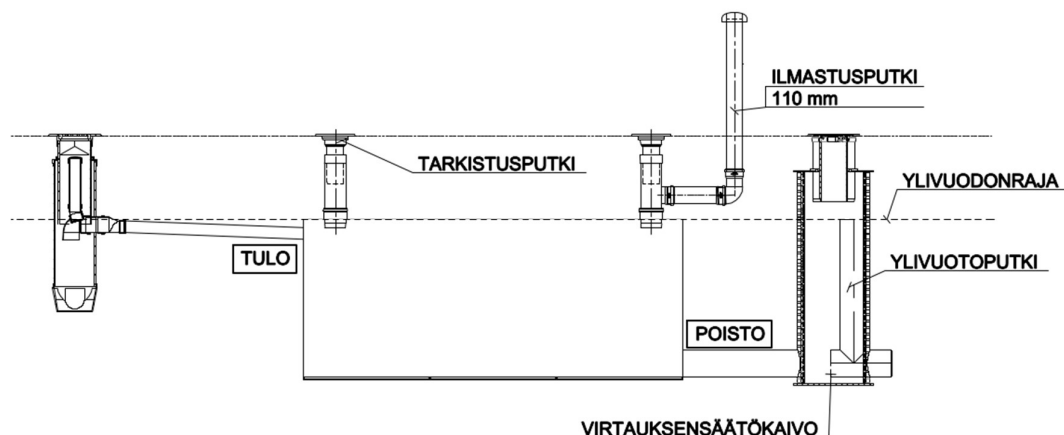
$$V = A \cdot h \Rightarrow V = A \cdot \frac{\left(\frac{V_{mit}}{n}\right)}{A} \Rightarrow V = \frac{V_{mit}}{n}$$

Kaava 7 Sorapetiin tarvittavan tilavuuden laskeminen (Kuntaliiton hulevesiopus. 2012. 146).

4.8 Kasettien ja tunnelien tilavuuksien laskeminen

Hulevesikasettien ja tunnelien laskemisessa on otettava huomioon, että tehollinen tilavuus näissä ratkaisuissa on noin 95 % kokonaistilavuudesta. Lisäksi osa hulevedestä voidaan imeyttää maaperään mutta tässä insinöörityössä imeytystä ei huomioida laskennassa.

Mitoittaessa hulevesijärjestelmää tulee ottaa huomioon kaikki rakenteet, jotka jäävät ylivuotorajan alapuolelle. Toisin sanoen tilavuuteen tulee laskea mukaan putket, kaivot ja muut rajan alle jäävät rakenteet (Kuva 8).



Kuva 8 Hulevesijärjestelmän periaatepiirustus, jossa ylivuotorajan alle jäävät rakenteet tulee ottaa huomioon tilavuuden laskennassa.

Kasettien sekä tunnelien tilavuus saadaan laskettua kaavalla

$$V = h \cdot A \cdot n$$

Kaava 8 hulevesikasettien ja tunnelien tilavuuksien laskeminen.

jossa,

V = kasetin tai tunnelin tilavuus [m^3]

h = kasetin tai tunnelin korkeus [m]

A = kasetin tai tunnelin pohjan ala [m].

n = tehollinen tilavuus 0,9 – 1,0

4.9 Huleveesisäiliön tilavuuden laskeminen kaavalla

Säiliön tilavuus saadaan laskettua

$$V = l \cdot \pi \cdot r^2$$

Kaava 9 Huleveesisäiliön tilavuuden laskeminen (Tekniikan taulukkokirja. 2013. 23).

jossa,

V = säiliön tilavuus [m^3]

l = säiliön pituus [m]

r = Säiliön säde [m]

4.10 Viivytyskaivon mitoitus ja laskenta

Viivytyskaivon supistusosan virtaama saadaan laskettua kaavalla

$$q = k \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot \pi \cdot r^2$$

Kaava 10 Viivästykskaivon supistusosan virtaaman laskeminen (Momentti 1. 1999. 326).

jossa,

q = tilavuusvirta

k = kuroutumiskerroin (pyöreälle reiälle $k = 0,63$)

g = putoamiskiihtyvyys $9,81 \text{ m/s}^2$

h = nestepinnan korkeus viivästyskaivossa

r = supistusosan säde

Kuroutumiskerroin k saadaan laskettua kaavalla,

$$k = \frac{A_s}{A}$$

Kaava 11 Kuroutumiskertoimen k laskeminen (Tekniikan taulukkokirja. 2013. 187).

