



SIA PROCESU ANALĪZES UN IZPĒTES CENTRS
CENTER FOR PROCESSES' ANALYSIS AND RESEARCH, Ltd



Ar klimata pārmaiņām saistīto hidroloģisko procesu izpēte un prognozēšana Rīgas pilsētas teritorijā

U. Bethers, P. Bethers, A. Piliksere, J. Senņikovs, A. Valainis, J. Virbulis

SIA Procesu Analīzes un Izpētes Centrs

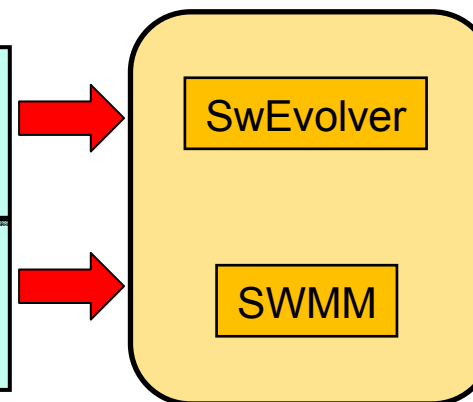
Rīga, 29.09.2012

Rīgas domes Pilsētas attīstības departamenta īstenotā LIFE+ programmas līdzfinansētā projekta „Rīgas pilsētas virszemes
ūdeņu ietekmju novērtēšana, novēršana un ekoloģiskā stāvokļa uzlabošana” noslēguma starptautiskā konference

Teritoriju applūšanu Rīgas pilsētā var izraisīt:

- (1) vētru radīti ūdens uzplūdi (vēja uzplūdi)
- (2) Upju caurplūduma maksimumi (pavasara pali)
- (3) spēcīgas lietusgāzes
- (4) strauja sniega kušana

Modelēšanas rīki

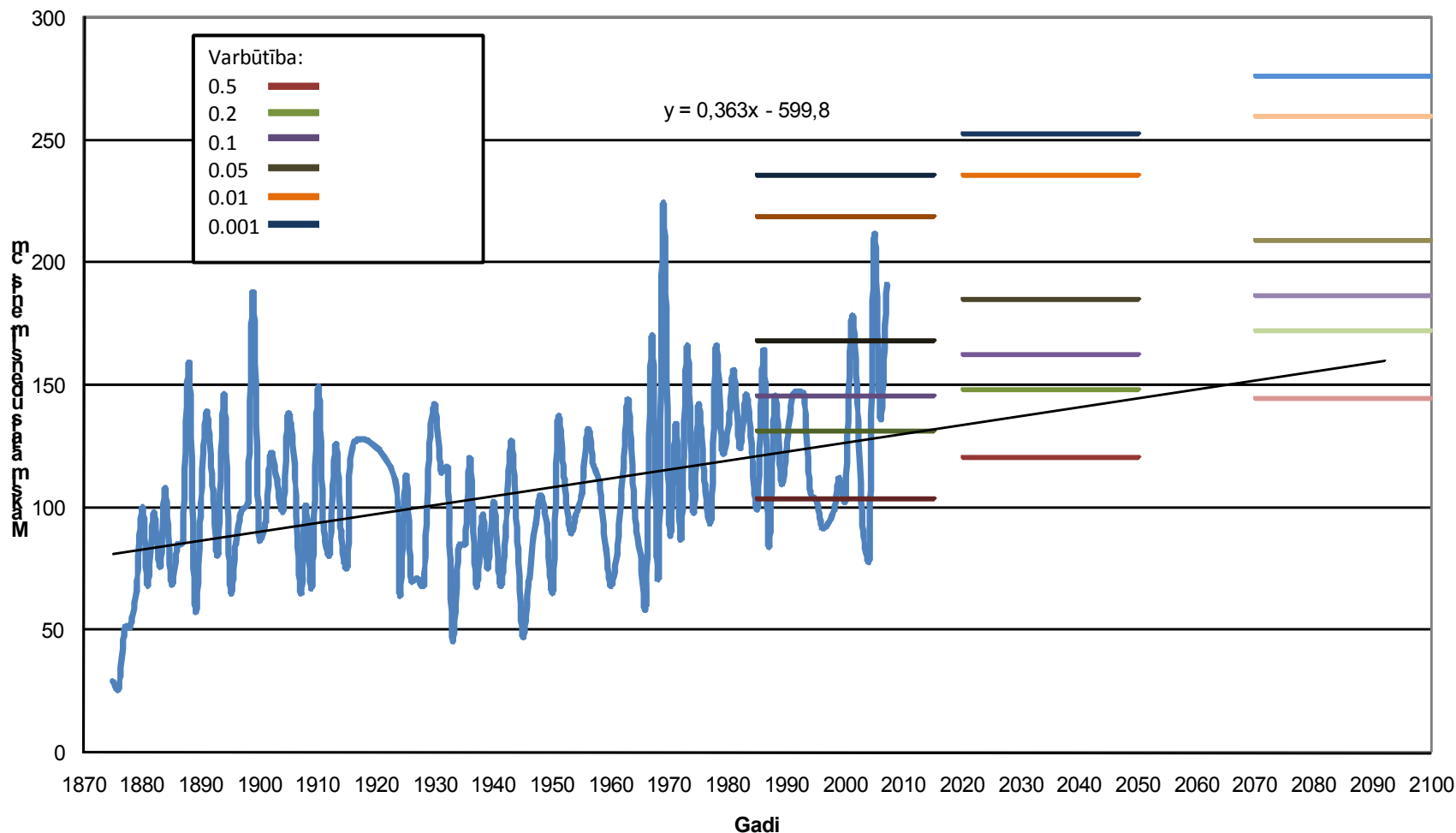
**Katram modelim:**

- *Scenāriji*
- *Modeļa apskats*
- *Modeļa ieejas dati*
- *Analīzes metodes*
- *Rezultātu piemēri*

Modeļu rezultāti tālāk izmantoti prezentācijās

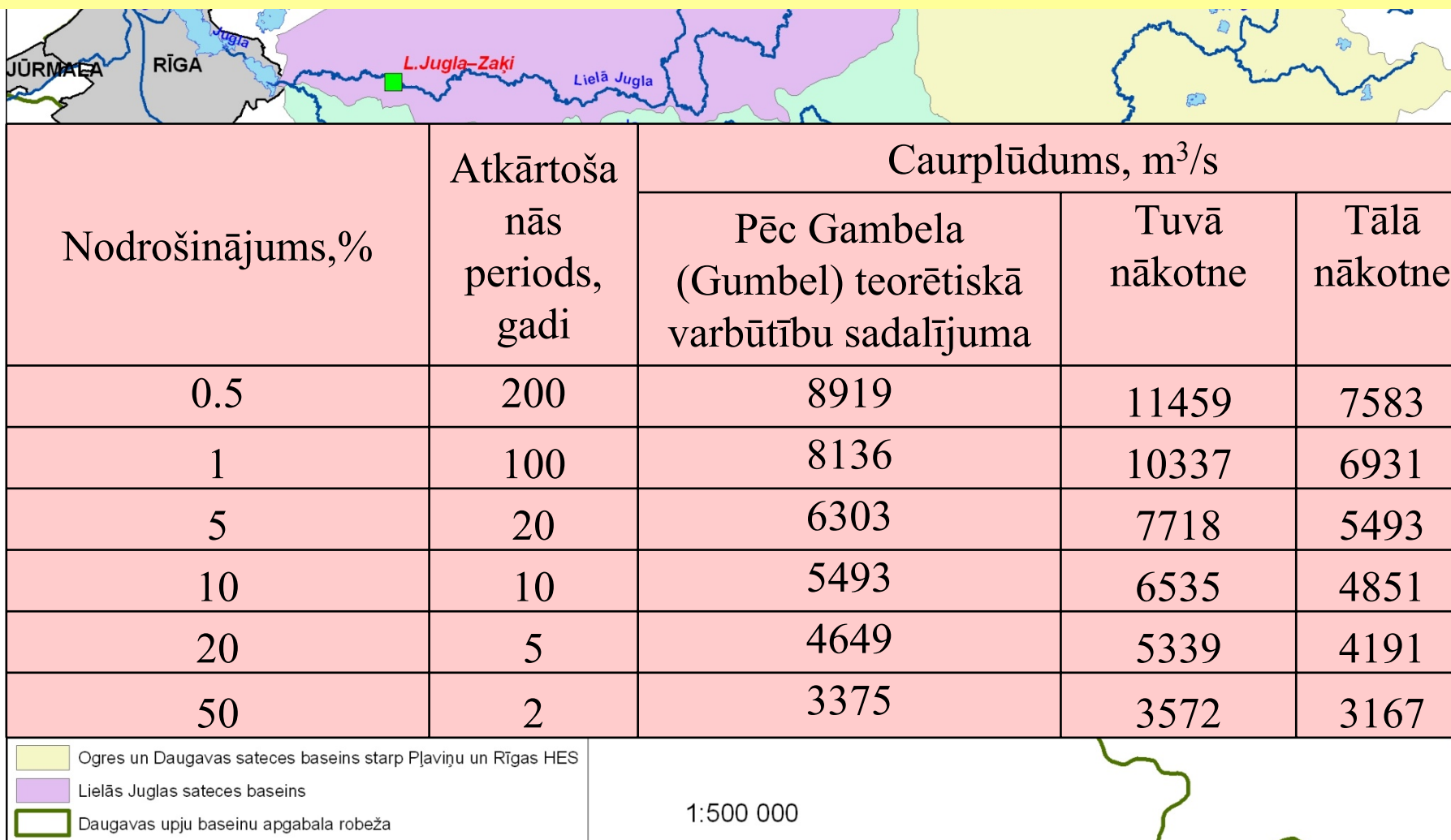
- Risinājumi pretplūdu aizsardzības pasākumiem –
Guntis Zaķis 11:30
- Izmaksu – ieguvumu analīze –
Ivars Berģs 12:35

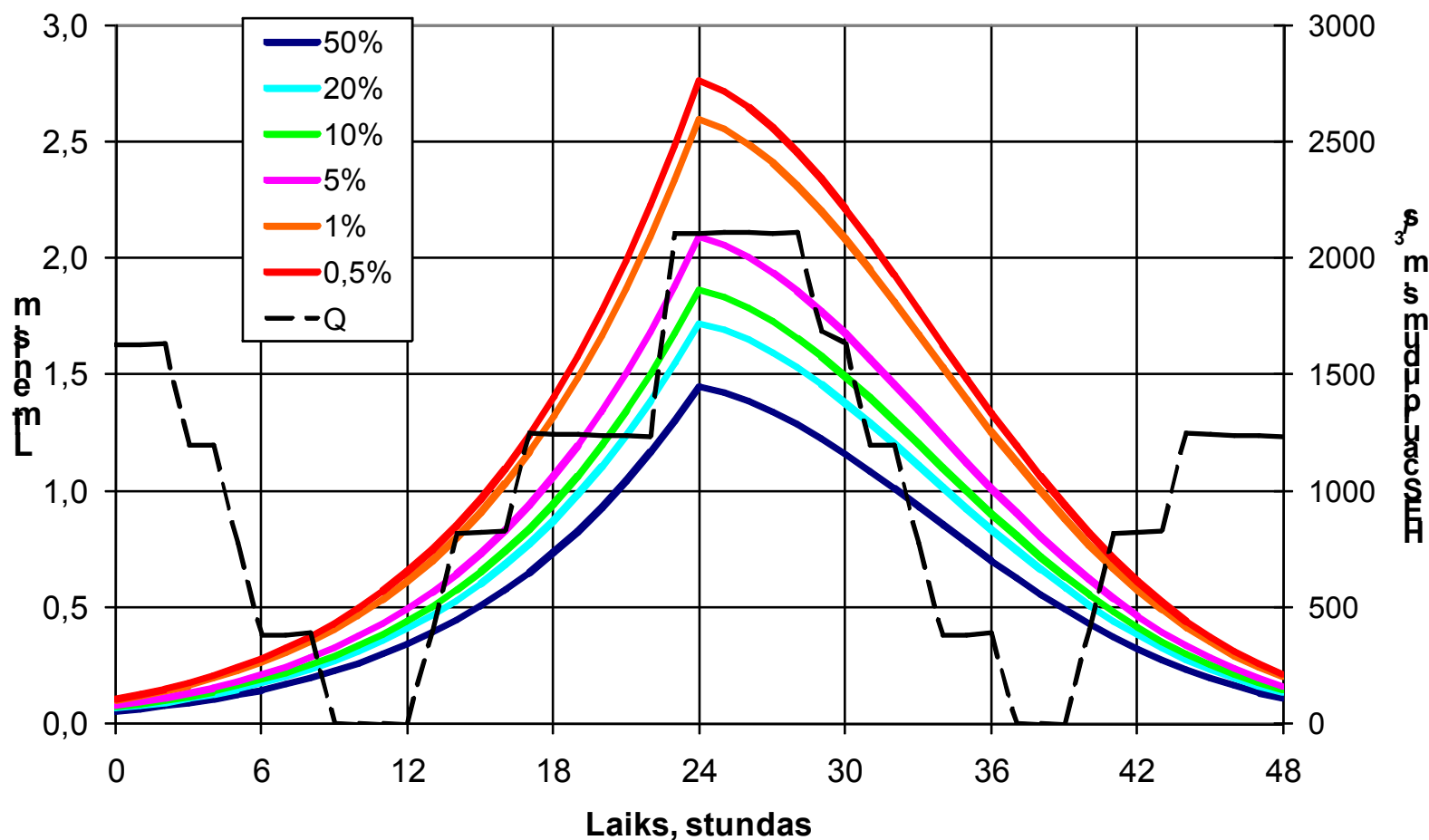
Maksimālie ūdenslīmeņi, un applūduma varbūtības mūsdienās un nākotnes scenārijos



- Mūsdienas – Daugavgrīvas h novērojumu datu rindas
- Nākotnes klimatam izmantota IPCC(2007) rekomendācija 4,8 mm/gadā

- Mūsdienām caurplūdumu varbūtības iegūtas no novērojumu datu rindām
- Nākotnes klimātam lietota KALME metodika (mērogoti hidroloģiskie aprēķini Daugavas, Ogres un Juglas baseiniem)





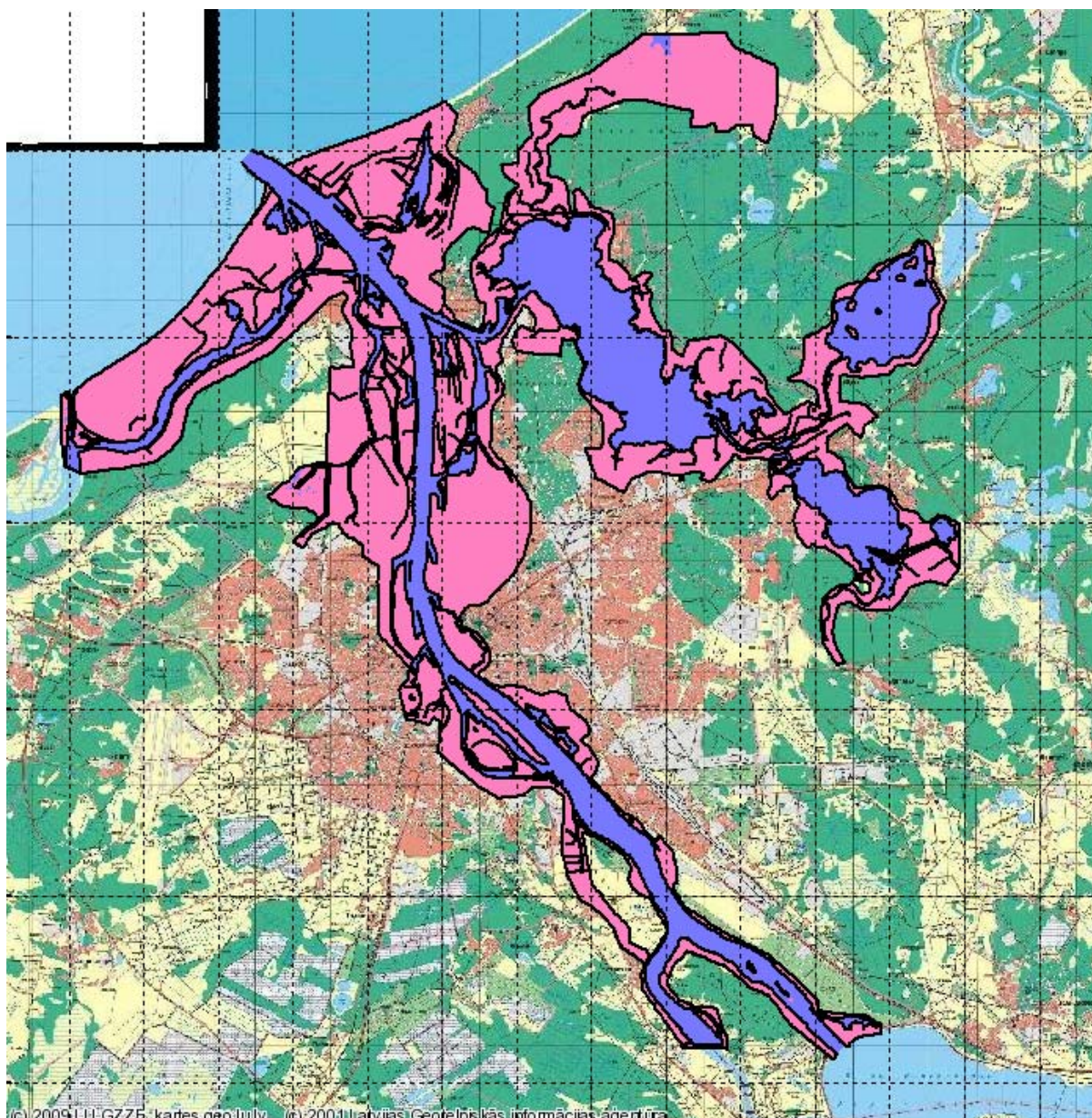
No vēsturisko vētru analīzes izstrādāts modeļvētras (viena garuma, straujāks kāpums) laika grafiks 18 aprēķiniem. Vienāds HES darbības laika grafiks.

