

Jani Myyryläinen

HULEVESIVERKOSTON PARANTAMINEN VIIVYTTÄMÄLLÄ KIRJALAN ALUEELLA

Opinnäytetyö
Talotekniikka

2020



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Jani Myyryläinen	Insinööri (AMK)	Maaliskuu 2020
Opinnäytetyön nimi		46 sivua 25 liitesivua
Hulevesiverkoston parantaminen viivyttämällä Kirjalan alueella		
Toimeksiantaja		
Mikkelin kaupunki, Infra-aluepalvelut		
Ohjaaja		
Anna Forsström		
Tiivistelmä		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää ratkaisut, joilla hulevesiverkostoa voidaan parantaa ensisijaisesti taajamatulvien ehkäisemiseksi sekä hulevesien laadun parantamiseksi. Tutkimuksen kohteena oleva alue on osittain suhteellisen tiiviisti rakennettua asuinpientaloaluetta ja osittain teollisuusaluetta, jolla on runsaasti vettä läpäisemättömiä pintoja. Vettä läpäisemättömien pintojen lisääntymisestä ja ilmastonmuutoksen aiheuttamasta sademäärin kasvusta johtuva hulevesien määrän kasvaminen aiheuttaa tutkittavalla alueella taajamatulvia. Lisäksi epäpuhtauksia sisältävät hulevedet johdetaan tutkimuksen kohteena olevalta alueelta läheiseen Urpolan lampeen.</p> <p>Tutkimuksen alussa alueen asukkaille tehtiin kyselytutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää, kuinka he kokevat hulevesiverkoston toiminnan nykyisellään ja mitä mieltä he ovat mahdollisten hulevesien viivytysjärjestelmien pintarakenteista asuinalueiden varsilla. Kysely suoritettiin nettikyselynä, ja asukkaita tiedotettiin siitä jakamalla lennäkkit postilaatikoihin. Varsinaisessa tutkimuksessa alue jaettiin osiin, joille laskettiin mitoitusasteen aiheuttama pintavalunnan kertymä. Viivytystarve alueittain selvitettiin vertaamalla hulevesien kertymää tietokonemallinnukseen hulevesiverkoston maksimivirtaamista mitoitusasteella.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena saatiin kolme erityyppistä viivytysjärjestelmää, joilla estetään taajamatulvien syntyminen alueella. Ensisijaisina järjestelminä toimivat sadepuutarhat ja viivytyskaivannot, joihin mahdollisuuksien rajoissa yhdistettiin vettä läpäiseviä päällysteitä. Nämä toimivat myös huleveden laatua parantavina järjestelminä. Lisäksi edellisiä täydentävinä järjestelminä on hulevesiverkoston kriittisiin pisteisiin sijoitettuja viivytyssäiliöitä, jotka kasvattavat hulevesiverkoston tilavuutta ja viivyttävät samalla niihin johdettuja hulevesiä.</p> <p>Johtopäätöksinä kyselytutkimuksen osalta voidaan tehdä, että osalla aluetta hulevesiverkoston toiminta koetaan ongelmallisena. Lisäksi viivytysjärjestelmien pintarakenteiden osalta kyselytutkimuksen perusteella voidaan olettaa asukkaiden pysyvän tyytyväisinä, kun ei tehdä liian suuria muutoksia nykyisten katualueiden reunojen tyyppisiin. Perusparannushankkeen yhteydessä on myös tärkeää esitellä asukkaille viivytysjärjestelmien rakenteiden mahdollisia vaikutuksia pohja- ja suotovesiin. Itse viivytysjärjestelmien osalta voidaan nähdä, että on mahdollista parantaa hulevesiverkostoa niin, että samoilla ratkaisulla voidaan estää taajamatulvien syntymistä sekä parantaa pois johdettavan huleveden laatua.</p>		
Asiasanat		
hulevesi, viemäriverkot, parantaminen, tulvatorjunta, suodatus		

Author (authors)	Degree	Time
Jani Myyryläinen	Bachelor of Engineering	March 2020
Thesis title Improving the stormwater network by detention systems in the district of Kirjala		46 pages 25 pages of appendices
Commissioned by City of Mikkeli, Infrastructure services		
Supervisor Anna Forsström		
<p data-bbox="164 835 1469 1014">Abstract</p> <p data-bbox="164 835 1469 1014">The purpose of this Bachelor's thesis was to find out solutions to prevent floods in the urban area. Urban floods caused by increase in rainfall and growing of build-up area. The subject of study was partly a close together build small-house area and partly an industrial area. Furthermore, the aim was to study how to improve the quality of stormwater by detention systems. The stormwaters are led to the Urpola pond.</p> <p data-bbox="164 1059 1469 1305">At the beginning of the study, a survey was also carried out for the residents of the region. It explored how residents felt the current operation of the stormwater network and their views on possible surface structures of delay systems. In the study the area was divided into sections, the runoff of those sections was calculated and compared these to computer modelling of the stormwater network in the area. The difference between runoff and computer modelling was the amount of stormwater to be delayed. And it is at the same time a design volume for detention systems.</p> <p data-bbox="164 1350 1469 1529">As a result of the thesis plans to prevent urban flooding with design storm were given. Two of the three stormwater detention systems suitable for the area also improve the quality of the stormwater. The third type of detention systems are storage tanks in problematic points of stormwater network, and they are in use only on heavy rain. As a conclusion, can be concluded the old stormwater network could be improved by the detention systems.</p>		
<p data-bbox="164 1608 320 1641">Keywords</p> <p data-bbox="164 1682 963 1711">stormwater, storm drain, detention, urban flood, filtration</p>		

SISÄLLYS

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

1	JOHDANTO	7
2	HULEVESIEN HALLINTA	8
2.1	Yleistä hulevesien muodostumisesta ja hallinnasta	8
2.2	Hulevesien hallintamenetelmien valinnan perusteet	9
2.3	Hulevesien hallintamenetelmät	10
2.3.1	Imeyttäminen ja suodattaminen	10
2.3.2	Imeytyspainanteet, -ojat ja biosuodatus	12
2.3.3	Vettä läpäisevät päällysteet	14
2.3.4	Hulevesiverkostossa viivyttäminen	15
2.3.5	Viivytyjärjestelmien toimintavarmuus	17
3	TUTKIMUSMENETELMÄT	18
3.1	Viivytystarve sekä viivytyjärjestelmien valinta ja sijoittaminen	18
3.2	Laskenta	19
3.2.1	Valuma-alueiden mitoitusvirtaaman laskenta	19
3.2.2	Viivytystarpeen laskenta	20
3.2.3	Viivytykskaivantojen tilavuuden laskenta	21
3.2.4	Viivytyrakenteiden tyhjenemisajan laskenta	22
3.2.5	Putkistojen ja virtauksenrajoittimien mitoitusvirtaaman laskenta	23
3.2.6	Veden imeytymisen laskenta	23
3.2.7	Hulevesiviemäriputkien mitoitus	24
3.3	Asukaskysely	25
4	TULOKSET	25
4.1	Kirjalan alueen erityispiirteet suunnittelussa	25
4.2	Valuma-alueet ja viivytystarve Kirjalan alueella	26
4.2.1	Valuma-alueet	26
4.2.2	Pintavalunta ja viivytystarve	28
4.3	Viivytyjärjestelmät Kirjalan alueella	29

4.3.1	Viivytykskaivannot	30
4.3.2	Vettä läpäisevät päällysteet	32
4.3.3	Sadepuutarhat	33
4.3.4	Huleveden viivyttäminen säiliössä	34
4.3.5	Erotinkaivot	35
4.3.6	Putkistojen ja virtauksen rajoittimien mitoitus.....	35
4.4	Asukaskyselyn tulokset.....	37
4.5	Tulosten luotettavuus.....	40
5	POHDINTA	41
5.1	Viivytyksjärjestelmät	41
5.2	Asukaskysely	42
5.3	Toimenpide- ja lisätutkimusehdotukset.....	44
	LÄHTEET.....	45

LIITTEET

- Liite 1. Hulevesien hallintamenetelmien valintataulukko
- Liite 2. Vettä läpäisevien päällysteiden vedenläpäisevyys
- Liite 3. Valuma-aluekartta
- Liite 4. Suunnitelmaluonnokset
- Liite 5. Laskelmat
- Liite 6. Hulevesiverkoston virtaamat, ArcGIS -mallinnus
- Liite 7. Kirjalan kaukolämpökartta
- Liite 8. Asukaskysely

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

AVI	Aluehallintovirasto, lupaviranomainen vesilain mukaisesti lupaa vaativissa hankkeissa
Biosuodatus	Huleveden suodattamista orgaanisen materiaalin läpi
CLASS -projekti	Climate adaptive surfaces -projekti, VTT tutki vettä läpäiseviä päällysteitä vuosina 2012 - 2014
ELY-keskus	Elinkeino, liikenne ja ympäristökeskus, valvontaviranomainen vesi- ja vesihuolto- sekä ympäristönsuojelulakia koskevissa hankkeissa
Geoeriste	Vettä läpäisemätön materiaali, jolla estetään hulevesien imeytymisen maaperään
Hydrologinen kiertokulku	Veden luonnonmukainen kiertokulku, joka jakautuu sadantaan, haihduntaan, suotautumiseen sekä pinta- ja pohjavaluntaan kohti vesistöä
Kuivatus	Rakenteen kuivattaminen salaojituksella
Mitoitussade	Määritetyllä todennäköisyydellä esiintyvän ja tietyn kestoisen sateen intensiteetti pinta-alaa kohti [$l/(s*ha)$]
Pintavalunta	Sadannan osuus, joka ei imeydy maahan vaan valuu sitä myöten kohti purkupistettä [mm tai l/s]
Rakennekerros	Tie-, katu- ja pysäköintialueen päällysteen alapuolisen rakenteen kerros, jonka materiaalina on kalliomurske, sora tai hiekka
Sadanta	Sademäärä tietyn ajanjakson aikana [mm]
Suodatinkangas	Vettä läpäisevä kangasmainen materiaali, jolla estetään eri maa-lajien sekoittuminen
Suotovesi	Huokoiseen kyllästymättömään aineeseen imeytynyttä vettä, joka liikkuu painovoiman avulla
Taajamatulva	Rakennetussa ympäristössä kaduille ja pihuille tulviva vesi, joka aiheuttaa vahinkoa
Talvikaivo	Pintavettä imeyttävän järjestelmän ylivuotokaivo, joka toimii ensisijaisena johtamisjärjestelmänä imeyttävän rakenteen ollessa jäässä
Valuma	Pintavalunnan kertymä tarkastelupisteessä [mm tai m^3]
Valuma-alue	Maastonmuotojen rajaama alue, josta vesi valuu kohti vesistöä ja voidaan rajata myös keinotekoisesti hulevesiverkoston mukaan

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia hulevesien viivytysjärjestelmiä Mikkelin kaupungin Kirjalan alueen hulevesiverkostossa taajamatulvien ehkäisemiseksi. Toisena tavoitteena on tutkia erilaisten hulevesien viivytysjärjestelmien vaikutusta poisjohdettavien hulevesien laatuun sekä sitä, kuinka huleveden laatua parantavia järjestelmiä voitaisi hyödyntää tutkimuksen kohteessa.

Osana opinnäytetyötä tehdään asukaskysely. Asukaskyselyssä selvitetään alueen asukkaiden kokemuksia hulevesiverkoston nykyisestä toiminnasta ja mielipiteitä alueelle suunniteltavien hulevesien viivytysjärjestelmien pintarakenteista sekä niistä johtuvista muutoksista katujen ja kiinteistöjen välisiin alueisiin.

Toistuvat taajamatulvat ovat kasvava ongelma rakennetussa ympäristössä niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa. Varsinkin menneinä vuosikymmeninä rakennettujen alueiden hulevesiverkostoissa on nykyisin kapasiteetti-ongelmia, joitten takia rankkasateella esiintyy nykyään useasti taajamatulvia. Nämä puolestaan aiheuttavat aineellisia vahinkoja. Rankkojen taajamatulvien esiintymistiheyden kasvun syynä on yksiselitteisesti pintavalunnan kasvu sateiden aikana. Tähän vaikuttavat pääasiallisesti alueiden rakentamisesta ja kehittämisestä johtuva vettä läpäisemättömien pintojen lisääntyminen sekä ilmastomuutoksesta seurauksena aiheutuvien sademäärien ja sateen intensiteetin kasvu.

Tutkimuksen tilaajana on Mikkelin kaupungin infra-aluepalvelut, joka vastaa kaupungin katurakenteiden ja niihin liittyvän tekniikan rakennuttamisesta. Mikkelin kaupungin infra-aluepalvelut on asumisen ja toimintaympäristön palvelualueen alaisuudessa toimiva tulosityksikkö. Tutkimuksen kohteena olevan Kirjalan katualueiden infrastruktuurin perusparantamisesta ei ole vielä olemassa suunnitelmia. Tilaajan tarkoituksena on käyttää alueen perusparantamisen suunnittelussa tämän opinnäytetyön tuloksia, ja lisäksi tilaaja voi hyödyntää niitä muiden perusparannettavien sekä uusien hulevesijärjestelmien suunnittelussa.

Opinnäytetyön tuloksina saadaan suunnitelmaluonnokset erilaisista viivytyjärjestelmistä ja niiden sijoittamisesta tutkittavan alueen hulevesiverkoston parantamiseksi. Suunnitelmaluonnokset sisältävät koko alueen yleissuunnitelman ja erilaisten viivytyjärjestelmien tyyppiesimerkit. Suunnitelmaluonnoksissa huomioidaan alueen eri osien erityispiirteitä, joista tärkeimpinä maastonmuodot, liikennemäärät sekä pohjaveden pilaantumisen estäminen.

2 HULEVESIEN HALLINTA

2.1 Yleistä hulevesien muodostumisesta ja hallinnasta

Veden luonnonmukainen kierto jakautuu ”sadantaan, valuntaan, haihduntaan ja infiltraatioon eli suotautumiseen maaperään”. Luonnonmukaisessa, eli hydrologisessa kiertokulussa satanut vesi ensisijaisesti imeytyy maaperään ja haihtuu ilmaan. Maaperään imeytynyt vesi suotautuu ja muodostaa pohjavettä, joka suuntaa kohti vesistöjä pohjavaluntana. Pohjaveden osuus luonnonmukaisessa kiertokulussa on merkittävä. Vesi, joka ei pysty imeytymään ja kerkeä haihtumaan, muodostaa pintavalunnan, joka valuma-alueen mukaisesti suuntaa kohti vesistöä. Pintavalunnan määrään vaikuttaa maaperän ja vettä läpäisemättömien pintojen lisäksi sateen kesto ja intensiteetti. Lisäksi pintavalunnan määrää arvioidessa tulee huomioida, että ilmastonmuutoksen on arvioitu kasvattavan sademääriä 20 % kuluvan vuosisadan aikana. Rakennetulla alueella tätä pintavaluntaa kutsutaan hulevedeksi, ja sen määrä on usein suurempi, kuin luonnonmukaiselta alueelta muodostuva valuma. /1, s. 18 - 21; 1, s. 98 - 101./

Valuma-alue on maastonmuotojen eli ns. vedenjakajien muodostama alue, jonka pintavalunta kulkeutuu kohti tiettyä vesistön osaan. Valuma-alueen vedet laskevat esim. järveen, lampeen, jokeen tai puroon. Hulevesijärjestelmiä suunnitellessa kaupunkiympäristössä valuma-alueena voidaan käyttää myös keinotekoisesti rajattuja alueita suunniteltujen valuma-alueiden purkupisteiden mukaan. /1, s. 15./

Käytännössä kaupunkiympäristössä hydrologista kiertokulkua häiritään voimakkaasti, sillä vettä läpäisemättömien pintojen määrä on suuri suhteessa kokonaisalaan. Nämä vettä läpäisemättömät pinnat, kuten katu- ja pysäköintialueet sekä rakennusten katot, muodostavat nopeasti hulevesien pintavaluntaa,

joka on huomattavasti suurempaa kuin luonnonmukaisessa valunnassa. Hulevedet on perinteisesti johdettu viemäriä myöten suoraan vesistöön. Vaikka hulevesiverkostojen purkupaikkojen sijoittamisessa olisikin noudatettu valuma-alueiden luonnonmukaisia reittejä, häiriintyy hydrologinen kiertokulku silti erittäin paljon vaikuttaen erityisesti haihduntaan ja pohjaveden muodostumiseen. /1, s.18 - 21; 2, s.2./

Inhan /3, s.10/ mukaan hulevedet kuljettavat mm. roskia, ravinteita, raskasmetalleja ja kiintoainetta mukanaan vesistöihin ja ne ovatkin näiltä osin eräs merkittävimmistä vesistöjen epäpuhtauksien lähteistä. Rakennettujen alueiden pintavesien pitoisuuksien suhteessa rakentamattomiin alueisiin onkin todettu olevan yli kymmenen kertaa suurempia varsinkin ”kiintoaineen, kokonaisfosforin ja biologisen hapenkulutuksen” osalta. Lisäksi suoraan vesistöön johdetut hulevedet voivat aiheuttaa varsinkin rantojen eroosiota johtuen merkittävästä virtaamavaihtelusta. /1, s.21./

Vesistöihin päätyvän hulevesien määrän ja laadun hallinnan kannalta parasta olisikin johtaa hulevedet maanpäällisissä avoimissa johtamismenetelmissä, näissä hulevedet pystyisivät osittain imeytymään ja haihtumaan. Lisäksi osa hulevesien sisältämistä epäpuhtauksista laskeutuu virtausta hidastavien rakenteiden pohjalle kiintoaineen mukana. Tiheään rakennetussa ympäristössä tällaisien avoimien johtamisjärjestelmien käyttö ei useinkaan ole mahdollista. Vaihtoehtona avoimille johtamismenetelmille kaupunkiympäristössä on sekä hulevesien syntypaikkojen että hulevesiverkoston yhteyteen rakennettavat erilaiset maanalaiset imeytys-, suodatus- ja viivytysjärjestelmät. Näillä voidaan sekä hidastaa että varastoida hulevesiä väliaikaisesti ja lisäksi parantaa niiden laatua järjestelmästä riippuen. Johtamisjärjestelmien lisäksi alueella tulisi olla tulvareitti, joka johtaisi hallitusti tulvivat hulevedet pois. /1, s. 18 - 21; 1, s. 172 - 177; 3, s. 10 - 19./

2.2 Hulevesien hallintamenetelmien valinnan perusteet

Valittaessa järjestelmiä, joilla hulevesiverkostoa parannetaan, tulee ensin määrittää, onko parannuksen ensisijainen tarkoitus hallita huleveden määrää vai vaikuttaa sen laatuun. Useimmissa tapauksissa hulevesiverkoston paran-

tamisen tarpeen taustalla on pintavalunnan kasvaminen ja sitä kautta taajamatulvat, jolloin järjestelmät valitaan ja suunnitellaan määrällisen hallinnan perusteella. Hulevesien hallintamenetelmien valinnassa voi käyttää Ramboll Oulun /4, s. 2-2/ tekemää taulukkoa (Liite 1), joka auttaa suunnittelukohteeseen sopivimpien hallintamenetelmien valinnassa. Taulukossa esitetään erilaisten hallintamenetelmien soveltuvuus ja niiden käytön priorisointi erityyppisesti rakennetuille alueille. Myös laatua parantamaan suunnitelluissa järjestelmissä tapahtuu viipymistä jossain määrin, joten ne voivat vähentää riittävästi mitoitussateen aikana johdettavan huleveden määrää hulevesiverkostossa taajamatulvien estämiseksi. Pääsääntöisesti hulevesiverkostoa parannettaessa taajamatulvien ehkäisemiseksi hulevesiviemäreiden putkikoon kasvattaminen ei ole oikea ratkaisu. Sen lisäksi, että se on taloudellisesti kannattamatonta ja todennäköisesti vain siirtää ongelman toiseen paikkaan, se kasvattaa myös mahdollista eroosiota purkupaikassa. Suhteellisen tiheään rakennetulla alueella käytettävät järjestelmät voivat olla erilaisia maasuodattamoja, imeytysojia, -kenttiä ja -kaivoja, sekä eri lailla toteutettuja viivytyssäiliöitä tai yhdistelmiä näistä. /4, s. 11 - 25; 3, s. 7 - 19; 1, s. 74 - 85; 5./

2.3 Hulevesien hallintamenetelmät

2.3.1 Imeyttäminen ja suodattaminen

Jos hulevesien imeyttäminen paikan päällä on mahdollista, tulisi sitä käyttää ensisijaisena keinona hallita hulevesiä, koska osittainkin imeyttäminen vähentää pois johdettavan huleveden määrää. Lisäksi imeyttämällä voidaan muodostaa pohjavettä, jonka luonnollinen muodostuminen rakennetulla alueella on vähentynyt. Imeyttämistä suunniteltaessa on huomioitava, että etäisyys pohjaveteen vähintään 1 metri sekä kallioon tai huonosti vettä läpäisevään maalajiin vähintään 1,25 metriä. Viereisiin rakennuksiin suojaetäisyys on 3 metriä ja rakennusten kellaritilojen rakenteiden ollessa ulkopuolelta vesieristämättömiä 6 metriä sekä maastonmuodon mukaisesti imeytysrakenteen alapuolella sijaitsevaan rakennukseen 10 metriä. Lisäksi rakenteen on sijaittava sellaisessa syvyydessä, ettei vesi kulkeudu rakennuksien perustuksiin. On myös huomioitava, että rakenteen tulee tyhjentyä 48 tunnin aikana seuraavan rankkasateen varalta. /1, s.143; 2, s.13 - 15./

Hulevedet voivat sisältää vesiliukoisia epäpuhtauksia, joten suodattamisesta huolimatta imeyttäminen ei pohjavesialueella ole suositeltavaa kattovesiä lukuun ottamatta /3, s.28 - 29/. ”Vedenhankintaa varten tärkeillä ja vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla” on voimassa ympäristönsuojelulain mukaisesti pohjaveden pilaamiskielto, sekä vesilain mukainen pohjaveden muuttamiskielto /1, s.136/. Tällaisella ELY-keskuksen merkitsemällä pohjavesialueella imeyttäminen vaatii AVI:n luvan,” jos se olennaisesti vähentää tärkeän tai muun vedenhankintakäyttöön soveltuvan pohjavesiesiintymän antoisuutta tai käyttökelpoisuutta tai muuten vahingoittaa tai haittaa vedenottoa tai veden käyttöä talousvetenä (VL 2 luku 1.1 § 5 kohta).” Tämä koskee myös avoimia johtamisjärjestelmiä, jos siinä tapahtuu imeytymistä. /1, s.26 - 29./

Koska suurin osa hulevesien epäpuhtauksista, kuten raskasmetallit ovat pääasiassa sitoutuneet kiintoainekseen, voidaan hulevesien suodattaminen toteuttaa järjestelmästä riippuen joko vettä läpäisevän päällysteen rakennekerroksissa tai erillisessä suodatuskerroksessa eli hiekkasuodattimessa. Taulukossa 1 esitetään yleisien hulevedessä esiintyvien epäpuhtauksien suodattuminen eri materiaaleissa.

