



Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden
korkeakoulu

Työpaketti 5: Taajamien rankkasadetulvien hallinnan parantaminen

VERTI - Vesihuoltoverkostojen tila ja riskienhallinta

*Outi Raudaskoski, Nora Sillanpää, Harri Koivusalo
Rakennetun ympäristön laitos
Vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmä*

Työpaketti 5: raportointi

Työryhmä: prof. Harri Koivusalo, tutkijatohtori Nora Sillanpää, tekn. yo. Outi Raudaskoski

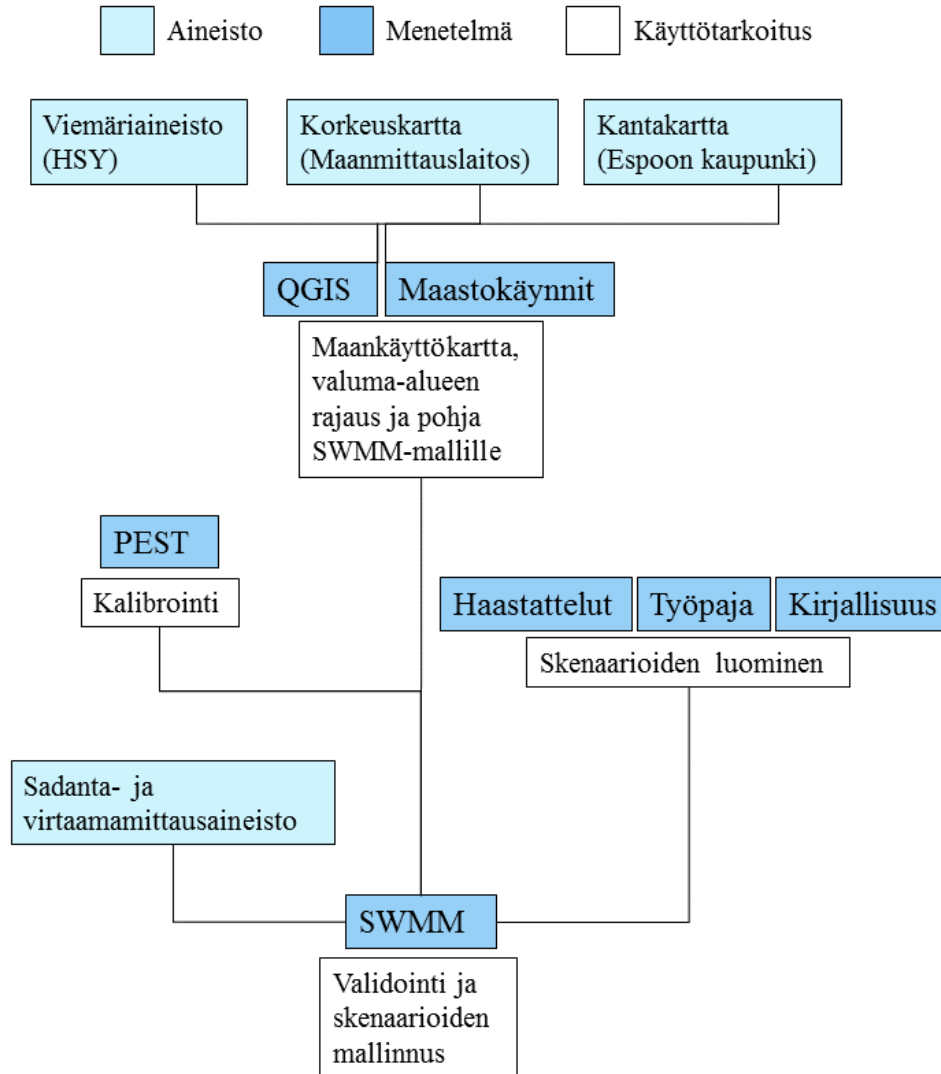
Loppuraporttina:

- Diplomityö: Raudaskoski, Outi. 2016. Hulevesien hallintavaihtoehtojen mallinnus tiiviissä taajamassa. (<https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/19943?show=full>)
- Artikkelit Vesitalous-lehdessä 6/2016
- Tuloksia on esitelty hankkeen oman seminaarin lisäksi Aalto-yliopiston insinööritieteiden korkeakoulun Dean's Circle –sidosryhmätapahtumassa (16.11.2016). Tuloksia tullaan esittelemään jatkossa eri tilaisuuksissa.
- Tuloksia ja hankkeessa rakennettua mallia tullaan hyödyntämään Aalto-yliopistossa hulevesien hallinnan opetuksessa.
- Hankkeessa rakennettua mallia hyödynnetään jatkotutkimuksessa.