Upju notece – laikā nemainīgs maksimālais caurplūdums

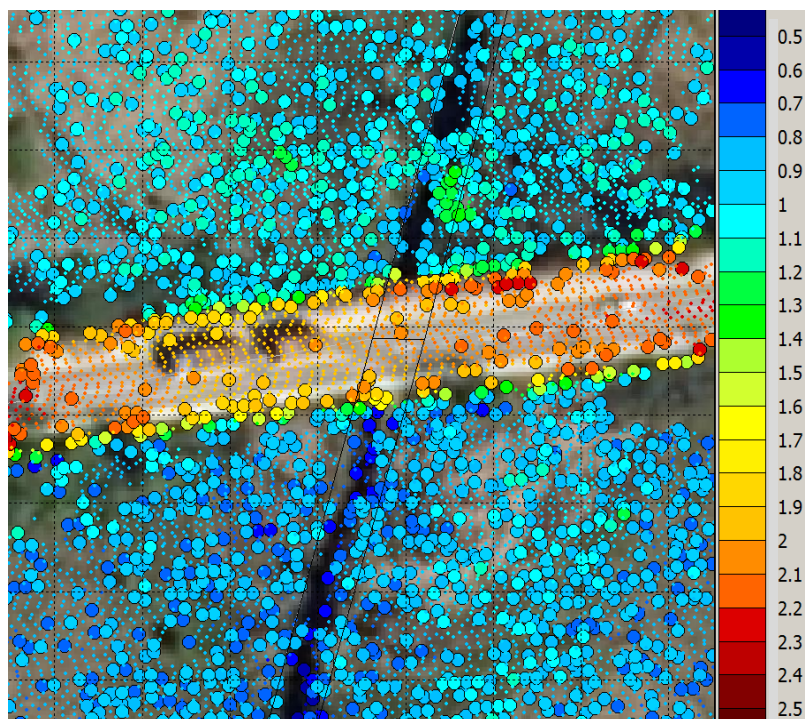
Modeļapgabals

 Ūdeņi
 Sauszeme

Modeļapgabals ietver teritorijas, kurās līmenis zemāks par ~3 m



Aerolāzerskanēšanas dati (LIDAR)



Augsta precizitāte:

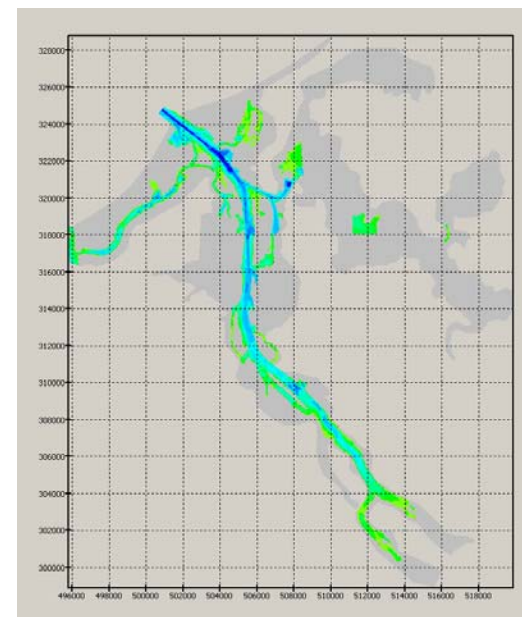
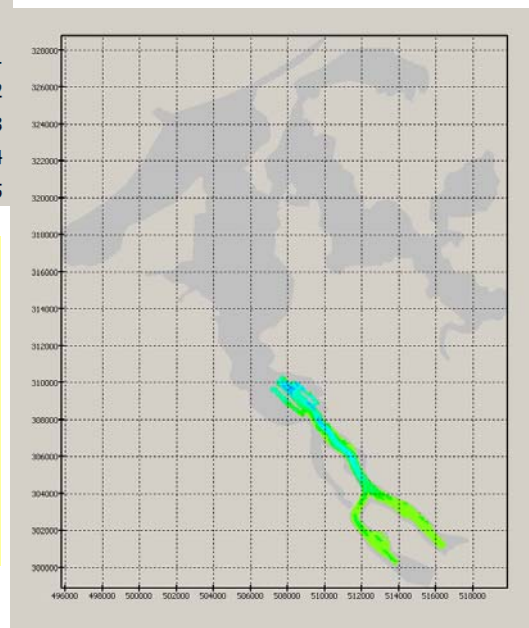
- uz ielām / ceļiem
- laukos
- māju tuvumā
- grāvji

Problēmas:

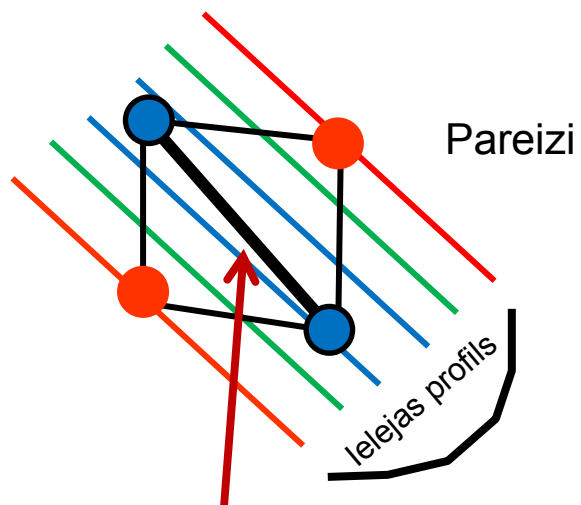
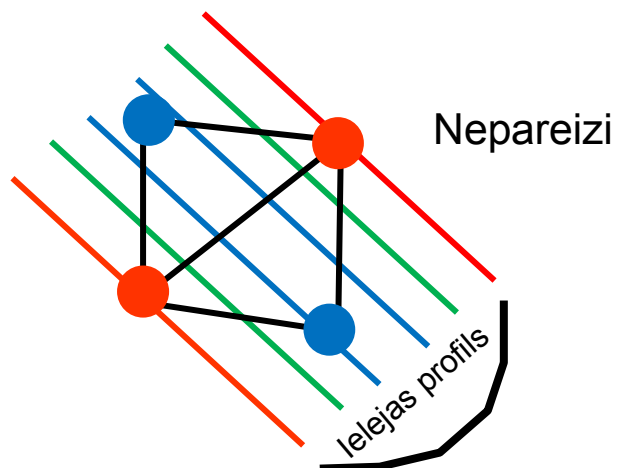
- Tilti
- Caurtekas
- Šauri dambji
- Betona žogi

Citi dati

- reljefs no augstuma izolīnijām
- dziļumu uzmērījumi no LJA LHD
- Rīgas brīvostas dziļuma uzmērījumi 2009
- projektētie dziļumi un pietātņu līnija, atbilstoši Rīgas brīvostas galvenā kuģu ceļa rekonstrukcijas plānam
- dziļumu uzmērījumi no AS "Latvenergo"



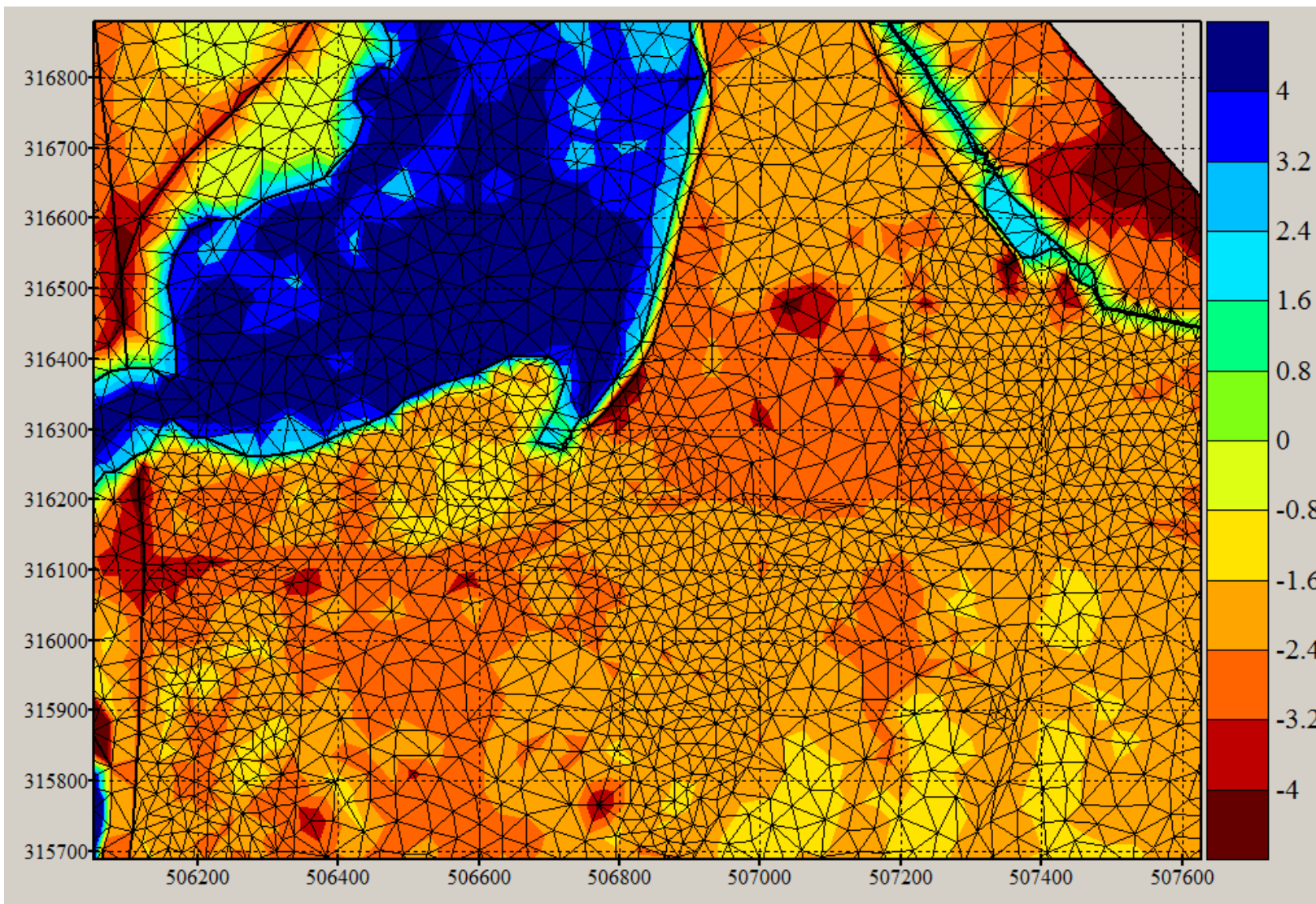
Reljefam pievieno subdiskretizācijas elementus (līnijas) – dambjus, grāvjus, ielas, papildus līnijas kritisko apgabalu smalcināšanai



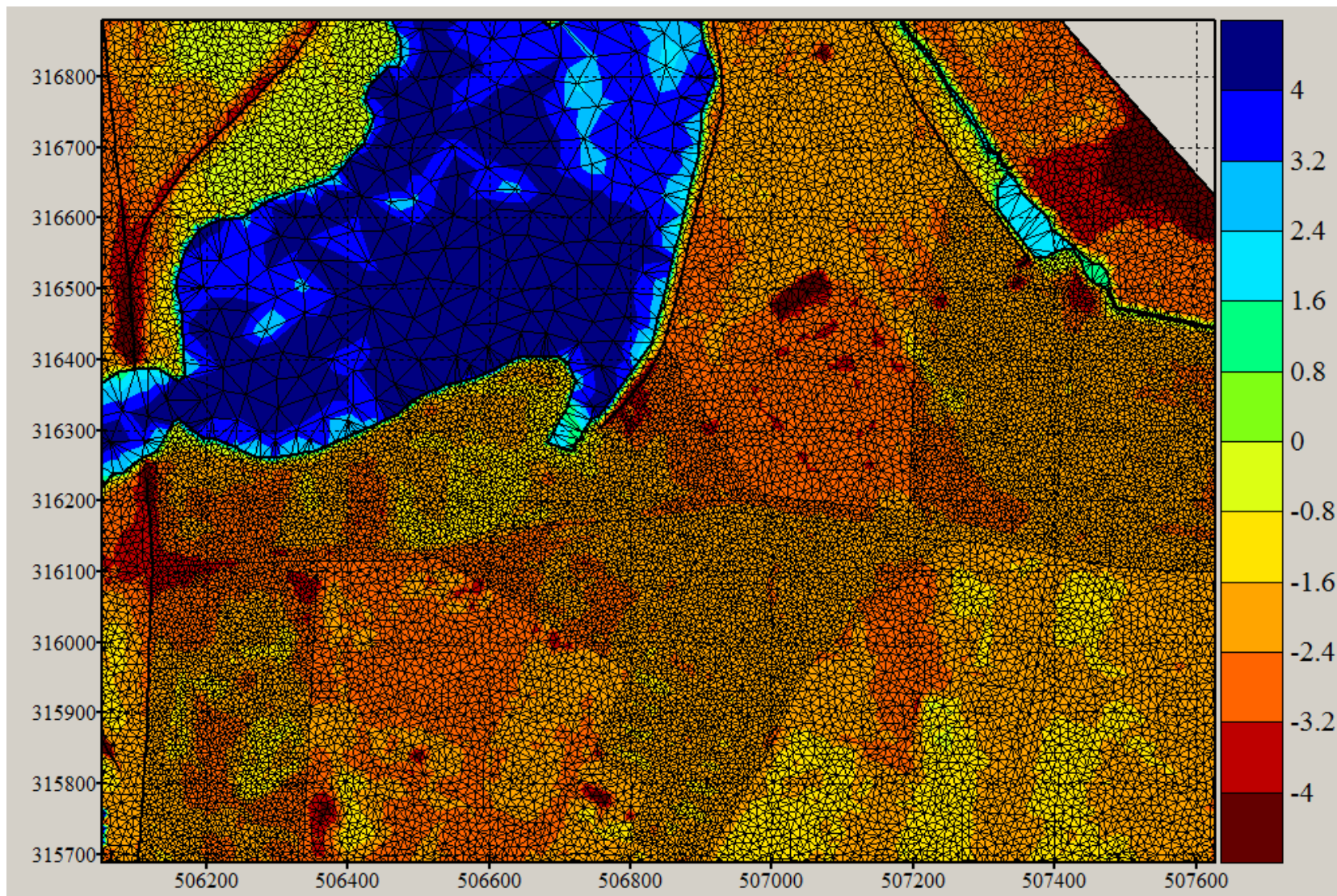
Predefinētas līnijas labāk apraksta reljefu



Apgabalā izveido galīgo elementu režģi (punktu skaits ap 250000, detalizācija tipiski – pārdesmit metri, papildus smalcināts kritiskajos apgabalos).



Kartēšanas režģis ir ar lielāku telpisko izšķirtspēju (punktu skaits ap 990000, detalizācija tipiski – desmit metri, papildus smalcināts kritiskajos apgabalos).





Aprēķina metodika

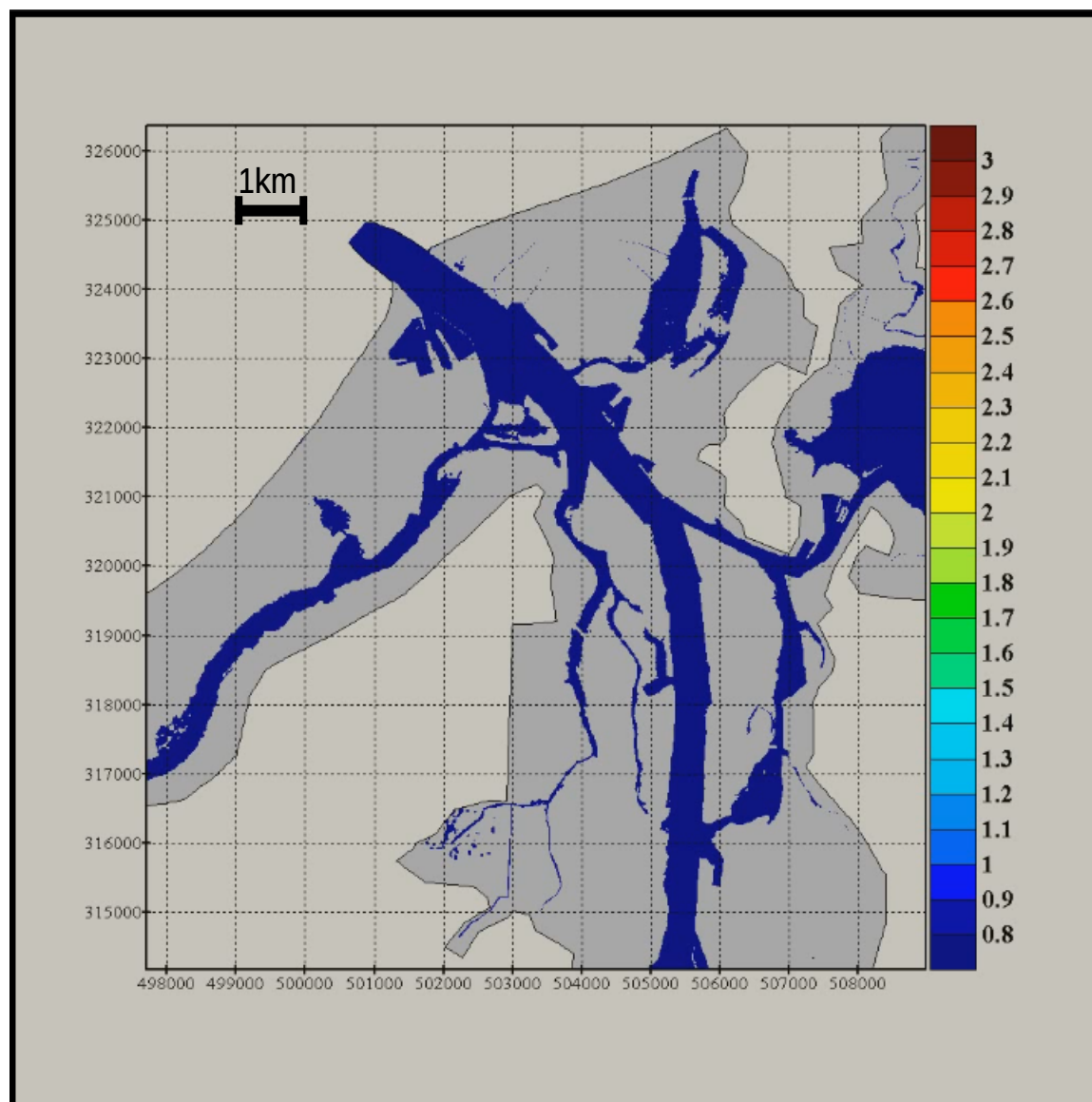


- Applūšanas scenāriji modelēti ar programmatūru SwEvolver.
- Programmatūra modelē ar ūdeni pārklātās teritorijas, ūdenslīmeņa un straumes ātruma sadalījumu attīstību laikā sekla ūdens tuvinājumā.
- Modelim nepieciešamie robežnosacījumi ir laikā mainīgie caurplūdumi uz tā augšteces „valējās” robežas un ūdenslīmeņi uz lejteces „valējas” robežas, kā arī vēja ātrums un virziens.
- Rezultātu pēcāpstrādes nosaka katra punkta maksimālo ūdenslīmeni visā aprēķinu periodā un maksimāli applūstošo teritoriju visā laika periodā.
- Vienā applūduma teritorijā tiek apvienoti vienādas varbūtības palu un vēja uzplūdu maksimālie applūdumi. Tādejādi tiek iegūtas 18 applūduma līnijas – pa 6 plūdu riska zonām, katram no klimata scenārijiem.

