



Tampereen kaupunki

Kantakaupungin hulevesi- ja vesistötulvaselvitys

101018201-003

ID-numero: 6905497

26.6.2023

Sisältö

1	Tiivistelmä	2
2	Johdanto.....	2
2.1	Tausta, tavoitteet ja rajaukset	2
3	Menetelmät ja käytetyt lähtöaineistot	5
3.1	Järvien tulvakorkeudet.....	5
3.1.1	Keskivedenpinnan ja keskiyliveden määrittäminen	5
3.2	Hulevesiverkostomallinnus	6
3.2.1	Valuntamalli	6
3.2.2	Verkoston eheytyminen	9
4	Järvien pinnankorkeudet ja tulva-alueet.....	12
5	Puro- ja norotulvat sekä valtaojien tulvat	15
6	Hulevesitulvat.....	17
6.1	Simuloinnit	17
6.2	Tulokset tavanomaisessa rankkasadetilanteessa	17
6.3	Tulokset harvinaisessa rankkasadetilanteessa.....	17
6.4	Tulvareitit.....	18
6.5	Päävirtausreitit	19
6.6	Hulevesitulvien hallinta	19
7	Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet.....	21
8	Lähteet.....	23

Raporttihistoria

Julkinen raportti, alkuperäinen versio. Laatijat Terhi Renko, Antti Harju, Elmiira Papinniemi. Tarkistetaan ja hyväksytty 26.6.2023 Terhi Renko.

1 Tiivistelmä

Tässä selvityksessä tarkasteltiin Tampereen kantakaupungin järvien tulvakorkeuksia sekä arvioitiin eri sateen toistuvuuksilla todennäköisiä rankkasadetulvia perustuen kantakaupungin alueelle tehtyyn hulevesiverkoston virtausmallinnukseen ja tulvamallinnukseen.

Järvien tulvakorkeuksien perusteella pystyttiin havaitsemaan nykyisiä tulvariskikohteita sekä nostamaan esiin tulevan maankäytön kannalta huomioon otettavia alueita. Rankkasadetulvan osalta esitettiin nykyiset tulvaherkät kohteet, joiden tulvariskit tuotiin esiin.

Työssä laadittu verkostomalli mahdollistaa jatkossa suunniteltavien hulevesijärjestelmän muutosten vaikutuksien arvioimista mallintamalla ennen kohteiden toteutusta.

2 Johdanto

2.1 Tausta, tavoitteet ja rajaukset

Tampereen kaupungin hulevesiohjelma ja valuma-alue selvitys on laadittu viimeksi vuonna 2012 ja hulevesiohjelman ja valuma-alue selvityksen päivitys käynnistettiin vuonna 2022. Käynnistyneen kantakaupungin vaiheyleiskaavan 2021–2025 laadinnan myötä tunnistettiin tarve myös tulvaselvitykselle, jossa kartoitetaan vesistö- ja hulevesitulvan todennäköisyyksiä ja niiden vaikutusten laajuutta.

Tampereen kaupungin kestävän energian ja ilmaston toimintasuunnitelmassa (SECAP 2019) tunnistettiin merkittävimmit paikallisiksi ilmatoriskeitä rankkasateet ja niihin liittyvät hulevesitulvat sekä myrskyt. Ilmastonmuutos, maankäytön tiivistyminen sekä biodiversiteetin- ja vesiensuojelun sekä ekosysteemipalveluiden tarve ovat johtaneet siihen, että hulevesien hallintaa on välttämätöntä ajatella kokonaisvaltaisemmin ja pitkäjänteisemmin kuin vain hulevesien johtamisena ja käsittelemisenä, jotta toimenpiteitä tehdään riittävästi tulevaisuutta ajatellen. Tähän liittyy olennaisena osana hulevesi- ja vesistö tulvien selvittäminen.

Tampereen kantakaupungin alueelle määritettiin järvien tulva-alueet. Järvistä valittiin mukaan Pyhäjärvi ja Näsijärvi, sekä ne järvet, joilta kaupunki on tehnyt viime vuosina veden pinnankorkeuden mittauksia, ja näiden lisäksi muutama pienempi kantakaupungin järvi. Seuraavassa on listattu ne järvet, joille kartat laadittiin (kuva 1):

- Pyhäjärvi
- Näsijärvi
- Tohloppi
- Vaakkolammi
- Tesomajärvi
- Peltolammi
- Särkijärvi
- Lahdesjärvi
- Suolijärvi
- Vuoreksenlammi
- Koukkujärvi
- Virolainen
- Pieni-Virolainen
- Hervantajärvi
- Ahvenisjärvi
- Kaukajärvi
- Isolammi
- Iidesjärvi
- Pahalampi

- Likolammi
- Alasjärvi
- Toritunjärvi
- Niihamajärvi
- Pikkulampi (Tohlopin pohjoispuolella)
- Sorsalampi
- Hautalampi
- Halimasjärvi



Kuva 1. Järvet, joille mahdolliset tulva-alueet määritettiin, on esitetty kartassa tummansinisellä.