A_s = suihkun pinta-ala

A = purkausaukon pinta-ala

5 ESIMERKKI HULEVESIJÄRJESTELMÄSTÄ

Seuraavaksi käydään läpi huleveden viivästyksen laskeminen sekä käydään läpi järjestelmän vaatimat fyysiset osat. Esimerkkinä käytetään 1000 m² tonttia, jossa läpäisemättöntä kattopinta-alaa on 400 m² ja loput 600 m² on viheraluetta. Tarvittavan viivytyssäiliön tilavuus saadaan laskettua muutamallakin eri tavalla, joista ensimmäisenä lasketaan määräyksien antamien ohjeiden mukaan.

Lasketaan viivästyskaivoon menevän hulevesivirtaaman määrä kaava 1:llä ja mitoitus-sateena laskennassa käytetään arvoa 0,015 dm³/s, m².

$$Q = q_s \cdot (k_1 \cdot A_1 + k_2 \cdot A_2 + \dots + k_n \cdot A_n) = 0,015 \frac{\text{dm}^3}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \cdot (1,0 \cdot 400 \text{ m}^2 + 0,3 \cdot 600 \text{ m}^2) = 8,7 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}$$

Oletetaan sateen kestävän 10 minuuttia, jolloin huleveden määräksi saadaan (kaava 5),

$$V = ((Q_{tod} + Q_{k-mit}) \cdot t) / 1000 = (8,7 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}} \cdot 600 \text{ s}) / 1000 = 5,22 \text{ m}^3$$

Lasketaan käyttäen hule-100 ohjeistusta, eli 1 m³ viivästyssäiliötä jokaista 100 m² läpäisemättöntä pinta-alaa kohden. Läpäisemättöntä alaa on 400 m² ja viheralueen koko on 600 m², joka muutetaan läpäisemättömäksi kertoimella 0,3, jolloin saadaan läpäisemättömäksi alaksi 180 m². Esimerkin kohteessa läpäisemättöntä alaa on yhteensä siis 580 m² eli viivytyssäiliön kooksi tarvitaan 5,8 m³.

5.1 Viivästyssäiliö

Kuva 9:ssä esitetään viivästyssäiliön rakenne ja siihen liittyvät kaivot. Ränni- ja sadevesikaivot yhdistetään viivytyssäiliöön jakokaivon kautta. Viivytyssäiliön lähtöön taas asennetaan virtauksensäätökaivo ja padotusventtiilikaivo.

Esimerkissä tarve on 5,8 m³ viivytyskaivolle, joka rakennetaan käyttäen halkaisijaltaan Ø800 putkea. Pituus putkelle saadaan kaavalla,

$$l = \frac{5,8 \text{ m}^3}{\pi \cdot (0,4 \text{ m})^2} = 11,5 \text{ m} \approx 12,00 \text{ m}$$

Kaava 12 Viivytysputken pituus, kun tiedetään tarvittava viivytystilavuus.

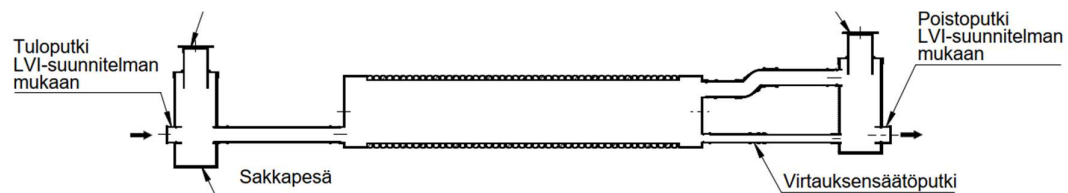
Putken mitoituksessa ei ole otettu huomioon ylivuotorajan alapuolelle jääviä putkia ja kaivoja. Näiden tilavuudet olisi hyvä laskea, sillä ne saattavat näytellä suurtakin roolia kokonaistilavuudessa. Tässä esimerkissä ne lasketaan varmuuskertoimeksi.

