

# Tietopohjaa tulvariskien alustavan arvioinnin tueksi: yleispiirteinen hulevesitulvakartta

Mikko Huokuna, Suomen ympäristökeskus

Hulevesitulvariskien alustava arviointi kunnissa  
- webinaari 16.1.2024 (päivitetty 31.1.2024)

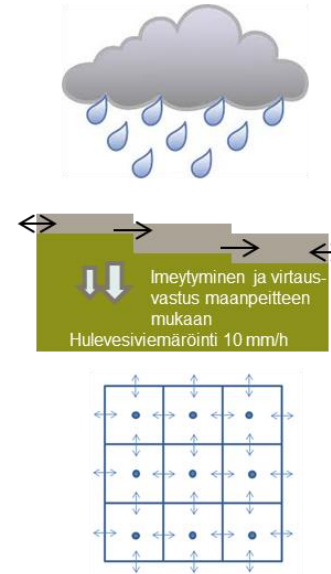


Suomen ympäristökeskus  
Finlands miljöcentral  
Finnish Environment Institute

# Yleispiirteistä hulevesitulvakartoitusta kuntien avuksi

- Syke päivittää kuntien tueksi vuonna 2018 laaditun alustavan hulevesitulvakartan (valmiina helmi-maaliskuussa 2024)
- Kartta kuvaa taajamien mahdolliset hulevesitulvavaara-alueet
- Uusi malliversio ja uusia lähtötietoja  
→ Yleispiirteinen hulevesitulvakartta

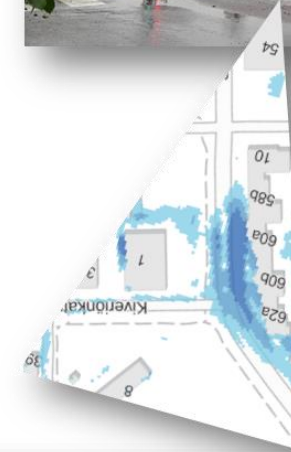
Sateen pintavaluntamallinnus



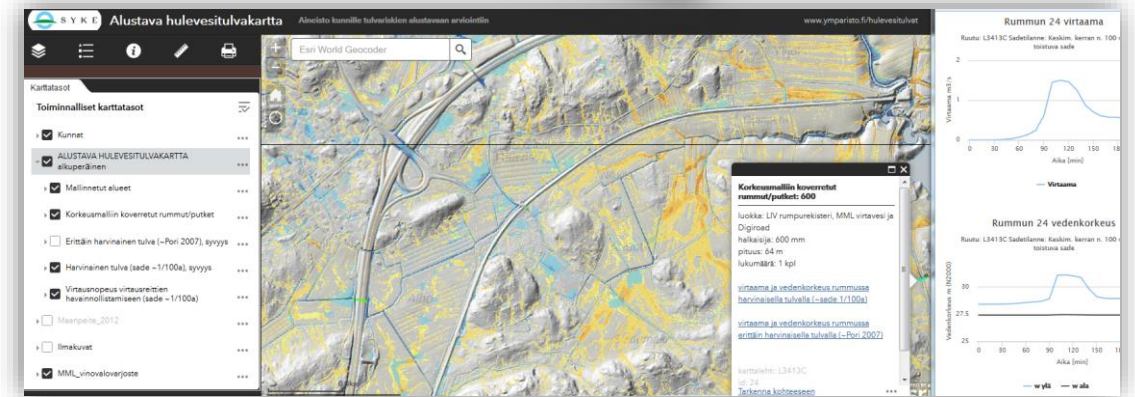
Alustava hulevesitulvakartta



Kuva Juha Alaluukas, Lahden kaupunki



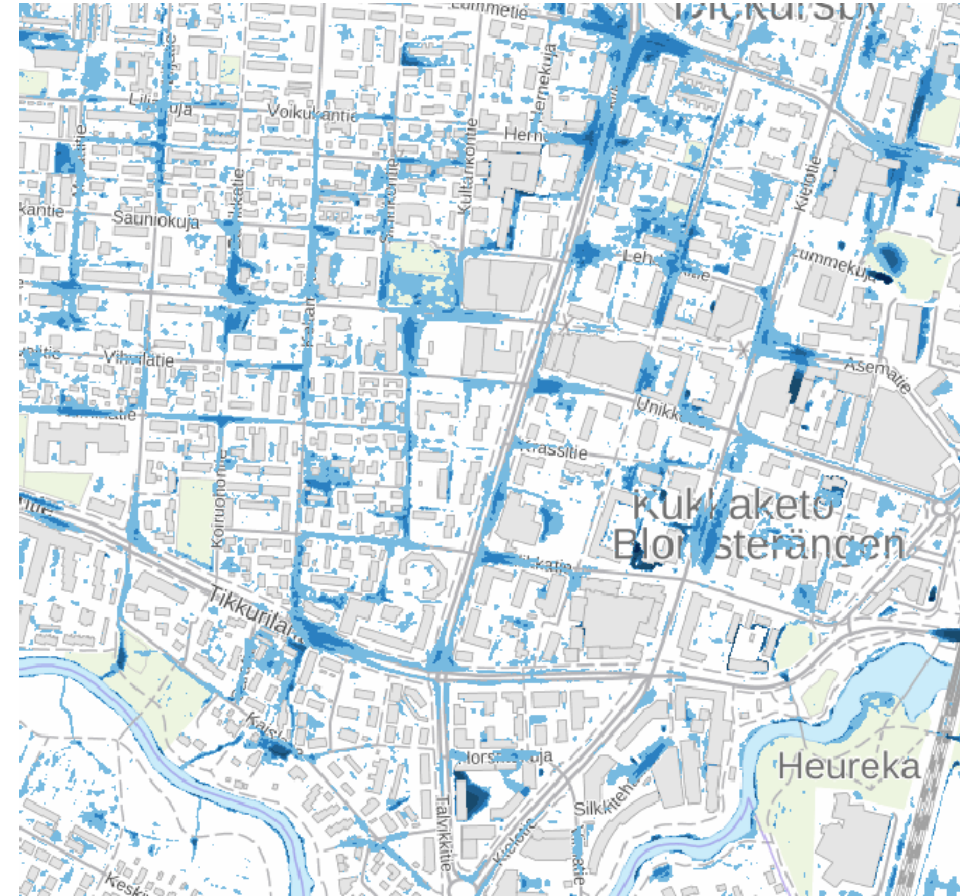
Taustakartta: Maanmittauslaitos



# Yleispiirteinen hulevesitulvakartta

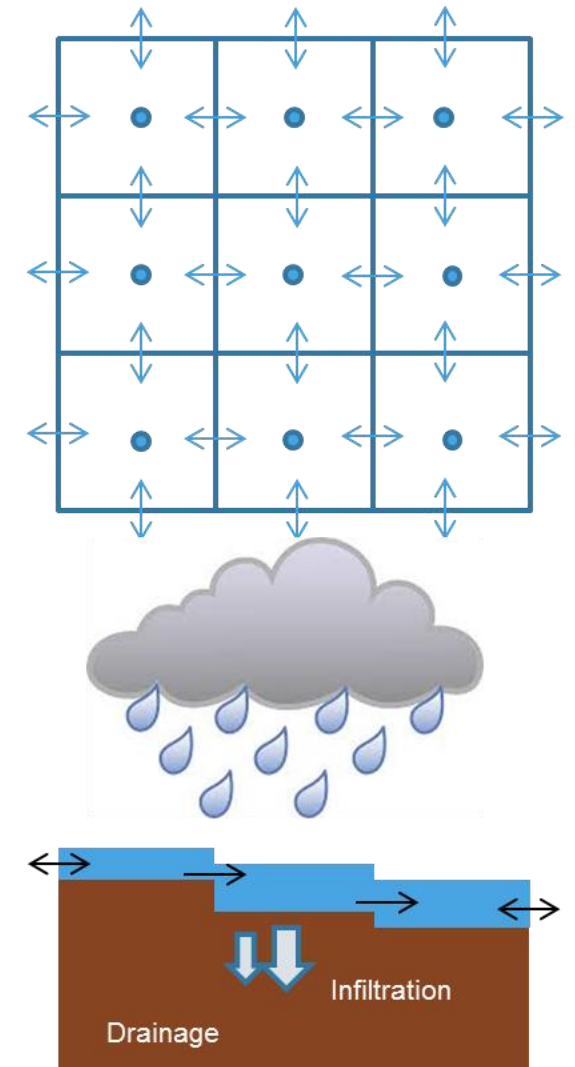
## Lähtötietojen tai menetelmien erot 2018 vs. 2024