Taulukko 1. Epäpuhtauksien suodattuminen eri materiaaleissa /6, s. 32/

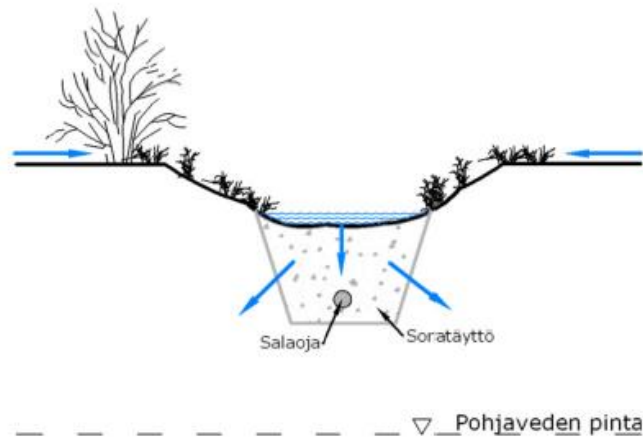
	Proportion removed by filter material (%)					
	Cu	Pb	P ^a	Zn	Cl	SO ₄
KaM 0–5 mm crushed rock	99	99	>90	99	5.6	-2.1
SSr 0–16 mm screened sand	>99	>99	>90	>99	3.8	-0.8
Leca [®] 2–4 mm round	99	99	>90	98	3.5	-2.1
Leca [®] 0–3 mm crushed	99	99	>90	98	3.7	-1.0
Leca [®] 3–8 mm crushed	86	85	76	80	6.0	-0.9
Filtralite [®] P 0.5–4 mm	99	>99	>90	99	4.4	-1.1
Peat 3–16 mm	92	93	88	90	4.1	0.7
Peat + 10% limestone	98	>99	>90	99	4.4	-0.4
Birch biochar powder	82	80	-70	73	8.0	-2.3
Spruce biochar chips	96	96	88	94	15	0.1

^a The proportion of P removed by filter materials where P concentration in effluent was less than the limit of detection was ≥90%.

Laboratoriotutkimuksessa oli käytetty 300 mm paksua suodatuskerrosta kahden kalliomurskekerroksen välissä, kokonaispaksuus 640 mm. Tämän perusteella suodattaminen tavanomaisten rakennekerrosten läpi parantaa huleveden laatua merkittävästi. /6, s. 29 - 33; 2, s.13./

2.3.2 Imeytyspainanteet, -ojat ja biosuodatus

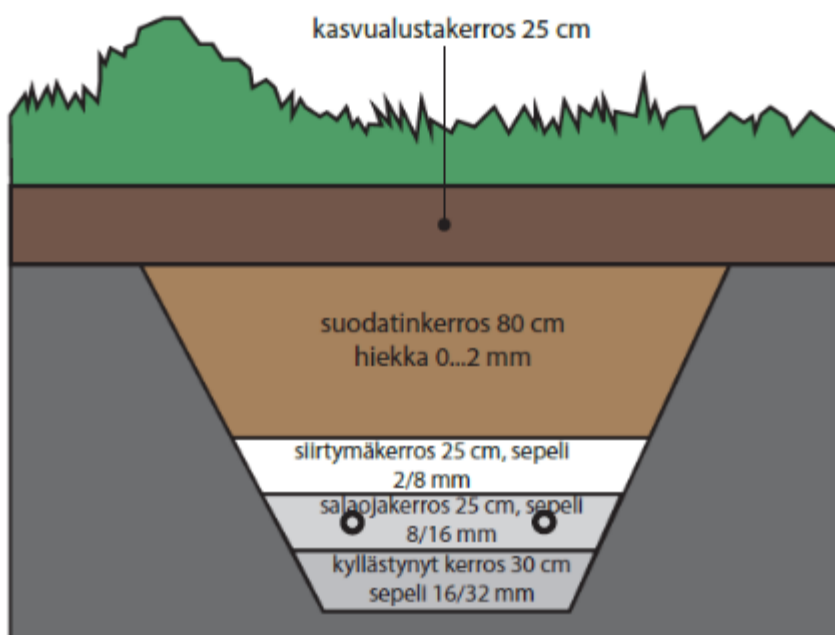
Viheralueita voi hyödyntää hulevesien suodattamisessa ja viivyttämisessä rakentamalla niille imeytyspainanteita, -altaita tai -ojia (kuva 1).



Kuva 1. Imeytyspainanteen/-altaan ja salaojitetun imeytysojan yhdistelmä /2, s.16/

Imeytysoja on täytetty vettä läpäisevällä ja suodattavalla materiaalilla. Pienien valuma-alueiden hulevedet voidaan johtaa imeytysojaan tai -painanteeseen pintavaluntana, jos ne sisältävät vain vähäisiä määriä kiintoainesta. Imeytysoja voidaan käyttää myös maan alle rakennettuina imeytyskaivantoina, jolloin suodatuskerroksen yläpuolelle varastoidaan viivytettävää hulevettä murska- tai kalliaineksista tehtyyn kerrokseen. Hulevettä varastoivan kerroksen hyötytilavuutta voidaan kasvattaa erilaisilla hulevesitunneleilla, -kaseteilla ja imeytysputkistoilla. Niihin voidaan myös johtaa hulevesiä näiden kautta, tällöin rakenteeseen johdettavat hulevedet täytyy esikäsitellä. Johdattaessa hulevesiä imeytyskaivantoon on rakenteen täyttymisestä tai tukkeutumisesta johtuvan tulvimisen varalta järjestettävä ohivirtaus. Lisäksi muu maanalainen tekniikka pitää ottaa huomioon maanalaisen hulevesirakenteiden suunnittelussa ja rakentamisessa, varsinkin kaivannon lävistävät kaapelisuojuputket kuljettavat vettä helposti. /3, s.14 - 17; 2, s.147 – 159./

Imeytysojan rakenne voidaan karkeasti jakaa kuvan 2 mukaisesti suodattavaan kerrokseen ja viivyttävään kerrokseen, josta suodattunut hulevesi imeytetään joko kokonaan tai osittain. Tällöin viivytysskerros varustetaan kuivatusputkistolla.



Kuva 2. Kuivatuksella varustetun imeytyskaivannon periaatekuva /2, s.16/

Tukkeutumisriskin takia eri maalajien sekoittumisen estävä suodatinkangas voidaan tarvittaessa korvata siirtymäkerroksella. Vaihtoehtoisesti tukkeutumisriskin pienentämiseksi voidaan käyttää pestyjä maa- ja kallioaineslajeja, joista on poistettu nolla, eli alle 0,063 mm pienempi hienoaines. Jos imeyttäminen ei ole mahdollista tai sallittua, eristetään se ympäröivästä maaperästä geeristeellä, jolloin rakenne toimii suodatus- ja viivytyrakenteena. Geeristeinä voidaan käyttää mm. erilaisia polyeteenikalvoja tai bentoniittimattoa. /7, s.19 - 31; 1, s.146 - 155; 2, s.16 - 19./

Nurmipintaisten imeytysaltaiden ja -painanteiden vedenläpäisevyys ei ole kovin hyvä ja se heikkenee ajan myötä. Huleveden imeytymistä voidaan parantaa istuttamalla altaaseen tai painanteeseen kasvillisuutta (kuva 3, kasvillisuus parantaa maaperän vedenläpäisykykyä. Tällaista ratkaisua kutsutaan myös sadepuutarhaksi.



Kuva 3. Hulevesien käsittelyssä ja hallinnassa käytettäviä sadepuutarhoja /4, s.20/

Lisäksi sadepuutarhan kasvillisuus mm. hidastaa uomassa virtaavaa vettä sekä sitoo itseensä huleveden ravinteita ja raskasmetalleja. Kasvit ja kasvu- alustan hienojakoinen maaperä yhdistettynä sen mikrobiologiseen toimintaan saavat aikaan sen, että sadepuutarhat toimivat hyvin hulevesien biosuodattomoina. /1, s.142 - 144; 2, s.3; 3, s.30./

Sadepuutarhojen ja imeytyspainanteiden mitoituksessa tulee koko viivytettävä vesimäärä mahtua maanpinnalle ja varastoitavan huleveden lammikoitumis- syvyys tulisi olla enintään 0,25 metriä. Jos suunniteltavan painanteen pituus- kaltevuus on enemmän, kuin 5 % tulee painanteeseen suunnitella padottavia rakenteita. Taulukossa 2 on esitetty vedenläpäisevyyksien arvoja eri maala- jeille.

Taulukko 2. Eri maalajien vedenläpäisevyyksiä /2, s.13/

Maalaji	Vedenläpäisevyys k (m/s)	
Sora	$10^{-2} \dots 10^{-4}$	Hyvin vettä läpäisevä
hiekkä	$10^{-4} \dots 10^{-6}$	Hyvin vettä läpäisevä
siltti	$10^{-5} \dots 10^{-9}$	Huonosti vettä läpäisevä
savi	$10^{-8} \dots 10^{-10}$	Lähes vettä läpäisemätön

Vähimmäisvaatimus kasvualustalle ja sen alapuoliselle maaperän tai raken- teen veden läpäisevyydelle $k > 10^{-6}$ m/s /1, s.151 - 156; 2, s.22/. Käytettäessä katurakenteisiin sopivaa CE -merkittyä kalliomursketta vettä läpäisevissä ker- roksissa on vedenläpäisevyys $k > 11 \cdot 10^{-3}$ m/s /7, s.8/. Yleisesti katuraken- teissa käytettävien N2- ja N3-luokan suodatinkankaiden vedenläpäisevyys k on noin $50 - 80 \cdot 10^{-3}$ m/s valmistajien suoritustasoilmoitusten mukaan stan- dardin EN ISO 11058 mukaan testattuna /8; 9/.

2.3.3 Vettä läpäisevät päällysteet

Erilaiset vettä läpäisevät päällysteet ovat hyvä keino hallita sekä hulevesien määrää että laatua. Vettä läpäisevillä päällysteillä voidaan vähentää huleve- sien syntymistä imeyttämällä ne rakennekerrosten alapuoliseen maaperään tai rakenne voidaan toteuttaa myös suljettuna käyttämällä georistettä. Maa- perään imeyttävänäkin tällainen rakenne vaatii aina kuivatuksen rakenteen kantavuuden ja routimisen takia. Vettä läpäisevät päällysteet itsessään myös viivyttävät hulevesiä jossain määrin. /10, s.4 - 9; 3, s.17 - 18; 7, s.29 - 31./

Vettä läpäisevien pinnoitteiden suunnittelussa on huomioitava, että pintojen kaltevuus tulee olla 1 - 5 % /1, s. 143/.

Vettä läpäisevien päällysteiden käyttöä rajoittaa niiden heikompi kulutuksen kesto tavanomaisiin päällysteisiin verrattuna. Tästä johtuen niiden käyttöä ei suositella liikennealueilla, joiden keskimääräinen liikennemäärä on yli 1000 ajoneuvoa vuorokaudessa tai jos alueella on raskasta liikennettä. Suunnittelussa on otettava huomioon myös rakennetta tukkivien epäpuhtauksien mahdollinen kulkeutuminen päällysteelle sekä mahdollinen vaarallisten aineiden käsittely alueella varsinkin, jos vettä läpäisevää päällystettä käytetään hulevesien imeyttämiseen. /3, s.19./

Materiaaleina vettä läpäisevissä päällysteissä voidaan käyttää erilaisia kiveyksiä ja muovikennoja, joiden saumaus sekä mahdollisten aukkojen täyttö tehdään vettä hyvin läpäisevällä aineksella. Muita käytettäviä materiaaleja ovat mm. läpäisevä betoni ja avoin asfaltti. /2, s.20 - 21./ Liitteessä 2 on esitetty vettä läpäisevien pintamateriaalien vedenläpäisevyyksiä sekä pilottikohteiden mittaustuloksina että kirjallisuusarvoina ja lisäksi VTT:n CLASS-projektin tuloksina /11, s.12/. Tutkimuksen tuloksien perusteella voi päätellä, että erilaiset kiveykset ovat veden läpäisykyvyltään parempi vaihtoehto. Hulevesijärjestelmiä suunniteltaessa täytyy kuitenkin muistaa, että vettä läpäisevät pinnoitteet eivät rankkasateella kerkeä imeyttämään kaikkea hulevettä. Koska tutkimusta eri vettä läpäisevistä pinnoitteista on tehty vähän, ovat eri lähteiden suunnitteluarvot kuitenkin lähinnä ohjeellisia. Rakenteen käyttöiän voidaan kuitenkin katsoa olevan 20 vuotta, kun veden läpäisevyyden suunnitteluarvona käytetään 10 % materiaalille ilmoitetusta vedenläpäisevyyden arvosta /7, s. 26; 1, s.284 - 285/.

2.3.4 Hulevesiverkostossa viivyttäminen

Hulevesiverkostossa viivyttäminen voidaan toteuttaa kasvattamalla hulevesiverkoston tilavuutta mm. erilaisilla viivytyssäiliöillä ja imeytysjärjestelmillä, jotka täyttyvät hulevesiviemärin padottaessa. Sopivimman ratkaisun valitsemiseen vaikuttaa pääasiassa viivyttäväksi suunnitellun huleveden määrä sekä suunnittelun kohteen käytettävissä oleva tila. Viivyttäväksi suunniteltujen hu-

levesimäärien ollessa suhteellisen vähäisiä tai tilankäyttö rajallista voidaan hulevesiverkoston tilavuutta kasvattaa tarvittaessa ylisuurella viemärillä. Tällä tosin lähinnä kasvatetaan verkoston kapasiteettiä, eikä niinkään viivytetä hulevettä. /12, s. 85; 13, s. 5 - 6./

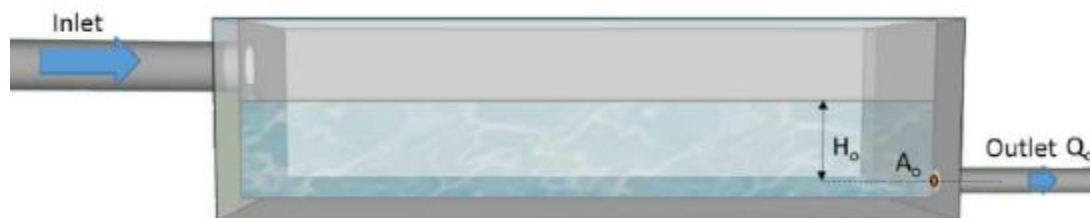
Hulevesiverkoston yhteyteen suunniteltavat maanalaiset viivytyssäiliöt voidaan rakentaa esim. putkista, hulevesikaseteista tai -tunneleista. Tällaisten varastojen rajoitteeksi muodostuu lähinnä käytettävissä oleva tila ja hulevesiviemäriin korkeusasema. Kuvassa 4 esimerkkinä putkista rakennetut huleveden viivytyssäiliöt Anni Swaninkadulla.



Kuva 4. Huleveden viivytyssäiliöiden rakentaminen Anni Swaninkadulla 2018

Anni Swaninkadun viivytyssäiliöiden materiaalina on betoni, koska säiliöt ovat suhteellisen pinnassa hulevesiviemäriin koron takia ja on mahdollista, että alueella liikkuu raskaita ajoneuvoja. Viivytyssäiliön materiaalin valintaan vaikuttavat mm. paikalliset olosuhteet ja asennussyvyys. Imeytysjärjestelmissä käytettäviä hulevesikasetteja voidaan myös käyttää viivytyssäiliönä ympäröimällä ne georisteellä. Tilankäytön ollessa ongelma voidaan hulevesivarastoksi rakentaa pumppaamosäiliö, mutta toimintavarmuuden ja pumppaamojen korkeampien huoltokustannusten vuoksi on suositeltavampaa pitäytyä painovoimaisissa järjestelmissä. /1, s. 85; 6./

Hulevesien viivytyssäiliöillä voidaan varastoinnin lisäksi viivyttää hulevesiä rajoittamalla verkostoon laskettavan veden virtaamaa, tällä voidaan tasata hulevesiverkoston virtaamaa rankkasateen jälkeen. Kuvassa 5 havainnollistetaan hulevesien viivytyssäiliön periaate.



Kuva 5. Viivytyssäiliön periaatekuva /14, s. 15/

Viivytyssäiliöön johdettava hulevesi voi tulla valuma-alueen purkupisteestä, kiinteistöltä tai padotustilanteessa samasta viemäristä kuin minne viivytyssäiliö puretaan. Purkuputken virtausaukon mitoituksella voidaan määrittää säiliön tyhjenemisaika. /14, s. 8 - 15; 2, s. 12./

2.3.5 Viivytyjärjestelmien toimintavarmuus

Maanalaisissa suodatus- ja viivytyjärjestelmissä on tärkeää, että järjestelmään johdettava hulevesi esipuhdistetaan kattovesiä lukuun ottamatta. Esipuhdistus voidaan tehdä johtamalla hulevedet vettä läpäisevän päällysteen ja rakennekerroksien, hiekanerotuskaivon tai muun puhdistavan järjestelmän kautta. Tällä ehkäistään johtamisessa käytettyjen imeytysputkien, mahdollisten suodatinkankaiden ja itse suodatusrakenteen tukkeutumista. Maanalaisessa rakenteen yhteydessä tulee olla tulvimisen varalta joko ylivuoto- tai ohivirtausjärjestelmä. /2, s. 15./

Talviolosuhteiden vuoksi maanalaiset imeytysrakenteet tulisi suunnitella pääsääntöisesti roudattoman syvyyden alapuolelle. Tosin kuivatuksella varustetut imeytys- ja viivytyjärjestelmät toimivat yleisesti ottaen moitteettomasti roudattoman syvyyden yläpuolellakin. Vettä läpäisevät päällysteet ja niiden rakennekerrokset ovat talvella käytännössä jäässä aurattavilla alueilla, eikä niitä yleensä mitoiteta rankkasateiden varalta. Näin ollen niiden yhteyteen tulee suunnitella aina ns. talvi-/ylivuotokaivo. Tämä koskee myös viheralueilla sijaitsevia imeytyspainanteita, sadeputtarhoja yms. rakenteita, vaikka onkin mahdollista, että nämä rakenteet pysyvät sulana lumen alla. Näitä alueita ei tulisi

käyttää lumen läjitykseen, koska lumen mukana kulkeutuvat epäpuhtaudet voivat aiheuttaa rakenteen tukkeutumisen. /2, s. 22 - 23; 3, s. 33 - 40./

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

3.1 Viivytystarve sekä viivytyjärjestelmien valinta ja sijoittaminen

Opinnäytetyön alussa tehtyä kirjallisuuskatsausta hyödynnettiin erilaisten viivytyjärjestelmien valinnassa ja kehittämisessä. Sitä käytettiin myös taajamatulvien syntyperään, hulevesien epäpuhtauksiin ja niiden suodattamiseen liittyvien taustatietojen selvittämisessä. Lisäksi tietoa haettiin myös aktiivisesti tutkimuksen aikana tukemaan suunnittelua.

Alueeseen käytiin tutustumassa tutkimuksen alussa sekä tarvittaessa sen aikana. Tarkastelun kohteina olivat tilan käyttö katujen ja kiinteistöjen välisillä alueilla nykyisellään, erilaiset pinnan tyypit alueella sekä kuinka katujen päällysteet oli rajattu. Tutkimuksen kohde jaettiin tarkasteltaviin valuma-alueisiin (liite 3), joiden määrittämiseen ja pinta-alojen mittaamiseen käytettiin Autocad -ohjelmaa ja kaavaotteen dxf -versiota /15/. Lisäksi osa pintavalunnan määrittämisessä tarvittavista rakennusten pinta-aloista mitattiin pdf -lukuohjelmalla sadevesiviemäri johtokartasta /16/, joka toimi myös liitteen 4 suunnitelmaluonnoksien aluesuunnitelman pohjana. Pintavalunnan laskemiseksi tarvittavia pinnan tyyppejä määritettiin alueella käyntien lisäksi piirustuksista. Tutkimuksessa tarvittavat suuremmat laskelmat (liite 5) tehtiin Excel-taulukkolaskentana.

Viivyttävän huleveden määrä valuma-alueittain määritettiin laskemalla tarkasteltavan alueen pintavalunta ja vertaamalla sitä ArcGIS-mallinnuksen (liite 6) mukaiseen maksimivirtaamaan hulevesiverkostossa. ArcGIS-mallinnus oli tehty kerran 10 vuodessa esiintyvälle 15 minuutin sateelle ja pohjana siinä on käytetty Ramboll Water:in tuottamaa hulevesiverkostomallia vuodelta 2018 sekä Suomen ympäristökeskuksen rajapinnasta haettua pintavaluntakarttaa. /17./

Tarvittavien viivytyjärjestelmien valintaa, sijoittamista ja siihen liittyviä rajoitteita tarkasteltiin paikan päällä käymisen lisäksi kaavaotteesta, kaukolämpö-

kartasta (liite 7) /18/ ja sadevesiviemäri - johtokartta-otteesta. Jätevesiviemärien ja vesijohtojen oletetaan kulkevan rinnan hulevesiviemärin kanssa. Viivytyksjärjestelmien maksimisyvyyden määrittämisessä tarvittava hulevesiviemärin vesijuoksun korko liitoskohdassa laskettiin sadevesiviemäri johtokartasta. Lisäksi tarkistettiin pintavalunnan keräämiseen suunniteltujen viivytyksjärjestelmien yhteydessä, ettei suunnittelualueen pintavaluma ole pienempi kuin viivytyksjärjestelmien mitoitustilavuus. Viivytyksjärjestelmien valinnassa huomioitiin myös asukaskyselyn tulokset. Lopuksi suunniteltujen viivytyksjärjestelmien viivytystilavuudet syötettiin Excel-taulukkoon, jolla tarkistettiin valuma-alue kohteisesti viivytystilavuuksien vastaavan viivytystarvetta.