Virtauksensäästöputken halkaisija lasketaan kaava 10:llä ja käytetään esimerkissä maksimivirtaamaa kaupungin hulevesiverkostoon päin 3 l/s.

$$q = k \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot \pi \cdot r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{q}{k \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{0,003 \frac{m^3}{s}}{0,63 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} \cdot 0,8 m \cdot \pi}} = 0,0196 m$$

Valitaan putkeksi Ø32 ja lasketaan uudelleen maksimivirtaama säästöputken läpi.

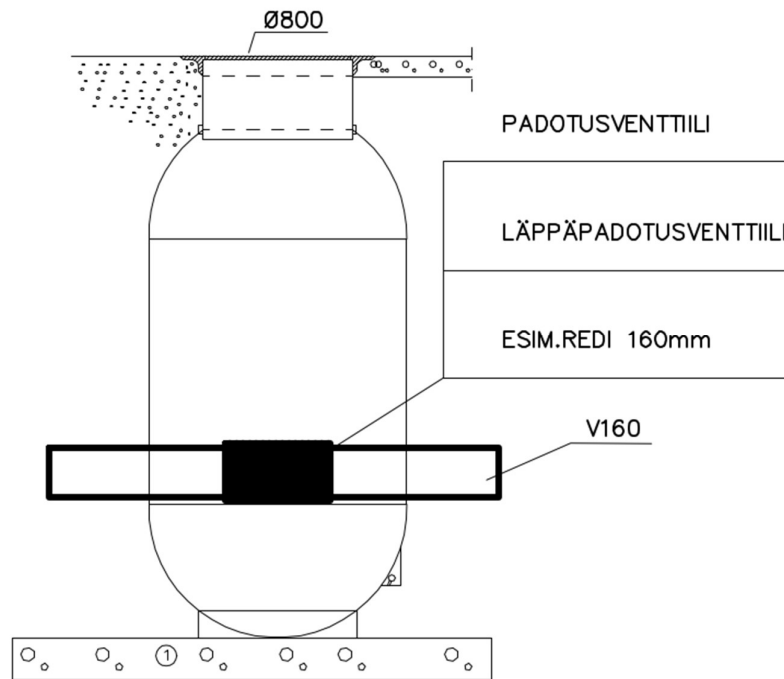
$$q = k \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot \pi \cdot r^2 = 0,63 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} \cdot 0,8 m \cdot \pi \cdot (0,016 m)^2 = 0,002 \frac{m^3}{s} = 2 l/s$$



Kuva 9 Hulevesisäiliön rakenne ja siihen liittyvät osat (Pipelife Oy).

5.2 Padotusventtiili

Hulevesijärjestelmä tarvitsee myös padotusventtiilin, joka estää hulevesiverkostosta tulvimistilanteessa hulevesien virtaamisen viivästysjärjestelmään päin (Kuva 10). Padotusventtiili voidaan asentaa perusvesikaivoon tai omaan kaivoon ennen liittymistä kunnalliseen viemäriverkostoon.



Kuva 10 Padotusventtiilikaivon rakenne.

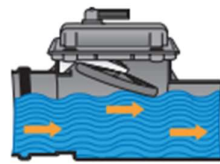
Markkinoilta löytyy toiminnaltaan erilaisia padotusventtileitä. Pallopadotusventtiilissä toiminnassa pallo estää veden nousun takaisin hulevesilinjaan. Pallopadotusventtiili vaatii korkoeroa poistoputkeen toimintaperiaatteensa vuoksi. Esimerkiksi Meltex:n pallopadotusventtiilin toimimiseksi lähdön tulee olla 15 cm tuloa alempana.