- **Erot Maanmittauslaitoksen KM2-korkeusmallissa**
  - Kattaa nyt koko Suomen ja ajantasaistunut
- **Maanpeite**
  - 2018 Corine maanpeite -aineisto (20 m ruutukoko)
  - 2024 [Maanpeite 2 m aineisto](#) (Scalgo ja TIIMA&Mammutti -hankkeet)
- **Veden maaperään imeytyminen**
  - 2018 Corine-aineistoon perustuva valuntakerroin
  - 2024 Green and Ampt -menetelmä
- **Läpäisemättömät pinnat**
  - 2018 Maanpinnan läpäisemättömyys -aineisto 10 m (EEA)
  - 2024 [Maanpeite 2 m aineisto](#) (Scalgo ja TIIMA&Mammutti -hankkeet)
- **Rumpujen ja putkien huomiointi**
  - Rummut tunnistettu aikaisempaa kattavammin ([Uomakorjaus-aineisto](#))
  - Laskentamenetelmää kehitetty (digitoitujen) pitkien putkien osalta
- **Uudet sadeskenaariot**
  - 1/100a: sadanta 52 mm/h (ilmastonmuutos huomioitu), "maksimisade": sadanta 80 mm/h
  - Laskenta-aika 2 tuntia, jossa sade ensimmäisen tunnin aikana (vanha laskenta-aika 4 tuntia)



# Pintavaluntamalli yleispiirteisen hulevesitulvakartan laadinnassa

- Laskenta tapahtuu 2x2 m ruutukoossa
  - jokaisella laskentaselulla on pohjan korkeus ja vedenkorkeus (vesisyvyys) sekä virtausnopeus (neljään suuntaan)
- Virtaus mallissa aiheutuu sateesta
  - sama ajasta riippuva sateen intensiteetti koko laskenta-alueelle
- Tierumpuja ja tiedossa olevia putkia mallinnetaan tekemällä korkeusmallin ura ja syöttämällä malliin rummun tai putken halkaisija ja pituus (automaattisesti esikäsittelyn aikana)
- Laskennassa huomioidaan imeytyminen maaperään Green and Ampt -menetelmällä
- Sadevesiviemäröinti mallinnetaan nykyisessä mallissa vakiohäviöllä (mm/h). Kuntien aikaisemmin digitoimat putket on huomioitu
- Mallin tärkeimmät soveltamiskohteet: Alustava hulevesitulvakartta (2018 ja 2024), HULEHENRI (2022-2023), Valuma-alueason tulvakartta (2023 - 2024). Lisätietoja: [www.syke.fi/hankkeet/tiima](http://www.syke.fi/hankkeet/tiima)

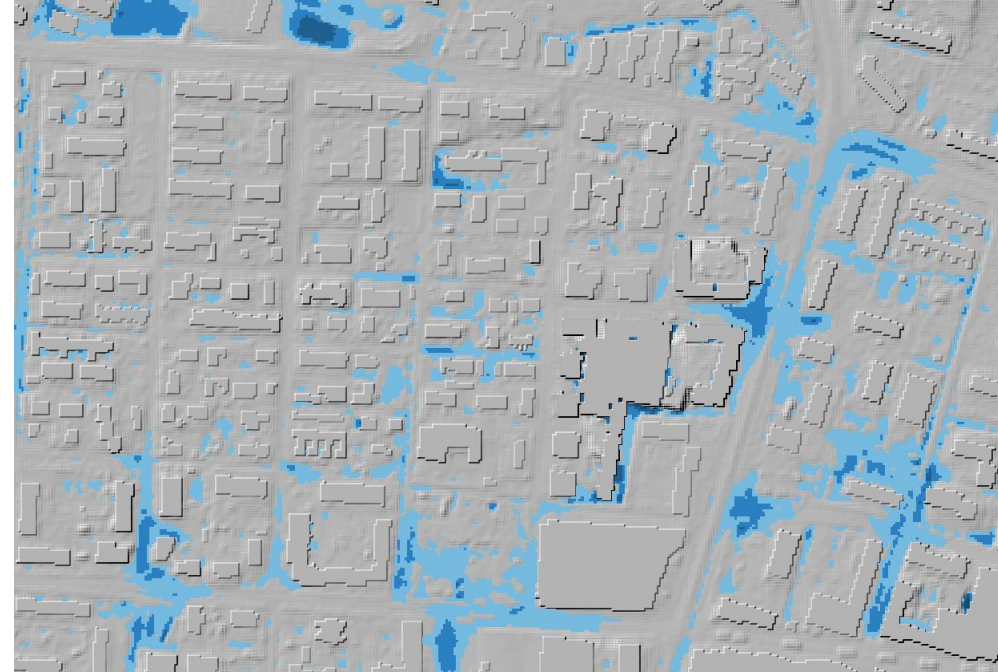


Kuvassa on esitetty pintavaluntamallin laskentaperiaatetta.



# Virtausmallin laskentamenetelmästä

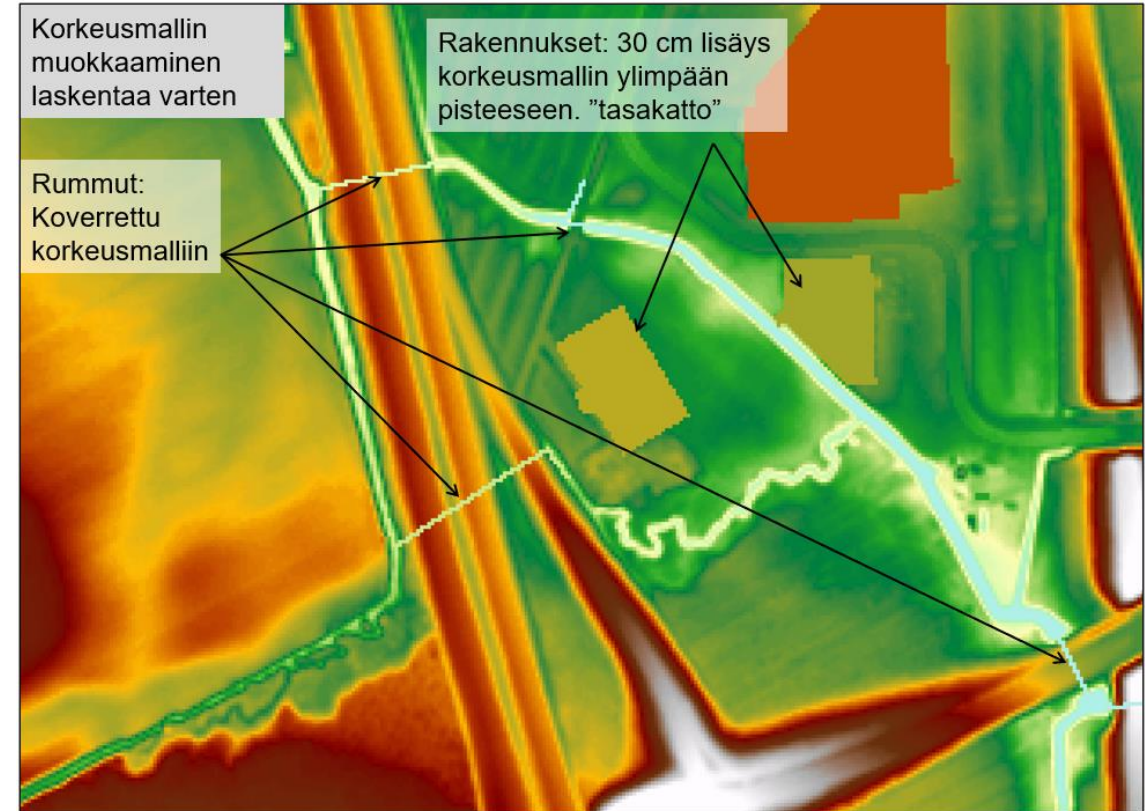
- Ratkaisumenetelmä perustuu eksplisiittiseen menetelmään, joka ratkaisee yksinkertaistetut virtausyhtälöt erittäin tehokkaasti
  - Laskenta-algoritmi: Bates et.al. 2010.  
A simple inertial formulation of the shallow water equations for efficient two dimensional flood inundation modelling
- Hulevesitulvakarttojen laatimista varten Sykessä sovellettiin menetelmää GPU-laskentaan, jossa hyödynnetään grafiikkaprosessorien laskentanopeutta. Mallin ratkaisumenetelmä soveltuu erittäin hyvin GPU laskentaan
- Vedenkorkeus solussa määrittää mihin suuntaan virtaus tapahtuu (2D-virtausmalli), virtausvastus lasketaan Manningin-kaavalla



Kuvassa on esitetty pintavaluntamallilla laskettu vedensyvyys korkeusmallin päällä.

