

Ilkka Mustaniemi

# **HULEVEDET KAAVOITUKSEN LÄHTÖ- KOHTANA**

Kohteena Mouhijärven maisemakylät

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta

Diplomityö

Maaliskuu 2019

# TIIVISTELMÄ

Ilkka Mustaniemi: Hulevedet kaavoituksen lähtökohtana, kohteena Mouhijärven maisemakylät  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Ympäristötekniikka  
Maalis 2019

---

Viimevuosina Suomessa on uudistettu hulevesien hallinnan vastuita ja ohjeistuksia. Elokuussa 2014 astui voimaan maankäyttö- ja rakennuslain uudistus, jonka myötä vastuu hulevesien hallinnasta siirrettiin kunnille osaksi asemakaavoitusta. Kuntaliitto julkaisi vuosina 2012 ja 2013 ohjeistusta kuinka mitoittaa ja hallita hulevesiä.

Työn tarkoituksena on esitellä kaikki olennaisimmat ja huomioonotettavat asiat hulevesien hallinnasta alkaen yleisistä hulevesien hallintaan liittyvistä periaatteista aina jaettuihin vastuisiin asti. Työssä esitellään myös kaavoituksen rooli ja kuinka se vaikuttaa hulevesien hallintaan.

Ensisijaisen tärkeää hulevesisuunnittelu on tiheästi kaavoitetuilla kaupunkialueilla. Tähän sisältyy kattava hulevesien keräämisverkosto ja haitta-aineiden vuoksi myös hulevesien käsittely on tehtävä riskiarvioinnin pohjalta. Riskiarviointiin vaikuttaa muun muassa purkuvesistöjen kunto ja herkkyys, valuma-alueen riskialueet ja kaavoittajat. Riskiarvioinnin pohjalta päätetään, päästetäänkö hulevedet suoraan sellaisenaan lähivesistöön vai käsitelläänkö niitä keskitetysti vai hajautetusti.

Työn lopussa käydään esimerkinomaisesti läpi Mouhijärven maisemakyläiden hulevesijärjestelmän suunnitteluprosessi. Suunnittelu alkaa alueen luonnosta ja kuinka esimerkiksi alueen topografia, kaava ja maaperä vaikuttaa hulevesisuunnitteluun. Tämän jälkeen alue jaetaan valuma-alueisiin ja jokaiselle suunnitellaan oma hulevesiverkosto, jota verrataan muihin mahdollisuuksiin aiemmin esiteltyjen vaihtoehtojen pohjalta. Maisemakyläiden lisäksi työssä käydään läpi Tampereen Vuoreksen, Porin ja Jyväskylän hulevesisuunnitelmat ja kuinka näihin ollaan päädytty.

Lopulta kaiken tämän pohjalta tiivistetään lyhyet ohjenuorat tuleviin hankkeisiin. Kaavoitukselle ja suunnittelulle on tehty omat ohjenuorat.

Avainsanat: Hulevedet, hulevesien hallinta, Hulevesijärjestelmän mitoitus, kaavoitus, Maisemakylät

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# ABSTRACT

Ilkka Mustaniemi: Stormwater management as a starting point to zoning, Case Sastamala  
Scenic villages  
Master of Science Thesis  
University of Tampere  
Environmental technology  
March 2019

---

During recent years, Stormwater management practices have gone through many changes. This causes needs for changes in working methods and to get the process constructed with the best possible outcome and reaching the goals before, during and after constructing the stormwater management system.

The purpose of this thesis is to summarize the basic information needed for the best working methods. This consists of starting with clearing the legal responsibilities of all the involved parties, including the Centre for Economic Development, Transport and the Environment (fin. ELY-keskus), local government and property owners. This also includes role of the Master plan and how it effects the whole process.

The primary practice in managing stormwaters is to promote the planned management especially in areas with a detailed city plan. This requires stalling and absorbing the stormwaters with collecting places and therefore prevent the damages to properties and environment in the long run. A secondary goal in the long run is also to abandon the practice of running the stormwaters in to the sewage system. The local government is required by law to monitor this development.

This thesis will introduce in detail the different mechanisms and options for managing stormwaters, first the principles of each option and then how to correctly design the chosen options.

The given case will work as an example for the best options for the requirements given by the city of Sastamala. The city of Sastamala is planning a new neighborhood called "The Scenic Villages" (fin. Maisemakylät) and now it is planning the road- and piping networks. The Thesis will collaborate the given requirements given by the local authorities and the challenges and possibilities of the locations natural state and topography. The local topography is relatively steep and therefore makes the directing of stormwaters easy but the required stalling harder.

Keywords: stormwater management, city planning, law responsibilities, runoff, topography, network, piping

The authenticity of this publication has been checked with Turnitin OriginalityCheck-program

# SISÄLLYSLUETTELO

LYHENTEET JA TERMIT .....	1
ESIPUHE.....	2
1. JOHDANTO.....	3
2. YLEISET PERIAATTEET JA MENETELMÄT TAAJAMIEN HULEVESIEN HALLINNASSA4	
2.1 Hulevesien määritelmä ja niiden hallinta .....	4
2.2 Hulevesijärjestelmän elinkaari .....	5
2.3 Hulevesien hallinnan tavoitteet ja keinot .....	5
2.4 Menetelmät hulevesien johtamiseen .....	6
2.4.1 Pintajohtamismenetelmät.....	6
2.4.2 Salaojat ja suotosalaojat .....	7
2.4.3 Viivytysrakenteet (pintarakenteet).....	9
2.4.4 Viivytyskaivannot.....	10
2.4.5 Imeytys- ja suodatusrakenteet .....	12
2.4.6 Biopidätysrakenteet.....	13
2.4.7 Lammikot ja kosteikot.....	13
2.4.8 Läpäisevät päällysteet.....	15
2.4.9 Hulevesiviemäriverkosto .....	16
2.5 Tulviminen ja tulvareitit .....	17
2.6 Hulevesien käsittely.....	18
2.6.1 Puhdistusmenetelmät.....	19
2.7 Laadun tarkkailu .....	24
2.8 Hulevesien hallintaan liittyvät vastuut ja velvollisuudet .....	24
2.8.1 ELY-keskuksen vastuut ja velvollisuudet .....	24
2.8.2 Kunnan tehtävät .....	24
2.8.3 Kiinteistönomistajan tehtävät .....	25
2.9 Hulevesien hallinnan yhteys muuhun suunnitteluun .....	25
2.9.1 Kaavoitus.....	25
2.9.2 Vesien suojelu .....	28
2.9.3 Rakentaminen .....	30
2.9.4 Hulevesien hallinta rakentamisen aikana.....	30
2.9.5 Ojitus .....	31
3. HULEVESIJÄRJESTELMÄN MITOITUS .....	34
3.1 Mitoitussade.....	34
3.2 Valuma-alueen ominaisuudet ja valumakerroin .....	37
3.3 Avouomien mitoitus .....	38
3.3.1 Perinteinen pengeruoma.....	39
3.3.2 Kaksitasouoma tulvatasanteella.....	40
3.4 Putken yleiset mitoitusehdot.....	41
3.4.1 Putkikoon mitoitus .....	41
3.4.2 Routaraja.....	43
3.4.3 Lumen sulamisvesimäärän huomioiminen.....	44
3.5 Imeytysjärjestelmän mitoittaminen .....	45
4. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	46
4.1 Kohdealueen kuvaus .....	46
4.1.1 Maisemakyltien asemakaava, luonto ja rajaukset.....	48
4.1.2 Muinaisjäänteiden suojelukohteet .....	50
4.1.3 Maaperä .....	51

4.2	Valuma-aluesuunnittelu .....	52
4.3	Putkikoon mitoittaminen .....	52
5.	TULOKSET.....	53
5.1	Valuma-aluejako .....	53
5.1.1	Mahdollisten viivästysaltaiden mitoittaminen valuma-aluekohtaisesti ....	54
5.2	Hulevesiputkien mitoitus .....	55
5.3	Viivytyjärjestelmät .....	55
5.4	Hulevesien käsittelyvaihtoehtojen vertailu.....	56
5.4.1	Johtamisvaihtoehdot .....	57
5.4.2	Käsittelyvaihtoehdot.....	57
5.4.3	Hulevesijärjestelmän hyödyntäminen muihin tarkoituksiin.....	57
6.	MUIDEN ALUEIDEN RATKAISUJA JA TULOSTEN TARKASTELU.....	59
6.1	Alueiden taustat ja erikoispiirteet.....	59
6.1.1	Tampere, Vuores .....	59
6.1.2	Pori .....	59
6.1.3	Jyväskylä.....	59
6.1.4	Sastamala, Maisemakylät .....	59
6.2	Hallintamenetelmät.....	60
6.2.1	Tampere, Vuores .....	60
6.2.2	Pori .....	60
6.2.3	Jyväskylä.....	61
6.2.4	Sastamala, Maisemakylät .....	61
6.3	Tulosten tarkastelu ja ohjenuorat tuleville hankkeille .....	61
6.3.1	Ohjeet kaavoitukseen.....	61
6.3.2	Ohjeet rakentamiseen ja suunnitteluun.....	62
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	63
	LÄHTEET .....	64
	LIITTEET .....	71
	Liite 1: Hulevesisuunnitelman putkien mitoitus.....	71

## LYHENTEET JA TERMIT

**C** = Valuntakerroin, joka on muodostuvien hulevesien suhdeluku sadantaan. Valuntakerroin huomioi monia eri häviöitä, kuten haihtuminen, pidättyminen pinnan rakenteisiin ja imeytyminen maahan.

**ELY** = Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus

**Hydraulinen gradientti** = Hydraulinen gradientti kertoo korkeuksien erotuksen matkalla  $L$ . Se voidaan laskea kaavalla  $J = (h_1 - h_2)/L$ . Hydraulista gradienttia voidaan kutsua myös vesivietoksi tai energiagradientiksi.

**Ensihuuhdeltu-ilmio (engl. The first flush phenomenon)** = Sateen alussa tapahtuvan huuhtelun vuoksi, ensimmäiset sateen muodostamat hulevedet ovat epäpuhtauspitoisuuksiltaan isommat. Epäpuhtauspitoisuudet laskevat sateen keston myötä. Tämän ilmiön vuoksi suodatusrakenteita suunniteltaessa on tärkeintä saada ensimmäisenä muodostuvat hulevedet suodatettua ja sateen loppuvaiheilla muodostuvia sadevesiä voidaan juoksuttaa järjestelmän ohi aiheuttamatta ympäristölle riskejä.

**Mitoitussade (l/s/ha)** = Mitoitussadetta käytetään mitoittaessa alueen hulevesijärjestelmää. Mitoitussade valitaan valuma-alueella tapahtuvan sateen kertymisajan (mitoitussateen kesto), todennäköisyyden (toistuvuus) ja intensiteetin/sademäärän avulla. Mitoitussadetta suurempi sade aiheuttaa tulvimista.

**MRL** = Maankäyttö ja rakennuslaki

**RakMK** = Rakentamismääräyskokoelma

**Sekaviemäröinti** = Putkijärjestelmä, jossa johdetaan jätevedet ja hulevedet samassa viemärissä.

**SWMM** = Yhdysvaltojen ympäristösuojeluviraston (U.S. EPA) luoma ohjelmisto hulevesien mallintamista varten (Storm Water Management Model)

**T<sub>c</sub>** = Valunta-aika (time of concentration), aika joka menee valuma-alueen kaukaisimpaan nurkaan sataneelta vedeltä virrata tarkastelupisteeseen.

**Toistuvuus** = Aikaväli, jonka aikana, esimerkiksi tulva, arvioiden mukaan toistuu.

**Tulvariski** = Tulvasta mahdollisesti aiheutuvien vahinkojen ja tulvan todennäköisyyden yhdistelmä (riski = tulvan todennäköisyys x mahdollinen vahinko)

# ESIPUHE

Haluaisin kiittää kaikkia hankkeeseen osallistuneita tahoja.

# 1. JOHDANTO

Suomalaiset ovat 1980-luvulle asti muuttaneet maalta lähiöihin, mutta nykyisin taajamien määrä on vähenemässä (Saarinen, 2011). Tämä johtaa tiheämpään asumiseen ja koskemattoman luonnon määrä vähenee samalla kun vettä läpäisemättömien pintojen (, kuten kadut ja katot) määrä lisääntyy. Pinnoitetuilta alueilta hulevedet yleensä kerätään puroihin, ojiin ja viemärirakenteisiin, joiden avulla hulevedet johdetaan lähivesistöön. Tällöin hulevedet aiheuttavat virtaamalisäyksiä, eroosiota ja myös paikalliset tulvat ovat mahdollisia. Hulevedet kuljettavat myös valuma-alueiden epäpuhtauksia ja saattavat siten aiheuttaa ympäristölle haittaa. Hulevesitulvien lisäksi jätevesiviemäreiden tulviminen viemäreistä ympäristöön on huomioonotettava riski, erityisesti seka- viemäreissä.

Vuonna 2014 muutettu maankäyttö- ja rakennuslaki lisäsi hulevesiä koskevaa lainsäädäntöä. Uudistuksessa päävastuu hulevesistä siirtyi vesilaitoksilta kunnille. Kaavoitus ja maankäyttö ovat kuntien ensisijaiset hulevesien hallinnan muodot. Aiemmin vastuut hulevesistä oli jaettu moneen eri lakiin, mutta nyt vastuut on yhdistetty.

Tässä työssä käydään läpi hulevesisuunnittelun tarve ja rooli aina kaavoituksesta lopulliseen suunnitelmaan asti. Työssä käydään läpi myös eri osapuolien, kuten eri ministeriöiden, ELY-keskuksen ja tontinomistajan, roolit ja vastuut. Kuntaliitto julkaisi vuonna 2012 kattavan Hulevesioppaan, jossa käydään läpi hulevesihallinnan periaatteita ja ohjeita. Kunta voi antaa myös omia erillisiä määräyksiä ja ohjeita eri alueiden hulevesien hallinnalle. Hulevesien suhteen keskeisimmät lait ovat maankäyttö ja rakennuslaissa. Ilmastonmuutos tulee lisäämään sään ääri-ilmiöitä, kuten rankkasateita erityisesti syksyn ja talven aikaan, joten hulevesien hallintaa koskevat haasteet tulevat kasvamaan.

Case esimerkkinä käytetään Sastamalan Mouhijärvelle vuonna 2019 rakennettavaa Maisemakylän omakotitaloasuinaluetta ja työhön kuuluu Maisemakylän hulevesisuunnitelman tekemiseen osallistuminen WSP-konsulttifirman kanssa. Työssä käydään läpi eri toteutusvaihtoehtoja ja niiden mitoittamisen perusteet. Lopulta saatu valinta esitellään ja perustellaan kattavasti, sekä tehtyjä valintoja vertaillaan muutaman muun kohteen linjauksiin ja toimintatapoihin.



## 2. YLEISET PERIAATTEET JA MENETELMÄT TAAJAMIEN HULEVESIEN HALLINNASSA

Yleisesti hulevesien hallinnalla pyritään kuivattamaan taajamat ja torjua taajamatulvia, suojata pinta- ja pohjavesien korkea laatu ja tukea vesien tilan parantamista. Rakennettavan alueen hydrologia muuttuu aina, sillä rakennetussa ympäristössä on enemmän vettä läpäisemättömiä pintoja. Tavoitteena pitäisi kuitenkin olla, ettei taajamarakentaminen lisää ylivirtaamia tai alivirtaamia ja tulvariskin pitäisi myös pysyä hallinnassa. Hulevesien hallinnan tulisi perustua seuraaviin periaatteisiin. (Kuntaliitto 2012)

1. Hulevesien muodostumisen ehkäiseminen
2. Hulevesien määrän vähentäminen, (käsittely ja hyödyntäminen syntypaikalla)
3. Hulevesien johtaminen hidastavalla ja suodattavalla järjestelmällä hidastus- ja viivytsalueiden, esim. kosteikkoihin, kautta purkuvesiin tai pois alueelta

Nykyisin hulevesirakentamisessa on useita uusia haasteita. Kaupungit ovat täyteen rakennettuja, jolloin purku- ja imeytysalueiden hyödyntäminen voi olla haasteellista. Samasta syystä hulevesijärjestelmien huoltaminen on haastavaa. Tämän vuoksi kaikki sadevesi virtaa nopeasti viemäreitä pitkin ja aiheuttaa niin sanotun ”urbanin virran syndrooman” (engl. ”urban stream syndrome”). Tämän piirteisiin kuuluu:

1. Hulevesien nopeampi ja epätasaisempi purkautuminen.
2. Johtoreittien kuluminen, luonnon eroosio ja putkien korroosio.
3. Alajuoksulla tapahtuvat tulvat.
4. Viemäreiden ylitulviminen.
5. Epäpuhtauksien korkeat pitoisuudet, kuten ravinteet, saasteet ja kiintoaineet.
6. Nopeasti kasvavat ja vaihtuvat lämpötilat.
7. Viemärien ja kaivojen vauriot.

Näiden torjuntaan ja valvontaan vaaditaan pitoisuuksien tarkkailua, kuntotarkkailua ja eri alueiden välillä tehdyn yhteistyön avulla. Eräs tehokas keino on sisällyttää alueelle jo kaavoitusvaiheessa puistoja. Näihin on mahdollista rakentaa lampia viivytsrakenteiksi. Viivyttämisen avulla hulevedessä olevat epäpuhtaudet ja kiintoaine jää lammen pohjaan ja lammen kasvit edesauttavat puhdistumista. (Nelson, 2007) (Hammer T, 1972) (BenDor T, 2018)

Hulevesien kertymiseen vaikuttavien ja niiden johtamiseen sekä käsittelyyn liittyviä toimenpiteitä kutsutaan hulevesien hallinnaksi. Hyvät ratkaisut vaativat laaja-alaisen, usein valuma-aluelähtöisen, tarkastelun ja toimenpiteitä, jotka alkavat hulevesien syntypaikoilta ja jatkuvat purkupisteisiin asti. Ensisijaisen tärkeitä ovat toimenpiteet hulevesien syntypaikoilla, jotka ehkäisevät hulevesien muodostumisen ja niihin kohdistuvat laatuhaitat.

### 2.1 Hulevesien määritelmä ja niiden hallinta

Hulevesi on termi, jolla tarkoitetaan rakennetulla alueella maan pinnalle tai muille vastaaville pinnoille kerääntyvää sade- tai sulamisvettä. Hulevesien muodostumiseen vaikuttaa useat eri tekijät, näistä tärkeimmät ovat sateen kesto ja intensiteetti, pintojen ominaisuudet (esim. läpäisevyys) ja kaltevuus, sadetta edeltävän kuivan kauden kesto. Näistä tekijöistä tärkein tekijä on (varsinkin kesäsateiden aikaan) on läpäisemättömän pinnan osuus. Taajama-alueilla läpäiseviä pintoja on huomattavasti enemmän kuin luonnontilaisilla alueilla, joten hulevesien vaikutukset ovat nopeampia ja voimakkaampia. (Hulevesiopus, 2012)

Hulevesien hallinnalla tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla tähdätään hulevesien imeyttämiseen, viivytämiseen, johtamiseen, viemäröintiin ja käsittelyyn.

Kunnan hulevesijärjestelmällä sen sijaan tarkoitetaan hulevesien hallintaan osoitettujen alueiden ja rakenteiden kokonaisuutta poissulkien vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriverkostoja. Kunnan hulevesijärjestelmä palvelee alueella, jota kutsutaan kunnan hulevesijärjestelmän vaikutusalueeksi. (MSL 2014)

## 2.2 Hulevesijärjestelmän elinkaari

Hulevesijärjestelmän suunnittelussa ja varsinkin kustannusarvioinnissa on otettava huomioon hulevesijärjestelmän elinkaari. Hulevesijärjestelmän elinkaari noudattaa seuraavaa järjestystä.

1. Suunnittelutavoitteet
  - a. Perusvirtaus, pohjavesivarastojen ylläpitäminen
  - b. Epäpuhtauksien estäminen ja poistaminen
  - c. Väylien suojaaminen (erosion ja korroosion torjuminen)
  - d. Virtauspiikin vähentäminen
2. Valuma-alueen ja parhaiden menetelmien (BMP) ohjenuorat ja säännöt (asemakaavat yms.)
3. Esikäsittelytarpeet
4. Käsittelymenetelmät (viivyttäminen, suodattaminen, laskeuttaminen, biohajottaminen).
5. Maanpinnan mitoittaminen, lampien mitoitus
6. Maanpinnan ja materiaalien valinta ja mahdolliset vaihtamiset
7. Maanpintojen paksuudet
8. Kasvillisuus
9. ViivästyttämISRakenteet
10. Viemärijärjestelmät
11. Tulvareittien suunnitteleminen
12. Kertymisajat
13. Mahdolliset tietokonemallit
14. Epäpuhtauksien kertyminen
15. Ylläpitäminen ja tarkistukset

(Davis, Allen P, 2009)

## 2.3 Hulevesien hallinnan tavoitteet ja keinot

Hulevesien hallinnalla pyritään yleisesti saavuttamaan:

- 1) Edistetään hulevesien suunnitelmallista hallintaa varsinkin asemakaava-alueella;
- 2) Viivyttää ja imeyttää hulevesiä keräämispaikkojen avulla;
- 3) Estää hulevesistä kiinteistölle ja ympäristölle koituvia vahinkoja ja haittoja huomioiden pitkällä aikavälillä myös ilmaston muuttumisen;
- 4) Edesauttaa luopumista hulevesien johtamisesta jätevesiviemäriin

Lain mukaan kunta on velvoitettu valvomaan hallinnan toteutumista. (MRL, 1999)

Kunnan määräämän viranomaisen tehtävänä on kirjata rajakohdat kiinteistön hulevesijärjestelmän ja kunnan hulevesijärjestelmän välille kiinteistön välittömään läheisyyteen ja antaa hulevesien johtamiseen liittyviä määräyksiä. Kiinteistön omistajan tai haltijan vastuulla on toteuttaa hulevesien hallinta kiinteistöllä niin että se on kunnan hulevesijärjestelmän kanssa yhteensopiva.

Ympäristöministeriön asetuksilla voidaan osoittaa täsmällisempiä säännöksiä kiinteistön hulevesijärjestelmään ja siihen liittyvien laitteistojen ja rakenteiden vaatimuksista, sekä hulevesijärjestelmän rakentamisesta. (MRL, 2014)

Hulevesien hallintaa edistetään erilaisilla toimintatavoilla ja rakenteellisilla ratkaisuilla, jotka jäljittelevät luonnonmukaisen hulevesien hallinnan periaatteita. Näihin toimintatapoihin lukeutuu esimerkiksi maankäytön suunnittelu, jossa alkuperäisen luonnon määrä maksimoidaan ja liikennealueiden mitoituksessa läpäisemättömien pintojen määrä minimoidaan. Hulevesien hallinnassa priorisointijärjestys on vähentäminen, käsittely, viivyttäminen ja johtaminen. Hallintamenetelmät voidaan jakaa sijainnin ja mittakaavan perusteella alueellisiin ja paikallisiin (kortteli- tai tonttikohdaiset). Paikallisilla menetelmillä pyritään vähentämään hulevesien syntyä, kun taas alueelliset menetelmät keskittyvät tulvariskin vähentämiseen. Menetelmiä on mahdollista käyttää myös ristiin, joten tiukka jakaminen on mahdotonta. (Kuntaliitto, 2012)

## 2.4 Menetelmät hulevesien johtamiseen

Rakenteita, joilla kootaan hulevesiä ja johdetaan pois hulevesien muodostumisalueilta, kutsutaan johtamisjärjestelmiksi. Ne ovat jaettavissa putki- ja pintajärjestelmiin. Kummatkin järjestelmät pyritään toteuttamaan painovoimaisesti. (Kuntaliitto 2012).

Pintajärjestelmiin luokitellaan purot, kourut, kanavat, avo-ojat, viherpainanteet, muut avouomat ja rummut. Putkijärjestelmät ovat pääasiassa maanalaisia putkia (hulevesiviemärit, salaojaputket), erilaisia kaivoja ja venttiileitä, pumppaamoita, ylivuotorakenteita ja muita erikoisrakenteita. (Kuntaliitto 2012).

### 2.4.1 Pintajohtamisen menetelmät

Pintajohtamisen menetelmien tavoitteena on hidastaa hulevesien virtausnopeutta, laskeuttaa epäpuhtauksia ja mahdollistaa maaperään imeytyminen. Kasvillisuus, pieni pituuskaltevuus ja riittävä pituus ovat olennaisia keinoja tavoitteiden saavuttamiseksi. Määrällisen ja laadullisen hallinnan suhteen parhaimpia hulevesien johtamisen menetelmiä ovat niin sanotut avoimet kuivatusjärjestelmät. Avoimiin kuivatusmenetelmiin lasketaan painanteet, avo-ojat ja tarvittavilta osin rummuista ja hulevesiviemäriosuuksista.

Avoimet kuivatusmenetelmät sopivat erityisen hyvin alueille, missä maankäyttö ja rakentaminen on verrattain väljää. Menetelmän tulvaherkkyys on merkittävästi parempi kuin hulevesiviemäriellä. Pienillä valuma-alueilla, kuten yksittäisten kiinteistöjen ja tonttien alueella pintajärjestelmiä on mahdollista käyttää myös tiivistä rakennetulla alueella. Laajemmilla valuma-alueilla pintajärjestelmät vaativat aina kiinteistöön kuuluvalta viheralueelta, katualueelta tai yleiseltä alueelta tilavarauksen. (Kuntaliitto 2012).

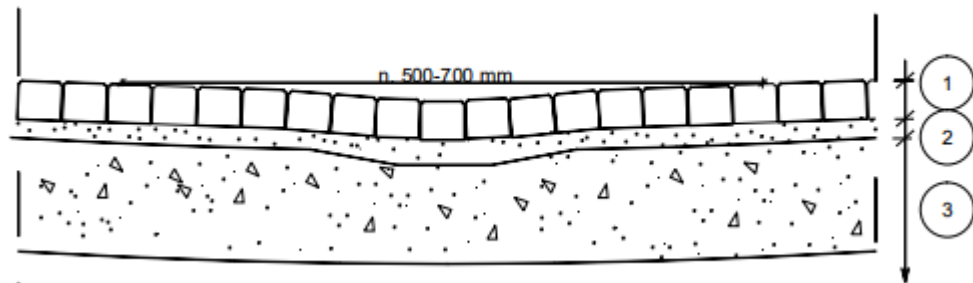
Avo-ojat ovat perinteinen hulevesien johtamiskeino. Avo-ojia on mahdollista käyttää myös rakenteiden kuivaamiseen, mutta se voi vaatia syvää ojarakennetta. Hulevesiä ei saa johtaa maantieojaan ilman tienpitäjän lupaa. Salaojavedet aiheuttavat talvisin pannejaita ja johtavat rumpujen jäätymiseen ja tien tulvimiseen. (Kuntaliitto 2012).

Ojan virtaama saattaa aiheuttaa voimakasta eroosiota ja sortumia. Etenkin syvät, jyrkkäreunaiset (luiskakaltevuus yli 1:1, suositus 1:3 ja 1:1 välillä) ojat saattavat rumentaa kaupunkikuvaa, olla hankalia pitää kunnossa ja heikentää turvallisuutta. Ojan pituuskaltevuuden on oltava vähintään 3 %. (Kuntaliitto 2012).

Viherpainanteet ovat rakenteeltaan hyvin lähellä avo-ojia, mutta niiden tarkoituksena on olla loivaluiskaisia, matalia ja täysin nurmetettuja tai jollain muulla tavalla verhoiltuja. Painanteet voivat

olla ulkoisesti hyvinkin pelkistettyjä tai sitten ne niissä voi olla paljonkin kiveyksiä, kasvillisuutta ja muita rakenteita. Painanteita ei myöskään ole lähtökohtaisesti tarkoitettu kuivattamiseen vaan pintavalunnan johtamiseen, mutta ne soveltuvat myös viivyttämiseen, suodatukseen ja imeytykseen. Painanteiden suunnittelussa on useampia muuttujia kuin avo-ojissa. (Kuntaliitto 2012).

Suosituksen mukaan painanteen pituuskaltevuuden on oltava 1-3%, mutta enintään 5%. Jyrkemmässä maastossa painanne pitää padottaa ja lisäksi painanne pitää porrastaa. Painanteen leveys voi vaihdella pienestä metrin levyisestä suurempiin kymmenenkin metriä leveisiin viivyttäviin painanteisiin. Painanteisiin on mahdollista rakentaa pohjapatoja- tai kynnyksiä virtaaman hidastamista varten. Patoja voi tehdä monesta eri materiaalista, mutta varsinkin maapadot ovat alttiita eroosiolle. On suositeltavaa, että patoon rakennetaan pieni purkuputki hidasta tyhjentämistä varten. Suositusten mukaan pohjapadon korkeus on enintään puolet painanteen kokonaissyvyydestä. (Kuntaliitto 2012) Painanteita suunniteltaessa on otettava huomioon vaihtelevan pinnan eroosiota kiihdyttävä vaikutus. Kuvassa 1 on esimerkki betonikivipainanteesta.



**Kuva 1.** Esimerkki betonikivipainanteesta (Lemminkäinen 2010). Päällimmäinen kerros on betonikiveä (esim. 208x68x80mm), toinen kerros on asennusalustaa 30-50mm (esim. asennushiekkaa tai maakostea betonimassaa) ja kolmas kerros määräytyy pohjarakennesuunnitelman tai kunnallisteknisten töiden yleisen työselityksen mukaan.

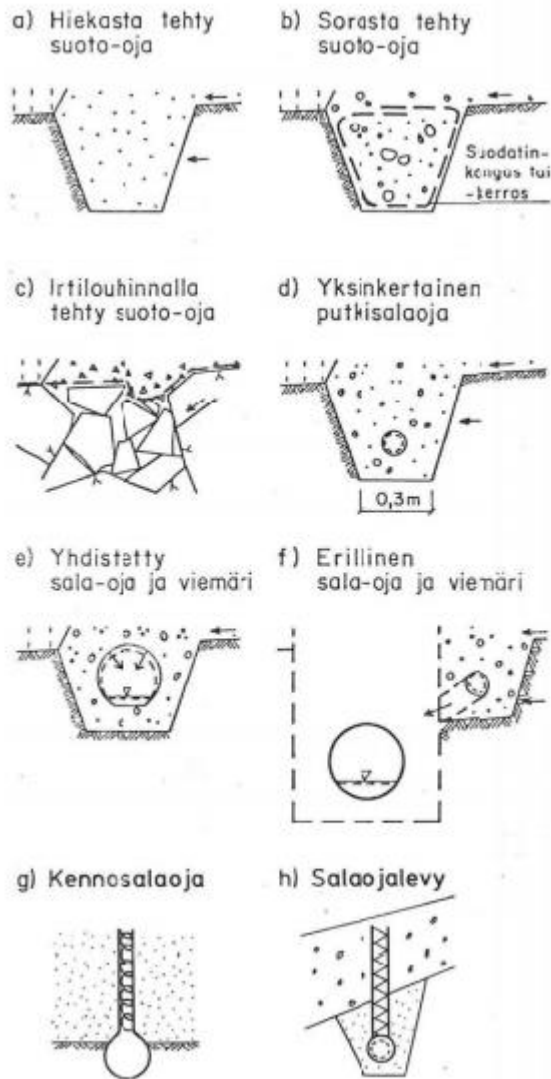
Pieniä kiviä tai betonisia painanteita kutsutaan kouruiksi. Kouruja käytetään lähinnä pienten virtausten ohjaamiseen esim. katoilta viheralueille. Kouruihin on mahdollista asentaa ritiläkansi, tällöin kourun yläpinta tulee tasaiseksi.