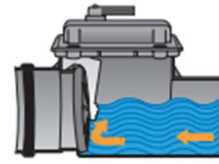
Kuva 11 Pallopadotusventtiilin toiminta (Meltex Oy)

Läppäpadotusventtiili estetään huleveden nouseminen hulevesiverkostoon tulvatilanteessa (kuva 12). Läppäpadotusventtiilillä voidaan kaivo toteuttaa matalampana, koska korkoeroa ei tarvita juuri ollenkaan (n.1 cm).

PADOTUSVENTTIILIN TOIMINTA:



Normaali tilanne

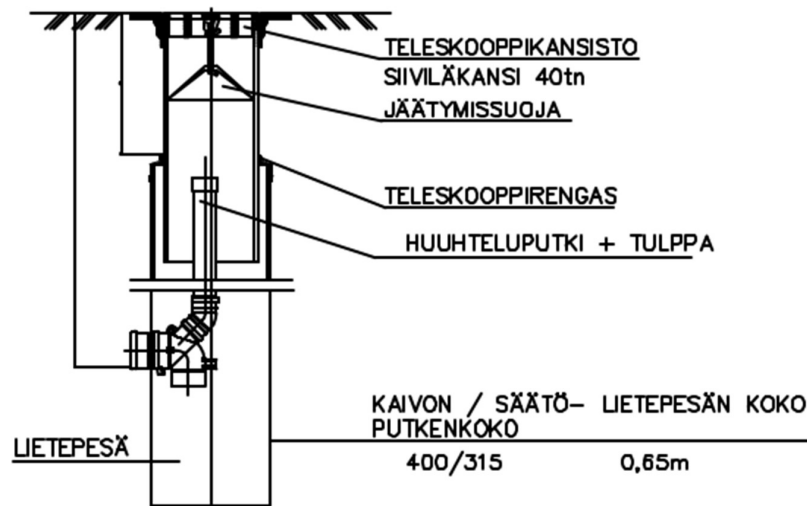


Poistoputki padottaa

Kuva 12 Läppäpadotusventtiilin toiminta (Nestetekniikka Oy).

5.3 Sadevesikaivot

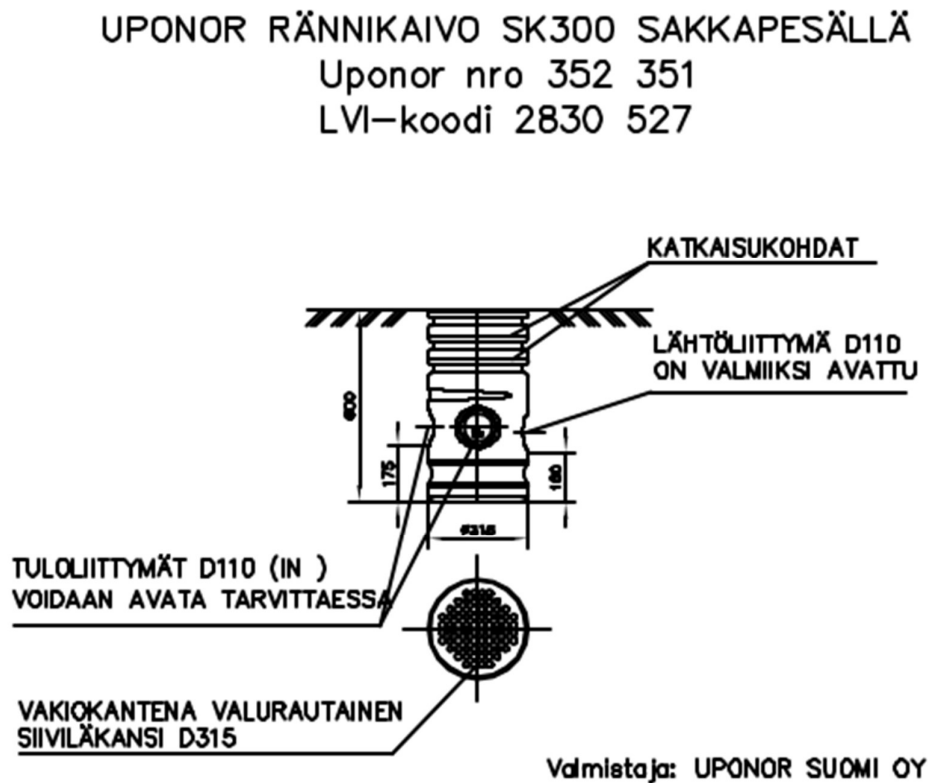
Sadevesikaivoilla kerätään tie-, katu-, ja piha-alueilta tulevat hulevedet (kuva 13). Kaivoissa on lietepesä, jonka tarkoitus on estää roskien ja hiekan kulkeutuminen hulevesiverkostoon. Jäätymissuojalla estetään kaivon jäävän veden jäätyminen sekä pakkasilman pääsy putkistoon.