Aprēķina piemērs – attīstība laikā

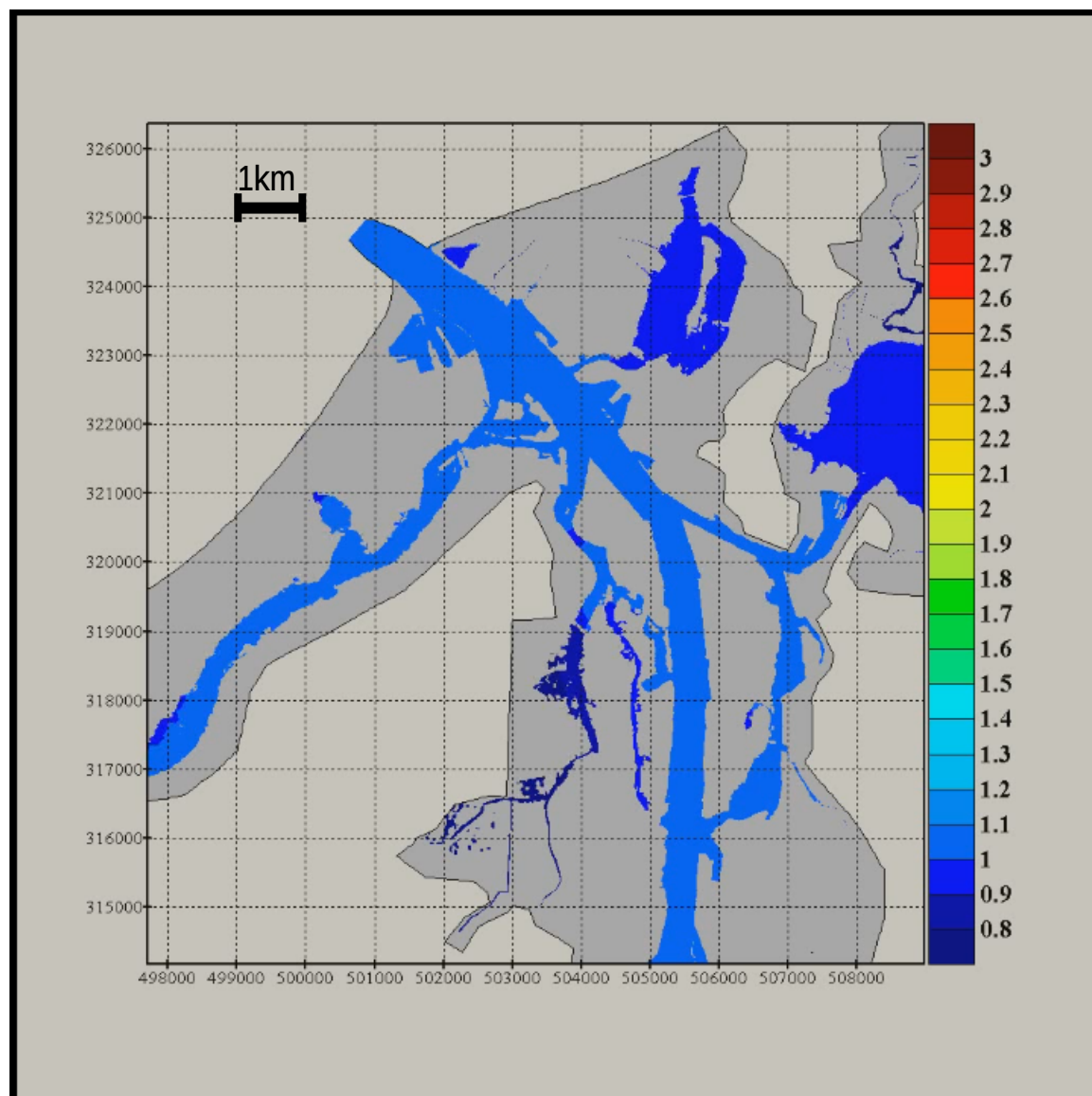
reizi 200 gados

0 min



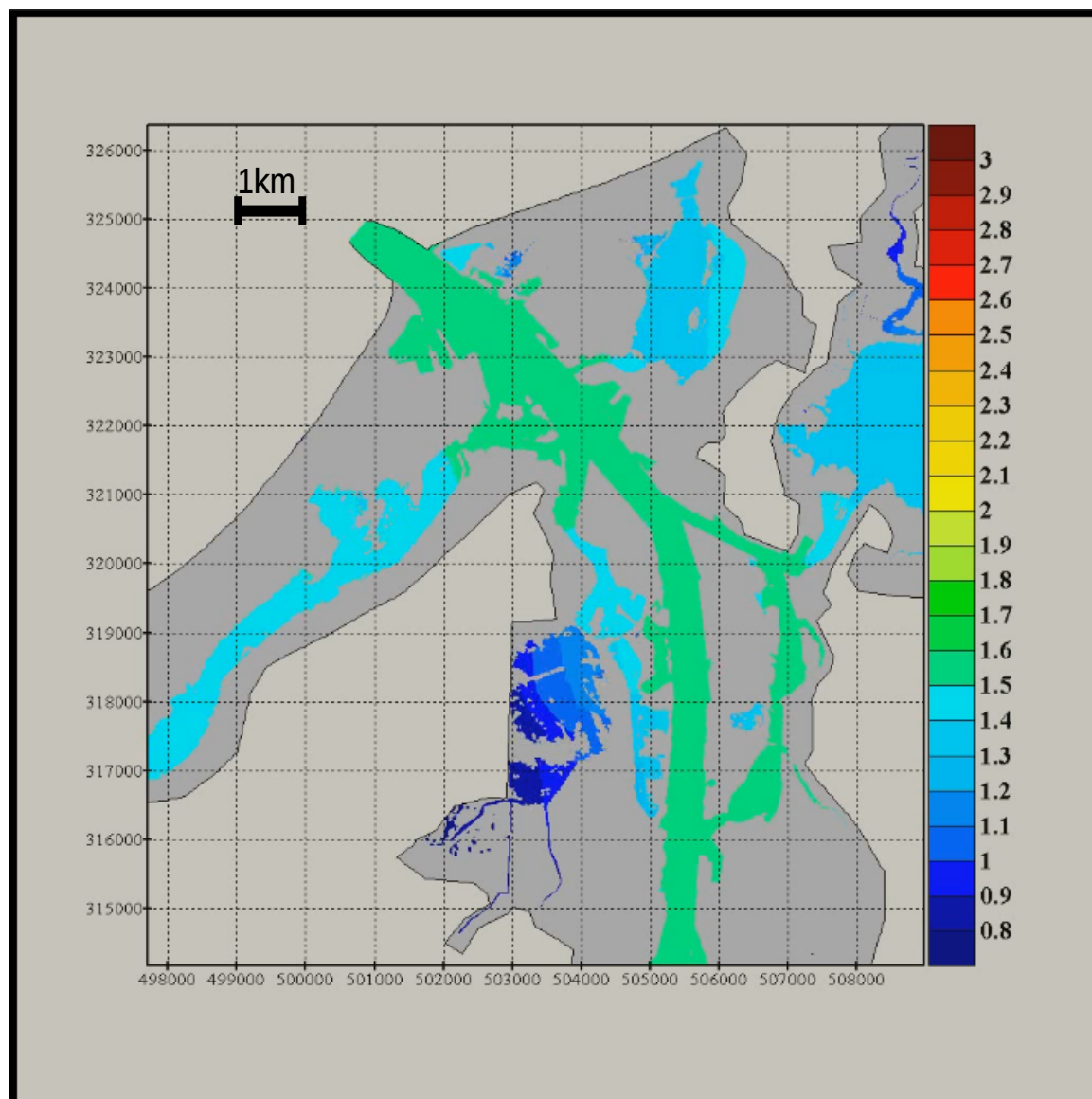
Aprēķina piemērs – attīstība laikā

3 h 20 min



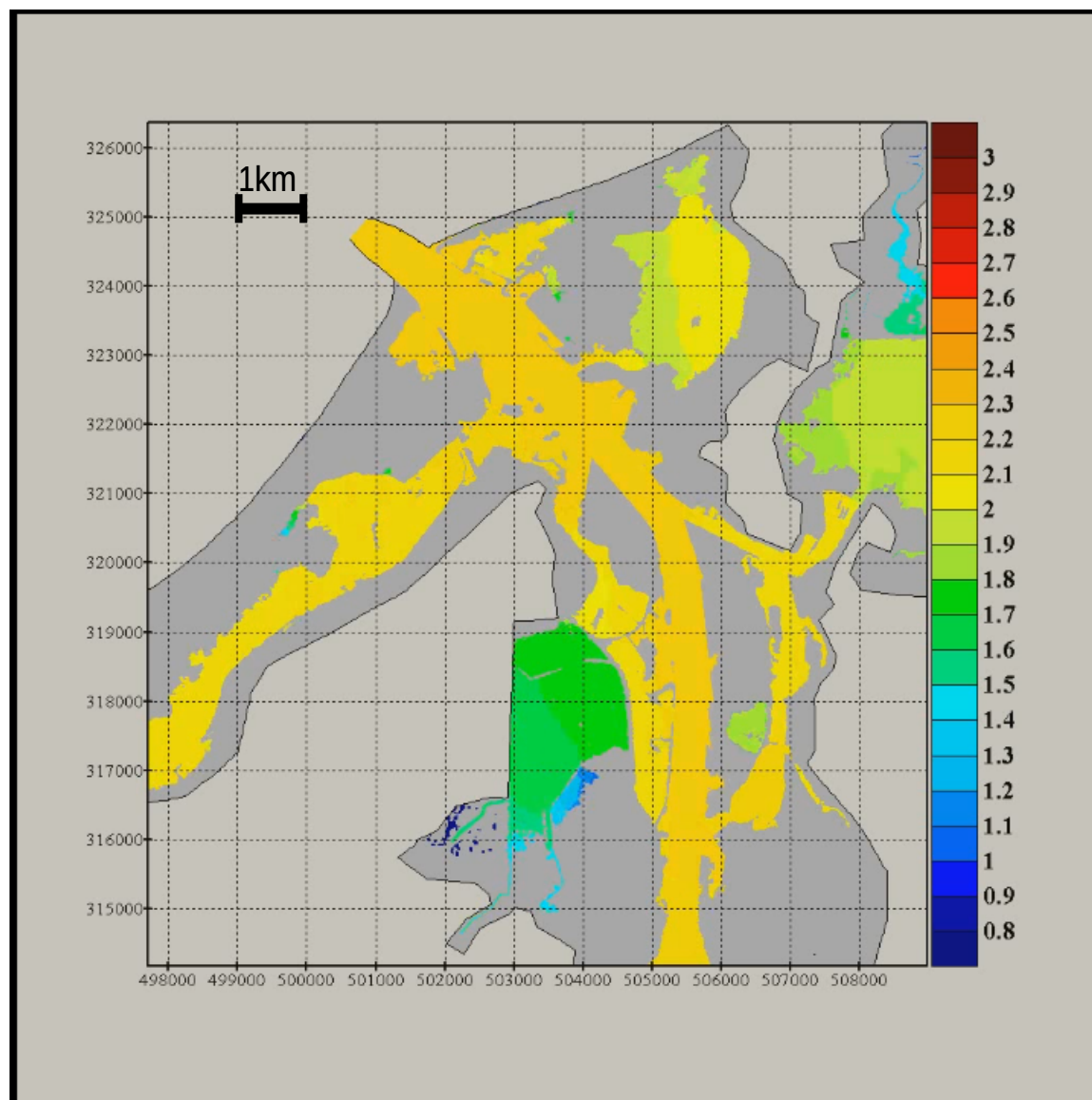
Aprēķina piemērs – attīstība laikā

6 h 40 min



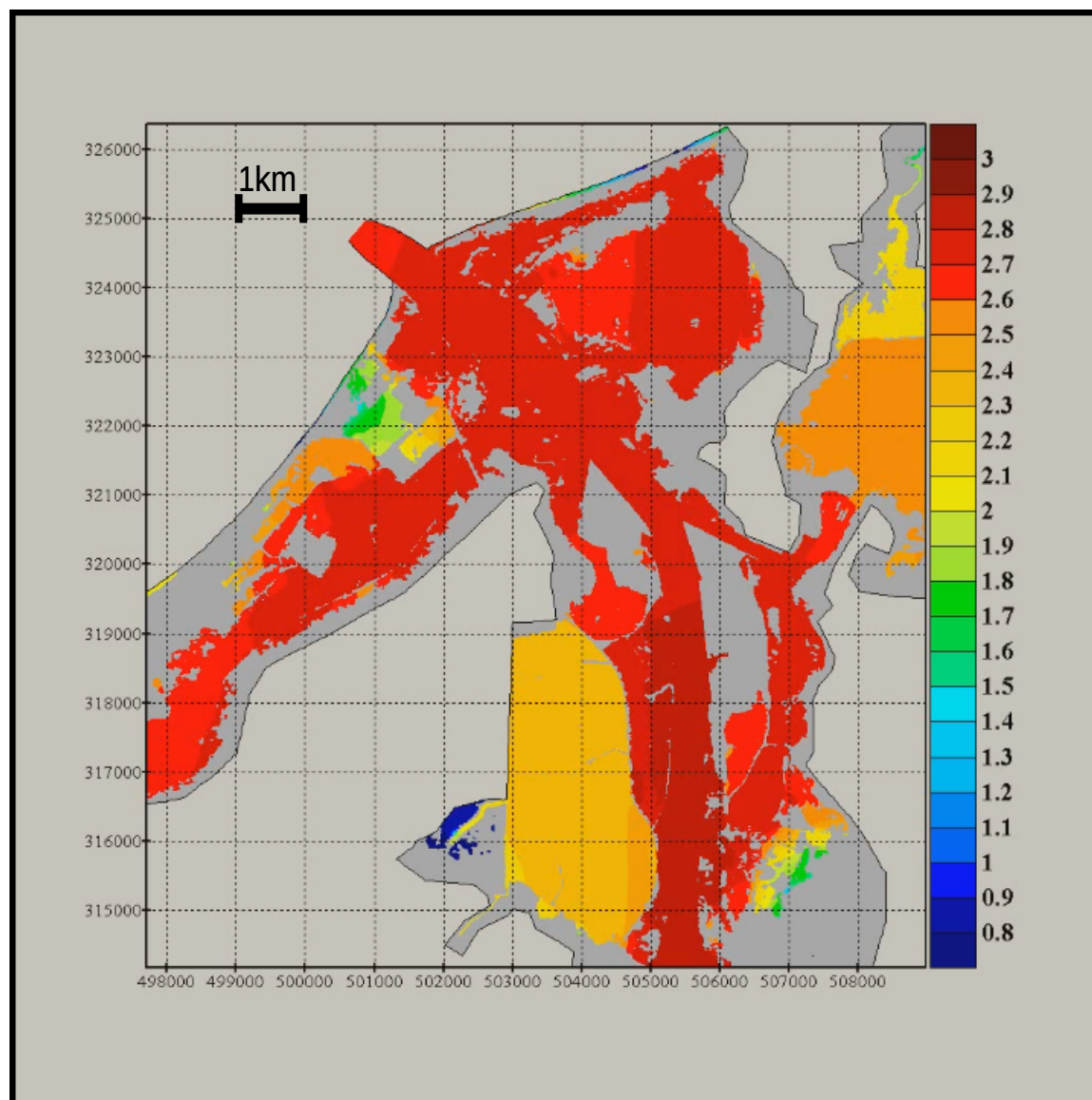
Aprēķina piemērs – attīstība laikā

10 h



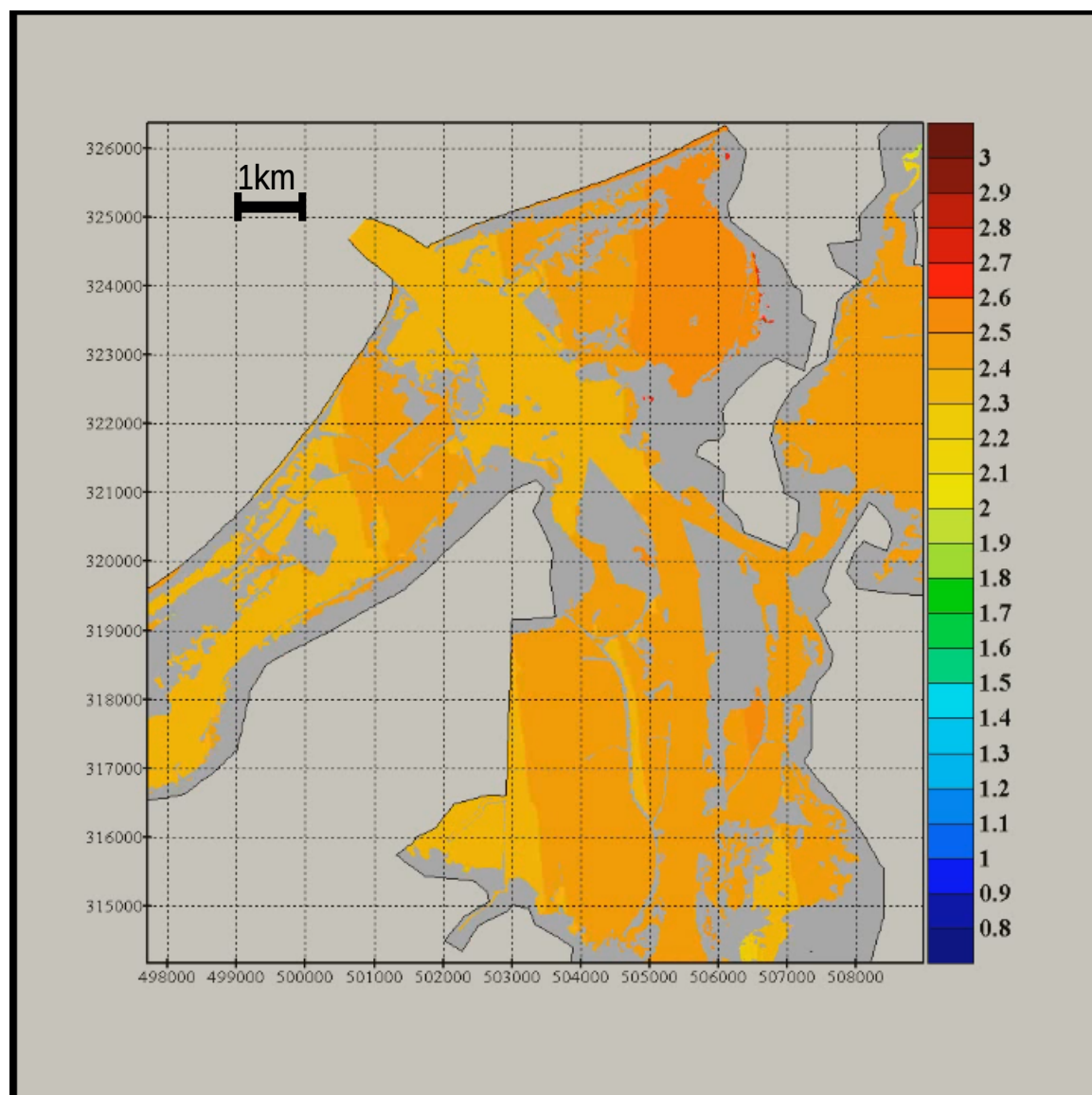
Aprēķina piemērs – attīstība laikā

13 h 20 min



Aprēķina piemērs – attīstība laikā

16 h 40 min

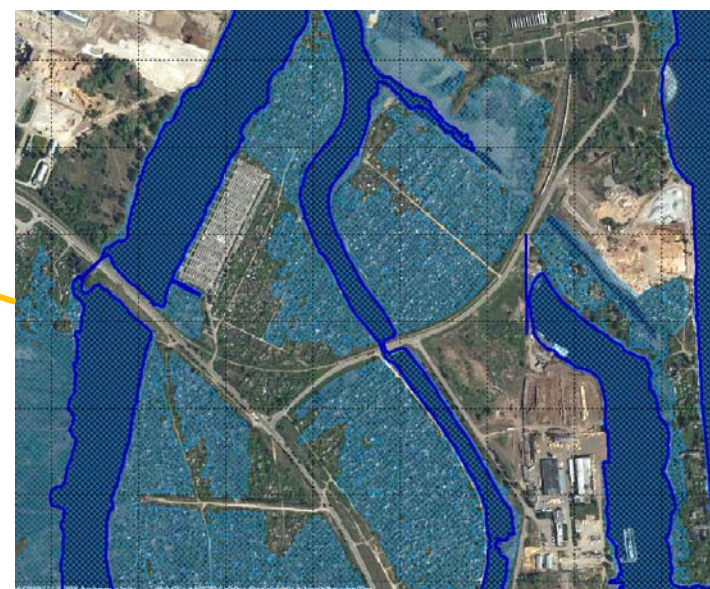
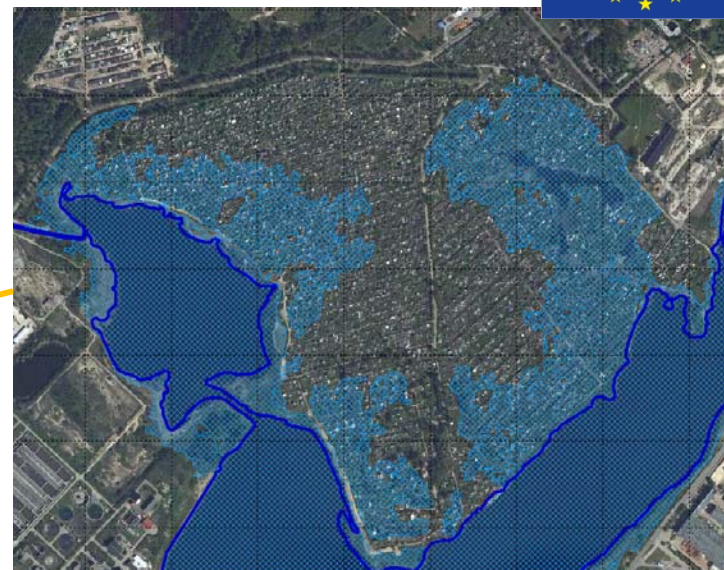
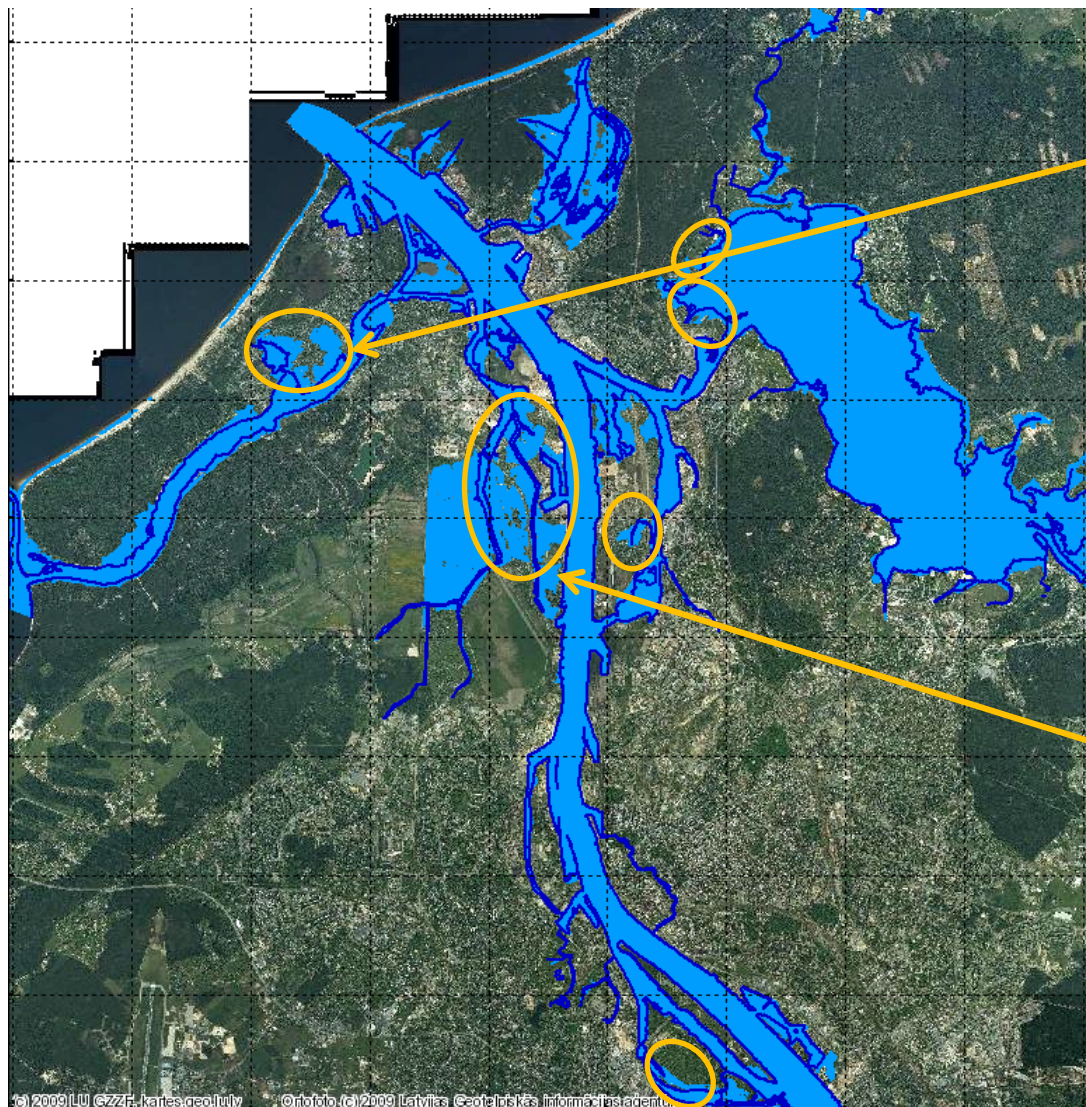


Rezultāti – mūsdienu situācija – 20%



reizi 5 gados; +131 cm

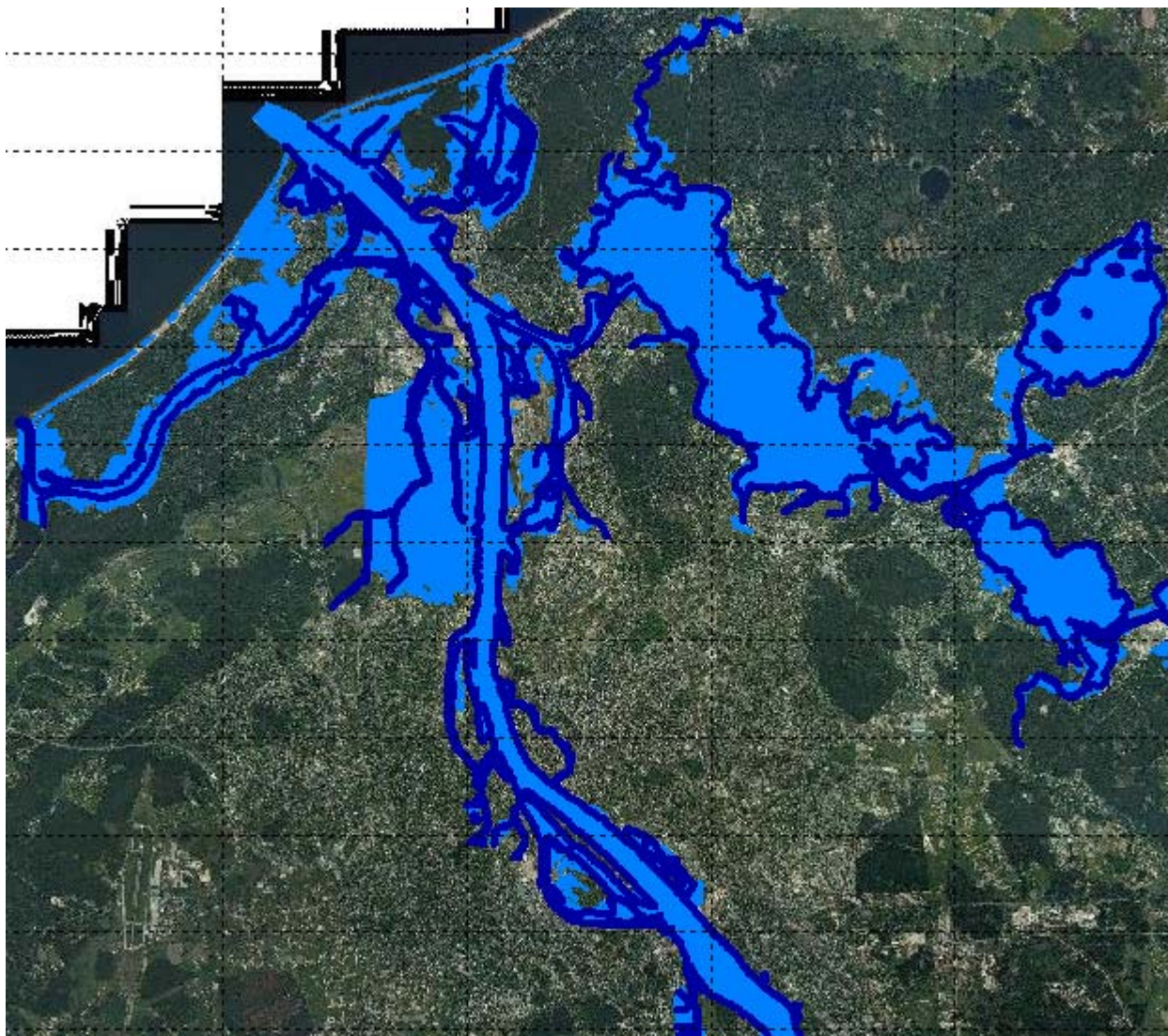
Galvenokārt applūst dārziņu teritorijas





Rezultāti – mūsdienu situācija – 1%

reizi 100 gados; +219 cm





Rezultāti – mūsdienu situācija – 1%

reizi 100 gados; +219 cm



Dzīvojamā apbūve

- Daugavgrīvā: Rojas iela, Dzintara ielā, Birzes iela