Kanavat ovat suoraviivaisia, usein kivistä tai betonista rakennettuja hulevesien johtamisreittejä. Kanavat eivät läpäisemättömän pinnan vuoksi imeytä vettä, mutta niiden avulla vettä on mahdollista viivyttää esim. patoamalla. Imeyttäminen onnistuu, jos kanavien yhteyteen rakennetaan viivytysalueita, jonne vesi kulkeutuu pinnan noustua tarpeeksi korkeaksi.

## 2.4.2 Salaojat ja suotosalaojat

Salaojiksi ja suotosalaojat ovat maahan kaivettuja rei'itettyjä putkia. Nämä keräävät vettä koko pituudeltaan ja niitä käytetään alueiden kuivaamiseen. Edellytys rakenteiden kuivattamiseen on, että suoto- tai salaojalla on kuivattavaan kohteeseen (esim. tie) vettä läpäisevä yhteys. Salaojan ero viemäriin on se, että sala- ja suoto-ojat keräävät vettä koko pituudeltaan. (Liikennevirasto 2013)

Jos salaojan on tarkoitus kerätä myös pohjavesiä, jäätyminen talvella on estettävä. Jäätymisriski on suurimmillaan yleensä purkuaukon ja imeytyskohdan välillä. Jos salaojaan imeytetään myös pintavesiä, myös salaoja yläpuolisen suotautumisteiden jäätyminen on estettävä. Kuvassa 2 on esitelty erilaisia suoto- ja salaojavaihtoehtoja. (Liikennevirasto 2013)



**Kuva 2.** Eri tyyppisiä sala- ja suoto-ojia. Siirryttäessä vaihtoehdosta a) vaihtoehtoon f) vedenläpäisevyys paranee. Vaihtoehdoissa d)... f) tarvitaan mahdollisesti suodatinkangasta tai kerrosta. Kennosalaojassa on kaksi kuitukangasta ja niiden välissä on muoviosia. Salaojia ei käytetä rakenteiden alla. (Tiehallinto 2013)

Suoto-ojaa joka on tehty sorasta, kivistä tai sepelistä voidaan käyttää alle 100m matkoilla pituus- kaltevuuden ollessa vähintään 2%. Salaojat rakennetaan usein 100 mm rei'itetystä salaojaput- kesta ja niiden. Salaojat asennetaan kuivatussyvyyteen paitsi, jos on jäätymisvaara, työmaali- kennettä tai jokin muu syy, joka edellyttää suuremman syvyyden. Salaojavedet puretaan si- vuojaan, laskuojaan, pengerialueeseen tai sadevesiviemäriin (myös kosteikat ja laskeutumisaat sopivat tarkoitukseen). Talvisin salaojavedet voivat purkautuessaan aiheuttaa purkukohdissa paa- nnejääongelmia. Salaojia ei kannata purkaa yleiseen avo-ojaan juuri ennen rumpua, sillä se voi aiheuttaa talvisin rummun umpeen jäätyminen. (Tiehallinto 2013).

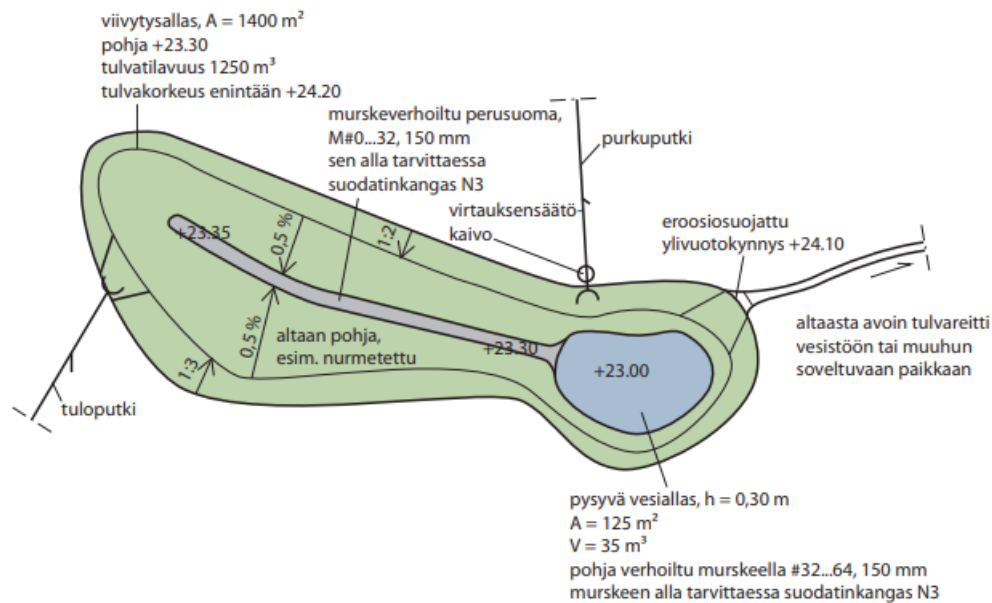
Salaojiin, kuten tavallisiin putkiverkostoihin, suositellaan lietepesällisiä lietekaivoja vähintään 50 metrin välein. (InfraRYL 2009) Salaojien vedet puretaan ojiin, hulevesien viivytysrakenteisiin tai sadevesiviemäriin. Salaojien purkamista avo-ojaan ennen rumpua ei suositella, koska rumpu voi talvella jäätyä umpeen. (Liikennevirasto 2013)

### 2.4.3 Viivytyksrakenteet (pintarakenteet)

Viivytyksrakenteilla pyritään hidastamaan ja tasaamaan hulevesivirtaamaa ja sen huippuja. Viivytyksmenetelmät jaotellaan karkeasti lammikoihin, kosteikkoihin, kaivantoihin, painanteisiin ja rakennettuihin altaisiin. Viivytyksrakenteen suunnittelun lähtökohtana on se, että altaaseen johtava putki (tai uoma) on isompi kuin altaasta pois johtava putki (tai uoma). Suuremmat altaat mitoiteetaan niin, että niihin mahtuu viiden tai kymmenen vuoden välein tapahtuvat rankkasateet. Altaiden pinnat tulee suunnitella jyrkkyydeltään ja materiaaleiltaan sellaisiksi, että jatkuvat pinnanvaihtelut eivät aiheuta eroosiota. (Tiehallinto 2013)

Veden virtausta voi hallita putkien lisäksi myös pinta- ja pohjapadoilla. Patomitoituksen voi tehdä tavallista virtaamaa varten tai myös ylivuotoa varten. Viivytyksmenetelmät edesauttavat huleveden laatua, sillä virtausnopeuden laskiessa kiintoaine ja siihen kiinnittyneet epäpuhtaudet laskeutuvat. Laadun parantamista voi kehittää myös viivytyksalueiden kasvillisuuden avulla. Kasvillisuus sitoo ravinteita ja hidastaa virtaamaa. (Kuntaliitto 2012).

**Viivytykspainanne** on syvennys, joka on matala ja loivaluiskainen. Usein painanne peitetään kasvillisuudella tai painanteen verhoilussa voidaan hyödyntää esimerkiksi kiviaineksia. Painanteen tyhjennys hoidetaan yleensä purkuputkella, pohjapadolla tai purkuaukolla. Suurimmillaan padon korkeuden tulisi olla noin puolet painanteen kokonaissyvyydestä. Kuva 3 havainnollistaa viivytykspainannetta esimerkkikuvalla.



**Kuva 3.** Esimerkkikuva luonnonmukaisesta viivytyksaltaasta (FCG 2017)

**Viivytykskaivannot** ovat maanalaisia tunneleita, jotka ovat tarkoitettu hulevesien viivyttämistä varten. Niitä käytetään kohteita, joissa hulevesien viivyttäminen on tarpeen, mutta maanpäällisille ratkaisuille ei ole tilaa. Tällainen kohde voi olla esimerkiksi suuren kaupan piha-alue. Viivytykskaivantojen eräänä esimerkkinä voidaan pitää maanalaista viivytykssäiliötä, sillä niilläkään ei ole tarkoitus imeyttää hulevettä. (Kuntaliitto 2012)

Viivytyksrakenteet pitää varustaa ylivuotoreitillä sekä tyhjennysputkella (huoltotöitä varten). Viivytyksalavuuden tulee tyhjentyä aina vuorokauden kuluttua täyttymisestä, jolloin tilavuus on jälleen käytettävissä seuraavan rankkasateen varalta. Liian suureksi mitoitettut viivytyksrakenteet eivät välttämättä viivytä tavanomaisilla sateilla muodostuvia virtaamia eivätkä välttämättä suojaa tavanomaisen sateen aiheuttamalta eroosiolta. (Kuntaliitto 2012)

Vesialtaita jotka ovat tarkoitettu hulevesien viivyttämistä varten kutsutaan **rakennetuiksi altaiksi**. Ne on mahdollista rakentaa ulkoisesti myös lammikoiden kaltaisiksi. Jos tarkoituksena on säilyttää vesipinta pysyvänä, altaan tulee olla vesitiivis. Altaat ovat syvyydeltään muutamista kymmenistä senteistä vähän yli puolen metrin. Altaiden materiaali on usein betonista tai kivistä. (Kuntaliitto 2012)

Hulevesien viivytyrakenteita kuten tunneleita, putkia, säiliöitä tai kasettirakenteita voidaan rakentaa maanalaisiksi **viivytyaskaivannoiksi**. Viivytyaskaivantoihin vesi johdetaan hulevesiviemäreillä tai salaojilla. Maanalaisia rakenteita suositaan tiiviisti rakennetuilla kaupunkialueilla. (Kuntaliitto 2012).

Viivytyrakenteissa tulee olla ylivuotoreitit sekä tyhjennysputket (kunnossapitotöitä varten). Viivytystilavuuden tulee olla itsestään tyhjenevä. Tyhjenemisen on tapahduttava enintään vuorokauden päästä täyttymisestä, jolloin tilavuus on seuraavan rankkasateen sattuessa käytettävissä. Jos viivytyrakenteet ovat mitoitettu liian suuriksi, järjestelmä ei välttämättä viivytä tavanomaisilla sateilla muodostuvia virtauksia. Tällöin sillä ei mahdollisesti ole tarkoituksenmukaista suojavaikutusta normaalin sateen aiheuttamaan eroosioon. (Kuntaliitto 2012).

#### 2.4.4 Viivytyaskaivannot

Hulevesien viivytyrakenteita kuten tunneleita, putkia, säiliöitä tai kasettirakenteita voidaan rakentaa maanalaisiksi viivytyaskaivannoiksi. Viivytyaskaivantoihin vesi johdetaan hulevesiviemäreillä tai salaojilla. Maanalaisia rakenteita suositaan tiiviisti rakennetuilla kaupunkialueilla. Kuvassa 9 on esimerkki viivytyssäiliöstä .(Uponor b) (Kuntaliitto 2012).



**Kuva 4.** Esimerkki isosta viivytyssäiliöstä. Viivytyssäiliöitä käytetään virtaaman tasaamiseen, kun maankäyttö on liian tiivistä allas- tai lampirakenteelle.

Viivytyksrakenteissa tulee olla ylivuotoreitit sekä tyhjennysputket (kunnossapitotöitä varten). Viivytystilavuuden tulee olla itsestään tyhjenevä. Tyhjenemisen on tapahduttava enintään vuorokauden päästä täyttymisestä, jolloin tilavuus on seuraavan rankkasateen sattuessa käytettävissä. Jos viivytyksrakenteet ovat mitoitettu liian suuriksi, järjestelmä ei välttämättä viivytä tavanomaisilla sateilla muodostuvia virtauksia. Tällöin sillä ei mahdollisesti ole tarkoituksenmukaista suojavaikutusta normaalin sateen aiheuttamaan eroosioon. (Kuntaliitto 2012).

Viivytykskaivannoissa on vaihtoehtona myös hulevesikaivo. Siinä kaivon lisätty ohjauslevy, joka rauhoittaa veden virtaamista ja siten estää kiintoaineen huuhtoutumisen. Se on helppo asentaa, sillä ohjauslevy voidaan myös jälkiasentaa. Hulevesikaivo helpottaa kiintoaineiden poistoa ja siten vähentää myös huoltokustannuksia, kun se asennetaan muiden rakenteiden yhteyteen. Kuvassa 5 on havainnekuva hulevesikaivosta. (Uponor a)





**Kuva 5.** Havainnekuva hulevesikaivosta. Kaivo on muuten samanlainen kuin tavalliset kaivot, mutta siihen on asennettu ohjauslevy. (Uponor a)

## 2.4.5 Imeytys- ja suodatusrakenteet

Imeytyksen avulla pintavalunta on tarkoitus imeyttää takaisin maaperään ja samalla ylläpitää pohjaveden tasoa. Imeyttämisen tulisi olla hulevesien synnyn ehkäisemisen jälkeen toiseksi tärkein hulevesien hallinnan keino. Imeytyskeinot vaikuttavat suoraan myös hulevesien laatuun. Imeytyessään maaperän läpi, hulevedet suotautuvat. Imeytyksen teho riippuu vahvasti maaperän huokostilavuudesta. (Kuntaliitto 2012).

Jos maaperän vedenläpäisykyky ei ole riittävä, imeytysrakenteen on myös mahdollista salaojittaa. Tällöin salaojitusastian alapuolelle on jätettävä imeyttävälle vedelle riittävä varastotilavuus.

### Imeytysrakenteet

Imeytys on mahdollista hoitaa hajautettuna järjestelmänä tai keskitettynä ratkaisuna. Tällöin laajemmalla alueella kootaan yhteen kohtaan ja imeytetään siinä. Imeytysrakenteet voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin: imeytyspainanteisiin ja imeytyskaivoihin.

Imeytyskaivannoissa hulevedet johdetaan maanpinnalta karkealla kiviaineksella tai muulla huokoisella materiaalilla täytettyyn kaivantoon, josta vesi hitaasti imeytyy maaperään. Salaojilla tai hulevesiviemäreillä hulevedet voidaan johtaa maanalaiseen imeytyskaivantoon. Kiintoaineen aiheuttamien tukosten estämiseksi, imeytyskaivannot tulee varustaa esikäsittelyllä. Hiekanerotuskaivo, pintavalutuskaista tai tasausallas toimivat tässä tilanteessa hyvin. Näihin tulee liittää seuranta-järjestelmäksi ylivuoto- tai ohivirtausjärjestelmä. (Kuntaliitto 2012).

Kasvillisuuden peittämät painanteet joihin hulevedet johdetaan pintavaluntana, ovat imeytyspainanteita. Painanne on mahdollista rakentaa maavaraiseksi tai painanteen pohjaksi voidaan rakentaa kasvukerros ja karkeasta kiviaineesta imeytyskerros. Painanteissa vesikerroksen paksuus on korkeintaan 10-25 cm. (Kuntaliitto 2012).

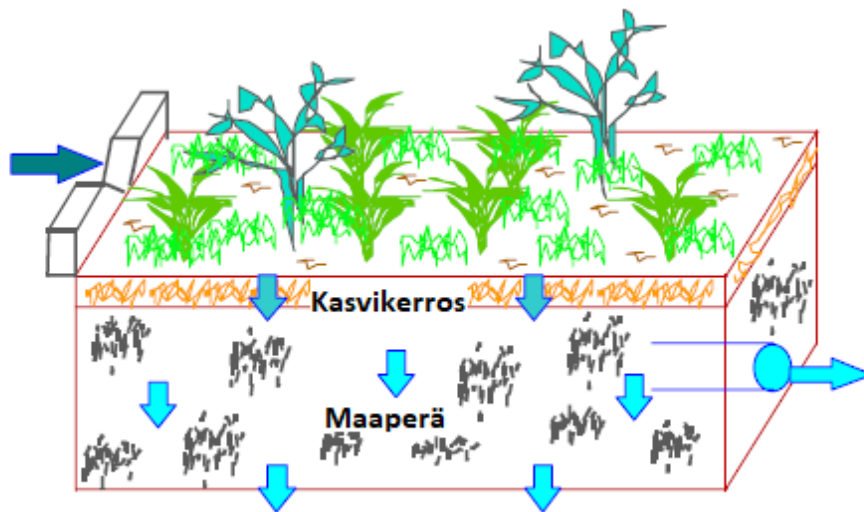
### Suodatusrakenteet

Suodatuksessa hulevedet johdetaan suodattavan väliaineen läpi. Väliaine suodattaa hulevedestä epäpuhtauksia ja ne jäävät suodatuskerroksen pinnalle ja myös suodattavaan väliaineeseen. Suodattaminen parantaa veden laatua, mutta ei vaikuta hulevesimääriin. Suodattaminen hidastaa

virtausta eli edistää viivytystä. Yksinkertaisimmissa suodatusrakenteissa vesi kulkee kasvikerrosten läpi, jotka osaltaan myös edesauttavat huleveden puhdistusta. Yleensä hulevesien suodattamiseen ja puhdistamiseen riittää pelkkä kasvillisuus, mutta joissain tapauksissa hulevesien laadun parantaminen vaatii myös esim. hiekkasuodatusta. (Kuntaliitto 2012)

## 2.4.6 Biopidätysrakenteet

Biopidätysalueet riittävät lievästi likaantuneille vesille. Biopidätysrakenteissa puhdistusta edistetään kasvillisuudella, hiekkakerroksella ja humuspitoisella pintamaalla. Kiintoaineet suodattuvat rakenteen pintaan ja liukoiset haitta-aineet pintamaahan tai kemiallisesti aktiiviseen saviainekseen. Vaihteleva vesimäärä, metallien ja ravinteiden pidätyskyky vaikuttaa olennaisesti kasvien valintaan. Kuvassa 6 esitetään yksinkertaisen biopidätysrakenteen toimintaa. (Kuntaliitto, 2012)



**Kuva 6.** Esimerkkikuva suodattavasta biopidätysrakenteesta. (Sovitettu lähteestä Davis A.P. 2009)

## 2.4.7 Lammikot ja kosteikot

Lammikko on pienikokoinen allas, jonka pysyvä syvyys noin metrin ja maksimisyvyys 2,5m. Kosteikoissa syvyys on ainoastaan joitain kymmeniä senttejä ja kasvillisuus on monipuolisempaa. Lammikoissa ja kosteikoissa tapahtuu laskeutusta, epäpuhtauksien sitomista kasvillisuuteen ja myös epäpuhtauksien puhdistamista mikro-organismien hajottajamekanismien avulla. Pysyvän vedenpinnan yläpuolelle on aina varattava ns. viivytysvara rankkasateiden varalta.

Kosteikot ovat yleensä lammikkoa tehokkaampia puhdistamaan, sillä runsaan kasvillisuuden vuoksi kosteikko pystyy pidättämään liukoisia ravinteita kasvukauden aikana. Kosteikko tulee mitoittaa niin, että viivytystilavuus tyhjenee aina kahdessa päivässä. Tulvavirtaamiin tulee varautua rakentamalla vahva patokynnys tai ylivuotoreitti. On myös suositeltavaa, että kosteikon alkuvaiheille rakennetaan tasausallas, jonka tilavuus on 10-15% kosteikon mitoitustilavuudesta. Kosteikot mitoitetaan niin, että ne tyhjenevät vähintään kahden päivän kuluttua täyttymisestä.

Rakenteeltaan kosteikot ja lammikon ovat samanlaisia, suurin ero on kosteikon matala vesisyvyys ja monipuolisempi kasvillisuus. Kosteikko tai lammikko toimii hyvin, jos pituuden ja leveyden suhde on 1/3 ja 1/4 välillä, mutta vähintään 1/2. Lammikon tai kosteikon reunan tulee olla loiva, vähintään 1:4 tai 1:5. Mutkittilevä rakenne edesauttaa veden viivästyistä ja puhdistumista,

mutta oikorakenteiden muodostuminen tulee estää jo suunnitteluvaiheessa. Kuvissa 7 ja 8 on esitetty esimerkkikuvat lammikosta ja kosteikosta. (Kuntaliitto 2012).



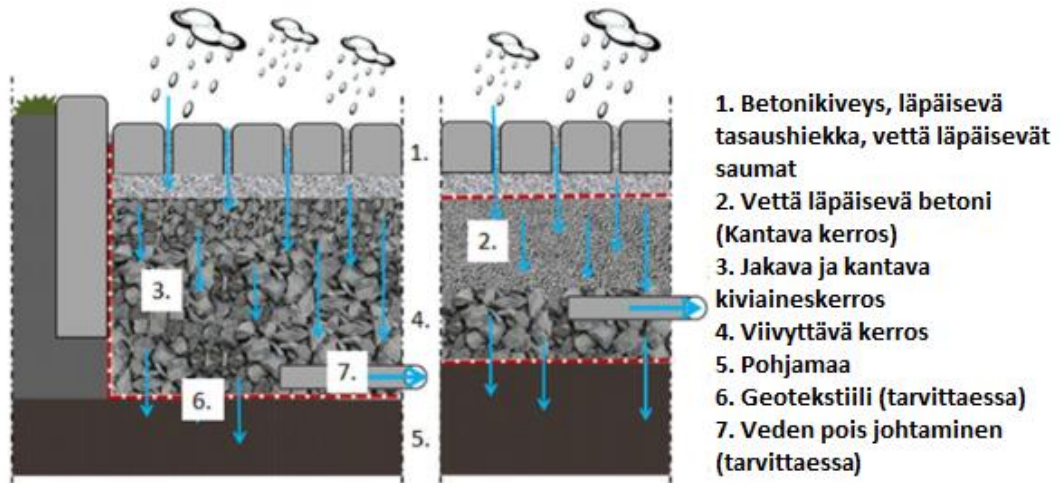
**Kuva 7.** Esimerkkikuva hulevesilammikosta (*Ilmastokestävä kaupungin suunnitteluopas, 2018*)



**Kuva 8.** Esimerkkikuva kosteikosta. Kulloonsillanpuron kosteikko Espoossa. (Suomen ympäristökeskus, Pinja Kasvio, 2016)

#### 2.4.8 Lämpäisevät päällysteet

Lämpäisevissä päällysteissä satava vesi kulkeutuu pintakerroksen läpi karkeasta kiviaineksesta valmistettuun rakennekerrokseen. Lyhytaikaisesti vesi varastoituu kiviaineksen huokostilaan. Tästä se sitten imeytyy maaperään ja maaperästä vesi kerätään salaojilla eteenpäin johdettavaksi. Kuvassa 9 on esitelty lämpäisevän päällysterakenteen toimintaperiaate (Kling et al. 2015).



**Kuva 9.** Läpäisevän päällysteen toimintaperiaate. Vesi kulkee läpäisevien pintakerrosten läpi jakavaan ja kantavaan kerrokseen, josta se johdetaan viivyttävän kerroksen kautta pohjamaahan tai pois alueelta. (Kling et al. 2015)

Läpäisevät päällysteet ovat yleensä päällystekiviä tai -laattoja, avointa asfalttia tai läpäisevää betonia. Myös kivinurmet ja muut vastaavat viherratkaisut luokitellaan läpäiseviksi päällysteiksi. Kuvassa 10 on esitelty esimerkkiratkaisuja läpäisevästä pinnoitteesta. (Kling et al. 2015)



**Kuva 10.** Esimerkkejä läpäisevistä pinnoista. Vasemmalla Golf-kivi ja Louhikivi, oikealla Noppakivet (graniitti) (Rudus, 2015)

Läpäisevät päällysteet sopivat erityisesti pysäköintialueille, torialueille ja kevyenliikenteenväylille. Päällysteiden käyttöä rajaa se, että ne eivät kestä raskasta liikennettä. Vettä läpäisevät pinnoitteet myös parantavat hulevesien laatua. Ne eivät kuitenkaan sovellu suurien vesimassojen hallintaan, sillä niiden läpäisykapasiteetti on rajallinen. Korkean läpäisykapasiteetin ylläpitämiseksi, pinnat tulisi säännöllisin väliajoin pestä. (EPA 821-R-99-012, 1999)

## 2.4.9 Hulevesiviemäriverkosto

Hulevesiviemäroinnin tavoite on koota ja johtaa pois katu-, tie- ja piha-alueilla ja myös katoilla muodostuvat hulevedet. Hulevesiviemäroinneillä pyritään nopeaan pintojen kuivatukseen ja vesien poisjohtamiseen. Syyt tähän voivat olla esteettisiä tai alueen maankäyttöön liittyviä. Hulevesiviemäriverkosto on maankäytön suhteen tehokas tapa, jolloin jää enemmän tilaa katujen siistimiseen ja hyötypinta-alan kasvattamiseen ja monesti (, esim. tiiviissä kaupunkiympäristöissä) se on ainoa vaihtoehto. (Kuntaliitto, 2012)

Hulevesiviemärit ovat usein mitoitettu kerran kolmessa vuodessa tapahtuvalle sadannalle ja ovat suhteellisen alttiita tulvimiselle. Erityisesti alikulkutunneleissa on suuri tulvimisen vaara, jota joissain kaupungeissa torjutaan pumpuilla. Siksi hulevesiviemäriverkostolle on suunniteltava maanpäälliset turvalliset tulvareitit isomman sateen varalle. (Kuntaliitto, 2012)

## 2.5 Tulviminen ja tulvareitit

Tulvareitit ovat olennainen osa hulevesien hallintaa ja johtamisjärjestelmiä. Niiden tarkoituksena on johtaa hulevesiä hallitusti myös tulvatilanteiden aikaan, niin ettei tulva pääse vaikuttamaan riskikohteisiin. Ilmastonmuutos kasvattaa sademääriä, minkä vuoksi tulvareitit pitää olla mukana jo suunnitteluvaiheessa. (Kuntaliitto 2012)

Tulvariskiä kasvattaa neljä olennaista tekijää:

1. Sadejakso joka on kestoltaan pitkä ja sademäärältään suuri.
2. Jään tai hyyteen aiheuttama padotus
3. Purkuvesistön korkea vedenpinta
4. Rankkasade, joka osuu taajamaan

Kun hulevesiä vastaanottavan järjestelmän mitoitus ylittyy, aiheutuu tulvimista. Vastaanottavan järjestelmänkin tulojärjestelyn kapasiteetti voi ylittyä, tällöin pinnalla oleva vesi ei kulkeudu viemäriin, vaikka viemärissä olisikin tilaa. Jos taas koko viemärin kapasiteetti ylittyy, niin vesi tulvii kaivoja pitkin pinnoille. Kuvassa 11 on havainnollistettu viemärien tulvimista. (Kuntaliitto, 2012) (Mark et al. 2004)



**Kuva 11.** Vasemmassa kuvassa on liian pienestä tulo- ja poistokanavasta johtuvaa tulvimista ja oikealla on hulevesiviemäriin kapasiteetin ylittymisestä johtuva tulva. Sallittu padotuskorkeus on +100 mm (Mark et al. 2004).

Tällöin muodostuvat tulvavedet tulisi pystyä käsittelemään tulvareittien avulla. Tulvareiteilla ei saa olla kohteita, jotka kärsivät tulvasta. Herkästi tulvivien hulevesiviemärien kapasiteettia voidaan lisätä vähentämällä tai viivyttämällä hulevesikaivoihin joutuvaa virtausta, esim. varastoaltaiden avulla. (Kuntaliitto 2012) Hulevesiviemäriin tehokkuus kärsii huomattavasti, jos sinne on kertynyt kasvillisuutta, sedimenttiä, jätettä tai roskaa.

Hulevesijärjestelmän tulviminen on sallittua, kun sade ja sekaviemäroinneissä padotuskorkeus on enintään kadun pintaa +100mm tonttviemäriin liitoskohdassa. (Rakennusmääräyskokoelma D1, 2007)

Ilmatieteenlaitos on tutkinut ukkoskuurojen (100mm ja 140mm) aiheuttamien äkillisten tulvien vaikutuksia taajamissa ja kaupungeissa. Sateiden vaikutukset on kerätty taulukkoon 1. (Ilmatieteenlaitos 2015)

**Taulukko 1:** Ilmatieteenlaitoksen keräämiä seurauksia äkkitulvien vaikutuksista 100 mm ja 140 mm sateilla (Ilmatieteenlaitos 2015)

100 mm rankkasade	140 mm rankkasade
Viemäriverkko täyttyy ja viemäriveresi nousee kaduille ja rakennuksiin.	Sisälle päässyt vesi voi aiheuttaa suurelle määriä rakennuksia vahinkoa sisältä ja ulkoa
Vesi tulvii rakennusten kellareihin ja pohjakerroksiin.	
Sadevesi kumuloituu siltojen alituksiin ja matalammille katuosuuksille. Ajokais-toille kumuloituneen vesi voi aiheuttaa kaivonkansien siirtymistä ja siten vaaraa liikenteelle.	Jäteveden mukana kulkevat taudinaiheuttajat
	Tulvavedet saartavat rakennuksia
	Hissikuluihin kertyy vettä
	Tierakenteiden romahtaminen
	Sorapintaiset rakenteet kokevat suuria vaurioita
	Sillat voivat jäädä veden alle
	Alikulkukäytävien tulviminen
	Katujen sulkeminen, jolloin rakennuksia menee mottiin
Syvään tulvaveteen ajettujen autojen moottorit sammuvat	

Taulukon sateet ylittävät hulevesijärjestelmän kapasiteetin, minkä vuoksi vedet valuvat pintoja pitkin matalille alueille. Kuten taulukosta huomaa, niin sademäärän kasvu 100 mm:stä 140 mm:iin lisää sateesta johtuvia negatiivisia vaikutuksia merkittävästi.

Tulvareittien tutkimiseen kuuluu selvitys siitä, mitä reittiä hulevedet tavallisesti kulkevat, kun johtamisjärjestelmien kapasiteetti ylittyy. Kulkureitti alkaa muodostumisalueelta ja loppuu purkuvesistöön tai harmittomalle alueelle. (Kuntaliitto 2012).

Maankäytön suunnitteluun tulee sisällyttää valuma-alueet ja niiden tulvareittitarkastelut, mielellään jo osayleiskaavatasolla. Suunnitelmissa pitää ottaa huomioon mitä vaikutuksia suurien vesivirtaamien vaikutukset ja esimerkiksi tulvareittien ja rantavyöhykkeiden eroosiohaitat, sekä veden laadun heikkeneminen. Mahdollisuuksien mukaan tulvavirtaamat pitäisi mieluummin johtaa taasaaville tulva-alueille eikä vesistöön. (Kuntaliitto 2012).