Itse viivyttämistä rakenteissa tutkittiin laskennallisesti. Tutkimuksen kohteena oli mm. kaivantojen rakenteiden viivytystilavuus, vettäläpäisevien päällysteiden, rakennekerrosten ja hiekkasuodattimien vedenläpäisevyys. Lisäksi tutkittiin huleveden viipymistä rakenteessa ja sekä purkuputken mitoituksen että virtauksensäätökaivon vaikutusta siihen. Laskelmien lähtöarvoina käytettiin kirjallisuusarvoja, kuten VTT:n tutkimustuloksia sekä järjestelmien valmistajien ilmoittamia arvoja. /2; 10./

3.2 Laskenta

3.2.1 Valuma-alueiden mitoitusvirtaaman laskenta

Tutkimuksessa tarkasteltaviksi määriteltyjen valuma-alueiden rajat ja pintavalunnan suunta kaduilla merkittiin suunnitelmaluonnoksien valuma-aluekarttaan. Valuma-alueiden pinta-alat määritettiin asemakaavakuvasta Autocad -ohjelman mittaustyökalulla. Valuma-alueen valunnasta aiheutuva mitoitusvirtaama laskettiin yhtälöllä 1 /19, s. 44 - 45/.

$$Q_v = i(A_1C_1 + A_2C_2 + \dots + A_nC_n) \quad (1)$$

jossa	Q_v	mitoitusvirtaama	[l/s]
	i	mitoitussateen intensiteetti	[l/(s*ha)]
	A_n	valuma-alueen osan pinta-ala	[ha]
	C_n	valuntakerroin valuma-alueen osalla	[-]

Mitoitussateen intensiteetti valittiin taulukosta 3.

Taulukko 3. Mitoitussateen intensiteetti ilmastonmuutoksen vaikutus huomioituna /1, s.210/

Keskimääräinen intensiteetti (l/s*ha)									
Toistuvuus	Sateen kesto								
	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1/1 a	140	96	94	60	40	22	13	8,3	5,0
1/2 a	200	144	120	73	50	25	16	10,0	6,0
1/3 a	220	156	133	86	56,4	28	17	10,6	6,2
1/5 a	260	180	146	100	64	30	19	11,6	7,0
1/10 a	280	216	187	120	77	36	23	13,1	8,3

Tutkimuksessa käytettäväksi mitoitussateeksi valittiin tilaajan ArcGIS-mallinnuksessa käyttämää 1/10 a ja 15 minuutin sadetta. Tämä on myös määrällisen hallinnan suositus alueilla, joissa taajamatulvat aiheuttavat herkästi vahinkoa /4, s. 26/. Lisäksi 15 minuutin mitoitussateella suunniteltavien viivytysjärjestelmien tilavuus riittää hetkellisesti suuremmallekin sateen intensiteetille. Valuma-alueen sisäiset osat A_n määritettiin pinnan tyypin mukaan ja niiden valuntakertoimet C_n määritettiin taulukosta 4.

Taulukko 4. Valuntakertoimia pinnan tyypin mukaan /2, s.25/

Pinnan tyyppi	Valumakerroin
katto	0,80...1,00
asfalttipäällyste	0,70...0,90
tien nurmetettu luiska	0,40...0,60
avoin kalliomaasto	0,30...0,50
soratie, soraluiska	0,20...0,50
nurmipintainen piha, puisto	0,10...0,40
niitty, pelto, puutarha	0,10...0,30

Valuntakertoimena käytettiin taulukkoarvojen ylimpiä arvoja Hulevesirakenteet RT-kortin ohjeistuksen mukaisesti. /2, s. 25; 1, s. 111./

3.2.2 Viivytystarpeen laskenta

Viivytettävän huleveden määrään laskennassa käytettiin valuma-alueiden mitoitusvirtaamaa sekä hulevesiviemärien maksimivirtaamia mitoitussateella ArcGIS-mallinnuksesta. Kuvassa 6 esimerkki ArcGIS-mallinnuksesta Nuijamiestenkadulta.



Kuva 6. ArcGIS-mallinnus Nuijamiestenkadulta /17/

Mallinnuksessa on esitetty maksimivirtaamien (l/s) lisäksi maastonmuotojen mukaisien valuma-alueiden rajat ja niiden purkupisteet kirkkaan punaisilla pisteillä sekä tulvivat hulevesikaivot vaaleamman punaisilla pisteillä. /17./

Katuosuudella mitoitussateen aikana tulvivan huleveden määrä tarkastelupisteessä laskettiin yhtälöllä 2.

$$V = \frac{(Q_t + Q_v - Q_p) * t}{1000} \quad (2)$$

jossa	V	tulvivan huleveden määrä	[m ³]
	Q_t	hv-viemäriin tulo, tilavuusvirta	[l/s]
	Q_v	valuma-alueen mitoitusvirtaama	[l/s]
	Q_p	hv-viemäriin purku, tilavuusvirta	[l/s]
	t	mitoitussateen kesto	[s]
	1000	muuntokerroin	[l/m ³]

Laskennassa valuma-alueiden tarkastelupisteinä käytettiin tarkastuskaivoja hulevesiviemäriin risteyskohdissa. Tulvivan huleveden määrä saatiin tarkastelupisteeseen tulevien ja siitä poistuvien virtaamien erotuksena.

3.2.3 Viivytykskaivantojen tilavuuden laskenta

Kaivantojen eri täytemateriaalien kerroksien viivytystilavuus laskettiin yhtälön 3 avulla /2, s. 28/.

$$V_{mit} = hAn \quad (3)$$

jossa	V_{mit}	mitoitusvesimäärä	[m ³]
	h	kerrospaksuus	[m]
	A	kerroksen pinta-ala	[m ²]
	n	täyttemateriaalin huokostilavuus	[-]

Viivytykskaivantojen mitoituksessa otettiin koko rakenteen huokostilavuus kuivatusputkiston vesijuoksusta rakenteen yläpintaan huomioon vettä läpäisevät päällysteet pois lukien. Viivytykskaivannon rakennekerroksissa käytettiin kaikkien kallioaineksien huokoisuustilavuutena $n = 0,4 / 2$, s.20/.

3.2.4 Viivytyksrakenteiden tyhjenemisajan laskenta

Maa- tai kallioaineksista rakennettujen suodattavien viivytyksrakenteiden tyhjenemisaika laskettiin yhtälöllä 4.

$$t = \frac{Vh_s}{Ak(h_s + \frac{1}{2}h_v)} \quad (4)$$

joissa	t	tyhjenemisaika	[s]
	V	mitoitusvesimäärä	[m ³]
	h_s	suodatinkerroksen paksuus	[m]
	A	suodatinkerroksen pinta-ala	[m ²]
	k	vedenläpäisevyys	[m/s]
	h_v	vedenkorkeus suodatink. yläpuolella	[m]

Tyhjenemisaikaa laskettaessa ei otettu huomioon suodatuskerroksen alapuolista tilavuutta. Vedenkorkeutena suodatinkerroksen yläpuolella käytettiin korkeutta rakenteen yläpintaan, koska suodatuskerroksen yläpuolisten rakenteiden vedenläpäisykyky on vähintään sama kuin suodatinkerroksella. Pääsääntöisesti suodatinkankaan vedenläpäisevyys on suodatinkerroksien vedenläpäisevyyttä suurempi, joten sitä ei huomioitu tyhjenemisajan laskennassa. Tiivistetyn kalliomurskeen vedenläpäisevyyden suunnitteluarvona käytettiin $k = 11 \cdot 10^{-4}$ m/s, joka on 10 % CE-hyväksytyn kalliomurskeen arvosta.

3.2.5 Putkistojen ja virtauksenrajoittimien mitoitusvirtaaman laskenta

Viivytykskaivannon kuivatus- ja purkuputkistojen sekä virtauksenrajoittimien mitoitusvirtaama laskettiin yhtälöllä 5.

$$q_v = \frac{V_{mit} * 1000}{t} \quad (5)$$

jossa	q_v	mitoitusvirtaama	[l/s]
	V_{mit}	mitoitusvesimäärä	[m ³]
	1000	muuntokerroin	[l/m ³]
	t	tyhjenemisaika	[s]

Viivytyksjärjestelmän purkuputken tai virtausta säättävän reikälevyn virtausaukon ja veden vapaan korkeuden vaikutusta virtaamaan tarkasteltiin yhtälöllä 6 /14, s. 83/.

$$q_v = C \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gh} * 1000 \quad (6)$$

jossa	q_v	tilavuusvirta	[l/s]
	C	virtausaukon hyötysuhde	[-]
	d	putken / virtausaukon halkaisija	[m]
	g	maan vetovoimakiihtyvyys	[m/s ²]
	h	veden korkeus	[m]
	1000	muuntokerroin	[l/m ³]

Virtausaukon hyötysuhde putkelle on 1 ja reikälevylle 0,6 /20/, veden korkeus lasketaan virtausaukon keskeltä joko viivytykskaivannossa viivytyksrakenteen yläpintaan tai hulevesiverkoston tilavuutta kasvattavassa viivytykssäiliössä tulo-putken alapintaan.

3.2.6 Veden imeytymisen laskenta

Ajan suhteen tarkasteltuna vettä läpäisevien päällysteiden kautta imeytyvän huleveden määrä laskettiin yhtälöllä 7. Yhtälöllä voi myös tarkastella sadepuutarhojen sekä imeytyspainanteiden ja -kaivantojen tyhjenemistä.

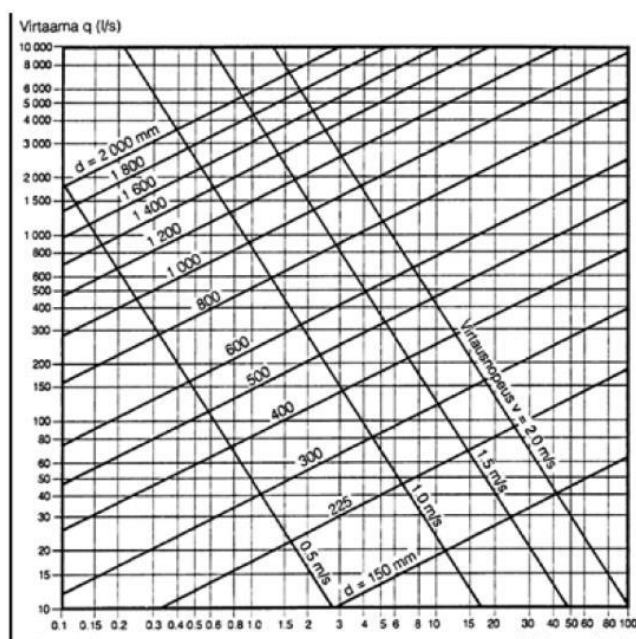
$$Q(t) = k * i * A * t \quad (7)$$

jossa	Q	imeytyvän veden määrä	[m ³]
	k	vedenläpäisevyys	[m/s]
	i	gradientti	[-]
	A	imeytysalueen pinta-ala	[m ²]
	t	imeytymisaika	[s]

Yhtälössä käytettävä gradientti on 1 pohjaveden pinnan ollessa vapaa /7, s. 41/, samaa arvoa gradientille käytettiin laskettaessa vettäläpäisevien päällysteiden vedenläpäisykykyä. Vettäläpäiseviä päällysteitä tarkasteltaessa oli käytännöllisempää jättää yhtälöstä imeytysaika pois, jolloin tuloksena saatiin päällysteen läpäisevä tilavuusvirta imeytysalueen pinta-alaa kohti. Vedenläpäisevyyden suunnitteluarvoina käytettiin vettäläpäisevällä kiveyksellä $k = 0,007 * 10^{-3}$ m/s ja avoimella asfaltilla $k = 0,02 * 10^{-3}$ m/s /7, s. 63/.

3.2.7 Hulevesiviemäriputkien mitoitus

Muutamien viivytysjärjestelmien yhteyteen suunniteltiin myös uutta hulevesiviemäriä. Näissä tarkasteltiin tarvittaessa viemäriin mitoitusta suunnitellun kaadon ja tarvittavan virtaaman suhteen, jotta ne olisivat toteuttamiskelpoisia ratkaisuja. Hulevesiviemäriin mitoitus tehtiin kuvan 7 mitoitusnomogrammin perusteella.



Kuva 7. Hulevesiviemäriin mitoitusnomogrammi /1, s. 211/

Hulevesijärjestelmien kytkentäviemäriin toimivuutta tarkasteltaessa mitoitusnomogrammia luettiin viemäriputkeen saadun kaadon ja valitun putkikoon kohdalta ja sen perusteella valittiin tarvittava viivytyjärjestelmän virtauksen säätökaivon mitoitusvirtaama. Kokoomaviemäreiden koko taas valittiin samalta alueelta mitoitusvirtaaman ja viemäriputken kaadon perusteella.

3.3 Asukaskysely

Osana opinnäytetyön tutkimusta järjestettiin elokuussa 2019 asukaskysely pientaloalueen asukkaille. Asukaskysely oli auki 8.8. - 31.8.2019 välisenä aikana, ja linkki siihen jaettiin lennäkkinä alueen pientalojen postilaatikoihin. Kyselytutkimuksen tarkoituksena oli selvittää lyhyesti, kuinka alueen asukkaat kokivat hulevesiverkoston nykyisen toiminnan sekä mitä mieltä he olisivat paikallisten hulevesienviivytyjärjestelmien erityyppisistä pintarakenteista katujen ja kiinteistöjen rajojen välisillä alueilla. Kyselytutkimus toteutettiin internet-kyselynä käyttäen Webropol 3.0 -selainpohjaista ohjelmaa, mallit lennäkistä ja kyselylomakkeesta sekä vastaukset ovat liitteenä (liite 8). Kyselytutkimuksen strategiaksi valittiin survey-tutkimus, jossa tutkittavaksi valikoidulta joukolta kysytään samat kysymykset. Tutkimus oli pääasiassa kvantitatiivinen. Kysymyksillä muodostettiin sarjoja niin, että kirjallisilla vastauksilla pystyttiin tulkitsemaan paremmin aiemman valintakysymyksen vastauksia. Kirjallisia vastauksia käsiteltiin myös sellaisenaan tutkimuksen johtopäätöksiä tehdessä. /21, s. 134 - 139./

4 TULOKSET

4.1 Kirjalan alueen erityispiirteet suunnittelussa

Tämän hetkinen hulevesijärjestelmien johtamismenetelmä on pääasiassa hulevesiviemärointi, jonka purkupiste sijaitsee Urpolan lammen lounaisreunalla. Pintajärjestelminä alueella on muutamia katujenvarsissa sijaitsevia ojia ja imeytyspainanteita. Suurempien johtamiseen ja viivyttämiseen tarkoitettujen pintajärjestelmien suunnittelu ei ole mahdollista alueen tilankäytön vuoksi. Imeyttämistä hulevesien hallintakeinona rajoittaa osittain Pursialan vedenotamon pohjavesialue /22, s. 21/, jolla tutkittava alue suurimmaksi osaksi sijaitsi. Pohjavesialueen raja esitetään kuvassa 8.



Kuva 8. Pursialan pohjavesialueen raja Kirjalassa /22, s.2/

Kuvassa näkyvät sekä pohjavesialueen että sen varsinaisen muodostumisalueen rajat, jotka kulkevat yhdessä alueen poikki. Rajan oikea puoli on pohjavesialuetta. Pohjavesialue 0649151 Pursiala kuuluu pohjavesiluokkaan 1, ”vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue”.

Tarkastelussa ilmeni myös, että alueella ei ole varsinaisesti tulvareittejä. Reunakivin varustetut kadut pääsääntöisesti siirtävät tulvivaa hulevettä lähinnä toiseen paikkaan alueen sisällä. Lisäksi osa kaduista siirtää tulvivan huleveden Sammonkadun risteyssillan alle aiheuttaen siellä tiedettävästi tulvimista rankkasateella.

4.2 Valuma-alueet ja viivytystarve Kirjalan alueella

4.2.1 Valuma-alueet

Pientaloalueen tonteista osa sijaitsee kaltevuudeltaan erilaisissa rinteissä ja lisäksi tonttien maastonmuodot vaihtelevat. Osassa kiinteistöjä pihat ovat muotoiltu johtamaan vesi osittain kadulta pois päin. Lisäksi kiinteistöillä on erilaisia pengerryksiä, jotka viivyttävät tai estävät pintavaluntaa kulkeutumasta kohti valuma-alueen purkupistettä. Näin ollen valuma-alueiden pintavalunnan tarkka mallintaminen osoittautui mahdottomaksi ilman tietokonemallinnusta. Tästä syystä tutkimuksessa tehdyn valunnan mallintamista yksinkertaistettiin oletuksilla käsin laskentaa varten. Oletuksena mallintamisessa oli, että pienta-

loalueella katuosuuden molemmin puolin sijaitsevien tonttien hulevedet laskettiin kuvan 9 mukaisesti kyseisen kadun valuma-alueeseen. Laskennassa tonttien pinnan tyyppinä käytettiin puutarhaa ja yleisien alueiden kuten viheralueiden, polkujen, luiskien yms. vettä läpäisevien pintojen pinnan tyyppinä puistoa.



Kuva 9. Laskennassa käytettävien valuma-alueiden rajat ja pintavalun suunta kaduilla

Katujen risteyksissä sijaitsevat kulmatontit jaettiin valuma-alueiden kesken puoliksi muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Poikkeuksia valuma-alueiden määrittämisessä on esimerkiksi kuvassa 9 näkyvät tontit Sariolankadulla välillä Untamonkatu - Kalervonkatu, joita ei laskettu mukaan Sariolankadun valuntaan maastonmuodoista johtuen.

Pientaloalueen kiinteistöjen kattovedet on osittain johdettu hulevesiverkostoon sekä osittain kaduille tai puutarhoihin. Kattovesien muodostumisen laskennassa pientaloalueella käytettiin pinta-alana tonttien asemakaavan mukaista rakennusoikeutta. Lisäksi oletettiin, että kaikki kattovedet puretaan hulevesiviemäriin johtokartassa merkittyyn tai merkinnän puuttuessa rakennusta lähimpänä sijaitsevaan hulevesitarkastuskaivoon.

Teollisuusalueella käytettiin rakennusten pinta-aloja sadevesiviemäri -johtokartasta mitattuna, johtuen suuresta rakennusoikeudesta suhteessa todellisiin rakennusten pinta-aloihin. Teollisuusalueella piha-alueet ovat suurimmalta osin päällystettyjä, joten laskennassa oletetaan vettä läpäisemättömän pinnan osuudeksi 90 % kiinteistöjen piha-alueista. Valuma-aluekartassa esitettiin, minkä katuosuuden laskentaan teollisuusalueen kiinteistöjen pihojen hule-

sekä kattovedet huomioidaan. Teollisuusalueen eteläreunalla sijaitsevien kiinteistöjen kattovesiä sekä piha-alueiden hulevesiä oli johdettu alueen eteläreunassa sijaitsevaan painanteeseen. Valuma-alueiden pinta-alat esitetään laskelmat liitteen sivulla 1.

4.2.2 Pintavalunta ja viivytystarve

Tarkasteltavien alueiden pintavalunta ja viivytystarve esitetään laskelmat liitteen sivuilla 2 ja 3. Laskentaesimerkkinä pintavalunnan mitoitusvirtaamasta on valuma-alue 4, Sariolankatu:

$$Q_v = 187 \text{ l/(s * ha)} / 10\,000 \text{ m}^2/\text{ha} * (997 \text{ m}^2 * 1 + 2\,990 \text{ m}^2 * 0,3 + 875 \text{ m}^2 * 0,5 + 2\,230 \text{ m}^2 * 0,9) = 81 \text{ l/s}$$

Laskennassa yhtälöön 1 sijoitetut pinta-alat olivat rakennuksilla 997 m², kiinteistöjen piha-alueilla 2 990 m², puistoilla 875 m² ja katualueilla 2 230 m². Laskennassa käytetyt valuntakertoimet olivat kattovesillä 1, kiinteistöjen piha-alueilla 0,3, puistoilla 0,5 ja katualueilla 0,9.

Viivytystarpeen laskentaesimerkkinä valuma-alue 5 Pellervonkatu:

$$V = (81 \text{ l/s} + 126 \text{ l/s} - 0 \text{ l/s}) * 900 \text{ s} / 1\,000 \text{ l/m}^3 = 186 \text{ m}^3$$

Laskelmassa yhtälöön 2 sijoitetut 81 l/s on Sariolankadun ja Pellervonkadun risteyksestä tuleva valuma-alueen 4 virtaama hulevesiviemärissä ja 126 l/s on Pellervonkadun valuma-alueen pintavalunta. Pois johdettavaa hulevettä ei huomioitu Pellervonkadun laskelmassa, koska sen purkupiste on yhteinen kahden Nuijamiestenkadun 1 ja 2 valuma-alueiden kanssa ja se otettiin huomioon kokonaisuutta tarkasteltaessa taulukon 5 mukaisesti.

Taulukko 5. Pintavalunnan määrä ja viivytystarve alueittain (Liite 5)

Pientaloalue Nro. Katu\ valuntakerroin C	Valunta mitoitus- sateen aikana, m ³					Virtaama, HV-viemärit				Viivytystarve (V _{val.} + V _{tul.} - V _{pur.})	
	Katu 0,9	Piha 0,3	Katto 1	Puisto 0,5	Yht. V _{val.}	q _{yt} l/s	V _{tul.} m ³	q _{v, p} l/s	V _{pur.} m ³	V _{viiv} m ³	V _{viiv, alue yht.} m ³
3 Nuijamiestenkatu 1	27	17	30	0	74	121	109	0	0	183	
4 Sariolankatu	34	15	17	7	73	0	0	81	73	0	
5 Pellervonkatu	25	42	46	0	113	81	73	0	0	186	
6 Nuijamiestenkatu 2	25	20	22	0	68	0	0	102	92	-24	345

Valuma-alueet jaettiin taulukossa tarkasteltaviin alueisiin yhteisen purkupisteen perusteella, jolloin niiden viivytystarvetta voitiin tarkastella kokonaisuutena. Hulevesiviemärin tulovirtaama on ensisijaisesti ArcGIS-mallinnuksesta saatu edellisen tarkastelupisteen hulevesitarkastuskaivon purkuvirtaama, hulevesiverkoston latvaosuuksien tulovirtaama on nolla. Esimerkiksi taulukossa Nuijamiestenkatu 2 laskettiin myös latvaosuutena, koska osuuden hulevesiviemäristä ei tule virtaamaa tarkastelupisteeseen. Lisäksi Pellervonkatua ei ole mallinnettu, joten tulovirtaamana käytettiin Sariolankadun valuntaa, tämä otettiin huomioon viivytyjärjestelmien sijoittamisessa ja mitoituksessa. Nuijamiestenkatu 2 purkuvirtaama on Nuijamiestenkatu 1 ja 2 sekä Pellervonkadun yhteisen purkupisteenä toimivan hulevesitarkastuskaivon purkuvirtaama ArcGIS-mallinnuksesta. Viivytystarve-sarakkeessa esitetään alueen viivytystarpeet sekä valuma-alueittain että koko tarkasteltavalle alueelle.