# Lähtötiedot: korkeusmalli

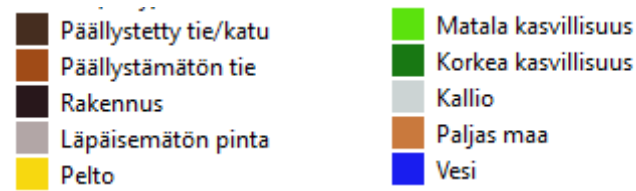
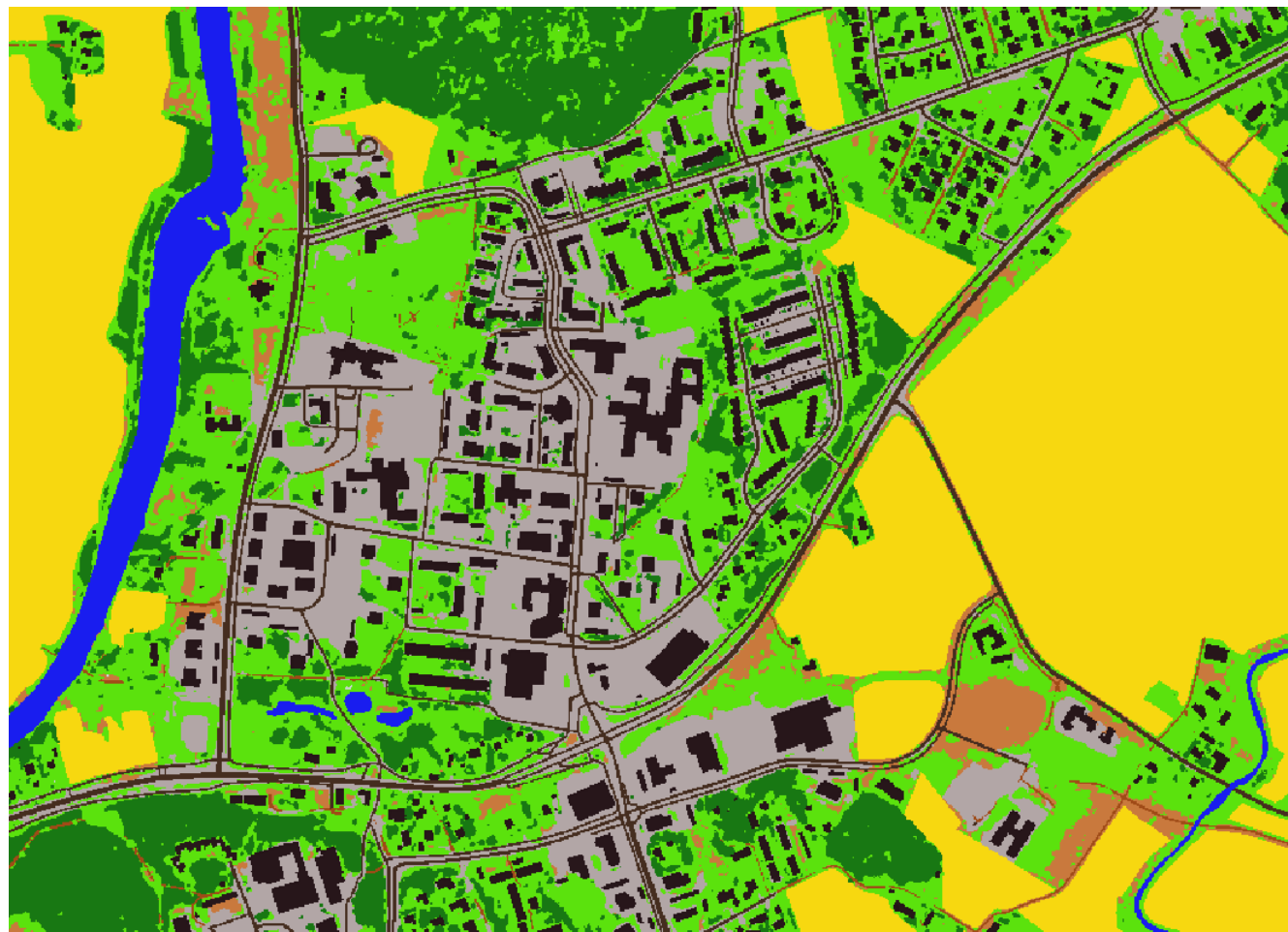
- Malli käyttää laskentojen pohjana virtausreittikorjattua korkeusmallia
  - KM2-korkeusmalli, johon on tehty virtausreitit osalta automaattiset korjaukset MML:n Paikkatietokeskuksen TIIMA-hankkeessa kehittämällä menetelmällä ([www.syke.fi/hankkeet/tiima](http://www.syke.fi/hankkeet/tiima))
  - Tämä ns. uomakorjaus-aineisto saatavilla koko Suomen alueelle: <https://ckan.ymparisto.fi/en/dataset/uomakorjaus-rumpujen-kaiverrus-korkeusmalli-2m>
- Lisäksi rakennukset on lisätty korkeusmalliin (rakennukset 30 cm korkeammalla kuin rakennuksen kohdalla oleva ylin maanpinta)



Kuvassa on korkeusmallin maanpinnan korkeus eri väreillä sekä korkeusmalliin tehdyt koverruukset rumpujen ja putkien kohdalla ja korkeusmalliin tehty korottaminen rakennusten kohdalla.

# Lähtötiedot: maanpeitetiedot

- Lämpisemättömät pinnat ja muut maanpeitetiedot on saatu TIIMA & Mammutti-hankkeen yhteistyössä Scalgon kanssa tuottamasta 2 m ruutukoon aineistosta (<https://ckan.ymparisto.fi/en/dataset/maanpeite-2-m-2022-ja-jatkojaloste-kasvillisuuden-korkeudella>)
- Lämpisemättömien pintojen kohdalta ei tapahdu maaperään imeytymistä
- Lisäksi em. maanpeitetietoa on käytetty virtauslaskennan karkeuskertoimen (Manning-n) määrittämiseen:
  - 130 n=0.030 lämpisemätön pinta
  - 410 n=0.035 paljas maa
  - 510 n=0.029 vesi
  - 212 n=0.050 matala kasvillisuus
  - 211 n=0.040 pelto
  - 220 n=0.060 korkea kasvillisuus
  - 111 n=0.030 päällystetty tie
  - 112 n=0.030 päällystämätön tie
  - 310 n=0.030 avokallio
  - 120 n=0.030 rakennukset



Kuvassa on esitetty maanpeiteaineisto esimerkkialueella.

