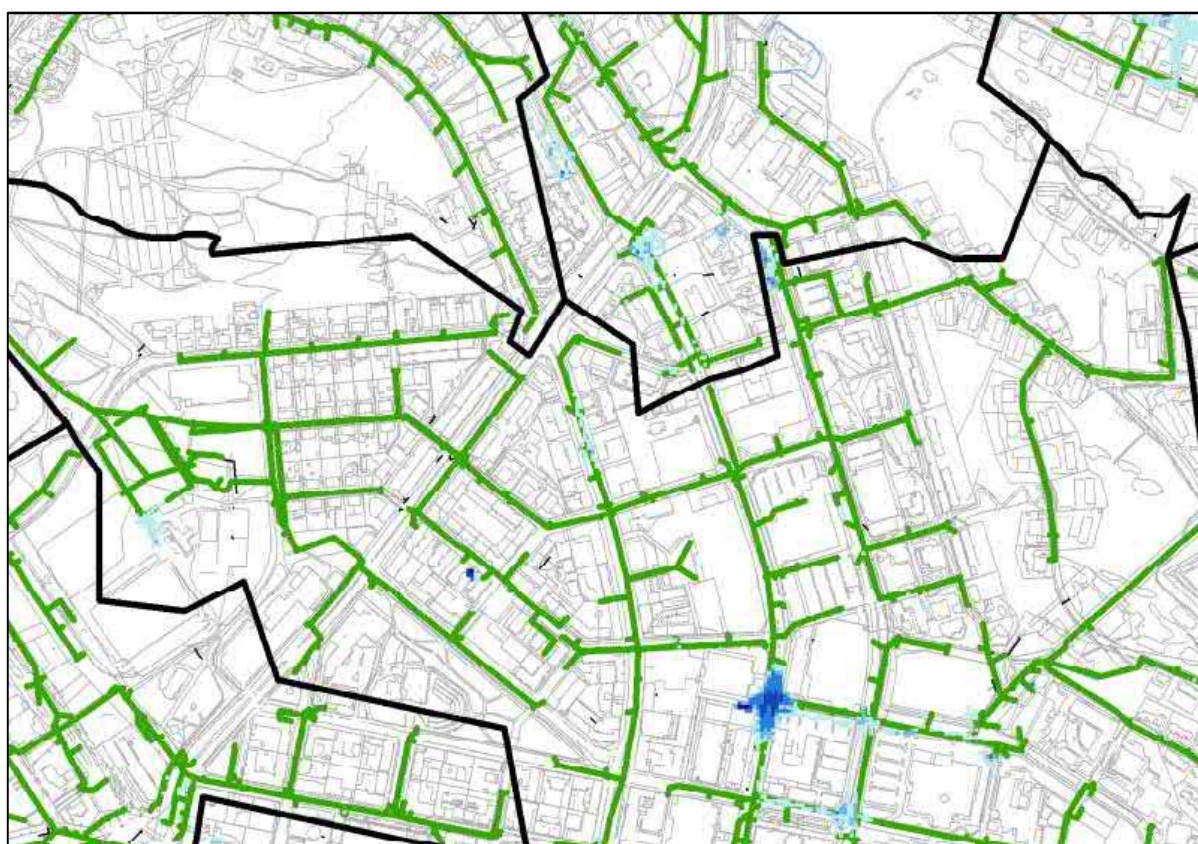




LAHDEN KAUPUNKI JA LAHTI AQUA OY

Lahden hulevesijärjestelmän tulvariskien alustava arviointi

Sisältö

1	JOHDANTO	1
2	HULEVESIJÄRJESTELMÄN SIMULOINTIMALLIN KUVAUS	1
2.1	Hydraulinen verkostomalli	1
2.2	Sadanta-valuntamalli.....	2
2.3	Pintamalli	3
2.4	Mitoitussateet	3
3	MALLINNUSTULOKSET.....	4
3.1	Maksimivirtaama	4
3.2	Maksimikapasiteetti.....	5
3.3	Välityskyky ($Q_{Max}/Q_{Manning}$)	5
3.4	Tulvivat kaivot.....	5
3.5	Tulvariskikartoitus	5
4	TULVARISKIEN ALUSTAVA ARVIOINTI	6
5	YHTEENVETO	6

Liitteet

- Liite 1 Lahden hulevesiverkostomalli, A0
- Liite 2 Pintavaluntakertoimet, A0
- Liite 3 Pituusprofiilit, A3
- Liite 4 Putken maksimivirtaama keskimäärin kerran 20 vuodessa toistuvassa rankkasadetilanteessa, A0
- Liite 5 Putken maksimikapasiteetti, A0
- Liite 6 Putken välityskyky keskimäärin kerran 20 vuodessa toistuvassa rankkasadetilanteessa, A0
- Liite 7 Tulvivat kaivot, A0
- Liite 8 Tulvakartta, A0
- Liite 9 Maanpinnan virtausreitit, A0
- Liite 10 Verkkotietoaineiston eheytyksen periaatteet

Alkuperäinen versio	19.12.2018 / Ulla Sihvola , Terhi Renko	19.12.2018/ Terhi Renko	19.12.2018/ Terhi Renko	Alkuperäinen kopio
	Päiväys/Laatiija	Päiväys/Tarkastanut	Päiväys/Hyväksynyt	Huomautukset

Copyright © Pöyry Finland Oy

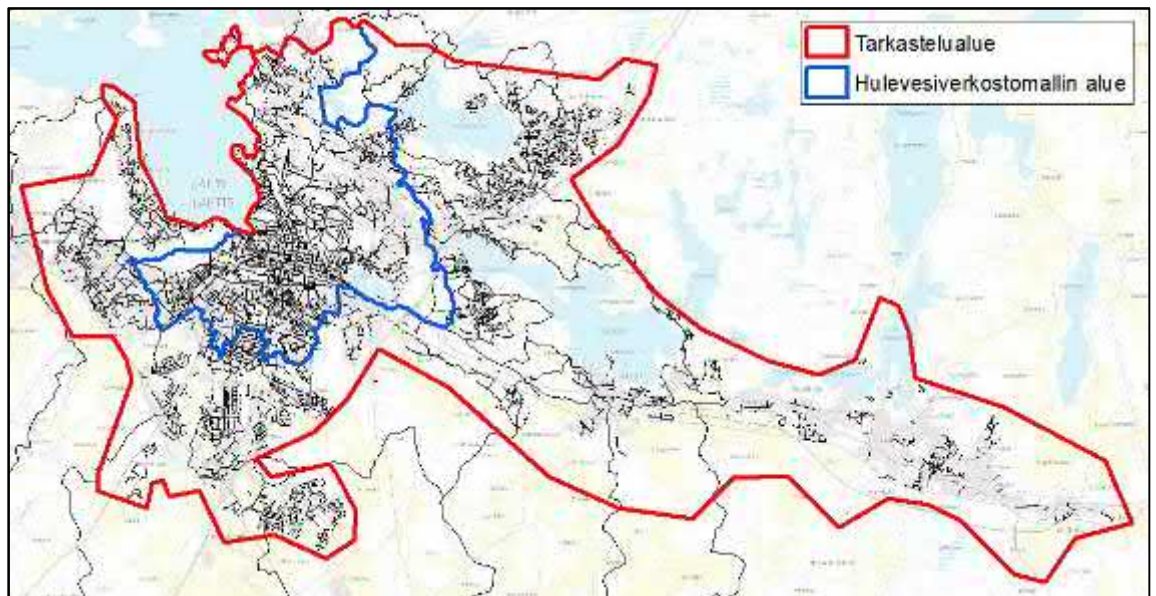
Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