4.3 Viivytyjärjestelmät Kirjalan alueella

Viivytyjärjestelmät, jotka saatiin opinnäytetyön tuloksina Kirjalan alueelle, ovat lähtökohtaisesti suljettuja järjestelmiä johtuen Pursialan pohjavesialueesta. Lisäksi pohjavesialueen ulkopuolisilla alueilla ei tutkittu maaperän laatua eikä pohjavedenkorkeutta. Tuloksina saatiin hulevettä suodattavina ratkaisuna sadeputtarhoja sekä viivytykskaivantoja, joissa hyödynnettiin osittain vettä läpäiseviä päällysteitä. Näiden lisäksi saatiin rankkasateella hulevesien hallintaa täydentävinä järjestelminä erilaisia viivytyssäiliöitä. Viivytyjärjestelmistä tehtiin tyyppiirustukset ja aluesuunnitelma. Suunnitelmaluonnoksien aluesuunnitelmassa esitetään viivytyjärjestelmät kuvan 10 mukaisesti.

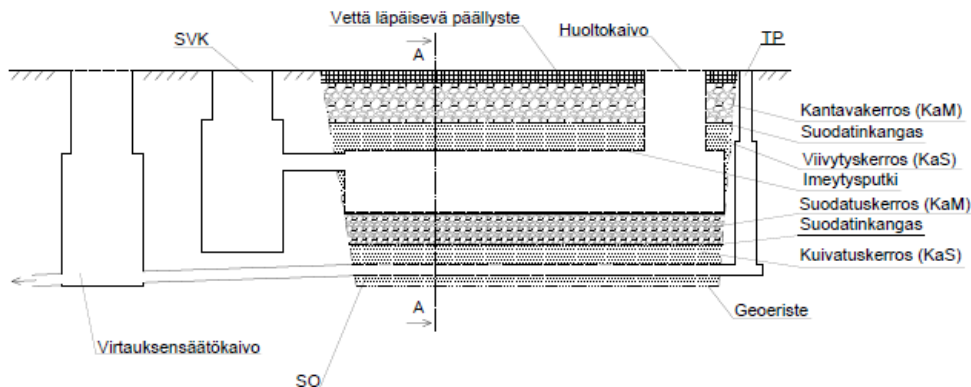


Kuva 10. Ote aluesuunnitelmasta

Viivytyjärjestelmien tyyppien, mittojen ja sijoittelun lisäksi aluesuunnitelmassa esitetään viivytyjärjestelmien tilavuudet ja rakenteen korkeus purkuputken vesijuoksusta. Myös muut viivytyjärjestelmiin liittyvät kaivot esitetään aluesuunnitelmassa, lisäksi virtauksensäätökaivosta esitetään virtausaukon koko ja suunniteltu virtaama. Sadepuutarhojen ja viivytykaivantojen ylivuotokainoina käytettiin olemassa olevia hulevesikaivoja, viivytyssäiliöiden kapasiteetin tullessa täyteen tulvivat hulevedet johdetaan pois olemassa olevia tulvareittejä myöten. Aluesuunnitelma tulostettiin PDF-kuvana 1:1000 mittakaavassa, jolloin se voitiin tulostaa yhtenä piirustuksena ja mittakaava on myös sama kuin tilaajan toimittamissa kuvissa. Koska suunnitelmat näin suuressa mittakaavassa ovat käytännössä lukukelvottomia, asetettiin viivanpaksuus ja tekstin korkeus vastaamaan 1:200 mittakaavaa.

4.3.1 Viivytykaivannot

Kuvan 11 tyyppiesimerkissä hulevesi johdetaan viivytykaivantoon ensisijaisesti vettä läpäisevän päällysteen läpi ja hulevesi, joka ei kerkeä imeytymään vettä läpäisevän päällysteen kautta johdetaan ylivuotokainona toimivan hulevesikaivon kaivon kautta viivytyrakenteeseen.



Kuva 11. Periaatepiirros hulevesien viivytykaivannosta (Liite 4)

Ylivuotokaino toimii myös talvikaivona vettä läpäisevän päällysteen ja rakennekerroksien ollessa jäässä. Rakenteen alaosaan suunniteltiin suodatuskerros kalliomurskeesta puhdistamaan rankkasateella ja talvella ylivuotokainon kautta johdettuja hulevesiä. Hulevettä suodattavan kerroksen yläpuolelle suunniteltiin sepelistä ja imeytysputkista viivytystilavuutta kasvattava kerros. Hulevesikasettien, -tunneleiden ja imeytysputkien hyötytilavuus on n. 0,9 - 1 /1, s.149; 10/. Tyyppiesimerkin kaivannossa käytettiin eri täytelajien välissä

suodatinkangasta, jolloin suodatin- ja rakennekerroksissa tulisi tukkeutumisvaaran välttämiseksi käyttää kallioaineksia, joista on poistettu hienoaines. Laskelmissa kaikkien viivytykskaivantojen rakennekerroksien paksuutena käytettiin 400 mm ja suodatuskerroksen 300 mm.

Viivytykskaivantoja sijoitettiin pääasiassa asuinkatujen reunoilla sijaitsevien pyssäköintiin sopivien levikkeiden alle. Muita suunniteltuja sijoituspaikkoja olivat jalkakäytävien alapuoliset tilat sekä puisto- ja katualueiden reunat niiltä osin, kuin muu maahan sijoitettu tekniikka ei ollut rajoitteena. Käytännössä hulevettä suunniteltiin johdettavaksi suunnitelmaluonnoksien viivytykskaivantoihin hulevesikaivon kautta ainakin kadun toiselta puolelta kaikissa käyttötilanteissa. Tämä korostaa huleveden esipuhdistuksen tärkeyttä, jonka vuoksi hulevedet suunniteltiin johdettavaksi erillisen hiekanerotuskaivon kautta viivytykskaivantoihin.

Viivytystilavuuden laskentaesimerkkinä esitetään 1,8 metriä korkean ja 1,6 metriä leveän viivytykskaivannon viivytystilavuus metriä kohti:

$$V_{mit} = ((0,2 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,4 \text{ m}) * 1,6 \text{ m} * 0,4 + (0,9 \text{ m} * 1,6 \text{ m} - 2 * \pi * 0,3^2 \text{ m}^2) * 0,4 + 2 * \pi * 0,3^2 \text{ m}^2 * 1) * 1 \text{ m} = 1,49 \text{ m}^3$$

jossa yhtälöön 3 sijoitettuna on sulkeissa yhteen laskettuna kuivatuskerroksen (0,2 m), suodatuskerroksen (0,3 m) ja rakennekerroksien (0,4 m) paksuudet kerrottuna kaivannon leveydellä (1,6 m), yksiköttömät luvut ovat huokostilavuuden kertoimia. Tähän lisätään viivytykskerroksen (paksuus 0,9 m) sepelin viivytystilavuus ilman imeytysputkia (2 x 600 mm) ja lopuksi lisätään imeytysputkien tilavuus, joiden hyötykerroin Uponor IQ -imeytysputkilla on 1 /10, s. 7/. Laskelman tuloksena viivytykskaivannon viivytystilavuudeksi 1,49 m³/m.

Viivytykskaivannon tyhjenemisaika laskettiin 1,9 metriä korkealle ja kolmella imeytysputkella varustetulle viivytykskaivannolle:

$$t = 1,94 \text{ m}^3 * 0,3 \text{ m} / (1 \text{ m}^2 * 1,1 * 10^{-3} \text{ m/s} * (0,3 \text{ m} + 0,5 * 1,7 \text{ m})) = 460 \text{ s}$$

jossa yhtälöön 4 sijoitettuna on 1,94 m² on kuivatuskerroksen yläpuolinen vesitulavuus neliometriä kohti, 0,3 m on suodatuskerroksen paksuus ja 1,7 m on

vedenkorkeus suodatinkerroksen yläpuolella. Rakenteen tyhjenemisaika suodatuskerroksen ollessa puhdas on 7 minuuttia 40 sekuntia. Koska huleveden viipyminen rakenteessa on suurin piirtein puolet mitoitusasteen kestosta, sillä ei ole parantavaa vaikutusta hulevesiverkoston kapasiteettiongelmaan. Koska kaikki suunnitellut viivytykskaivannot ovat saman tyyppisiä rakenteeltaan, voidaan olettaa huleveden viipymisajan olevan riittämätön niissäkin. Tämän vuoksi eri kaivannoille ei laskettu viipymisaikaa erikseen, vaan sekä viivytykskaivannoissa että -säiliössä tapahtuvaa huleveden viipymistä tehostettiin virtauksensäätökaivolla.

Laskentaesimerkkinä Kalervonkadun viivytykskaivannon tyhjenemisestä ajan suhteen saatava tilavuusvirta yhtälöllä 5:

$$q_v = 104,9 \text{ m}^3 * 1\,000 \text{ l/m}^3 / 7\,200 \text{ s} = 14,6 \text{ l/s}$$

Huleveden halutuksi viipymisajaksi asetettiin kaksi tuntia, jolloin virtauksen rajoittimen virtaamaksi saatiin 14,6 l/s. Pääasiassa viivytyksjärjestelmien tyhjenty-misaikana käytettiin kahta tuntia. Poikkeuksena olivat sellaiset viivytykskaivan-not, joiden yhteyteen suunniteltiin lisäksi hulevesiviemäriä. Näissä huleve-siviemäriin kaato määräytyi mitoitusvirtaaman.

4.3.2 Vettä läpäisevät päällysteet

Vettä läpäisevillä päällysteillä täydennettiin katujen reunoille sekä jalkakäytävien alle sijoitettuja viivytykskaivantoja ja suoraan päällysteiden rakennekerrok-sista imeyttäviä ratkaisuja ei suunniteltu. Vettä läpäiseviä päällysteitä ei mitoi-tettu erikseen, vaan niiden koko määräytyi maanalaisten viivytykskaivantojen mittojen mukaan. Vettä läpäisevistä päällysteistä laskettiin niiden kautta imey-tyvän huleveden määrä neliometriä kohti. Vettä läpäisevän päällysteen imey-tymisen ja tarkasteltavan alueen hulevesien kertymän erotusta voidaan käyt-tää ylivuoto- ja esipuhdistuskaivojen putkistojen mitoituksessa.

Tarkasteltaviksi päällysteiksi valittiin avoinasfaltti ja kiveys vettä läpäisevällä saumalla, näistä vedenläpäisykyky laskettiin yhtälön 7 avulla. Avoimen asfaltin vedenläpäisevyys neliometriä kohti:

$$q_v = 0,02 * 10^{-3} \text{ m/s} * 1 * 1 \text{ m}^2 * 1\,000 \text{ l/m}^3 = 0,02 \text{ l/(s * m}^2\text{)}$$

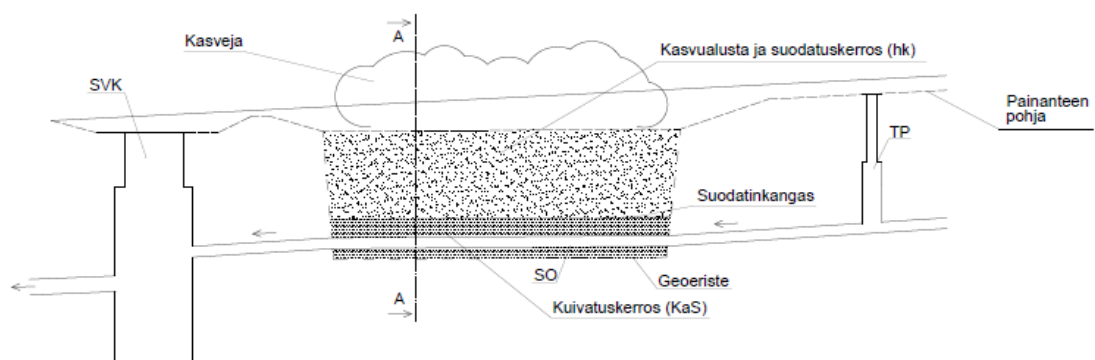
Vettä läpäisevän kiveyksen vedenläpäisevyys neliometriä kohti:

$$q_v = 0,007 * 10^{-3} \text{ m/s} * 1 * 1 \text{ m}^2 * 1\,000 \text{ l/m}^3 = 0,007 \text{ l/(s * m}^2\text{)}$$

Todellisuudessa vettä läpäisevien päällysteiden vedenläpäisevyys huollettuna on n. 20 ... 200 kertainen verrattuna suunnitteluarvoon. Vettä läpäisevät päällysteet vaativat hyvin toimiakseen säännöllistä tarkkailua ja huoltoa eli käytännössä puhdistusta. Kummankin päällysteen tapauksessa puhdistus tulisi suorittaa kun vedenläpäisevyys $k = 0,07 * 10^{-3} \text{ m/s}$, puhdistus voidaan suorittaa kadunlakaisukoneella. Pahoin tukkeutuneessa päällysteessä hienoaines on yleensä päällysteen pinnassa. Vettä läpäisevän kiveyksen saumat voidaan tällöin vaihtaa ja avointa asfalttia voidaan kunnostaa pesemällä vesipaineella tai imemällä tukoksen aiheuttanut hienoaines pois.

4.3.3 Sadeputarhat

Sariolankadun läntiseen osaan ja Aionkadulle suunniteltiin kuvan 12 mukaisia sadeputarhoja, eli imeytyspainanteiden ja imeytysojien yhdistelmiä.



Kuva 12. Periaatepiirros sadeputarhasta (Liite 4)

Painanteiden pohjalle tulee kasvillisuutta parantamaan maan vedenläpäisevyyttä sekä veden haihtumista. Sariolankadulla mitoituksen perusteina oli 0,25 metrin lammikoitumissyvyys sekä kadun ja kiinteistöjen välinen tila. Sariolankatua, osaa Vipusen kadusta ja Aionkadun pohjoispäätä tarkasteltiin viivytystarpeen osalta kokonaisuutena ja lisäksi Vipusenkadulle suunniteltiin

viivytykskaivannot, joten katsottiin nykyiseen tilaan suunniteltavien sadepuutarhojen riittävän sekä Sariolankadulle että Ainonkadulle. Lähtökohtaisesti oletettiin, ettei kaikkien vanhojen rakennuksien kellarikerroksien seiniä ole vesieristetty. Näin ollen imeyttävien rakenteiden suojaetäisyydet eivät täyty suurimassa osassa järjestelmiä, joten sadepuutarhat suunniteltiin suljettuina järjestelminä.

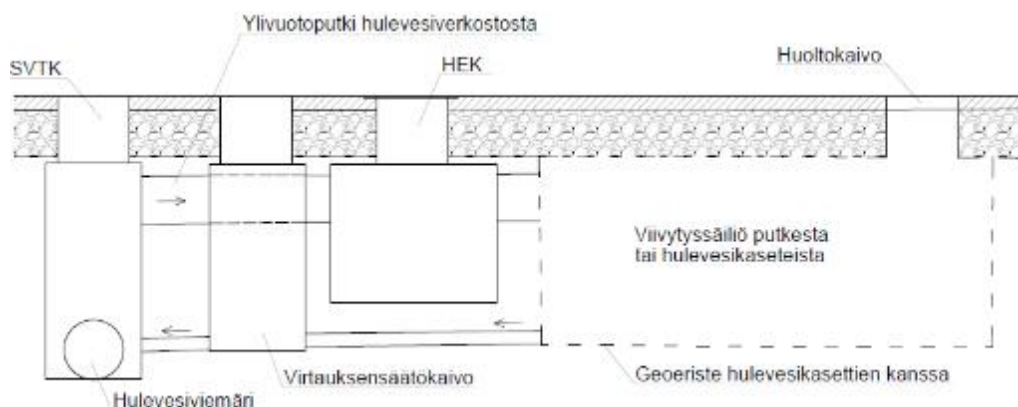
Sadepuutarhojen tyhjenemisaikaa laskettaessa pinta-alana käytettiin painanteen pohjan alaa ja oletettiin kasvillisuuden kasvukerroksen vedenläpäisevyyden olevan sama kuin imeytysojan hiekalla. Esimerkkinä laskettiin tyhjenemisaika Ainonkadulla sijaitseville sadepuutarhoille:

$$t = 4,05 \text{ m}^3 * 0,7 \text{ m} / (9 \text{ m}^2 * 1 * 10^{-5} \text{ m/s} * (0,7 \text{ m} + 0,5 * 0,25 \text{ m})) = 38 \text{ 182 s}$$

Käyttämällä suodattavassa kerroksessa hiekkaa, jonka vedenläpäisevyys $k = 10^{-5}$ saadaan sadepuutarhan tyhjenemisaikaksi 10 tuntia 36 minuuttia. Tätä hienojakoisempaa hiekkaa tulee välttää, koska tyhjenemisaika kasvaa eksponentiaalisesti veden läpäisevyyden pienentyessä. Kaikki sadepuutarhat suunniteltiin samalla tyyppiratkaisulla, näin ollen tyhjenemisaika on suurin piirtein sama niissä kaikissa.

4.3.4 Huleveden viivyttäminen säiliössä

Hulevettä suodattavien ja viivyttävien järjestelmien lisäksi suunniteltiin kokonaisuutta täydentämään kuvan 13 mukaisia viivytyssäiliöitä.



Kuva 13. Periaatepiirros hulevesien viivytyssäiliöstä (Liite 4)

Tarkastelupisteen yhteyteen lisättiin maanalainen viivytyssäiliö silloin, kun ensisijaisten viivytysjärjestelmien tilavuus ei riittänyt kattamaan hulevesien viivytystarvetta. Mitoitusperusteena oli suoraan huleveden viivytystarve, joka jäi jäljelle ensisijaisten viivytysjärjestelmien ja hiekanerotimien suunnittelun jälkeen. Viivytyssäiliöiden mitoituksessa tarkasteltiin tilavuuden lisäksi säiliön purkuai-
kaa ja -virtaamaa.

Alueelle tarvittavat viivytyssäiliöt suunniteltiin ensisijaisesti putkista tehtäviksi helpon huollettavuutensa vuoksi. Tilankäytön niin vaatiessa, suunniteltiin viivytyssäiliöt rakennettaviksi hulevesikaseteista, jotka ympäröidään georisteellä. Tällöin saadaan pinta-alaa kohti suurempi varastointitilavuus saman korkuisella järjestelmällä.

4.3.5 Erotinkaivot

Koska rankkasateella verkostossa virtaavassa hulevedessä on oletettavasti runsaasti kiintoainesta mukana, suunniteltiin viivytyssäiliöiden yhteyteen hulevesiverkoston ylivuotoputkiin sijoitettavaksi huleveden virtausnopeutta laskevat sakkapesälliset betonista tehdyt hiekanerotuskaivot. Lisäksi viivytyssäiliöiden purkuputkiin suunniteltiin tehdasvalmisteiset tehostetut hiekanerotinkaivot parantamaan poisjohdettavien hulevesien laatua. Purkuputkien hiekanerotinkaivot sijoitettiin ennen virtauksensäätökaivoja parantamaan niiden toimintavarmuutta. Myös viivytyskaivantojen talvi-/ylivuotokaivojen hulevedet suunniteltiin johdettavaksi myös erillisten tehdasvalmisteisien hiekanerotinkaivojen kautta viivytyskaivantojen suodatinkerroksen tukkeutumisriskin pienentämiseksi.

4.3.6 Putkistojen ja virtauksen rajoittimien mitoitus

Opinnäytetyön tuloksina saatujen suunnitelmaluonnosten kannalta ei ollut tarpeellista mitoittaa viivytysjärjestelmiin kuuluvia putkistoja. Hulevesiverkoston tilavuutta kasvattamaan suunniteltujen viivytyssäiliöiden virtauksenrajoittimien laskennassa tarvittiin tosin tieto veden korkeudesta hulevesiverkoston ylivuotoputken alareunaan. Viivytyssäiliöiden ylivuotoputkien alareunan oletettiin olevan 500 mm viivytyssäiliön yläpinnasta.

Muutamiin kohtiin jouduttiin suunnittelemaan uutta hulevesiviemäriä. Yrittäjänkadulle suunniteltu hulevesiviemäri mitoitettiin, jotta nähtiin sen rakentamisen olevan mahdollista. Hulevesiviemäriin kaato määräytyi pitkälti kadun tasauslinjan mukaan viivytykskaivannosta liitoskohtaan, joten viivytykskaivantojen purkuvirtaamat tässä tapauksissa määritettiin hulevesiviemäriin kaadon perusteella. Hulevesiviemäriin saatiin kaatoa 3,5 ‰, jolloin hulevesiviemäriin mitoitusnomogrammin mukaan 250 M -viemäriputkelle saadaan virtaamaksi 35 l/s.

Purkuvirtaamaa ei lähdetty laskemaan jokaiselle viivytyksjärjestelmälle erikseen, vaan virtaamatarkastelua varten laadittiin taulukko 6. Suunnitelmien virtauksensäätö laskettiin käyttämällä reikälevyä virtauksensäätökaivossa.