# Lähtötiedot: Maaperätiedot

- Sateen aiheuttama veden imeytyminen maaperään lasketaan Green and Ampt -menetelmällä, jonka tarvitsemat maaperätiedot on saatu [GTK:n maaperä-aineistoista](#)
- Green and Ampt -menetelmässä tarvittavia maaperän veden läpäisevyyden ja imukorkeuden tietoja on kerätty myös muista lähteistä
- Koska maaperätietoihin liittyy paljon epävarmuutta, lopullisissa laskelmissa käytetään arvoja, joissa Ksat on 50% alla olevan taulukon arvosta, ja ISMD 25 % taulukon arvosta (vastaa märkää lähtötilannetta)

Maaperä	Koodi	Ksat (mm/h)	Imukorkeus (mm)	ISMD
Kalliomaa	195111	13.2	88.9	0.231
Rapakallio	195113	0	0	0
Rakka	195112	235.6	49.5	0.375
Lohkareita	195311	235.6	49.5	0.375
Kiviä	195312	235.6	49.5	0.375
Hiekkamoreeni	195214	235.6	49.5	0.375
Hienoainemoreeni	195215	13.2	88.9	0.231
Sora	195313	235.6	49.5	0.375
Hiekka	195314	235.6	49.5	0.375
Liejuinen Hiekka	19531421	108.1	49.5	0.36
karkea Hieta	195315	21.8	110.1	0.263
liejuinen Hieta (karkea)	19531521	50.3	110.1	0.27
hieno Hieta	195411	13.2	88.9	0.231
liejuinen hieno Hieta	19541121	15.5	88.9	0.18
Hiesu	195412	6.8	166.8	0.217
Liejuhiesu	19541221	16.1	166.8	0.17
Savi	195413	0.6	316.3	0.097
Liejusavi	19541321	1.1	316.3	0.08
Lieju	195511	1.1	316.3	0.08
Rahkaturve	195513	19.26		0.43
Saraturve	195512	19.26		0.43
Turvetuotantoalue	195514	19.26		0.33
Täytemaa	195601	0.6	316.3	0.097
Kartoittamaton	195602	13.2	88.9	0.231
Vesi	195603	0	0	0



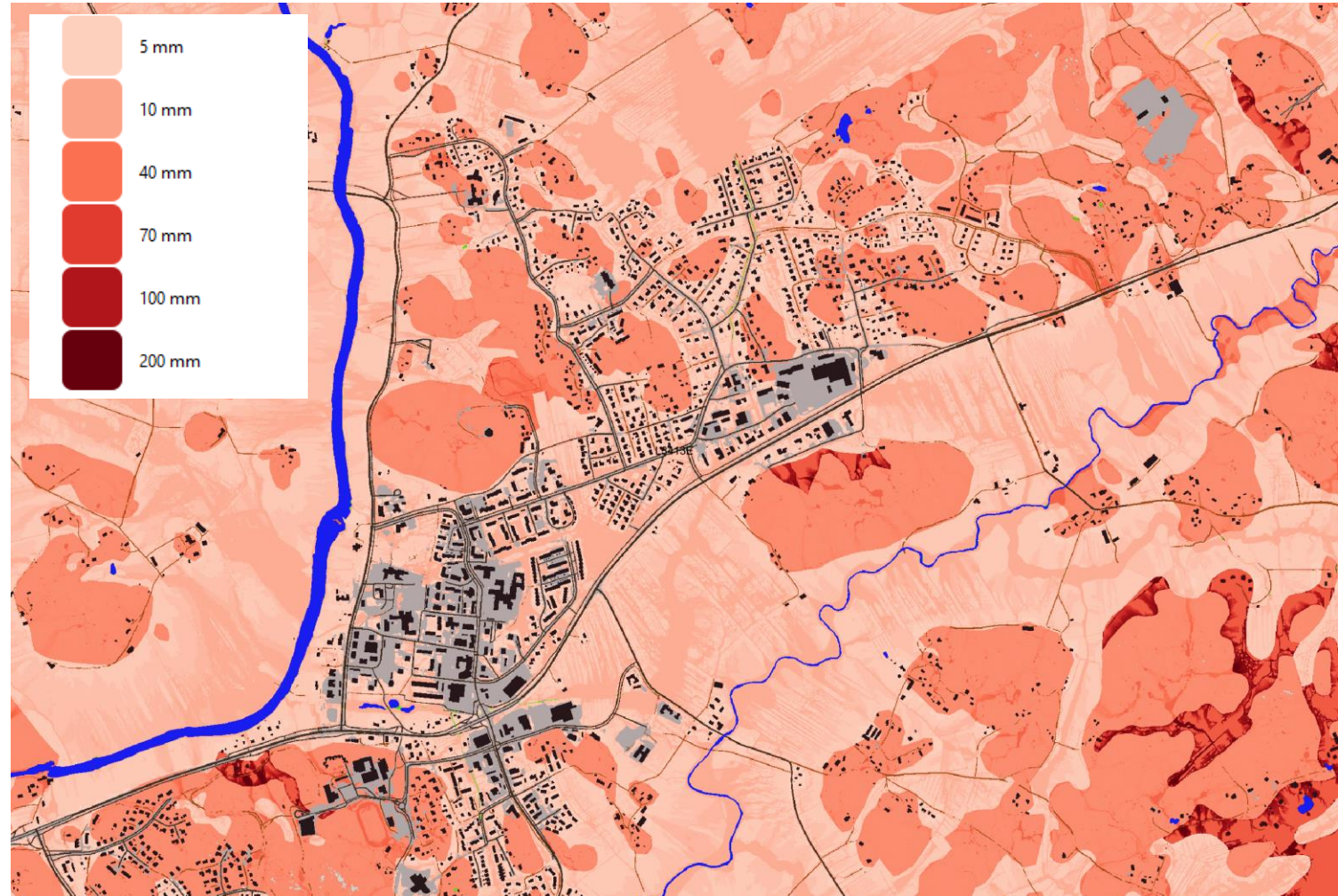
Kuvassa on esitetty maaperä-aineisto esimerkkialueelle.



# Maaperään imeytyminen

- Maaperään imeytymiseen vaikuttaa maaperäaineksen vedenläpäisevyys ja imukorkeus sekä maanpinnalla olevan veden määrä
- Läpäisemättömän pinnan kohdalla ei tapahdu imeytymistä
- Kuvassa on esitetty kumulatiivinen maaperään imeytyminen joka on aiheutunut kahden tunnin kuluessa sadetapahtumasta, jossa sataa 52 mm tunnin aikana

Kuvassa näkyy laskelmien mukainen maaperään imeytyminen esimerkkialueella.

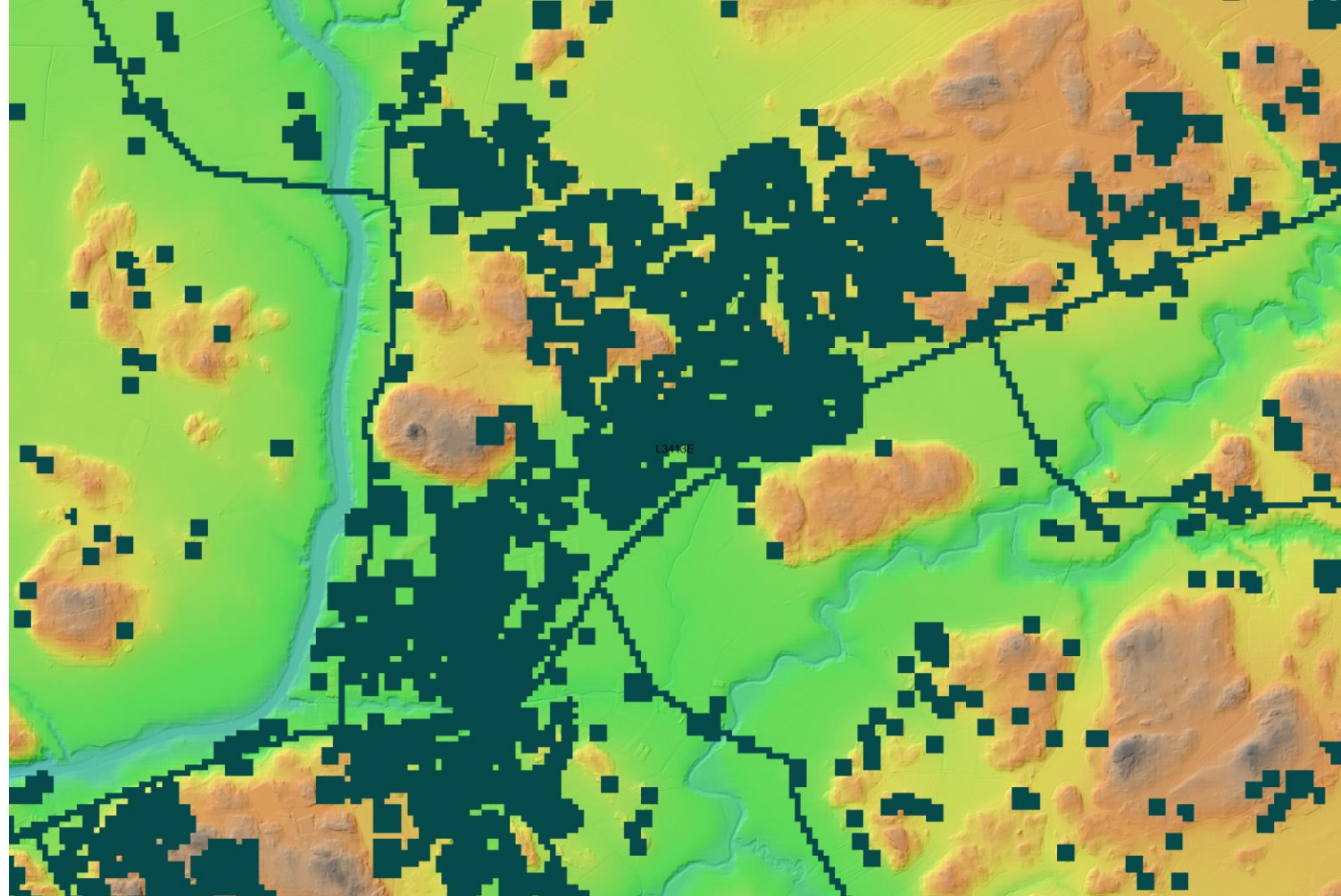


Ei imeytymistä (päällystetty tie, rakennukset, muu päällystetty pinta)