Kuva 13 Sadevesikaivon rakenne lietepesällä (uponor).

5.4 Rännikaivo

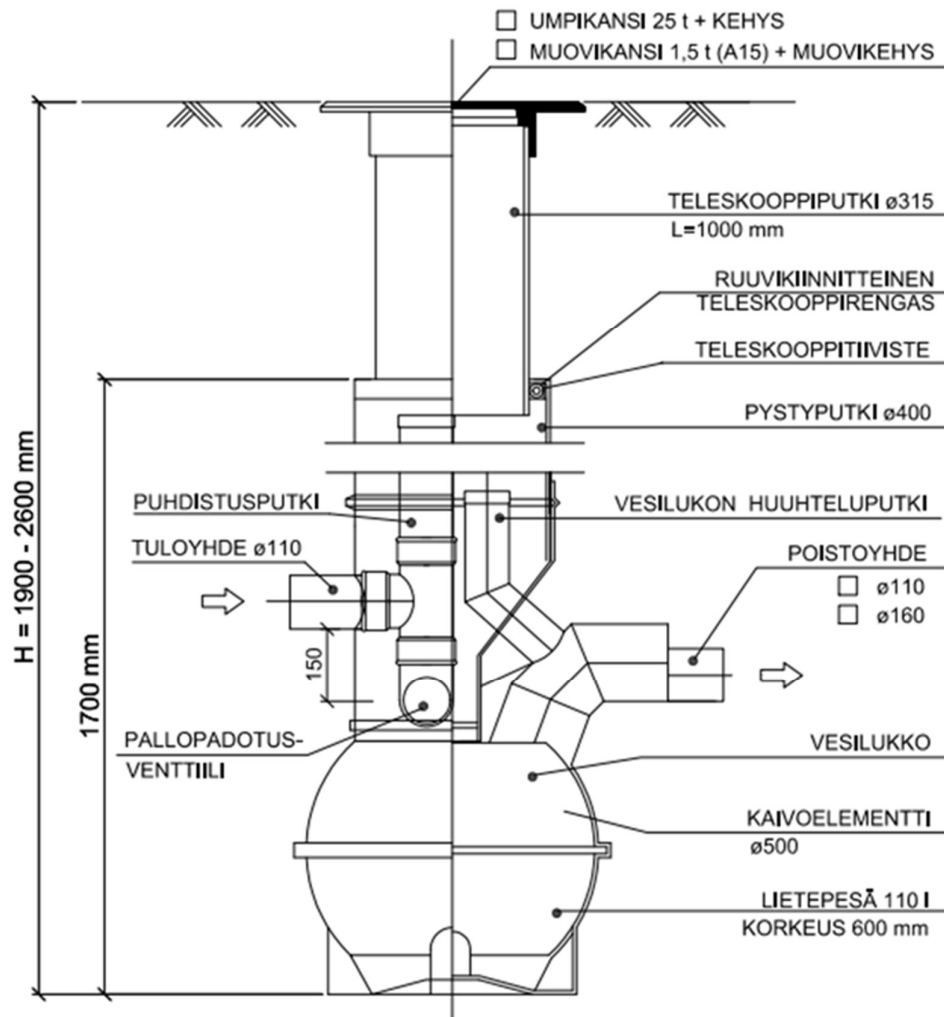
Rakennuksen katolta sadevedet kerätään syöksytorvien alle asennettavien rännikaivojen avulla. Rännikaivot kannattaa varustaa sakkakaivoilla putkiston ja viivästysjärjestelmän likaantumisen estämiseksi.