Taulukko 6. Virtaamataulukko tyhjenemisajan laskentaa varten

Virtaama (l/s), d 20 ... 100 laskennassa mukana virtausaukon hyötysuhde C = 0,6										
Virtausaukko d (mm)	Veden korkeus, h (m)									
	0,7	0,9	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4
160	74,54	84,52	89,10	97,60	105,42	112,70	119,53	126,00	132,15	138,03
110	35,23	39,95	42,11	46,13	49,83	53,27	56,50	59,55	62,46	65,24
100	17,47	19,81	20,88	22,87	24,71	26,41	28,02	29,53	30,97	32,35
90	14,15	16,05	16,91	18,53	20,01	21,40	22,69	23,92	25,09	26,20
80	11,18	12,68	13,36	14,64	15,81	16,90	17,93	18,90	19,82	20,70
70	8,56	9,71	10,23	11,21	12,11	12,94	13,73	14,47	15,18	15,85
60	6,29	7,13	7,52	8,23	8,89	9,51	10,09	10,63	11,15	11,65
50	4,37	4,95	5,22	5,72	6,18	6,60	7,00	7,38	7,74	8,09
40	2,80	3,17	3,34	3,66	3,95	4,23	4,48	4,73	4,96	5,18
30	1,57	1,78	1,88	2,06	2,22	2,38	2,52	2,66	2,79	2,91
20	0,70	0,79	0,84	0,91	0,99	1,06	1,12	1,18	1,24	1,29

Taulukossa esitetään virtaamat putkikokojen D 160 ja D 110 sekä niitä pienempien virtausaukkojen suhteessa tutkimuksessa käytettävien viivytyksjärjestelmien veden korkeuteen. Virtaamat laskettiin yhtälöllä 6 ja laskentaesimerkinä on veden korkeudeltaan 1,8-metrinen viivytyksjärjestelmä, jonka virtauksenrajoittimessa on 50 mm virtausaukko:

$$q_v = 0,6 * \pi * (0,05 \text{ m})^2 / 4 * (2 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 1,8 \text{ m})^{0,5} * 1\,000 \text{ l/m}^3 = 7 \text{ l/s}$$

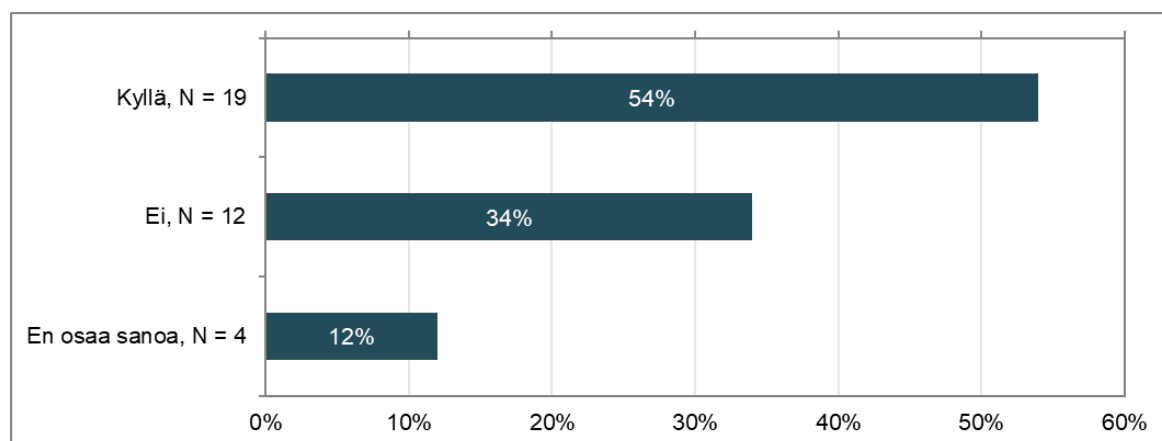
Laskennassa oletettiin purkausaukon keskikohdan sijaitsevan kuivatusputkiston alareuna tasalla. Toisaalta pienikokoisilla purkausaukoilla ei juurikaan ole merkitystä virtaamaan lasketaanko veden korkeus purkausaukon keskelle vai

kaivannon / säiliön alareunaan. Purkputkien mitoitusvirtaamat ja virtauksenrajoittimien mitat esitetään suunnitelmaluonnoksissa.

4.4 Asukaskyselyn tulokset

Pientaloja asemakuvasta laskettuna oli 174 kappaletta, ja vastausprosentti loppuun asti suoritetuissa vastauksissa oli 20,1 % (N = 35). Vastaamisen oli aloittanut 23,0 % (N = 40), ja kyselyn oli avannut 45,4 % (N = 79) alueen asukkaista.

Kyselytutkimuksen aluksi selvitettiin kolmen kysymyksen sarjalla hulevesiverkostoon liittyviä ongelmia ja sitä, kuinka ne koetaan. Ensimmäisessä kysymyksessä selvitettiin yleisesti mielipidettä siihen, onko hulevesiverkostossa alueen asukkaiden mielestä ongelmia, kuvassa 14 nähdään vastauksien jakauma.



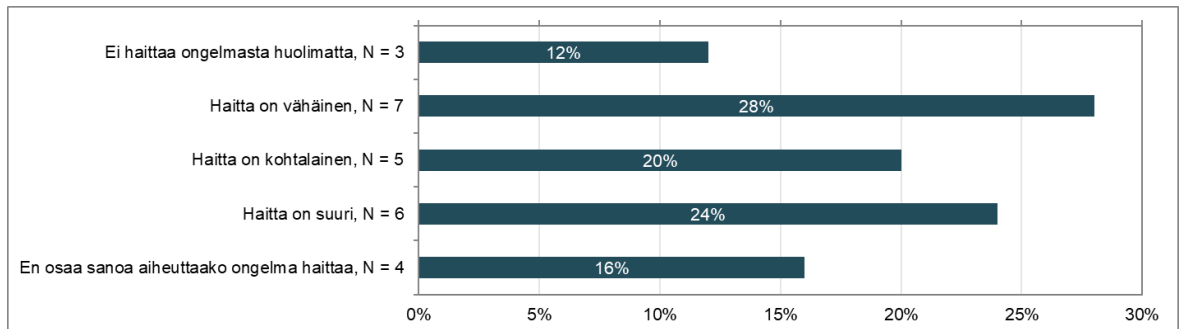
Kuva 14. Kysymyksen 1 vastauksien vaihtoehdot ja jakauma

Kysymyksen 1 kyllä kohtaan vastanneille tehtiin jatkokysymys, jossa pyydettiin kuvailemaan kirjallisesti heidän havaitsemansa ongelma ja sen sijainti. Tällä selvitettiin, minkälaisena ongelmana alueen asukkaat kokevat hulevesiverkoston tulvimisen rankkasateella.

Kysymyksen 2 vastausten mukaisesti taajamatulvien aiheuttamien suurimpien ongelmakohtien sijainnit olivat Nuijamiestenkadulla Pellervonkadun ja Untamonkadun risteysten läheisyydessä. Kysymykseen 2 vastasi 20 asukasta, joista 75 % (N = 15) mainitsi vastauksessaan veden tulvimisen kadulla, ja näistä 33 % (N = 5) oli maininta kiinteistöille aiheutuvista vahingoista. Lo-

puissa 25 % (N = 5) vastauksista ongelmiksi koettiin perusvesien pumppaaminen, riittävien kaatojen saaminen tonttiviljelmäreihin ja sadeveden virtaaminen kaivon ohi.

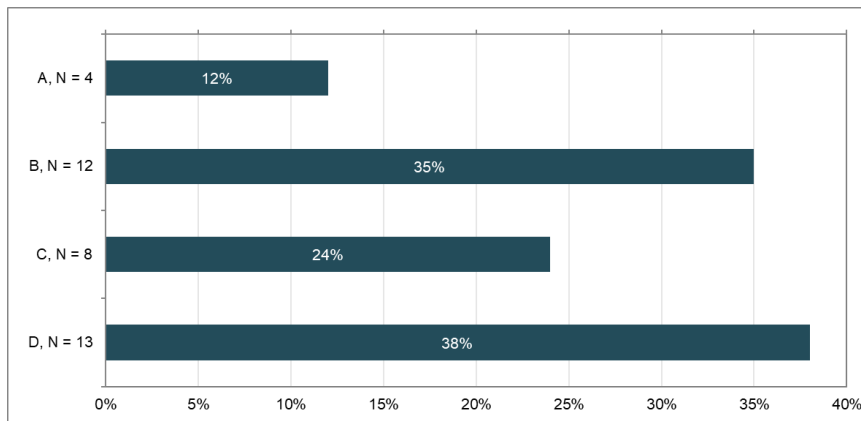
Kysymyksessä 3 pyydettiin arvioimaan havaitusta ongelmasta aiheutuva haitta annettujen vaihtoehtojen mukaan, vastausvaihtoehdot ja vastaukset kuvassa 15.



Kuva 15. Kysymyksen 3 vastauksien vaihtoehdot ja jakauma

Kysymyksellä 3 selvitettiin, kuinka suurena edellisessä kysymyksessä mainitut ongelmat todellisuudessa koetaan ja koskettaako ongelma suoraan vastaajaa. Kysymykseen vastasi kaikkiaan 25 asukasta ja vastanneista 72 % (N = 18) koki haitan olevan vähintään vähäinen, ja koska kysymykseen vastasi useampi asukas kuin kysymykseen 1, voidaan olettaa, että todellisuudessa kysymyksen 1 kyllä vastanneista jopa 95 % kokee hulevesiverkoston ongelmien aiheuttavan jonkin asteista haittaa. Kysymyksiä 2 ja 3 avulla pystytään jossain määrin myös päättelemään vastaajien sijainti alueella, jolloin johtopäätöksiä tehdessä voidaan arvioida nykyisen tilanteen vakavuus asukkaiden näkökulmasta.

Kysymyksellä 4 selvitettiin asukkaiden mielipidettä mahdollisista ajoradan ja tonttienrajan väliin sijoitettavista järjestelmien pintarakenteista. Kyselylomakkeeseen tehtiin pieni pohjustus aiheeseen, ja itse kysymyksessä kuvattiin sanallisesti ko. vaihtoehdon yleispiirteet. Tässä kysymyksessä oli mahdollista valita useampi vaihtoehto. Kysymyksen 4 vastauksien jakauma esitetään kuvassa 16, ja se on suhteutettu vastaajien lukumäärään.



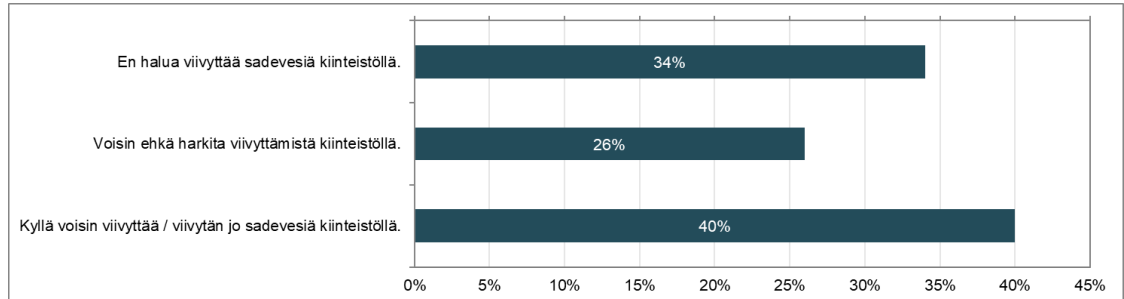
Kuva 16. Kysymyksen 4 vastauksien jakauma

Vastausvaihtoehdot kysymykseen 4 olivat:

- A Oja/painanne, josta vesi viivytetään imeyttämällä hulevesiverkoston. Ojassa on mm. vesikasvillisuutta ja tarvittaessa pieniä patorakenteita veden virtausta hidastamassa tasaisemman imeytymisen vuoksi, tällä ratkaisulla on myös hyvä vaikutus pois johdettavan veden laatuun.
- B Ajoradan levennys kiinteistön rajalle, pinnoitus vettäläpäisevällä materiaalilla esim. reikäkivellä, tässä vesi johdetaan maanalaiseen viivytysrakenteeseen. Aluetta voisi käyttää mm. kadunvarsipysäköintiin.
- C Nurmikaista ojalla/painanteella, josta vesi viivytetään imeyttämällä hulevesiverkoston.
- D Ei mikään näistä

Kysymyksellä 5 selvitettiin yleisesti mielipidettä kysymyksen 4 vaihtoehtoihin, tässä sai kertoa myös yleisesti mielipiteensä katualueen ja kiinteistöjen rajan välisen alueen käytöstä. Vastauksia kysymykseen saatiin 12 kappaletta, ja vastauksien kirjo oli monimuotoinen, eikä vastauksissa ollut varsinaista yhtä linjaa. Useammassa vastauksessa nousi esiin kiinteistöjen perusvesien pumpaaminen hulevesiverkoston (17 %, N = 2) ja hulevesiverkoston kapasiteetin riittämättömyyden aiheuttamat ongelmat (42 %, N = 5). Mainittavana huolenaiheena oli myös imeyttämisen vaikutus pohjaveden korkeuteen (17 %, N = 2).

Viimeisenä oli kysymys 6, jolla selvitettiin asukkaiden halukkuutta viivyttää hulevesiä kiinteistöllä esim. hyödyntämällä kattovesiä puutarhan kasteluun tai rakenteellisilla ratkaisuilla ennen hulevesiverkostoon johtamista. Vastaukset kysymykseen 6 esitetään kuvassa 17.



Kuva 17. Kysymyksen 6 vastauksien vaihtoehdot ja jakauma

Kysymykseen 6 vastasi kaikki kyselyn loppuun asti suorittaneet, ja sen perusteella alueen asukkaista 2/3 osaa viivyttää tai ainakin voisi harkita viivyttävänsä hulevesiä kiinteistöllä.

4.5 Tulosten luotettavuus

Hulevesien pintavalunnan mallintamisessa tuli mahdollisesti virhettä, jonka määrää ei pysty tarkasti määrittämään virheeseen vaikuttavista muuttujista johtuen. Se ei kuitenkaan ole kovin merkittävä johtuen tarkasteltavien valuma-alueiden suhteellisen pienestä koosta. Lisäksi alueen hulevesiverkostosta tehty tietokonemalli oli käytössä, joten tämä esti virtaamatarkastelussa käsin laskemisessa virheen kertaantumisen.

Opinnäytetyön tuloksina saatujen viivytyjärjestelmien tyyppiesimerkkien toimivuuden kannalta ei viivyttävän huleveden määrällä ole juurikaan merkitystä. Käytännössä jokaisen alueelle suunnitellun viivytyjärjestelmän kokoa pystyy tarvittaessa kasvattamaan, joten mahdollinen virhe lasketussa huleveden määrässä ei estä suunniteltujen viivytyjärjestelmien käyttöä. Näin ollen kokonaisuutena tutkimuksen tuloksien voidaan katsoa olevan luotettavia koska tutkimus on mahdollista toistaa sellaisenaan ja sen tietopohjana käytettiin mahdollisimman tuoreita tutkimuksia.

Kyselytutkimuksen osalta tuloksien luotettavuuden kannalta olisi voinut toivoa suurempaa vastausprosenttia. Lisäksi vastauksista kävi ilmi, että kysymyksissä olisi ollut parantamisen varaa. Osa kysymyksistä oli osoittautunut haasteelliseksi ymmärtää pelkän sanallisen kuvailun perusteella. Kyselytutkimuksen tuloksien voidaan katsoa enemmänkin olevan suuntaa antavia.

5 POHDINTA

5.1 Viivytyksjärjestelmät

Tärkeimpänä johtopäätöksenä voidaan sanoa Kirjalan alueen hulevesiverkoston parantamisen viivyttämällä olevan mahdollista niin, että hulevesien määrällinen sekä laadullinen hallinta paranee. Määrällisen hallinnan toteutuksessa voidaan ottaa huomioon kasvaneiden sademäärien tuomat tulevaisuuden haasteet. Huleveden laadun paranemisesta ei tämän tutkimuksen perusteella voida sanoa muuta kuin, että huleveden mukana kulkeutuvan kiintoaineksen ja siihen sitoutuneiden epäpuhtauksien määrää voidaan vähentää sadepuutarhoilla, viivytykskaivannoilla ja vettä läpäisevillä päällysteillä. Opinnäytetyön tavoitteiden voidaan katsoa täyttyneen, koska tuloksina saaduilla viivytyksjärjestelmillä voidaan sekä poistaa taajamatulvien riski mitoitussateella että parantaa poisjohdettavien hulevesien laatua Kirjalan alueella. Lisäksi voidaan katsoa siitä olevan myös hyötyä tilaajalle Kirjalan sekä muiden alueiden hulevesijärjestelmien suunnittelussa.

Koska opinnäytetyön kohteena oleva alue oli laaja, päätettiin hulevesien viivytyksjärjestelmät sijoitella nykyisien katualueiden rakenteiden mukaisesti. Muun muassa reunakivilinjoin ja katujen reuna-alueiden viheralueisiin ei tehty suurempia muutoksia. Näin ollen vettä läpäisevien päällysteiden käyttö jäi alkupeleistä ajatusta vähäisemmäksi, koska niiden käyttäminen hulevesien ensisijaisena johtamistapana viivytykskaivantoihin olisi vaatinut niiden sijoittamisen molemmille puolille katua suurin piirtein samalla kohdalla.

Toisena ajatuksena vettä läpäisevien päällysteiden käyttämisessä oli suunnitella kadun molempiin reunoihin sen koko matkalle esim. puoli metriä leveä vettä läpäisevä kaistale, jonka kuivatusputket liitetään viivytykskaivantoon. Tämän haittapuolena on mahdollisesti kohonneet kustannukset. Koska kyseessä

on suurimmalta osaltaan tärkeä pohjavesialue ja mahdollisesti kadun viereisten kiinteistöjen suojaetäisyydet eivät täyty, vaatisi ko. ratkaisu georisteen käyttöä. Vaihtoehtoina olisi koko katurakenteen tai pelkän vettä läpäisevän kaistan eristäminen maaperästä. Jälkimmäinen vaihtoehto vaatisi kaksinkertaisen salaojituksen.

Rakenne, jossa hulevedet ohjataan kaivantoon pääasiassa vettä läpäisevän päällysteen kautta, on huoltokustannuksiltaan todennäköisesti halvempi. Suodattavat rakenteet tukkeutuvat joka tapauksessa ajan myötä, jolloin on helpompaa uusaa tukkeutunut rakenne lähellä maanpintaa. Tästä johtuen viivytyskaivantojen suodatuskerrokset suunniteltiin hyvin vettä läpäisevästä kalliomurskeesta kivituhkan tai hiekan sijaan. Ajatuksena oli, että suodattimen heikko suodatusteho ja huleveden lyhyt viivytysaika aiheuttaa vähemmän haittaa kuin rakenteen tukkeutuminen muutaman vuoden sisällä käyttöönotosta.

5.2 Asukaskysely

Hulevesiverkoston nykyistä toimintaa koskevien vastauksien perusteella voidaan päätellä, että rankkasateiden aiheuttamat taajamatulvat koetaan hyvinkin ongelmallisiksi varsinkin Nuijamiesten kadulla erityisesti Pellervonkadun ja Untamonkadun risteyksien läheisyydessä. Pahimpien ongelmakohtien sijainnit ja ongelmien laajuus ovat odotusten mukaisia ja noudattivat Arcgis-mallinnusta. Asukaskyselyn tulokset tukevat muuta olemassa olevaa tietoa alueella esiintyvistä taajamatulvista, ja sen perusteella hulevesiverkoston parantaminen olisi syytä aloittaa Sammon-, Nuijamiesten-, Pellervon- ja Untamonkaduista.

Paikallisten viivytysjärjestelmien pintarakenteiden eri tyyppivaihtoehtoista mikään ei noussut esiin selkeästi yli muiden, ja lähes 2/5 osaa vastaajista olikin valinnut ei mikään näistä -vaihtoehdon. Jatkokysymyksen vastauksien perusteella voidaan kuitenkin olettaa ainakin osan näin vastanneista asuvan Louhen- tai Nuijamiestenkadun varrella. Kadun levennys vettä läpäisevällä päällysteellä oli suosituin vaihtoehto esillä olleista ratkaisuista, ja todennäköisesti pysäköintitilan lisääminen viivytysjärjestelmän pintarakenteena olisi mieluisin vaihtoehto lähes kaikilla asuinkaduilla. Muutkin vaihtoehdot saivat kannatusta,

ja voidaankin olettaa tietyn vaihtoehdon kannatuksen tulevan pääasiassa kaduilta, joilla on nykyiselläänkin vastaavan tyyppinen ratkaisu katualueen reunassa. Ojassa tai painanteessa sijaitsevia patorakenteita ja vesikasvillisuutta voisi tietyllä varauksella suunnitella sellaisien katujen varsille, joissa on nykyiselläänkin oja tai painanne. Lisäksi osaa vastaajista huolestuttaa viivytysjärjestelmien mahdollinen vaikutus pohjavedenkorkeuteen. Tämä tulee ottaa huomioon perusparantamisen tiedottamisessa.

Lähes puolet kyselyyn vastanneista ilmoitti viivyttävänsä tai voivansa viivyttää hulevesiä kiinteistöllä ja neljäsosa voivansa harkita viivyttämistä. Jo käytössä olevina viivytysmenetelminä toimii pääasiassa kattovesien varastointi ja ohjaus puutarhan kasteluun. Kolmasosa vastanneista esitti kielteisen kannan viivyttämiseen kiinteistöllä. Syyt tähän eivät kyselyssä suoraan selvinneet, mutta todennäköisesti ne liittyvät pelkoon, että mm. puutarhaan imeytettävät vedet aiheuttaisivat kosteusongelmia kiinteistöillä sekä erillisten viivytysjärjestelmien rakentamisesta aiheutuvista kustannuksista.

Asukaskyselyyn vastanneiden määrä oli kohtuullinen, ja vastauksien pohjalta pystyikin päättelemään, että merkittävä osa vastaajista asuu hulevesiverkoston ongelmakohtien läheisyydessä. Huomiota herättävää oli, että kyselyn avanneiden määrä oli huomattavan suuri verrattuna vastaamisen aloittaneisiin sekä loppuun asti vastanneisiin. Olisiko vastauksia saatu enemmän, jos kysymyksiä ja koko kyselyä olisi pohjustettu enemmän? Kokivatko asukkaat, joita taajamatulvat eivät suoraan kosketa, kyselyyn vastaamisen turhaksi?

Asukaskyselyn vastausmäärää olisi myös voinut saada suuremmaksi, jos nettikyselyn rinnalle olisi järjestetty paperinen kyselylomake palautuskuorella. Kysymyksessä, joka koski katualueiden reunojen pintarakenteita, olisi voinut olla vaihtoehtona ”nykyisen kaltainen”. Lisäksi vastausvaihtoehtojen malleja olisi voinut esittää kuvina. Viimeiseen kysymykseen hulevesien viivyttämisestä kiinteistöillä olisi pitänyt olla jatkokysymys, jolla olisi saanut selvitettyä, millaisia viivytysmenetelmiä alueella on jo käytössä tai asukkaat voisivat harkita. Lisäksi jatkokysymyksellä olisi voinut kysyä perusteluita, miksi asukkaat eivät ole halukkaita viivyttämään hulevesiä kiinteistöllä.

5.3 Toimenpide- ja lisätutkimusehdotukset

Varsinkin kaupan ja teollisuuden käytössä olevien kiinteistöjen tonteilla lähes koko pinta-ala on vettä läpäisemätöntä pintaa, jolloin hulevesien viivyttämisellä kiinteistöllä olisi merkittävä vaikutus taajamatulvien syntymiseen hulevesiverkostossa nykyisellään. Myös pientaloalueella kiinteistöllä viivyttämisellä olisi merkitystä, koska kiinteistöjen kattovesien määrä on suurin piirtein sama, kuin niiden pihamaan valunta. Näin olisi suositeltavaa tarkastella, olisiko uudisrakentamisen ja mittavimpien rakennuslupaa vaativien perusparannuksien yhteydessä mahdollista velvoittaa rakentamaan myös hulevesien viivytyks. Rakennusjärjestyksessä tai asemakaavassa voisi olla määritetty maksimi virtaama, jonka saa purkaa hulevesiverkoston. Lisäksi voisi velvoittaa kattovesien imeyttämisen, jos se maaperän vedenläpäisevyyden ja pohjaveden korkeuden puolesta on mahdollista.