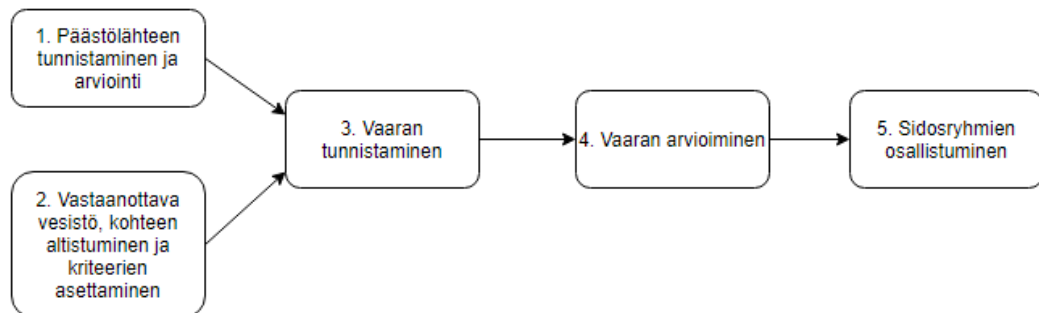
Tavallisesti merkittävimmät tulvariskit kohdistuvat pää- ja runkolinjoihin, jotka johtavat suurimpia virtaamia. Merkittäviin riskikohteisiin voidaan lukea myös katuja tai viheralueita alempana sijaitsevat alikulut, tontit jne. (Kuntaliitto 2012).

## 2.6 Hulevesien käsittely

Yleensä hulevesien käsittelystä puhuttaessa tarkoitetaan hulevesien laadullista valvontaa eli huleveden puhdistamista laatuhaluista. Tärkeimpiä käsittelyn osia on estää laatuhaitan pääseminen hulevesiin, jolloin ongelma torjutaan ennen sen muodostumista. (Kuntaliitto, 2012)

Hulevedet voivat erityisesti kaupunki- ja teollisuusalueilla kuljettaa mukanaan haitallisia yhdisteitä. Tutkimuksissa on selvinnyt, että hulevesien haitta-aineisiin kuuluvat pääasiassa kiintoaineet, ravinteet, kloridit, metallit, öljyt, rasvat sekä jotkin orgaaniset yhdisteet, kuten PAH-yhdisteet ja torjunta-aineet. Näiden haitta-aineiden lisäksi hulevesissä voi kulkeutua myös suolistoperäisiä bakteereja.

Tarkkaa seurantaa hulevesien haitta-aineista on resurssipulan vuoksi harvemmin saatavilla, joten useimmiten hulevesien laatutarkkailu keskittyy tarkkailemaan hulevesissä kulkeutuvaa kiintoaineiden määrää, jota pidetään usein hulevesien tärkeimpänä laatuparametrina. Useasti hulevesien aiheuttamat laatuongelmat liittyvätkin suoraan tai epäsuorasti kiintoaineeseen sitoutuneisiin haitta-aineisiin. Puhdas kiintoaine aiheuttaa ongelmia verkostojen sekä varastojen tukkijana ja veden samentajana. Kiintoaineeseen sitoutuneena voi olla muun muassa raskasmetalleja ja ravinteita (Erikssen E., 2007). Käsittelytarpeen arviointi tapahtuu viidessä vaiheessa kuvan 12 mukaisesti.



**Kuva 12.** Hulevesien käsittelytarpeen arvioinnin viisi askelta. Ensimmäinen askel on tunnistaa päästölähde ja arvioida sen aiheuttamat riskit. Tämän jälkeen perehdytään minne hulevedet kulkeutuvat ja sisältääkö se yleisellä tasolla erityisiä riskejä, esim. luonnonsuojelualueet ovat yleensä herkempiä hulevesistä tuleville epäpuhtauksille ja niillä voi olla erityisiä herkkyksiä tiettyjen epäpuhtauksien suhteen. Vaiheessa 3 verrataan päästölähteen aiheuttamia vaaroja ja verrataan niitä vastaanottavan vesistön erityisiin herkkyksiin. Vaiheessa 4 arvioidaan päästön aiheuttaman vaaran vakavuutta ja mitta-asteikkoa. Lopulta vaiheessa 5 sidosryhmät päättävät kuinka osallistumisen määrän. (Erikssen E., 2007)

Usein hulevesien käsittelytarpeen arviointi jää paikallistason harkintaan ja usein vapaaehtoisuuteen. Joissain tapauksissa kunnan viranomaiset ja vesilaitos voivat asettaa hulevesille laatuvaatimuksia. Monissa ympäristöluvuissa vaaditaan muiden ympäristövelvoitteiden yhteydessä hulevesien tarkkailua. Erityisesti pohjavesialueilla (luokat I ja II) ollaan hulevesien laadusta tarkkana, sillä jo pelkkä pohjavesien laadun vaarantaminen on kiellettyä. Tällöin haitta-aineita ei saa päästä lainkaan imeytymään maaperään, hulevesivalunnan yhteydessä tai muuten. (Kuntaliitto 2012)

## 2.6.1 Puhdistusmenetelmät

Erilaisille maankäyttömuodoille tulee tapauskohtaisesti suunnitella omat puhdistusmenetelmät. Hulevesioppaassa (Kuntaliitto 2012) ehdotetaan pohjavesialueille erilaisia hulevesien hallintamenetelmiä, riippuen maankäyttömuodosta taulukko 2. Samoja ehdotuksia voidaan käyttää myös pohjavesialueiden ulkopuolella, kun halutaan estää muun ympäristön laadun heikkeneminen.



**Taulukko 2. Ehdotukset hulevesien hallintaratkaisuille maankäytön perusteella (Kuntaliitto 2012)**

Hulevesien muodostumisalue	Vaihtoehtoiset hulevesien hallintaratkaisut
Viilkaasti liikennöidyt katu- ja tiealueet	Esikäsitteily hiekanerotuskaivoissa ja johtaminen biopidätysalueelle Suodatus Viherkaista tai suojaviheraluekäsitteily
Katu- tai tiealue, laaja pysäköintialue	Suodatus Viherkaista tai suojaviheraluekäsitteily
Piha, korttelimittakaavan pysäköintialue, sivukadut	Suodatus ja käsitteily hulevesivaiheessa
Varastojen lastausalue (suuri häirtä- aieriski)	Esikäsitteily ja johtaminen hulevesiviemäriin
Tori, kevyenliikenteenalue	Suodatus ja imeyttäminen
Huoltamoiden piha	Esikäsitteily ja poisjohtaminen viemäröinnin avulla
Teollisuusalue, urheilualue	Käsitteily ja imeytys
Taajaman keskusta, asuinalue	Imeytys ja käsitteily
Lumenkaatopaikka	Hiekan- ja öljynerotuskaivo, loppukäsitteily esim. biopidätysalueella
Katot ja muut "puhtaat pinnat" (lumi ja vesi)	Imeyttäminen

Yleisesti hulevesien laadunhoito hoidetaan hyvin usein laskeuttamalla viivytyksaltaissa ja muilla veden varastointiin sopivalla menetelmällä. Tällä tavalla saadaan pahimpien yleisimmät laatuhaitat puhdistettua riittävälle tasolle. Joissain tapauksissa (esim. moottoritiet pohjavesialueella tai teollisuusalueet) voidaan edellyttää tehokkaampia käsitteilyjärjestelmiä.

Noudatettaessa hulevesioppaan (Kuntaliitto, 2012) mitoitusperiaatteita, hulevesijärjestelmät mitoitetaan käsittelemään ja pysäyttämään 80% vuosittain tapahtuvista sateista. Keskitetyissä järjestelmissä mitoitusasteen valintaan vaikuttaa suuresti mahdollisen tulvimisen aiheuttamat riskit ja niiden vaikutukset. Ohjeellinen toistuvuus mitoitusasteelle on kerran 3-10 vuodessa. Kiinteistö tai korttelikohtaiset viivytyksrakenteet mitoitetaan 10 min rankkasateelle. Tämän sateen aikana vettä tulee noin 10 mm ja se tapahtuu noin kerran viidessä vuodessa. (Kuntaliitto, 2012)

### Viivytyksrakenteet

Hulevesien viivytyksen tavoitteena on pyrkiä pitämään alueelta putkautuva hulevesivirtaama nykyisellä tasolla ja tasaisena. Viivytyksella on myös merkittävä rooli laatuhaitojen torjunnassa. Viivytyksistä tapahtuu, kun rakenteen tulovirtaama on lähtövirtaamaa suurempi. Viivytyksrakenteet mitoitetaan kaavan 1 avulla:

$$V = \frac{C \cdot i \cdot A \cdot T}{1000} \quad (1)$$

, jossa

C = alueen keskimääräinen valumakerroin

i = sateen keskimääräinen intensiteetti [l/s/ha]

A = alueen pinta-ala [ha]

T = sateen kesto [s]

V = viivytyksrakenteen tilavuus [m<sup>3</sup>].

Hulevesien hallinnassa ei pyritä hallitsemaan kaikkia sadevesiä, vaan pitämään virtaukset samalla tasolla kuin ne luonnollisena ovat. Siksi viivytystarve  $V_{mit}$  lasketaan suunnitellun tilanteen ja luonnonmukaisen tilanteen erotuksena  $V_{mitoitus} = V_{suunniteltu} - V_{luonnollinen}$ . Joissain tapauksissa mitoitusta ei tehdä verrattuna luonnolliseen tilaan vaan nykytilanteeseen. Pienempien viivytysrakenteiden on tarkoituksena tyhjentyä vuorokauden kuluessa täyttymisestä ja suurempien viivytysrakenteiden on tarkoitus tyhjentyä seuraavan 48 tunnin kuluessa. Kaikki viivytysjärjestelmät on varustettava ylivuodolla ja tyhjennysmekanismilla. Viivytysrakenteita käytetään usein myös laskeuttamiseen ja siten hulevesien puhdistamiseen, tässä yhteydessä puhutaan laskeuttamisaltaasta. Laskeutusaltaat ovat toimivia puhdistuskeinoja, kun puhutaan alle 50 hehtaarin kokoisista valuma-alueista.

Pintaviivyttämismenetelmiä on yleisesti ajateltuna kolme:

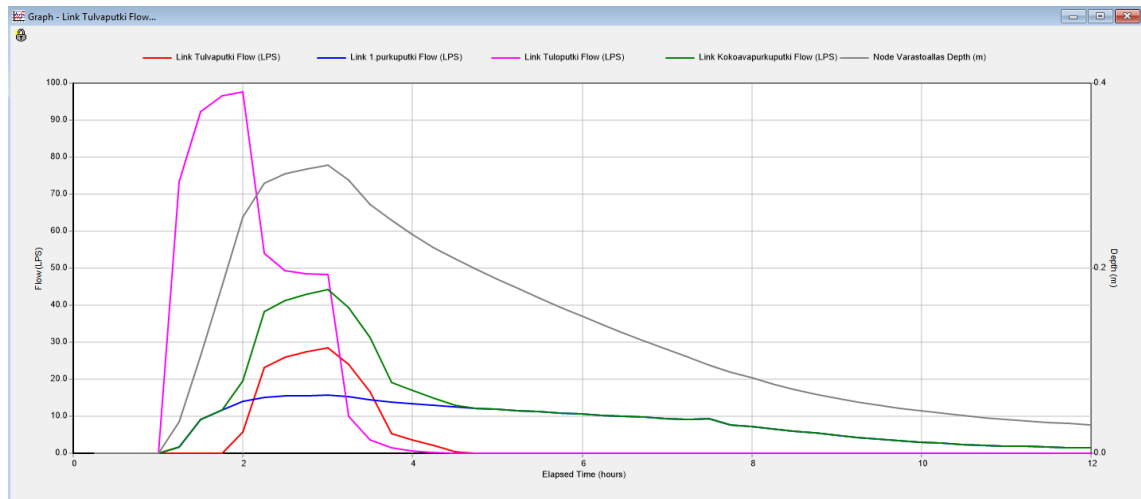
1. Hulevesikosteikko
2. Hulevesilammikko
3. Rakennettu allas

Lammikon toimivuus perustuu altaaseen tulevan virtauksen suhteeseen altaan kokoon ja altaan materiaaleihin. Hulevesioppaan mukaan viivyttämismenetelmien ohjeelliset kustannukset ovat taulukossa 3:

**Taulukko 3.** Kuntaliiton arvion mukaiset viivyttämisyjärjestelmien kustannukset.

Hulevesien viivytysjärjestelmät		
Menetelmä	Arvioitu kustannuksen suuruus	Huomattavaa
Hulevesikosteikko	noin 20€/pinta-m <sup>2</sup>	Syvyys noin 0,5 m, pinta nurmetettu, pensasistutuksia
Hulevesilammikko	noin 40€/pinta-m <sup>2</sup>	Syvyys 0,75m, hoidettu puisto, pinta nurmetettu ja kivetetty, <b>purkukaivo</b>
Rakennettu allas	noin 320€/pinta-m <sup>2</sup>	Syvyys 0,75m, graniittilaattaverhoilu

Tässä yhteydessä purkukaivolla tarkoitetaan kaivoa, jolla tuloputki on isompi kuin ensisijainen lähtöputki tasoittamaan virtausta. Tulvapiikkien varalta purkukaivoihin rakennetaan kuitenkin ylimääräinen tulvapatki estämään kaivon tulvimisen esim. rankkasateiden aikaan. Kuvassa 13 on mallinnusohjelman avulla näytetty tulvapatken toiminta. (Kuntaliitto 2012) (Joensuu, S. 2012)



**Kuva 13.** Altaan tulvapatken toiminta havainnollistettuna. Mitoitussateena on käytetty kerran 60 vuodessa tapahtuvaa sadetta, joka alkaa ajanhetkellä 1h ja loppuu ajanhetkellä 2h. Ajanhetkellä 2h alkaa sade joka vastaa sademäärältään puolta kerran 60 vuodessa tapahtuvasta sateesta. Tämä 2. sade alkaa ajanhetkellä 2h ja jatkuu ajanhetkeen 3h. Sininen viiva kuvaa altaan tulo-putkea ja siinä näkyy rankkasateiden aiheuttama sadevirtaus ilman viivästystä. Kuten kuvasta näkee, niin heti kun altaaseen alkaa tulla vettä, niin 1. purkuputki (pieni sisähalkaisija 0.095 m) alkaa välittömästi purkamaan vettä hitaasti. Tulovirtaus on kuitenkin paljon suurempi kuin 1. purkuputki pystyy purkamaan, joten altaassa olevan veden pinta nousee. Tulvapatki (sisähalkaisija 0.175m) sijaitsee altaan pohjasta katsottuna 20 cm korkeudella ja alkaa purkamaan vettä heti kun vesi nousee riittävälle tasolle. Tulvapatken avulla veden pinta pysyy rankkasateellakin riittävän alhaisena, jolloin tulvia ei tapahdu. Sateen loputtua veden pinta laskee, jolloin vesi ei yllä enää tulvapatkeen ja 1. purkuputki tyhjää hiljalleen koko altaan tasaisella virtaamalla. Mallinnus tehtiin SWMM 5.1-ohjelman avulla.

## Suodatus

Hulevesien suodattamisessa hulevesi johdetaan suodattavan väliaineen läpi. Huleveden epäpuhtaudet suodattuvat joko väliaineen pintaan tai itse väliaineeseen. Yksinkertaisimmat suodatinjärjestelmät ovat viherpainanteita tai pintavalutuskaistoja, jotka hyödyntävät kasvillisuutta ja kasvukerrosta suodatukseen. Salaojaverkostoon on mahdollista rakentaa biosuodatusalueita. Vaativimmissa kohteissa voidaan myös käyttää hiekkasuodatinta, mutta se vaatii aina esikäsittelyn tukkeutumisen estämiseksi. Suodatinjärjestelmiä suunniteltaessa kannattaa ennemmin rakentaa monta pientä suodatinta kuin yksi iso keskitetty. Suodatinjärjestelmän yhteyteen on hyvä rakentaa viivytysohjelmaa, jolloin suurimmat epäpuhtaudet erottuvat jo ennen suodatusta. Suodatinjärjestelmien kuivuminen on varmistettu salaojituksella, joten talviolosuhteiden vaikutus on vähäisempi kuin kuivatusjärjestelmällä. Suodattimen mitoittaminen tehdään kaavalla 2.

$$A = \frac{V * h_s}{k * (h_s + h_v) * t} \quad (2)$$

missä:

A = suodattimen pinta-ala [m<sup>2</sup>]

V = mitoitusvesimäärä [m<sup>3</sup>]

h<sub>s</sub> = suodatinkerroksen paksuus [m]

h<sub>v</sub> = keskimääräinen vedenkorkeus suodattimen päällä (h<sub>max</sub>/2) [m]

k = suodatinmateriaalin vedenläpäisevyyskerroin [m/s]

t = tyhjenemisaika [s]

(Kuntaliitto 2012)

### Öljynerotuskaivot

Öljynerottimet ovat säiliöitä, joissa hulevedet virtaavat öljyä puoleensa vetävien koalisattoreiden läpi ja öljypisarat tarttuvat näiden pinnoille. Tämän jälkeen öljypisarat tarttuvat toisiinsa ja muodostavat vettä kevyemmän öljyfaasin säiliössä olevan veden pinnalle.(Kuntaliitto 2012)

Rakennusmääräyskokoelmassa D1 (2007) on asetus, joka velvoittaa keräämään hulevedet ja käsittelemään ne öljynerottimella öljyn varasto- tai liikennöintialueilla, pysäköintialueilla, huoltoasemilla sekä erityisalueilla. Hulevesien purkupaikka määrää öljynerottimen luokan taulukon 4 mukaisesti

**Taulukko 4.** Rakennusmääräysten mukaiset öljynerottimien luokat. Taulukossa I tarkoittaa luokan 1 erotinta, II tarkoittaa luokan II erotinta ja IIB tarkoittaa luokan II erotinta bypass ohituksella. [RakMK D1 2007]

Huleveden muodostumisalue	Purkupaikka	
	Puhdistamoon	muualle
Öljyn varasto ja liikennöintialueet	II/IIb	I
Pysäköintialue, (erityisalueet)	II/IIb	I
Huoltoasemat	II	I

Bypass-ohituksella varustetut suodattimet päästävät rankkasateiden huippuvirtaamat suodatukseen ohi, mutta pystyvät silti käsittelemään noin 95% vuotuisesta sademäärästä. By-pass-järjestelmän avulla on mahdollista säästää pääomakustannuksissa ja tilantarpeessa, kun kaikkea vettä ei käsitellä. First flush-ilmiön mukaan suurimmat epäpuhtaudet huuhtoutuvat jo sateen alkuvaiheissa, joten hulevesi muuttuu ajan myötä puhtaammaksi ja siksi by pass-järjestelmiä voidaan käyttää vähemmän herkissä kohteissa. Ympäristönsuojelun kannalta merkittävässä kohteissa By pass-järjestelmien käyttöä ei sallita, sillä esimerkiksi metallien osalta pitoisuudet voivat pysyä tasisina koko sadetapahtuman ajan. Täydelliseen öljynerotusjärjestelmään kuuluu myös hiekan-/lietteenerotin ja näytteenottoaivo.

Rakennusmääräyskokoelman osassa D1 ja eurooppalaisessa standardissa EN 858-2 on vielä tarkemmat vaatimukset öljynerottimien vaatimuksia varten. Öljynerottimesta lähtevän öljypitoisuuden mukaan öljynerottimet jaetaan kahteen eri käyttöluokkaan taulukon 5 mukaisesti. (Kuntaliitto 2012)

**Taulukko 5.** Öljynerottimet on luokiteltu kahteen eri käyttöluokkaan niistä lähtevien öljypitoisuuksien mukaan. (Kuntaliitto 2012)

Luokka	Lähtevän veden öljypitoisuus	Tavanomaiset käyttökohteet
I-luokka	max. 5 mg/l	Sadevedet joita ei johdeta jätevedenpuhdistamolle, autopesulat
II-luokka	100 mg/l	Mittari- ja täyttökentät korjaamot ja rojuttamot, parkkipaikat- ja hallit

## 2.7 Laadun tarkkailu

Hulevesien laadun tarkkailua tehdään Suomessa lähinnä pilotti- tai erityishankkeiden yhteydessä, kuten esimerkiksi STORMWATER-hankkeessa (Lahti, Kouvola, Vihti ja Hollola) (Sänkiaho, 2012), Hyvinkäällä (Vahtera, 2016) ja Helsingissä (Airola, 2014). Laatu on näissä hankkeissa tarkkailtu hyvin erilaisista kohteista, kuten teollisuusalueilta ja omakotitaloalueilta. Heikkolaatuisimmat hulevedet tulivat taajaman tiheimmin asutuilta, eniten läpäisemätöntä pintaa omaavilta ja vilkkaimmin liikennöidyltä keskusta-alueelta, kun taas puhtaimmat hulevedet tulivat pientalovaltaiselta osavaluma-alueelta. (Vahtera, 2016)

## 2.8 Hulevesien hallintaan liittyvät vastuut ja velvollisuudet

Hulevesiin liittyy useita erilaisia riskejä niin tulvimiseen kuin myös ympäristön pilaantumiseen liittyen. Riskien hallinnan vuoksi on tehty useita lakeja, jotka jakavat vastuuta ja velvollisuuksia. Näiden lakien myötä vastuuta ja velvollisuuksia jaetaan muun muassa ELY-keskukselle, kunnille ja kiinteistönomistajille.

### 2.8.1 ELY-keskuksen vastuut ja velvollisuudet

Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus tekee vesistöalueiden ja merenrannikon tulvariskien alustavan arvioinnin. Velvollisuuksiin kuuluu myös valmistella ehdotus vesistöalueen ja merenrannikon huomattavimpien tulvariskien nimeämiseksi. Tulvariskit ja tulvavaarojen paikat tulee nimetä ja kartoittaa, sekä tulee valmistella ehdotukset vesistöalueiden ja merenrannikon tulvariskien hallintasuunnitelmiksi. Tulvariskikarttaan on koottu tietyllä todennäköisyydellä esiintyvän tulvan haittan laajuus, esimerkiksi seuraukset ihmisten terveydelle ja turvallisuudelle, vaikutukset veden ja sähkönjakelun toimintakyvylle, sekä ympäristöhaitat.

Kuntia tulee avustaa hulevesitulvariskien alustavassa arvioinnissa, huomattavien tulvariskialueiden nimeämisessä sekä tulvariskien hallintasuunnitelmien laatimisessa. (Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010)

ELY-keskuksen tehtäviin kuuluu luokitella pinta- ja pohjavedet, huolehtia vesienhoitosuunnitelman vuoksi laadittavien selvitysten ja toimenpideohjelman muodostamisesta sekä myös kokoaa ehdotuksen verkostosuunnitelmaksi ja muodostaa seurantaohjelman. Vesienhoitosuunnitelmassa on mahdollista antaa hulevesien johtamiseen liittyviä tavoitteita ja toimintaohjeita alueille, joilla hulevedet muodostavat lähialueiden pintavesille ympäristöriskin. (Ympäristöministeriö 2007)

### 2.8.2 Kunnan tehtävät

Asemakaava-alueella kunta on vastuussa hulevesien järjestämisestä. Kunta voi kuitenkin ottaa huolehdittavakseen hulevesien hallinnan asemakaava-alueiden ulkopuolellakin.

Kunnan määräämä monijäseninen toimielin valvoo säännösten noudattamista ja voi tarpeen tullen määrätä kunnalle tai kunnan osalle tarkempia määräyksiä hulevesien hallinnasta. Nämä erityismääräykset voivat koskea

- Hulevesien laatua, määrää, viivyttämistä, maahan imeyttämistä ja tarkkailua, sekä muuta hulevesiä koskevaa käsittelyä kiinteistöllä.
- Kunnan hulevesijärjestelmän ja kiinteistön hulevesijärjestelmän yhteensovittamista
- Muita seikkoja, jotka ovat kahteen aiempaan rinnastettavissa

Määräyksiä sovelletaan vain, jos yleiskaavassa tai asemakaavassa on näin määrätty.

Kunta voi tarpeen tullen hyväksyä hulevesisuunnitelman. Suunnitelmassa pitää tarpeen mukaan esittää imeytysalueet, kosteikot, ojat, valumavesien reitit, putket ja pumppaamot. Suunnitelmassa

tulee esittää myös muut kunnan hulevesijärjestelmään kuuluvat hulevesien hallinnan ratkaisut ja rakenteet. Kunnan tehtävänä on myös huolehtia, että hulevesi järjestelmä toteutetaan asemakaavan mukaisen maankäytön tarpeita vastaavasti, jos hulevesijärjestelmän noudattamisesta koituvat kustannukset eivät ole kunnalle tai kiinteistön omistajalle kohtuuttomat.

Hulevesisuunnitelmassa on huomioitava asemakaava, katusuunnitelma ja yleisten alueiden suunnitelma ja sen tulee myös täyttää toimivuuden turvallisuuden ja viihtyisyyden vaatimukset myös sademäärän ja rankkasateiden kasvaessa. Suunnitelmaa tehtäessä on pyrittävä aktiiviseen vuorovaikutukseen asianomaisten kanssa. (MRL 2014)

### 2.8.3 Kiinteistönomistajan tehtävät

Kiinteistönomistaja on veloitettu imeyttämään hulevedet kiinteistöllä tai johtamaan ne vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriverkostoon. Jos kumpikaan näistä ei ole mahdollista, niin kiinteistönomistajan on johdettava hulevedet kunnan hulevesijärjestelmään. Tästä veloitteesta voi saada vapautuksen hakemalla vapautusta kunnan määräämältä viranomaiselta, jos kiinteistön omistaja tai haltija järjestää hulevesien hallinnan asianmukaisesti muilla toimenpiteillä.

Kiinteistön omistaja ja haltija on veloitettu hyväksymään tonttijaosta, kaavoituksesta tai hulevesisuunnitelmasta johtuvien töiden toteuttamisen alueellaan häiritsemättä töitä. (MRL 2014)

## 2.9 Hulevesien hallinnan yhteys muuhun suunnitteluun

Maankäyttö ja rakennuslain uudistamisen myötä hulevesien hallinta on liitetty osaksi kaavoitusta. Pintojen ja rakenteiden kuivaaminen kuuluu teiden, katujen ja rakennusten suunnitteluun. Hulevesien tehokkailla johtamisreiteillä on vaikutuksensa hulevesivirtaaman muodon kautta vastaanottavan uoman tai vesistön vesiolosuhteisiin. Hulevesien ohjaamisella pohjavesialueiden ulkopuolelle pystytään vaikuttamaan merkittävästi myös vedenhankintaan. Hulevedet voivat kuljettaa mukanaan haitta-aineita, joten hulevesien hallinta on myös osa pinta- ja pohjavesien kunnon ylläpitämistä.

Vesihuoltolaki kieltää johtamasta kiinteistön hulevesiä jätevesiviemäriin. Kielto on tarpeellinen, koska esimerkiksi Rovaniemellä viemäreihin johdetut hulevedet aiheuttavat puhdistamon pumpausmäärän tuplaantumisen, silloin kun kyseistä toimintaa ei oltu vielä erikseen kielletty. Tämä johtaa vedenpuhdistamolla puhdistusprosessin laadun heikkenemiseen, sekoittaa vedenpuhdistusprosessia ja lisää energiankulutusta. (Jylhä, 2016)

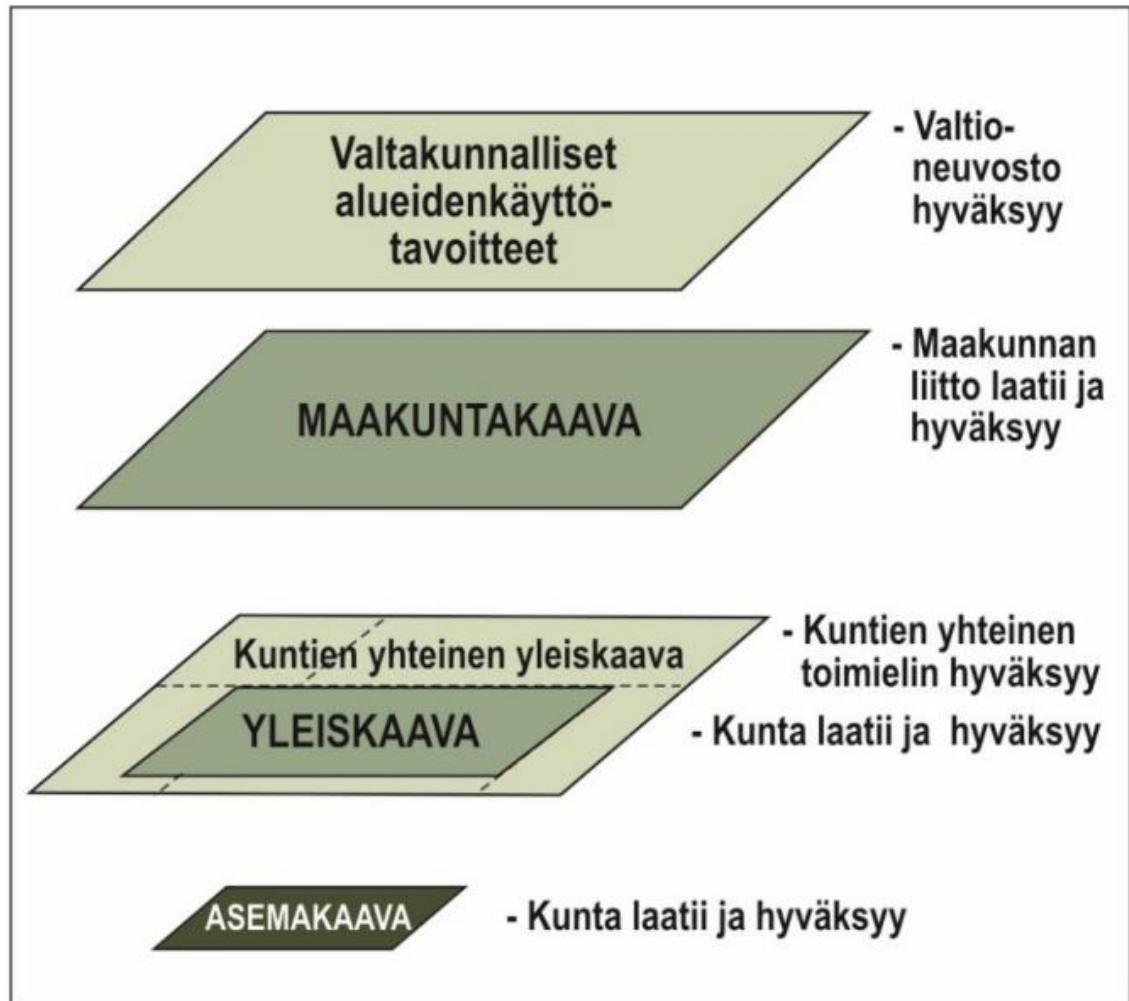
Siinä tapauksessa, että kiinteistön hulevesiä ei poisteta muulla tavalla, niin kiinteistön voi liittää hulevesien poistamisen vuoksi liittää jätevesiviemäriin, jos seuraavat ehdot täyttyvät (Vesihuoltolaki 3 a:17 d§):

- 1) Jätevesiviemäriin mitoitus on tehty ennen vuotta 2015 ja sen mitoituksessa on riittävä kapasiteetti myös hulevesien poisjohtamiseen
- 2) Alueella ei ole rakennettu hulevesien viemäriverkostoa, johon kiinteistö olisi mahdollista liittää
- 3) Vesihuoltolaitos pystyy huolehtimaan jätevesiviemäriin johdettavan huleveden taloudellisesti ja asianmukaisesti.