Kuva 14 Rännikaivo sakkapesällä (Uponor).

5.5 Perusvesikaivo

Perusvesikaivoon kerätään kiinteistön sadevedet ja salaojavedet. Kaivolta hulevedet ohjataan kootusti sadevesiviemäriin, avo-ojaan tai imeytetään tontin maaperään. Perusvesikaivossa on yleensä padotusventtiili, jolla estetään tulvimistilanteessa hulevesien nouminen kiinteistöön.



Kuva 15 perusvesikaivon osat (Uponor).

6 HULEVESILASKURI

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda työväline suunnittelijoille hulevesiviivästyksen mitoittamiseen. Ohjelma kirjoitettiin PHP (PHP: Hypertext Preprocessor) ohjelmointikielellä, jolloin ohjelmasta saatiin käyttöjärjestelmistä riippumaton.

6.1 Ohjelman mitoitusivu

Ohjelmalla mitoitus alkaa valitsemalla laskentamenetelmä, jolla säiliön tilavuus lasketaan. Vaihtoehtoina on hule-100 ja asetuksen mukainen mitoitus. Hule-100 mitoitus perustuu arvoon 1 m^3 säiliön tilavuutta per 100 m^2 läpäisemätöntä pinta-alaa kohden.

Oletuksena ohjelmassa käytetään mitoitusasteena $0.015 \text{ dm}^3/\text{s}$, m^2 , joka on muutettavissa tilanteesta riippuen. Sateen kestonä käytetään mitoittaessa yleisesti käytössä olevaa 10 minuuttia. Näitä arvoja käytetään, kun laskentamenetelmäksi on valittu asetus.

Valumisalueen valumiskertoimet kirjataan tontin ja kiinteistön alueiden pinta-alojen mukaan. Kattojen ja asfalttipintojen valumiskerroin on yksi (1), sorapäällysteet 0,7 ja nurmikkoalueen 0,3.

Hulevesilaskuri

Perustiedot

Laskentamenetelmä: ☒ hule-100 ☐ asetus

Mitoitussade: $\text{dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$

Sateen kesto: min

Katot, asfalttipinta: m^2

Sorapääilysteet: m^2

Nurmikko: m^2

Viivästyssäiliön koko: m^3

Maksimi virtaama huleverkkoon: dm^3/s

Valitse säiliön rakenne
☒ Hulevesikasetti
☐ Hulevesisäiliö
☐ Sorapeti

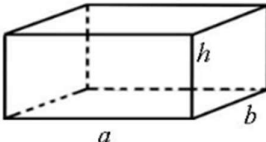
Säiliörakenne

Hulevesikasetti

Kasettivalmistaja:

Valitse vain kahteen kenttään kappalemäärät, jätä yksi kenttä tyhjäksi.

a: 0.457 x kpl
 b: 0.914 x kpl
 h: 0.610 x kpl



Kasettien muodostaman kentän tilavuus: 15.3 m^3
 Supistusputken koko: 50 mm (51.1 mm)
 Maksimi virtaama huleverkostoon supistusputken koolla 50 mm on 9.6 l/s

Päivitä tiedot

Tulosta raportti

Kuva 16 Hulevesilaskurin etusivunäkymä esimerkkitiedoilla täytettynä.