Vettä läpäisevien päällysteiden käyttöä katualueella sekä niiden käyttäytymistä mm. roudan ja kunnossapidon suhteen pohjoisissa olosuhteissa tulisi tutkia lisää. Avoimen asfaltin veden läpäisevyys on jo suunnitteluarvollakin $200 \text{ l}/(\text{s} * \text{ha})$ on enemmän kuin mitoitussade, jolloin vähän liikennöidyillä katuosuuksilla koko katurakenteen käyttäminen hulevesien viivyttämisessä vähentäisi huleveden muodostumista merkittävästi. Tällöin yhden katuosuuden talvi-/ylivuotokaivoihin johdetut hulevedet voitaisiin purkaa keskitetysti huomattavasti nyt suunniteltuja pienempien hiekka- tai muiden suodattimien kautta hulevesiverkoston.

LÄHTEET

1. Hulevesiopas. Kuntaliitto. PDF-dokumentti. 2012. Saatavissa: <http://shop.kuntaliitto.fi/download.php?filename=uploads/hulevesiopas-2012.pdf> [viitattu 1.12.2019].
2. RT 103006 ohjekortti. Hulevesirakenteet. Rakennustieto Oy. 2018.
3. Inha, L. Hulevesien hallinta rakennetuilla alueilla. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. PDF-dokumentti. 2010. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/319469552_Hulevesien_hallinta_rakennetuilla_alueilla_Stormwater_Management_in_Built-up_Areas [viitattu 12.12.2019].
4. Haapalainen, J. & Valtanen, M. Oulun kaupunki, Hulevesien hallinnan suunnitteluohje. Ramboll Finland Oy. PDF-dokumentti. 2019. Saatavissa: https://www.ouka.fi/documents/64248/18592082/Hulevesiohjeet_Oulu_liitteinen_23052019_pieni.pdf [viitattu 10.1.2020].
5. Cederström, A. Suunnitteluinsinööri. Henkilökohtainen tiedonanto 16.4.2019. Mikkelin kaupunki, Infra-aluepalvelut. 2019.
6. Holt, E., Koivusalo, H., Korkealaakso, J., Sillanpää, N & Wendling L. VTT Technology 338. Filtration Systems for Stormwater Quantity and Quality Management, Guideline for Finnish Implementation. VTT. PDF-dokumentti. 2018. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2018/T338.pdf> [viitattu 15.1.2020].
7. Kling, T., Holt, E., Kivikoski, H., Korkealaakso, J., Kousa, H., Loimula, K., Niemeläinen, E. & Törnqvist, J. VTT Technology 201. Vettä läpäisevät päällysteet, Käsikirja suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. VTT. PDF-dokumentti. 2015. Saatavissa: https://www.vtt.fi/files/sites/class/D3_2_CLASS_WP3_Guidelines2015.pdf [viitattu 15.1.2020].
8. Declaration of Performance, Bontec TS 2. Oy ViaCon Ab. PDF-dokumentti. 2013. Saatavissa: http://www.viacon.fi/wp-content/uploads/2016/01/TS2_DoP.pdf [viitattu 10.2.2020].
9. Suoritustasoilmoitus, GEO PP TC105 Suodatinkangas KL2. Meltex Oy. PDF-dokumentti. 2013. Saatavissa: <https://www.meltex.fi/fi/lataa/8355> [viitattu 10.2.2020].
10. Korkealaakso, J., Kuosa, H., Niemeläinen, E. & Tikanmäki, M. Research report, Review of pervious pavement dimensioning, hydrological models and their parameter needs. State-of-the-Art. VTT. PDF-dokumentti. 2014. Saatavissa: https://www.vtt.fi/files/sites/class/D4_1_CLASS_WP4_SOTA_Dimensioning_and_Models.pdf [viitattu 16.1.2020].
11. Rinta-Hiiri, V. Läpäisevien päällysteiden käyttökokeuksia CLASS-pilottikohteissa. VTT. PDF-dokumentti. 2019. Saatavissa: https://betoni.com/wp-content/uploads/2019/10/6.-Ville-Rinta-Hiiri_-

[L%C3%A4p%C3%A4isev%C3%A4t-p%C3%A4%C3%A4lysteet-koke-
muksia-pilottikohteista.pdf](#) [viitattu 16.1.2020].

12. Tehokkaat ratkaisut hulevesien hallintaan. Uponor Oy. PDF-dokumentti. 2019. Saatavissa: <https://www.uponor.fi/UponorInternet/Direct-Download?did=E53BDE930A324A139E82DA65F795A6CD> [viitattu 12.1.2020].
13. Shaydakova, E. Elektroniikkatien paloasema, Hulevesien hallintasuunnitelma. Ramboll Finland Oy. PDF-dokumentti. 2019. Saatavissa: https://www.oukapalvelut.fi/tekninen/Suunnitelmat/Nayta_Liite.asp?ID=8534&Liite=Elektroniikkatie_paloasema_hulevesiselvitys_20191202.pdf [viitattu 14.1.2020].
14. On-site Stormwater Detention Tank Systems, Technical guide. Singapore Government. PUB Singapore's national water agency. PDF-dokumentti. 2019. Saatavissa: <https://www.pub.gov.sg/Documents/detentionTank.pdf> [viitattu 14.1.2020].
15. Ränä, K. Kaavoitusinsinööri. Sähköpostiviesti 27.9.2019. Mikkelin kaupunki. 2019.
16. Häkkinen, S. Suunnitteluavustaja. Sähköpostiviesti 21.8.2019. Mikkelin kaupunki. 2019.
17. Cederström, A. Suunnitteluinsinööri. Sähköpostiviesti 22.8.2019. Mikkelin kaupunki. 2019.
18. Pekansaari, V-V. Kaukolämpöinsinööri. Sähköpostiviesti 16.10.2019. Etelä-Savon Energia Oy. 2019.
19. Jaakola, H. Hulevesien hallinta mallintamalla. Tampereen teknillinen yliopisto. Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. PDF-dokumentti. 2015. Saatavissa: <https://dSPACE.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/23196/jaakola.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [viitattu 22.1.2020].
20. Orifice, Nozzle and Venturi Flow Rate Meters. The Engineering Toolbox. WWW-dokumentti. 2004. Saatavissa: https://www.engineeringtoolbox.com/orifice-nozzle-venturi-d_590.html [viitattu 2.3.2020].
21. Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. Tutki ja kirjoita. 19. painos. Helsinki: Tammi. 2014.
22. Mikkelin Pohjavesialueet. Etelä-Savon ELY-keskus. WWW-dokumentti. 2018. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/download/name/%7BF9942A14-7981-473C-98DE-EFC999E31044%7D/144359> [viitattu 12.12.2019].

Hulevesien hallintamenetelmien valintataulukko

Hulevesien hallintamenetelmät	Soveltuvuus										Priorisointi											
	Asuminen		Yleiset alueet		Palvelurakennukset		Kauppa- ja teollisuusalueet		Muit alueet		Soveltuun hyvin		Ensisijainen		Mikäläi 1. vaihtoehto ei ole mahdollista toteuttaa tai hallinta riittävää		Mikäläi 1. tai 2. vaihtoehto ei ole mahdollista toteuttaa tai hallinta riittävää		Ei soveltu		Ei suositella	
Hulevesien muodostumisen estäminen	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ¹	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
- läpäisevä päällyste	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ¹	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
- imeytysrakenne	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
- viherkatto ⁴	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ¹	+++ ^{1,2}	+++ ^{1,2}	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
Hulevesien viivytämien	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
- rakennettu allas	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
- lammikko	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
- viivytyspainanne	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
- maanalainen rakenne	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
- tulvaomnat, viivyttävät omnat	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
- tulvahallinta-alue	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
Hulevesien laadullinen hallinta	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
- kosteikko	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
- laskentusallas	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
- mekaaninen (hiekkä/sora) suodatusrakenne	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹
- biosuodatusrakenne	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹	+++ ¹

Huomioit

¹ Huomioitava pohjaveden pilaantumriski.

² Ei soveltu raskaasti liikennöidyille alueille.

³ Soveltuu ainoana menetelmänä vain puhtaille kattovesille.

⁴ Rakennetta voidaan käyttää tapauskohtaisesti.

Vedenläpäisevyyssmittaukset

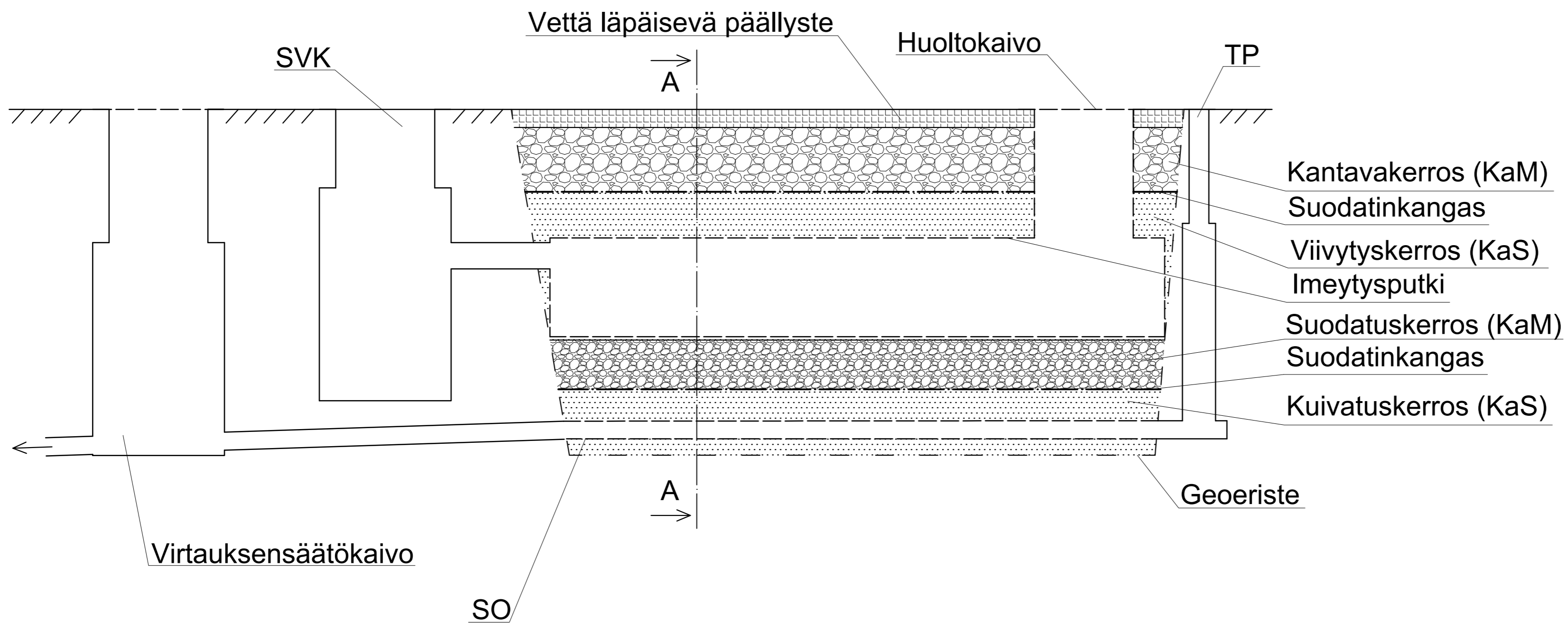
Tulokset



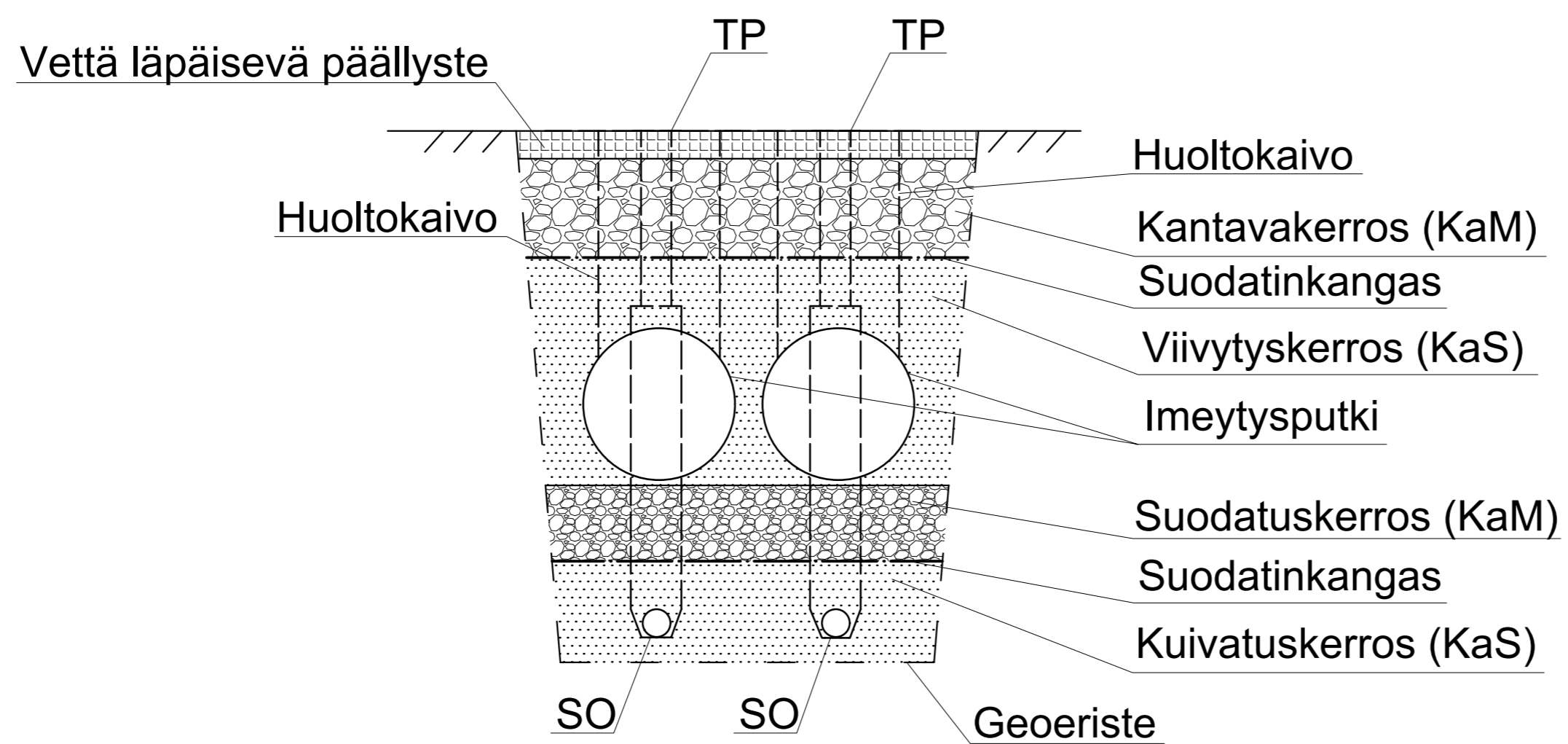
Kuninkaantammi			
	Vedenläpäisevyys [10^{-3} m/s]		
	4/2017	5/2018	6/2019
Läpäisevä betonikiveys	4,09 - 5,12	0,72 - 2,29	0,045 - 0,14
Avoin asfaltti 1-kerros	0,12 - 0,71	≈ 0 - 0,35	≈ 0 - 0,0075
Avoin asfaltti 2-kerros	0,14 - 0,98	≈ 0 - 0,063	≈ 0

Tikkaslaakso			
	Vedenläpäisevyys [10^{-3} m/s]		
	10/2016	5/2018	6/2019
Avoin asfaltti	0,75 - 1,50	0,069 - 1,20	0,015 - 0,56
Läpäisevä betoni	≈ 0 - 6,65	≈ 0 - 4,39	≈ 0 - 3,25
Betonikiveys & läpäisevä, sidottu sauma	0,28 - 0,55	0,12 - 0,75	0,014 - 0,34
Betonikiveys & läpäisevä sauma	7,57 - 9,14	7,52 - 8,78	5,85 - 7,32

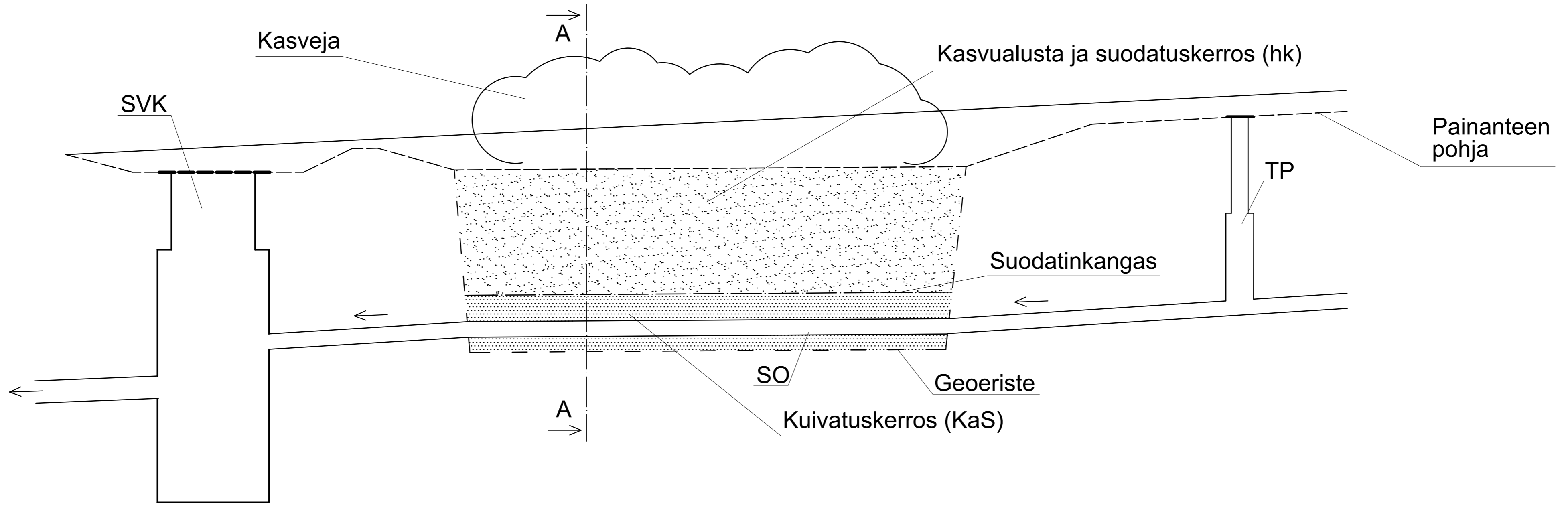
Päällyste	Vedenläpäisevyys, 10^{-3} m/s
Sidottu sauma VTT CLASS laboratorio (min.)	0,2
Sidottu sauma VTT CLASS laboratorio (max.)	0,6
Betonikiveys kivisaumoilla, kirjallisuus (min.)	1,1
Betonikiveys kivisaumoilla, kirjallisuus (max.)	14
Betonikiveys VTT CLASS, laboratorio (min.)	1,6
Betonikiveys VTT CLASS, laboratorio (max.)	3,1
Avoin asfaltti, kirjallisuus (min.)	0,1
Avoin asfaltti, kirjallisuus (max.)	3,5
Avoin asfaltti VTT (min.)	0,2
Avoin asfaltti VTT (max.)	0,6
Läpäisevä betoni, kirjallisuus (min.)	0,5
Läpäisevä betoni, kirjallisuus (max.)	12
Läpäisevä betoni VTT CLASS laboratorio (min.)	2,8
Läpäisevä betoni VTT CLASS laboratorio (max.)	5,4
Puhdistus viimeistään	0,07