# Hulevesiviemäröinnin vaikutuksen huomioiminen (1)

- Käytetty rakennetulle alueelle tasaista poistoa sateesta 10 mm/h hulevesijärjestelmän huomioimiseksi
- Rakennettu alue on määritetty Corine 2018 -maanpeiteaineistoon perustuen (luokat <7 ja 11)
- Sama menetelmä oli käytössä 2018 alustavan hulevesitulvakartan laskennassa

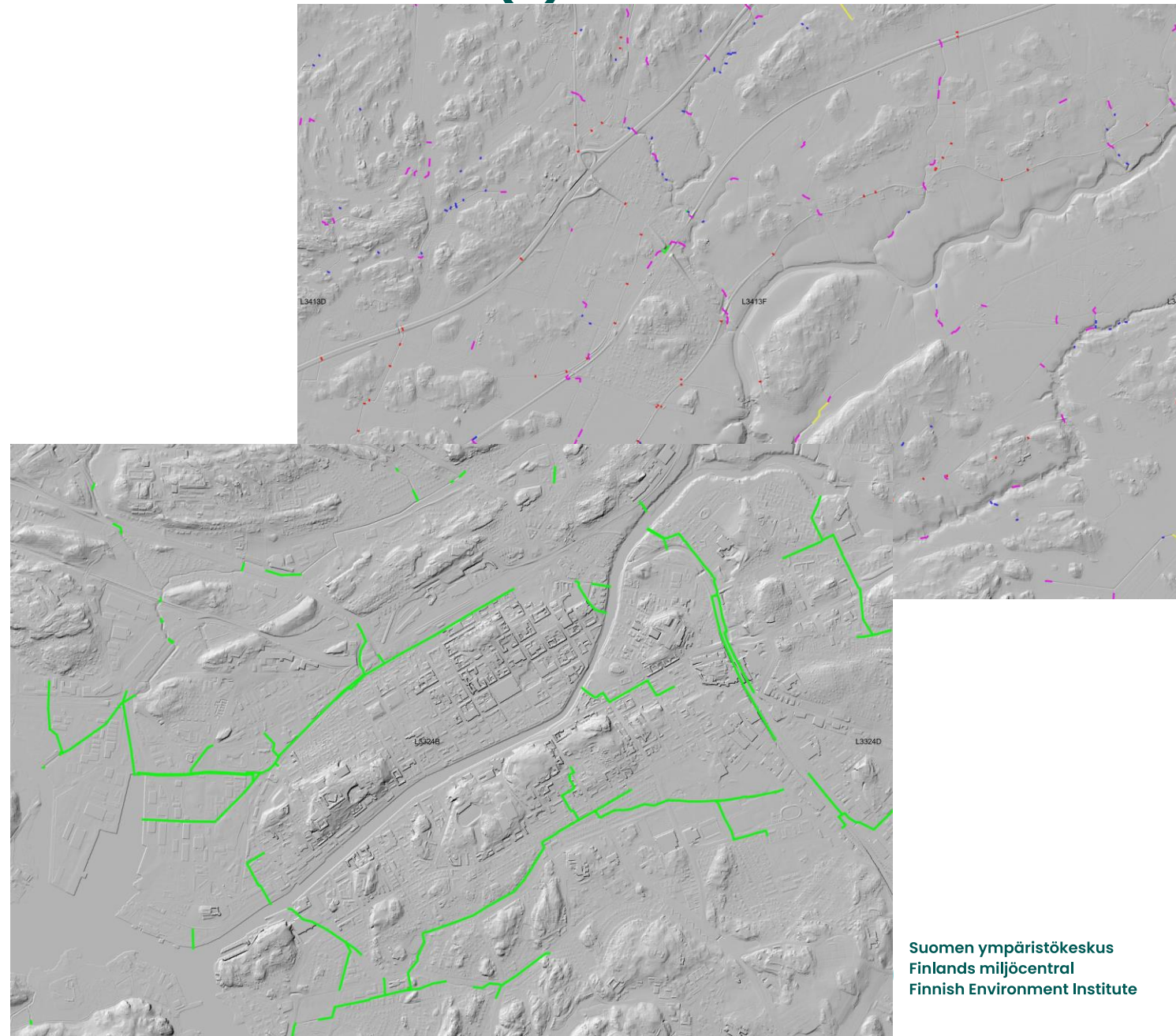


Kuvassa esimerkki, jossa näkyy alueet, johon hulevesijärjestelmän vakiohäviötä käytetään.

# Hulevesiviemäröinnin vaikutuksen huomioiminen (2)

- Rummut on tunnistettu aikaisempaa kattavammin (Uomakorjaus-aineisto)
  - Perustuvat MML:n maastotietokannan uomaverkkoon ja Väyläviraston rumputietoihin
  - Kuntien katuverkon osalta puutteita
- Lisäksi laskennassa hyödynnettiin kuntien alustavaa hulevesitulvakarttaa varten digitoimia putkia ja rumpua
  - Pari kuntaa teki myös uusia digitointeja päivystä varten
- Pitkien putkien osalta laskentaa on kehitetty aikaisemmasta malliversiosta

Kuvissa on esitetty rumpujen ja putkien sijainti esimerkkialueilla.