Hankkeen aloitusaikataulusta johtuen tulva-alueet on laadittu vuoden 2016 maanpinnan keilausaineiston pohjalta ja sitä on täydennetty MML:n 2017 vuodelta olevalla aineistolla. Tämä työn tuloksissa on sen vuoksi joitakin epätarkkuuksia suhteessa 2022 keilausaineistoon.

3 Menetelmät ja käytetyt lähtöaineistot

3.1 Järvien tulvakorkeudet

3.1.1 Keskivedenpinnan ja keskiyliveden määrittäminen

Seuraaville kantakaupungin järville ja lammille tehtiin keskivedenpinnan määrittäminen:

- Pyhäjärvi ja Näsijärvi
 - lähtötietona aiemmin määritetty keskiveden- ja keskiylivedenpintaa sekä säännöstelyrajat
- Tohloppi, Vaakkolampi, Tesomajärvi, Peltolampi, Särkijärvi, Lahdesjärvi, Suolijärvi, Vuoreksenlampi, Koukkujärvi, Virolainen, Pieni-Virolainen, Hervantajärvi, Ahvenisjärvi, Kaukajärvi, Isolampi, Iidesjärvi, Pahalampi, Likolampi, Alasjärvi, Toritunjärvi, Niihamajärvi, Pikkulampi (Tohlopin pohjoispuolella), Sorsalampi, Hautalampi, Halimasjärvi
 - lähtötietona 2017–2022 mitatut järvien pinnankorkeudet sekä maastokartan ja virastokartan keskivesipinta-arviot.

Tampereen kaupunki on mitannut 24 järvestä vedenpintoja 2017–2022 välisenä aikana neljästi vuodessa. Näille järville, joista oli riittävästi pinnanmittaustietoa, määritettiin keskivesi ja keskiylivesi mittausten perusteella. Mittaustiedot, pois lukien selvästi virheelliset tiedot, on esitetty taulukossa 3.

On syytä huomata, että järvien vedenpinnan korkeudet saattavat muuttua etenkin, jos niistä purkavia uomia muutetaan, perataan tai niihin rakennetaan jonkinlaisia kynnyksiä tai rakenteita. Toisaalta yläpuolisen uoman muutokset voivat myös vaikuttaa pinnankorkeuksiin. Tämä tulisi aina ottaa uomiin suunniteltavissa muutoksissa huomioon.

Lopuille järivistä, joista ei ollut pinnanmittaustietoa, määritettiin keskivesi maastokartasta tai kantakartasta, ja määritettiin järvien tulva-alueet

tietyillä laserkeilausaineistoon suhteutetuilla vedenpinnankorkeuksilla. Karttaesitykset laadittiin ESRI ArcGIS-ohjelmistolla.

3.2 Hulevesiverkostomallinnus

Tampereen kaupungin hulevesijärjestelmä koostuu hulevesiviemäreistä ja avo-ojista. Hulevesijärjestelmästä laadittiin hydraulinen simulointimalli, joka perustuu alueen hulevesijärjestelmän rakenteellisiin lähtötietoihin. Mallinnus tehtiin käyttämällä Fluidit Storm -mallinnusohjelmaa. Työssä on käytetty ETRS-GK-24-tasokoordinaatistoa ja N2000-korkeusjärjestelmää.

Tässä raportissa on kuvattu valuntamallin ja hydraulisen simulointimallin laadinta ja mallinnuksen tulokset. Valuntamallilla tarkasteltiin pienvaluma-alueetasolla hulevesijärjestelmään kulkeutuvien hulevesien määrää. Hydraulisella simulointimallilla taas analysoitiin hulevesiviemäröintijärjestelmän toimintaa.

3.2.1 Valuntamalli

Valuntamallilla määritettiin pienvaluma-alueilla syntyvien ja hulevesijärjestelmään kulkeutuvien hulevesien määrä. Sateesta muodostuvan valunnan määrään vaikuttavat esimerkiksi pintamateriaalit, varastotilavuudet, imeytyminen, maaperän kaltevuus sekä sääolosuhteet. Valuntamallin lähtötietoina käytetään läpäisemättömän pinnan osuutta (pintavaluntakerroin), alkuhäviötä ja valunnan viivettä, joka kuluu pintavalunnan virtaamisessa keräilyjärjestelmään. Viiveeseen vaikuttaa esimerkiksi valuma-alueen muoto ja korkeussuhteet.

Pienvaluma-aluejako laadittiin paikkatietomenetelmin Tampereen kaupungin verkostoille. Laadittu valuntamalli kattaa hulevesiverkostoalueen. Valuma-alueet luotiin kaivokohtaisesti niille verkostotietojärjestelmässä olleille kaivoille, joiden omistaja oli Tampereen kaupunki. Valuma-alueita ei tehty kaupungin omistuksessa oleville salaojaverkoston kaivoille. Valuma-alueita ei luotu yksityisessä omistuksessa oleville verkostoille. Maastomallina käytettiin 1 metri x 1 metri kokoon harvennettua Tampereen kaupungin aineistoa. Aineistoa laajennettiin kunnan rajoilla puuttuvilta osin Maanmittauslaitoksen 2 metriä x 2 metriä maastomallilla. Valuntamallin tulokset ovat lähtötietoa hulevesiverkostomallinnukselle.