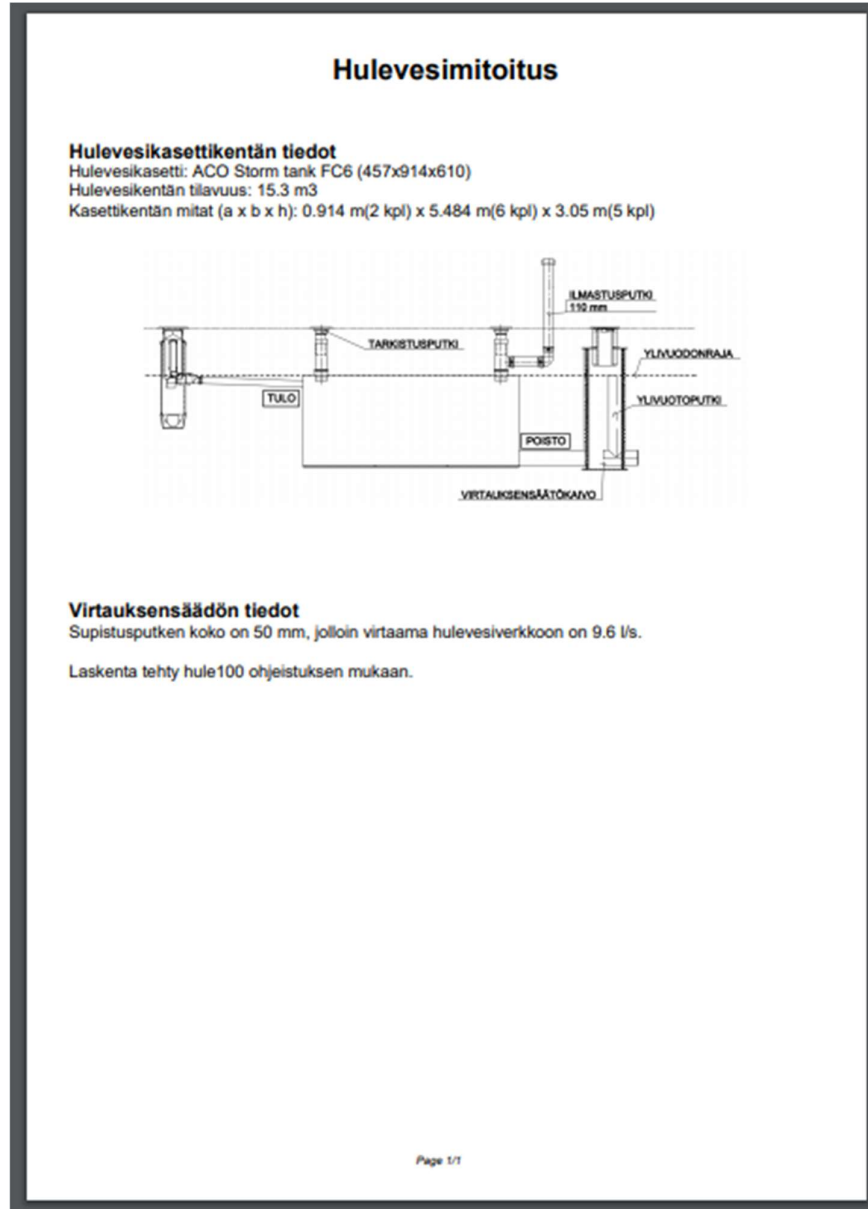
6.2 Säiliörakenteen valinta

Ohjelmalla pystyy laskemaan kolmen erityyppisen säiliörakenteen mitat, annettujen lähtötietojen jälkeen. Valittavina vaihtoehtoina on hulevesikasetti, hulevesisäiliö sekä sorapeti. Hulevesikasetin mitoituksessa lähtötietoina tarvitaan valmistaja ja tyyppi, jonka perusteella saadaan valitun kasetin koko ja kasettityypin hyötytilavuus. Kasettikentän mi-

toitukseen tarvitaan myös kaksi mitta, jotka valitaan leveydestä, pituudesta sekä korkeudesta. Hulevesisäiliössä lähtötietona on säiliön halkaisija ja sorapedissä kaksi mitta eli leveys, korkeus sekä/tai pituus.

6.3 Tulokset

Laskennan tulokset esitetään tulostettavassa pdf-dokumentissa. Ohjelma valitsee supistusputken olemassa olevista putkista, koon pienemmän kuin laskennan tulos on. Esimerkiksi jos laskentatuloksena tulee 39.1 mm, niin ohjelma valitsee standardiputken 32 mm. Lähtöarvona valitaan laskennan perustietona maksimi virtaama huleverkkoon, jonka perusteella supistusputki ohjelmassa lasketaan. Tuloksissa näkyy myös ohjelman valitseman standardiputken virtaama huleverkkoon päin eri säiliörakenteilla.