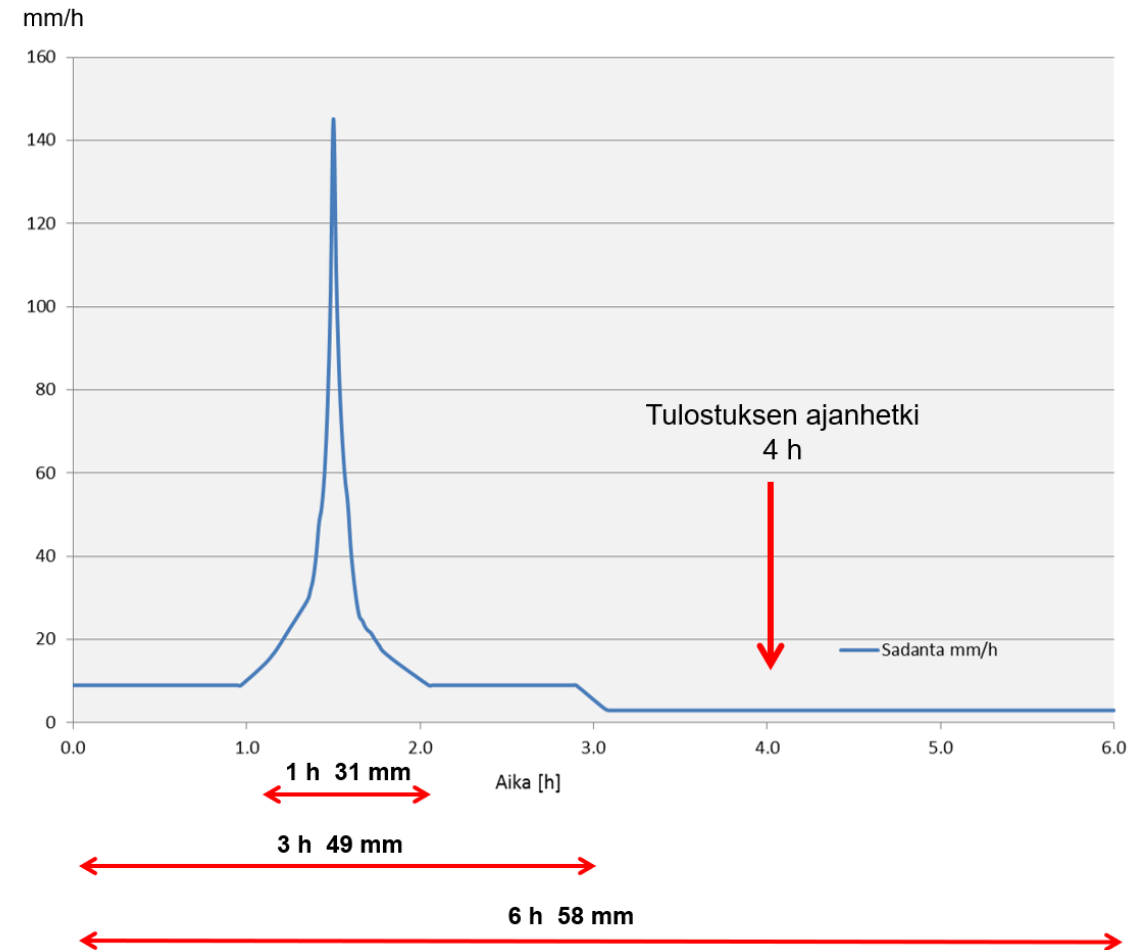




# Laskelmissa käytettävä sadanta (1)

- Vuoden 2018 laskelmissa käytettiin neljän tunnin sadantaa, jossa huippu oli yhden ja kahden tunnin välissä
- Vuoden 2018 laskelmissa käytetty 1/100a sadetapahtuma oli ns. supersade, joka täytti silloisen ”nykysateen” 1 h (31 mm), kolmen tunnin (49 mm) ja kuuden tunnin (58 mm) sademäärän
- Vuoden 2018 laskelma tehtiin neljän tunnin ajalle
- Vuoden 2018 laskennan isompi sadetapahtuma oli Porin 2007 sateesta muokattu sadetapahtuma, jossa neljän tunnin kertymä oli sama kuin Poriin sateessa, mutta jonka muoto oli sama kuin käytetyssä 1/100a sateessa

## Vuoden 2018 kartassa käytetty sadanta 1/100a

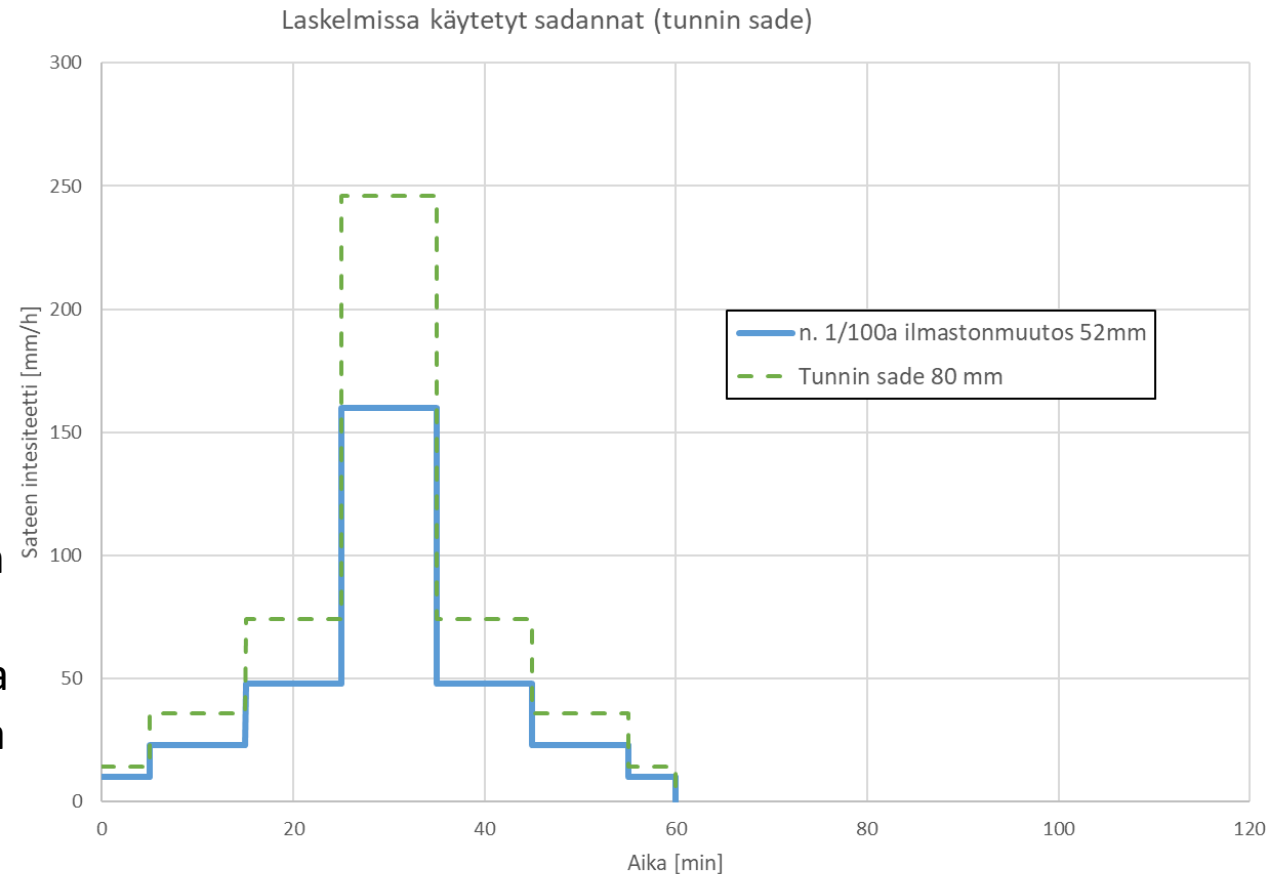


Kuvassa on esitetty vuoden 2018 laskelmissa käytetty sadanta 1/100a tilanteelle.



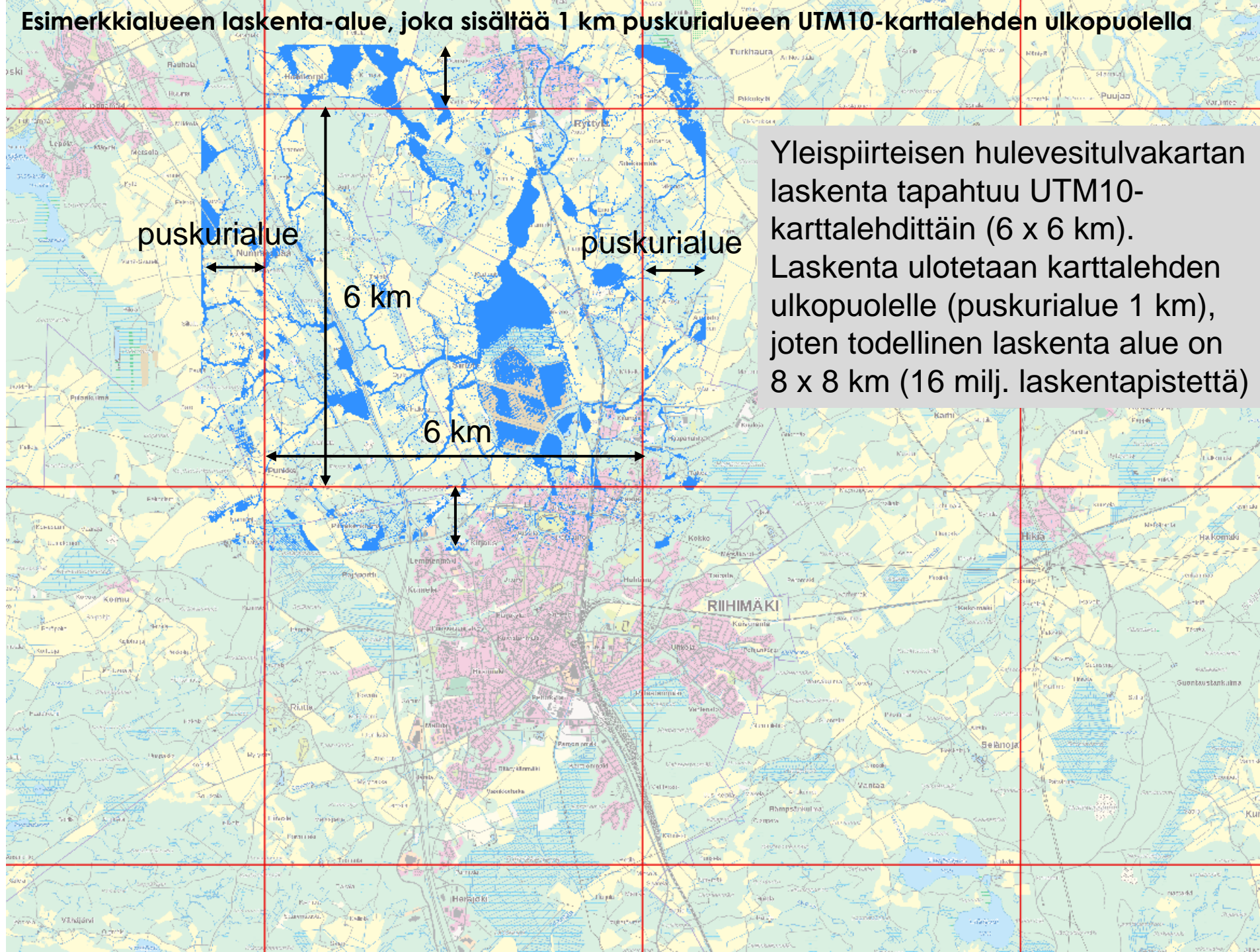
## Laskelmissa käytettävä sadanta (2)