### 2.9.1 Kaavoitus

Kunnan tehtäviin kuuluu tähdätä siihen, että alueiden käytön suunnittelun kautta rakentamista ja luoda edellytykset myös hyvälle elinympäristölle sekä kestäväälle kehitykselle. Kaavoituksen avulla on mahdollista esimerkiksi suunnata alueelle suunniteltavia toimintoja, vaikuttaa rakenta-

misen sijoittamiseen ja tehokkuuteen, varata alueita sekä antaa määräyksiä rakentamiselle. Pätevä kaavoittaja vastaa kunnissa maankäytön suunnittelusta. (MRL 1999) Kaavojen keskinäinen hierarkia on esitetty kuvassa 14.



**Kuva 14. Eri kaavojen hierarkiajärjestys ja niiden laativat sekä hyväksyvät tahot. (Pohjois-Pohjanmaa, 2017)**

Kaavoituksen esitietojen tulee koostua riittävästä määrästä alueeseen liittyviä tutkimuksia ja selvityksiä, joiden avulla pyritään arvioimaan kaavan olennaiset vaikutukset. Kaavoittamisessa tulee ottaa myös huomioon valtioneuvoston määräämät valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet. Ne ohjaavat kuntien ja maakuntien kaavoitusta ja myös valtion viranomaisten toimintaa (MRL 1999). Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet (uusin vuodelta 2008) pitää sisällään muun muassa vesiensuojelua ja tulvariskien hallinta koskevia tavoitteita.

Vesienhoitosuunnitelmissa ja vesienhoidon toimenpideohjelmassa on annettu kaavoitusta varten monia eri ohjauskeinoja. Nämä ohjauskeinot voivat liittyä hulevesien johtamiseen, käsittelyn kehittämiseen ja myös hulevesien hallinnan suunnitteluun. ELY-keskus valmistele ja valtioneuvosto hyväksyy vesienhoitosuunnitelmat ja toimenpideohjelmat, joita voidaan käyttää ohjauskeinoina pinta- ja pohjavesien hyvän tilan ylläpitämiseksi. (Vesienhoitolaki 2004).

Paras lopputulos saavutetaan, kun hulevedet otetaan huomioon yleiskaavoituksesta alkaen ja ne pysyvät mukana aina yksityiskohtaiseen kaavoitukseen ja hulevesikäsittelymenetelmien suunnitteluun asti. (Tornivaara-Ruikka) Pintavesien ja virtausolosuhteiden huomioon ottaminen ei ole tuore vaatimus, sillä sitä on edellytetty jo vuodesta 1986 seutus suunnittelun keskusliiton ohjeissa (mm. pintavedet, virtausolosuhteet, sadanta ja topografia). (Yleiskaavan sisältö ja esitustavat 2006). Kunnat määrittelevät itse hulevesien hallinnan kaavamerkintänsä (Kuntaliitto 2012).

**Maakuntakaava** on kaavoista suurpiirteisien. Siinä esitetään periaatteet maakunnan tai sen osa-alueiden alueiden käytön ja yhdyskuntarakenteen kehittämisestä, sekä esitellään maakunnan kehittämisen kannalta tarpeelliset alueet. Sen tehtävänä on esittää alueiden käytön ja yhdyskuntarakenteen kehittämisen periaatteet ja yhdistää alueidenkäyttötavoitteet maakunnan alue- ja yhdyskuntarakenteeseen sisältäen kuitenkin maakunnan omat erityispiirteet. Jokaisella maakunnalla on oma maakuntakaava ja se on maakunnan liiton laatima, sen hyväksyy maakunnan liiton liittovaltuusto ja sen vahvistaa ympäristöministeriö [MRL 1999].

Maakuntakaavoitusta tehtäessä kartoitetaan yleispiirteinen hulevesien merkityksen arviointi osana tulvien hallintaa ja myös pinta- ja pohjavesien tilan turvaamista. Maakuntakaavaa suunniteltaessa on myös otettava huomioon alueiden käytön ekologinen kestävyys, ympäristön ja talouden kannalta kestävä liikenteen ja teknisen huollon järjestelyihin sekä vesi- ja maa-ainesvarojen kestäväan käyttöön. Aiemmin maakuntakaavan hyväksyi ympäristöministeriö, mutta maankäyttö- ja rakennuslain muutos siirsi hyväksymisvastuun maakuntaliiton korkeimmille elimille. (Ympäristöhallinto, 2016; Kuntaliitto 2012)

Asemakaavat ja yleiskaavat luodaan kunnan alueiden käytön ohjaamiseksi. Kunnan alueiden käytön pääpiirteet esitetään Yleiskaavassa. Siihen voidaan sisällyttää myös (yleiskaava)määräyksiä rakentamisen ja maankäytön ohjaamista varten tietyillä alueilla ja myös haitallisten ympäristövaikutusten estämistä tai rajoittamista. Kunnan omien tavoitteiden sovittaminen maakunnallisiin ja valtakunnallisiin alueiden käytön tavoitteisiin tapahtuu yleiskaavassa. Kunnan valtuusto hyväksyy kunnan yleiskaavan tai osayleiskaavan. Kuntien yhteinen toimielin hyväksyy monen kunnan yhteisen yleiskaavan ja sen vahvistaa ympäristöministeriö. (MRL 1999)

Yleiskaavan tekeminen alkaa suunnittelun lähtökohtien ja tavoitteiden määrittämiseksi tehdyillä perusselvityksillä ja kaavan toteuttamisen vaikutusselvityksillä. Näiden selvitysten pohjalta pitää pystyä arvioimaan, saako ratkaisuehdotus aikaan merkittäviä haitallisia vaikutuksia. Samalla yleiskaavaa varten pitää selvittää mm. pohjavesialueiden ominaisuudet, tulvariskit, luonto- ja maisemaselvitykset, pienvesistöjen tila, hulevesien käsittelytarve ja pohjavesialueiden pilaantumiskit. (Yleiskaavan sisältö ja esitystavat, 2006)

Yleispiirteinen hulevesiselvitys tehdään kaavoitusta varten. Hulevesiselvityksessä valuma-aluekohtaiset hulevesien hallinnan tavoitteet esitetään, tähän lukeutuu myös tulvariskialueiden kartoittaminen. Yleiskaavakartoissa ja kaavamääräyksissä esitetään hulevesien johtaminen ja sen keskeisimmät periaatteet. (Ilmastokestävän kaupungin suunnitteluopas 2015b). Hulevesien hallintaa yleiskaavatasolla johtaa tilavarauksiin hulevesien johtamista ja käsittelyn vuoksi. Yleinen tapa on myös merkitä hulevesialueet osaksi viheralueita. (Kuntaliitto 2012). Osayleiskaavan ollessa oikeusvaikutteinen, hulevesien hallinnalle voidaan antaa myös määräyksiä. (MRL 1999)

**Asemakaavassa** esitetään yksityiskohtaisesti, kuinka kunnan osa-alueiden käyttö ja rakentaminen järjestetään. Asemakaavaa valmistellessa kerrotaan tarkemmin ja avataan aiemmissa kaavoitusvaiheissa koottuja selvityksiä. Asemakaavassa kerrotaan kaavamääräyksiin ja -ohjein, esimerkiksi että mitä rakennuksia alueelle saa rakentaa. Kunnan tehtäviin kuuluu vastata asemakaava-alueen hulevesijärjestelmän rakentamisesta niin, että se täyttää asemakaavan tarpeet, joten hulevesijärjestelmien vaatimukset tulee huomioida jo kaavoituksesta lähtien. Hulevesien hallintajärjestelmän rakenteet ja ratkaisut esitetään asemakaavoituksessa. Kunnanvaltuuston tehtäviin kuuluu asemakaavan hyväksyminen. (MRL 1999)

Kaavamääräyksillä voidaan vaikuttaa tulvimisen vaikutuksiin, esimerkiksi valitsemalla alin sallittu rakentamiskorkeus ja matalille alueille suunnitellun maankäytön valinnalla. Alimmalla suositeltavalla rakentamiskorkeudella tarkoitetaan korkeustasoa, jonka alapuolelle ei pidä sijoittaa kastuessa vaurioituvia rakenteita. (Parjanne ja Huokuna 2014)

Rakentamistapaohjeessa on mahdollista esittää kaavan noudattamisen tärkeimpiä periaatteita. Rakentamistapaohjeella itsellään ei ole kuitenkaan oikeudellista vaikutusta (Asemakaavamerkinnot ja -määräykset 2003). Rakentamistapaohjeeseen voi sisällyttää kuvauksen tonttien hulevesien hallintavaihtoehtoista.



## 2.9.2 Vesien suojelu

Pohjaveden muuttamis- ja pilaamiskielto on kirjattu vesilakiin (2011) pohjaveden suojelemiseksi. Kiellot koskevat toimenpiteitä, jotka heikentävät pohjaveden laatua tai vähentävät sen muodostumista.

Hulevesien hallinta liittyy pohjavesiin muuttamis- ja pilaamiskiellon kautta. Jos hulevedet ohjataan pois pohjaveden muodostumisalueilta, pohjavettä ei muodostu. Jos hulevesi sisältää haitta-aineita, ne voivat vaikuttaa pohjaveden laatuun negatiivisesti ja pahimmillaan pilata pohjaveden. (Kuntaliitto 2012) Hulevesistä aiheutuvien riskien arviointia ja hallintaa vaikeuttaa se, ettei hulevedelle ole asetettu yleisiä laatuvaatimuksia ja -kriteereitä (Särkiaho & Sillanpää 2012).

Hulevesistä on tarpeellista selvittää tapauskohtaisesti eri haitta-aineiden riskit maankäyttöön ja alueelle sijoitettuihin toimintoihin pohjautuen. Esimerkiksi teollisuusalueiden hulevesien laatuhaikat ovat hyvin erilaisia kuin soisten metsän aiheuttamat. Joissain tapauksissa, kuten suurten riskialttiiden tehtaiden yhteydessä, tulee tehdä kiinteistökohtainen torjuntasuunnitelma, sillä varsinkin teollisuusalueiden päästöt poikkeavat tapauksesta riippuen suuresti. Asuinalueiden vesissä taas on suurempia määriä bakteereja ja ravinteita. Bakteerien ja ravinteiden määrä korreloi asukastiheyden kanssa. Hulevesissä ilmenevät myrkylliset orgaaniset yhdisteet ovat yleensä lähtöisin ajoneuvoliikenteestä. Taulukossa 6 on eriteltyä tärkeimmät Suomessa mitattavat laatuparametrit ja taulukossa 7 on eritelty erilaisten maankäyttöalueiden hulevesipäästöjä.

**Taulukko 6.** Sovitettu lähteestä (Eriksson, E. 2007)

<b>Yleiset laatuhaivainnot</b>	biologinen hapenkulutus, suolistoperäiset bakteerit, sähkönjohtavuus, kemiallinen hapenkulutus, typpi, fosfori, pH ja sameus
<b>Torjunta-aineet</b>	terbutylatsiini, pendimetaliini, fenmedifaami ja glykosaatti
<b>Metallit</b>	sinkki, kadmium, kupari, nikkeli, lyijy, platina ja kromi(VI)
<b>PAH-yhdisteet</b>	bentso(a)pyreeni, naftaleeni, pyreeni
<b>Muut</b>	nonyylifenolietoksyylaatit ja sen hajoamistuotteet; metyyli-tertääributyylieetteri (MTBE); pentakloorifenoli; 2,4,4'-triklooribifenyylit (PCB-28)

**Taulukko 7.** Taulukossa on eriteltynä hulevesien haitta-ainepitoisuuksia maankäytön mukaan. [Hall M.J. 1985; Butler, D., 1995; Moy, F., 2003; D'Arcy J.B., 2000; House, M.A., 1993; HMSO, 1998; Ellis J.B., 2001]

	Kaupunkika- dut	Maaseututiet	Asutusalueet (Britannia)	Avoimet kaupunki- alueet* (Britannia)
<b>Kiinto- aine</b>	11-400	12-134	85,1	126,3
<b>E.coli</b>			10-10 <sup>3</sup>	
<b>Kloridi</b>	1,3-2,7			
<b>Typpi</b>	0,18-0,98		2,85	1,68
<b>Fosfori</b>			0,22	0,41
<b>Sinkki</b>	0,02-1,9	0,035-0,085	0,297	0,203
<b>Lyijy</b>	0,01-0,15	0,024-0,272		0,061
<b>Kupari</b>	0,01-0,12	0,01-0,05		0,028
<b>Öljyt ja hiilivedyt</b>	7,5-400			0,6

\*sis. Viheralueet, puistot, urheilukentät, hautausmaat

Haitta-ainepitoisuuksia mitattaessa on eriteltävä pitoisuuden ja kuormituksen/huuhtouman käsitteet. Tämä siksi, että pienellä sateella pitoisuudet ovat huomattavasti suurempia kuin suurella sateella. Tämän vuoksi suositaan EMC-arvoja (engl. Event Mean Concentration). Täten maankäytön lisäksi hulevesien laatuun vaikuttaa monet eri tekijät, kuten vuodenaika, sademäärä, sateen intensiteetti, valuma-alueen fyysiset ominaisuudet ja valuntaa edeltävän kuivan kauden pituus. Luotettava hulevesien laatuarviointi vaatii siis haitta-ainekohtaisten huuhtoumien tarkastelua pidemmällä aikavälillä valuma-aluemittakaavassa, esimerkiksi vuoden ajan. (Kuntaliitto, 2012)

Pohjaveden pilaamiskiellon vuoksi kaavoituksen yhteydessä määritellään pinnat (esim. kadut, teollisuuskorttelit ja pysäköintialueet), joilta hulevedet ohjataan pois pohjavesialueen ulkopuolelle. Samassa yhteydessä tulee arvioida kuinka paljon kaavoituksen mukainen rakentaminen vaikuttaa pohjaveden muodostumiseen (Kuntaliitto 2012). Jos pohjavesi on vedenottokelpoista ja sen määrään tai laatuun vaikutetaan olennaisesti, on hankkeelle haettava AVI:n (Aluehallintavirasto) lupa. (VL 2011)

Hulevedet aiheuttavat **pintavesiin** lyhytaikaisen kuormituksen vuoksi äkillisen laatuhäiriön. Pitkäaikainen katkeamaton kuormitus saa aikaan pysyviä vaikutuksia, kuten vesistöjen samentumista ja rehevöitymistä. (Valtanen et al. 2010).

Hulevesivirtaamien ääri-ilmiöiden myötä hulevesien vaikutus pienvesien esim. lampien, purojen ja pienten järvien kuntoon on kasvanut. Suuret hulevesimäärät vaikuttavat uomien eroosion kautta suoraan rantojen ekologiseen tilaan ja rakenteisiin. Toisaalta liian pienet virtaamat voivat laskea vesien pinnat liian mataliksi vesieliöille. Yleisesti hulevesien hallinnalla pyritään parantamaan pintavesien tilaa virtaaman tasaamisella, luonnonmukaisen uomaprofiilin palauttamisella ja kiintoaineen poistamisella. (Kuntaliitto 2012).

Suomessa on yleisenä tapana johtaa hulevedet luontoon käsittelemättömänä. Käsittelytoimenpiteet suoritetaan yleensä kunnan viranomaisten harkinnan mukaan. Hulevesiä koskevia velvoitteita voi olla annettu ympäristölupien yhteydessä. Ympäristölupamenettelyn yhteydessä on mahdollista antaa hulevesiä koskevia velvoitteita. Käsittelyedellytykset pohjautuvat tietoihin vastaanottavan vesistön ominaisuuksiin, havaittuihin tai arvioituihin haittavaikutuksiin ja myös erilaisten haittavaikutusten ehkäisemisen priorisointiin. (Kuntaliitto 2012).

### 2.9.3 Rakentaminen

Yleiset edellytykset rakentamista varten määritellään maankäyttö- ja rakennuslaissa (1999). Samalla se määrittelee olennaiset tekniset vaatimukset, rakentamisen lupamenettelyn sekä viranomaisvalvonnan. Yksityiskohtaisemmat ohjeet ja säännökset on kerätty Suomen rakentamismääräyskokoelmaan (RakMK). Ministeriön antamat ohjeet eivät ole velvoittavia, mutta asetuksena annetut ja Suomen rakentamismääräyskokoelmaan kerätyt säännökset ovat velvoittavia. Uuden rakennuksen rakentamista koskee rakentamismääräyskokoelman sisältö, mutta muutos- ja korjaustöissä määräyksiä sovelletaan ainoastaan tarvittaessa.

Kiinteistön omistaja tai haltija on vastuussa kiinteistön hulevesien hallinnasta (MRL 1999, 103§) ja hulevesiin lasketaan myös rakenteiden kuivatusvedet. Maa- ja pohjarakenteet on suunniteltava niin, että rakenteisiin maasta johtuvan veden aiheuttamat haitat voitaisiin ehkäistä. Tästä johtuen pohjarakennesuunnitelmassa on yleensä esitetty rakenteen kuivana pito. (Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 2014)

Rakennusmääräyskokoelmassa on myös tarkempia määräyksiä koskien kiinteistölle sijoitettavia sadevesilaitteistoa ja perustusten kuivatusvesilaitteistoa kohdassa (RakMK D1 2007). Yleinen nyrkkisääntö on, että sadeveden poisto kiinteistön alueelta tulee hoitaa hyvin toimivalla tavalla, ilman että siitä aiheutuu tapaturman tai vahingon vaaraa, tulvimista tai muuta haittaa. Sadevesijärjestelmän kapasiteetin on oltava riittävän iso. Tällöin viemärin ei tulvi kun sinne johdetaan mitoitussadetta vastaava virtaama.

Rakennettaessa luvanvaraisesti (tilat, rakennukset) suunnitelmien riittävästä laadusta ja laajuudesta, sekä rakentamiselle asetettujen vaatimusten täyttymisestä vastaa pääsuunnittelija. Ellei sadevesijärjestelmää jaeta pienempiin osiin, niin sadevesijärjestelmän suunnittelu kuuluu vastaavalle LVI-suunnittelijalle. Suunnitelmien on muodostettava keskenään toimiva kokonaisuus, tästä vastaa vastaava suunnittelija. (RakMK A2 2002)

Kunnallisvaltuusto hyväksyy rakentamisjärjestyksen, jonka suhteen annetaan paikallisiin olosuhteisiin soveltuvia määräyksiä (MRL 1999). Nämä määräykset koskevat mahdollisesti esimerkiksi hulevesien käsittelemistä ja johtamista tontilla. Määräyksiä ei sovelleta, jos oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa, asemakaavassa tai Suomen rakentamismääräyskokoelmassa asia määrätään toisin (MRL 1999)

Hulevesijärjestelmän rakenteet esitetään usein katusuunnitelmassa ja silloin erilliselle hulevesisuunnitelmalle ei ole tarvetta. Katujen suunnittelusta vastaa kunta. (MRL 1999)

Kunnan vastuualueella on rakentamisen ohjauksesta ja valvonnasta alueellaan ja rakentamista varten on oltava rakennuslupa (MRL 1999). Rakennusluvut jaotellaan neljään eri luokkaan: rakennuslupa, toimenpidelupa, purkamislupa ja maisematyölupa. Kaikkiin näihin liittyy ilmoitusmenettely. Rakentamisen säännösten noudattaminen ja kaavojen toteutumisen valvonta varmistetaan lupamenettelyllä. Kunnan viranomaisen myöntää luvat. Asemapiirustuksiin merkitään rakennuslupa-asiakirjoissa vesien käsittely ja sadevesikaivot. (RakMK A2 2002)

### 2.9.4 Hulevesien hallinta rakentamisen aikana

Hulevedet, jotka huuhtoutuvat rakennustyömailta vaativat usein erityishuomiota, sillä ne sisältävät usein ravinteiden ja kiintoaineen lisäksi rakennustoiminnasta syntyviä haitta-aineita, esimerkiksi kiinteitä jätteitä, rasvoja, öljyjä, rakennuskemikaaleja ja pesuvesiä. (EPA 833-F-00-008)

Haitta-aineet riippuvat suuresti siitä, mikä rakennustyövaihe on käynnissä. (Sillanpää 2013). Rakennustyömaan alkuvaiheissa hulevedet sisältävät enemmän fosfori- ja kiintoainekuormitusta ja typpikuormitus kasvaa vasta myöhemmin. Yleisesti pitoisuudet ovat suurimmillaan kesällä tai keväällä sekä auratussa lumessa. Ravinnekuormitus muodostuu lisäkuormituksesta (räjäytystyöt, jätevesikontaminaatiot, yms.) ja osa taas eroosiosta joka johtuu maan kaivamisesta.

Työmaalla tehtävistä töistä suurin osa vaatii viranomaislupaa tai lausuntoa. Lupiin ja lausuntoihin on mahdollista sisällyttää myös työmaa-aikaisien hulevesien käsittelystä, laadusta ja johtamisesta. Kyseiset hulevesimääräykset voidaan antaa myös kunnan rakennusjärjestyksessä. (Helsingin kaupunki 2013)

Jos kyseessä on pidempiaikainen työmaa ja on syytä epäillä, että rakentaminen saattaa aiheuttaa vesistön pilaantumista, niin siltä voidaan vaatia ympäristösuojelulain mukaista ympäristölupaa. Vaadittuihin lupiin sisältyy yleensä aina rakennuslupa (125§), maisematyölupa (128§) ja toimenpidelupa (126§). Joissain tapauksessa voidaan vaatia myös kaivulupa yleisellä alueella kaivamiseen, vesien johtamiseen hule-, jäte- ja/tai sekaviemäriin ja suostumus vesien johtamiseksi kunnan omistamalle tontille (ojaan/maaperään). Työmaavesien käsittelysuunnitelma tulee liittää lupahakemuksen, ilmoituksen tai rakennustyömaan työmaasuunnitelman osaksi.

Helsingin kaupunki (2013) on kerännyt yleisen ohjeen hyvistä työtavoista koskien työmaavesien käsittelyä. Esimerkiksi on hyvä arvioida työmaalla muodostuvien vesien laatu ja määrä sekä valita käytettävät laitteistot ja niille käyttö- ja huoltotoimenpiteet. Taulukossa 8 on kerätty yleisesti suositeltavia käsittelytapoja.

**Taulukko 8:** Suositeltavat käsittelymenetelmät kullekin poistettavalle aineelle tai ominaisuudelle.

Poistettava aine tai ominaisuus	Käsittelymenetelmä
Kiintoaine ja siihen sitoutuneet ravinteet ja haitta-aineet	Laskeutusaltaat Hiekkanerotus Viivytys Hiekka-, kanhas tai muu suodatus Kemiallinen saostaminen Märkäsykloni
Öljy	Öljynerotin Aktiivihiiisuodatin
Muut orgaaniset yhdisteet	Aktiivihiiisuodatin
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet	Ilmastus ja aktiivihiiisuodatin katalyyttinen poltto
Liuenneet metallit	Kemiallinen saostaminen Ultrasuodatus Käänteisosmoosi
Alhainen tai korkea pH	pH:n säätö (esim. vahvalla hapolla, emäksellä tai hiilidioksidilla)
Ravinteet (typpi (N) ja fosfori (P))	Biologinen ja/tai kemiallinen puhdistus (saostus, ilmastus, laskeutus)

Työmaavesien käsittely on usein hankalaa työmaaoloissa paikan päällä, joten se olisi hyvä johtaa muualle käsiteltäväksi.

## 2.9.5 Ojitus

Ojitus tarkoittaa ojan tekemistä ja myös noron, puron tai ojan suurentamista tai oikaisemista maan kuivattamiseksi tai haittaavan veden poisjohtamiseen tähtäävää alueen käyttöä. Jos perkaaminen ei aiheuta yläjuoksulla olevan järven keskivedenkorkeuden alenemista, noron tai puron perkaaminen määritellään ojitukseksi. (Vesilaki 2011)

## Ojittamisen ilmoitukset ja luvanvaraisuus

Jos ojituksen on mahdollista aiheuttaa vesialueen pilaantumista, se vaatii aluehallintovirastolta luvan. Vesialueeseen lasketaan mukaan kaikki pysyvät vesistöt myös ojat ja uomat (VL 2011). Pilaantumisella tarkoitetaan esimerkiksi terveyshaittaa, haittaa luonnolle ja sen toiminnoille, kulttuuriarvojen, yleisen viihtyvyyden ja virkistyskäytön vähentymistä, luonnonvarojen käytön estymistä (esim. kalat), haittaa omaisuudelle tai muuta näihin rinnastettavissa olevaa edun loukkamista. (Ympäristönsuojelulaki 2014)

Vanhan ojan muuttuessa luonnontilaisen kaltaiseksi uomaksi, saattaa ojan kunnossapito muuttua luvanvaraiseksi. Ojitus muuttuu luvanvaraiseksi, kun ruoppausmassan paino ylittää 500 m<sup>3</sup>. (VL 2011)

Ojitus toiminnan ollessa ei-luvanvaraista, hankkeesta vastaavan on tehtävä ilmoitus ojituksesta kirjallisena ELY-keskukselle vähintään 60 päivää ennen kuin ojitus alkaa. Jos ojitus on ilmoitettu tiesuunnitelmassa tai ratasuunnitelmassa, erillistä ojitusilmoitusta ei tarvitse tehdä. (VL 2011).

## Ojitusyhteisö

Ojitusyhteisö perustetaan yhteistä ojitusta varten silloin kun hyödynsaajia on vähintään kolme ja (i) ojitus vaatii luvan lupaviranomaiselta, (ii) yhteisestä ojituksesta ei saada aikaan sopimusta tai (iii) hyödynsaaja vaatii niin. Vaatimus ojitusyhteisön perustamisesta voi tulla myös valvovalta viranomaiselta. Ojitusyhteisön osakkaisiin lasketaan ne, jotka hyötyvät ojituksesta. (VL 2011).

Ojitusoimituksessa perustetaan ojitusyhteisö. Siellä käsitellään ojitus suunnitelma, sen toteutusedellytykset ja päätetään myös kustannusten jakamisesta. Ojitusyhteisölle kuuluu myös ojan kunnossapito. Ojitusyhteisö on periaatteessa ikuinen ja jos ojitusyhteisö hajotetaan, niin ojat pitää saattaa takaisin luonnontilaan. (VL 2011).

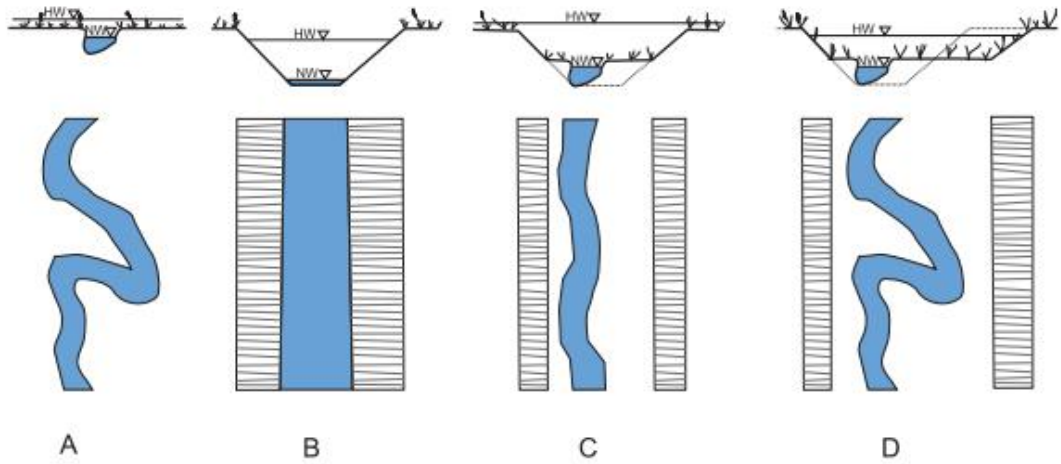
## Toisen alueella ojittaminen ja ojitus suunnitelma

Sellaisissa tapauksissa, missä ojitus edellyttää luvan, ojitusoimituksen päätöksen tai ojitus on laaja, vaaditaan ojitus suunnitelma. Suunnitelma pitää sisällään tiedot toteutustavasta, hankkeesta, hyödyistä, kuivatussyvyyksistä ja arvion vaikutuksista. (VL 2011).

Jos on tarkoituksena rakentaa toisen alueelle puro tai perata toisen alueella sijaitseva puro tai oja, niin on kysyttävä maanomistajalta siihen lupa. Ympäristöviranomaisen tekee päätökset koskien mahdollisia ristiriitatilanteita, jos ojitus ei vaadi ojitusoimitusta tai ojitus lupaa. Ojituksen sijaitessa asemakaava-alueella, ojan sijoittamisesta tehdään päätös maankäyttö ja rakennuslain mukaan. (VL 2011).

## Luonnonmukainen vesirakentaminen

Ojitus ja sen kunnossapito on mahdollista tehdä myös luonnonmukaisena. Se mahdollistaa uoman vedenjohtokyvyn varmistamisen samalla parantaen ojan vedenlaatua. Tähän rakentamiseen kuuluu mutkittavan linjauksen lisäksi myös kapeampi osio alivirtaamaa varten, pohjakynnyksiä, lietekuoppia ja tulvatasanteita (Kuva 15). Pohjakynnysten avulla pienennetään eroosiota ja kasvillisuudella on mahdollista sitoa ojan reunoja. (Näreaho et al 2006).



**Kuva 15.** Alkuperäinen tilanne (A), jonka pieni mutkitteleva uoma perataan. Tällöin sen poikkileikkauspinta-ala suurenee, tavallisen kesäveden aikainen vesisyvyys laskee ja vedenpinta levenee (B). Suurempien virtaamien loputtua uoma ei pysy enää täysin auki ja alkaa kasvamaan umpeen. Pienempi virtaama luo oman alivirtaamauoman joka pysyy auki (C). Kun tiedostetaan maksimivirtaama ja alivirtaama, niin on kannattavaa rakentaa luonnonmukainen uoma, joka normaalitilassa riittää alivirtaamalle, mutta kynnyksen (tulvatasanko) avulla riittää myös maksimivirtaamalle. Alivirtaamauoman annetaan (Näreaho et al. 2006).

### 3. HULEVESIJÄRJESTELMÄN MITOITUS

Hulevesijärjestelmän tarkoituksena on johtaa vettä, minkä vuoksi mitoituserusteena on sateen aiheuttama hulevesivirtaama valitulla todennäköisyydellä eli toistuvuudella. Tasapaino riskien ja kustannusten välillä haetaan mitoitustodennäköisyydellä. Alimitoitettu järjestelmä on halvempi, mutta aiheuttaa useammin tulvia, kun taas ylimitoitettu järjestelmä on kalliimpi mutta tulvariski on pienempi.