Copyright © Pöyry Finland Oy

1 JOHDANTO

Tässä selvityksessä tehtiin Lahden kaupungin alueelle tulvariskien alustava arviointi. Työssä laadittiin hulevesiverkostomalli Lahden kaupungin keskusta-alueelle verkkotieto- ja oja-aineiston pohjalta käyttämällä DHI:n (Danish Hydrological Institute) MIKE-sarjan mallinnusohjelmia. Mallinnustulosten perusteella analysoitiin verkoston toimintaa ja määritettiin tulvariskikohteet. Verkostomallin ulkopuolisilla alueilla määritettiin tulvaherkät alueet painanneanalyysillä.

Tarkastelualue kattaa kokonaisuudessaan noin 172 km² alueen ja hulevesiverkostomallialue noin 32 km² alueen (kuva 1). Valittu tarkastelualue kattaa suunnilleen Lahden kaupungin alueet, joilla on asemakaava-aluetta ja huleveden viemärintialuetta.



Kuva 1. Tarkastelualue

2 HULEVESIJÄRJESTELMÄN SIMULOINTIMALLIN KUVAUS

Hulevesijärjestelmän simulointimalli koostuu hydraulisesta verkostomallista ja sadanta-valuntamallista. Projektissa luotiin hulevesijärjestelmän toimintaa simuloiva tietokonemalli MIKE URBAN-ohjelmistolla, jonka avulla voidaan monipuolisesti analysoida hulevesiviemärintijärjestelmän toimintaa. Malli on laadittu ETRS-GK26-tasokoordinaatistossa ja N2000-korkeusjärjestelmässä.

2.1 Hydraulinen verkostomalli

Hulevesiverkostosta laadittiin laskentamalli, joka sisältää runkolinjat ja ritiläkaivot lukuun ottamatta irrallisia rakenteita sekä lyhyitä kadunkuivatuslinjoja, jotka purkavat vetensä viereiseen avo-ojaan. Tonttijohtoja ei mallinnettu. Verkostomalli rakennettiin verkkotietoaineiston pohjalta. Mallin elementtien ominaisuuksiin määritettiin sama ID-numero kuin verkkotietojärjestelmässä, jotta tietojen siirto myöhemmin mallin ja verkkotietojärjestelmän välillä on mahdollista. Ennen varsinaisen mallin rakentamista keskeinen vaihe on kuitenkin malliin sisällytettävien viemäriinjojen ja kaivojen valinta

sekä verkkotiedon eheytytys, jossa parannetaan verkostotiedon laatua täydentämällä puutteita ja korjaamalla havaittuja virheitä.

Verkostotiedon eheytytys tehtiin paikkatieto-ohjelmistolla siten, että jälkeenkäpäin on erotettavissa alkuperäiset ja eheytykseen perustuvat verkostotiedot. Eheyttäviä tietoja olivat esimerkiksi puuttuvat ja epäselvät tiedot putkien ja kaivojen korkotiedoissa, putkien sisähalkaisijoissa ja materiaaleissa sekä virtaussuunnissa. Lisäksi, jos kahden viemäriputkielementin välissä ei ollut verkkotietoaineistossa kaivoa, luotiin simulointimalliin putkien väliin kuvitteellinen kaivoelementti (ns. haamukaivo) laskennallisista syistä. Verkostotiedon eheytyksessä käytetyt periaatteet on kuvattu liitteessä 10.

Verkostomalliin sisällytettiin seuraavat elementit eheytetystä verkkotietoaineistosta:

- Verkstopituus (viemäriin ja avo-ojat): 221 km
- Kaivojen lukumäärä: 14 474 kpl

Kaikkien kaivojen on oletettu toimivan mallinnuksessa ritiläkaivojen tavoin. Simuloinnissa ei myöskään ole voitu huomioida ritiläkaivojen tai verkostojen toimintahäiriöitä, jotka esimerkiksi estävät sulamis- tai sadevesien pääsyn hulevesiviemäriin. Tällaisia häiriöitä voivat aiheuttaa esim. keväällä lumi- ja jääsohjo tai syksyllä puista pudonneet lehdet.

Hulevesiverkoston toiminnan kannalta oleelliset avo-ojat/puot mallinnettiin yleispiirteisesti kahta tyyppipoikkileikkausta käyttäen. Tällaisia avo-ojaosuuksia ovat sellaiset, joissa hulevesiviemäri purkaa vedet avo-ojaan ja alempana hulevedet johdetaan takaisin hulevesiviemäriin tai rumpuun. Kadunvarsioja ei sisällytetty malliin.

Mallinnetulla alueella sijaitsevat kaksi hulevesiallasta, joista oli saatavilla riittävät lähtötiedot mallinnusta varten. Iinanpuiston ja keskuspuiston altaat Kaarikadulla mallinnettiin periaatteellisesti suunnitelmakuvien perusteella.

Mallinnetulla alueella ei ollut yhtään runkolinjapumppaamoja, joten malliin ei viety yhtään hulevesipumppaamoja.