- Bolderājā: Kapteiņa, Piestātnes, Lielā ielā, Lielupes, Stūrmaņu un Gundegas ielās
- Kundziņsalā: visa dzīvojamā apbūve
- Mangaļsalā: Mangaļsalas iela, Jūdzes iela, Audupes iela, Zvejniekciema iela, Vaduguņu iela
- Zvejniekciemā: Vabu, Zvejas, Vēlavu ielas
- Vecdaugavā: applūst lielākā daļa privātmāju
- Palielinās applūdums Ķīšezera ziemeļu krastā un Trīsciemā
- Bukultos: Kanāla, Vīgriežu, Amoliņa un Priedkalnes ielas
- Ganību dambis (ziemeļu gals)

➤ **Ostas:** Eksportosta un Andrejsala

➤ **Teritorijas:** Spilves lidlauks, Rātsupe, Krēmeri, Voleri, daļa Lucavsalas.

Svarīgi pievedceļi (evakuācija!):

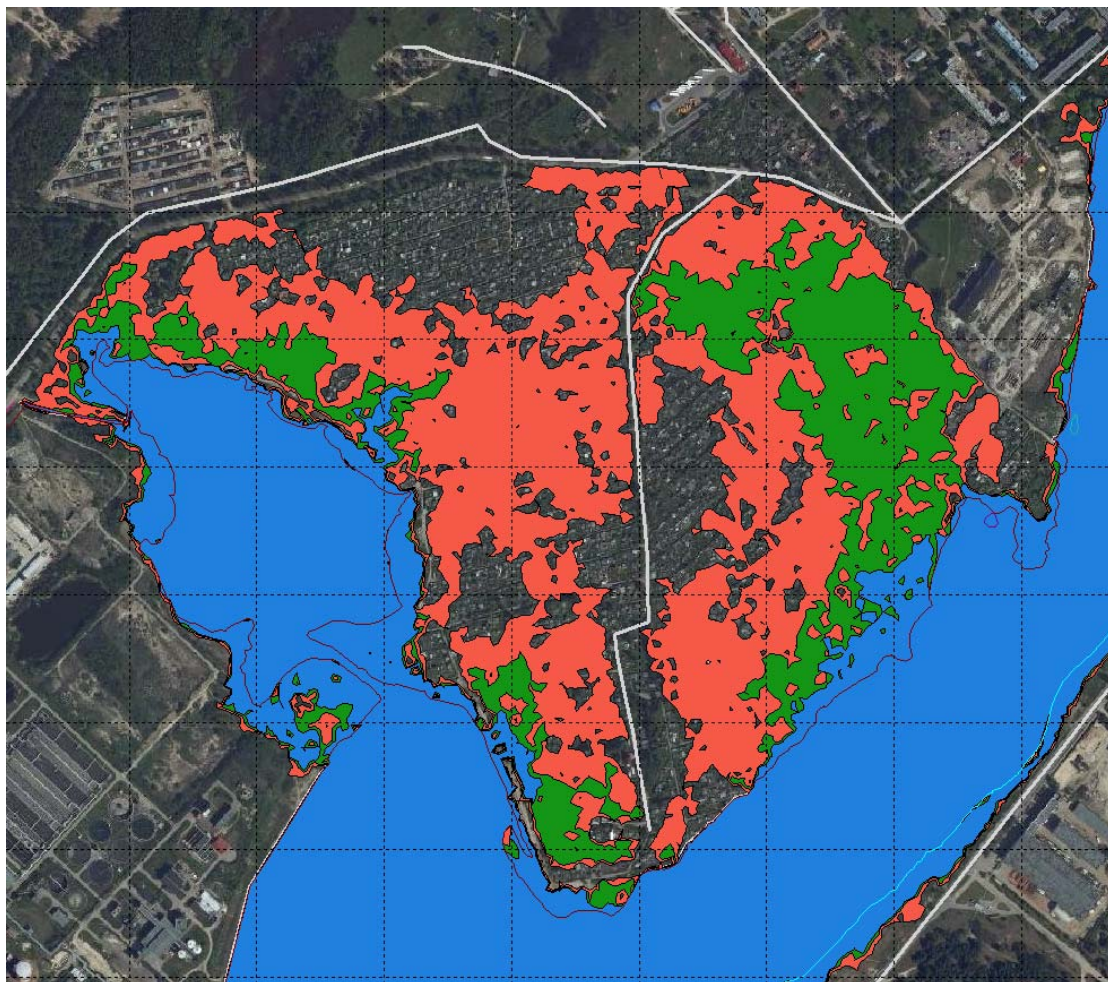
- Dzintara iela (Vakarbūļi, Rītabūļi)
- Piestātnes un Kapteiņu iela (Daugavgrīva)
- Stāvvadu iela (Mangaļsala)
- Krasta iela

Rezultāti – klimata mainības ietekme

reizi 2 gados;



Memmes pļavas Daugavgrīvā

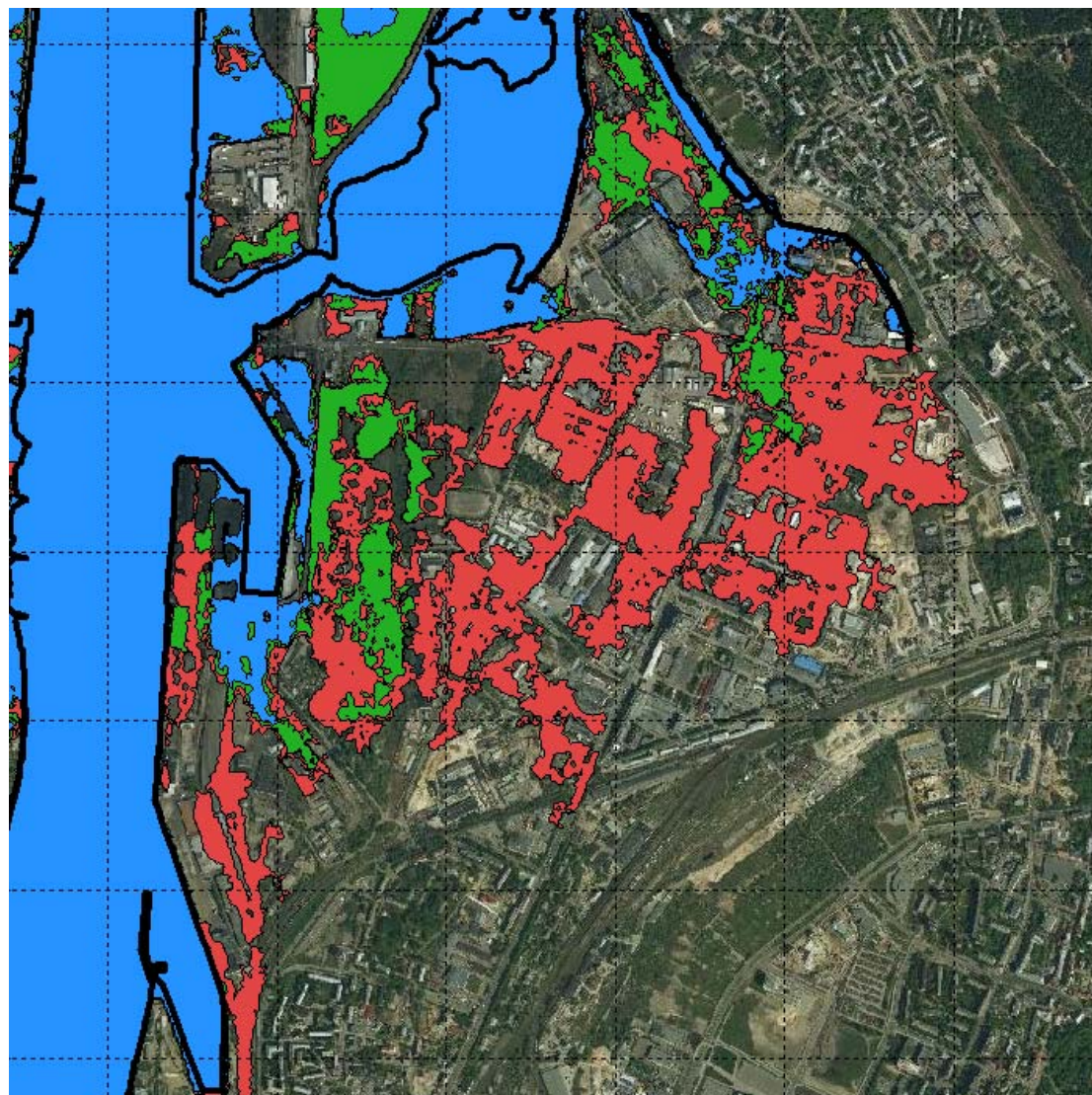


zils – mūsdienas, zaļš – tuvā nākotne, sarkans – tālā nākotne

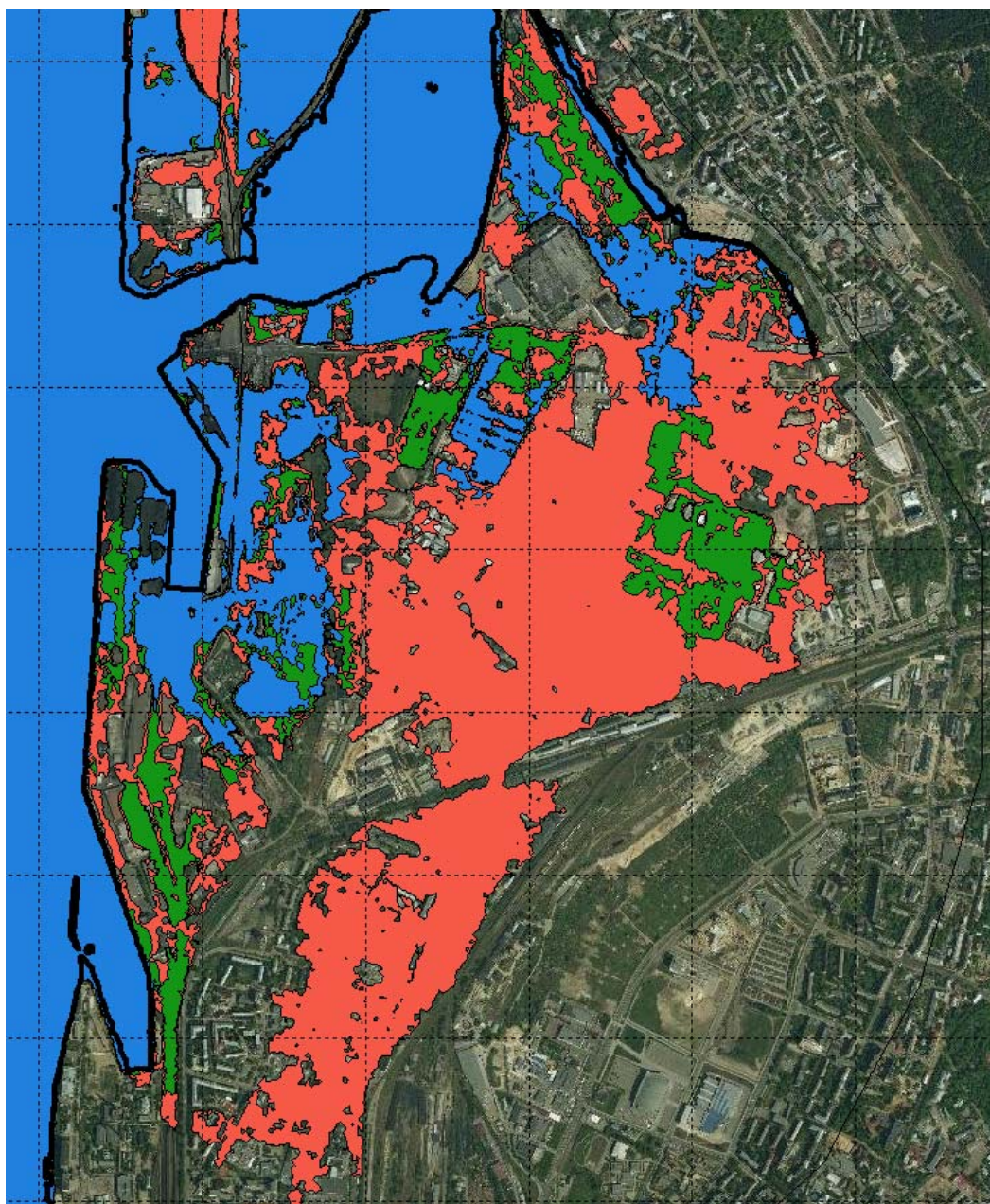
Rezultāti – klimata mainības ietekme

reizi 100 gados;