Mallinnuksen tarkkuudessa on huomattavaa, että kun maanpinnan korkeusmallin tarkkuustaso on 1 metri x 1 metri, ei pystytä mallinnuksessa ottamaan huomioon esim. katujen reunakiveyksiä ja muita pieniä kynnyksiä tulvareiteillä. Tarkastelun tarkkuustaso on riittävä yleiskaavatasolla, mutta paikallisissa yksityiskohtaisemmissa tarkasteluissa on malliin syytä päivittää tarkastelualueelle tarkempi korkeusmalli ja sen pohjalta muodostuvat yksityiskohtaisemmat valuma-alueet.

Pienvaluma-alueiden pintavaluntakertoimien määrittämisessä käytettiin hyväksi Tampereen kantakaupungin maanpeiteaineistoa (2020). Aineistoa täydennettiin puuttuvilta osin Copernicus Soil Sealing -aineistolla (2018 tilanne). Soil Sealing -aineistoa muokattiin vastaamaan Tampereen maanpeiteaineistoa 33 pienen konsultin valitseman koepalan perusteella. Koepaloista määritettyjen suhteiden pohjalta luodut korjauskertoimet on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 1. Soil Sealing -aineiston korjauskerroin eri keskimääräisillä läpäisemättömyyksillä (%)

Läpäisemättömyys	Korjauskerroin Soil Sealing -aineistolle
0–1	4,4
1–10	2,6
10–20	1,8
20–30	1,5
30–40	1,3
40–50	1,2
50–70	1,1
70–100	1,0

Aineistoista laskettiin läpäisemättömän pinnan osuus. Valuntakerroin määritettiin kertomalla saatuja arvoja kertoimella 0,7. Arvo perustuu havaintoihin useista kalibroiduista valuntamalleista.

Pintavaluntakertoimen lisäksi valunnan voimakkuuteen ja määrään vaikuttavat mallissa mm. seuraavat ominaisuudet:

- valuma-alueen pinta-alan ja valuntareitin pituuden suhde (Width)
- valuma-alueen pituuskaltevuus (Slope)
- Läpäisevän ja läpäisemättömän pinnan karkeuskerroin (Manning Pervious/Impervious)
- Läpäisevän ja läpäisemättömän pinnan painannesäilyntä (Depth Pervious/Impervious)
- Imeytymiseen liittyvät parametrit

Osalle yllä mainituista parametreistä käytettiin vakioarvoja tarkempien tietojen puuttuessa sekä suuren tarkastelualueen takia. Nämä eivät konsultin kokemuksen mukaan aiheuta merkittävää virhettä mallinnukseen. Näille parametreille käytettiin seuraavia oletusarvoja

- Slope = 1,0 (%)
- Manning Pervious = 0,1
- Depth Pervious = 2
- Depth Impervious = 0,5

Muut valuntaan vaikuttavat tekijät ja niiden määrittäminen on kuvattu seuraavassa:

- Width: Valuma-alueille laskettiin paikkatietomenetelmin pisin valuntareitti (length). Length-arvon avulla mallinnusohjelma laskee width arvon kaavalla $area / length = width$.
- Manning Impervious: Läpäisemättömän pinnan virtausvastus määritettiin läpäisemättömän pinnan osuuden perusteella. Säädöllä korjattiin etenkin isojen, vähän läpäisemättömää pintaa sisältävien valuma-alueiden valuntaa. Korjaus tasoittaa valuntapiikkiä harvempaan rakennetuilla alueilla, joissa viipymää tulee esimerkiksi kadun ojista. Käytetyt arvot olivat seuraavat:

Taulukko 2. Manningin läpäisemättömän pinnan virtausvastus suhteessa läpäisemättömyyteen (%)

Läpäisemättömyys	Manningin läpäisemättömän pinnan virtausvastus
<10	0,15
10–20	0,10
20–30	0,06
30–40	0,04
40–50	0,03
50–100	0,02

3.2.2 Verkoston eheytytys

Verkkotietojärjestelmän verkostoaineisto ei sellaisenaan sovellu mallinnettavaksi, vaan sitä tulee eheyttää ja karsia. Puutteet ja selvät virheet korjattiin verkostoon seuraavilla periaatteilla.

Verkostosta on karsittu pois kaikkein pienimmät putket sekä irrallisia pieniä verkostonosia. Verkostosta karsittiin pois tyypiltään salaojiksi ja tonttijohdoiksi luokitellut putket, sekä sellaiset putket, joiden käyttötila on hylätty. Malli sisältää kaksi hulevesipumppaamaa, joiden tuotot on arvioitu paineviemärin perusteella niin, että virtausnopeus putkessa on 1 m/s.