2.2 Sadanta-valuntamalli

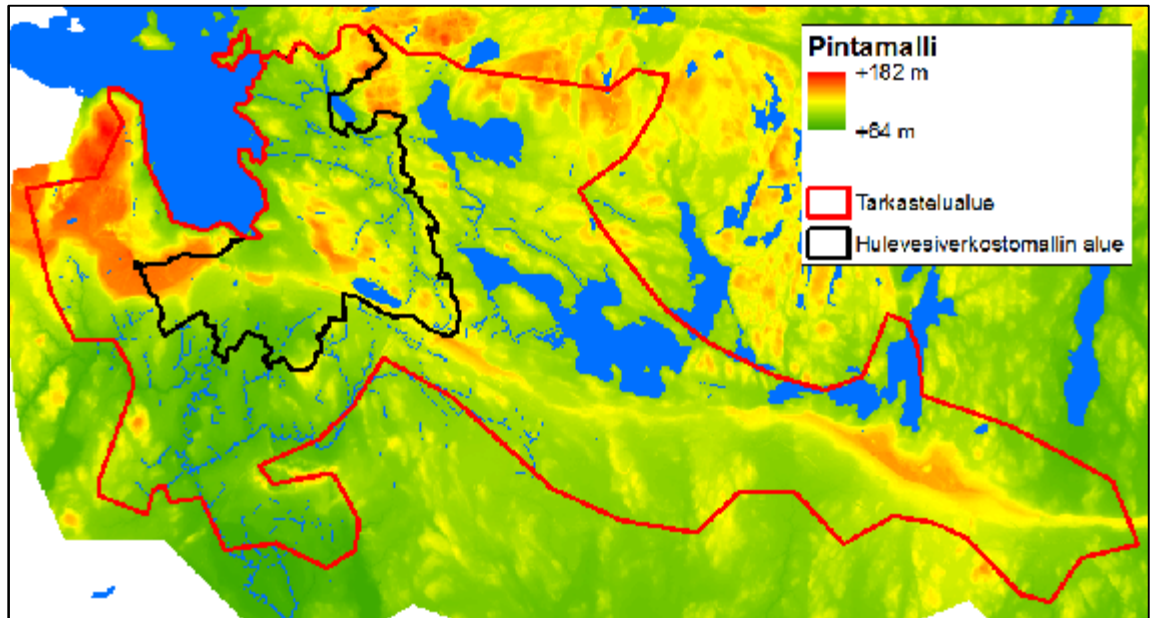
Sadanta-valuntamallilla arvioidaan sateesta muodostuvan valunnan määrää ja häviöitä. Näihin vaikuttavat esimerkiksi pintamateriaalit, varastotilavuudet, imeytyminen, maaperän kaltevuus sekä sääolosuhteet. Sadanta-valuntamallin lähtötietoina käytetään läpäisemättömän pinnan osuutta (pintavaluntakerroin), häviöitä sekä valunnan viivettä (min), joka kuluu pintavalunnan virtaamisesta mallin keräilyjärjestelmään. Viiveeseen vaikuttaa esimerkiksi valuma-alueen muoto ja kaltevuus.

Valuntamallia varten päävaluma-alueet jaettiin pienempiin osavaluma-alueisiin, jolloin alueille voitiin määrittää tarkemmat pintavaluntaominaisuudet. Valuma-alueen ominaisuudet määriteltiin aiempien valuma-alue- ja verkostotietojen, korkeusaineiston, maankäyttötietojen sekä ilmakuvien perusteella. Pintavaluntakertoimien arvot ovat suurimmillaan 0,47. Osavaluma-alueet ja niiden pintavaluntakertoimet on esitetty liitteessä 2.

Sadanta-valuntamallilla laskettu pintavalunta kohdistetaan kuormittamaan hulevesiverkostoa.

2.3 Pintamalli

Tarkasteluissa hyödynnettiin 2 m x 2 m pintamallia (kuva 2). Pintamallin perusteella määriteltiin kaivojen kansien korkeudet. Lisäksi mallia käytettiin tulvakarttojen ja painanneanalyysin laadinnassa.



Kuva 2. Pintamalli

2.4 Mitoitussateet

Hulevesijärjestelmät mitoitetaan kesäsateiden perusteella. Lumensulamiskauden valunnat eivät ole luonteeltaan yhtä hetkellisiä ja aiheuta yhtä suuria hetkellisiä virtaamia hulevesijärjestelmässä kuin voimakkaat kesän rankkasateet.

Mallinnuksessa valuma-alueita kuormitetaan erimittaisilla mitoitussadetahtumilla, joissa sateen pituus vaihtelee viidestä minuutista 24 tuntiin. Lahden hulevesiverkoston kapasiteetin kannalta merkittävimmit sadetahtumiksi todettiin 5–60 minuutin mittaiset sadetahtumat. Tulvakartat laadittiin Lahden alueelle 20 minuutin mittaisilla sadetahtumilla, sillä 20 minuutin sadetahtuma aiheutti suurimman virtaaman lähes koko tarkastelualueella.

Mallinnus tehtiin taulukossa 1 esitetyillä mitoitussateilla: kerran kolmessa, 20 ja 100 vuodessa toistuva mitoitussade. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU)-tutkimushankeessa¹ on arvioitu ilmastonmuutoksen mahdollisia vaikutuksia mitoitaviin sateisiin. Hankkeessa arvioitiin vuorokauden maksimisadantojen kasvavan 10–30 % vuoteen 2071 mennessä. Käytetyissä mitoitussateissa onkin huomioitu ennakoitu ilmastonmuutoksen vaikutus 20 % kasvuna nykyilmaston mukaisiin mitoitustilanteisiin.

Taulukko 1 Simuloinnissa käytetyt mitoitusasteet

Toistuvuus	1/3v		1/20v		1/100v	
Sateen kesto	Intensiteetti	Sade-määrä	Intensiteetti	Sade-määrä	Intensiteetti	Sade-määrä
min	[l/s/ha]	[mm]	[l/s/ha]	[mm]	[l/s/ha]	[mm]
5	220,00	6,6	300,00	9,0	400,00	12,0
10	150,00	9,0	240,00	14,4	320,00	19,2
15	133,00	12,0	210,00	18,9	280,00	25,2
20	110,40	13,2	170,00	20,4	234,00	28,1
30	86,00	15,5	130,00	23,4	180,00	32,4
60	56,40	20,3	86,00	31,0	110,00	39,6
180	28,00	30,2	40,00	43,2	54,00	58,3
360	17,00	36,7	24,00	51,8	32,00	69,1
720	10,60	45,8	14,00	60,5	20,00	86,4
1440	6,20	53,6	8,00	69,1	12,00	103,7

1) Aaltonen J., Hohti H., Jylhä K., Karvonen T., Kiipeläinen T., Koistinen J., Kotro J., Kuitunen T., Ollila M., Parvio A., Pulkkinen., Silander J., Tiihonen T., Tuomenvirta H. & Vajda A. 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Helsinki, Suomen Ympäristökeskus.