Mitoitusvirtaama lasketaan kaavalla 3.

$$Q = K * i * A, \quad (3)$$

missä

Q= mitoitusvirtaama

K= alueen keskimääräinen valumakerroin

i = mitoitussateen intensiteetti

A= alueen pinta-ala

Mitoitussade lasketaan näiden neljän tekijän pohjalta. Mitoitussateen intensiteetti lasketaan jakamalla sateen kokonaissadanta sateen kestolla. Lopullisessa mittauksessa tulee ottaa huomioon, että sateen todellinen intensiteetti ei ole ikinä tasainen ja siksi hulevesijärjestelmä on tehtävä hieman isommaksi kuin mitä mitoitusmäärät vaativat. Virtaaman viivyttäminen tasaa virtaamaa ja helpottaa osaltaan hulevesien hallintaa. Sateen intensiteettiä arvioidessa on myös otettava huomioon mitoitussateen todennäköisyys ja mahdollisten tulvien aiheuttaminen vahinkojen määrästä. Esimerkiksi joutomaan tulviminen kerran vuodessa saattaa aiheuttaa pienemmät vahingot kuin moottoritien katkeaminen kerran kymmenessä vuodessa. (Kuntaliitto, 2012)

#### 3.1 Mitoitussade

Mitoitussade tarkoittaa suurinta virtaamaa tai vesimäärää, jonka järjestelmä pystyy hallitsemaan ilman tulvia tai muita haitallisia sivuilmiöitä. Mitoitussateessa on kolme tärkeää tekijää: intensiteetti, kesto ja toistuvuus. Mitoittaessa sateen intensiteetti oletetaan vakioksi.

Mitoitussateen kesto valitaan sellaiseksi, että valuma-alueen reunoille satanut vesi on ehtinyt purkupisteeseen, siksi isompi valuma-alue tarkoittaa pidempää mitoitussadetta, mutta myös pienempää intensiteettiä. Taulukossa 9 kerrotaan (Liikennevirasto 2013) ohjeelliset mitoitussateen kestoajat. Mitoitusta tehtäessä on otettava huomioon valuma-alueen maankäyttö ja sen vaikutus virtaamapiikkeihin. Valuma-alueella voi olla valtavia parkkipaikkoja, jotka aiheuttavat purkupisteelle saapuessaan suuremman piikin kuin vastaavankokoinen soinen metsä.

**Taulukko 9.** Eri kokoisille valuma-alueille käytetään taulukon mukaisesti kestoiltaan erilaisia mitoitussateita. (Liikennevirasto 2013)

Valuma-alueen pinta-ala [ha]	Mitoitussateen kesto [min]
< 2	5
2...5	10
5...20	20
20...100	60

Mitoitussateen kesto arvioidessa voidaan virtausreitien virtausnopeutta arvioida erilaisten johtotapojen perusteella. Taulukossa 10 esitetään veden ohjeellinen virtausnopeus eri johtamistavoille. Johtamismenetelmiä mitoittaessa tähdätään siihen, että virtausnopeudet pysyisivät suunnilleen samalla alueella. Liian suuri virtausnopeus voi aiheuttaa korroosiota tai eroosiota ja liian pieni virtausnopeus on merkki ylimitoitetusta järjestelmästä.

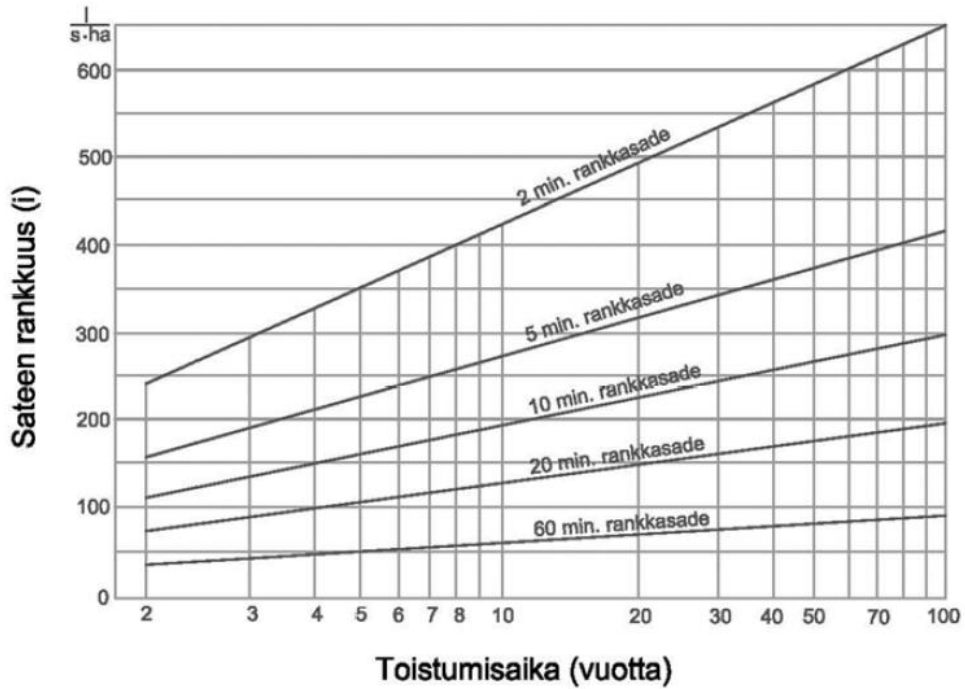
**Taulukko 10.** Ohjeelliset virtausnopeudet johtamistavasta riippuen. (Kuntaliitto 2012)

Johtamistapa	Ohjeellinen virtausnopeus [m/s]
Pienet putket	1,5
Suuret putket	1,0
Ojat	0,5
Maasto	0,1

Sateen intensiteettiä määritettäessä, tulee ensin päättää sateen toistuvuus, eli kuinka usein mitoitussateen kaltainen sade tapahtuu. Sateen toistuvuuden voi esittää myös esiintymistodennäköisyyden prosenttina. Nomogrammissa on esitetty rankkasateen voimakkuuden arvot Suomessa toistumisaikaan verrattuna.



## Rankkasateen voimakkuus Suomessa



**Kuva 16.** Rankkasateen voimakkuus Suomessa toistumisaikaan verrattuna (Liikennevirasto, 2013)

Valittaessa mitoitussateen intensiteettiä pitää myös huomioida valuma-alueella sijaitsevien kohteet ja kuinka suurta tuhoa mahdollinen tulva voi aiheuttaa, esimerkiksi kerran vuodessa tulviva metsä on huomattavasti pienempi ongelma kuin kerran vuodessa tulviva autotunneli. Taulukossa 11 on eritelty mitoitusvirtaaman toistuvuuden valintaan vaikuttavia kohteita.

**Taulukko 11. Valuma-alueella sijaitsevien kohteiden vaikutus mitoitussateen toistuvuuteen. (Kuntaliitto 2012)**

Sillan tai rummun ylävirranpuoleinen tulvauhan alainen kohde (kun on riski veden noususta rakennukseen asti)	HQ:n toistuvuus	
Taajama, merkittäviä rakennuksia tai rakenteita	1/100	
E erityisen arvokkaita asuin- tai hoitokäytössä olevia kohteita (esim. sairaala)	1/250	
Ylittävä väylä	Tavoitearvo	Minimiarvo
Rautatie, moottoritie	1/100	1/100
Valta- tai kantatie, ei varareittiä	1/100	1/10
Valta- tai kantatie, jolla on tulvariskitön varareitti	1/20	1/5
Seututie	1/10	1/5
Yhdystie	1/5	1/2
Yksityistiet	1/2	1/1
Sadevesiviemärit	1/10	1/5
Ajokaistat taajamien pääväylillä	1/20	1/5

Taulukon arvoja sovellettaessa on hyvä muistaa muutama nyrkkisääntö (ELY, 2016), (Kuntaliitto, 2012):

1. Uusia väyliä suunniteltaessa pyritään käyttämään tavoitearvoa.
2. Tavoitearvoa pienempää mitoitusta voidaan käyttää, jos kustannukset muuten nousevat kohtuuttomasti tai jos ympäristön rakenteet vaativat niin.
3. Vanhoja rumpuja uusittaessa joko rakentaa uusi 20% suurempi rumpu (varautuminen ilmastonmuutokseen) tai jos vanha rumpu on ollut ongelmaton, niin voidaan käyttää samaa kokoa.

### 3.2 Valuma-alueen ominaisuudet ja valumakerroin

Mitoituksen suhteen tulee tiedostaa, että sadevedestä muodostuvien hulevesien osuus kasvaa sateen jatkuessa, koska maan johtamis- ja imeytysominaisuudet muuttuvat sateen myötä. Tästä syystä mitoituksessa tulisi välttää liian pieniä valumakertoimia. Taulukossa 12 on eritelty eri maastojen valumakertoimia.

**Taulukko 12.** Erilaisten maastojen valumakertoimia C. Tarkat valumakertoimet tulee määritellä aina tapauskohtaisesti ohjesääntöjä noudattaen. (Kuntaliitto 2012)

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

Valumakertoimella kuvataan, kuinka paljon alueelle satavasta vedestä imeytyy maaperään ja kuinka paljon muuttuu hulevedeksi. Taajama-alueilla vettä-läpäisemättömän pinnan määrä on yleisesti niin suuri, että tulvien välttämiseksi on rakennettava hulevesiviemäriverkostoa. Yleisesti taajama-alueiden läpäisemättömät pinnat muodostuvat noin 60-prosenttisesti kaduista ja muista väylistä, sekä pysäköintialueista, jotka ovat usein jo valmiiksi kytketty viemäriin.

Taajama-alueilla sadanta ja valuntaprosessin voi yleensä jakaa kahteen osaan: sadannan muodostumiseen ja valunnan kulkeutumiseen. Suomessa sateet kulkevat usein hulevesiviemärien kautta lähivesistöön, mutta varsinkin vanhemmissa kaupunkikeskustoissa hulevedet johdetaan sekaviemäreissä vesihuoltolaitokselle. (ELY, 2016), (Kuntaliitto, 2012)

### 3.3 Avouomien mitoitus

Avouomat ovat hyvin yleinen ja perinteinen tapa johtaa hulevesiä muodostumispaikoilta lähimpään vesistöön. Ne voivat olla hyvinkin jyrkkäliuskaisia ja syviä. Niihin on mahdollista johdattaa myös salaojavesiä, eli niitä voi hyödyntää myös ympäristön rakenteiden kuivaamiseen. Avouomia mitoittaessa on otettava huomioon, että niiden vaatimat tilavaraukset voivat olla suuria. Suurien avo-ojien merkitys on viime aikoina vähentynyt putkitusten yleistymisen myötä. (Kuntaliitto, 2012)

### 3.3.1 Perinteinen pengeruoma

Mitoittamalla uoma varmistetaan, että sen koko on vesimäärille riittävä. Samalla kerätään uomasta mittaukseen tarvittavia perustietoja, kuten uoman vapaa virtausala ( $A$ ) hydraulinen säde, yms. Uoman vedenjohtokyky riippuu uoman poikkileikkauksesta, märkäpiiristä, pituuskaltevuudesta sekä uoman virtausominaisuuksiin vaikuttavasta luiskien ja pohjan karkeudesta.

Mitoitus tehdään Manningin tasaisen virtauksen kaavalla 4.

$$v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * I^{1/2} \quad (4)$$

, missä

$v$  = veden nopeus (m/s)

$n$  = uoman vastuskerroin ( $s/m^{1/3}$ )

$A$  = vesipoikkipinta-ala ( $m^2$ )

$p$  = märkäpiiri (m)

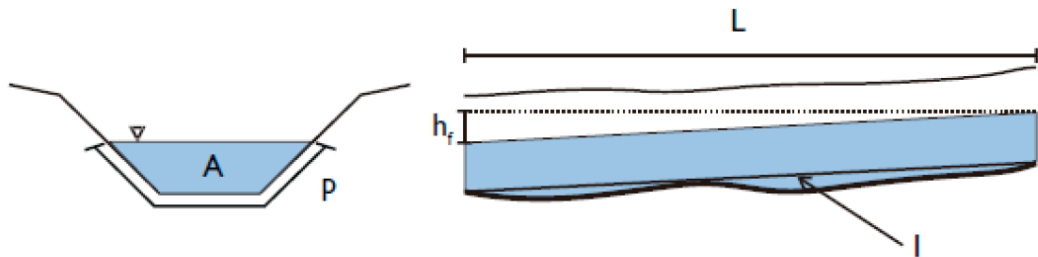
$R$  = hydraulinen säde (m) =  $A/p$

$L$  = matka (m)

$h_f$  = putoushäviö (m)

$I$  = uoman pituuskaltevuus =  $h_f/L$

Mitoituksessa käytetyt suureet on selitetty kuvassa 17.



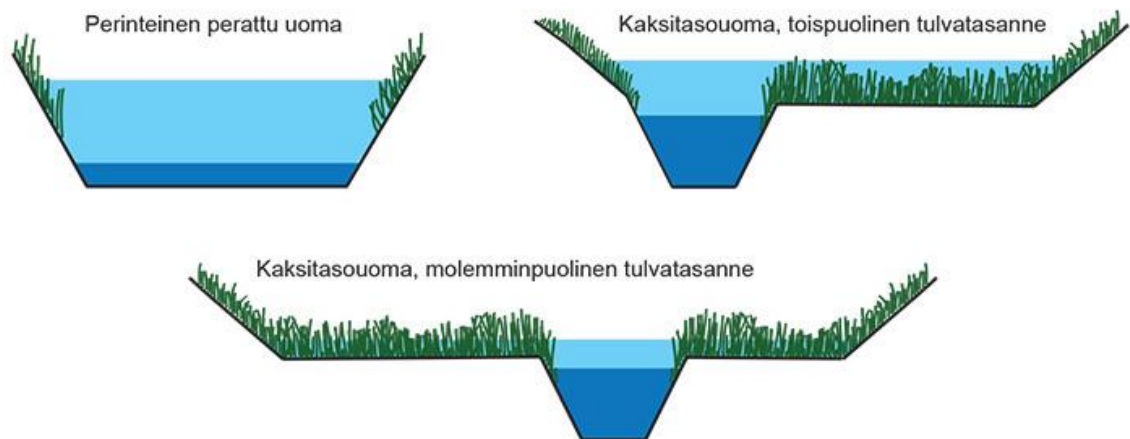
**Kuva 17.** Avouomien mitoittamisessa käytettyjen suureiden määritelmät,  $p$  = märkäpiiri,  $A$  = vesipoikkipinta-ala,  $I$  = uoman kaltevuus,  $L$  = uomaosuuden pituus ja  $h_f$  = putoushäviö. (ELY, 2016)

Vastuskertoimen  $n$  arvot riippuvat pääasiassa pinnan karkeudesta, kasvillisuudesta, uoman mutkaisuudesta ja poikkileikkauksen epäsäännöllisyydestä. Valtaojia mitoittaessa  $n$ :n arvoina käytetään tapauskohtaisesti taulukon 13 arvoja (ELY, 2016):

**Taulukko 13.** Taulukossa eritellään uoman vastuskertoimen  $n$  ( $s/m^{1/3}$ ) arvoja erilaisille uomille perustuen uoman ominaisuuksiin.

	Uoman vastuskerroin $n$
Vastaperattu suora uoma ilman kasvillisuutta	0,020
Uomassa vähän kasvillisuutta	0,03
Verraten tasainen kallioleikkaus	0,035
Uomassa mättäitä, kiviä ja leikkaamatonta ruohoa	0,04-0,05
Kunnossapitämätön uoma, jossa on pensaita	0,100 tai suurempi

### 3.3.2 Kaksitasouoma tulvatasanteella



**Kuva 18.** Kuvassa on eritelty perinteinen perattu pengerouma, kaksitasouoma toispuolisella tulvatasanteella ja kaksitasouoma molemminpuolisella tulvatasanteella. (Sillanpää, 2018)

Vaihtoehtona perinteisille ympäristövaikutuksiltaan haitallisille uomaperkauksille Aalto-yliopisto on tutkimuksessaan (Västilä K, 2018) tutustunut luontopohjaisiin kaksitasouomiin tulvatasanteilla. Tulvatasanteet edistävät tulvien hallintaa, mutta on myös näyttöä, että ne parantaisivat veden laatua ja monipuolistavat ojan eliöstöä. Kuvassa 19 on esitelty erilaisten uomien poikkileikkauksia. Perinteisesti perattu uoma tarjoaa sopivan elinympäristön vain harvoille eliöille, jolloin mikrobin suorittamat vedenpuhdistusprosessit (kiintoaineet, ravinteet ja haitta-aineet) häiriintyvät ja kiintoaineet, ravinteet sekä haitta-aineet pääsevät kulkeutumaan alapuolisiin vesistöihin.

Kaksitasouomat kohentavat ja parantavat maakuivatusta ja uomien vesienjohtokykyä. Niissä säilyy kohtuullinen vesisyvyys samalla kun varmistetaan riittävä virtausnopeus pienemmälläkin virtaamalla, joka edistää suuresti eliöstön elinolosuhteita ja mahdollistaa elinympäristöjen kunnostamisen. Kaksitasouomat torjuvat myös eroosiota. Kasvillisuus pidättää haitta-aineita ja muuttavat ne ympäristöystävällisempään muotoon. Tutkimusten mukaan jo muutaman sadan metrin pituinen tulvatasanne voi vähentää kiintoainekuormaa noin kymmenen prosenttia. Vedenlaatuparannus kasvaa tulvatasanteen pituuden kasvaessa.

#### Mitoittaminen

Mitoituksessa tulvatasanne tulisi asettaa noin vuotuista keskivirtaamaa vastaavalle tasolle. Tällöin tulvatasanteet ovat veden peitossa keskimäärin 2-4 kuukautta vuodesta. Tasanteen leveyden pitäisi riittää tulvahallinnalle kuivavara huomioiden. Uomaa rakentaessa on hyvä jättää mahdollisuuksien mukaan tulvatasanteen kasvillisuus perkaamatta, jolloin kasvillisuus suojaa maata eroosiolta.

Kaksitasouoman kaivaminen vaatii ylläpitoperkausta enemmän kaivuutyötä, mutta uoman odotettavissa oleva elinkaari tasaa kustannuksia pidemmällä aikavälillä. Ylläpitotöissä uoman pohjaan ei tarvitse kajota yhtä usein kuin perinteisessä perkaamisessa. Ylläpitoperkauksia tulee kaksitasouomalle tehdä arviolta 20-30 vuoden välein, mutta tulvatasanteella kasvavaa pensaskasvillisuutta tulee harventaa useammin. (Västilä, 2018)

### 3.4 Putken yleiset mitoitus ehdot

Viemärin suunniteltu tekninen käyttöikä voi vaihdella 50-vuodesta 100-vuoteen, mutta syntyvien hulevesien määrä vaihtelee suuresti riippuen valuma-alueella tehtävistä muutoksista (ympäristön rakentaminen tai purkaminen), joten realistinen suunnittelu tähtää vain 20-40 vuoden päähän. Ympäristön rakentamisen lisäksi hulevesimääriä lisää ilmastonmuutos. Hulevesiviemärin mitoituksessa tavoitteena on, että virtausnopeus ei kasva liian suureksi ja mitoitusvirtaama pääsee kulkemaan ilman patoutumista. Suuret virtaamat aiheuttavat eroosiota putkissa ja todennäköisesti myös ympäröivässä maastossa. Yleisesti hulevesiverkostot mitoitetaan sateille, joiden tilastollinen todennäköisyys on  $1/2a - 1/10a$ , mutta joissain tapauksissa voidaan tehdä myös ns. ylimääräisiä tulvapatkua voidaan suositella alueille, joissa mahdollisella tulva-alueella on erityisen herkkiä kohteita, kuten moottoritie tai muuntamokenttä. Suunnittelualueen valumareittiä on tarkasteltava alajuoksulle sen verran, ettei hulevesijärjestelmä ei aiheuta tulvariskiä alapuolisille-kaan alueille. (Kuntaliitto 2012)

#### 3.4.1 Putkikoon mitoitus

Virtaus aiheuttaa putkiin painehäviöitä, jotka ovat riippuvaisia muun muassa virtausnopeudesta, putkimateriaalista, putken pituudesta ja putken halkaisijasta. Tämän pohjalta arvioidaan kuinka tarvittavan putken koko ja tarpeellinen kaltevuus.

Hulevesiviemärin koon voi määrittää Hazen-Williamsin kaavoilla (5) ja (6)

$$(v = 72 * \sqrt{\frac{h}{d}} * (d/4)^{0,635} * I^{0,5}) \quad (5)$$

$$v = C * R^{0,63} * I^{0,54} \quad (6)$$

, missä

v = virtausnopeus

C = karkeuskerroin (60... 140)

$I$  = uoman kaltevuus (vedenpinnan korkeus/putken pituus, hydraulinen gradientti ( $h_i/L$ ))

$L$  = putken pituus

$R$  = hydraulinen säde =  $A/p = \frac{\pi r^2}{2\pi r} = \frac{r}{2}$ , kun

$A$  = virtauspoikkileikkaus

$p$  = märkäpiiri

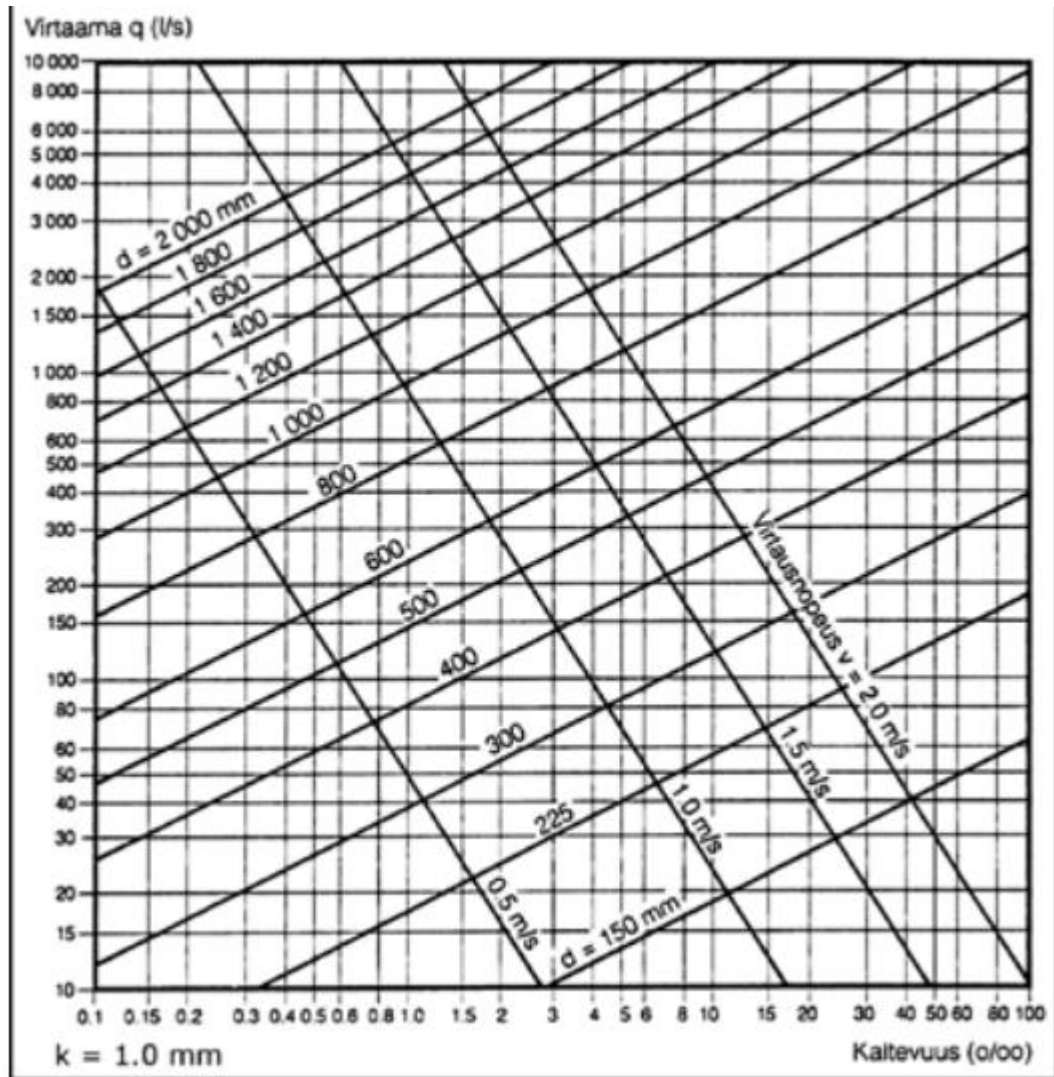
$h$  = vedenpinnan korkeus putkessa

Ympyräputkissa hydraulinen säde on  $d/4$

Kaavaa käytetään vesi ja viemärijohdoille, kun  $v < 3$  m/s ja  $d > 50$  mm. (Peltokangas, 2002)

Käytännössä pelkän kaavan käyttäminen on niin työlästä, että mitoittaminen hoidetaan nomogrammeilla tai tietokoneen avulla.

Kokoa mitoitettaessa tärkeimmät muuttujat ovat putken pinnan karkeus ( $k$ ), mitoitusvirtaus ( $Q$ ), kaltevuus (1:n tai ‰) ja putken pinnan karkeus. Näiden pohjalta saadaan selvitettyä tarvittava putken halkaisija.



**Kuva 19:** Colebrookin nomogrammi, kun  $k = 1.0 \text{ mm}$  (hyväkuntoiset valurauta- tai betoniputket)

Käytännössä mitoituksissa on niin monta jatkuvasti muuttuvaa muuttujaa ja tekijää (esim. padotuvan veden aiheuttamat paine-erot), että käsin laskentaa kannattaa käyttää vain yksittäisten ojien mitoittamisessa. Monimutkaisten viemäriverkostojen mitoittamisessa kannattaa käyttää mallintamisohjelmia, joiden toiminta perustuu edellä mainituille kaavoille.

### 3.4.2 Routaraja

Routavaurioiden estämiseksi, on hulevesiputket asennettava roudattomaan syvyyteen. Roudaton syvyys selviää kuvan 20 ja taulukon 14 tietoja tutkimalla. Jos peitesyvyys on pienempi, putki on varustettava lämmityksellä tai riittävällä lämpöeristyksellä. Maalajin perusteella määritetään routasyvyyskerroin ja kuvasta 20 selviävä syvyysarvo kerrotaan tällä. (Ympäristöministeriö, 2007) Jokaisessa isomassa hankkeessa suositellaan tekemään oma rakennettavuusselvitys, joka sisältää paikallisen routarajan.





**Kuva 20. Roudaton syvyys hietamaassa (cm) (Ympäristöministeriö, 2007)**

**Taulukko 14. Routasyvyyskertoimen määrittäminen maalajin perusteella. (Ympäristöministeriö, 2007)**

Maalaji	Kuvaus	Routasyvyyskerroin
Sora	Kivinen, lohkareinen, kuiva sora, kivinen täyte, sepeli, kallio	1,2-1,7
Hiekka	Kivinen, lohkareinen soramoreeni, sorainen hiekkamoreeni, sorainen hiekka, hiekkainen sora	1,1-1,2
Hieta	Hietainen hiesumoreeni, hietamoreeni, hietainen hiekka, hiekkainen hieta	0,9-1,1
Savi	Hietainen hiesu, savimoreeni, hietainen hiesuinen savi	0,6-0,9
Voimakkaasti routivat	Savi- ja hiesumaalajit, jotka ovat pohjaveteen kapillaarisessa yhteydessä pohjaveteen	0,5-0,7
Turvesuot	Suot, joissa on korkea vedenpinta	0,3-0,5

### 3.4.3 Lumen sulamisvesimäärän huomioiminen

Talvisin erityisesti läpäisevät pinnat voivat olla lumettomia. Tämä johtaa siihen, että sulamisvedet muodostuvat pääasiassa veden kyllästämiltä tai jäätyneiltä läpäiseviltä alueilta. Sulamisvedet aiheuttavat pienempiä valumavesiä kuin kesäiset rankkasateet, joten toistuvien sateiden pohjalta mitatut hulevesijärjestelmät riittävät hyvin sulamisvesien hallintaan niin kauan kuin jäätyminen ei aiheuta tukoksia. Hulevesiviemäriin rakennetaan harvoin eristystä. (Kuntaliitto, 2012)

### 3.5 Imeytysjärjestelmän mitoittaminen

Imeytysjärjestelmää mitoittaessa on otettava huomioon, että sen mitoitus on muihin hallintamenetelmiin verrattuna pienempi. Järjestelmät mitoitetaan niin, että ne myös viivyttävät. Lähtökohteisesti järjestelmät niin, että imeytettävä vesimäärä mahtuu rakenteen täytemateriaalin maanpäällisiin viivytystiloihin (painanteet) tai vaihtoehtoisesti täytemateriaalin huokostilaan. Kaavaa 7 käyttäen voidaan mitoittaa vettä varastoivan kerroksen paksuus.

$$h = \frac{\left(\frac{V_{mit}}{n}\right)}{A_p} \quad (7)$$

, missä

$h$  = kerrospaksuus [m]

$V_{mit}$  = mitoitusvesimäärä [m<sup>3</sup>]

$A_p$  = alueen pinta-ala [m<sup>2</sup>]

$n$  = arvioitu huokostilavuus (esim. 0.25-0.30 kiviainekselle)

Esikäsittelymenetelmät imeytyskaivannoille (, kuten tasausaltaat) mitoitetaan niin, että vesitilavuus on 25% mitoitusvesimäärästä. Imeytyspainanteet skaalataan aina riittävän suuriksi koko mitoitusvesimäärän varastoimista varten. Lammikoitumisalueelta vaadittava pinta-ala selviää seuraavalla kaavalla 8

$$A_L = \frac{V_{mit}}{h_i} \quad (8)$$

, jossa

$A_L$  = Lammikoitumisalueen pinta-ala [m<sup>2</sup>]

$V_{mit}$  = Mitoitusvesimäärä [m<sup>3</sup>]

$h_i$  = keskimääräinen syvyys [m]

Imeytyspainanteiden suunnittelussa voidaan pitää nyrkkisääntönä, että painanteita tarvitaan 10% vettä läpäisemättömien alueiden pinta-alasta ja painanteen syvyys on 0,1 metriä. Tämä pätee, jos painanteella pyritään myös hallitsemaan alueen hulevesiä määrällisestikin. Silloin alueen on pystyttävä pidättämään kerran viidessä vuodessa toistuva 10 minuutin rankkasateen aiheuttama hulevesivirtaama. Jos painanteiden tarkoituksena on pelkkä laadullinen hallinta, niin myös 2% voi riittää. Painanteelta vaadittava tyhjenemisaika on 1 vuorokausi jos lammikon koko on alle 1 m<sup>3</sup> hulevettä tai 10 m<sup>2</sup> imeytuspintaa. Mikäli lammikko on isompi, niin suodatuspintojen pitää olla läpäisevämpiä tai rakenne tulee varustaa tyhjennysmekanismilla. Salaojittamalla pohjarakenne edesauttaa myös hulevesien laadun hallintaa suodatuksen avulla. (Kuntaliitto, 2012)

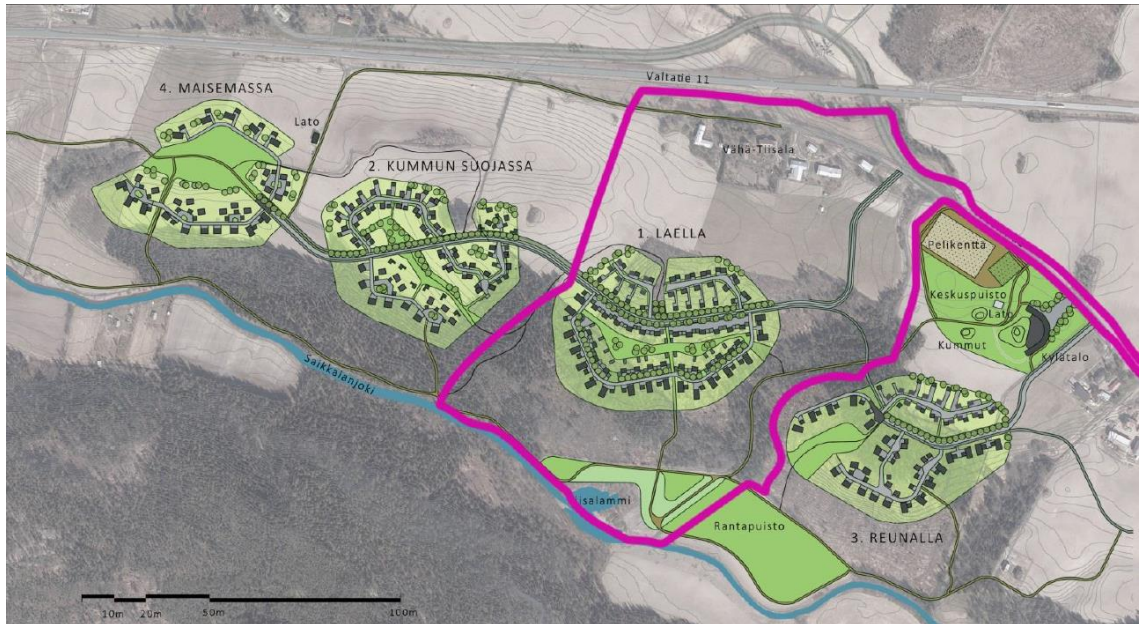
## 4. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 4.1 Kohdealueen kuvaus

Nykytilanteessa Maisemakylien kaava-alue on pääasiassa peltojen ympäröimää tiheää metsää. Osalle metsäalueesta on tehty hakkuita, mutta muuten metsä on tiheää. Kuvassa 21 on suunnittelualan ortokuva kesällä. Suunnittelualue vaihtelee pellostä tiheään metsään ja hakattuun metsään. Tällaisella alueella hulevesivirtaamat ovat yleensä pieniä. Alueella on paljon kaltevaa maastoa, varsinkin Itärajan tuntumassa, kuten kuvasta 25 näkee.