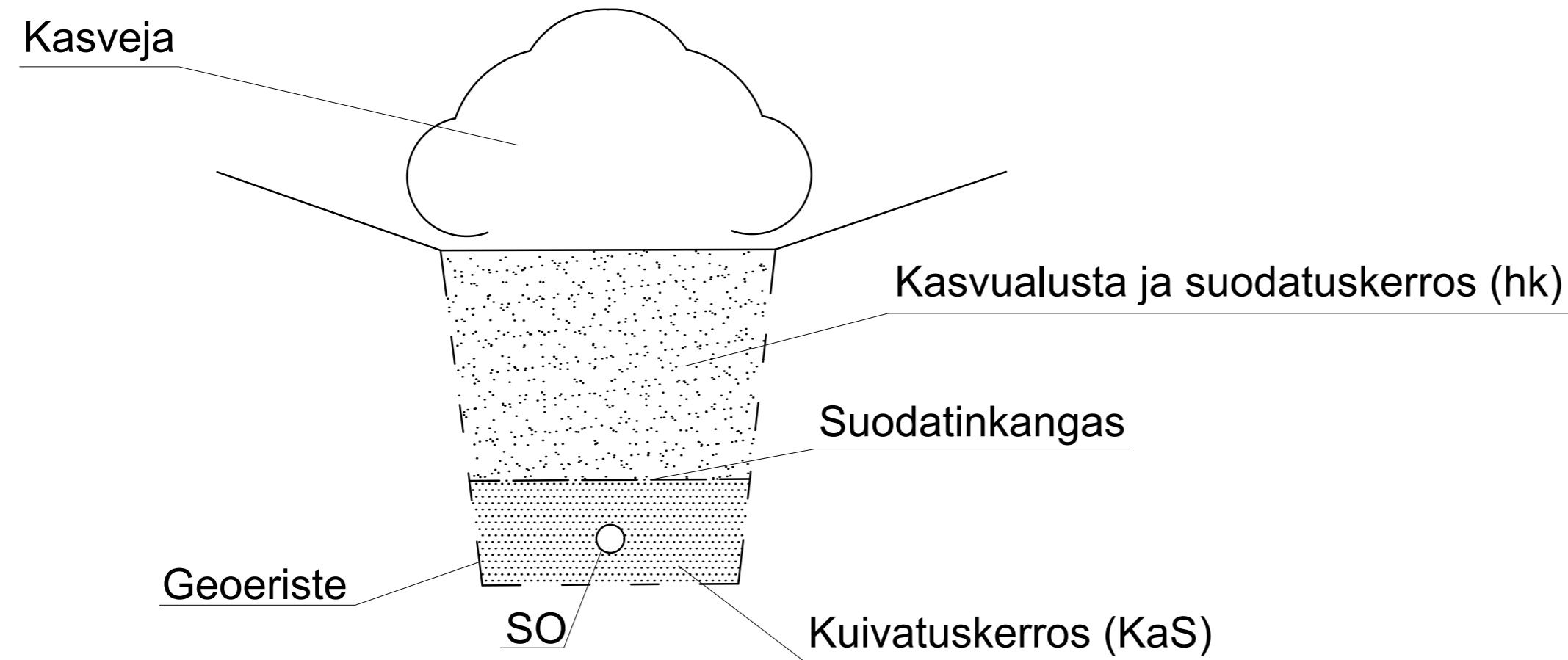
LEIKKAUS A - A



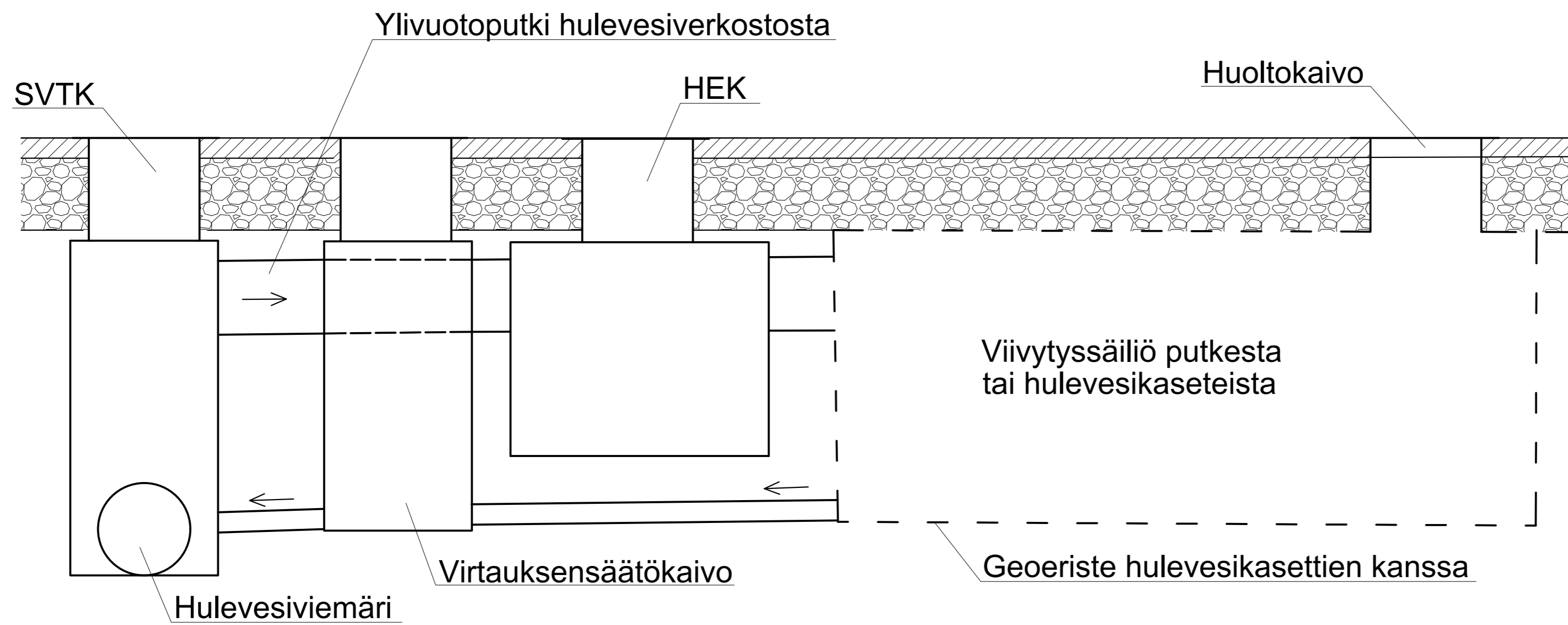
K.osa/kylä 6. Kirjala	Kortteli/Tila	Tontti/Rn:o	Viranomaisen arkistointimerkintöjä varten	
Rakennustoimenpide Hulevesiverkoston perusparannus	Piirustustyyppi Tyypipiirustus		Juoks. n:o	
Rakennuskohteen nimi ja osoite Kirjala 50130 Mikkeli	Piirustuksen sisältö Suunnitelmaluonnos Viivytykskaivanto		Mittakaavat 1:20	
VHT			Työ 2020 001	Piir. TYP001
Piirt. JMyy	Suunn. JMyy	Hyv.	Pvm. 11.3.2020	



LEIKKAUS A - A



K.osa/kylä 6. Kirjala		Kortteli/Tila	Tontti/Rn:o	Viranomaisen arkistointimerkintöjä varten	
Rakennustoimenpide Hulevesiverkoston perusparannus		Piirustuslaji Tyypipiirustus		Juoks. n:o	
Rakennuskohteen nimi ja osoite Kirjala 50130 Mikkeli		Piirustuksen sisältö Suunnitelmaluonnos Imeytyspainanne/ sadepuutarha		Mittakaavat 1:20	
		VHT		Työ 2020 001	Piir. TYP003
Piirt. JMyy	Suunn. JMyy	Hyv.	Pvm. 11.3.2020		



K.osa/kylä 6. Kirjala		Kortteli/Tila	Tontti/Rn:o	Viranomaisen arkistointimerkintöjä varten	
Rakennustoimenpide Hulevesiverkoston perusparannus			Piirustuslaji Tyypipiirustus		Juoks. n:o
Rakennuskohteen nimi ja osoite Kirjala 50130 Mikkeli			Piirustuksen sisältö Suunnitelmaluonnos Viivytyssäiliö		Mittakaavat 1:20
			VHT		Työ 2020 001
					Piir. TYP002
Piirt. JMyy	Suunn. JMyy	Hyv.	Pvm. 11.3.2020		

VALUMA-ALUEET KATUOSUUKSITTAIN

Katu Pientaloalue	Väliltä	Pinta-alat, m ²						
		Kiin- teistöt	Raken- nukset	Kiint. Pihat	Puistot yms.	Katu- alueet	yht.	
1	Sammonkatu 1	Otavakadun pää	4078	1020	3059	3093	2062	9233
2	Sammonkatu 2	Nuijam.kadun pää	3070	768	2303	2783	2376	8229
3	Nuijamiestenkatu 1	PEK-SMK	5206	1754	3452		1800	7006
4	Sariolankatu	Sammonk. - Untamonk.	3986	997	2990	875	2230	7091
5	Pellervonkatu		10983	2746	8237		1661	12644
6	Nuijamiestenkatu 2	UNK-PEK	5345	1336	4009		1642	6987
7	Sariolankatu	ainonk.- Otavank.	4709	1177	3532		1114	5823
8	Sariolankatu	Vedenjakaja-Nuijam.k.	2748	953	2061		482	3230
9	Sariolankatu	Ainonk.-vedenjakaja	2301	575	1726		498	2799
10	Vipusenkatu 1	Nuijam.kadun pää	10418	2605	7814		1596	12014
11	Vipusenkatu 2	Ainonk.-vedenjakaja	6756	1689	5067		1321	8077
12	Ainonkatu 1	SARK-Vipusenk.	1865	466	1399		865	2730
13	Ainonkatu 2	Vipusenk.-Jukolank.	1660	415	1245		771	2431
14	Ainonkatu 3	Nuijam.k.-jukolank.	1421	355	1066		754	2175
15	Jukolankatu 1	NMK-AIK	8898	2225	6674		1360	10258
16	Jukolankatu 2	Ainonk.-louhenk.	9475	2369	7106		1438	10913
17	Sariolankatu	Untamonk. - Louhenk.	851	213	638	567	1101	2519
18	louhenpuisto		1051	263	788	5601	1063	7715
19	Vipusenkatu 3	Vedenjakaja-Louhenk. 2	4738	1185	3554		1318	6056
20	Louhenkatu	Sariolank. Pää	4678	1170	3509		2496	7174
21	Louhenkatu	Nuijam.k. pää	2086	522	1565		1336	3989
22	Nuijamiestenkatu 5	JÄK-LOK	7127	1782	5345	5760	2815	15702
23	Nuijamiestenkatu 4	LOK-KAK	5874	1469	4406		2066	7940
24	Kalervonkatu		13931	3483	10448		2085	16016
25	Nuijamiestenkatu 3	KAK-UNK	5456	1364	4092		1745	7201
26	Untamonkatu	SARK-NMK	13942	3486	10457		2139	16081
27	Hevosmiehenkatu 1	SAMK-UNK	4774	1632	3142		2842	7616
28	Hevosmiehenkatu 2	HMP-UNK	4638	1160	3479		2872	7510
29	Untamonkatu	NMK-HMK	1508	377	1131		721	2229
Teollisuusalue							yht.	219388
30	Sammonkatu 3	Hevosmiehenk.-Jääkärint.		0	0	561	2039	2600
31	Jääkärintatu 1	Sammonkadun pää	15016	3914	11102	489	1600	17105
32	Jääkärintatu 2	Rungosta oikealle	3361	0	2429	4834	899	9094
33	Jääkärintatu 3	Nuijamiestenk. Pää	11432	4423	7009	2716	3122	17270
34	Jääkärintatu 4	Rungosta vasemmalle	6101	1052	5049	5219	1755	13075
35	Teollisuuskatu 1	Jääkärint. - Yrittäjänk.		0	0		1681	1681
36	Yrittäjänkatu 1	Teollisuusk. Pää	4925	1767	3158		1224	6149
37	Yrittäjänkatu 2	teollisuusk. Vedenjakaja	19313	6314	12999		2494	21807
38	Teollisuuskatu 2	Yrittäjänk. - mutka	5743	1977	3766		2104	7847
39	Teollisuuskatu 3	Länsisavo -mutka	9482	2249	7233		2856	12338
40	Yrittäjänkatu 3	Vedenjakaja - Pel.lait. Ajotie	5075	2275	2800		695	5770
41	Yrittäjänkatu 4	Sammonk. Pää	8972	2370	5326		1147	10119
42	Sammonkatu 3	Jääkärint. - Yrittäjänk.	3476	2933	3108		5234	8710
43	Sammonkatu 4	Yrittäjänk. - Teollisuusk.			0	614	3247	3861
44	Teollisuuskatu 4	Sammonkadun pää	9615	2929	6686		2173	11788
							yht.	137426

PINTAVALUNTA JA VIIVYTYSTARVE MITOITUSSATEEN AIKANA

Mitoitussade 1/10 a, 15 min.	187	l/(s*ha)
Sadetapahtuman kesto	900	s

Pientaloalue Katu\ valuntakerroin C	Valuma mitoitus- sateen aikana, m ³					Virtaama, HV-viemärit				Viivytystarve (Q _{val.} + Q _{tul.} - Q _{pur.})	
	Katu 0,9	Piha 0,3	Katto 1	Puisto 0,5	Yht. vval.	Q _{v,t} l/s	Q _{tul.} m ³	Q _{v, p} l/s	Q _{pur.} m ³	V _{viiv} m ³	V _{viiv, alue yht.} m ³
1 Sammonkatu 1	31	15	17	26	90	0	0	101	91	-1	65
2 Sammonkatu 2	36	12	13	23	84	101	91	121	109	66	
3 Nuijamiestenkatu 1	27	17	30	0	74	121	109	0	0	183	345
4 Sariolankatu	34	15	17	7	73	0	0	81	73	0	
5 Pellervonkatu	25	42	46	0	113	81	73	0	0	186	
6 Nuijamiestenkatu 2	25	20	22	0	68	0	0	102	92	-24	
7 Sariolankatu	17	18	20	0	55		0	61	55	0	177
8 Sariolankatu	7	10	16	0	34		0	38	34	0	
9 Sariolankatu	8	9	10	0	26	38	34	66	60	0	
10 Vipusenkatu 1	24	39	44	0	107		0	119	107	0	
11 Vipusenkatu 2	20	26	28	0	74		0	82	74	0	
12 Ainonkatu 1	13	7	8	0	28	329	296	163	147	177	
13 Ainonkatu 2	12	6	7	0	25	163	147	0	0	172	190
14 Ainonkatu 3	11	5	6	0	23		0	0	0	23	
15 Jukolankatu 1	21	34	37	0	92	0	0	107	96	-5	
16 Jukolankatu 2	22	36	40	0	98	107	96	71	64	130	130
17 Sariolankatu	17	3	4	5	28		0	31	28	0	84
18 louhenpuisto	16	4	4	47	72		0	80	72	0	
19 Vipusenkatu 3	20	18	20	0	58	0	0	64	58	0	
20 Louhenkatu	38	18	20	0	75	175	158	166	149	84	
21 Louhenkatu	20	8	9	0	37	224	202	166	149	89	243
22 Nuijamiestenkatu 5	43	27	30	48	148	166	149	159	143	154	
23 Nuijamiestenkatu 4	31	22	25	0	78	159	143		0	221	196
24 Kalervonkatu	32	53	59	0	143		0	187	168	-25	
25 Nuijamiestenkatu 3	26	21	23	0	70	187	168		0	238	182
26 Untamonkatu	32	53	59	0	144	95	86	317	285	-56	
27 Hevosmiehenkatu 1	43	16	27	0	86		0		0	86	149
28 Hevosmiehenkatu 2	44	18	20	0	81		0		0	81	
29 Untamonkatu	11	6	6	0	23	317	285	363	327	-18	

PINTAVALUNTA JA VIIVYTSTARVE MITOITUSSATEEN AIKANA

Mitoitussade 1/10 a, 15 min.	187	l/(s*ha)
Sadetapahtuman kesto	900	s

Teollisuusalue Katu\ valuntakerroin C	Valunta mitoitus- sateen aikana, m ³					Virtaama, viemärit				Viivytystarve (Q _{val.} + Q _{tul.} - Q _{pur.})	
	Kadu 0,9	Pihat 0,9	Katto 1	Puisto 0,5	yht.	q _v l/s	Q m ³	q _v l/s	Q m ³	Q _{viiv} m ³	Q _{viiv, alue yht.} m ³
30 Sammonkatu 3	31	0	0	5	36		0	40	36	0	
31 Jääkärintäti 1	24	159	66	4	253	40	36	117	105	183	
32 Jääkärintäti 2	14	35	0	41	89		0		0	89	
33 Jääkärintäti 3	47	100	74	23	245		0	85	77	168	
34 Jääkärintäti 4	27	72	18	44	160	562	506	450	405	261	702
35 Teollisuuskatu 1	25	0	0	0	25		0		0	25	
36 Yrittäjänkatu 1	19	45	30	0	93		0		0	93	
37 Yrittäjänkatu 2	38	186	106	0	330		0	86	77	253	372
38 Teollisuuskatu 2	32	54	33	0	119	86	77	66	59	137	
39 Teollisuuskatu 3	43	103	38	0	185	481	433	513	462	156	293
40 Yrittäjänkatu 3	11	40	38	0	89	439	395	421	379	105	105
41 Yrittäjänkatu 4	17	76	40	0	133	0	0		0	133	
42 Sammonkatu 3	79	44	49	0	173		0	151	136	37	171
43 Sammonkatu 4	49	0	0	5	54	262	236		0	290	
44 Teollisuuskatu 4	33	96	49	0	178	513	462	532	479	161	451

VIIVYTYSJÄRJESTELMÄT

Pientaloalue Katu	Valuma mitoitus- sateen aikana ilman kattovesiä m ³	Viivytystarve / suunnitellut järjestelmät (Qval. + Qtul. - Qpur.)				toteutunut viivytys	
		Vviiv Tarve m ³	Vviiv, suun. Pinta/kaiv. m ³	Vviiv, suun. Säiliöt	Vviiv, suun. Siirretty	Erotus Siirto, - m ³	Huomautukset - merkillä
1 Sammonkatu 1	73	-1	65				
2 Sammonkatu 2	71	66	66				
	Yhteensä	65	131	0	0	-66	Nuijamiesten.(3)
3 Nuijamiestenka	45	183			66		
4 Sariolankatu	56	0		50			
5 Pellervonkatu	67	186	67	165			sis. 2000 B kaivon
6 Nuijamiestenka	45	-24					
	Yhteensä	345	67	215	66	-3	Untamonkatu (26)
7 Sariolankatu	35	0	35				
8 Sariolankatu	18	0	17				
9 Sariolankatu	16	0	15				
10 Vipusenkatu 1	64	0	64				
11 Vipusenkatu 2	46	0	46				
12 Ainonkatu 1	20	177	16				
	Yhteensä	177	193	0	0	-16	Ainonkatu (13)
13 Ainonkatu 2	18	172	16		16		
14 Ainonkatu 3	17	23	16				
15 Jukolankatu 1	54	-5	54	86			
	Yhteensä	190	87	86	16	1	
16 Jukolankatu 2	58	130	58	72			säiliö 68 m ³ KLV alla
	Yhteensä	130	58	72	0	0	
17 Sariolankatu	25	0	35				+ Louhenk. pohj. Pää
18 louhenpuisto	67	0					
19 Vipusenkatu 3	38	0	38				
20 Louhenkatu	56	74			0		
	Yhteensä	74	73	0	0	1	
21 Louhenkatu	28	89		126			sis. 1600 B kaivo
22 Nuijamiestenka	118	154	118				
	Yhteensä	243	118	126	0	0	
23 Nuijamiestenka	54	221		111	0		
24 Kalervonkatu	84	-25	84				
	Yhteensä	196	84	111	0	0	
25 Nuijamiestenka	47	238		96			
26 Untamonkatu	85	-56	85		3		
	Yhteensä	182	85	96	3	-1	

27 Hevosmiehenkatu	59	86	53				
28 Hevosmiehenkatu	61	81	61				
29 Untamonkatu	17	-18		33	1		sis. 1600 B kaivo
Yhteensä		149	114	33	1	0	

Teollisuusalue Katu	Valuma mitoitus- sateen aikana ilm- kattovesiä, m ³	Viivytystarve / suunnitellut järjestelmät (Q _{val.} + Q _{tul.} - Q _{pur.})				toteutunut viivytys	
		Vviiv Tarve m ³	Vviiv, suun. Pinta/kaiv. m ³	Vviiv, suun. Säiliöt m ³	Vviiv, suun. Siirretty m ³	Erotus m ³	Huomautukset Siirto, - merkillä
30 Sammonkatu 3	36	0		36			
31 Jääkärintie 1	187	183	34	147			
32 Jääkärintie 2	89	89	0	92			
33 Jääkärintie 3	170	168	168				
34 Jääkärintie 4	143	261	139	86			
Yhteensä		702	341	361	0	0	

35 Teollisuuskatu 1	25	25		84			
36 Yrittäjänkatu 1	64	93	64				
37 Yrittäjänkatu 2	224	253	224				
Yhteensä		372	287	84	0	0	

38 Teollisuuskatu 2	86	137		139			
39 Teollisuuskatu 3	147	224	147	75			sis. Kaivot
Yhteensä		361	147	214	0	0	

40 Yrittäjänkatu 3	51	105		105		0	
41 Yrittäjänkatu 4	94	133	103				
42 Sammonkatu 3	124	37	67				
Yhteensä		171	170	0	0	0	

43 Sammonkatu 4	54	290	54				
44 Teollisuuskatu 4	129	161	121	276			
Yhteensä		451	175	276	0	0	

Viivytysskerroksen vesitilavuus, m ³ / 1 m			
Kaivannon leveys 1600 mm			
Viivytysskerroksen paksuus, mm	Pelkkä Sepeli C = 0,4	Lisäksi imeytysputki 2x600 mm	Lisäksi imeytysputki 1200 mm
400	0,26		
500	0,32		
600	0,38		
700	0,45	0,79	
800	0,51	0,85	
900	0,58	0,92	
1000	0,64	0,98	
1100	0,70	1,04	
1200	0,77	1,11	1,45
1300	0,83	1,17	1,51
1400	0,90	1,24	1,57
Rakenne, suodatus ja kuivatuskerroksen h = 900 mm, vesitilavuus, m ³ / 1 m			0,58

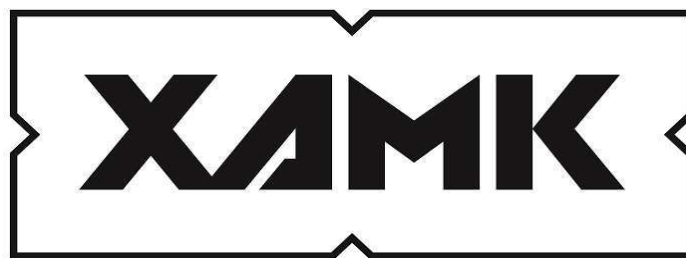
Viivytysskerroksen vesitilavuus, m ³ / 1 m				
Kaivannon leveys 2100 mm				
Viivytysskerroksen paksuus, mm	Pelkkä Sepeli C = 0,4	Lisäksi imeytysputki 2x600 mm	Lisäksi imeytysputki 3x600 mm	Lisäksi imeytysputki 1200 mm
500	0,42			
600	0,50			
700	0,59	0,93	1,10	
800	0,67	1,01	1,18	
900	0,76	1,10	1,26	
1000	0,84	1,18	1,35	
1100	0,92	1,26	1,43	
1200	1,01	1,35	1,52	1,69
1300	1,09	1,43	1,60	1,77
1400	1,18	1,52	1,68	1,85
Rakenne, suodatus ja kuivatuskerroksen h = 900 mm, vesitilavuus, m ³ / 1 m				0,76

Viivytyserroksen vesitilavuus, m ³ / 1 m				
Kaivannon leveys 2400 mm				
Viivytyserroksen paksuus, mm	Pelkkä Sepeli C = 0,4	Lisäksi imeytysputki 2x600 mm	Lisäksi imeytysputki 3x600 mm	Lisäksi imeytysputki 1200 mm
500	0,48			
600	0,58			
700	0,67	1,01	1,18	
800	0,77	1,11	1,28	
900	0,86	1,20	1,37	
1000	0,96	1,30	1,47	
1100	1,06	1,40	1,56	
1200	1,15	1,49	1,66	1,83
1300	1,25	1,59	1,76	1,93
1400	1,34	1,68	1,85	2,02
Rakenne, suodatus ja kuivatuskerroksen h = 900 mm, vesitilavuus, m ³ / 1 m				0,86

Hulevesikasetti, m ³ / 1,2 m							
p 1200 x l 600 x k 420							
Hyötytilavuus / kpl 285 l							
Riviä	Kerroksia						leveys, mm
	1	2	3	4	5	6	
1	0,285	0,57	0,855	1,14	1,425	1,71	600
2	0,57	1,14	1,71	2,28	2,85	3,42	1200
3	0,855	1,71	2,565	3,42	4,275	5,13	1800
4	1,14	2,28	3,42	4,56	5,7	6,84	2400
5	1,425	2,85	4,275	5,7	7,125	8,55	3000
korkeus, mm	420	840	1260	1680	2100	2520	

Putken viivytystilavuus	
ds	m ³ / 1 m
600	0,28
800	0,50
1000	0,79
1200	1,13
1400	1,54
1600	2,01
1800	2,54
2000	3,14
2200	3,80
2400	4,52





Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Hei, olen talotekniikan opiskelija Kaakkois-suomen ammattikorkeakoulusta ja teen opinnäytetyönä Mikkelin kaupungille selvitystä Kirjalan alueen hulevesiverkoston (sadevesiverkosto) parantamisesta.