3

MALLINNUSTULOKSET

Verkoston mallinnus tehtiin kaikilla mitoitusadetahtumilla (1/3v, 1/20v, 1/100v). Tässä kappaleessa on esitetty maksimivirtaama, maksimikapasiteetti ja välityskyky ($Q_{Max}/Q_{Manning}$) kerran 20 vuodessa toistuvassa rankkasadetahtumassa. Lisäksi tulvivat kaivot on esitetty kerran kolmessa, 20 ja 100 vuodessa toistuvissa rankkasadetahtumissa sekä tulvatilanne kerran 100 vuodessa toistuvassa rankkasadetahtumassa.

Huomioitavaa on, että kuvissa tulokset esitetään putkikohtaisina maksimiarvoina, eivätkä ne ole samaan aika-askeleeseen sidottuja tuloksia. Lisäksi latvaosuuksilla saattaa mallin mukaan esiintyä tulvimista. Tämä johtuu pääsääntöisesti siitä, ettei jokaiselle ritaläkaivolle ole kohdistettu omaa valuma-aluetta, milloin tietyt kaivot kuormittuvat jonkin verran todellisuutta enemmän. Latvaosuuksien tulvimista tulee tarkastella kriittisesti.

Mallinnetun verkoston laajuus on esitetty liitteessä 1 ja kolmen keskeisen runkolinjan pituusprofiilit on esitetty liitteessä 3.

3.1

Maksimivirtaama

Maksimivirtaama kuvaa eri verkosto-osuuksilla tapahtuvaa virtaamaa ja eri valuma-alueilta tapahtuvan valunnan suuruutta. Virtaama on suurinta hetkellisesti Pikku Vesijärven koillisrannan (4,64 m³/s), Kolkankadun (3,93 m³/s) ja Kauppakadun (2,67 m³/s) sekä Jalkarannantien (4,23 m³/s) ja Kyösti Kallion kadun (2,46 m³/s) linjoilla (liite 4). Lisäksi Saksalankadun ja Uudenmaankadun suuntaisesti kulkevassa avo-ojassa ja sen rummuissa esiintyy suuria hetkellisiä virtaamia (3,48 m³/s).

3.2 Maksimikapasiteetti

Viettoviemäreiden maksimikapasiteetti eli teoreettinen maksimivirtaama määritetään putken halkaisijan, viettokaltevuuden ja karheuden perusteella. Tämä tunnusluku ilmaisee putkikohtaisesti suurimman virtaaman, jonka putki pystyy välittämään ilman, että putki alkaa padottaa (liite 5).

3.3 Välityskyky ($Q_{Max}/Q_{Manning}$)

Viettoviemäreiden välityskykyä arvioidaan laskemalla viemärivälikohtainen $Q_{Max}/Q_{Manning}$ -tunnusluku (liite 6). Tämä tunnusluku ilmaisee putkikohtaisesti suurimman mallinnuksessa esiintyneen virtaaman suhteen putken maksimikapasiteettin eli teoreettiseen maksimivirtaamaan nähden tilanteessa, jossa viemärin padottumista ei vielä esiinny. Yli 1,0 tunnusluvut kertovat kyseisen viemärin välityskyvyn ylittymisestä ja vähintään paikallisesti padottavasta viemäriosuudesta. Välityskyvyn ylittymisestä saattaa seurata putkijärjestelmän tulvimista sekä avouomissa rumpujen patoutumista.

3.4 Tulvivat kaivot

Liitteessä 7 esitetyissä tulvivissa kaivoissa on vedenpinta noussut hetkellisesti tai pitempiaikaisesti kaivon kannen tason yläpuolelle. Jokaisen tulvivan kaivon kohdalle ei siis synny huomattavaa tulva-aluetta ja tulviminen ei myöskään aiheuta merkittäviä ongelmia, jos tulvareitti on kunnossa. Kartasta voidaan kuitenkin havaita alueita, joilla on merkittävän paljon tulvivia kaivoja etenkin kerran kolmessa vuodessa toistuvassa rankkasadetilanteessa, kuten Sopenkorven ja Asemantaustan alueilla. Näillä alueilla voidaan tulkita verkostokapasiteetin olevan yleisesti niukka mitoittavaan sateeseen nähden.

3.5 Tulvariskikartoitus

Yhdistämällä pintamalli hulevesiverkostomalliin voitiin mallintaa veden virtausta verkoston ja maanpinnan välillä sekä maanpäällisten tulvareittien muodostumista. Käytetty pintamallin tarkkuus on 2 m x 2 m ja laskentatarkkuus 5 m x 5 m.

Liitteessä 8 on esitetty tulvatilanne kerran 100 vuodessa toistuvassa rankkasadetilanteessa 20 minuutin mittaisella sadetapahtumalla mallinnetun verkoston alueelta. Kartassa on esitetty tulva-alueet, joilla veden syvyys on yli 5 cm, ja merkittävimmät tulvareitit mustilla nuolilla.

Alueille, joille ei laadittu hulevesiverkostomallia, laadittiin painanneanalyysi. Analyysissä määritettiin pintamallin avulla kaikki yli 5 cm syvät ja yli 1000 m² laajat painanteet, joihin alkaa kertyä rankkasadetilanteissa valumavesiä, jos painannealueella ei ole hulevesiverkostoa johtamassa vettä pois tai se ei imeydy maaperään. Painanteet ja valuma-alueet, joilta niihin voi kertyä valumavesiä, on esitetty liitteessä 8. Lisäksi liitteessä 9 on esitetty pintamallin avulla määritetyt maanpinnan virtausreitit.

4 **TULVARISKIEN ALUSTAVA ARVIOINTI**

Laki (620/2010) ja asetus (659/2010) tulvariskien hallinnasta tulivat voimaan kesällä 2010. Lain mukaan kunnat vastaavat hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelusta. Ensimmäinen arviointikierros tehtiin 2011–2012.

Kunnan on tehtävä hulevesitulvariskien alustava arviointi ja tällä perusteella nimetä merkittävät hulevesitulvariskialueet tai todeta, ettei kunnassa ole tällaisia alueita. Kunnan tulee tehdä päätös ja toimittaa tieto päätöksestä ELY-keskukselle 22.12.2011 mennessä.

Kunnan alueella ei ole esiintynyt hulevesitulvia, joista olisi aiheutunut tulvariskien hallinnasta annetun lain (620/2010) 8 §:n 1 momentissa tarkoitettuja yleiseltä kannalta katsoen vahingollisia seurauksia.