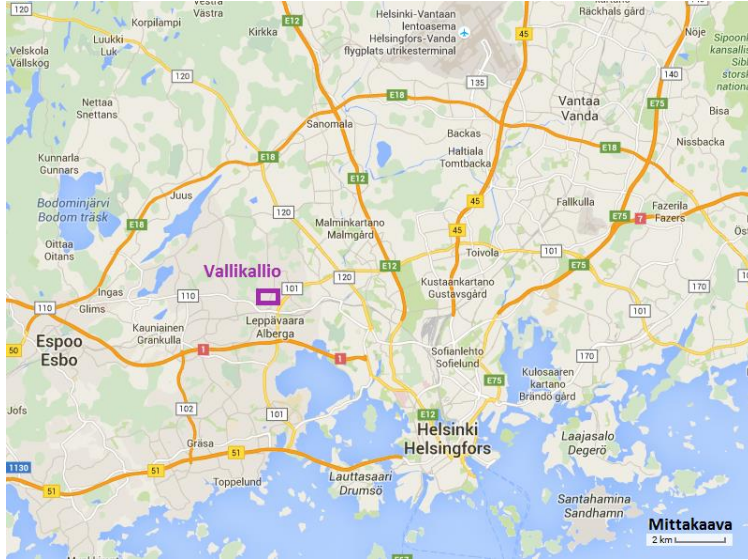
Tavoitteet

- Sadanta-valunta- verkostomallin (SWMM) kalibrointi ja validointi tiiviille, olemassa olevalle kaupunkialueelle (Vallikallio, Espoo)
- Vaihtoehtoisten hulevesien hallintamenetelmien (LID-menetelmien, *low impact development*) vaikutus hulevesiverkoston kapasiteettiin:
 - LID-skenaariot rakennettiin kirjallisuuden ja sidosryhmähaastatteluiden pohjalta. Sidosryhmähaastatteluihin sisältyi VERTI-hankkeen työpaja sekä erikseen sovitut haastattelut hulevesisuunnittelua tekevien konsulttien kanssa (mukana Aalto-yliopisto, FCG, Pöyry, Ramboll, SITO, SYKE, Vantaan kaupunki). Sidosryhmähaastatteluissa kartoitettiin hulevesienhallinnan suunnittelun nykykäytäntöjä ja kehitystarpeita Suomessa.
 - yksittäiset mitoitussadetilanteet ja pidemmän ajanjakson laskenta
 - LID-rakenteiden toimivuus hyvin ja huonosti vettäläpäisevän maaperän tilanteissa
 - LID-rakenteiden mitoitustilavuuden vaikutus

Työn vaiheet



Valuma-alueen rajausta, Vallikallio



- Asfaltti
- Kiveys
- Kallio
- Hiekka
- Viheralueet
- Katot
- Sademittari
- Kaivot
- Putket
- ▼ Purkupiste

Pinta	ha	%
Läpäisemätön (katto+päällystetty+kiveys)	6,37	55,88
Läpäisevä (viheralueet+hiekka&sora)	5,03	44,12

Haastattelut ja työpaja

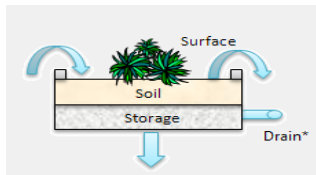
FCG Finnish Consulting Group Oy, Pöyry Finland Oy, Ramboll Finland Oy, Sito Oy, SYKE, Vantaan kaupunki



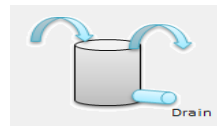
Mallinnetut hulevesien hallintaskenaariot

- Yksittäiset rakenteet eri skenaarioissa

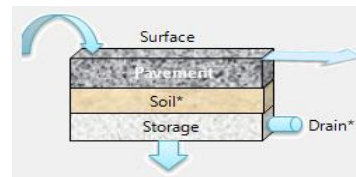
- Biosuodatus (pihoilla)



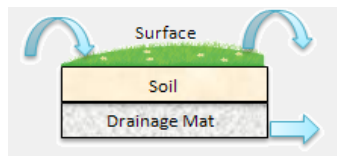
- Sadeveesisäiliö (katoilla)



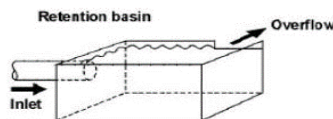
- Lämpäisevä päällyste (pihoilla ja katualueilla)



- Viherkatto (katoilla)



- Viivytysrakenne (keskitetty)



- Yhdistelmäskenaariot

- Biosuodatus + sadeveesisäiliö + lämpäisevä päällyste katualueilla

- Edelliset + Viivytysrakenne

Hallintaskenaarioiden muuttujat

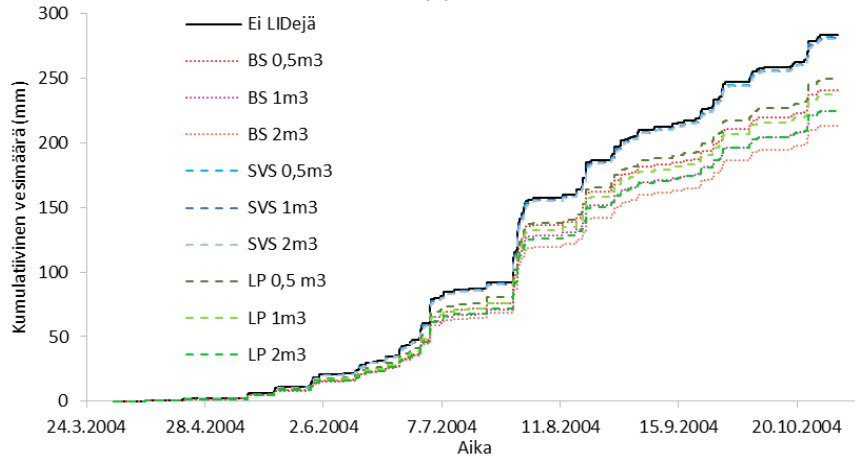
- Hyvin läpäisevä vs. huonosti läpäisevä maaperä
- Mitoitustilavuudet $0,5 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2$, $1 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2$ ja $2 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2$ läpäisemätöntä pinta-alaa (biosuodatus, sadeveesisäiliö, läpäisevä päällyste pihoidilla)