Ganību dambis



zils – mūsdienas, zaļš – tuvā nākotne, sarkans – tālā nākotne



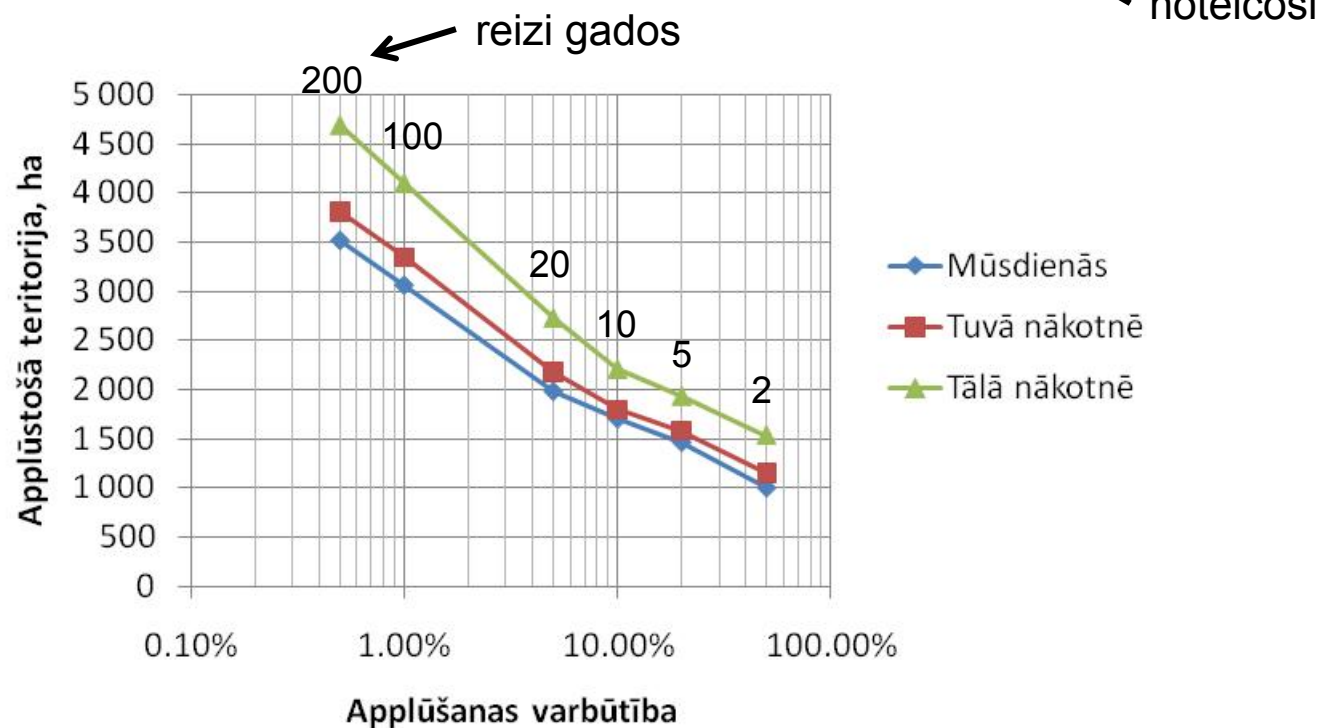
reizi 200 gados

Ganību dambis

zils – mūsdienas,
zaļš – tuvā nākotne,
sarkans – tālā nākotne

Rezultāti – applūstošās platības

- maksimāli applūstošā teritorija visā uzplūdu laika periodā
- apvienoti vienādas varbūtības palu un **vēja uzplūdi**





Kopsavilkums vējuzplūdi un pali



➤ Mūsdienās

- reizi 2-5 gados (**+1.31 m**) - applūst dārziņu teritorijas
- reizi 10-20 gados (**+1.68 m**) – applūst privātmājas Mangaļsalā, Vecdaugavā, Daugavgrīvā un Zvejniekciemā
- reizi 100 -200 gados (**+2.36 m**) – apbūve Bolderājā, Ilģuciemā, Ganību dambī; pievedceļi Daugavgrīvai, Mangaļsalai, Jaunciema gatve, Krasta iela; ostas teritorijas Eksportostā, Andrejsalā, Rīnūžos

➤ Jūras uzplūdi bīstamāki par paliem

- Klimata mainība – ievērojami palielina applūdušās teritorijas, it sevišķi tālā nākotnē (30% - 50%)
- Tālā nākotnē reizi 200 gados (**+2.76**) applūst lielas dzīvojamās un industriālās teritorijas, pilnībā applūst Daugavgrīva un Mangaļsala



Saturs: lietus un sniegs



Izstrādāti scenāriji lietusgāžu un sniega kušanas situācijām ar 0,5%, 1%, 5%, 10%, 20% un 50% atkārtotās varbūtībām mūsdienu situācijai un klimata pārmaiņu projekcijām diviem laika periodiem - no 2021. līdz 2050.gadam (“tuvā nākotne”) un no 2071. līdz 2100.gadam (“tālā nākotne”)

Izveidots Rīgas pilsētas hidroloģiskais modelis, kas balstīts uz SWMM lietus noteces modeli

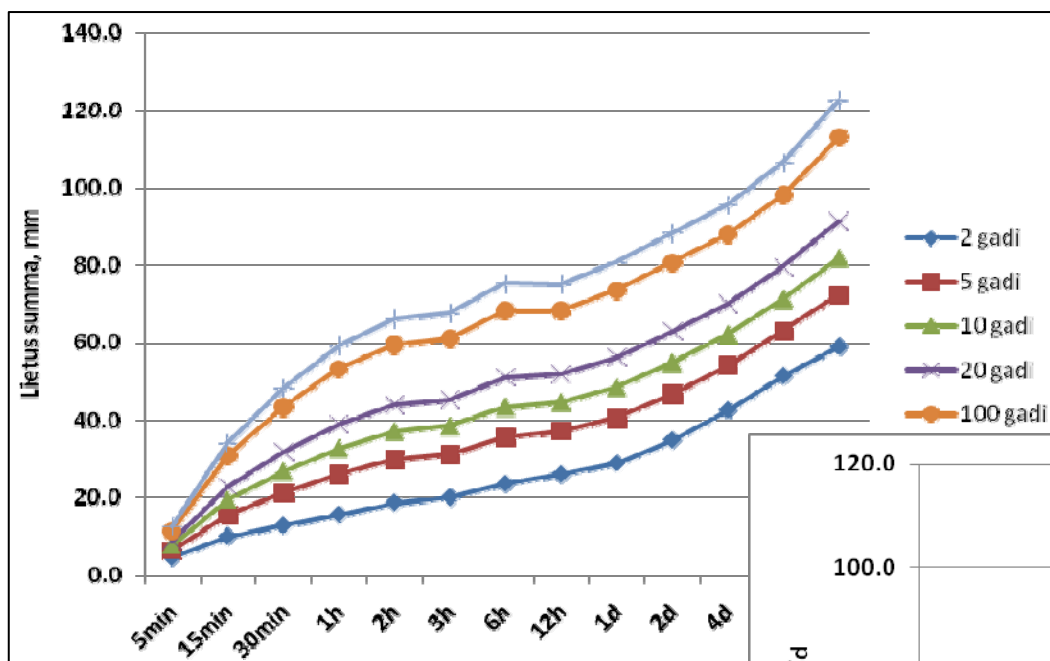
Modelis ietver virszemes noteci un drenāžu lietus kanalizācijas, kanalizācijas un kopsistēmas cauruļvadu tīklos

Iegūti dažādu laika intervālu (5 min – 10 d) nokrišņu intensitātes ikgadējie maksimumi.

Veikta ekstrēmu Gumbell analīze, iegūstot katra laika intervāla nokrišņu intensitātes ar atkārtojamību reizi 200, 100, 20, 10, 5 un 2 gados.

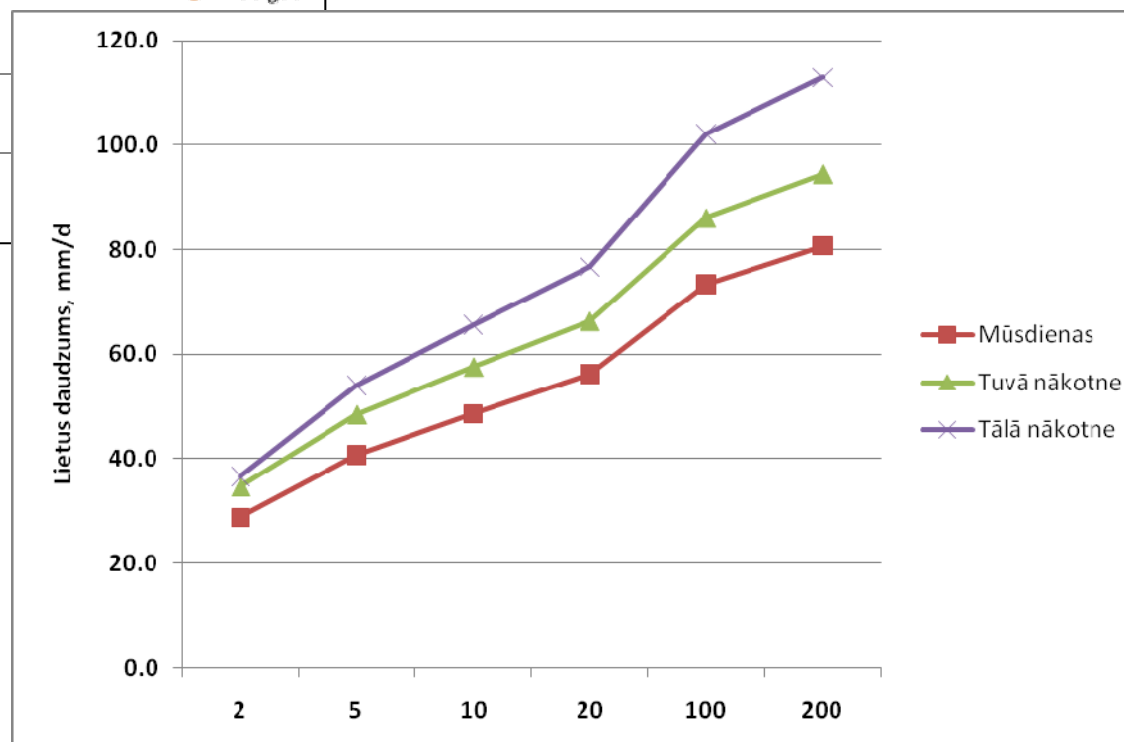
Izveidotas mākslīgas 14 dienu lietusgāžu datu rindas (veikts ar HEC-HMS 3.5 programmatūras funkciju „*frequency storm*” 300 km² teritorijai) iegūstot 6 dažādu atkārtojamību sintētiskās lietusgāzes mūsdienu klimatam.

Lai iegūtu nākotnes lietusgāžu scenārijus, tika izmantots ES projekta ENSEMBLES 21 reģionālo klimata modeļu ansamblis, kuram tika veikta sistemātisko kļūdu korekcija.



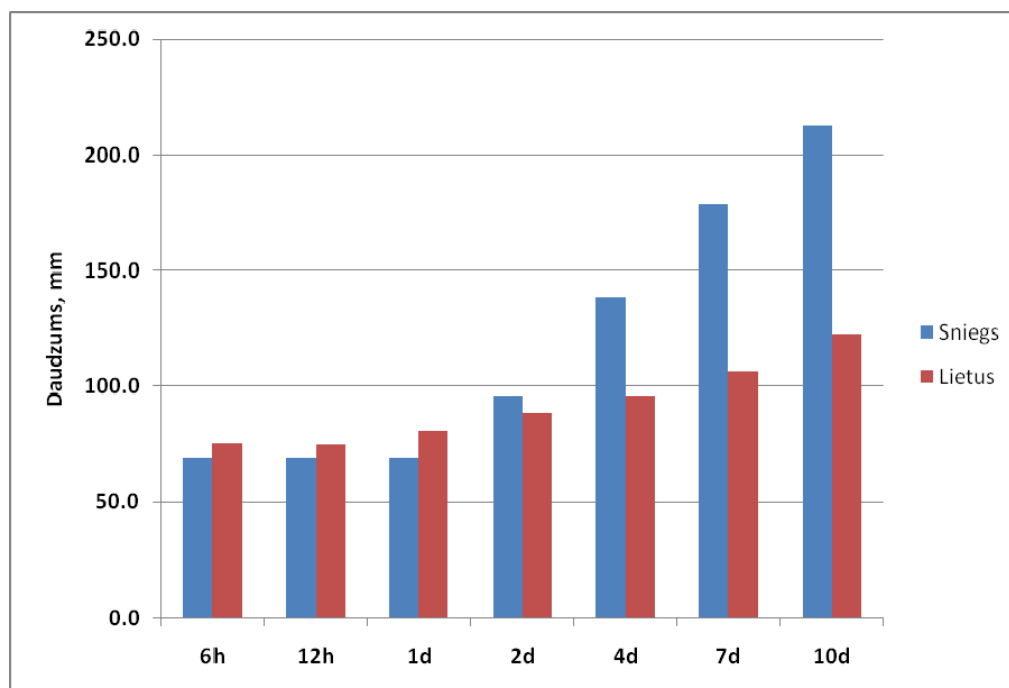
Nokrišņu daudzums (mm) diennaktī, mūsdienās, tuvajā un tālajā nākotnē dažādas atkārtamības lietussgāzēm

Ekstrēmāis nokrišņu daudzums (mm) dažādiem laika intervāliem un atkārtamībām. Rīga, mūsdienu klimats



Analizētas nokrišņu un sniega segas biezuma termiņnovērojumu 27 gadu datu rindas. Atlasīti sniega kušanas periodi un noteikti maksimālie sniega segas samazināšanās ātrumi laika posmiem 1 d, 2 d, 4 d, 7 d un 10 d. Šiem maksimumiem tika veikta ekstrēmu Gumbell analīze, iegūstot katra laika intervāla sniega segas samazināšanās ar atkārtotamību reizi 200, 100, 20, 10, 5 un 2 gados.

Nākotnes sniega kušanas scenāriji netika aplūkoti, jo atbilstoši LU (2008, 2009) sagaidāma būtiska sniega segas samazināšanās (vidēji līdz 40%) nākotnē.



Nokrišņu un sniega kušanas ūdens ekvivalenta daudzums (mm) 200 gadu atkārtotamības scenārijiem mūsdienās atkarībā no laika intervāla.

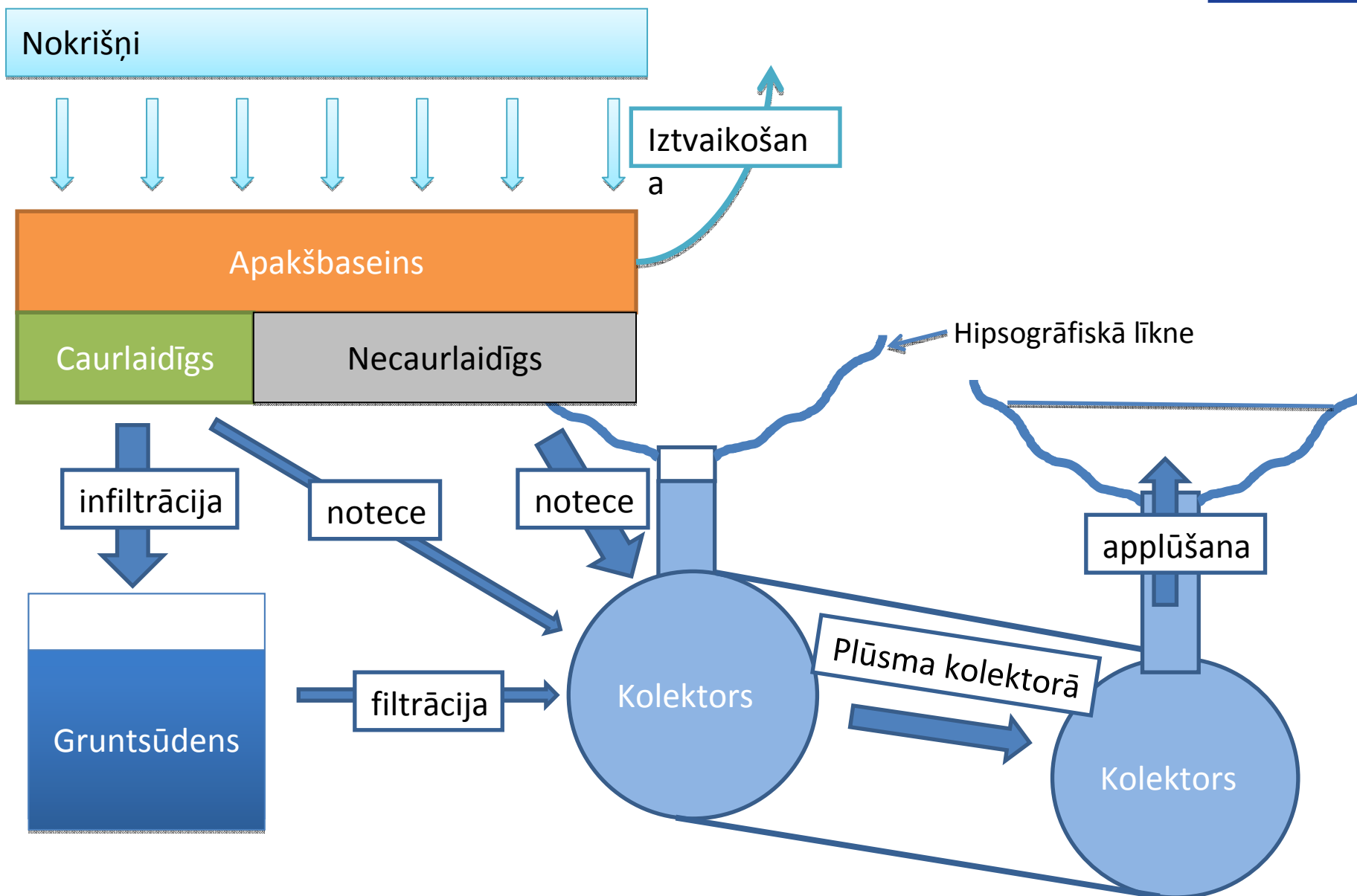
Īstermiņā lietus intensitāte vairākkārt (15 reizes 5 minūšu intervālam, 6 reizes stundas intervālam) pārsniedz sniega kušanas intensitāti. Tomēr laika intervāliem virs vienas diennakts ekstrēmie nokusušā sniega ūdens ekvivalenti pārsniedz atbilstošos ekstrēmos nokrišņus.