Laskentatulosten perusteella Lahdessa ei ole myöskään arvioitu esiintyvän mahdollisia tulevaisuuden hulevesitulvariskejä, joista aiheutuisi edellä tarkoitettuja vahingollisia seurauksia. Edellä mainitun perusteella kunnan alueella ei katsota olevan merkittävää hulevesitulvariskiä eikä merkittäviä hulevesitulvariskikohteita ehdoteta nimettäväksi.

Hulevesitulvien riskikohteet ovat melko paikallisia ja maanpinnalle kertyvältä vesimäärältään pääosin vähäisiä. Tulvariskien alustavan arvioinnin yhteydessä voidaan haluttaessa raportoida myös vähäisemmät tulvariskikohteet, jotka on esitetty liitteessä 8.

5 **YHTEENVETO**

Työssä mallinnettiin Lahden keskusta-alueen hulevesiverkosto kapasiteettipuutteiden sekä tulvariskikohteiden selvittämiseksi. Lisäksi verkostomallin ulkopuoliselle alueelle laadittiin painanneanalyysi potentiaalisten tulvakohteiden selvittämiseksi. Verkoston kapasiteetti on paikoitellen riittämätön jo keskimäärin kerran kolmessa vuodessa toistuvassa rankkasadetilanteessa. Keskimäärin 100 vuoden välein toistuvassa rankkasadetilanteessa kapasiteetti ylittyy ja tulva-alueita muodostuu useisiin kohteisiin.

Vuonna 2018 Lahden keskusta-alueella esiintyi poikkeuksellisen rankkasateen aiheuttamia tulvia. Mallinnuksen tulosten perusteella on pystytty havainnollistamaan rankkasadetilanteiden aiheuttamia hulevesitulvia ja tunnistamaan verkoston osuudet, joilla kapasiteetti ei ole riittävä. Laskentatulosten perusteella Lahdessa ei kuitenkaan ole tulvariskien alustavassa arvioinnissa kartoitettavia merkittäviä tulvariskialueita. Hulevesitulvien riskikohteet ovat melko paikallisia ja maanpinnalle kertyvältä vesimäärältään pääosin vähäisiä.

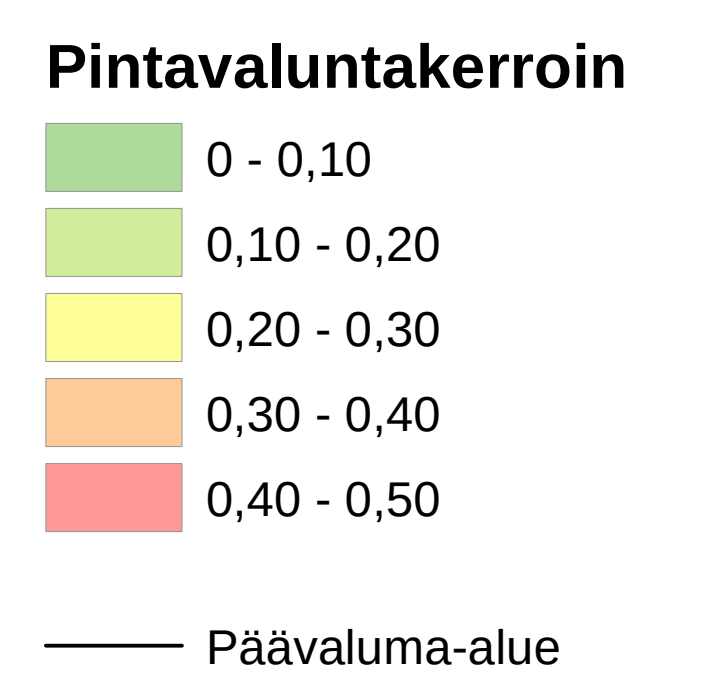
Laadittua hulevesiviemärimallia voidaan hyödyntää jatkossa keskusta-alueen hulevesiviemäroinnin suunnittelussa sekä hulevesitulvariskien hallinnassa.

Liite 1. Lahden hulevesiverkostomalli

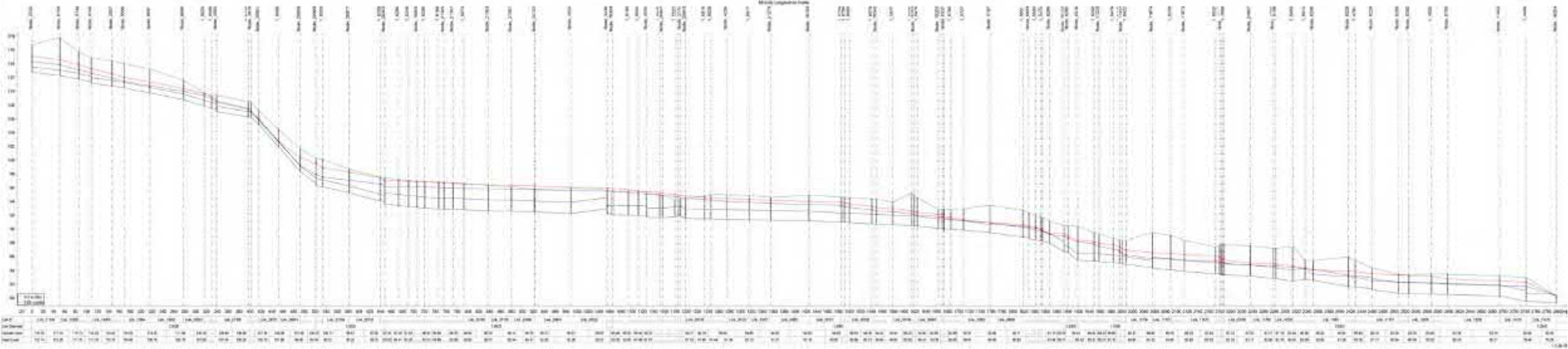
- Mallinnettu verkosto
- Hulevesiverkosto
- Pituusprofiilit
- Päävaluma-alue
- Mallinnettu hulevesirakenne