- Uusissa laskelmissa haluttiin ottaa ilmastonmuutoksen vaikutus huomioon ja lisäksi haluttiin käyttää lyhyempää sadetapahtumaa laskennan keston pitämiseksi kohtuullisena (veden maaperään imeytymisen laskennassa käytettävä Green and Ampt -menetelmä hidastaa laskentaa)
- Nyt käytetään kahden tunnin laskentaa, jossa sadetapahtuma on ensimmäisen tunnin aikana (huipun jälkeiselle valunnalle jää tällöin aikaa n. 1,5 tuntia)
- Viimeisempien selvitysten mukaan kerrointa 1,4 voidaan käyttää kuvaamaan ilmastonmuutoksen vaikutusta rankkasateisiin. Uuden 1/100a sadetapahtuman pohjana on Ilmasto-oppaan nykyilmaston sadekertymä 10 min ja 1 h:n sateille. Kertomalla kertymät 1,4:llä saadaan viereisen kuvan mukainen sadanta, jossa tunnin sade kertymä on pyöristettyä 52 mm.
- Isompana sadetapahtumana on käytetty tunnin sadantaa, jossa sademäärä on 80 mm ja jonka muoto vastaa 1/100a sadantaa



Kuvassa on esitetty vuoden 2024 laskelmissa käytetty sadanta 1/100a tilanteelle.

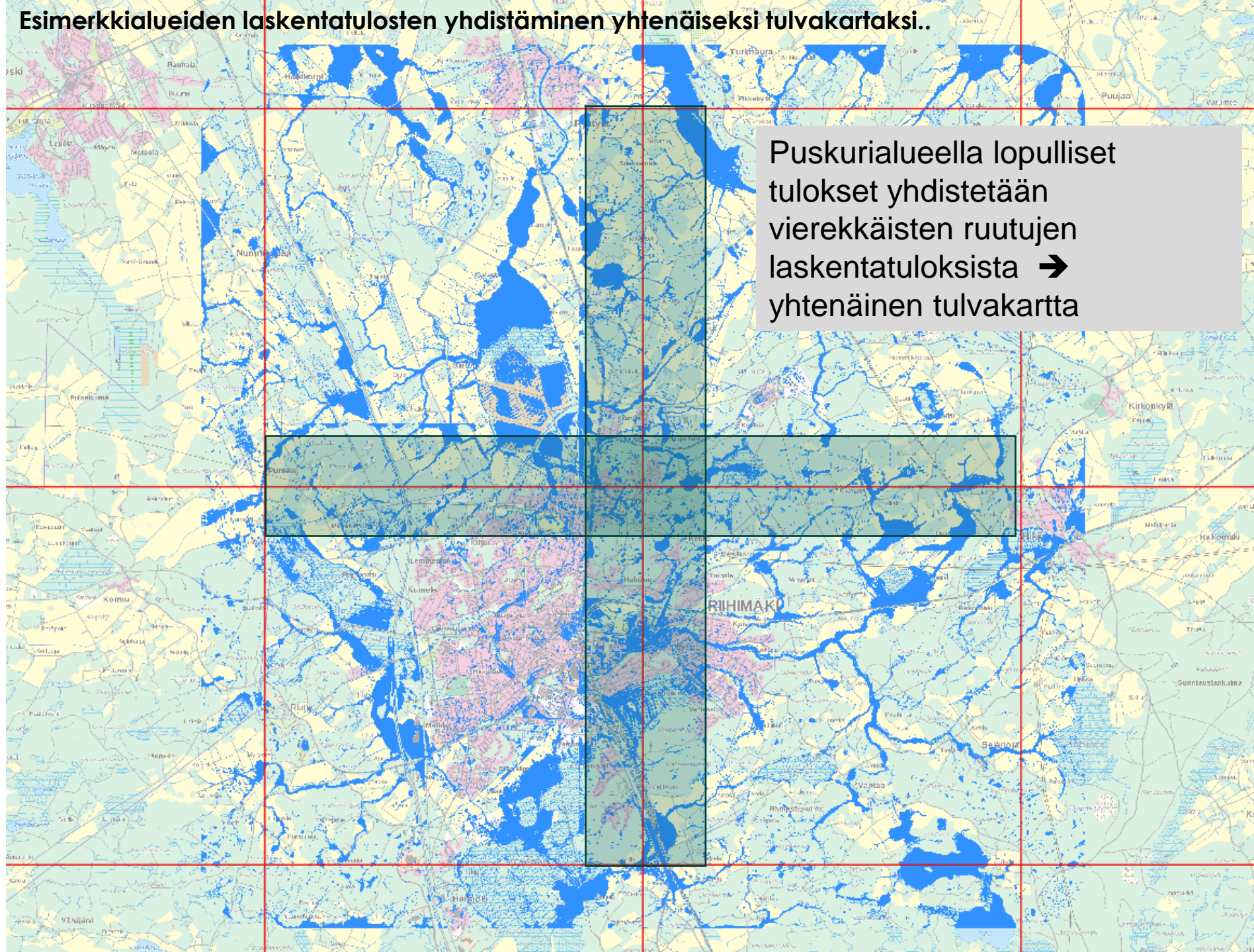
# Esimerkkialueen laskenta-alue, joka sisältää 1 km puskurialueen UTM10-karttalehden ulkopuolella



Yleispiirteisen hulevesitulvakartan laskenta tapahtuu UTM10-karttalehdittäin (6 x 6 km). Laskenta ulotetaan karttalehden ulkopuolelle (puskurialue 1 km), joten todellinen laskenta alue on 8 x 8 km (16 milj. laskentapistettä)