**Kuva 21.** Maisemakylien suunnittelualueen nykytilanteen ortokuva kesällä. Alue koostuu pellostä, metsästä ja yhdestä maatilasta. (Maanmittauslaitos)

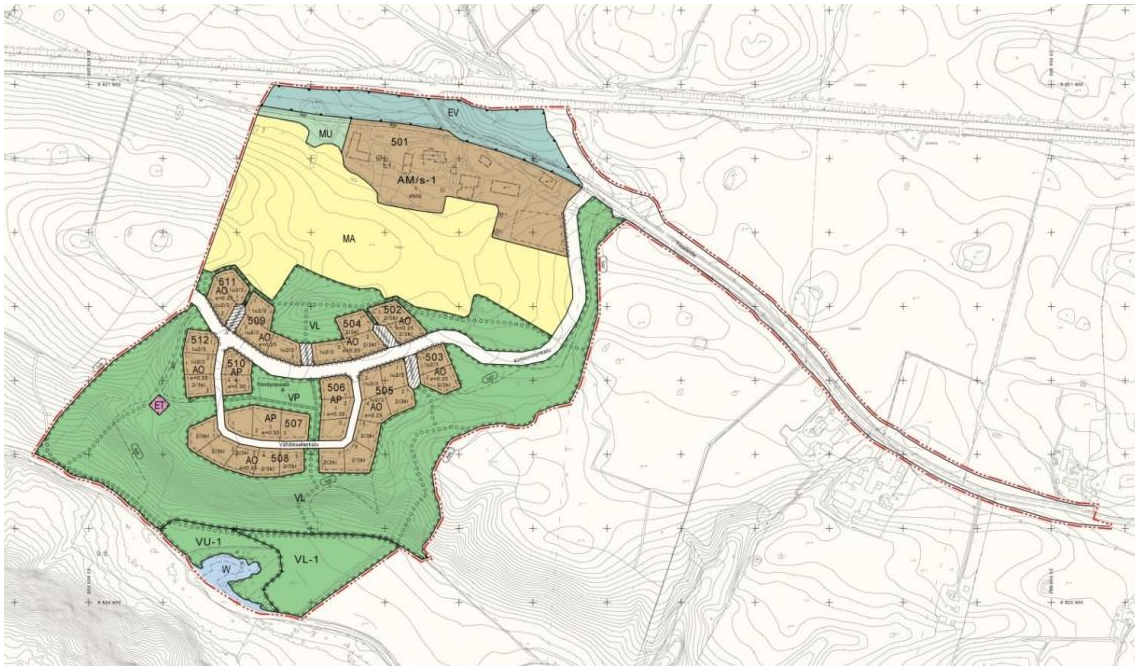


**Kuva 22.** Maisemakyläen suunnittelualueet vaiheistuksen kanssa. (Sastamalan kaupunki, 2018).

Maisemakyläen rakentaminen on suunniteltu toteutettavaksi kokonaisuudessaan neljässä vaiheessa, joista ensimmäisessä tehdään pääosin Wähätiisala nimiselle tilalle. Tästä syystä kaavoitushankkeen nimi on Mouhijärven maisemakyläen Wähätiisalan asemakaava. Kuvassa 21 esitellään alueen ilmakeku ennen raivauksien aloittamista. Kokonaisuudessaan maisemakylät rakennetaan kuvan 22 mukaisesti aloittaen ympäröidyllä alueella.

Loput maa-alueista jää kaavoitettavaksi ja toteutetaan sitä myöten, kuinka kysyntää ilmenee ja ensimmäisen vaiheen toteutumisen mukaan. Kaava-alueen pohjoisosaan Tiisalan tien kohdalle toteutetaan Häijään ja Uotsolan välille rakennettava valtatie 11 rinnakkaisväylä sekä pyörätie alueiden välisen liikenteen sujuvoittamiseksi. Uudistukset tukevat kaupungin tavoitteita yhdistää taa-jamat nauhamaiseksi kokonaisuudeksi.
































### 4.1.1 Maisemakylien asemakaava, luonto ja rajaukset



**Kuva 23.** Maisemakylien asemakaava. Asemakaava näyttää, kuinka alueelle sijoitetaan omakotitalotontteja ja kuinka alueen tiet sijoittuvat. (Sastamalan kaupunki, 2018)

Suunniteltavat asuinalueet sijaitsevat Tiisalan alueella Mouhijärvellä, kuten kuvan 23 asemakaava esittää. Maisemakylien pohjoisreunassa kulkee Tampere-Pori valtatie 11 ja eteläpuolella alueen rajaa Saikkalanjoki. Suunnittelualueen itäpuolella kulkee Jänninoja, joka sijaitsee jyrkän notkon pohjalla. Suunnittelualueen länsipuolella ei ole selvää luonnossa nähtävää rajaa.

## Kaavamääräykset

	Asuinpientalojen korttelialue.	lu/2/3	Murtoluku roomalaisen numeron jäljessä osoittaa, kuinka suuren osan rakennuksen suurimman kerroksen alasta ulakon tasolla saa käyttää kerrossalaan laskettavaksi tilaksi.
	Erillispientalojen korttelialue.		
	Mastilojen talouskeskusten korttelialue, jolle ympäristö säilytetään. Alueella olevien vanhojen rakennusten, rakennelmien, istutusten ja pihojen yleislinen säilyttämiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Korttelialueen rakennuksia ei saa purkaa ilman rakennusvalvontaviranomaisen lupaa. Rakennuksissa suoritettavissa korjaustoimissa on huomioitava rakennuksen rakentamisaikakohdan rakentamistapa. Olemassa olevan rakennuksen tyylin mukasta julkisivumateriaalista, pintakäsittelytapaa, sukatusta ja ikkunoiden puittejakoa ei saa muuttaa kuin pakottavista syistä ja tyyliin sopivalla tavalla. Jos kerrossalaan kuulumattomia tiloja otetaan kerrossalaan laskettavaan käyttöön, on vaadittu muutokset tehtävä rakennuksen tyyliä noudattaen. Täydennysrakentamisen on rakennustapansa, mittasuhteidensa, sijoituksensa, muotoonsa sekä käytettävien rakennusmateriaalien ja niiden pintakäsittelyyn suhteen oltava sopusoinnissa alueen rakennusten ja rakennusperinteen kanssa.	e=0,35	Tehokkuusluku eli kerrossalan suhde tontin pinta-alaan.
	Pulsto.		Rakennusala.
	Lähiivirkistysalue.		Ohjeellinen teikki- ja oleskelualueeksi varattu alueen osa.
	Lähiivirkistysalue. Alueen länsi- ja itäpuolella sijaitsevien luonnon moninaisuuden kannalta erityisen tärkeiden alueiden välillä tulee säilyttää viherysteyksikokoinen käytävä. Aluetta tulee hoitaa luonnon monimuotoisuutta kehittävällä ja vaihtelevalla tavalla.		Istutettava alueen osa.
	Urhellu- ja virkistyspalvelujen alue. Alueella voidaan sijoittaa melontareitti-, liikunta-, urhellu- ja leikkitoimintoja ja niitä palvelevia rakennuksia.		Säilytettävä/istutettava puurivi.
	Yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevien rakennusten ja laitosten alue.		Katu.
	Suojaverhalue.		Ohjeellinen ulkoilureitti.
	Maisonallisesti arvokas peltotalue.		Ohjeellinen jalankululle ja polkupyöräilylle varattu alue.
	Maa- ja metsätalousalue, jolla on erityistä ulkoilun ohjaamistarvetta.		Ohjeellinen jalankululle ja polkupyöräilylle varattu alue, jolla huoltoajo on sallittua.
	Vesialue.		Katualueen rajan osa, jonka kohdalta ei saa järjestää ajoneuvoliittymää.
	3 m kaava-alueen rajan ulkopuolella oleva viiva.		Rakennusta ei saa purkaa. Rakennuksessa suoritettavien korjaus- ja muutostöiden sekä käyttötarkoituksen muutostöiden tulee olla sellaisia, että rakennuksen historiallisesti arvokas ja kaupunkikuvan kannalta merkittävä luonne säilyy. Korjaustöissä on katsottava, että oven ja ikkunoiden muodot ja joet, kattomuoto ja erilliset ulkokkeet, vesikourut, savupiiput sekä muut rakennukselle ominaiset yksityiskohdat ja käytetty materiaali säilytetään laikka niiden laatu enintäänosa otetaan huomioon.
	Korttelin, korttelinosan ja alueen raja.		Rakennusta ei saa purkaa ilman erityistä pakottavaa syytä, joksi ei lasketa niiden lämmitysmuutosten aiheuttamien vuoroit. Rakennuksessa tehtävien muutos- ja korjaustoimenpiteiden tulee olla sellaisia, että rakennuksen kulttuurihistoriallisesti, rakennushistoriallisesti tai kaupunkikuvan kannalta arvokkaat ominaispiirteet säilyvät.
	Osa-alueen raja.		Alueen osa, jolla sijaitsee muinaismuistolaitilla (285/1953) rauhoitettu kiinteä muinaisjäännös.
	Ohjeellinen alueen tai osa-alueen raja.		Alueen kaivaminen, peittäminen, muuttaminen, vahingoittaminen ja muu siihen kajaaminen on kielletty. Aluetta koskevista tai siihen liittyvistä suunnitelmista on pyydetävä museoviranomaisen lausunto.
	Polkukivillä osoittava rajan sen puoleen, johon merkintä kohdistuu.		Luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeä alue. Metsäliäki 10 §.
	Ohjeellinen tontin raja.		Alueen osa, jolle saa sijoittaa melontareittiä palvelevia venealureitteja ja mahninnsuupalkkoja.
<b>501</b>	Korttelin numero.	<b>Yleisiä määräyksiä</b>	
<b>5</b>	Ohjeellisen tontin numero.	Rakennusten etäisyyden naapuritontin rajoista tulee olla vähintään 4 m. Rakennuslupaviranomainen voi erityisistä syistä sallia talous- tai autoajorakennuksen rakennettavaksi lähemmäksi kuin 4 m naapuritontin raja.	
<b>Kirkkeniiti</b>	Kadun, tien, katuauktion, torin, puiston tai muun yleisen alueen nimi.	Rakentamisessa ja muussa maankäytössä tulee huomioida kaava-alueen sijainti maankunnallisesti arvokkailla maisema-alueilla. Rakennusten tulee olla arkkitehtuuriltaan ja materiaaleiltaan sellaisia, että muodostuu kaupunkikuvallisesti laadukasta ympäristöä.	
<b>5000</b>	Rakennus oikeus kerrossalanelämetreinä.	Rakennusten ja rakennelmien sijoittelussa ja suunnittelussa tulee huomioida alueen vaihtelevat maastonmuodot. Suuria täyttöjä tai suuria näkyviä maastoleikkauksia ei sallita. Tehtävien pergerysten, täyttöjen ja leikkausten suunnitelmat tulee esittää rakennuslupahakemuksen yhteydessä. Katualueiden reunoihin pergerysten ja leikkausten tulee olla kivettyjä tai istutettuja.	
<b>II</b>	Roomalainen numeron osoittaa rakennusten, rakennuksen tai sen osan suurimman sallitun kerrosluvun.	Uudisrakennusten julkisivujen pääasiallisena materiaalina tulee käyttää puuta tai rappausia / alumiinusta. Kirksaita vänejä ei saa käyttää. Kattomuotona tulee olla satulakatto (harjakatto), suljettkatto tai eritaso-lapkekatto. Kaksilapallisen katon kaltevuuden tulee olla 1:1,5...1:3.	
<b>2/3ki</b>	Murtoluku roomalaisen numeron edessä osoittaa, kuinka suuren osan rakennuksen suurimman kerroksen alasta saa keilarakennuksessa käyttää kerrossalaan luettavaksi tilaksi.	Talousrakennuksissa ja asuinrakennuksien liittyvissä sivurakennuksissa katto-kaltevuus voi olla toivepiti. Kattoen värin tulee olla tumma.	

**Kuva 24. Mouhijärven maisemakyljen asemakaavan kaavamääräykset. (Sastamalan kaupunki, 2018)**

Kaavamääräyksissä (kuva 24) tulee eritellä kaavassa esiintyvät merkinnät. Näihin kuuluu alueelle varatut asuintalojen kortteli-, puisto- ja vesialueet. Samoin tulee myös eritellä eri rajatyyppit ja eri alueiden suojelutarpeet ja niiden perusteet. Kaavassa esitellään suunnitelmat ja rajaukset tontti- jaolle, puistoille ja muulle rakennettavalle ympäristölle, kuten teille ja kaduille. Kaavaan sisällytetään myös ulkoilureittien ja kevyenliikenteen ohjeelliset sijainnit. Saikkalanjoella kulkee meloijia, joten heillekin on rajattu alue, jolla saa nousta maihin tai sijoittaa laiturin.

Asemakaavan mukaisesti alueen metsää raivataan ja muutetaan omakotitaloalueiksi. Omakotitaloalue sijaitsee Saikkalanjokea kohti viettävällä rinteellä, jossa on tällä hetkellä tiheää lehtomet-sää (kuva 25). Alueen Pohjoisosa koostuu kumpuilevasta pellostä, jossa on metsäsaarekkeita. Aivan alueen eteläpäässä on Saikkalanjoen varrella sijaitsee pieni tasainen pelto ja metsää.



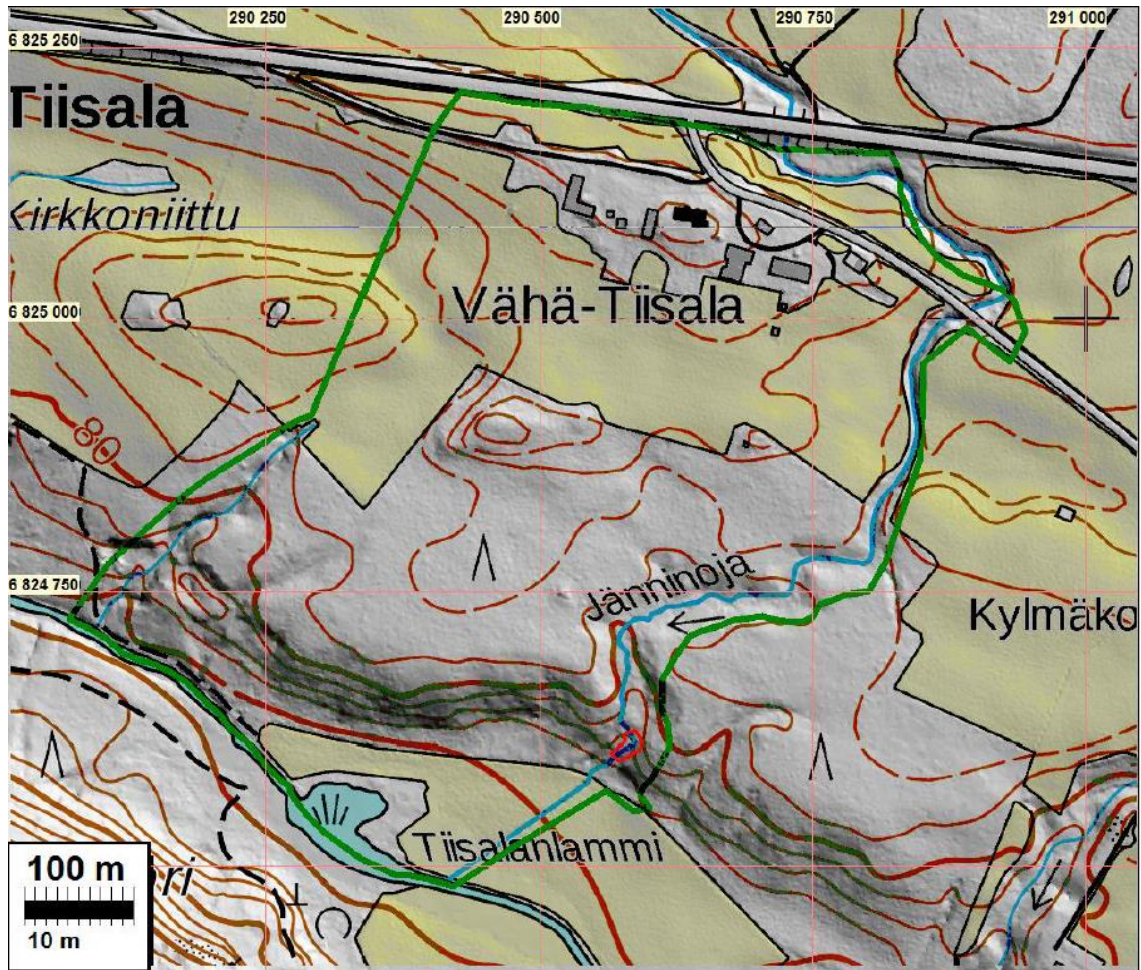
**Kuva 25.** Alueen metsä koostuu pääasiassa tiheästä lehdosta, kuten maastokäynnillä otettu kuva osoittaa. Kuva: Ilkka Mustaniemi

Korkein piste on suunnilleen asemakaava-alueen keskellä sijaitsevan mäen huippu 96,02 metriä meren pinnasta. Alin piste on kaava-alueen eteläkulmassa sijaitsevan Saikkalanjoen pinta, noin 58,50 metriä meren pinnasta. Korkeuserojen myötä pyritään luomaan näköalaa Saikkalanjoen suuntaan. Suurista korkeuseroista johtuen alueella ei ole tulvariskiä.

Mouhijärvi, Vammala ja Äetsä yhdistettiin vuonna 2009 kuntaliitoksella Sastamalaksi (YLE, 2014). Kaupunki on lievästi muuttotappioinen. Kaupungilla ei ole ollut tarjolla tontteja Mouhijärven Häijään seudulla, vaikka kysyntää olisikin ollut. Maanhankintatoiminnan kautta kaupunki osti Häijään ja Uotsolan väliltä maata n. 60 ha. Hulevesien purkuvesistö on Saikkalanjoki, joka on kunniltaan tyydyttävä. (Ympäristöhallinto, 2013) Maisemakyltien vaikutusalueella ei ole pohjavesialueita. Lähin pohjavesialue on Salmen pohjavesialue, jonne on linnuntietä pitkin noin 6,7 kilometriä (Ympäristöhallinto, 2014) Asemakaavaan kuuluu myös Tiisalanatie, mutta se ei kuulu hulevesitarkasteluun.

#### 4.1.2 Muinaisjäänteiden suojelukohteet

Alue kuuluu hyvin vanhaan Tiisalan kyläalueeseen, josta aikaisimmat karttamerkinnät ovat vuodelta 1840. Tämän yhteyteen on vanhojen karttojen mukaan rakennettu Jänninojan varrelle kaksi myllyä, joista kummallekin on johtanut polut. Maastosta ei löydy muinaisjäänteitä kuin yhdestä myllystä, joten sille on annettu suojelumerkintä. Muinaisjäännemyllyn sijainti esitetään kuvassa 26. Tällä hetkellä vanhan myllyn päälle on kaatunut järeitä kuusia ristiin rastiin. Jänninoja on luonnonvarainen oja ja sen tilaa ei saa vaarantaa. (Sastamalan kaupunki, 2018)

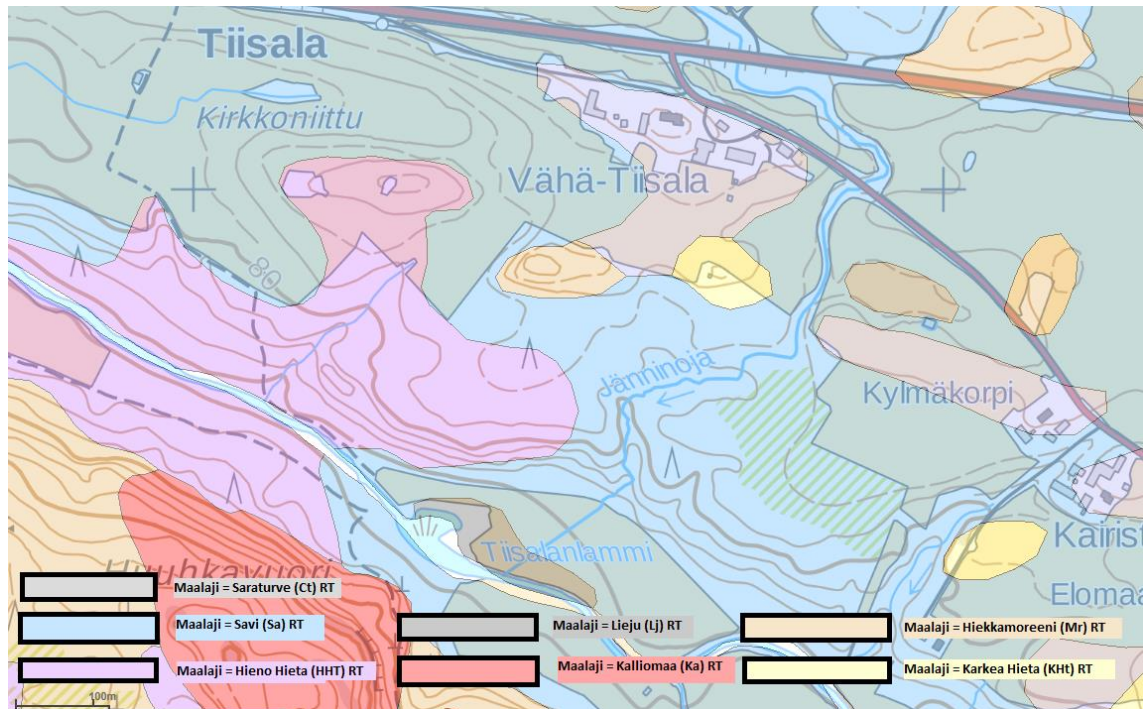


**Kuva 26.** Vähätiisalan alueen suojelukohteita tutkittaessa rajattu alue vihreällä. Muinaisjäänne -myllyn sijainti on Jänninojassa punaisena. (Sastamalan kaupunki, 2018)

### 4.1.3 Maaperä

Uutta asuinalueita suunniteltaessa tehdään aina myös rakennettavuusselvitys. Rakennettavuusselvityksen perusteella tiedetään, kuinka hyvät edellytykset alueella on rakentamisen suhteen ja että vaatiiko esimerkiksi tavallisen omakotitalon rakentaminen kuinka paljon esirakentamista, kuten paaluttamista tai massanvaihtoa. Rakennettavuusselvityksen tärkein osa verkostosuunnittelulle on tiedot maaperästä. Kalliomaahan rakentaminen vaatii räjäytyksiä, mikä nostaa kustannuksia, ellei kalliota ole mahdollista kiertää. Pehmeä maaperä vaatii rakennuksien suhteen esirakentamista, mutta hulevesisuunnittelussa pehmeään maaperään voi olla mahdollista myös imeyttää vettä. Karkea maaperä sopii imeyttämiseen parhaiten. Kuvan 27 kartta kuvaa alueen maaperässä esiintyvät maalajit.





**Kuva 27.** Suunnittelualueen maalajit kartalla yhdistettynä maastokarttaan. Suunnittelualueella maaperä on pääasiassa savea (Sa), mutta lounaissuunnassa alueella on myös Hienoa Hietää (HHT). (GTK)

## 4.2 Valuma-alue suunnittelu

Valuma-alueiden rajaamisessa on ensin otettava huomioon alueen topografia ja katsottava mihin suuntaan kustakin pisteestä vesi lähtee valumaan painovoimaisesti. Alueen luonnollinen valuma-aluejako tulee ottaa huomioon, mutta hulevesisuunnittelun ja rakentamisen avulla valuma-alueita pystytään muokkaamaan hallinnan kannalta optimaalisiksi. Epäsuotuisissa tapauksissa hulevesien hallinnassa on mahdollista käyttää myös pumppuja, mutta Maisemakyljen tapauksessa pumppuja ei tarvita. Suunnittelu alkaa sopivien purkupisteiden paikallistamisella. Purkupisteiden tulisi olla mahdollisimman matalalla, jolloin painovoimaiset hulevesiputket vaativat mahdollisimman matalat kaivaukset. Tämä kannattaa huomioida jo kaavoituksessa ja otollisten purkupisteiden kohdalle olisi hyvä kaavoittaa viheralueita. Viheralueilla hulevesiviemärin rakentaminen onnistuu huomattavasti helpommin, kuin esimerkiksi teollisuuskiinteistön alle. Aluekohtaisessa valuma-alue suunnittelussa tulisi myös pyrkiä mahdollisimman samankokoisiin hulevesivirtauksiin purkupisteiden välillä, sillä se helpottaa yhtenäistämään mm. laadun tarkkailun menetelmiä.

## 4.3 Putkikoon mitoittaminen

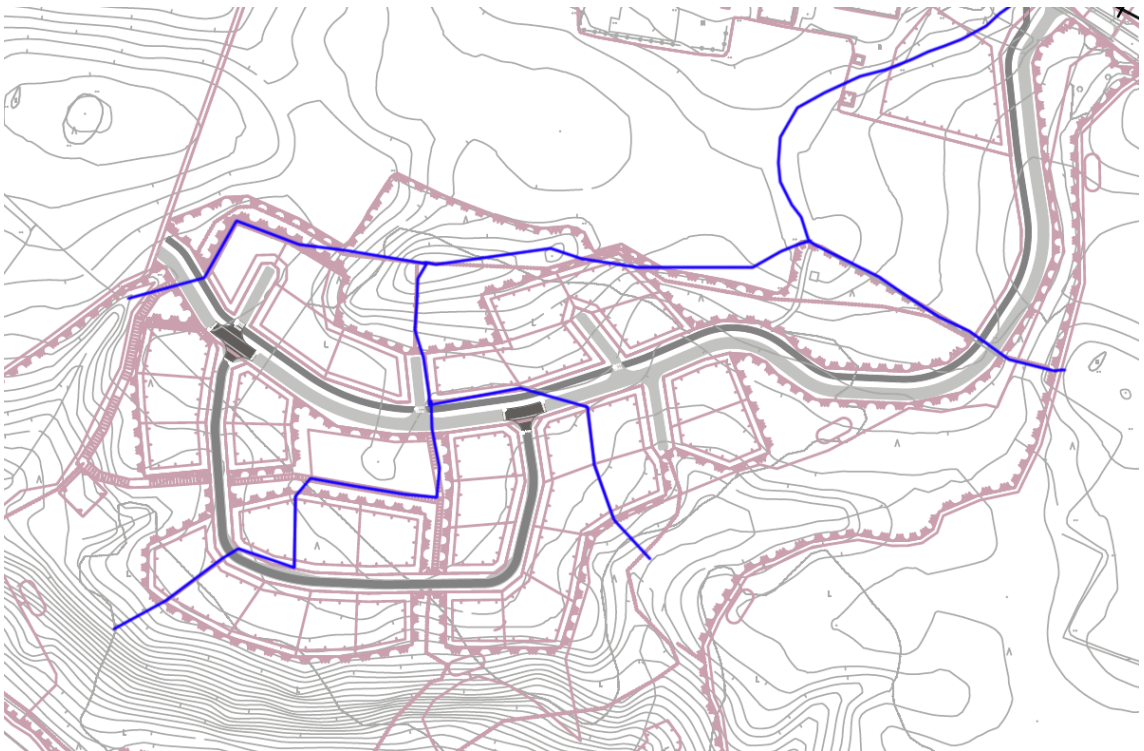
Aiemmissä kappaleissa mainittujen keinojen käyttämisestä kutsutaan laskennallisen menetelmän käyttämiseksi. Käytännössä hulevesien hallinnassa on niin monia muuttujia, kuten patoutuvan veden aiheuttaman paineen nousun vaikutus virtauksiin, että mallintaminen on käytännössä ainoa tapa saada tarkat tulokset. Tässä työssä käytettiin laskennallisen menetelmän lisäksi myös EPA SWMM-hulevesien mallinnusohjelmaa. Ohjelmaa voi hyödyntää yksittäisten isojen sateiden tai pitkään kestävänsä sateen muodostamien hulevesivirtojen mallintamiseen. Se on kehitetty vuonna 1971, mutta sitä päivitetään jatkuvasti ja on täysin käyttökelpoinen vielä tänäkin päivänä. Se kehitettiin auttamaan julkisia tahoja hallitsemaan hulevesivirtauksia. Vaikka ohjelma on vanha, niin sen toiminta perustuu samoihin fysiikan lakeihin ja kaavoihin, kuin kaupalliset tuotteet. EPA SWMM on myös ilmainen ja siksi opiskelijaystävällinen.