Lietus, sniega kušanas un gruntsūdens līmeņa celšanās ietekme uz applūšanas riskiem Rīgas teritorijā modelēta, izmantojot ASV Vides Aizsardzības Aģentūras brīvpieejas programmatūru „Storm Water Management Model” (**SWMM**). Tas ir dinamiskas lietus noteces modelis, kas piemērots atsevišķu notikumu un ilgstošu laika periodu aprēķinam galvenokārt urbānā vidē, ņemot vērā arī kanalizācijas sistēmas.

Modelis ir konceptuāls; tā aprēķinu pamatvienības ir sateces laukumi (apakšbaseini), kuros nolijušais lietus aiztek caur cauruļu/kanālu sistēmām, ievērojot rezervuārus, sūkņus un regulatorus. Modelis var ņemt vērā laikā mainīgu lietus intensitāti, iztvaikošanu, sniega uzkrāšanos un kušanu, lietus ūdens iesūkšanos nepiesātinātā gruntī un pāriešanu gruntsūdenī, pārplūdi starp gruntsūdeni un drenāžas sistēmām, ūdens virsmas noteci apakšbaseinu ietvaros un starp tiem.

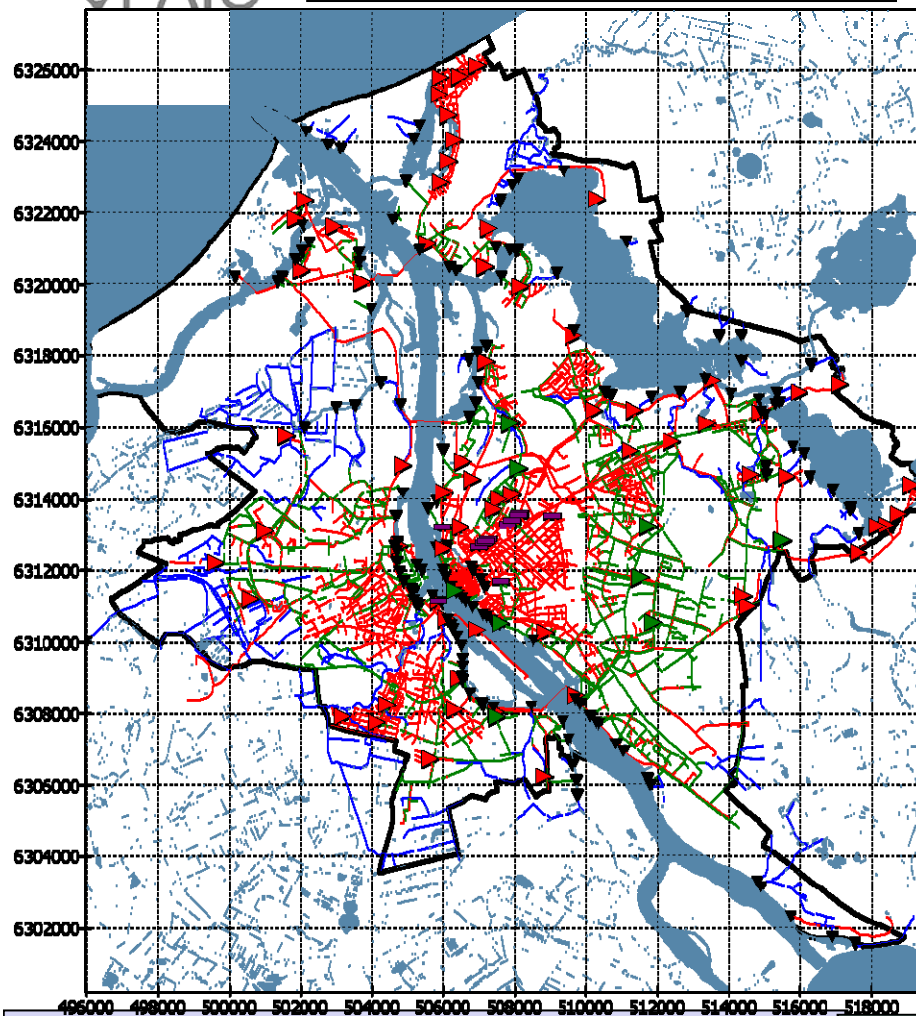
EPA (2004). STORM WATER MANAGEMENT MODEL. USER'S MANUAL Version 5.0. U.S. Environmental Protection Agency.

SWMM modeļa shēma

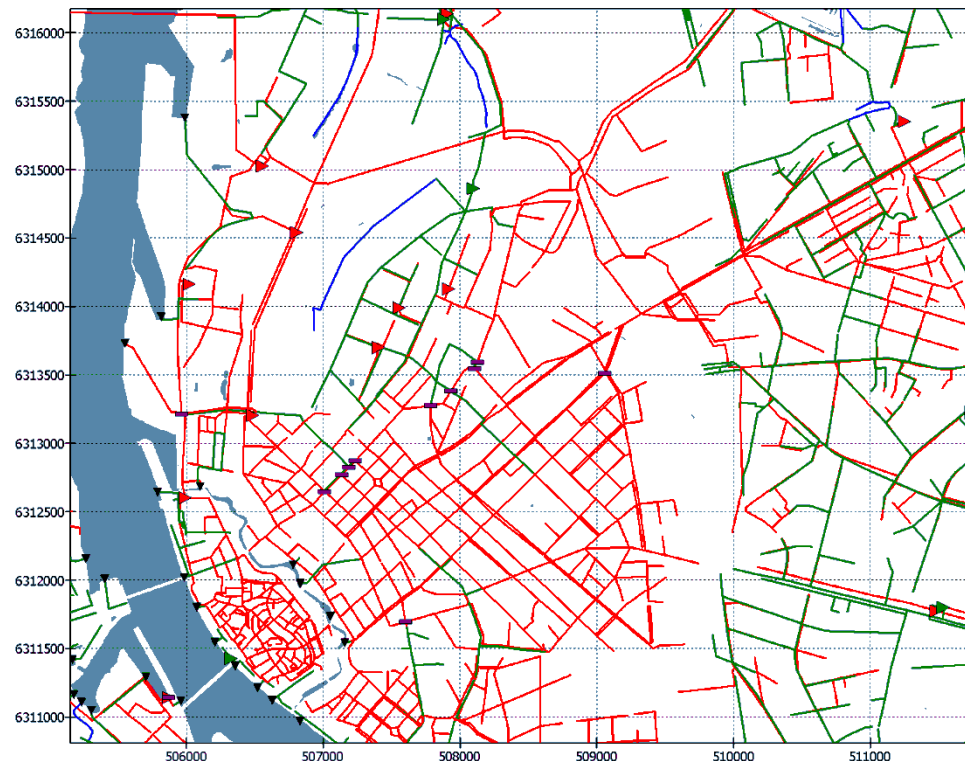




Hidroloģiskā modeļa objekti



Kanalizācijas sūkņu stacijas
Lietus kanalizācijas sūkņu stacijas
Izplūdes
Kopsistēmas lietus pārgāznes



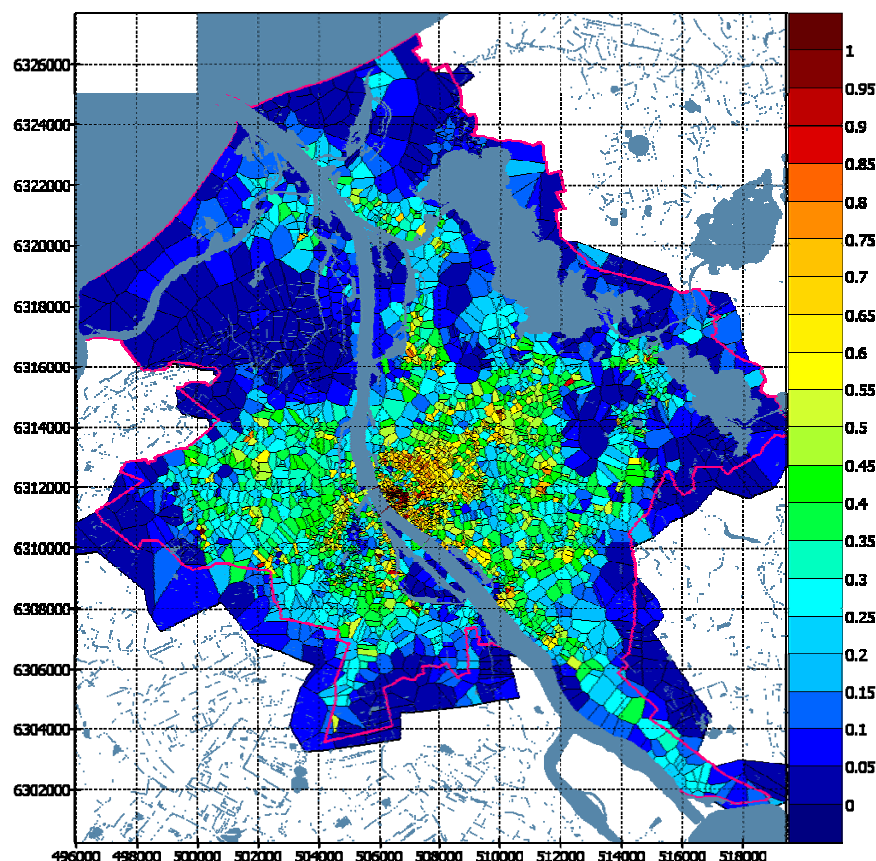
Parametri:

- Sūkņu staciju izvietojums. sūkņēšanas maksimālā jauda (l/s), savienojumi ar sistēmu, savienojumu augstumu atzīmes
- Pārgāžņu izvietojums. savienojums ar kopsistēmu. sliekšņa augstums, sliekšņa platums, savienojumu augstumu atzīmes

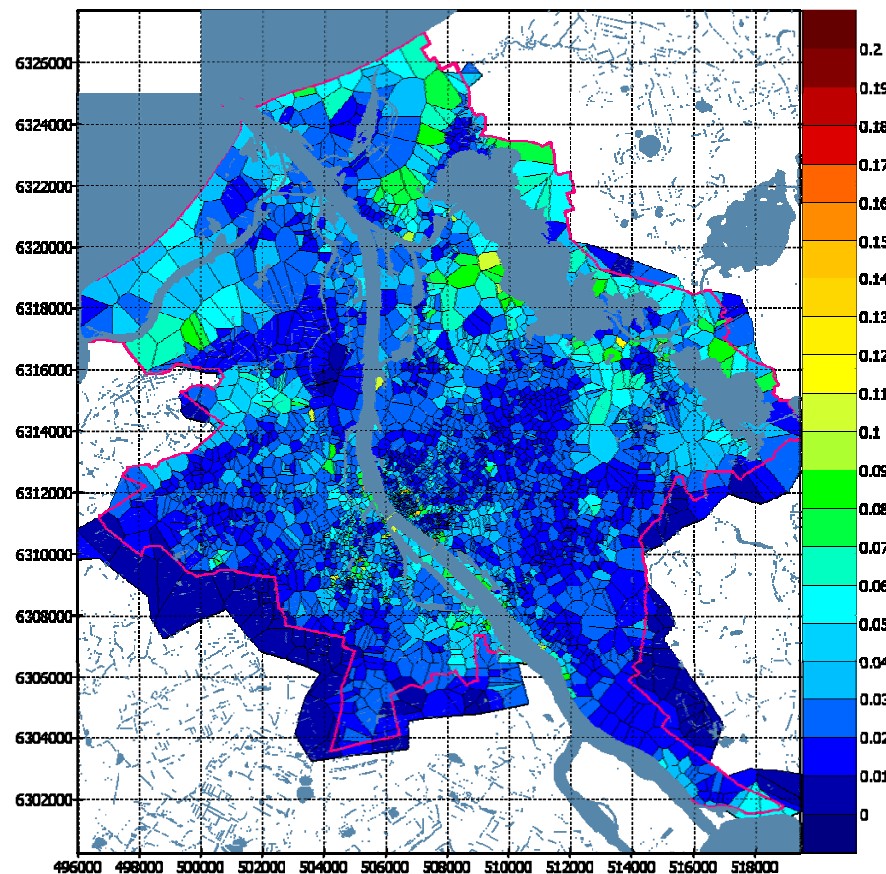
Lietus kanalizācija un grāvji izplūst lielajos ūdensobjektos. Kanalizācijas notekūdeņi atstāj sistēmu, tos pārsūkņējot uz attīrīšanas iekārtām. Daļa no kanalizācijas notekūdeņiem stipra lietus gadījumā pāri pārgāznēm pārtiek uz lietus kanalizācijas sistēmu.

Lietus kanalizācijas, koplietošanas kanalizācijas un meliorācijas sistēmas līnijveida noteces objektiem piekārtotie sateces apakšbaseini tika aprēķināti ar baseinu delineācijas programmatūru, kas katram līnijveida objekta punktam piekārtu vienu laukuma objektu.

Apakšbaseina **parametri** ir : laukums, platums, slīpums, maksimālais infiltrācijas ātrums, apakšbaseina ūdenscaurlaidīgās virsmas daļa, un hipsogrāfiskā līkne (virsmas laukumu sadalījums pa augstumiem).