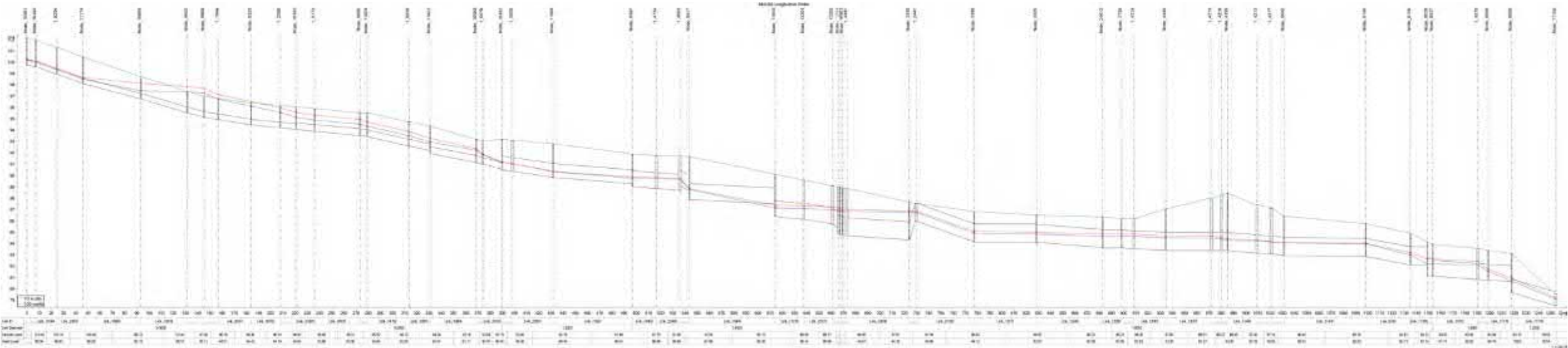
**Liite 2. Pienvalluma-alueiden
pintavaluntakertoimet**



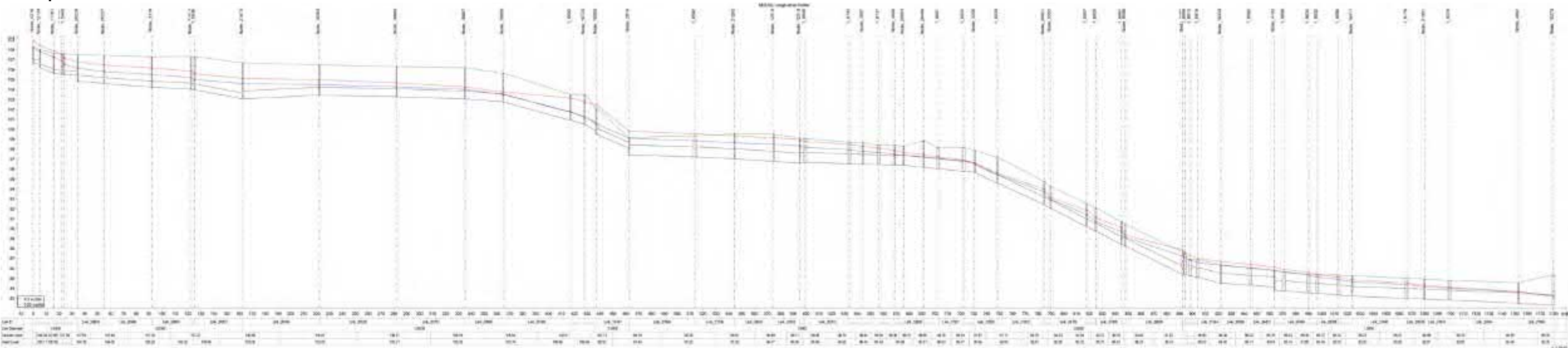
Pituusprofiili 1



Pituusprofiili 2



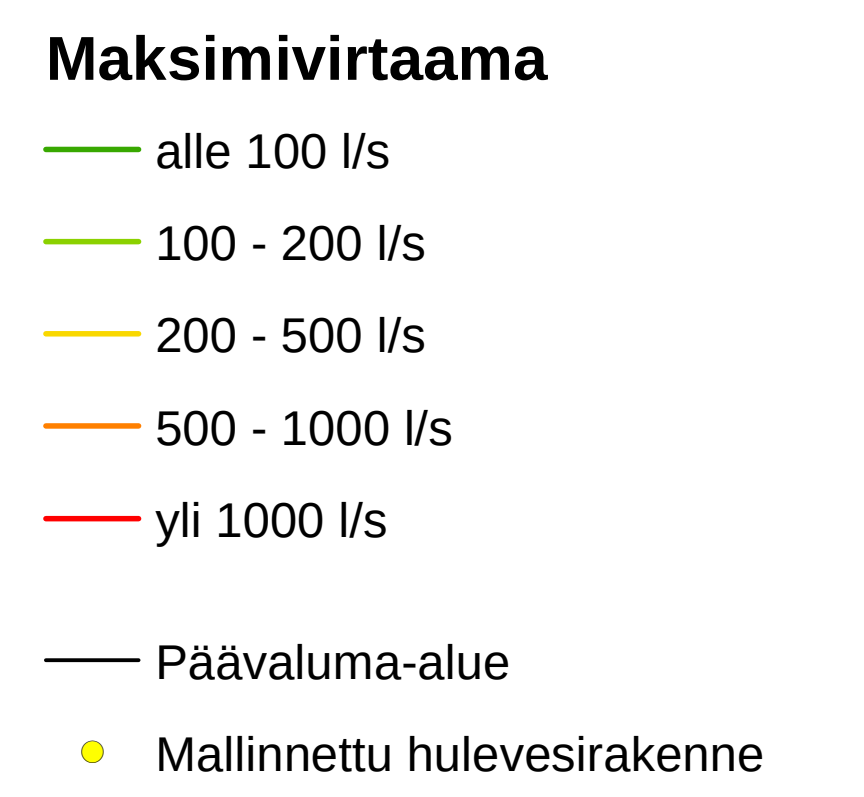
Pituusprofiili 3



Liite 2. Lahden hulevesiverkoston
pituusleikkaukset kerran 3 ja
20 vuodessa toistuvissa
rankkasadetilanteissa



**Liite 4. Putken maksimivirtaama kerran
20 vuodessa toistuvassa
rankkasadetilanteessa**



Liite 5. Putken maksimikapasiteetti

- Maksimikapasiteetti**
- alle 100 l/s
 - 100 - 200 l/s
 - 200 - 500 l/s
 - 500 - 1000 l/s
 - yli 1000 l/s
- Päävaluma-alue
- Mallinnettu hulevesirakenne

**Liite 6. Putken välityskyky ($Q_{\max}/Q_{\text{Manning}}$)
kerran 20 vuodessa toistuvassa
rankkasadetilanteessa**

$Q_{\max}/Q_{\text{Manning}}$

- alle 0,10
- 0,10 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 1,00
- yli 1,00