Verkkotietoaineistossa oli puutteita, joita on korjattu seuraavassa esitetyillä oletuksilla.

- Putken koko
 - Viiksimputket: oletettu halkaisija 200 mm (muovi)
 - Putkilinjan keskellä olevat putket: oletettu viereisen putken halkaisija
 - Ojien rummut: oletettu halkaisija 1000 mm (betoni)

- Putken korkotiedot
 - Verkkotietoaineistossa korkotiedot on annettu putkien päille. Puuttuva korko on korjattu antamalla putken päälle samaan kaivoon liittyvien toisten putkien alin korko. Jos yhdelläkään kaivoon liittyvistä putkista ei ole korkoa, liittyvien putkien korot on interpoloitu ympäröivien korkojen avulla. Mikäli korkoja ei ole pystytty interpoloimaan, oletettiin putkien vietoksi 0,005 m/m. Osa koroista on tarkasteltu käsin.
- Putkien virtaussuunta
 - Alkuperäisessä aineistossa on ollut paljon väärällä virtaussuunnalla merkittyjä putkia (virtaussuunta -1). Näiden osalta verkosto on tuotu malliin käänteisesti, jolloin niiden virtaussuunta on väärä, mutta putken päät oikeissa paikoissa (x1, y1, z1, x2, y2, z2)
- Kaivojen pohjien korot
 - Verkstomallissa kaivon pohjalle on annettu kaivoon liittyvän alimman putken korko, aineiston käsittelyn helpottamiseksi.
- Kaivojen kannen korot
 - Kaivojen kansien korot tuotiin verkostotiedoista. Kaivojen, joilta puuttui kannen korkeustieto, korko päivitettiin Maanmittauslaitoksen korkeusmallista
 - Fluiditin luomille haamukaivoille asetettiin oletussyvyudeksi kaksi metriä tulosten analysoinnin helpottamiseksi. Haamukaivojen kansien korot ovat siis Invert Elevation +2 metriä. Oletus lisää jonkin verran verkoston kokonaistilavuutta, mutta vaikutus kokonaistuloksiin jää hyvin pieneksi.
 - Osa puutteellisista kansista sijaitsi alueilla, joissa maastomalli oli rakentamattoman alueen ajalta. Näitä oli tyypillisesti kaivot, joiden syvyys oli 0–1 metriä. Näille asetettiin "Surcharge depth" arvo 1,0 metriä, jolloin kaivo tulvii vasta kun vesipinta ylittää kaivon kannen annetun arvon verran.

- Avo-ojat
 - Mallissa on käytetty ojille teoreettista poikkileikkausta seuraavilla tyyppipoikkileikkauksilla:
 - Teoreettinen oja: trapetsoidi, pohjan leveys 2,0 metriä ja luiskien kaltevuus 1:1
- Järvet ja hulevesialtaat
 - Järvien ja hulevesialtaiden tilavuudet määritettiin Fluiditin työkalulla, määrittäen pinta-ala tietyille korkeuksille. Järvistä ja hulevesialtaista lähtevien ojien purkautumisprofiilia ei ole määritetty tarkemmin. Mallissa oja lähtee järven keskiveden tasolta.
 - Hulevesialtaista osalle määritettiin käsin karkea pinta-ala tietyille syvyyksille.

Mallissa on käytetty erilaisia "tageja" (Tags), joilla on pyritty kuvaamaan kohteelle (putki, kaivo, purku, ym.) tehtyjä oletuksia. Mallissa on säilytetty putkien ja kaivojen Trimble-ID-elementtiedot siten, että ne ovat uudelleen yhdistettävissä Trimble-aineistoihin.

4 Järvien pinnankorkeudet ja tulva-alueet

Pyhäjärvelle, Näsijärvelle sekä 24 pienemmälle järvelle määritettiin keskivesitilanteen (MW) ja keskiylivesitilanteen (MHW) tulva-alueet (Taulukko 3).

Taulukko 3. Järville määritetyt pinnankorkeudet

Järven nimi (P=pinnanmittaus 2018–2022)	Maasto- kartan keskivesi	Vedenpinnan mittausten 2018–2022 keskiarvo	Vedenpinnan mittausten 2018–2022 maksimi	Vedenpinnan mittausten 2018–2022 maksimi +25 cm
Ahvenisjärvi (P)	140,83	140,75	140,89	141,14
Alasjärvi (P)	102,73	102,88	102,98	103,23
Halimasjärvi (P)	109,43	109,46	109,65	109,90
Hervantajärvi (P)	115,43	115,23	115,5	115,75
Iidesjärvi (P)	77,83	78,36	78,52	78,77
Isolammi (P)	87,23	87,22	87,31	87,56
Kaukajärvi (P)	88,83	88,68	88,85	89,10
Koukkujärvi (P)	126,63	126,40	126,51	126,76
Särkijärvi/ Lahdesjärvi (P)	115,43	115,19	115,47	115,72
Likolammi (P)	103,73	103,42	103,55	103,80
Makkarajärvi (P)	123,93	123,37	123,57	123,82
Mustalammi (P)	79,59 ^{A)}	79,59	79,96	80,21
Pahalampi (P)	81,13	82,64	82,93	83,18
Peltolammi (P)	105,13	105,20	105,36	105,61
Pieni Virolainen (P)	118,83	118,85	119,00	119,25