Mallinnetut sadetapahtumat

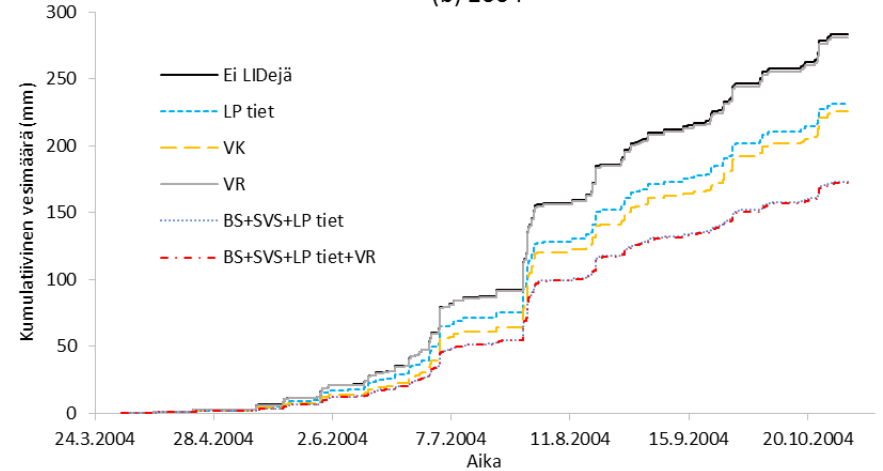
- Sateinen ajanjakso 4/2004-10/2004
- Kuiva ajanjakso 4/2006-8/2006
- Mitoitussateet: 1/1, 1/5 ja 1/100 vuodessa toistuva 10 minuutin sadetapahtumat