— Päävaluma-alue

● Mallinnettu hulevesirakenne

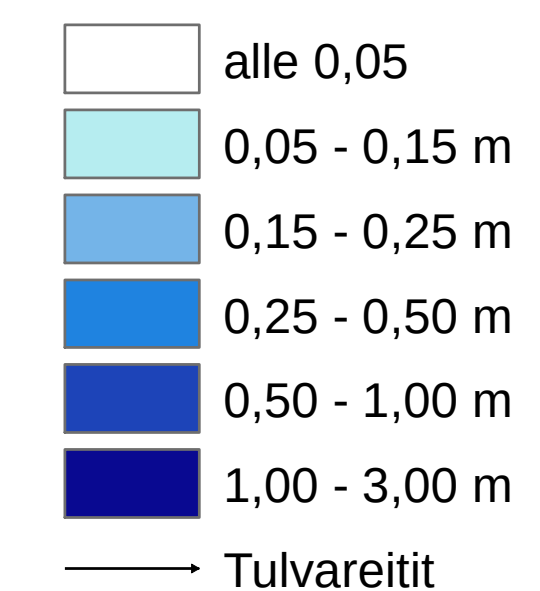
Liite 7. Tulvivat kaivot

Tulvivat kaivot

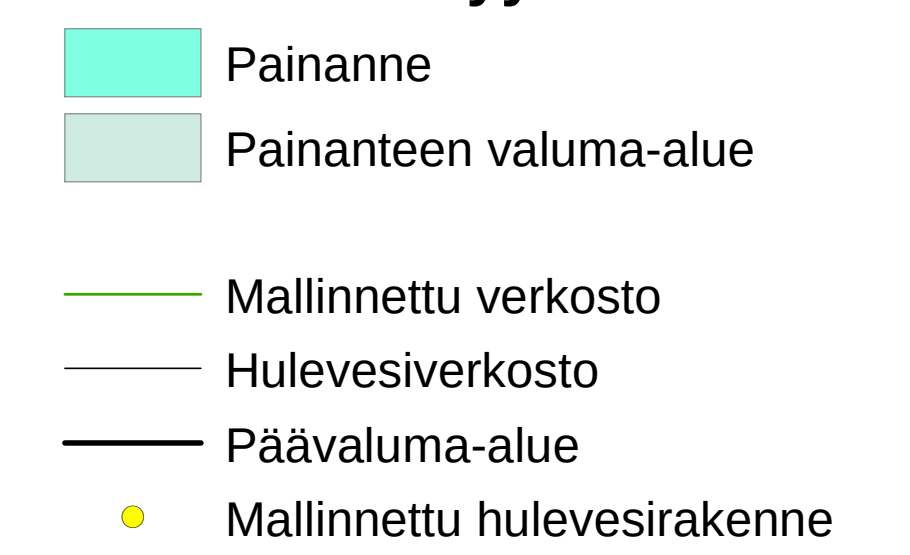
- 1/3v
- 1/20 v
- 1/100 v
- Mallinnettu verkosto
- Päävaluma-alue
- Mallinnettu hulevesirakenne

Liite 8. Verkstomallinnuksen mukainen tulvatilanne keskimäärin kerran 100 vuodessa toistuvassa rankkasadetilanteessa ja painanneanalyysi

Tulvatilanne 1/100 v. (verkstomallinnus)



Painanneanalyysi



**Liite 9. Maanpinna virtausreitit
korkeusmallin mukaisesti**

Maanpinnan virtausreitit

-  Virtausreitti
-  Hulevesiverkosto
-  Päävaluma-alue



LIITE 10, VERKKOTIETOAINEISTON EHEYTYKSEN PERIAATTEET

Sisällysluettelo

1	YLEISTÄ.....	2
2	PUUTTUVIEN TIETOJEN TÄYDENTÄMINEN JA RAKENTEELLINEN EHEYS	2
2.1	Putket	2
2.2	Kaivot.....	2
2.3	Rakenteellinen eheys	2
2.4	Muuta	3
3	RUNKOLINJAPUMPPAAMOT JA YLIVUODOT.....	3
3.1	Pumppaamot	3
3.2	Painelinjat	3
3.3	Ylivuodot	4
4	HAVAITTUIJEN VERKKOTIETOVIRHEIDEN KORJAUS.....	4
4.1	Putket	4
4.2	Kaivot.....	4

1 YLEISTÄ

Verkkotietoaineiston eheytyksessä parannetaan verkkotiedon laatua täydentämällä puutteita ja korjaamalla havaittuja virheitä. Eheytyksessä voidaan hyödyntää paikkatieto- ja mallinnusohjelmistoja.

Eheytyksessä tehdään kahdessa vaiheessa. Ensin varmistetaan verkoston rakenteellinen eheys ja täydennetään laskentamallin kannalta oleelliset puuttuvat tiedot paikkatieto-ohjelmistoilla. Lisäksi käydään läpi runkolinjapumppaamot ja ylivuodot.

Sen jälkeen, kun laskentamalli on toimintakunnossa, käydään läpi tulvivien kohteiden verkostot ja tunnistetaan todelliset ja verkkotietovirheistä (esim. virheelliset putkikorot) aiheutuvat tulvakohteet. Mahdollisesti havaitut verkkotietovirheet eheytetään paikkatieto- ja mallinnusohjelmistoilla.

Kaikkia eheyttäviä kohteita tarkastellaan tässä dokumentissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti. Verkkotietojärjestelmän ulkopuolella eheytytyistä elementeistä laaditaan shp-tiedosto, jonka avulla muutokset on mahdollista viedä verkkotietojärjestelmään.

2 PUUTTUVIEN TIETOJEN TÄYDENTÄMINEN JA RAKENTEELLINEN EHEYS

2.1 Putket

- Puuttuvat putkikoot täydennetään viereisten putkien tietojen mukaan.
- Puuttuvat materiaalitiedot täydennetään viereisten putkien tietojen mukaan.
- Puuttuva korkotieto täydennetään kaivon pohjan koron mukaiseksi.
- Putkien virtaussuunnat korjataan tarvittaessa.