Kuva 17 Ohjelman tulostama raportti annetuilla arvoilla.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä aiheena oli hulevesiviivästyksen suunnitteluun soveltuvan ohjelman kehittäminen suunnittelijoiden avuksi jokapäiväiseen työhön. Aluksi selviteltiin mitä hulevesi on ja mitä sen käsittelyssä tulee ottaa huomioon. Huleveteen liittyy myös lainsäädäntöä ja kaavamääräyksiä, jotka käytiin läpi luvussa 2. Huleveden laadulle on määritetty ominaiskuormitusarvot, jotka käsiteltiin omassa osiossaan. Lisäksi sivuttiin huleveteen ympäristöstä kulkeutuvaan mikromuoviin.

Hulevesijärjestelmien mitoituseriaatteina käsiteltiin hule-100 sekä asetuksen määrittä-mää mitoitussadetta. Hule-100 määrittelee viivytystilavuudeksi 1 m^3 jokaista läpäisemä-töntä 100 m^2 kohden. Asetuksessa taas käytetään mitoitussadetta, sateen kestoa sekä valuntakertoimia määriteltäessä tarvittavaa viivytystilavuutta.

Ilmatieteenlaitoksen tietokannasta löytyy sadanta-arvoja useilta vuosilta ja työssä ver-tailtiin muutaman erilaisen sateen profiilia ja sademääriä. Hulevesijärjestelmille aiheuttaa eniten ongelmia lyhyet kovat sateet. Ilmatieteenlaitoksen havaintojen perusteella, voi-daan päätellä, että mitoitussateena käytetty arvo on riittävä ainakin Turun alueella.

Suunnittelussa käytetään useita erilaisia huleveden keräämiseen soveltuvia rakenteita sekä viivästyskaivorakenteita. Näistä käytiin läpi yleisimmin käytössä olevat ratkaisut.

Läpi käytiin myös huleveteen sekä viivästyksen liittyvät laskentakaavat. Lisäksi otettiin kantaa huleveden epäpuhtauksiin ja muun muassa hulevedessä olevaan mikromuoviin.

Opinnäytetyön tekeminen hulevesiviivästyksestä oli mielenkiintoinen projekti. Työn alussa hulevesi ja eri hulevesijärjestelmät olivat minulle suhteellisen vieraita asioita. Työn tekemisen edetessä tutuiksi tulivat niin erilaisista materiaaleista tehdyt viivästys-kentät kuin viivästyskaivon supistusosan laskeminenkin.

LÄHTEET

Ilmatieteenlaitos. 2019. Ladattavissa internetistä 09.02.2019 <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>.

Insinööri fysiikka 2. 2000. Putkivirtaus. Otava Oy

Katu 2002. 2003. Kuntatekniikan yhdistys ry

Kuntaliiton hulevesiopus. 2012. Ladattavissa internetistä [https://www.kuntaliitto.fi/asiantuntijapalvelut/yhdyskunnat-ja-ymparisto/tekniikka/hulevesien-hallinta/hulevesiopus](https://www.kuntaliitto.fi/asiantuntijapalvelut/ yhdyskunnat-ja-ymparisto/tekniikka/hulevesien-hallinta/hulevesiopus).

Momentti 1 Insinöörifysiikka. 1999. Otava Oy

RIL 124-2. 2004. Vesihuolto II. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Tekniikan taulukkokirja. 2013. Genesis-kirjat Oy

Turun kaupunki. 2014. alueellinen hulevesisuunnitelma, Viitattu 10.3.2019 https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//alueellinen_hulevesisuunnitelma.pdf.

Uponor-hulevesikasetit ja -tunnelit. 2012. ladattavissa internetistä 29.9.2019 https://is-suu.com/uponorfi/docs/38701hulevesikasettitunneliasohje08_6f8e64434ca363

Ympäristö.fi. 2017. Mikromuovit riski myös Suomen vesistöille. Tiedote 21.3.2017 [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Meri/Mikromuovit_riski_myos_Suomen_vesistoill\(42492\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Meri/Mikromuovit_riski_myos_Suomen_vesistoill(42492))

Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista. 2007. D1 kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. 2017. <https://www.fin-lex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171047>.