Olisin kiitollinen, jos pystyisitte vastaamaan työhöni liittyvään pieneen kyselyyn, joka löytyy alla olevasta linkistä, vastaamiseen menee aikaa muutama minuutti, kysely on avoinna 1.9.2019 saakka.

Terveisin Jani Myyryläinen

Linkki kyselyyn: tiny.cc/kirjalanhulevesi

QR-koodi kyselyyn:





Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Kirjalan hulevesikysely

1. Onko Kirjalan alueen hulevesien hallinnassa mielestänne ongelmia?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

2. Jos vastasit kohtaan 1 kyllä, kuvaile havaitsemanne ongelma ja sen sijainti tähän. (max. 300 merkkiä)

300 merkkiä jäljellä

3. Arvioi edellä mainitsemanne ongelman haittavaikutus teille.

- Ei haittaa ongelmasta huolimatta
- Haitta on vähäinen
- Haitta on kohtalainen
- Haitta on suuri
- En osaa sanoa aiheuttaako ongelma haittaa

Asuinkaduilla hulevesien hallintaan voisi hyödyntää erilaisia maanalaisia rakenteita, joihin vesi johdetaan ajoradan ja kiinteistön rajan väliseltä alueelta. Nämä yhdessä niihin liittyvien pintarakenteiden kanssa soveltuvat hulevesien puhdistamiseen roskista ja selkeyttämiseen ennen niiden purkamista verkoston

kautta vesistöön.

4. Jos tällainen järjestelmä rakennettaisi asuinkadullesi, mikä seuraavista olisi teille mieluisin vaihtoehto ajoradan ja kiinteistön rajan väliseksi rakenteeksi, voit valita halutessasi useamman vaihtoehdon.

Oja/painanne, josta vesi viivytetään imeyttämällä hulevesiverkoston. Ojassa on mm. vesikasvillisuutta ja tarvittaessa pieniä patorakenteita veden virtausta hidastamassa tasaisemman imeytymisen vuoksi, tällä ratkaisulla on myös hyvä vaikutus pois johdettavan veden laatuun.

Ajoradan levennys kiinteistön rajalle, pinnoitus vettäläpäisevällä materiaalilla esim. reikäkivellä, tässä vesi johdetaan maanalaiseen viivyyssrakenteeseen. Aluetta voisi käyttää mm. kadunvarsipysäköintiin.

Nurmikaista ojalla/painanteella, josta vesi viivytetään imeyttämällä hulevesiverkoston.

Ei mikään näistä.

5. Vapaa sana kysymyksen 4 vaihtoehtoihin liittyen, voit myös jättää tähän oman ehdotuksesi kyseiseen kiinteistön rajan ja ajoradan väliseen alueeseen liittyen. (max. 300 merkkiä)

300 merkkiä jäljellä

Uusissa sekä rakennusluvan vaativissa remontoitavissa kohteissa Ympäristöministeriön asetuksen 1047/2017 mukaan viivyttäminen ja imeyttäminen on ensisijainen hulevesien hallintakeino ennen kunnalliseen verkostoon johtamista.

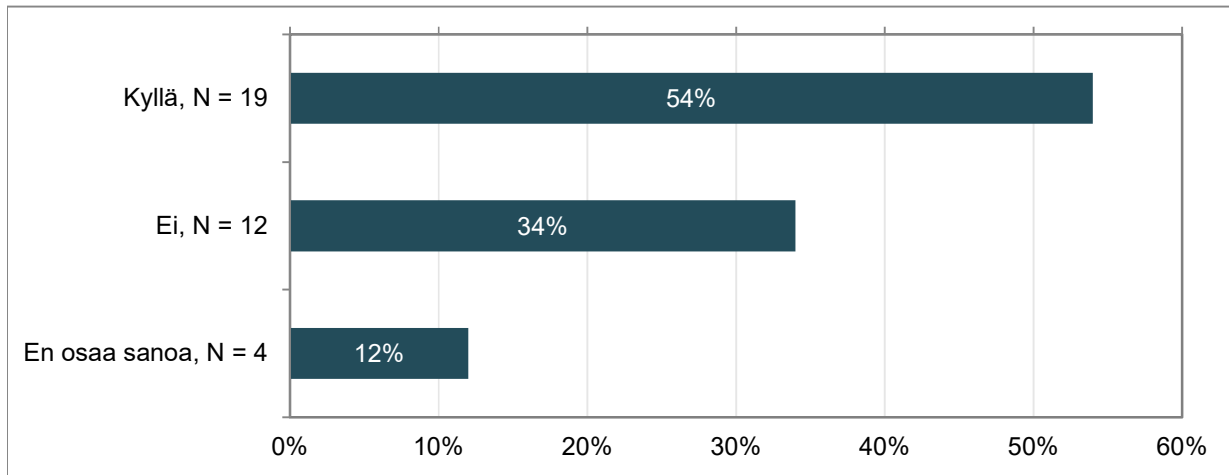
6. Jo olemassa olevilla kiinteistöillä hulevesien viivyttäminen olisi mahdollista esim. ohjaamalla ja varastoimalla sadevesiä mm. puutarhan kasteluun tai rakenteellisilla ratkaisuilla ennen hulevesiverkoston johtamista, valitse seuraavista vaihtoehdoista se, joka kuvastaa parhaiten mahdollisuuksiasi/halukkuuttasi viivyttää sadevettä kiinteistöllä?

En halua viivyttää sadevesiä kiinteistöllä.

Voisin ehkä harkita viivyttämistä kiinteistöllä.

Kyllä voisin viivyttää / viivyttän jo sadevesiä kiinteistöllä.

1. Onko kirjalan alueen hulevesien hallinnassa mielestänne ongelmia?



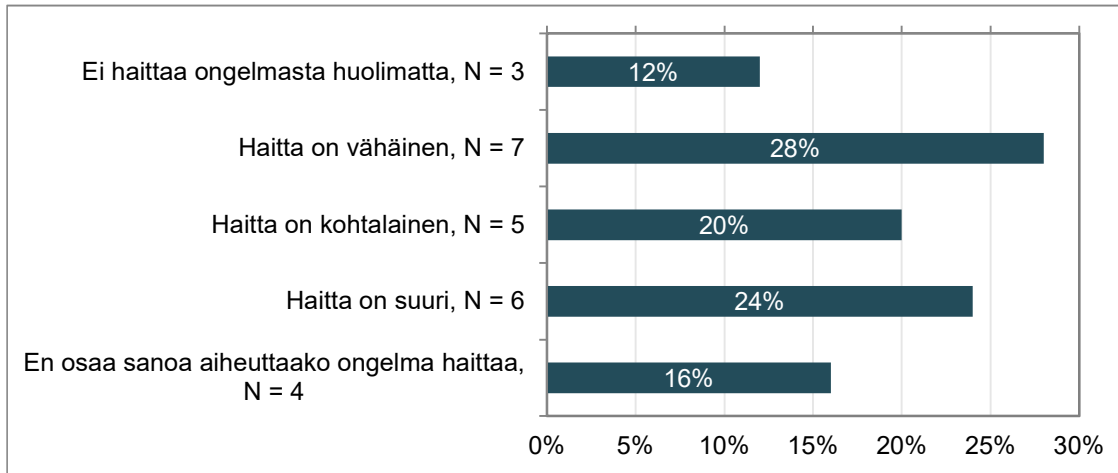
	n	Prosentti
Kyllä	19	54,28 %
Ei	12	34,29 %
En osaa sanoa	4	11,43 %

2. Jos vastasit kohtaan 1 kyllä, kuvailkaa havaitsemanne ongelma ja sen sijainti tähän. (max. 300 merkkiä)

Vastaukset 20 kpl.

- 1 Nuijamiestenkadun ja Untamonkadun risteyksen sadevesiviemäri ei kestä rankkasateita, mikä johtaa kadun tulvimiseen ja vesien työntymisen kellareihin.
- 2 Nuijamiestenkatu tulvii silloin tällöin Sammonkadun risteyksen länsipuolella risteyksessä. En muista kadun nimeä.
- 3 Sateella vedet valuu tietä pitkin eikä valu viemäriin.
- 4 Viemäriverkoston on niin korkealla, että salaojavedet on pumpattava viemäriin ja joka talon kulmalla on oma pumppaamo.
- 5 Esim. Sariolankatu loppu osalla. Viemäroinnin korkeus, liian korkealla. Ei saa riittävää kaatoa tontin alaosaan.
- 6 Kovilla sateilla vesi nousee kadulle sekä menee salaojaputkia myöten talojen alakertaan
- 7 Rankkasateiden aikana vesi kohoaa kuntakaivossa niin, että vesi virtaa takaisin tontin kokoojakaivoon. Vedenpinta voi kaivossa nousta yli metrin pallopadotusventtiilin yläpuolelle. Vaikka talon omistaja vastaa tontillaan rakenteiden kunnosta, kaupungin tulisi taata myös kuntaverkon toimivuus.
- 8 Nuijamiestenkadun ja Louhenkadun risteyksen viemärit eivät jaksavat vetää rankkimmilla sateilla. Vesi ei kuitenkaan yleensä tule kadun reunakiveyksen yli, vaan valuu Nuijamiestenkatua alaspäin. Ongelmaa on myös keväällä sulamisvesien aikaan, kun viemäriaukot ovat jään alla.
- 9 sadevesikaivot eivät vedä riittävästi Nuijamiestenkadun ja Pellervonkadun risteyksessä; toistuvia tulvimistilanteita on ollut
- 10 Rankkasateella vesi kertyy lammikoiksi asti kadulle. 50cm ollut, jonka jälkeen vesi virtaa pihaan ja kellariin. Talon kohdalla kolme kaivoa mitkä eivät kerkeä imemään vettä, mitä tulee kolmesta suunnasta katuja pitkin.
- 11 Pellervon- ja Nuijamiestenkadun risteyksessä sijaitseva sadevesikaivo ei suuremmilla sateilla ehdi siirtää tarvittavaa vesimassaa pois. Tämä tulvii jopa naapureiden pihaan.
- 12 Tulvinta teille kovien sateiden aikana. tulvinta keväällä sulamisvesien kanssa.
- 13 Kadut tulvivat, jos sataa enemmän kerralla. Järjestelmän kapasiteetti on reilusti alimitoitettu ja pullonkauloja esiintyy kokooma-alueilla. Vesi tulvii myös tämän takia taloihin aiheuttaen toistuvasti vahinkoja kiinteistöille näiden omasta varautumisesta huolimatta.
- 14 Runsaiden sateiden aikana/jälkeen Nuijamiesten kadun viemärit eivät ehdi vetää kaikkea sadevettä vaan kadulle kertyy vesilammikoita.
- 15 Kovalla sateella vesi yleensä tulvii Pellervonkadun ja Nuijamiestenkadun risteyksen tienoilla. Kun roskaa on liikkeellä sadeveden mukana, roskat tukkivat sadevesiviemäreitä helposti myös muissa Nuijamiestenkadun risteyksissä Kirjalan alueella.
- 16 Kaivojen kansien puhdistaminen roskista kuuluu tontin haltijalle. Usein ne kuitenkin ovat täynnä roskaa joten vesi nousee usein kadulle kymmeniä senttejä.
- 17 Joskus kun tulee paljon vettä, niin viemärit ei jaksavat vetää. Meillä joku vuosi sitten kaupungin viemäristä tuli niin kova vastapaine, että se löi takaiskuventtiilin rikki ja vedet tuli sisälle alakertaan.
- 18 Kovalla vesisateella ei sadevesiviemärit vedä tarpeeksi hyvin.. syntyy tulvia
- 19 oman kiinteistön kellari ei ole (vielä) kastunut kertaakaan, joten siltä osin olen tyytäväinen. En tosin tiedä avikuttaako hulevesiverkosto siihen.
- 20 Huleviputkisto on liian korkealla, talojen hulevedet eivät mene putkistoon.(johtuu ainakin Louhenkatu-hevosmiehenkatu putkiristeilystä, muustakin. Ota yhteyttä Xxxxx XXXXXXXXXXXX, dipl ins. ,0001231234

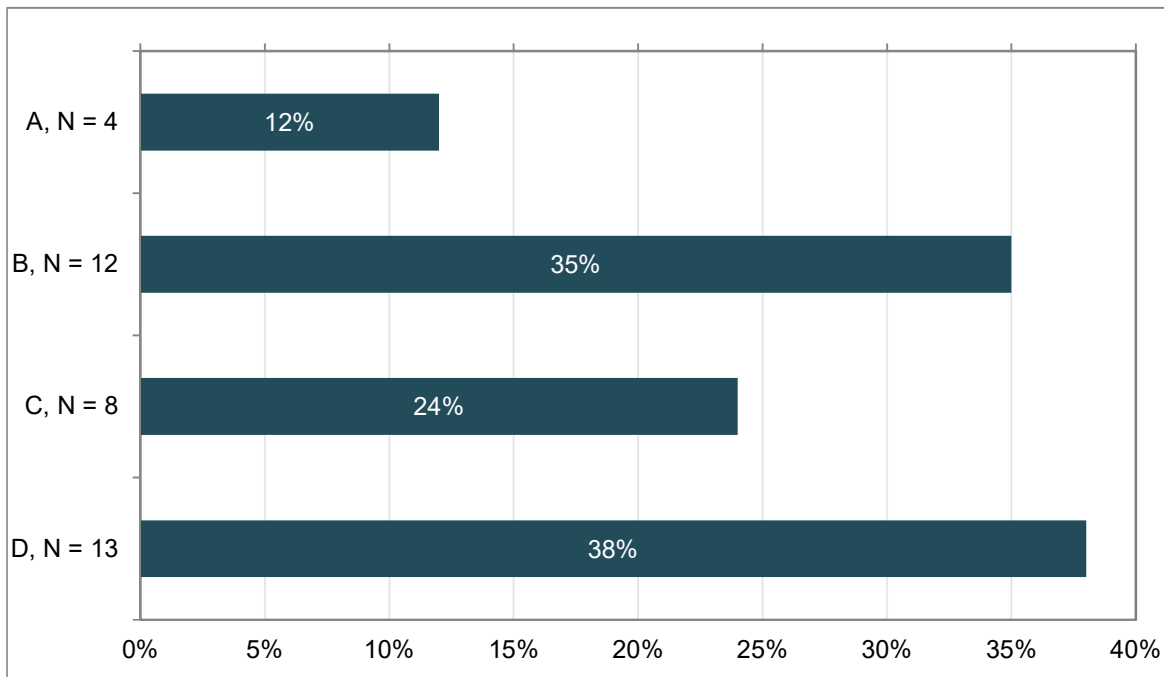
3. Arvioikaa edellä mainitsemanne ongelman haittavaikutus teille.



	n	Prosentti
Ei haittaa ongelmasta huolimatta	3	12,0 %
Haitta on vähäinen	7	28,0 %
Haitta on kohtalainen, N = 5	5	20,0 %
Haitta on suuri, N = 6	6	24,0 %
En osaa sanoa aiheuttaako ongelma haittaa	4	16,0 %

4. Jos tällainen järjestelmä rakennettaisi asuinkadullesi, mikä seuraavista olisi teille mieluisin vaihtoehto ajoradan ja kiinteistön rajan väliseksi rakenteeksi, voit valita halutessasi useamman vaihtoehdon.

Vastaajien määrä 34, valittuja vastauksia 37.



Kysymys	n	Prosentti
Oja/painanne, josta vesi viivytetään imeyttämällä hulevesiverkoston. Ojassa on mm. vesikasvillisuutta ja tarvittaessa pieniä patorakenteita veden virtausta hidastamassa tasaisemman imeytymisen vuoksi, tällä ratkaisulla on myös hyvä vaikutus pois johdettavan veden laatuun.	4	11,76 %
Ajoradan levennys kiinteistön rajalle, pinnoitus vettäläpäisevällä materiaalilla esim. reikäkivellä, tässä vesi johdetaan maanalaiseen viivyyssrakenteeseen. Aluetta voisi käyttää mm. kadunvarsipysäköintiin.	12	35,29 %
Nurmikaista ojalla/painanteella, josta vesi viivytetään imeyttämällä hulevesiverkoston.	8	23,53 %
Ei mikään näistä.	13	38,24 %

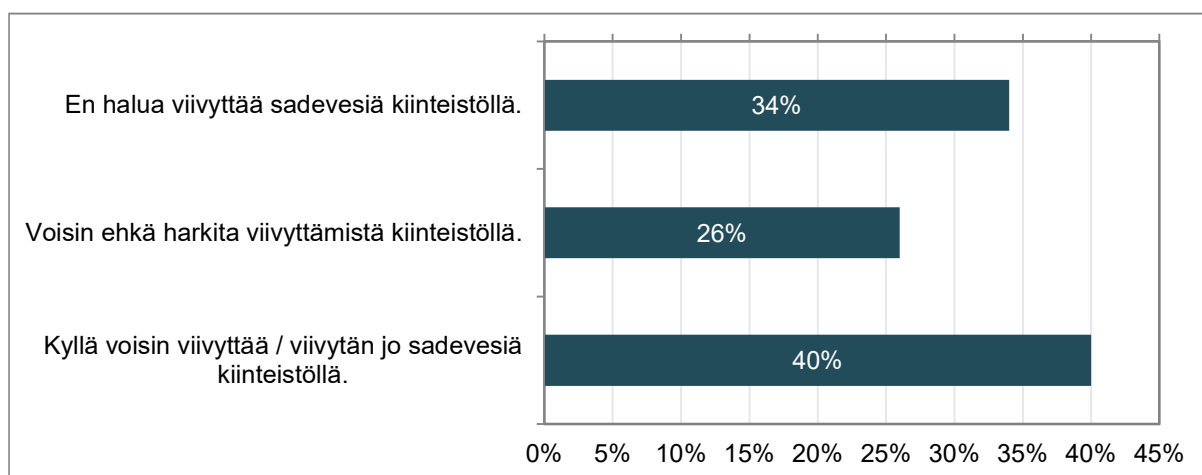
Vapaa sana kysymyksen 4 vaihtoehtoihin liittyen, voit myös jättää tähän oman ehdotuksesi kyseiseen kiinteistön rajan ja ajoradan väliseen alueeseen liittyen. (max. 300 merkkiä)

Vastaukset 12 kpl.

- 1 Asumme risteysalueella, jossa toisella puolella on jalkakäytävä ja vihialue ja toisella puolella vihialue kiinteistön ja ajoradan välissä. Mitään ojaa emme missään tapauksessa halua, muuten on vaikea ottaa kantaa vaihtoehtoihin vain sanallisen kuvailun perusteella.
- 2 Meillä on jo ajoradan levennys kiveyksellä jolloin vesi pysyy kadulla
- 3 Kartta hulevesiverkostosta olisi mielenkiintoista nähdä, koska esim meillä on sadevesikaivo tontin reunalla, noin 15 m kadusta. Jos sinulla on kartta olemassa, olisiko se mahdollista saada, sähköposti alla. Xxxx Xxxxxxxx Xxxxxxxx@xxxxx.com 0001231234
- 4 Sariolankadulla näiltä osin asia ok.
- 5 Ei todellakaan ole ollut viimeisen 25 vuoden aikana mitään ongelmia sadevesien kanssa. Säästetään kaupungin vähäiset käyttövarat vaikkapa mahdollisen lumen auraukseen.
- 6 Hevosmiehenkadulla hulevesiviemeri on liian korkealla ja halkasjaltaan liian pieni
- 7 Louhenkadun itä-laidan koivut estävät kahden ensimmäisen vaihtoehdon. Jo ennen loppukesän tulvia tulisi kuntaverkon riittävä pumppauskapasiteetti varmistaa ja alueen hulevesiin liittyvät tonttikohdaiset tarpeet selvittää käymällä paikalla ja kirjaamalla puutteet kuulemalla asukkaita ja toimimalla!
- 8 Sadevesiä tulee katua pitkin pitkistä matkaa ja Nuijamiestenkadussa on notkelma mihin vesi kerääntyy aiheuttaen tulvia. Kaupungin runkolinja ei kerkeä tuota määrää poistamaan. Eikä vesi imeydy nurmialueeseen tarpeeksi nopeasti vaan tulvi talon seinälle asti.
- 9 Jos vesimassa viivytetään maahan, onko vaarana paikan pohjaveden hetkellinen nousu? Tämän hetkinen pohjaveden tila on riippuvainen allekirjoittaneen salaojapumpusta. Rankemmilla sateilla jopa nyt vesi nousee kellariin joihinkin kohtiin. Viivyterakenne täytyisi olla tiivis pumppaamo.
- 10 Salaoja laitettu Ainonkadulle sadevesikaivoon 1997 katuremontin yhteydessä. Salaoja rakennettu tonttien rajalle 2018.
- 11 Tie tavallaan levenee ja helpottaa liikennettä, hyöty erityisesti talvella.
- 12 Kirjalan ongelma on, että pohjavesi on niin pinnassa, ettei maaperä pysty imeyttämään hulevesiä. Pohjavesi on esim Hevosmiehenkatu 19 kohdalla n 1m paanpinnasta. Pohjavesi joutuu nykyisin useissa paikoissa salaojaputkin kautta hulevesiviemäriin. Hevosmiehenkadulla, Nuijamiestenkadulla ja muilla lähik

6. Jo olemassa olevilla kiinteistöillä hulevesien viivyttäminen olisi mahdollista esim. ohjaamalla ja varastoi-
malla sadevesiä mm. puutarhan kasteluun tai rakenteellisilla ratkaisuilla ennen hulevesiverkoston
johtamista.

Valitse seuraavista vaihtoehdoista se, joka kuvastaa parhaiten mahdollisuuksiasi/halukkuuttasi viivyttää
sadevettä kiinteistöllä?



	n	Prosentti
En halua viivyttää sadevesiä kiinteistöllä.	12	34,29 %
Voisin ehkä harkita viivyttämistä kiinteistöllä.	9	25,71 %
Kyllä voisin viivyttää / viivytän jo sadevesiä kiinteistöllä.	14	40 %