## 5. TULOKSET

Luonnontilassa maisemakylät olivat tiheää metsää, jonka valumiskerroin oli 0,1. Nyt alueelle kaa-voitetaan omakotitaloalue, jonka tehokkuusluvut kääntyvät suoraan valumakertoimiksi. Tonttien valumakertoimet vaihtelevat 0,25 ja 0,35 välillä ja tieosuuksien valumakertoimet ovat joko 0,54 (Kirkkoniitynkatu) tai 0,55. Koko suunnittelualueen pinta-ala on 29,1 hehtaaria. Tämän vuoksi mitoitusasteen kestoksi asetetaan 60 minuuttia.

### 5.1 Valuma-aluejako

Ennen mitoitusta alueella pitää tehdä valuma-aluejako, jonka perusteella suunnitellaan hulevesiputkiverkosto. Jokaiselle valuma-alueelle tulee oma purkuputki ja valuma-alueen maankäytön, sekä purkuputken sijainnin mukaan suunnitellaan mahdolliset huleveden puhdistamistoimenpiteet. Maisemakylissä on lähinnä puistoa, tietä ja omakotitaloaluetta. Purkuputket purkautuvat joko Jänninojaan tai Saikkalanjokeen. Kumpikaan ei ole tavanomaista tiukemman suojelun kohde.



**Kuva 28.** Mouhijärven maisemakyläiden valuma-aluejako. Alue jakautuu neljään eri valuma-alueeseen, joissa maankäyttö on pääasiassa puistoa, tietä ja omakotitaloaluetta.

Valuma-alueet on jaettu tasaisen kokoisiksi Kirkkoniitynkadun alkua lukuun ottamatta ja ne ovat kooltaan 2,0 – 2,35 hehtaarin väliltä, joten kyseessä on suhteellisen pienet valuma-alueet (kuva 28). Valuma-alueilla ei ole mitään mikä aiheuttaisi erityistä ympäristöriskiä purkuvesille.

Alueen korkeusero purkuvesistöön on suuri, mikä helpottaa suuresti hulevesijärjestelmän mitoittamista ja kaikki onnistuu painovoimaisesti. Isojen korkeuserojen avulla on helppo tehdä suuria kaatoja, joiden ansiosta hulevesiviemäriin putkissa riittää myös pienempikin halkaisija.

### 5.1.1 Mahdollisten viivästysaltaiden mitoittaminen valuma-aluekohtaisesti

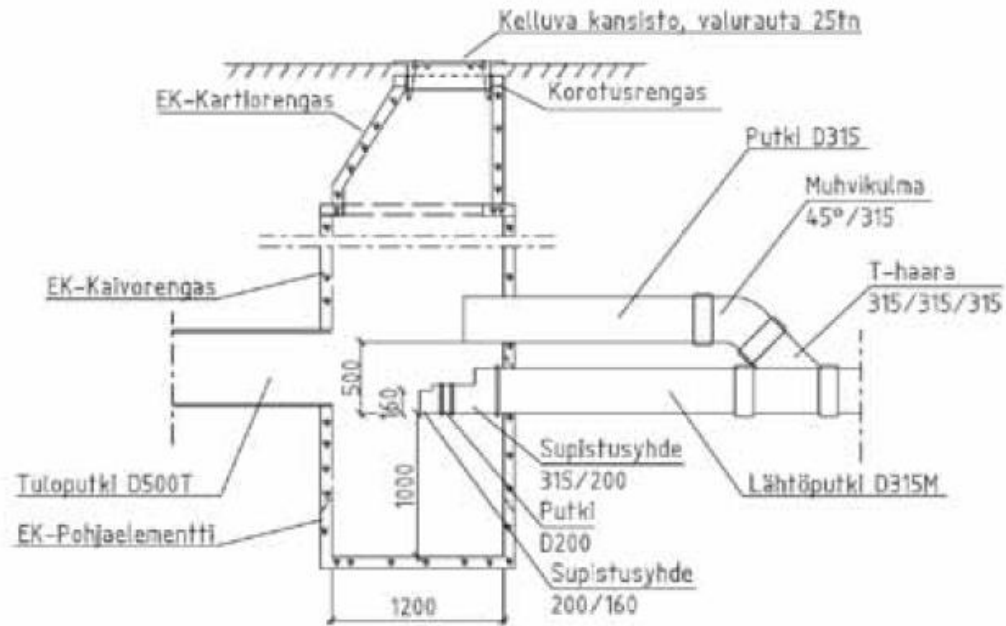
Maisemakyltien hulevesiputkilla on 4 eri purkupistettä. Yksi on Kirkkoniitynkadulla noin 140 metrin kohdalla, toinen on Jänninpolun päässä, kolmas on Vähäniitynkadulla noin 140 metrin kohdalla ja neljäs on Vähäniitynkadulla 300 metrin kohdalla. Lähtökohtaisissa suunnitelmissa varaudutaan rakentamaan jokaiseen purkupisteeseen viivästysallas.

Erään ohjeen mukaan viivästysaltaan koon tulisi olla 3-8 neliometriä per valuma-aluehehtaari ja tilavuuden 2-5 kuutiometriä per valuma-aluehehtaari. Veden tulisi viipyä altaassa vähintään tunnin, jolloin virtausnopeuden pitäisi olla korkeintaan 1-2 cm/s. Tässä tapauksessa käytetään keskistettyjä määrällisen hallinnan rakenteita, joilla pidetään usean eri tontin hulevesiä. Hulevesioppaan mukaan alue pitää mitoittaa kerran kolmessa, viidessä tai kymmenessä vuodessa tapahtuvalle sateelle. Asuinalueella ei ole merkittäviä riskikohteita, joten oppaiden mukaan putkistot tulisi mitoittaa kerran viidessä vuodessa tapahtuvalle sateelle. Kirkkoniitynkatu on alueen ainoa sisääntuloväylä, joten se mitoitetetaan kerran kymmenessä vuodessa tapahtuvalle sateelle. Asiakkaan toiveesta putkiverkosto ja altaat mitoitetetaan kerran 50 vuodessa tapahtuvalle sateelle (0.5 l/(s\*ha)), jonka päälle jätetään vielä ekstravara. Taulukossa 15 on laskettu jokaiselle valuma-alueelle ohjeistuksen mukaiset laskeutusaltaan alat ja tilavuudet.

**Taulukko 15.** Kunkin valuma-alueen pinta-ala, ohjeenmukainen mahdollisen laskeutusaltaan ala ja laskeutusaltaan tilavuus.

Valuma-alueen nimi	Pinta-ala	Laskeutusaltaan ala	Laskeutusaltaan tilavuus
Kirkkoniitynkatu	0,38 ha	1,14-3,04 m <sup>2</sup>	0,76-1,9 m <sup>3</sup>
Janninkuja ja -polku	2,00 ha	6,00-16,0 m <sup>2</sup>	4,00-10,00 m <sup>3</sup>
Vähätiisalankatu itä	2,30 ha	6,90-18,4 m <sup>2</sup>	5,00-11,50 m <sup>3</sup>
Vähätiisalankatu lounas	2,35 ha	9,21-18,8 m <sup>2</sup>	4,70-11,75 m <sup>3</sup>

Rakenteen viivästys tehdään kuristamalla lähtövirtaamaa, jolloin osa virtaamasta patoutuu rakenteeseen ja loppu virtaa järjestelmän läpi. Suurempien rankkasateiden varalta viivytyrakenteissa on silti oltava tulvapatki, joka pitää isommatkin vesimäärät hallinnassa. Määrällisessä ja laadullisessa hallinnassa rakenne toteutetaan niin, että myös usein toistuvat sateet viivästyvät. Määrällisen hallinnan mitoituksen ylittävät sateet tulee johtaa tulvareittejä pitkin hallitusti lopulliseen purkupaikkaan. Hulevesioppaan mukaan tulvareitit mitoitetetaan kerran 100 vuodessa tapahtuville rankkasateille. Tulvareittinä voidaan käyttää myös kaksitasoista purkujärjestelmää, joka esitellään kuvassa 29. Kaksitasoisen purkujärjestelmän avulla pystytään ylläpitämään vedenpintaa myös pienemmillä virtauksilla. (Kuntaliitto 2012) (Joensuu S., 2012)



**Kuva 29.** Kaksitasoinen purkujärjestelmä, jossa normaalisade viivästytetään ja tasataan pienellä purkuaukolla D160, kun taas rankkasateiden kanssa hyödynnetään myös isompaa D315 purkuaukkoa. Tulvatilanteen vedet ohjautuvat maan pinnalla olevaa tulvareittiä pitkin. (Kuntaliitto 2012)

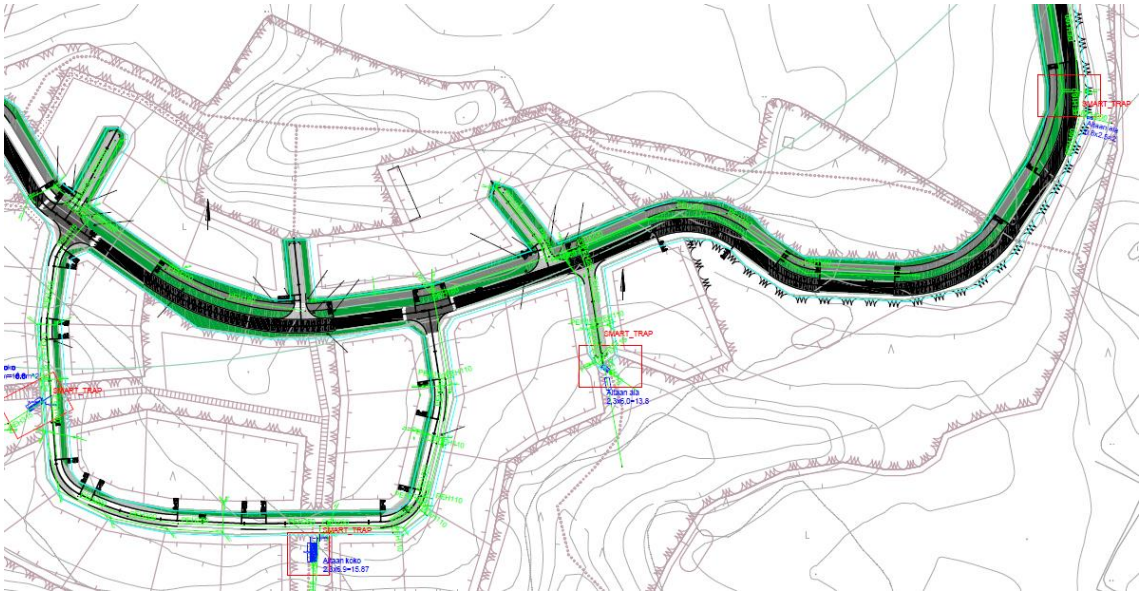
## 5.2 Hulevesiputkien mitoitus

Hulevesiputkien mitoitus tehtiin ilmaisella EPA SWMM 5.1-ohjelmalla. Mitoitussateena oli ensin tunti 1/60 vuodessa tapahtuva sade ja toinen tunti, jonka sademäärä oli puolet tästä. Mitoitussateen toisella tunnilla pyrittiin mallintamaan viivytysrakenteiden toimintaa ja pidempiaikaisen sateen vaikutuksia. Mitoituksessa katsottiin, että mikä on tarvittavan putken minimikoko ja sitten valittiin yhtä kokoa isompi malli. Tällä keinolla varmistetaan, ettei putkien kapasiteetti lopu, vaikka alueelle tehtäisiin valumaa kasvattavia muutoksia. Mitoittaessa otettiin myös mahdollisuuksien mukaan huomioon putkien hinnan epätasainen nouseminen koon myötä. Hinnan epätasainen nousu näkyy erityisesti, kun puhutaan halkaisijaltaan isommista kuin 315/275mm putkista, jolloin hintaan saattaa tulla jopa 80% lisää. (Uponor C, 2019)

## 5.3 Viivytysjärjestelmät

Viivytysjärjestelmät sijoitettaisiin omakotitaloalueiden välissä oleville viherkaistaleille, kuvan 30 osoittamiin paikkoihin. Kaistaleet ovat leveydeltään 20-27 metriä ja niiden kaltevuus aiheuttaa haasteita allasrakenteille. Kaistaleille on suunniteltu myös kävelypolkuja, jotka rajoittavat altaan kokoa. Aluetta suunnitellaan myös lapsiperheille, jolloin jyrkkäliuskaiset altaat muodostavat turvallisuusrisin. Jos altaat sijoitettaisiinkin tasaisen viherkaistaleen sijaan mäkeen, ne vaatisivat paljon kaivamista ja pengertämistä. Tämän mittaluokan työt ovat suuri kulu, joita ei kannata toteuttaa kuin pakkotilanteessa. Jos alueella olisi merkittäviä ympäristöriskejä, niin viivytysrakenteelle olisi todellinen tarve. Tällöin käytettäisiin viivytyskaivantoja ja niihin rakennettavia viivytysrakenteita, kuten viivytyskaivoa tai viivytyskasetteja. Nämä ratkaisut ovat kuitenkin kalliita, joten todellisen ympäristörisin puuttuessa, niitä ei toteuteta.

Viivytysalaiden hyötyjä ja haittoja vertaillen päädyimme rakentamaan viivytysaltaan vain Jänninpolun päähän ja sen rakentamista tukee käyttö pumppaamon ylivuotoaltaana.



**Kuva 30.** Mahdollisten viivytysaltaiden sijainnit.

## 5.4 Hulevesien käsittelyvaihtoehtojen vertailu

Hulevesien hallinnan suunnittelun lähtökohtana on oltava, että määrälliset ja laadulliset haitat pystytään hoitamaan mahdollisimman lähellä niiden syntypaikkaa. Suuret keskitetyt järjestelmät ovat rakenteellisesti suurempia kuin pienet hajautetut järjestelmät, mutta suurissa järjestelmissä hulevesien puhdistus on helpompi järjestää.

Hulevesien hallinta tulee suunnitella tapauskohtaisesti pohjautuen tietoon hulevesien hallintatarpeen luonteeseen ja tarpeeseen. Luonne ja tarve määräytyy maankäytön ja purkuvesistön suhteen, joihin hulevesijärjestelmä on sovitettava. Suuri tekijä on myös maaperän laatu, kaltevuus ja pinnan muodot. Myös hyötykäytön näkökulmat, esteettiset ja kaupunkikuvalliset tavoitteet ohjaavat menetelmien valintaa mm. maanpäällisten ja maanalaisen järjestelmien välillä. Lisäksi kunnan hulevesistrategioissa ja –ohjelmissa voi olla menetelmien valintaan liittyviä tekijöitä.

Todelliset vaikutukset riippuvat purkuvesistön tilasta ja maankäytön laadusta. Rakentamisen asteesta riippuu myös hulevesijärjestelmien kokoluokka, esimerkiksi täysin rakennetuilla alueille ei ole mahdollistakaan päästä lähelle luonnontilaa toisin kuin hyväkuntoisten vesistöjen vieressä. Paras mahdollinen kokonaisuus muodostuu yleensä kustannustehokkaastikin, kun yhdistellään hajautetusti eri hallintamenetelmiä. Vain yhtä menetelmää käyttämällä kärsii niin tilatehokkuus kuin myös kustannustehokkuuskin. Tiukkaan rakennetulla alueella paras vaihtoehto voi olla kerätä hulevedet maanalaista hulevesiviemäriverkolla. Tällöin laadun ja määrän hallinta voidaan hoitaa rakentamalla verkoston loppupäähän esimerkiksi allas- tai kosteikko. (Kuntaliitto, 2012)

Tärkeimpiä huomioon otettavia kriteereihin lukeutuu

1. Suurten hulevesivirtojen ja tulvien estäminen, eli poikkeustilanteiden hallinta.
2. Virtaaman tasaaminen ja eroosion torjunta, eli kyky pitää virtausnopeus hallittuna ja tasaisena.
3. Järjestelmän kyky imeyttää ja siten muodostaa pohjavettä.

Pääasiassa eri vaihtoehtoratkaisuja voi ehdottaa hulevesien johtamisen ja käsittelyn suhteen. Maisemakyljen yhteydessä ei ole pohjavesiä, joten tässä tapauksessa ne eivät vaikuta hulevesisuunnitteluun.

### 5.4.1 Johtamisvaihtoehdot

Johtamisvaihtoehdoissa voi valita maanpäällisen johtamisen tai maanalaisen johtamisen putki ja kasettijärjestelmillä. Maanpäälliset järjestelmät ovat lähtökohtaisesti aina halvempia, mutta vaativat oman tilansa. Maanalaiset järjestelmät tarkoittavat taas putkituksia ja ovat siten kalliimpia. Pintajohtamisjärjestelmistä on enemmän luvussa 2.4.1. ja maanalaisista salaojista ja suotosalaojista taas luvussa 2.4.2. Sastamalan kaupungilla on tapana asentaa uudiskohteisiin salaojat, joten niin tehdään myös Maisemakylän kohdalla.

### 5.4.2 Käsittelyvaihtoehdot

Hulevesien käsittelytarve määräytyy asiakkaan vaatimusten mukaan. Vaatimukset perustellaan alueesta tehtyyn luonto- ja maisema-arvioon. Maisemakylät ovat kooltaan noin 20 hehtaaria iso alue, jonka hulevedet purkautuvat suoraan ojaan tai jokeen. Ne eivät purkaudu toisen kaupunginosan hulevesijärjestelmään, eli kerrannaisvaikutuksia ei tule. Yleisesti pääasiallinen käsittelykeino on viivästyttäminen. Viivästyttämisen voi tehdä allas- tai kosteikkorakenteilla maanpäällisenä tai sitten maanalaisesti kasettijärjestelmillä. Kasettijärjestelmät ovat kalliita, mutta niiden etu on, ettei ne tarvitse maanpäällistä tilaa. Yksi vaihtoehto on myös kerätä valuma-alueiden vedet purkukaivoihin, joista hulevedet puretaan luotoon esim. kahta eri purkuputkea pitkin. Tässä tapauksessa maasto toimii viivyttävänä ja myös puhdistavana tekijänä.

### 5.4.3 Hulevesijärjestelmän hyödyntäminen muihin tarkoituksiin

Hulevesijärjestelmän rakenteita on mahdollista hyödyntää myös muihin tarkoituksiin. Jänninpolun päähän rakennetaan jäteveden pumppuasema. Pumpun mennessä häiriöön, alkaa pumppuaseman omat tilat täyttymään. Pumppaamon mitoituksessa on otettu huomioon myös asuinalueen laajenemissuunnitelmat, jonka vuoksi kapasiteetti on laskettu 100 tontin mukaan (maisemakylissä tontteja on 33 kpl). Jokaisen tontin asukasvastineluku on 5 henkilöä, jolloin muodostuu 6,0 l/s mitoitusvirtaama. Pumppaamon pohjan ala on 7 neliometriä ja pumppaamon pohja on maanpinnasta metrin verran.

Jänninpolulle suunnitellun altaan tilavuus on noin 80 m<sup>3</sup> ja ylivuotovedet johdetaan sinne avo-ojan avulla. Altaan ensisijaiseen purkuputkeen asennetaan hätäkytkin, joka sulkeutuu, kun pumppaamon pumppu pysähtyy. Tällöin kaikki ylivuotanut jätevesi on mahdollista saada talteen.

Käytettävässä purkualtaassa on kaksi poistoputkea. Ensisijainen poistoputki on pieni ja pitää tavallisilla sateilla virtaukset pieninä ja tasaisina, kun taas tulvapatki varmistaa, ettei rankkasateilakaan tapahdu tulvimista.

Pumppaamoon asennetaan seuraavat hälytykset:

- pumppukohtainen suojalaittevika
- pinnanmittauksen ala- ja yläraja
- sähkökatko
- pumppukohtainen yli- ja alivirta
- pumppukohtainen yli- ja alituotto

Pumpun mennessä häiriöön alkaa ensin tuloputki täyttymään, tämän jälkeen pinta nousee pumppaamossa ja tulojärjestelmässä ylivuotokynnykseen asti, jonka jälkeen jätevedet valuvat ylivuotoputkeen, josta se menee avo-ojan kautta altaaseen. Altaan suuri tilavuus mahdollistaa sen, että pumppaamo voi täytyä noin neljän tunnin ajan, ennen kuin jätevettä pääsee luontoon. Yleisesti pumppaamoilla pidetään hälytysaikana, eli aikana, joka saa kuluu hälytyksestä vastaavan paikalle saapumiseen, noin kahta tuntia. Tämän vuoksi allas varmistaa tehokkaasti, ettei käsittelemättömiä jätevesiä pääse luontoon sellaisenaan.

Kaavassa on asetettu tiukat rajat suojelualueille ja siksi jätevesipumppaamon ja suojelualueen väliin jäävä kaistale on hyvin kapea. Tälle kaistaleelle ei mahdu suunnitelmien mukaista viivytysallasta. Tämän vuoksi rakenne korvataan avo-ojalla, joka hieman edesauttaa hulevesien viivytystä ja tukee jätevesipumppaamon häiriövalmiutta.

Hulevesilammikoita käytetään usein myös eri alueiden, kuten puistojen, maisemoinnissa. Tämä vaatii useasti ison valuma-alueen, joka sitten pystyy ylläpitämään tasaista veden pintaa. Myös veden vaihtuvuuden tulee olla riittävän suuri, sillä virtaamaton vesikosteikko on hyttysille otollinen pesimäalue.

## 6. MUIDEN ALUEIDEN RATKAISUJA JA TULOSTEN TARKASTELU

Tässä osiossa esitellään kolmen eri esimerkkikohteen omia ratkaisuja ja menetelmiä hulevesien hallintaan. Tampereen Vuores on esimerkki kohteesta, joka tekee hulevesijärjestelmänsä isoilla resursseilla. Porissa oli vuonna 2007 suuri tulva, joten tässä se toimii esimerkkinä kaupungista, joka pyrkii kehittämään jo olemassa olevaa infraa. Kolmas esimerkkikaupunki on Jyväskylä, joka on riittävän iso omistaakseen hulevesiohjelman, mutta silti riittävän pieni olemaan relevantti vertauskohta Sastamalalle.

### 6.1 Alueiden taustat ja erikoispiirteet

Jokaisella alueella on oma taustansa ja se vaikuttaa suuresti kunkin alueen hulevesijärjestelmiin. Asukasluku on yleensä suurin tekijä saataviin resursseihin, mutta myös alueen luonto ja pilottihankkeet vaikuttavat suuresti. Samoin kuin alueen historia hulevesionnettomuuksien kanssa.

#### 6.1.1 Tampere, Vuores

Tampereen Vuores on hiljattain rakennettu n. 14000 asukkaalle suunniteltu asuinalue, jossa on hulevesien hallintaa varten kehitetty tiiviit toimintaperiaatteet. Alue on saanut Euroopan komissiolta 1,44 miljoonaa euroa tukea Urban Nature Labs- hankkeeseen, jossa kehitetään luontopohjaisia ratkaisuja kaupunkialueille. Tällä summalla ensisijaisesti kehitetään Vuoreksen kaupungin osan hulevesien hallintaa ja ratkaisuja käytetään Tampereen alueella myös jatkossa. (Hyöty, 2016)

#### 6.1.2 Pori

Porin alueella oli 12.8.2007 erittäin poikkeuksellinen rankkasade, joka aiheutti hulevesitulvan. Porin alueella mitattiin Ilmatieteenlaitoksen lausunnon mukaan suurimmaksi vuotokausisademääräksi 79.5 mm ja päivän todellinen sademäärä oli 100-125 mm. Suurin maallikoiden suorittama sadantamittauslukema oli 131 mm ja se mitattiin Ruosniemestä. Sateen kesto oli kolme tuntia. Tulva täytti alikulkutunnelit vedellä ja vesivahinkoja aiheutui yli tuhannelle kiinteistölle. Kyseessä on Suomen suurin kaupunkitulva. (Koivisto, 2018)

#### 6.1.3 Jyväskylä

Jyväskylässä kaupungin kehittämisen lähtökohtana on yhdyskuntarakenteen tiivistäminen ja täydentäminen. Jyväskylässä on ollut entuudestaan (2000-luvulle saavuttaessa) hulevesijärjestelmiä, mutta niissä ei olla lainkaan otettu huomioon tulvariskejä tai täydennysrakentamisen aiheuttamaa rasituksen lisääntymistä. Tämän vuoksi Jyväskylässä pyritään hulevesien hallinnan parantamiseen kokonaisuutena. Tavoitteisiin luetaan luonnonmukaisen hallinnan edistäminen, ympäristöhaittojen esittäminen ja tulvahaittojen ehkäisy. Näistä vastuuta jaetaan kaupungin hallintokunnille, jotka hoitavat hulevesiä paikallisemmalla tasolla. (FCG, 2011)

#### 6.1.4 Sastamala, Maisemakylät

Maisemakylissä on topografian vuoksi hulevesiputkien toimiessa vetäessä käytännössä olemaan tulvariski. Purkuvesistön ja asuinalueen korkeusero on kuusi metriä, mittauspisteiden ollessa



noin 150 metrin päässä toisistaan. Vuonna 2017 Sastamalan Keikyässä tapahtui erittäin voimakkaan rankkasateen vuoksi tulva. Tiet tulvivat laajalla alueella ja kymmenet omakotitalojen kellarit tulviva, sekä joitain teitä jouduttiin katkaisemaan, esimerkiksi alikulkuja. (Turun Sanomat, 2017) (YLE, 2017) Sastamalassa kaupungin kehittäminen painottuu uusien asuinalueiden kaavoittamiseen ja rakentamiseen.

## 6.2 Hallintamenetelmät

Kunkin esimerkkikohteen hulevesienhallinta pohjautuu eri lakeihin ja säädöksiin, mutta kukin kohde on minimivaatimusten lisäksi tehnyt omien intressien mukaisesti lisäohjeita ja -toimenpiteitä. Nämä toimenpiteet voivat liittyä vaatimuksia viivytykseen ja vedenlaadun kontrolliin tai mitoitusasteiden suuruuteen. Myös selkeytetty vastuunjako edesauttaa hulevesien hallinnassa. Lisätoimenpiteiden rahoittamiseksi jotkin kaupungit ovat ottaneet käyttöönsä erillisen hulevesimaksun.

### 6.2.1 Tampere, Vuores

Vuoreksessa kaupunkitulvia ehkäistään korttelikohtaisilla hallintamenetelmillä ja first flush-vesien käsittelyllä, näiden menetelmien avulla epäpuhtauksista saadaan luultavasti poistettua 80-100%. Valuma-alueella virtaamat säädellään rakentamista edeltäneelle tasolle tulva-alueilla ja altailla. Alueen järvien laaturiskit ehkäistään ja toimintavarmuutta parannetaan hajautetulla järjestelmällä. Kortteleiden kaikki hulevedet kerätään suodatuspainanteisiin ja viivytykskaivantoihin, jotka sijaitsevat alueen keskuspuistossa. Suunnitelmassa painotetaan esteettisiä ja toiminnallisia näkökulmia. Alueella on paljon pieniä järviä ja niiden kuntoa ei haluta vaarantaa. (FCG, 2008)

Kahdelle tärkeimmälle hulevesien johtoreitille on asetettu tarkkailujärjestelmät, joilla saadaan suoraan tieto, kuinka maankäytön muutokset aiheuttavat muutoksia vedenlaadussa, sekä virtaamissa (Hyöty, 2016). Alueen vesistöille ei haluta aiheuttaa riskejä muuttamalla luonnonmukaisen tilanteen hulevesivirtaamia tai hulevesien laatua, joten lähtökohtana alueen suunnittelussa on alueen imeytys-valunta-suhteen säilyttäminen mahdollisimman muuttumattomana. Aiheesta on tehty tiiviit ohjeet jatkosuunnittelua varten ja myös yksityisten toimijoiden (mm. kaupungit ja omakotitalon omistajat) on helppo soveltaa niitä. Ohjeissa opastetaan myös hyödyntämään alueelta luonnollisia suo- ja kosteikkoalueita viivyttämiseen ja laadun parantamiseen. Tampereen kaupunki antaa myös selkeät ohjeet hulevesien hallinnalle suunnittelun eri vaiheissa, kuten kaavoituksessa. (Tampereen kaupunki Ympäristötoimi Kaavoitusyksikkö, 2003)

### 6.2.2 Pori

Porissa tulvan jälkeen Porissa on varauduttu uusiin rankkasateisiin kehittämällä hulevesien hallintaa useilla erilaisilla toimenpiteillä. Hulevesisuunnittelussa käytettävät mitoitusasteet ovat jatkossa suurempia, uudiskohteiden padotuskorkeus on maanpinta +0.30 m ja jätevesillä maanpinta on +0.10m. Hulevesiverkostoon on tehty uusia viemäreitä ja ojituksia, sekä on rakennettu yksi isompi uusi hulevesipumppaamo. Valtajien rumpujen kapasiteettia on kasvatettu ja alikuluissa on tehty pieniä muutostöitä. Vanhoja tulvariskialueita on uudelleen kartoitettu ja niillä sijaitsevien kriittiset palveluiden (satamat, kaupungit, kriittisimmät sähkömuuntajat ja lääketeollisuuskohteet) toiminta on nykyisin suojattu tulvilta, joten ihmisten turvallisuus pystytään takaamaan. Arviointien mukaan ainoastaan pienet lyhyet sähkökatkokset ja puhelinverkkoviat ovat vastaavanlaisen rankkasateen tapahtuessa mahdollista, kuten myös lyhytaikaiset liikennehäiriöt ovat jatkossa mahdollisia. Vedenjakelu toimi koko vuoden 2007 tulvan ajan, joten sitä ei ole uudistettu. Tulvan aikana tulvineita kellareita on uudistettu pumppujen tai takaiskuventtiilien avulla niin, ettei tulvan toistuksessa kellarit tulvisi. Sekaviemäreistä on nykyisin luovuttu kokonaan. (Koivisto, 2018)

Uusien kohteiden mitoitusasteena käytetään kerran sadassa vuodessa tapahtuvaa sadetta, jossa tuntisadanta on noin 27-37 mm/h ja vuorokausisadanta on 77.90 mm/vrk. Maisemakyljen mitoituksessa on käytetty samoja arvoja, vaikka topografiansa vuoksi Maisemakylät eivät kuulu tulva-vaara-alueisiin.