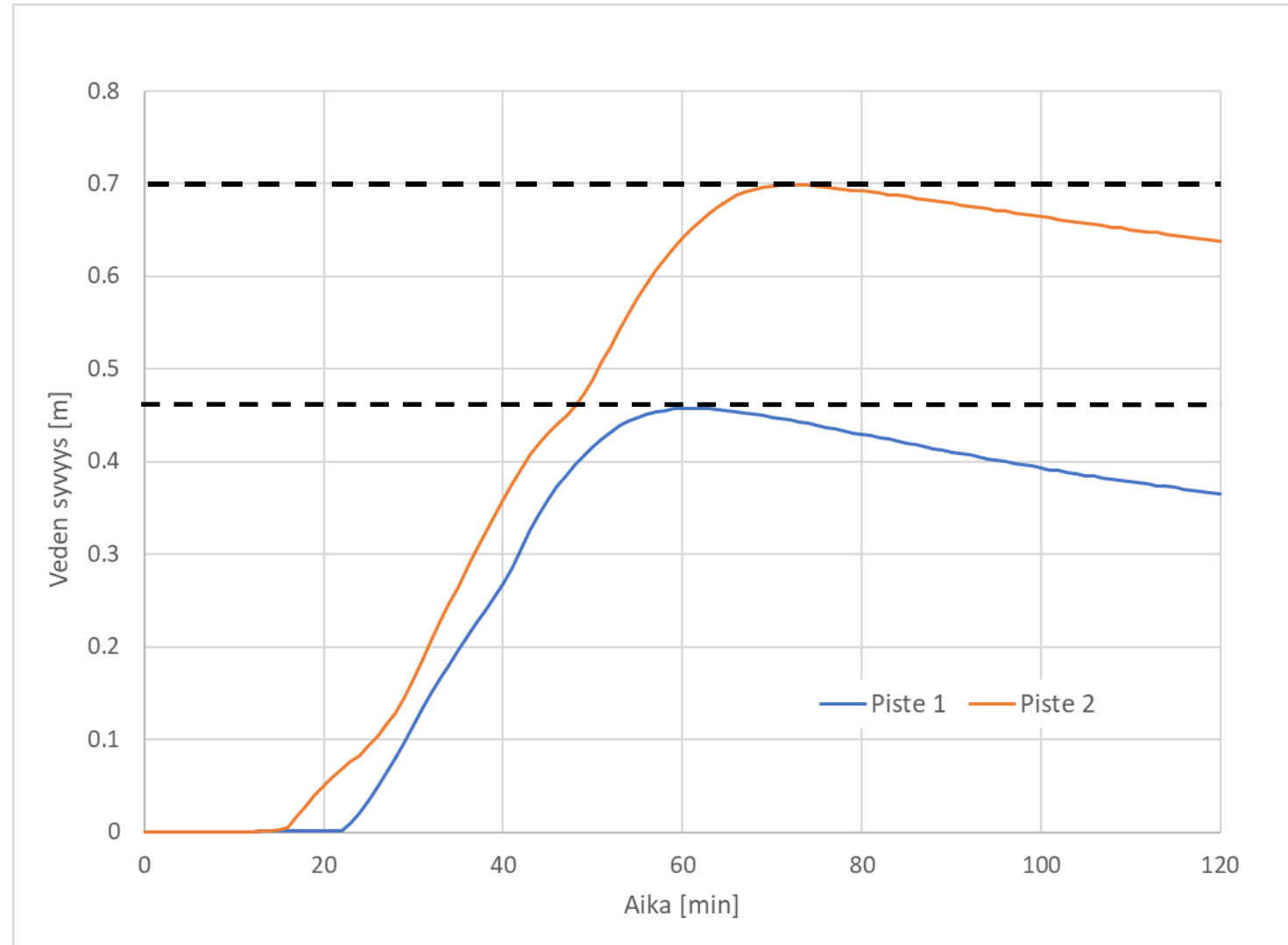


# Esimerkkialueiden laskentatulosten yhdistäminen yhtenäiseksi tulvakartaksi..



# Kartan vedensyvyyden ja virtausnopeuden määräytyimen

- 2x2 m:n laskentatasolussa esitetty vedensyvyys ja virtausnopeus määräytyy laskennan aika ko. solussa saavutetusta suurimmasta arvosta

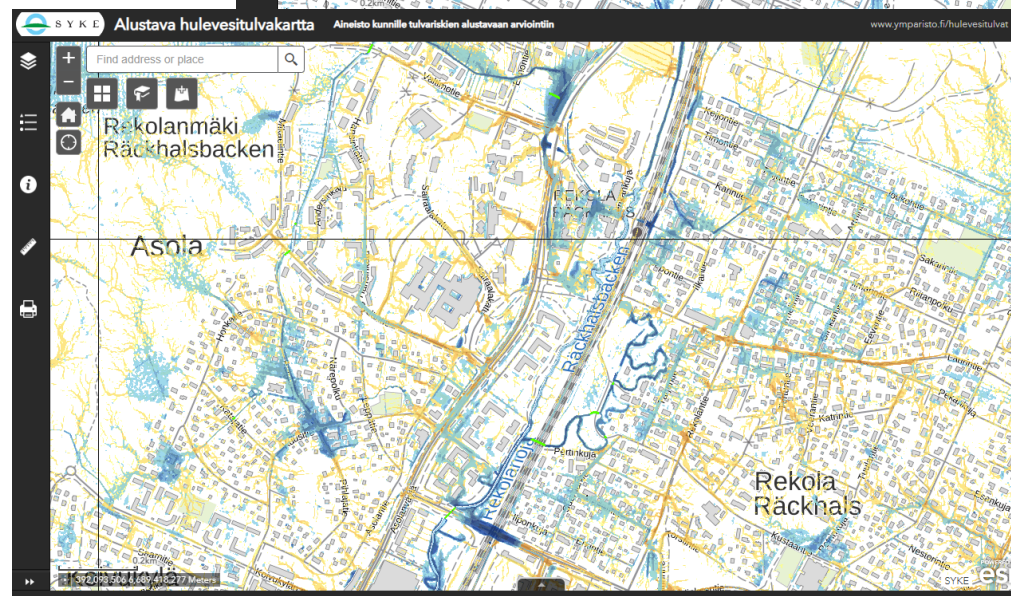
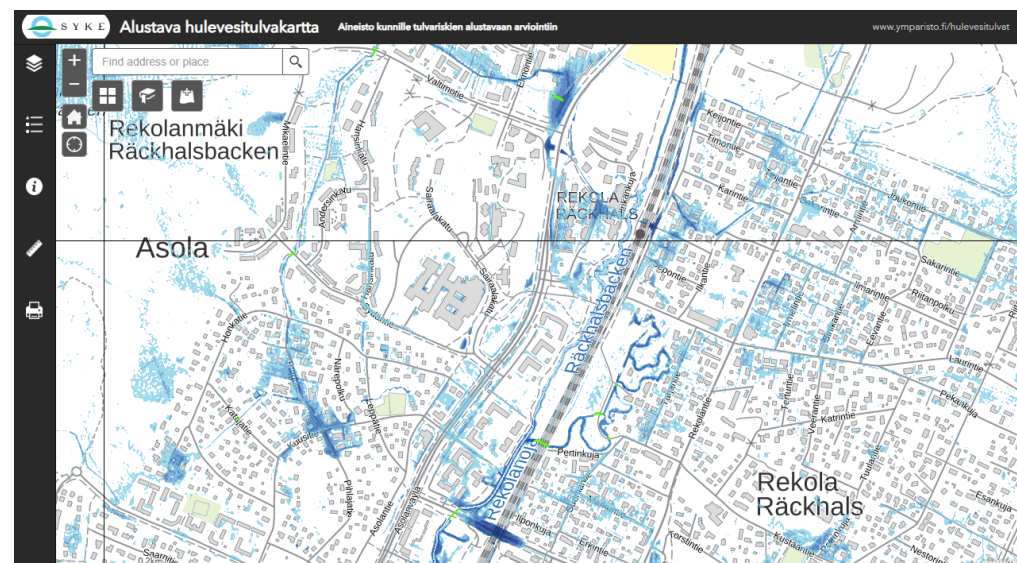


Kuvassa on esitetty suurimman vedenkorkeuden poiminta esimerkkipisteillä.



# Yleispiirteisen hulevesitulvakartan julkaisu

- Yleispiirteinen hulevesitulvakartta julkaistaan omassa karttapalvelussaan samaan tapaan kuin vuoden 2018 alustava hulevesitulvakartta
  - Suunnitelmana tarjota nyt ilman tunnistautumista
  - Uutena paikkatietorajapinta ja latauspalvelu
  - Tavoite julkaisulle helmi-maaliskuu 2024
- Esitetään kummankin sadetapahtuman
  - Maksimi vedensyvyys
  - Maksimi virtausnopeus virtausreittien havainnollistamiseen
  - Uutena mahdollisesti: sadetapahtuman aikana maaperään imeytynyt vesimäärä (mm)
- Epävarmuuksien huomiointi keskeistä
  - Virheitä esim. jos rumpua ei ole huomioitu korkeusmallissa



Kuvissa on esitetty vedensyvyyden ja virtausnopeuden esittäminen hulevesitulvakartalla.

# Kiitos!

<https://www.vesi.fi/hulevesitulvat>

Sis. mm. ELYjen hulevesitulvariski-yhdyshenkilöt



Suomen ympäristökeskus  
Finlands miljöcentral  
Finnish Environment Institute