Järven nimi (P=pinnanmittaus 2018–2022)	Maasto- kartan keskivesi	Vedenpinnan mittausten 2018–2022 keskiarvo	Vedenpinnan mittausten 2018–2022 maksimi	Vedenpinnan mittausten 2018–2022 maksimi +25 cm
Suolijärvi (P)	115,43	115,14	115,50	115,75
Tesomajärvi (P)	126,63	126,36	126,48	126,73
Tohloppi (P)	105,03	105,48	105,63	105,88
Toritunjärvi (P)	102,83	102,89	103,01	103,26
Vaakkolampi (P)	83,23	83,33	83,45	83,70
Virolainen (P)	118,93	119,02	119,10	119,35
Vähäjärvi (P)	78,43	78,19	78,42	78,67
Niihamanjärvi	96,43	-	96,63 ^{B)}	96,88
Sääksjärvi	110,23	-	110,43 ^{B)}	110,68
Vuoreksenlampi	120,83	-	121,03 ^{B)}	121,28
Sorsalampi	99,7 ^{C)}	-	99,90 ^{B)}	100,15
Pyhäjärvi	77,53	-	77,67	D)
Näsijärvi	95,93	-	95,93	D)
Sorilanlampi (P)	96,13	-	96,33 ^{B)}	96,58

A) Keskivesi mittausten 2018-22 keskiarvona, ei tietoa maastokartassa

B) Vedenpinnan mittausten 2018-2022 maksimin sijaan +20 cm keskivedestä, ei mittaustietoa

C) Keskivesi virastokartasta, ei tietoa maastokartassa

D) Ei määritetty maksimitilannetta säännöstelyrajojen vuoksi

Lisäksi kaikille kaupungin alueen järville määritettiin tulva-alueet.

Maastokartan mukaisen keskivedenpinnan lisäksi on esitetty mahdollisina tulva-alueina Tampereen kaupungin 2018–2022 tekemiin pinnankorkeusmittauksiin pohjautuvat hetkelliset mittausajankohtien

maksimivesipinnat. Vedenpintatietojen perusteella laadittiin myös arvio maksimivesipinnoista, joka oli 25 senttimetriä korkeampi vedenpinta kuin hetkellisten mittausten maksimit. Korkeus perustuu mitatuista vedenpinnoista tehtyyn asiantuntija-arvioon. Mitatut ylimmät pinnat olivat keskimäärin noin 20 senttimetriä korkeammat kuin keskivesi. Keskiveteen nähden arvioitiin siis noin 20 senttimetrin ja 25 senttimetrin vedennousut. Karttoja, joissa esitettäisiin tätä suurempia vedenkorkeuksia, ei laadittu, sillä näin harvinaisia vedenkorkeustilanteita ei tarkasteltu työssä.

Järvien tulvatilanteille määritettiin välitön tulva-alue, johon vesi nousee kyseisellä pinnankorkeudella lyhytaikaisessa tulvatilanteessa (esimerkiksi maanpinta, hulevesiviemärit, ojat). Laajempia järvitulvia voi pinnankorkeustarkastelujen perusteella esiintyä rakennetuilla alueilla lähinnä Iidesjärven itäpäässä, Kaukajärven länsipuolella, Alasjärven länsipuolella, Toritunjärven itäpäässä sekä Makkarajärven länsipuolella. Näiden toistuvuutta ei voitu tarkasti määrittää lyhyen mittaussarjan perusteella.

5 Puro- ja norotulvat sekä valtaojien tulvat

Puroja ja noroja ei ole mallinnettu työssä yksityiskohtaisesti, vaan ne on sisällytetty viitteellisesti oletuspoikkileikkauksina hulevesiverkostomalliin tarpeellisin osin. Näin pienten luonnonuomien yksityiskohtainen mallintaminen vaatisi merkittäviä mittauksia eri virtaustilanteissa, eivätkä ne itsessään ole ratkaisevia tulvatilanteiden kannalta, paitsi Iidesjärven laskuoja Viinikanoja, jonka kapasiteetilla on merkittävä rooli Iidesjärven tulvimiseen.

Pienvesiselvityksen, valuma-alue selvityksen lähtötietojen tai analyysien pohjalta ei tunnistettu laajoja purojen, norojen ja ojien tulva-alueita, joilla veden alle jäisi kiinteistöjä tai merkittävää infrastruktuuria. Merkittäviä eroosiovaurioita ja eroosiohaittoja kuitenkin tunnistettiin useammassa uomassa. Nämä johtuvat osaltaan pitkän aikaa vähä vähältä lisääntyneestä hulevesimäärästä, mutta myöskin rankkasateiden äärevöitymisen myötä kasvavista ylivirtaamista. Jatkuva uoman luontaisen kantokyvyn ylittävä vesimäärä aiheuttaa uoman monimuotoiselle geomorfologialle, ja sen myötä luonnontilaisuudelle ja ekologiselle, merkittäviä riskejä. Eroosion myötä kiintoainesta sekä siihen sitoutuneita ravinteita ja haitta-aineita kulkeutuu myös purkuvesistöihin heikentäen osaltaan niiden tilaa. Vesipuidedirektiivin tavoitteena on vesistöjen hyvä ekologinen tila vuoteen 2027 mennessä.