### 6.2.3 Jyväskylä

Hallintokuntiin on iskostettu hulevesien hallinnan tärkeysjärjestys, joka on sama kuin tässä työssä luvussa 2.5. esitellyt maanrakennuslaissa esitellyt periaatteet. Suurin ero on, että hulevesien muodostumista pyritään estämään ja ne pyritään myös käsittelemään jo syntypaikallaan, esim. kasteluvetenä. Lisäksi hulevesien hallinnan tavoitteet, toimenpiteet ja vastuutahot on suoraan jaettu ja nimetty mm. nimetyille työryhmille ja valiokunnille, mikä sujuvoittaa toimintaa huomattavasti, vaikka perusteet vastuiden jakamiseen löytyy laista (luvut 2.11. ja 2.12.). (FCG, 2011)

Jyväskylän kaupunki perii asiakkailtaan hulevesimaksua, joka perustuu kiinteistön pinta-alaan, talotyyppiin (omakoti-, pari-, rivi- tai kerrostalo, liiketoimistot, teollisuusrakennukset yms.). Talotyyppiin lisäksi hulevesille lasketaan vähennyskerroin, joka voi tulla esim. johtamalla hulevedet valtion hulevesijärjestelmään, kuulumalla sekaviemäröinnin piiriin tai mikäli kaupungin järjestelmä purkaa hulevesiä kiinteistön alueelle. (Jyväskylän kaupunki, 2018)

### 6.2.4 Sastamala, Maisemakylät

Sastamalan maisemakylissä hulevedet johdetaan painovoimaisesti lähivesistöön. Ne kerätään valuma-alueittain purkupisteisiin, joista ne johdetaan kootusti purkuvesistöön. Jokaisella purkureitillä hyödynnetään hulevesikaivoa, joka viivästyttää hulevesiä ja myös rakenteensa avulla edesauttaa kiintoaineiden poistamista. Ympäristön riskien arvioinnin pohjalta viivytysallasta harjettiin pitkään yhdellä valuma-alueella, mutta kaavamääräysten vuoksi viivytysallas olisi mennyt suojelualueelle ja suunnitelma jouduttiin siksi hylkäämään. Altaan sijaan samalle sijainnille paikalle tehdään avo-oja tasaamaan virtaamia. Muilla alueilla riittää, kun kerätyt hulevedet johdetaan purkukaivosta kahta eri reittiä pitkin luontoon. Mitoitussateena käytetään kerran 80 vuodessa tapahtuvaa rankkasadetta, jolloin kapasiteetti riittää, vaikka alueen hulevesivirtaamisessa tulisi muutoksia. Tämän työn myötä myös vastuiden ja velvoitteiden jakaminen tulee selkeämmäksi ja seuraavissa kappaleissa olevat ohjenuorat edesauttavat hulevesisuunnittelua jatkohankkeissa.

## 6.3 Tulosten tarkastelu ja ohjenuorat tuleville hankkeille

Monet kaupungit ovat tehneet kattavia suunnitelmia ja ohjenuoria tuleviin hankkeisiin. Tärkeintä on tavoitteiden asettaminen, joiden pohjalta sitten luodaan toimintatavat. Kuten esimerkiksi Vuoreksen alueen pienet järvet otettiin huomioon, jonka vuoksi suurimmille hulevesien johtoreiteille asetettiin myös mittausvalvonta. Suunnitelmat ja ohjenuorat pohjautuvat lakeihin, mutta esimerkiksi tapauksissa niitä on jatkettu vielä pidemmälle, esimerkiksi Porissa, missä on ohjenuoriin, sisältyy jopa mitoitusateen intensiivisyys. Yleiskaavoissa on tyyppillisesti eritelty suositeltuja viivytyspaikkoja ja mahdollisesti myös tarkkailumenetelmiä.

Suunnitelmien avoin julkaiseminen auttaa asukkaita hahmottamaan hulevesisuunnittelun syitä ja tavoitteita. Samalla selviää hulevesisuunnittelun yhteys muuhun suunnitteluun ja mahdolliset yhteydet eri alueiden hulevesijärjestelmien kanssa, jos hulevesiä ei ole mahdollista purkaa lähimpään vesistöön. Monissa kaupungeissa vaaditaan omakotitalojen kiinteistöiltäkin toimia hulevesien hallintaa varten ja tämän vuoksi Jyväskylässä ja Vuoreksessa on kerrottu yksinkertaisia toimitus suosituksia maankäytön kehittämistä varten, nämä auttavat myös isompien kokonaisuuksien suunnittelijoita, jos esim. puistoja uudistetaan. Avoimesti julkaistuilla suunnitelmissa on myös helpompi perustella hulevesimaksuja, mitkä ovat yleistymässä samalla kun hulevesijärjestelmistä tulee kattavampia.

### 6.3.1 Ohjeet kaavoitukseen

Tätä työtä pohjana käyttäen voi tulevaisuuden hulevesihankkeissa hyödyntää laajasti, mutta olennaisimmat ohjenuorat kaavoitukseen on koottu seuraavasti. Vuonna 2014 tehdyn lakimuutoksen myötä hulevesien hallinnan suunnittelusta tuli kiinteä osa kaavoitusprosessia, sillä kaavassa luodaan mahdollisuudet onnistuneella hulevesien kontrollille.

1. Kartoita valuma-alueiden riskialueet (mm. teollisuusalueet, huoltoasemat ja isot parkkipaikat) ja purkuvesistön herkkyys
  - a. Näiden pohjalta tehdään tonttikohtaiset ohjeistukset ja määräykset.
2. Isoilla valuma-alueilla (> 10 ha) tulisi varata tilaa tai rahaa hulevesien käsittelylle.
  - a. Jos pintakäsittelymenetelmiin ei olla varattu tilaa, niin maanalaiset käsittelymenetelmät ovat merkittävästi kalliimpia.

Suosittelisin, että Sastamalassa kaavamääräyksiä ja -merkintöjä tarkennettaisiin kaavakohtaisiksi. Tarpeen tullen kaavoituksen yhteydessä voisi tehdä aina kaavakohtaisen hulevesiselvityksen. Tätä tukisi mahdollinen kaupungin laajuinen hulevesisuunnitelma. Tärkeintä menettelyssä on kuitenkin kaikkien osapuolien yhteistyö, jolloin päädytään kaikkia miellyttävään lopputulokseen.

### **6.3.2 Ohjeet rakentamiseen ja suunnitteluun**

Hulevesisuunnittelussa tavoitteena on hallita hulevesiä ja niiden aiheuttamia riskejä.

1. Edistää hulevesien suunnitelmallista hallintaa, erityisesti asemakaava-alueella.
2. Mahdollisuuksien mukaan estää hulevesien muodostuminen pintojen materiaalivalinnoilla.
3. Viivyyttää ja imeyttää hulevesiä keräämispaikkoja hyödyntäen, tämä kehittää myös hulevesien laatua.
4. Estää hulevesistä kiinteistölle ja ympäristölle koituvia vahinkoja ja haittoja.
5. Edesauttaa luopumista hulevesien johtamisesta jätevesiviemäriin.
6. Huomioida mahdolliset hyödyntämismahdollisuudet muun suunnittelun kanssa (esim. maisemointi tai altaiden hyödyntäminen varoaltaina).

Kunta on lain mukaan velvoitettu valvomaan hallinnan toteutumista.

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kaavasuunnittelu voi osaltaan helpottaa tai vaikeuttaa hyvinkin paljon hulevesisuunnittelua. Jos on tilanne, missä alueelle tehdään kaavassa varauksia teollisuusalueille, huoltoasemille tai muille vesistön näkökulmasta riskikohteille, niin tarpeet hulevesien käsittelylle nousee merkittävästi. Samoin jos kaavassa on paljon vettä läpäisemätöntä pintaa ja alue on täyteen rakennettu, niin vaatimukset virtausten hallinnalle nousevat. Hulevesijärjestelmille tehdyt tilavaraukset edesauttavat näiden ongelmien ratkaisemista, mutta ongelmat voidaan hoitaa myös maanalasilla järjestelmillä, jotka sitten taas ovat kalliita. Ongelmat saattavat myös moninkertaistua, jos vettä ei pureta suoraan purkuvesistöön vaan esim. johdetaan toisen asuinalueen hulevesijärjestelmien läpi. Riskialueille voidaan tehdä myös tonttikohtaiset määräykset hulevesien käsittelylle jo kaavassa, jolloin hulevesien hallinta alkaa jo tontilla.

Tilan varaamisissa tulee usein ristiriitaisia tavoitteita. Samalla kun tasaisesta maastosta pyritään varaamaan tasaista maata tonteille, suojelualueille, viheralueille ja puistoille, niin samalla hulevesijärjestelmä tarvitsisi niitä viivytyrakenteita varten. Tässä tapauksessa hulevesirakenteet eivät sopineet muiden suunnitelmien kanssa yhteen.

Alueen topografian hyödyntäminen on myös avainasemassa. Jos maa on hyvin epätasaista ja vietto on suuri, niin hulevesien johdattaminen on helppoa ja onnistuu pienilläkin putkilla, samalla kun vesien viivyttämiskonstruktioiden tekeminen vaatii paljon pengertämistä ja siten kulut nousevat korkeiksi. Tasaisella maalla (,kuten Porissa) viettojen ollessa pienet vaaditaan hulevesien poisjohtamiseen suuret putket, mutta toisaalta kaavoituksen ja maaperän salliessa viivytyrakenteiden tekeminen on helppoa. Tasainen topografia myös jakaa hulevesikuormituksen laajalle alueelle.

# LÄHTEET

Diplomityöohje, Tampereen teknillisen yliopiston ohjeet [intranet], Tampere, 2013. Saatavissa: <https://www.tut.fi/pop> > Opiskelu > Diplomityö > Diplomityöohje

Airola, J., Nurmi, P., Pellikka, K., 2014, Huleveden laatu Helsingissä, Helsingin Kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2014, viitattu 16.1.2019, saatavissa:

<https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-12-14.pdf>

Asemakaavamerkinnot ja -määräykset, 2003, Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000, opas 12, Ympäristöministeriö, viitattu 12.2.2018, saatavilla:

[http://www.ymparisto.fi/FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Maankaytto\\_ja\\_rakennuslaki\\_2000\\_sarja/Opas\\_12\\_Asemakaavamerkinnot\\_ja\\_määräykset\(4437\)](http://www.ymparisto.fi/FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Maankaytto_ja_rakennuslaki_2000_sarja/Opas_12_Asemakaavamerkinnot_ja_määräykset(4437))

BenDor, Todd K., Shandas Vivek, Brian Miles, Kenneth Belt, Lydia Olander; Environmental Science and policy, Ecosystem services and U.S. stormwater planning: An approach for improving urban stormwater decisions, viitattu 3.10.2018, saatavilla:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901117305282>

Butler, D., Clark, P., 1995, Sediment Management in Urban Drainage Catchments, CIRIA, London, Saatavilla:

<http://www.worldcat.org/title/sediment-management-in-urban-drainage-catchments/oclc/32964757>

Booth Derek B., Jackson C.R., 1997, Urbanization of aquatic systems: Degradation thresholds, stormwater detection, and the limits of mitigation, Journal of the American Water Resources Association, viitattu 4.10.2018, saatavilla:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1752-1688.1997.tb04126.x>

D'Arcy J.B., Ellis J.B., Ferrier R.C., Jenkins A., Dils R., 2000, Diffuse Pollution Impacts: The Environmental and Economic Effects of Diffuse Pollution in the UK. Terence Dalton Publ. Ltd., ei saatavilla.

Davis, A.P., Hunt, W.F., Traver, R.G., Clar, M., 2009, Bioretention Technology: Overview of current Practice and Future Needs, Journal of Environmental Engineering / Volume 135 Issue 3 – March 2009, viitattu 4.10.2018, saatavilla:

<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9372%282009%29135%3A3%28109%29>

EPA 821-R-99-012, (1999), Preliminary Data Summary of Urban Storm Water Best Management Practices, Washington DC, s. 193, viitattu 14.1.2019, saatavilla:

[https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/urban-stormwater-bmps\\_preliminary-study\\_1999.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/urban-stormwater-bmps_preliminary-study_1999.pdf)

Eriksson, E., Baun, A., Scholes, Eriksson, E., Baun, A., Scholes, L., Ledin, A., Ahlman, S., Revitt, M., Noutsopoulos, C. ja Mikkelsen, P.S. 2007. Selected stormwater priority pollutants – a European perspective. *Science of the Total Environment*, 383:41-51. viitattu 18.9.2018, saatavissa:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969707005979?via%3Dihub>

Ellis J.B., Revitt D.M., *Drainage, Runoff and Groundwater, Guidelines for the Environmental Management of Highways*, s. 67-102. Institution of Highways & Transportation, ei saatavilla.

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2016, Silta- ja rumpurakenteiden aukkomitoitus, viitattu 25.9.2018, saatavissa:

[https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/123702/Opas%204%202016\\_w.pdf?sequence=5](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/123702/Opas%204%202016_w.pdf?sequence=5)

FCG Finnish Consulting Group Oy A,(2017), RTS 17:27, hulevesirakenteet, viitattu 13.3.2018, saatavissa:

[https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5f1PeDhrH/EapGeFOfj/Hulevesirakenteet\\_-\\_Taitto\\_.pdf](https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5f1PeDhrH/EapGeFOfj/Hulevesirakenteet_-_Taitto_.pdf)

FCG Finnish Consulting Group Oy B, 19.10.2011., Hulevesiohjelma P15244, Jyväskylän kaupunki, viitattu 19.3.2019, saatavissa:

[http://www2.jkl.fi/kaavakartat/jkl\\_yleiskaava/JKL\\_hulevesiohjelma.pdf](http://www2.jkl.fi/kaavakartat/jkl_yleiskaava/JKL_hulevesiohjelma.pdf)

Geologian tutkimuskeskus, Maankamara-työkalu, viitattu 10.10.2018, saatavilla: <http://gtkdata.gtk.fi/Maankamara/index.html>

Hall M.J., Ellis J.B., 1985, Water Quality Problems of Urban Areas, *Geojournal*, 11 (3), 265-275

Hammer T., 1972, Stram channel enlargement due to urbanization, ei saatavilla

HMSO, 1998, Design Manual for Roads and Bridges. Vol. 11 Section 3, Part 10; Water Quality and Drainage; viitattu 24.9.2018, saatavissa:

<http://www.standardsforhighways.co.uk/ha/standards/dmrb/vol11/section3/hd4509.pdf>

House M.A., Ellis J.B., Herricks E.E., Hvitved-Jacobsen T., Seager J., Lijklema L., Aalderink H., Clifforde I.T., 1993, Urban drainage – Impacts on receiving water quality, viitattu 24.9.2018, saatavissa:

[https://www.researchgate.net/profile/Thorkild\\_Hvitved-Jacobsen/publication/40183384\\_Urban\\_Drainage-Impacts\\_on\\_Receiving\\_Water\\_Quality/links/55fc5caf08aeba1d9f3e89fe/Urban-Drainage-Impacts-on-Receiving-Water-Quality.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Thorkild_Hvitved-Jacobsen/publication/40183384_Urban_Drainage-Impacts_on_Receiving_Water_Quality/links/55fc5caf08aeba1d9f3e89fe/Urban-Drainage-Impacts-on-Receiving-Water-Quality.pdf)

Hyöty P., 21.10.2008, Hulevesien hallinta Vuoreksen alueella, Hulevesifoorumi SYKE 21.10.2008, FCG Planeko OY, viitattu 20.3.2019, saatavissa:

<https://docplayer.fi/41776467-Hulevesien-hallinta-vuoreksen-alueella.html>

Ilmastokestävän kaupungin suunnitteluopas, 2019, hulevesien hallintarakenteet, viitattu 11.1.2019, saatavilla:

<http://ilmastotyokalut.fi/hulevesien-hallinta/hulevesien-hallintarakenteet/>

Ilmatieteenlaitos, (2015), Äkkitulvien vaikutuksia suomessa, viitattu 27.2.2018, saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/akkitulvien-vaikutuksia>

Joensuu, S., Kauppila, M., Lindén, M. & Tenhola, T. 2012. Hyvän metsänhoidon suositukset - Vesiensuojelu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja, viitattu 23.10.2018., saatavissa:

[http://www.metsanhoitosuosituks.fi/wp-content/uploads/2016/08/Metsanhoidon\\_suosituks\\_esiensuojeluun\\_Tapio\\_2012.pdf](http://www.metsanhoitosuosituks.fi/wp-content/uploads/2016/08/Metsanhoidon_suosituks_esiensuojeluun_Tapio_2012.pdf)

Jylhä, Tuomas., Vesala, Toni., 2016, Hulevesien hallinnan kehittäminen Rovaniemen kaupungin kaavoituksessa, Opinnäytetyö, viitattu 11.2.2019, saatavilla:

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016060111205>

Jyväskylän kaupunki, 2018, Jyväskylän kaupungin WWW-sivut, hulevedet, viitattu 20.3.2019, saatavissa:

<https://www.jyvaskyla.fi/hulevedet>

Kasvio, P., Ulvi, T., Koskiahho, J., Jormola, J., 7.2016, Kosteikkojen ja biosuodatusalueiden toimivuus hulevesien käsittelyssä, HULE-hankkeen loppuraportti; Suomen Ympäristökeskuksen raporteja, viitattu 11.1.2019, saatavissa:

[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/160201/SYKEra\\_7\\_2016.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/160201/SYKEra_7_2016.pdf?sequence=1)

Kling, T., Holt, E., Kivikosti, H., Korkealaakso, J., Kousa, H., Loimula, K., Niemeläinen, E., Törngvist, J., (2015). Vettä läpäisevät päällysteet. Käsikirja suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon, VTT Technology 201. Grano Oy, Kuopio, s. 75, viitattu 14.1.2019, saatavilla:

<https://docplayer.fi/3423398-Vetta-lapaisevat-paallysteet-kasikirja-suunnitteluun-rakentamiseen-ja-yllapitoon.html>

Koivisto T., 3.10.2018, Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin 2. kierros Porin kunnassa, Porin kaupunki, viitattu 18.3.2019, saatavissa:

[https://www.pori.fi/sites/default/files/atoms/files/paatosehdotus\\_24.10.2018\\_hulevesitulvariskien\\_alustavan\\_arvioinnin\\_2.kierros\\_porin\\_kunnassa.pdf](https://www.pori.fi/sites/default/files/atoms/files/paatosehdotus_24.10.2018_hulevesitulvariskien_alustavan_arvioinnin_2.kierros_porin_kunnassa.pdf)

Kuntaliitto, (2012), Hulevesiopas, viitattu 22.1.2018, saatavilla [PDF]: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BE524727D-9C28-494C-84DC-EE3AD26E45F9%7D/115796>

Laki tulvariskien hallitsemiseksi, 620/2010, viitattu 2.2.2018, saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100620>

Lemminkäinen, Kiviasentajan käsikirja: Asennusohje: Kourut ja painanteet: Painanne betonikivistä, viitattu 26.2.2018, saatavissa:

<http://www.rudus.fi/Download/24002/46%20Painanne%20betonikivist%c3%a4.pdf>

Liikennevirasto, (2013), Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu, Liikenneviraston ohjeita 5/2013, viitattu 26.9.2018, saatavissa:

[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2013-05\\_teiden\\_ja\\_ratojen\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2013-05_teiden_ja_ratojen_web.pdf)

Parjanne, A. & Huokuna, M, 2014, tulviin varautuminen rakentamisessa, opas alimpien rakentamiskorkeuksien määrittämiseksi ranta-alueilla, Ympäristöopas, 80 s. viitattu 12.2.2018, saatavilla:

[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135189/YO\\_2014.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135189/YO_2014.pdf?sequence=1)

Peltokangas, J., Asheesh, M., 2002, Oulun seudun Ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö, Rakennusosasto, Hydromekaniikan perusteet, viitattu 22.1.2019., saatavissa: <http://www.oamk.fi/~mohamedahm>

Pohjois-Pohjanmaa, 31.3.2017, Pohjois-pohjanmaan maakuntakaavan uudistaminen 3. vaihe-  
maakuntakaava, Osallistumis- ja arviointisuunnitelma, viitattu 17.12.2018, saatavilla:

<https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/file.php?4842>

Maankäyttö- ja rakennuslaki, 5.2.1999/132, viitattu 22.1.2018, saatavilla:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Maanmittauslaitos, ortokuvat, Avoimien aineistojen tiedostopalvelu, saatavilla osoitteesta:

<https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>

Mark, O., Weesakul, S., Apirumanekul, C., Aroonnet, S., Djordjevic, S., 2004, Potential and limitations of 1D modelling of urban flooding, Journal of Hydrology, viitattu 15.1.2019, saatavissa:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169404003737>

Maryland Stormwater Design Manual Volume II. (2000b), Maryland Department of the Environment in cooperation with the Maryland Department of Natural Resources Coastal Zone Management Program pursuant to National Oceanic and Atmospheric Administration, viitattu 26.2.2018, saatavissa,

<http://mde.maryland.gov/programs/Water/StormwaterManagementProgram/Documents/MD%20SWM%20Volume%202.pdf>

Moy F., Crabtree R., Simms T., 2003, Long term monitoring of pollution from highway runoff, Environment Agency R&D Report No, P2-038, WRC, Swindon. viitattu 24.9., saatavilla:

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/290643/sp2-038-tr1-e-e.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290643/sp2-038-tr1-e-e.pdf)

Nelson K., Palmer, M.A., 2007, Predicting stream temperature under urbanization and climate change: implications for stream biota, Journal of the American water resources association, viitattu 3.10.2018, saatavilla:

<https://pdfs.semanticscholar.org/3b83/112fc1678b9aa6ffa1785d2df4a521683a8c.pdf>

Näreaho T, Jormola J, Laitinen L & Sarvilinna A, (2006), Maatalousalueiden perattujen purojen luonnonmukainen kunnossapito, Suomen Ympäristö 52/2006, Vammalan Kirjapaino Oy, viitattu 22.2.2018, saatavissa,

[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38784/SY\\_52\\_2006.pdf?sequence=3](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38784/SY_52_2006.pdf?sequence=3)

RakMK D1, 2007, Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista, Saatavilla, viitattu 28.3.2018

[https://www.finlex.fi/data/normit/28208/D1\\_2007.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/28208/D1_2007.pdf)

RT 66-11133, Haja-asutuksen jätevesien käsittely

Rudus, (2015), Vettä läpäisevät päällysteet hulevesien hallinnassa, viitattu 14.1.2019, saatavilla:

<http://ruduspihablogi.fi/vetta-lapaisevat-paallysteet-hulevesien-hallinnassa/#!.Saarinen>



Saarinen, U. (2011), Suomessa väki keskittyy taajamiin, Tilastokeskuksen internetsivut, viitattu 1.2.2019, saatavilla:

[http://www.stat.fi/tup/vl2010/art\\_2011-12-16\\_001.html](http://www.stat.fi/tup/vl2010/art_2011-12-16_001.html)

Sastamalan kaupunki, 2018, Osallistumis- ja arviointisuunnitelma Mouhijärven maisemakylän Wähätiisalan asemakaava, viitattu 8.10.2018, saatavilla (pdf):

[https://www.sastamala.fi/sastamala/liitetiedostot/editori\\_materiaali/30513.pdf?name=A\\_048\\_Vahatiisalan\\_ak\\_kaavaselostus\\_ehd](https://www.sastamala.fi/sastamala/liitetiedostot/editori_materiaali/30513.pdf?name=A_048_Vahatiisalan_ak_kaavaselostus_ehd)

Sillanpää, N. Västilä K. Koivusalo, H.; 22.03.2018; Aalto-yliopisto; ”Luonto antaa keinot kestäväan tulvien hallintaan”; viitattu 24.9.2018, saatavissa:

<http://www.aalto.fi/fi/current/news/2018-03-22/>

Sänkiaho, L., Sillanpää, N., 2012, STORMWATER-Hankkeen loppuraportti – Taajamien hulevesihaasteiden ratkaisut ja liiketoimintamahdollisuudet, viitattu 16.1.2019, tiivistelmä saatavilla:

<https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/3639>

Tampereen kaupunki Ympäristötoimi Kaavoitusyksikkö, Lempäälän kunta Kaavoitustoimi; 11.8.2003, Vuoreksen osayleiskaava, liite 16, ohjeet hulevesien käsittelyyn, viitattu 20.3.2019, saatavilla:

<https://www.tampere.fi/liitteet/5a85rcl2h/liite16.pdf>

Tampereen yliopiston tekniikan alan opinnäytteiden kirjoitusohje. Tampereen yliopisto, Tampere, 2018. Saatavissa: POP > Opiskelu > Diplomityö > Diplomityöohje

Uponor a, Uponor Smart Trap -hulevesikaivo, viitattu 29.1.2019, saatavilla:

<https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/hulevesiputkistot/hulevesikaivo-smart-trap>

Uponor b, Uponor Hulevesisäiliöt, viitattu 29.1.2019, saatavilla:

<https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/hulevesiputkistot/hulevesisailiot>

Uponor c, Osa 12 hulevesijärjestelmät, tehtaanhinnasto ja tuoteluettelo 2019, viitattu 21.2., saatavilla (latauslinkki):

<https://www.uponor.fi/UponorInternet/DirectDownload?did=58ABA648377B4290882C3AA240FF5C63>

Vahtera, H., 2016, Hulevesien laatu Hyvinkäällä vuonna 2015, Raportti 6/2016, viitattu 16.1.2019, saatavilla:

<https://www.hyvinkaa.fi/globalassets/asuminen-ja-ymparisto/ymparistonsuojelu-ja-valvonta/liitteet/raportti-6-2016-hulevesien-laatu-hyvinkaalla-vuonna-2015.pdf>

Valtanen, M. Sillanpää, N. Hättinen, N. & Setälä, H. (2010). Hulevesien imeyttäminen ja suodattaminen: haitta-aineet ja menetelmät, Stormwater-hankkeen kirjallisuusseivitys. 48 s. viitattu 13.2.2018, saatavissa:

[http://www.researchgate.net/profile/Nora\\_Sillanpaae/publication/230854077\\_Hulevesien\\_imeyttäminen\\_ja\\_suodattaminen\\_haittaaineet\\_ja\\_menetelmät/links/0fcfd5056c95f82985000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Nora_Sillanpaae/publication/230854077_Hulevesien_imeyttäminen_ja_suodattaminen_haittaaineet_ja_menetelmät/links/0fcfd5056c95f82985000000.pdf)

en\_imeyttäminen\_ja\_suodattaminen\_haittaaineet\_ja\_menetelmät/links/0fcfd5056c95f82985000000.pdf

Vesienhoitolaki 2004, ympäristöministeriö, viitattu 5.2.2018, saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041299#L1P5>

Vesilaki, VL 27.5.2011/587

Vesihuoltolaki, 3 a:17d§, viitattu 11.2.2019, saatavilla:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119#L3P15b>

Vuores, 13.12.2016, Tampereen kaupunki sai 1,44 miljoonaa euroa hulevesien hallinnan kehittämiseen, Tampereen kaupungin tiedote, viitattu 20.3.2019, saatavissa:

<https://vuores.fi/ajankohtaista/uutiset/517-tampereen-kaupunki-sai-1-44-miljoonaa-euroa-hulevesien-hallinnan-kehittamiseen>

Västilä Kaisa, Juha Järvelä, 2018, Rakennustekniikka 3/2018 ”Luontopohjaisia ratkaisuja tulvien ja hulevesien hallintaan”, s. 28-33.

Tornivaara-Ruikka Riitta, Hulevesien käsittely maankäytön suunnittelussa, viitattu 5.2.2018, saatavilla,

[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/44961/suojattu%2C%20ei%20pysty%20kopioimaan%20UUDra\\_3\\_2006.pdf?sequence=1](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/44961/suojattu%2C%20ei%20pysty%20kopioimaan%20UUDra_3_2006.pdf?sequence=1)

Turun Sanomat, 7.8.2017, Rankka vesisade aiheutti tulvia Sastamalassa – Turku säästy pahimmilta vahingoilta, viitattu 26.3.2019, saatavissa:

<https://www.ts.fi/uutiset/paikalliset/3607831/Rankka+vesisade+aiheutti+tulvia+Sastamalassa+Turku+saastyi+pahimmilta+vahingoilta>

YLE, 7.8.2017, Sade vei tiet ja nuoruusmuistot – poikkeuksellisen tulvan jälkiä siivotaan Keikyässä vielä pitkään, viitattu 26.3.2019. saatavissa:

<https://yle.fi/uutiset/3-9761545>

YLE, 2014, Sastamalan kaupunginjohtaja: Talousongelmat eivät johdu kuntaliitoksista, viitattu 2.10.2018, saatavilla:

<https://yle.fi/uutiset/3-7602909>

Yleiskaavan sisältö ja esitystavat, 2006, Maankäyttö ja rakennuslaki 2000 – julkaisusarja. 73 s. viitattu 12.2.2018, saatavilla [PDF]

<http://www.ym.fi/download/noname/%7B5B7CCAD1-D27A-4C86-8369-9E18F8ADF862%7D/32259>

Ympäristöhallinto, 5.4.2018, Maakuntakaavoitus, viitattu 17.12.2018, saatavissa:

[http://www.ymparisto.fi/fi-fi/Elinymparisto\\_ja\\_kaavoitus/Maankayton\\_suunnittelujarjestelma/Maakuntakaavoitus](http://www.ymparisto.fi/fi-fi/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Maankayton_suunnittelujarjestelma/Maakuntakaavoitus)

Ympäristöhallinto, Sastamalan pohjavesialueet, viitattu 8.10.2018, saatavilla (pdf):

<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BAE96B229-A08D-454C-AA6A-59D3C5882AF3%7D/104664>

Ympäristöhallinto, 2013, vesikartta – ekologinen tila, viitattu 11.3.2019, saatavissa:

[http://paikkatieto.ymparisto.fi/vesikarttaviewers/Html5Viewer\\_2\\_5\\_2/Index.html?configBase=http://paikkatieto.ymparisto.fi/Geocortex/Essentials/REST/sites/VesikarttaKansa/viewers/VesikarttaHTML525/virtualdirectory/Resources/Config/Default](http://paikkatieto.ymparisto.fi/vesikarttaviewers/Html5Viewer_2_5_2/Index.html?configBase=http://paikkatieto.ymparisto.fi/Geocortex/Essentials/REST/sites/VesikarttaKansa/viewers/VesikarttaHTML525/virtualdirectory/Resources/Config/Default)

Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto; 2007; Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, Määräykset ja ohjeet; Suomen rakentamismääräyskokoelma; viitattu 17.10.2018; saatavilla:

[https://www.finlex.fi/data/normit/28208/D1\\_2007.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/28208/D1_2007.pdf)

Ympäristöministeriö 2007, vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015, viitattu 2.2.2018, saatavilla [PDF]:

<http://www.ym.fi/download/noname/%7B60A89D2C-7293-4104-831C-8A3E99A15E5E%7D/30440>

Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista, 2014, viitattu 13.2.2018, saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140465>

# LIITTEET

## Liite 1: Hulevesisuunnitelman putkien mitoitus