Kumulatiivinen virtaama hyvin vettä läpäisevällä maaperällä

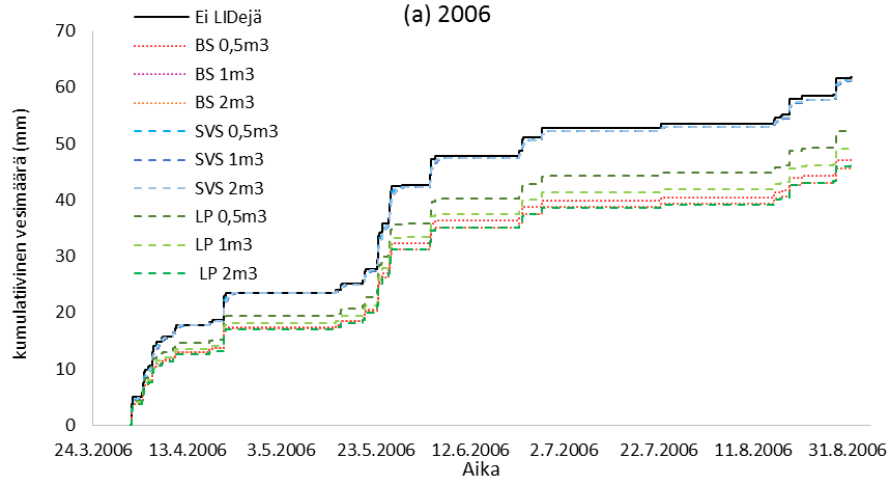
(a) 2004



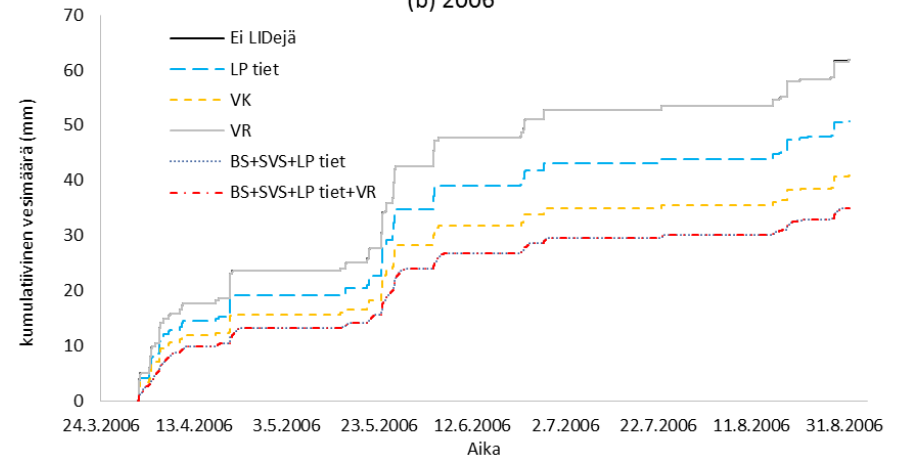
(b) 2004



(a) 2006

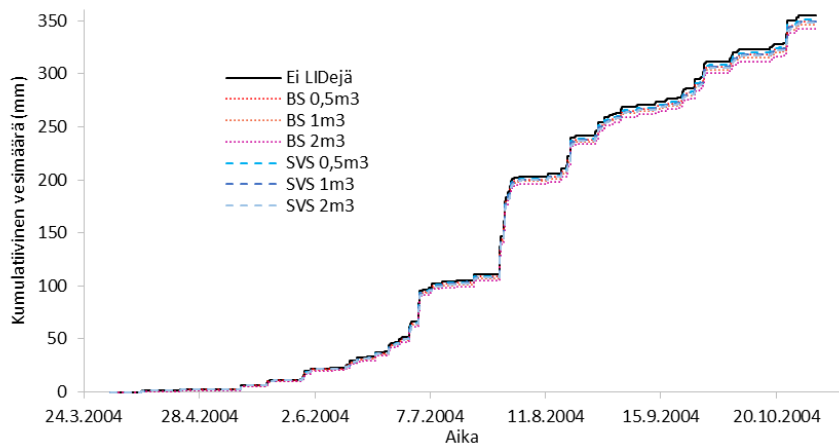


(b) 2006

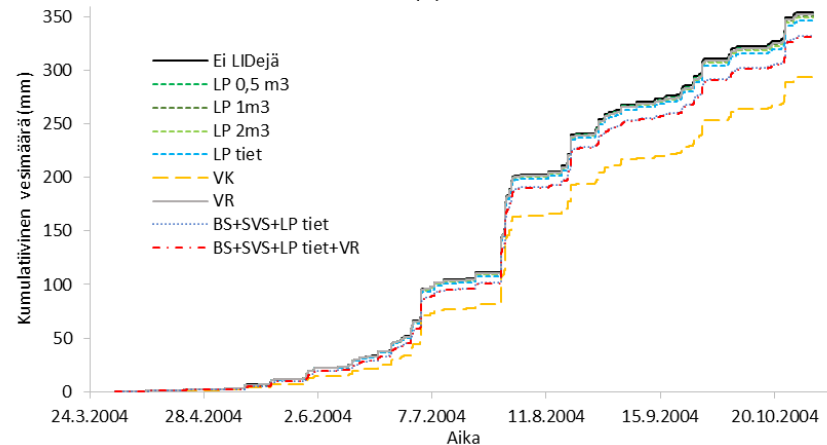


Kumulatiivinen virtaama huonosti vettä läpäisevällä maaperällä

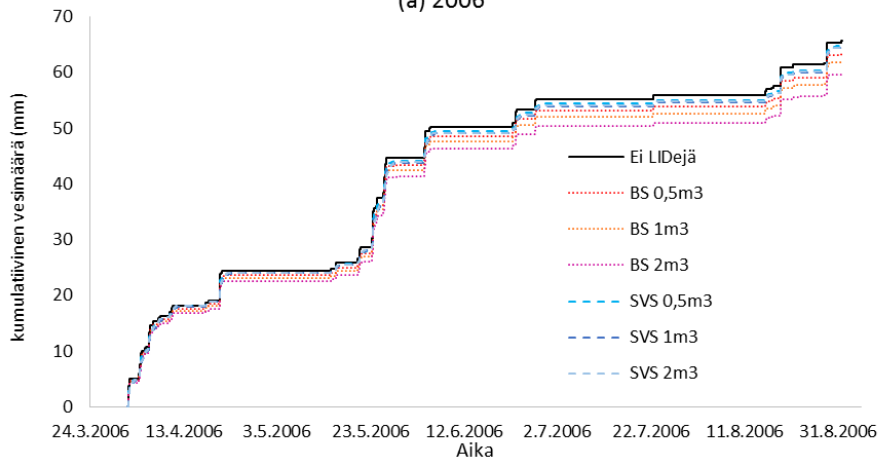
(a) 2004



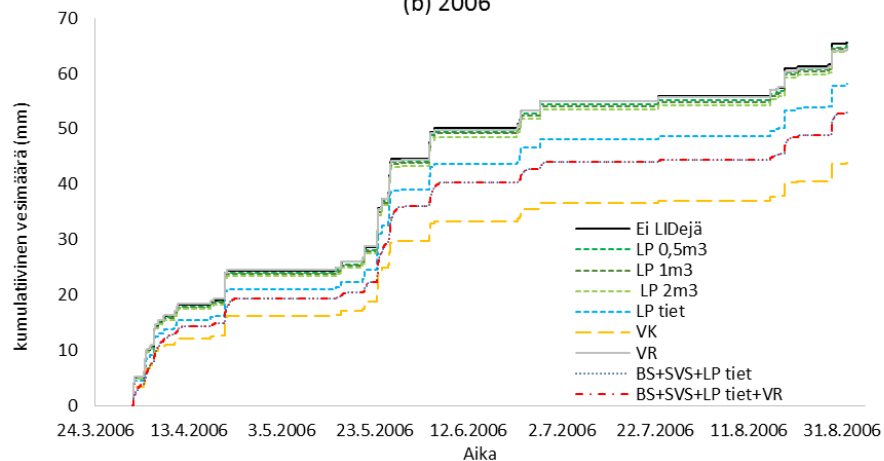
(b) 2004



(a) 2006



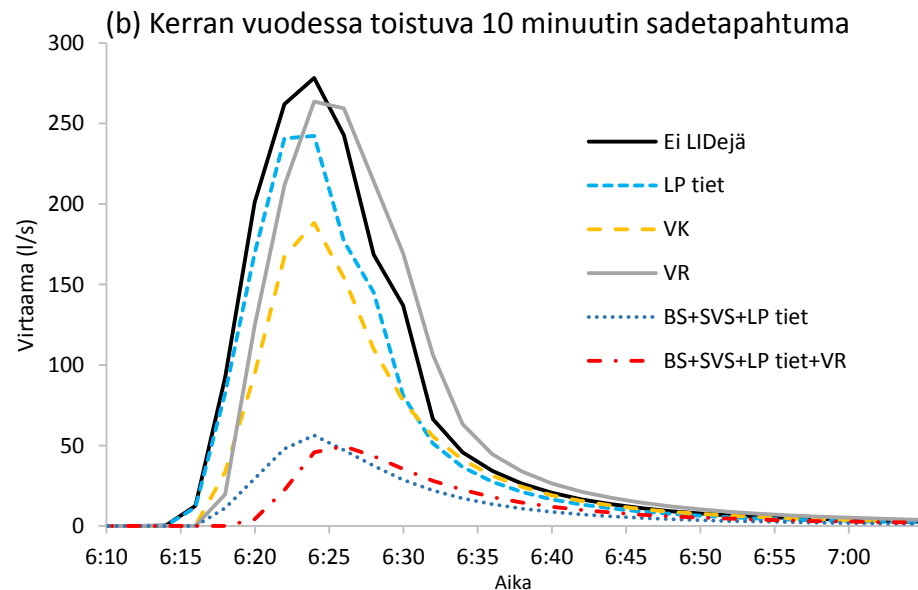
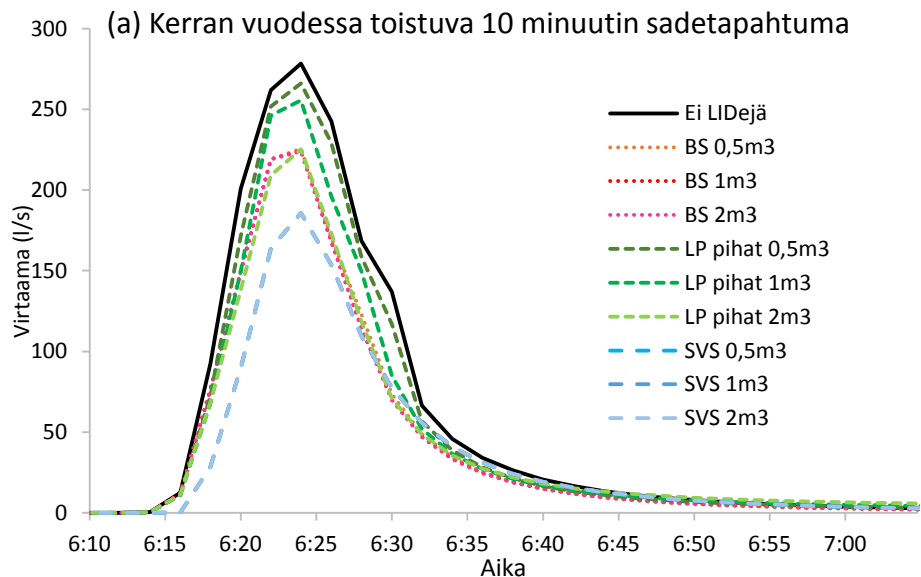
(b) 2006



Pitkän ajan mallinnusten maksimivirtaamat

Skenaario	Maksimivirtaama (l/s)			
	2004		2006	
	Hyvin läpäisevä maaperä	Huonosti läpäisevä maaperä	Hyvin läpäisevä maaperä	Huonosti läpäisevä maaperä
Ei LIDejä	441	444	396	405