Ūdensnecaurīdīgā daļa - ēkas un ceļi



Vidējais slīpums

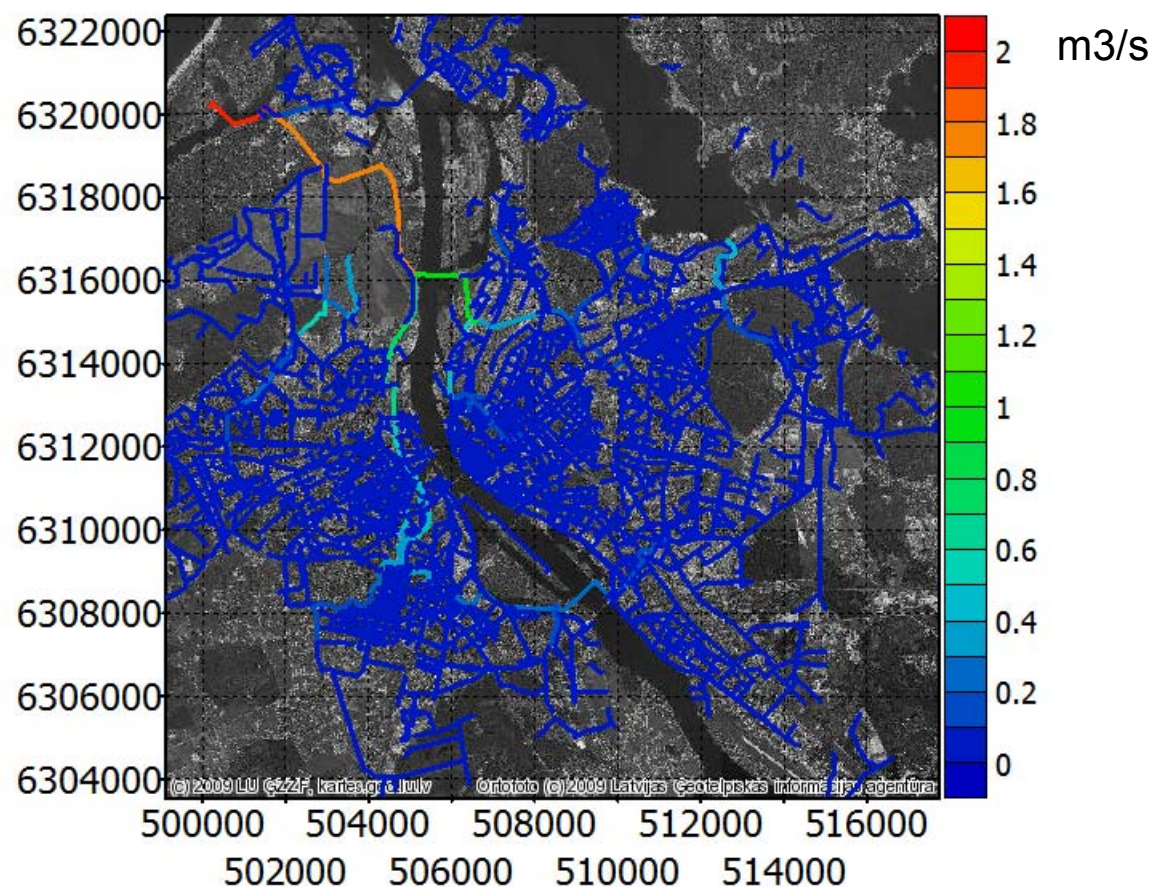


Plūsmas notekūdeņu sistēmā



Attīstība laikā lietus scenārijam ar 20% varbūtību (reizi 5 gados) mūsdienās

0 h



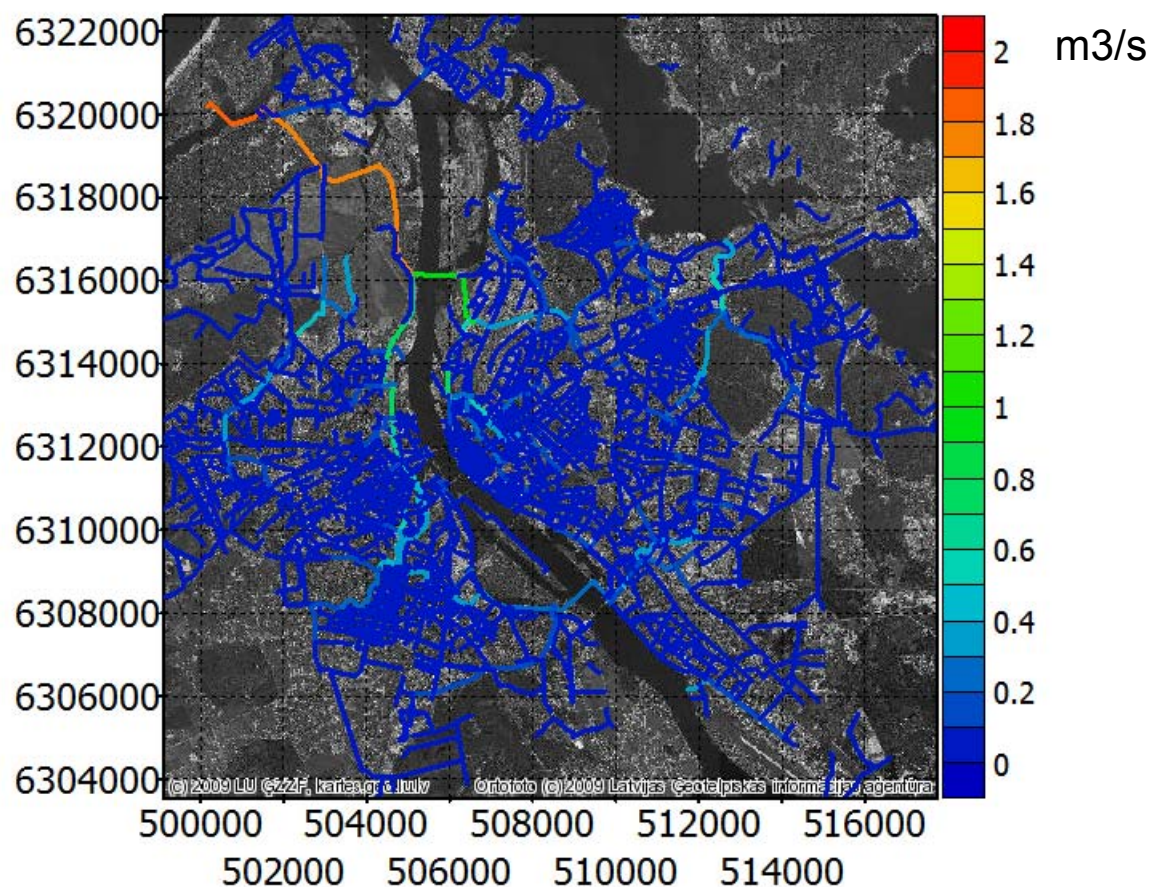


Plūsmas notekūdeņu sistēmā



Attīstība laikā lietusscenārijam ar 20% varbūtību (reizi 5 gados) mūsdienās

1 h



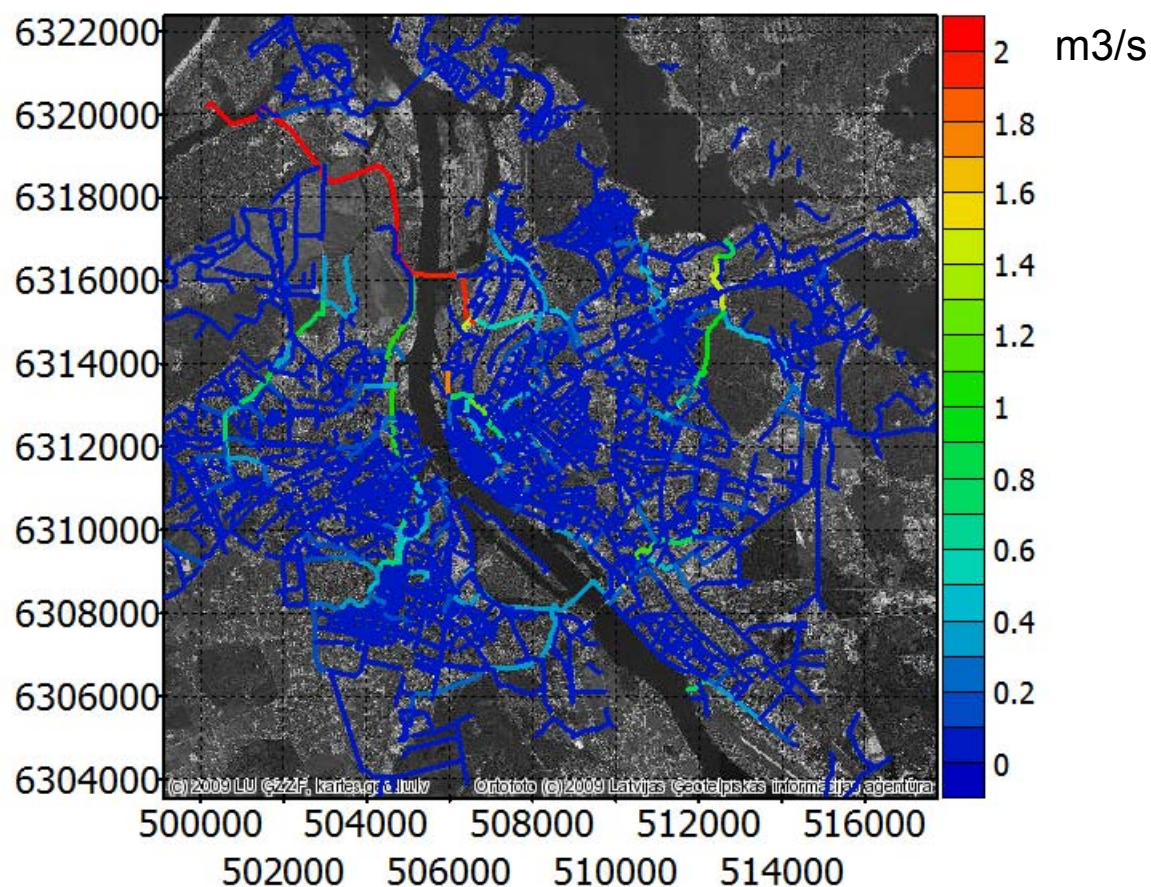


Plūsmas notekūdeņu sistēmā



Attīstība laikā lietus scenārijam ar 20% varbūtību (reizi 5 gados) mūsdienās

2 h





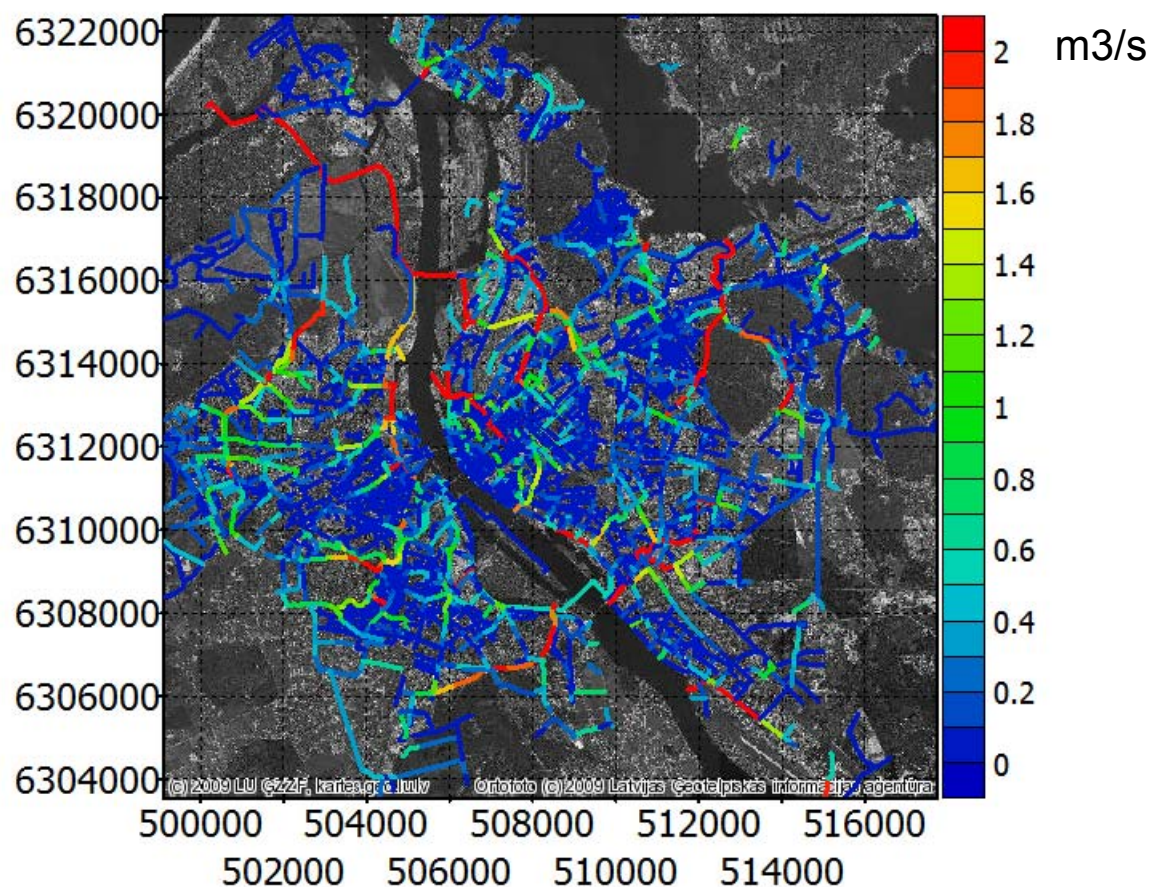
Plūsmas notekūdeņu sistēmā



Attīstība laikā lietus scenārijam ar 20% varbūtību (reizi 5 gados) mūsdienās

3 h

10 min pēc lietus
maksimuma



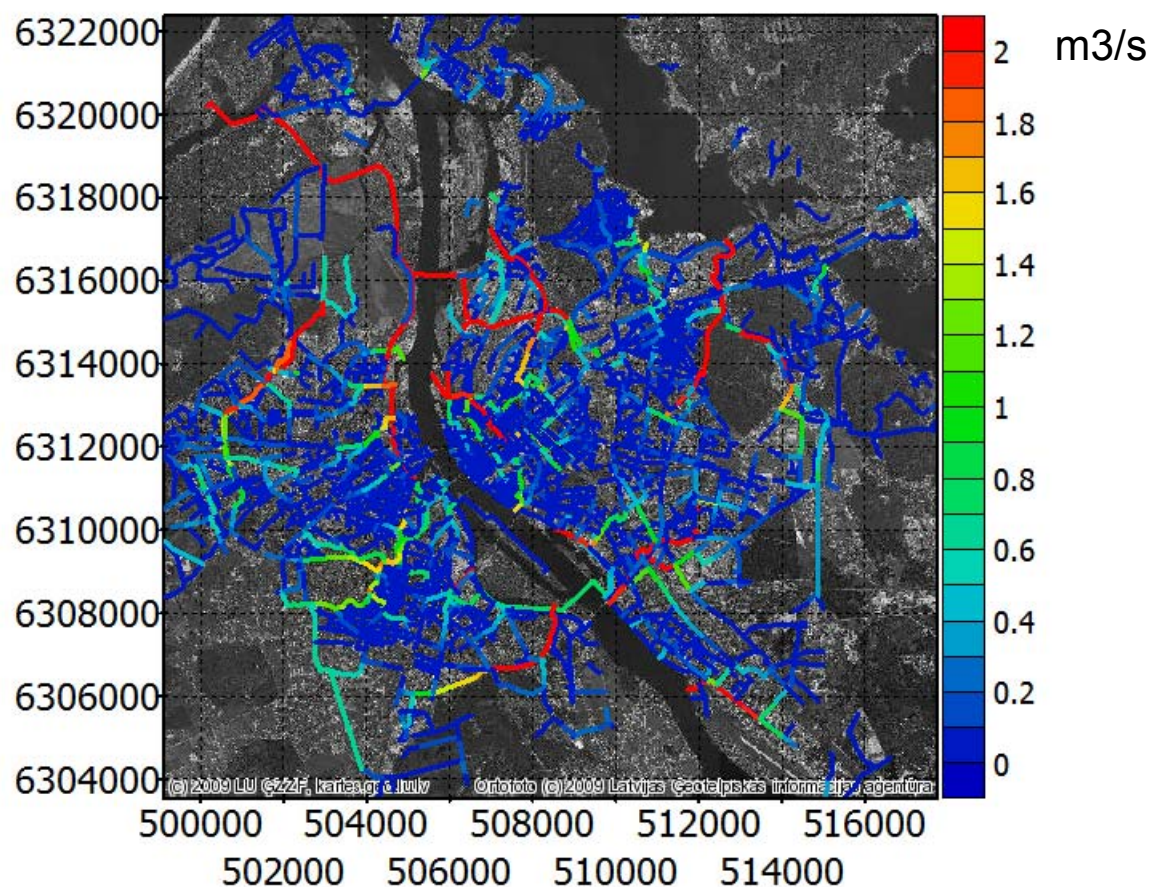


Plūsmas notekūdeņu sistēmā



Attīstība laikā lietusscenārijam ar 20% varbūtību (reizi 5 gados) mūsdienās

4 h





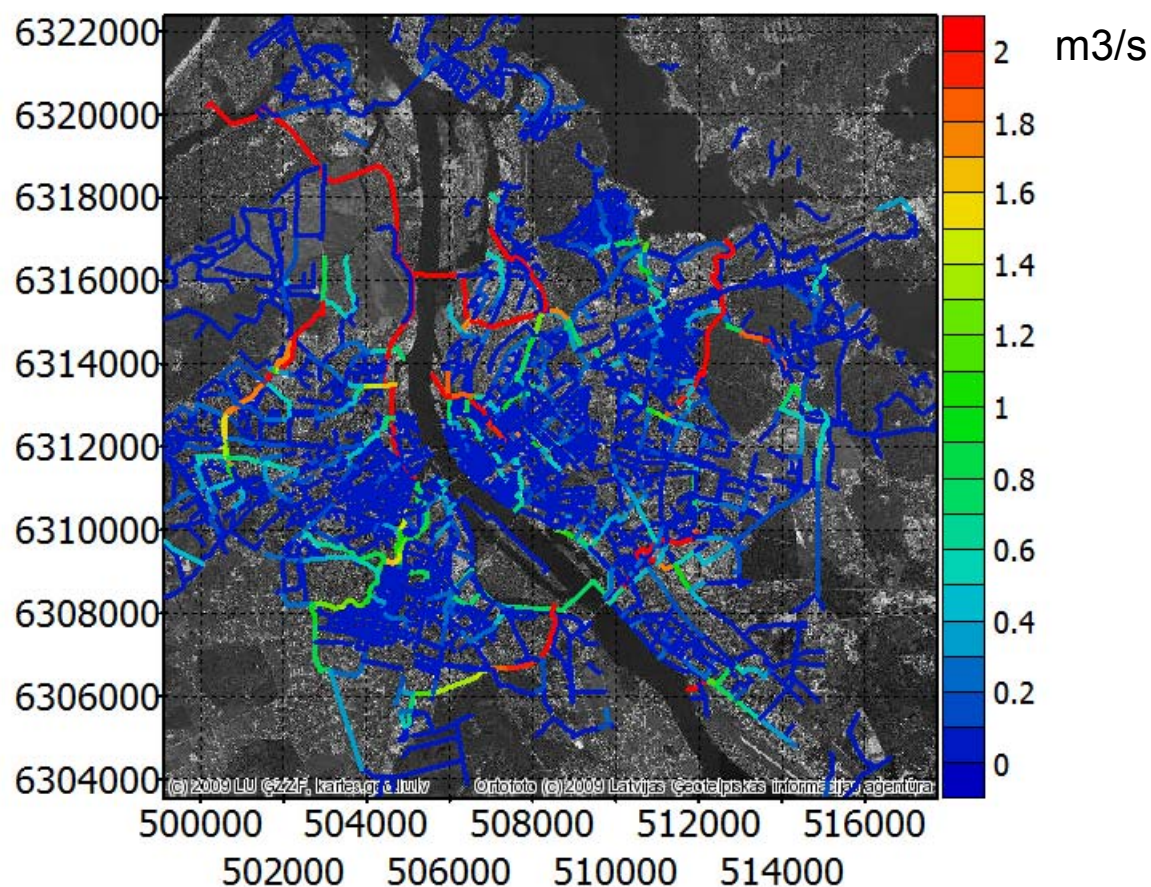
Plūsmas notekūdeņu sistēmā



Attīstība laikā lietus scenārijam ar 20% varbūtību (reizi 5 gados) mūsdienās

5 h

(1991.01.03 14:00)

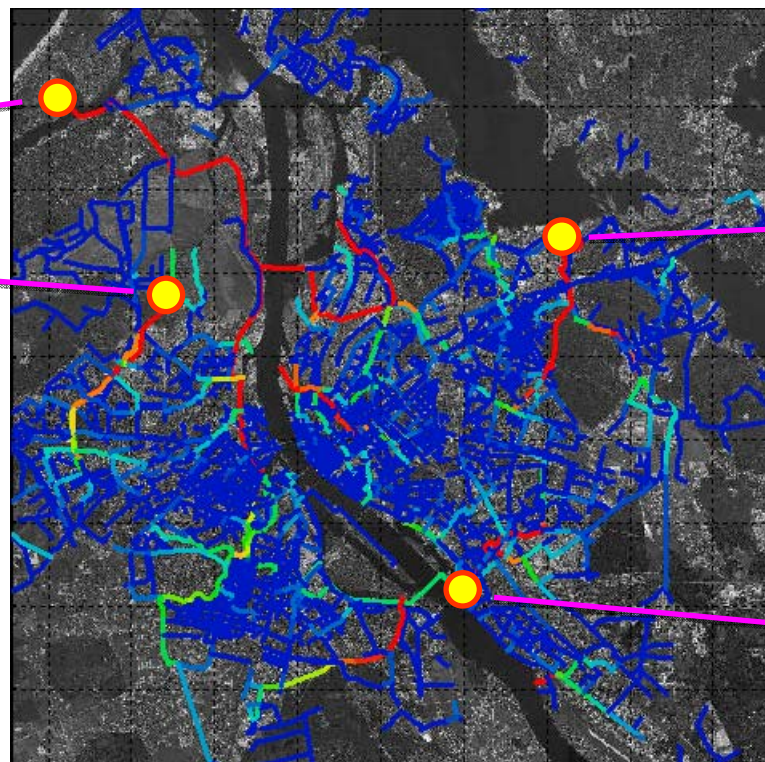


- Plūsmas palielinātas maģistrālajos cauruļvados un upītēs

Izvēlētu kolektoru/grāvju iztecēs lietus scenārijam ar 50% varbūtību (reizi 2 gados)

Notekūdeņu attīrīšanas
ietaise "Daugavgrīva"