Riskejä uoman monimuotoisuuden säilymiselle on tunnistettu etenkin Myllypuron Natura2000-alueella Vihnusjärven valuma-alueella, jossa tapahtuu merkittävää rakentamista jatkuvasti, eikä alueelle ole tehty viime vuosina kokonaistarkastelua hulevesihaittojen vähentämiseksi. Kasvat virtaamat tulevat aiheuttamaan uomassa ja sen luontoarvoissa mahdollisesti pysyviä muutoksia, mikäli ei tehdä toimenpiteitä virtaaman hallitsemiseksi.

Riskejä kohdistunee tulevaisuudessa myös Viinikanojan valuma-alueella etenkin Ritaojan ja Vuohenojan vesimäärille, koska valuma-alueelle on tulossa runsaasti uusia rakennettavia alueita sekä jonkin verran tiivistysrakentamista. Uomaa on kunnostettu kalaston tarpeisiin, ja Iidesjärven ja Viinikanojan alue on tunnistettu luontoarvoiltaan merkittäviksi ja Viinikanoja hot-spot-alueeksi. Kasvat hulevesivirtaamat uomiin lisäävät eroosiota ja heikentävät uoman geomorfologisia

ominaisuuksia ja veden laatua, mikäli ei tehdä toimenpiteitä virtaaman hallitsemiseksi. Hienoaineksen kulkeutuminen veden mukana heikentää kalaston elinympäristöä.

6 Hulevesitulvat

6.1 Simuloinnit

Hulevesiverkostomalli ajettiin 10, 20, 30 ja 60 minuutin mittaisilla kerran kolmessa ja kerran 50 vuodessa toistuvilla mitoitussateilla. Mitoittava sateen kesto riippuu valuma-alueen koosta, ja nämä olivat soveltuvat sateenkestot mallia varten määritetyille valuma-alueille. Mitoitussateiden muotona käytettiin ns. laatikkosadetta, ja intensiteettinä arvot, jossa on otettu huomioon ilmastonmuutoksen vaikutus +20 %. Simulointien keston takia mallin laskenta-aika asetettiin sateen kestosta riippuen 1,5–2,5 tuntiin. Laskenta-aika riittää hulevesiviemäreiden tarkasteluun, niin että virtaamapiikki sisältyy varmasti simulointiin. Pidempien ojaosuuksien sekä järvien toiminnan osalta laskenta-aika ei riitä kuvaamaan järjestelmän toimintaa.

Verkostolaskennan lisäksi simuloitiin pintavirtausta, jossa verkostosta tulvivan veden leviämistä maastoon pystyttiin tarkastelemaan. Pitkän laskenta-ajan takia pintavirtausmalli laskettiin yksisuuntaisena, jolloin kerran pinnalle tulvinut vesi ei palaa verkostoon. Tämä yliarvioi jonkin verran tulva-alueita. Mallilla on mahdollista laskea myös molempiin suuntiin kulkevaa tulvaa, mutta tällöin laskenta-alue tulee rajata erillisiin kohteisiin.

6.2 Tulokset tavanomaisessa rankkasadetilanteessa

Hulevesiverkosto oli mallinnuksen perusteella kapasiteetiltaan pääpiirteittäin lähes riittävä kolmessa vuodessa toistuvalla mitoitussateella. Vesi nousi monin paikoin kaivoihin tai jopa kadulle, mutta kadulla vesimäärät ja vesisyvyyydet jäivät pääosin hyvin maltillisiksi (0–20 senttimetriä) ja tulvareitit olivat pääsääntöisesti varsin toimivia. Isompia tulvia ei synny mitoitustilanteessa, vaikka sademäärissä on otettu huomioon ilmastonmuutoksen vaikutus.

6.3 Tulokset harvinaisessa rankkasadetilanteessa

Kerran 50 vuodessa toistuvassa tulvatilanteessa tulvintaa on laajasti, mikä on odotettavissa, koska verkostoja ei mitoiteta näin suurille rankkasateille. Merkittäviä tulvia syntyi ainakin seuraaville alueille:

- Kalevan puistotie: Suurimmat vesisyvytykset tulivat katualueelle (jopa 60 senttimetriä). Suurimmat tulvariskit aiheutuvat usealle kiinteistölle Kalevan puistotien molemmin puolin. Tulva-alueen eteläpuolella on tehty raitiolinjan rakentamisen yhteydessä maanpinnankorkeuden ja verkoston muutoksia, jotka eivät ole välttämättä kokonaisuudessaan päivittyneet vielä lähtötietoihin. Tällä voi olla pieniä vaikutuksia simuloituun tulva-alueeseen. Suurin syy alueen tulvimiseen on kuitenkin etelään vievän Viinikankadun kapasiteetti sekä paikallinen alataite Kalevan puistotiellä.
- Insinöörinkatu: tulva-alue asettuu mallinnuksessa kohtaan, johon on rakennettu raitiotie ja pysäkki. Maanpinnan korkeus ja verkostot ovat todennäköisesti muuttuneet raitiotien rakentamisen myötä, mutta tieto ei ehkä ole vielä päivittynyt lähtöaineistoihin. Lisäksi suurten kiinteistöjen alue saattaa olla kuivatettu tonttijohdon kautta eri suuntaan kuin mallissa oletetaan, eli alueelle ei johdu välttämättä niin paljon vettä.
- Rongankatu: Rongankadun itäpään hulevesien johtamista on parannettu Tammerkoskeen johtavalla hulevesitulvapatkella. Edelleenkin kadulle lammikoituu vettä, mutta tilanne on parantunut aikaisemmista mallinnustarkasteluista.
- Satakunnankatu: Risteysalueelle lammikoituu vettä kadun alataitteeseen ja se leviää pahemmissa tulvatilanteissa myös kiinteistöille. Hulevesiverkoston kapasiteetti on alueella riittämätön näin suuressa rankkasadetilanteessa ja alueelta ei ole tulvareittia.
- Enqvistinkatu: hulevesiviemäri on suunniteltu ja rakentaminen käynnissä.
- Väinämöisenkatu: tulvareitin parantamista on ehdotettu jo aiemmin.

Muita vähäisempiä tulvapaikkoja löytyi alueelta lukuisia.

6.4 Tulvareitit

Kohdan 5.3 ongelmakohdissa tulvareitit ja mahdollisesti pintakuivatus ovat riittämättömiä. Toisaalta kantakaupungissa on laajojakin alueita, joissa vettä kertyy rankkasadetilanteessa katu- ja tonttialueille, ja virtaa maastonmuotojen mukaan alamäkeen. Esimerkiksi Tahmelan, Pispalan ja Hyhkyn alueella vettä kulkeutuu tulvareittejä pitkin. Näillä alueilla on tunnistettu esimerkiksi sorapintaisten teiden syöpymistä rankkasadetilanteissa. Näiden tulvareittien osalta on syytä huomata tähän

työhön liittyvässä mallinnuksessa, että koska mallinnus on tehty yleiskaavan tarpeisiin ja maastomallin resoluutio on 1 metri x 1 metri, ei siinä erotu esimerkiksi katujen reunakivet, vaan tulosten mukaan voi näyttää, että vesi valuisi tontille, vaikka se käytännössä virtaisi katua eli suunniteltua tulvareittiä pitkin. Tarkempaa tarkastelua varten malli on syytä päivittää paikallisesti tarkemman maastomallin ja valuma-aluejaon mukaan.

6.5 Päävirtausreitit

Työssä määritettiin hulevesien osalta purojen ja ojien sekä hulevesiviemärien päävirtausreitit. Päävirtausreitit käytännössä tarkoittavat sitä, että niiden kautta johtuvat suurimmat hetkelliset hulevesivirtaamat. Päävirtausreitit on valittu virtausmallinnukseen perustuvilta osuuksilta, joissa virtaama ylittää 500 litraa sekunnissa kerran 3 vuodessa toistuvilla sateilla. Näiden osalta on syytä huomata, että myös suurimmat ongelmapaikat osuvat näille alueille, eli siellä missä on isoimmat vesimäärät, aiheutuu myös helpoimmin ongelmia:

- Hulevesiverkoston päävirtausreitit Kalevan puistotie, Rongankatu, Engvistinkatu, Satakunnankatu ovat tulvaongelmakohteita.
- Päävirtausojilla Myllypurolla, Vuohenojalla ja Härmälänojalla on eroosio-ongelmaa mutta samalla merkittäviä luontoarvoja, joita tulisi suojella.

Näiden virtausreittien tilanne on sikäli hankala, että niiden virtaamat ylittävät jo nykyisellään näille päävirtausreiteille soveltuvat virtaamat, ja hetkellisiä maksimivirtaamia tulisi kaikin keinoin pienentää. Vaihtoehtona voisi olla esimerkiksi hulevesien merkittävämpi viivyttäminen valuma-alueella ennen päävirtausreitille johtamista, niin että virtaamahuippuja voidaan pienentää.

6.6 Hulevesitulvien hallinta

Hulevesitulvien vähentämiseen on kaksi selkeää periaatetta, joita voidaan soveltaa erikseen tai yhdessä:

- tulvareitin toteutus tulva-alueelta eteenpäin, tai
- hulevesien viivytyks ja hyötykäyttö valuma-alueella, josta vedet virtaavat tulva-alueelle.