BS 0,5 m3	441 (0 %)	447 (1 %)	356 (-10 %)	392 (-3 %)
BS 1 m3	441 (0 %)	447 (1 %)	346 (-12 %)	376 (-7 %)
BS 2 m3	423 (-4 %)	447 (1 %)	346 (-13 %)	377 (-7 %)
SVS 0,5 m3	441 (0 %)	447 (1 %)	308 (-22 %)	365 (-10 %)
SVS 1 m3	441 (0 %)	447 (1 %)	297 (-25 %)	354 (-13 %)
SVS 2 m3	441 (0 %)	447 (1 %)	297 (-25 %)	353 (-13 %)
LP 0,5 m3	441 (0 %)	447 (1 %)	392 (-1 %)	404 (0 %)
LP 1 m3	440 (0 %)	447 (1 %)	389 (-2 %)	403 (-1 %)
LP 2 m3	438 (-1 %)	447 (1 %)	370 (-6 %)	397 (-2 %)
LP tiet	405 (-8 %)	436 (-2 %)	358 (-10 %)	389 (-4 %)
VK	411 (-7 %)	438 (-1 %)	297 (-25 %)	356 (-12 %)
VR	414 (-6 %)	426 (-4 %)	354 (-11 %)	344 (-15 %)
BS+SVS+ LP tiet	404 (-8 %)	442 (0 %)	100 (-75 %)	165 (-59 %)
BS+SVS+ LP tiet+VR	387 (-12 %)	416 (-6 %)	95 (-76 %)	159 (-61 %)