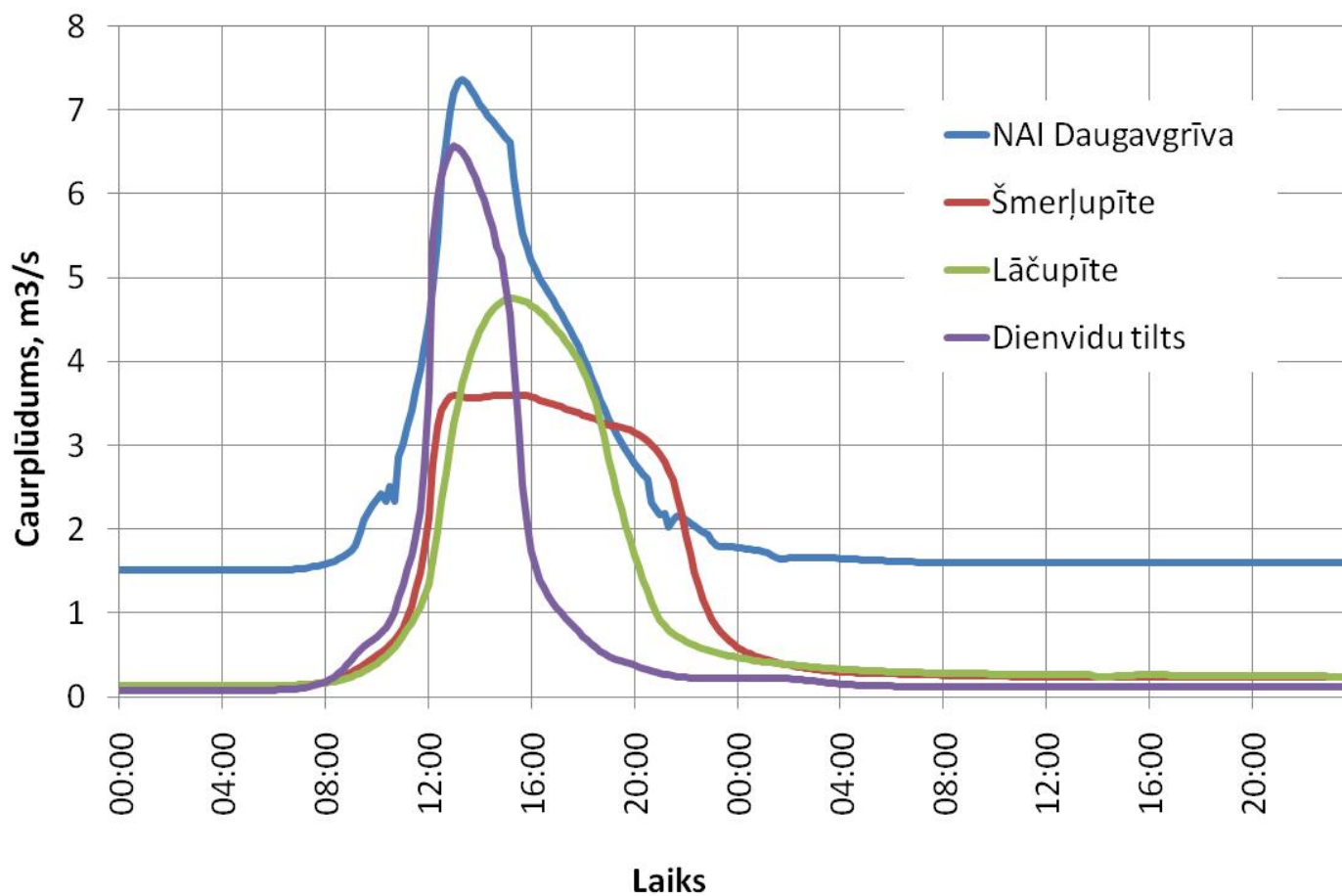
Lāčupīte



Šmerļupīte

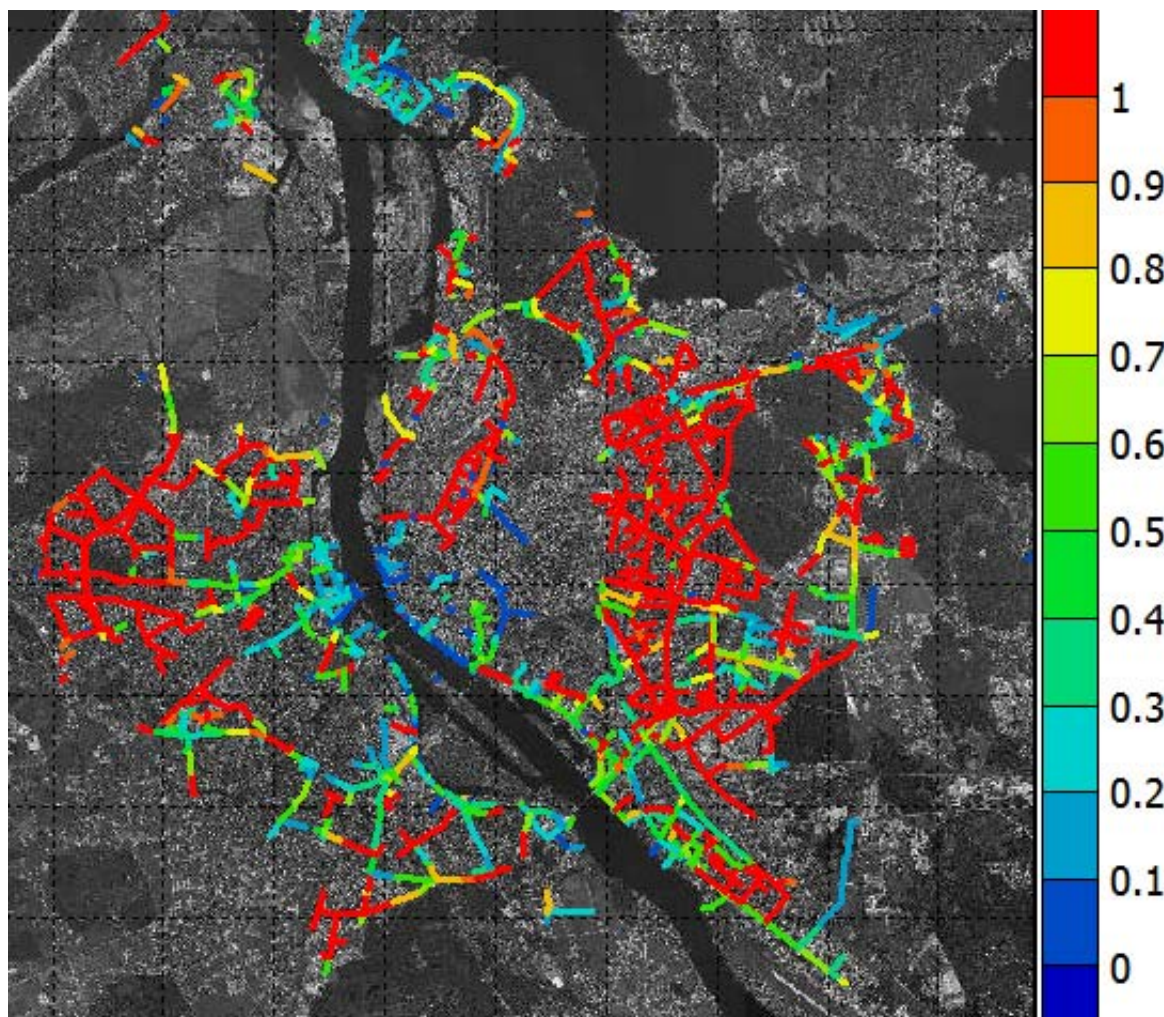
Dienvidu tilts
(lietus kanalizācija)

Izvēlētu kolektoru/grāvju iztecēs lietus scenārijam ar 50% varbūtību (reizi 2 gados)



Kolektoru aizpildījums

Lietus kanalizācijas kolektoru maksimālais aizpildījums
lietusgāžu scenārijam ar 50% varbūtību (reizi 2 gados)

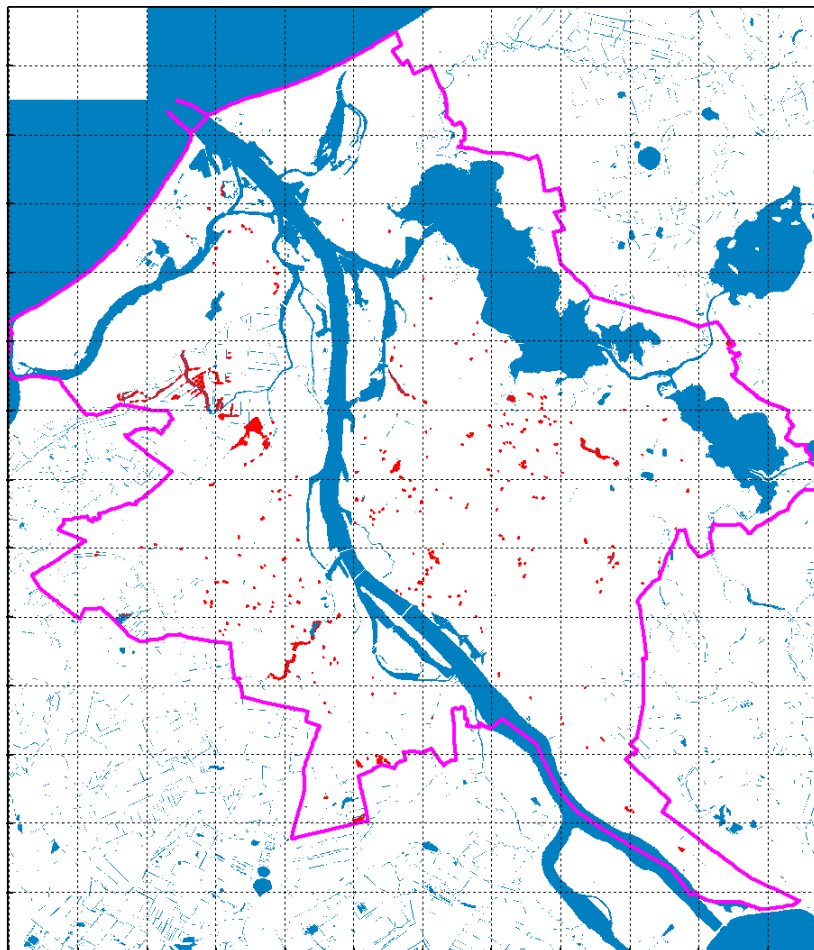


Lielākais noslogojums:

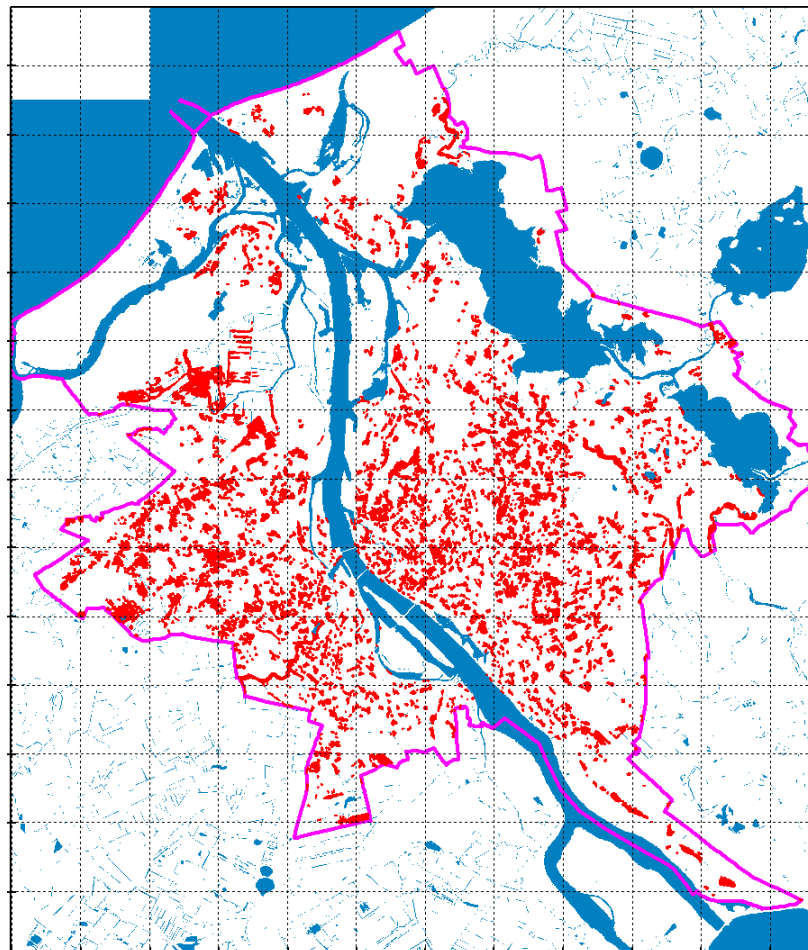
- Imanta
- Purvciems
- Teika

Applūstošās teritorijas lietusgāžu gadījumā

50% varbūtība (reizi 2 gados) mūsdienās



0.5 % varbūtība (reizi 200 gados) tālā nākotnē



Vairāki simti applūstošo laukumu

Applūstošās teritorijas

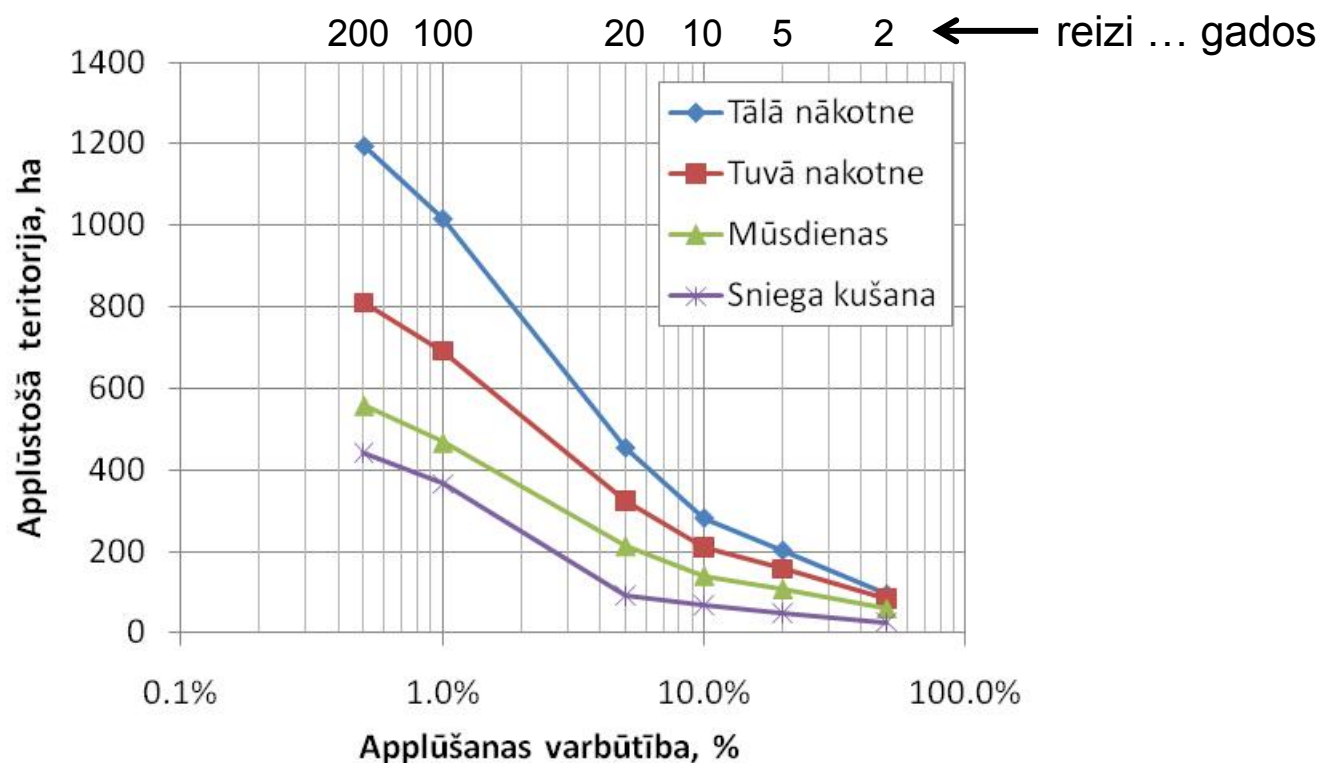
Lietusgāzes ; 0.5% varbūtība (reizi 200 gados); tālā nākotne



Vecrīga - Centrs

1. Meistaru
2. Kalēju
3. Muitas un Noliktavas
4. Elizabetes un Hanzas
5. Miera un Šarlotes
6. Marijas, Elizabetes un E.Birznieka Upīša
7. Barona –Tallinas-A.Čaka
8. Brīvības - Pērnavas
9. Avotu – Matīsa
10. Gogoļa – Lāčplēša
11. Elizabetes - Kurbada

Rīgas kopējā applūstošā teritorija lietusgāžu laikā



- lietus rezultātā applūstošā teritorija tālā nākotnē palielinās ~ 2 reizes
- sniega kušanas scenārijiem mūsdienās ~2 mazāks applūdums kā lietus scenārijiem

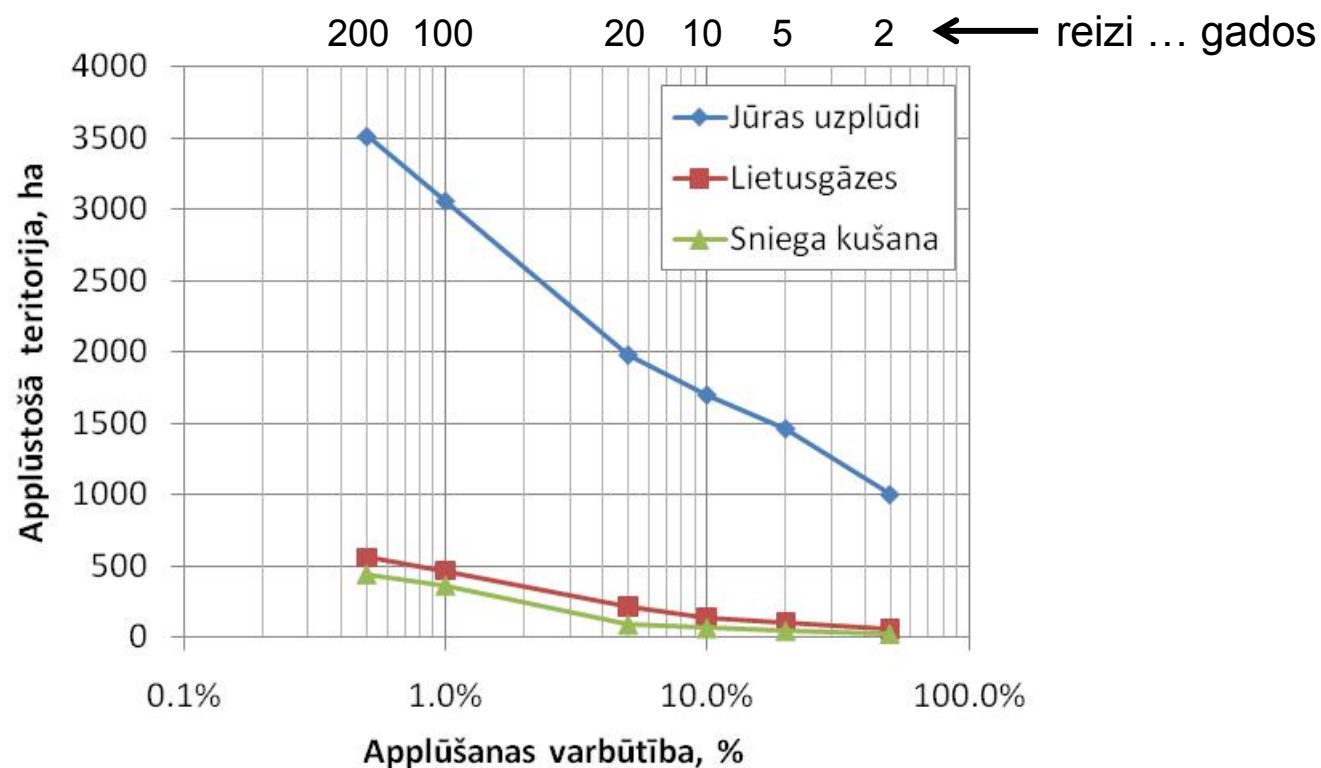


Kopsavilkums lietusgāzes un sniega kušana



- Izveidoti lietusgāžu un sniega kušanas scenāriji mūsdienām un diviem laika periodiem nākotnē
- Izveidots Rīgas pilsētas hidroloģiskais modelis, kas ietver lietus kanalizācijas sistēmu, kanalizācijas sistēmu un meliorācijas sistēmu
- Izveidots Rīgas pilsētas gruntsūdens modelis
-
- Lietusgāžu izraisītais applūdums ~ 10 reizes mazāks kā jūras uzplūdos
- Sniega kušanas rezultātā ~ 2 reizes mazāks applūdums kā lietusgāžu gadījumā
- Klimata mainība ievērojami palielina lietusgāzēs applūdušās teritorijas - tālā nākotnē par 100%
- Applūstošās teritorijas novērojamas visos Rīgas apbūvētajos rajonos
- Gruntsūdens līmeņa celšanās lielāka sniega kušanas gadījumā teritorijās ar mazu apbūves blīvumu

Rīgas kopējā applūstošā teritorija visa scenārija laikā; mūsdienas



- applūstošā teritorija lietusgāžu un sniega kušanas scenārijiem ~10 reizes mazāka kā jūras uzplūdu scenārijiem



Kopsavilkums un secinājumi



1. Jūras uzplūdu rezultātā applūstošās teritorijas ir daudzkārt lielākas kā pavasara palu, lietussgāžu un sniega kušanas laikā.
2. Plūdu riski nākotnē palielinās, izņemot sniega kušanas scenārijiem. Applūstošā teritorija palielinās par 30-50% jūras uzplūdu scenārijiem un līdz pat 100% lietussgāžu scenārijiem.
3. Rīgas pilsēta ir relatīvi labi pasargāta pret jūras uzplūdiem līdz +2 m līmenim Daugavas grīvā, bet aizsardzība ir slikta, ja ūdens līmenis pārsniedz +2.2 m atzīmi.
4. The ability to minimize the flooding risks from the strong rainfall events is dependent on the capacity of the drainage system in Riga