Luvussa 6.3 luetelluille tulva-alueille (Kalevan puistotie, Insinöörinkatu, Rongankatu, Satakunnankatu) määritettiin valuma-alueet, miltä alueelta vesi kertyy alueelle sekä yhdistettiin valuma-aluesselvityksen yhteydessä paikkatietoanalyysillä (Sponge City -analyysi) määritetyt mahdolliset alustavat viherkaturatkaisujen sijainnit hulevesien hallintaan. Määritetty valuma-alue on alue, jossa hulevesien viivyttävät toimenpiteet tulee toteuttaa, jotta tulva-alueelle johtuvan veden määrää saadaan joko kokonaisuudessaan vähennettyä, tai viivytettyä eri osissa aluetta niin, että hetkellistä maksimivirtaamaa alueelle saadaan pienennettyä sen verran, että verkoston kapasiteetti on riittävä.

7 Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet

Laajempia järvitulvia voi pinnankorkeustarkastelujen perusteella esiintyä rakennetuilla alueilla lähinnä Iidesjärven itäpäässä, Kaukajärven länsipuolella, Alasjärven länsipuolella, Toritunjärven itäpäässä sekä Makkarajärven länsipuolella. Näiden toistuvuutta ei voitu tarkasti määrittää lyhyen mittaussarjan perusteella. Paikoin tulvat saattavat vaikuttaa infrastruktuuriin ja tulvavesi voi nousta tonteille ja aina rakennuksiin asti. Tulvaongelmista kärsivät kiinteistöt ovat kaupungilla tiedossa ja tarvittavat toimenpiteet tilanteen parantamiseksi on käynnistetty.

Uomat takaavat sen, että avoimia hulevesien johtamisreittejä on runsaasti kaupungin alueella, ja niissä kapasiteetin riittävyys on merkittävästi joustavampaa kuin hulevesiverkostoissa. Vastaavasti vahvuutena voidaan nähdä myös kantakaupungin suuret korkeuserot, koska tällöin vesi on myöskin johdettavissa eteenpäin tehokkaasti.

Toisaalta se, että hulevesiä voidaan tehokkaasti johtaa nykyisessä järjestelmässä eteenpäin uomiin ja järviin, aiheuttavat merkittävän haasteen vesiputedirektiivin hyvän ekologisen tilan saavuttamistavoitteen suhteen, sillä uomien liian suuret virtaamat ja sen myötä eroosiovaikutukset vaikuttavat tähän tavoitteeseen vastakkaisesti. Sen vuoksi sinivihreällä infrastruktuurilla ja luontoperäisellä hulevesien hallinnalla on ratkaiseva vaikutus koko hulevesien hallinnan kokonaisuuden kannalta.

Isommista uomista erityisiä toimenpiteitä virtaaman hallinnan kannalta edellyttävät Vihioja, Härmälänoja, Ritaoja, Vuohenoja ja Myllypuro (Vihnusjärven valuma-alue), joiden valuma-alueilla tulee tehdä toimenpiteitä mieluummin virtaamien pienentämiseksi, mutta vähintään virtaamien kasvun estämiseksi.

Hulevesiverkostomallia voidaan jatkossa täsmentää puuttuvien verkostotietojen osalta sekä ojien ja hulevesirakenteiden osalta ja tarkentaa mallia siten entisestään. Hulevesiverkoston kapasiteetti on pääpiirteittäin riittävä, ja sen paikallinen mahdollinen kasvattaminen tulee tehdä suunnitelmallisesti ja vaikutukset etukäteen mallintamalla arvioiden, jotta putkiosuuksien kasvattamisella ei siirretä ja mahdollisesti pahenneta kapasiteettikapeikkoa jossain toisessa kohdassa verkostoa.

Hulevesiohjelman ja valuma-alue selvityksen periaatteiden mukaisesti hulevesien hallintaa pyritään kehittämään edelleen luontopohjaisin menetelmin ja luonnonmukaisempaa hydrologiaa ja veden kiertoa tavoitellen.

Uusien alueiden rakentamisen ja rakennettujen alueiden tiivistämisen kannalta olennaista on, että jos tulva-alueille rakennetaan, tulee alueen rakennukset ja infra nostaa tulvan yläpuoliselle tasolle (vähintään sallittuun alimpaan rakentamiskorkeuteen), mutta samanaikaisesti mahdollistaa tulviminen muualla, koska muuten pala palalta kaupunkirakenteen täydentyessä päädytään ajan myötä tilanteeseen, että tulvavesi nousee kiinteistöille, joihin se ei aiemmin noussut, koska sen luontaiset tulvimisalueet on hävitetty.

Tämän selvityksen jatkotyönä on tunnistettu tarve määrittää alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet tarvittaville kantakaupungin järville. Määritykset tekee Pirkanmaan elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus. Nämä tulokset raportoidaan omana selvityksenään.

8 Lähteet

SECAP. Tampereen kaupungin kestävän energian ja ilmaston toimintasuunnitelma, 2019. Tampereen kaupunki, Kestävän kehityksen yksikkö (Huikuri, Nieminen, Seppänen).