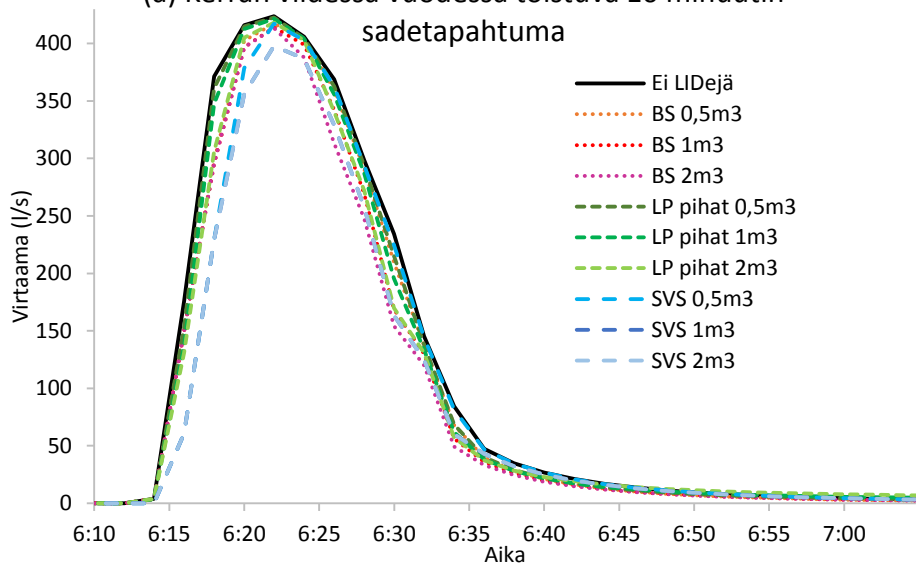
Kerran vuodessa toistuva mitoitussade



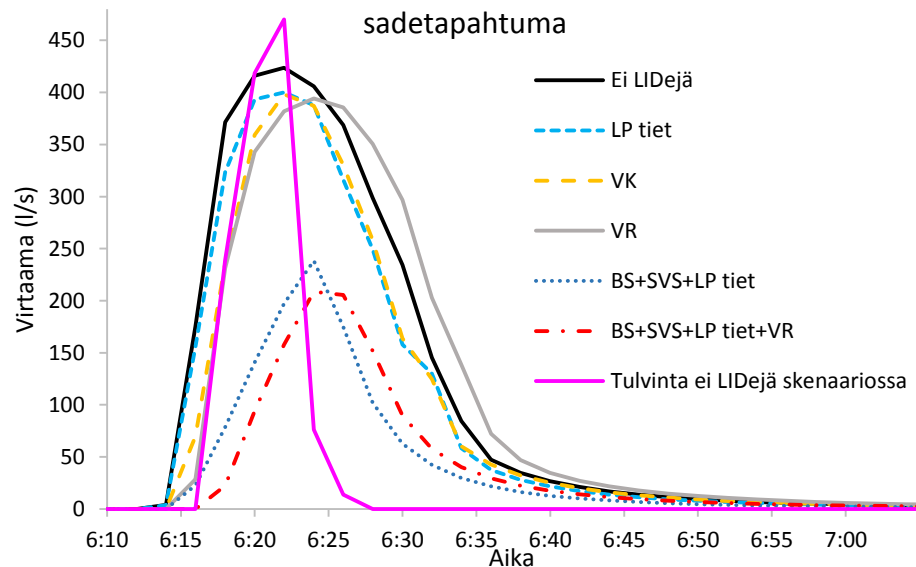
Sademäärä: 4,3 mm
Intensiteetti: 24 mm/h