2.2 Kaivot

- Puuttuvat pohjan korkeudet täydennetään alimman liittyvän putken vesijuoksun mukaan. Mikäli liittyvältä putkelta puuttuu myös korko, oletetaan sen viettokaltevuudeksi keskimäärin sama kuin muulla linjalla ja annetaan sekä putken päälle että kaivon pohjalle sen mukainen korko. Jos kyseessä on viiksikaivo, asetetaan putken kaltevuudeksi 5 ‰.
- Kaikkien kaivojen kansien korot haetaan laskentamallia varten ohjelmallisesti maanpinnan korkeusmallista.
- Puuttuvat halkaisijat lisätään kaivoon liittyvien putkien halkaisijoiden perusteella seuraavasti:
 - putkikoko ≤ 800 mm $\rightarrow$ kaivon halkaisija 1,0 m
 - putkikoko 1000 mm – 1600 mm $\rightarrow$ kaivon halkaisija 2,0 m
 - putkikoko ≥ 2000 mm $\rightarrow$ kaivon halkaisija 3,0 m

2.3 Rakenteellinen eheys

- Putkien liitokset kaivoihin korjataan, kun putkieleментit viedään malliin.
- Tiedossa olevat puuttuvat kaivot ja putket lisätään laskentamalliin.
- Jos kahden viemäriputkieleментin välissä ei ole verkkotietoaineistossa kaivoa, luodaan simulointimalliin putkien väliin kuvitteellinen kaivoelementti (ns. haamukaivo) laskennallisista syistä.

2.4 Muuta

- Poistetaan paikkatieto-ohjelmassa kaivot ja putket, joita ei haluta viedä malliin. Tällaisia ovat esimerkiksi tonttiliittymät, irralliset rakenteet sekä lyhyet kadunkuivatuslinjat, jotka purkavat vedet viereiseen avo-ojaan.
- Mallin elementtien ominaisuuksiin määritetään sama ID-numero kuin Trimblen verkkotietojärjestelmässä, jotta tietojen siirto myöhemmin mallin ja verkkotietojärjestelmän välillä on mahdollista.

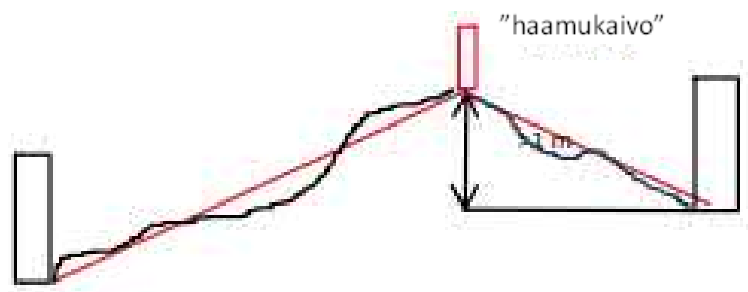
3 RUNKOLINJAPUMPPAAMOT JA YLIVUODOT

3.1 Pumppaamot

- Verkkotietoaaineistossa mahdollisesti olevat pumppaamoiden sisäiset putket ja ylimääräiset kaivot poistetaan.
- Jos imusäiliöstä puuttuu pohjan korkeus, asetetaan se ensisijaisesti 1 m pysäytysrajan alapuolelle ja toissijaisesti 1 m tuloputken vesijuoksun alapuolelle.
- Tarvittaessa lisätään uusi kaivoelementti imusäiliötä varten
- Imusäiliön tuloputken korko tarkistetaan. Mikäli korko on imusäiliön pohjan alapuolella, korjataan vesijuoksun korko pumppaamon käynnistysrajan tasolle.
- Pumppaamon paineputken korko tarkistetaan. Mikäli korko on imusäiliön pohjan alapuolella, korjataan vesijuoksun korko tasolle:
maanpinta – 2 m – putken halkaisija.
- Mikäli pumppaamolla joudutaan siirtämään putkia, ensisijaisesti siirretään aina paineviemäriä. Imusäiliöön tuleva putki pysyy aina paikallaan

3.2 Painelinjat

- Painelinjat mallinnetaan yksinkertaistetusti siten, että malliin tuodaan alku- ja loppupään korot sekä mahdollisen linjan keskellä olevan korkeimman kohdan korko (taitepiste).
- Mahdollisina taitepisteinä käytetään putkielementtien väliin luotavaa kuvitteellista kaivoelementtiä (ns. haamukaivo).



Kuva 1. Pituusprofiili ja taitepisteet, mustalla painelinjan oikea profiili ja punaisella laskentamalliin vietävä profiili.

- Paineviemärin oletetaan kulkevan mittaustietojen puuttuessa kaksi metriä maanpinnan alapuolella.
- NIS:ssä painelinjojen korkotiedot ja painelinjojen solmupisteiden korkotiedot kuvaavat putken laen korkoa. Mallinnusohjelmassa käytetään kuitenkin

vesijuoksun korkoja myös painelinjoille. Tämän takia vietäessä verkkotietoaaineisto mallinnusohjelmaan painelinjojen korkoja muutetaan paineputken ulkohalkaisijan verran alemmas.

- Mallin painelinjojen ominaisuuksissa syötetään putkelle pituus alkuperäisten paineputkien 3D-pituuden mukaisesti.

3.3 Ylivuodot

- Ylivuotorakenteista poistetaan verkostomallissa mallinnuksen kannalta turhat verkkotietoaaineiston elementit ja lisätään laskentamalliin puuttuvat elementit (esim. pato-elementti).
- Mikäli ylivuotorakennetta joudutaan siirtämään, siirretään koko rakennetta niin, etteivät viettokaltevuus ja korkeudet muutu.

4 HAVAITTUIJEN VERKKOTIETOVIRHEIDEN KORJAUS

Kun laskentamalli on toimintakunnossa, käydään läpi tulvivien kohteiden verkostot ja tehdään tarvittaessa korjauksia seuraavien periaatteiden mukaisesti.

4.1 Putket

- Mikäli putki on liitetty selvästi väärään kaivoon, se korjataan.
- Selkeät piirrosvirheet korjataan, esimerkiksi virheelliset tuplaputket.
- Putken korkeus korjataan kaivon pohjan tasolle, jos putken laki on alle 0,5 m päässä maanpinnasta ja putken korkotaso eroaa merkittävästi muusta ympäröivästä verkostosta.
- Jos putki laskee jyrkästi syvälle maanpinnan alle (yli 5 m maanpinnasta) ja putkilinja kulkee muuten normaalisti maanpinnanmuotojen mukaisesti, korjataan syöksyvän putken pään korko alavirran puoleisen putken tasolle.
- Kaivoon tulevan yksittäisen putken korkeus korjataan, jos sen korkeus on yli 2 m kaivon pohjasta.

4.2 Kaivot

- Putkilinjan yläpuolella oleva kaivon pohjan korkeus korjataan järkevästi kulkevan putkilinjan vesijuoksun tasolle.
- Mikäli kaivon pohja on yli 1 m järkevästi kulkevan putkilinjan alapuolella, nostetaan kaivon pohja liittyvien putkien alareunan tasolle.