Kerran viidessä vuodessa toistuva mitoitussade

(a) Kerran viidessä vuodessa toistuva 10 minuutin sadetapahtuma

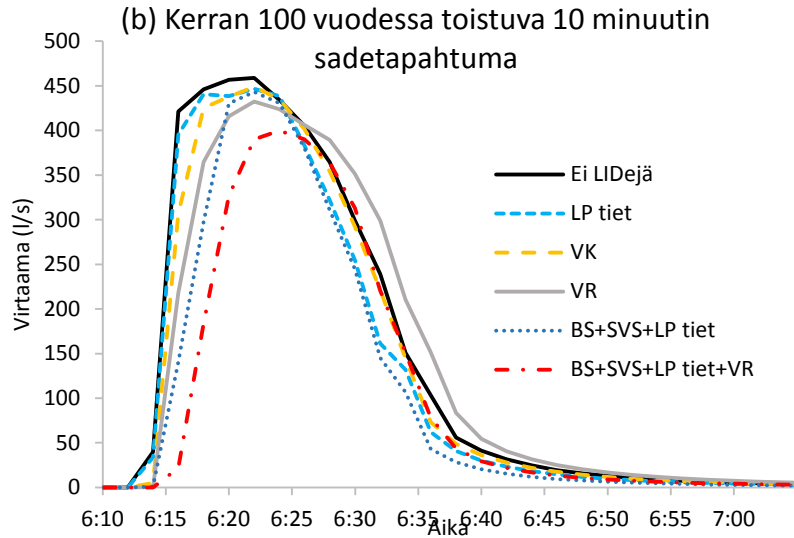


(b) Kerran viidessä vuodessa toistuva 10 minuutin sadetapahtuma

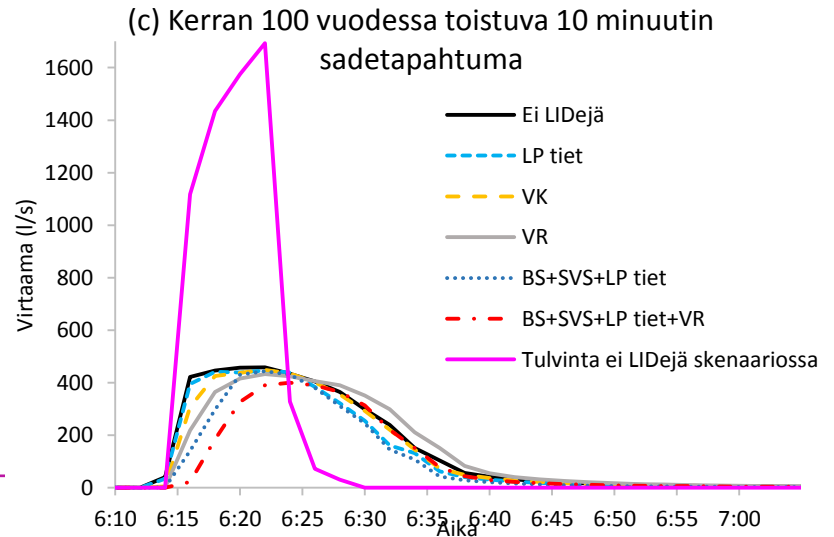
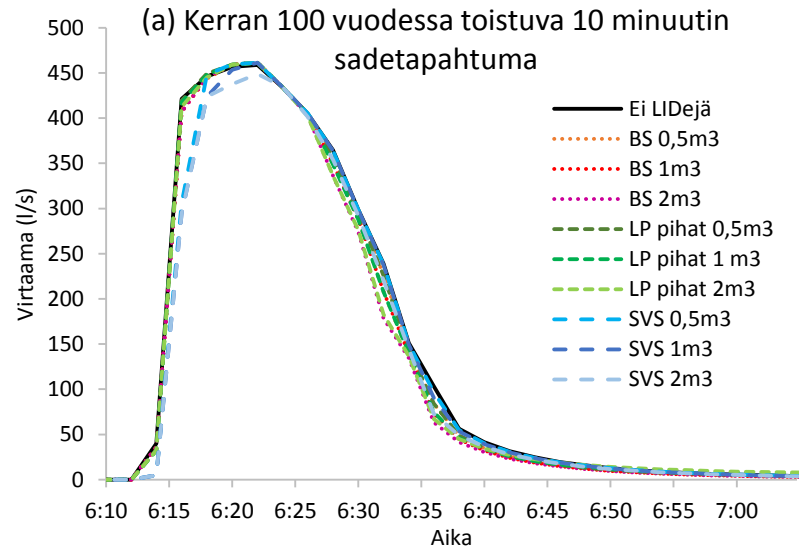


Sademäärä: 9,5 mm
Intensiteetti: 54 mm/h

Kerran sadassa vuodessa toistuva mitoitusade



Sademäärä: 19,1 mm
Intensiteetti: 114 mm/h



Valuma-alueen vesitase kerran sadassa vuodessa toistuvalla sadetapahtumalla

1/100 a 10 min		Sadanta (mm)	19,1	Intensiteetti (l/s/ha)	320	
Menetelmä	Valunta purkupisteellä (mm)	Imeytyminen (mm)	Haihdunta (mm)	Tulvinta (mm)	Varaston muutos (mm)	LID salaoja valunta (mm)
Ei LIDejä	4,3 (22,7 %)	8,1 (42,6 %)	0,4 (2,1 %)	6,3 (32,7 %)	0 (0 %)	-
SVS 0,5m3	4,4 (23,1 %)	8,1 (42,6 %)	0,4 (2,1 %)	5,6 (29,1 %)	0,6 (3,1 %)	0,3 (1,4 %)
SVS 1m3	4,6 (24,3 %)	8,1 (42,7 %)	0,4 (2,1 %)	4,7 (24,8 %)	1,2 (6,3 %)	0,5 (2,6 %)
SVS 2m3	5,1 (26,5 %)	8,1 (42,5 %)	0,4 (2,1 %)	3,3 (17,5 %)	2,2 (11,5 %)	1 (5,2 %)
BS 0,5 m3	4,2 (22 %)	8,4 (44,2 %)	0,4 (2,1 %)	5,8 (30,5 %)	0,3 (1,3 %)	-
BS 1m3	4,1 (21,7 %)	8,7 (45,8 %)	0,4 (2,1 %)	5,4 (28,2 %)	0,4 (2,3 %)	-
BS 2m3	4,1 (21,3 %)	9,3 (48,6 %)	0,4 (2,1 %)	4,5 (23,8 %)	0,8 (4,3 %)	-
LP 0,5m3	4,3 (22,5 %)	8,3 (43,4 %)	0,4 (2,1 %)	6,1 (32,1 %)	0 (0 %)	0,1 (0,5 %)
LP 1m3	4,3 (22,5 %)	8,4 (44 %)	0,4 (2 %)	6 (31,6 %)	0 (0 %)	0,2 (0,8 %)
LP 2m3	4,3 (22,5 %)	8,6 (45,2 %)	0,4 (2 %)	5,8 (30,5 %)	0 (0 %)	0,3 (1,3 %)
LP tiet	3,9 (20,7 %)	9,9 (51,7 %)	0,3 (1,8 %)	5 (26 %)	0 (0 %)	-
VK	4 (21 %)	8 (41,8 %)	0,5 (2,6 %)	3,4 (17,9 %)	3,2 (16,8 %)	-
VR	4,3 (22,3 %)	8,1 (42,6 %)	0,4 (2,1 %)	6,3 (33,1 %)	0 (0 %)	-
SVS+BS+						
LPtiet	3,8 (19,9 %)	10,5 (54,9 %)	0,3 (1,6 %)	2,9 (15,1 %)	1,6 (8,5 %)	0,5 (2,6 %)
SVS+BS+						
LPtiet+VR	3,7 (19,6 %)	10,5 (54,9 %)	0,3 (1,6 %)	2,9 (15,3 %)	6 (31,3 %)	0,5 (2,6 %)

Mitoitussateiden mallinnusten maksimivirtaamat

Skenaario	Maksimivirtaama (l/s)		
	1/1	1/5	1/100
Ei LIDejä	278	424	459
BS 0,5 m3	226 (-19 %)	417 (-1 %)	461 (1 %)
BS 1 m3	224 (-19 %)	414 (-2 %)	461 (1 %)
BS 2 m3	224 (-19 %)	413 (-2 %)	461 (1 %)
SVS 0,5 m3	186 (-33 %)	417 (-2 %)	461 (1 %)
SVS 1 m3	186 (-33 %)	398 (-6 %)	461 (1 %)
SVS 2 m3	186 (-33 %)	398 (-6 %)	449 (-2 %)
LP 0,5 m3	266 (-4 %)	423 (0 %)	461 (1 %)
LP 1 m3	256 (-8 %)	422 (-1 %)	461 (1 %)
LP 2 m3	225 (-19 %)	418 (-1 %)	461 (1 %)
LP tiet	242 (-13 %)	400 (-6 %)	447 (-3 %)
VK	188 (-32 %)	398 (-6 %)	449 (-2 %)
VR	264 (-5 %)	394 (-7 %)	432 (-6 %)
BS+SVS+ LP tiet	56 (-80 %)	238 (-44 %)	443 (-3 %)
BS+SVS+ LP tiet+VR	49 (-82 %)	208 (-51 %)	400 (-13 %)

Yleiset johtopäätelmät

- ✓ LID-rakenteilla voidaan vaikuttaa merkittävästi hulevesien määrään ja virtaamiin viemäriverkostossa
- ✓ Usean menetelmän yhdistelmät usein suositeltavin ratkaisu:
 - parempi alueellinen kattavuus
 - mukautuvampi/joustavampi järjestelmä: rakenteiden vaikutusmekanismit erilaisia
 - valuntaan saadaan aikaiseksi samanlainen laskennallinen muutos hyvin erilaisilla hulevesitekniikoilla: käytettävän tekniikan valinnassa paikallisten olosuhteiden huomioiminen, maaperän merkitys olennainen
- ✓ Tulevaisuudessa tarvitaan tutkimustietoa mm. paikallisista olosuhteista (talvi!), johdonmukaista suunnittelun ja mitoituksen kehittämistä, veden laadun huomioiminen, LID-rakenteiden kokeellista tutkimusta mallinnuksen rinnalle

Johtopäätelmät: maaperä ja mitoitus

- Pohjamaan vedenläpäisevyydellä suuri vaikutus LID-menetelmien toimintaan: vaikuttaa merkittävästi menetelmien valintaan
 - Usean menetelmän yhdistelmät tehokkaimpia kumulatiivisen valunnan vähentämisessä hyvin läpäisevällä maaperällä
 - Viherkattojen merkitys kasvaa huonosti läpäisevällä maaperällä, sillä ne lisäävät haihduntaa
- Rakenteiden ympärivuotista toimivuutta ei huomioitu mallinnoissa:
 - Paremmuusjärjestys voisi olla toinen
- LID-rakenteiden kapasiteetti riittää paremmin pienten sateiden aiheuttaman valunnan käsittelyyn:
 - Kuitenkin vähentävät tulvintaa poikkeuksellisissa tilanteissa ja voidaan käyttää osana tulvareittejä

Johtopäätelmät: maaperä ja mitoitus

Mitoitustilavuuden valinnassa tulisi ottaa huomioon maaperän ominaisuudet, salaojitustapa, tyypillisten sateiden ominaisuudet:

- Kylmät ilmasto-olosuhteet ja heikosti vettäläpäisevä pohjamaa usein puoltavat LID-rakenteiden salaojitusta
- Pienet mitoitustilavuudet riittäviä hyvin läpäisevällä maaperällä, huonosti läpäisevällä maaperällä tarvitaan suurempi tilavuus
- LID-menetelmät tehokkaimpia vähäsateisena ajanjaksona: vähäsateisena ajanjaksona pieni mitoitustilavuus riittää paremmin
- Hallintamenetelmien valintaan vaikuttavat huleveden määrällisten tekijöiden lisäksi laadulliset vaikutukset ja kustannukset