

# Lietusgāžu un sniega kušanas modelis Rīgas pilsētai

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

SIA Procesu Analīzes un Izpētes Centrs

Rīga, 16.06.2011

Ar klimata pārmaiņām saistīto hidroloģisko procesu izpēte un prognozēšana Rīgas pilsētas teritorijā un rekomendāciju izstrāde Rīgas pilsētas teritorijas aizsardzībai

Teritoriju applūšanu Rīgas pilsētā var izraisīt:

- (1) vētru radīti ūdens uzplūdi Rīgas jūras līča dienviddaļā (vēja uzplūdi)
- (2) Daugavas caurplūduma maksimumi (pavasara pali)
- (3) spēcīgas lietusgāzes**
- (4) strauja sniega kušana**

Darba otrajā etapā:

*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*



# Saturs

- **Lietusgāžu scenāriji**
- **Sniega kušanas scenāriji**
- **Hidroloģiskā modeļa nostādne**
- **Hidroloģiskā modeļa tīkla elementi**
- **Gruntsūdens modelēšana**
- **Applūstošo teritoriju kartēšanas metode**

Spēcīgas lietusgāzes scenārijs ir nokrišņu intensitātes laika rinda ar augstu laika izšķirtspēju.

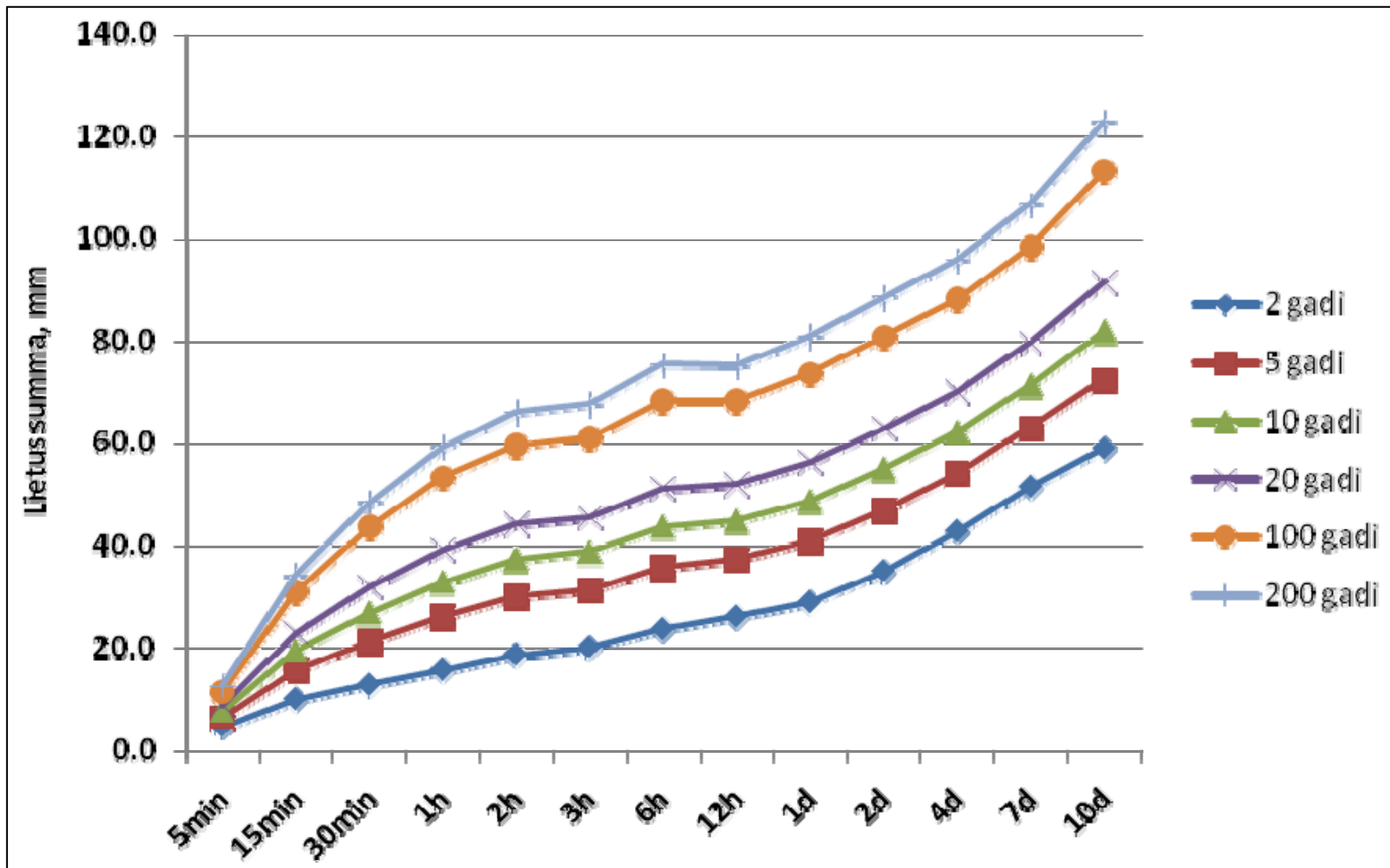
Iegūti dažādu laika intervālu (5 min, 15 min, 1 h, 3 h, 6 h, 12 h, 1 d, 2 d, 4 d, 7 d un 10 d) nokrišņu intensitātes ikgadējie maksimumi.

Šiem maksimumiem tika veikta ekstrēmu Gumbell analīze, iegūstot katra laika intervāla nokrišņu intensitātes ar atkārtotamību reizi 200, 100, 20, 10, 5 un 2 gados.

No dažādas atkārtotamības nokrišņu ekstrēmiem dažādiem laika intervāliem Rīgā tika izveidotas mākslīgas 14 dienu lietusgāžu datu rindas; tas, atbilstoši USACE (1993) rekomendācijām tika veikts ar HEC-HMS 3.5 programmatūras funkciju „*frequency storm*” (300 kvadrātkilometru teritorijai). Tādējādi tika iegūtas 6 dažādu atkārtotamību sintētiskās lietusgāzes mūsdienu klimatam ar laika soli 1 minūte.

USACE (1993). Hydrological frequency analysis. Engineer Manual 1110-2-1415. US Army Corps of Engineers. Washington DC, 5-Mar-1993.

USACE (2006). Hydrologic modelling system HEC-HMS. User's Manual. Ver. 3.0.1. US Army corps of engineers, March-2006. CPD-74a.



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

Lai iegūtu nākotnes lietusgāžu scenārijus, tika izmantota LU (2008, 2009) pieeja, kas tālāk attīstīta PAIC (2010). Tika izmantots ES projekta ENSEMBLES (2009) reģionālo klimata modeļu (21 modelis) ansamblis, ar kuriem veikti klimatiskie aprēķini 1961-2100.gg.

Klimata modeļu aprēķiniem (21 modelis, 140 gadu ilgs laika periods) tika veikta sistemātisko kļūdu korekcija, atbilstoši LU (2008, 2009), Senņikovs un Bethers (2009) metodikai.

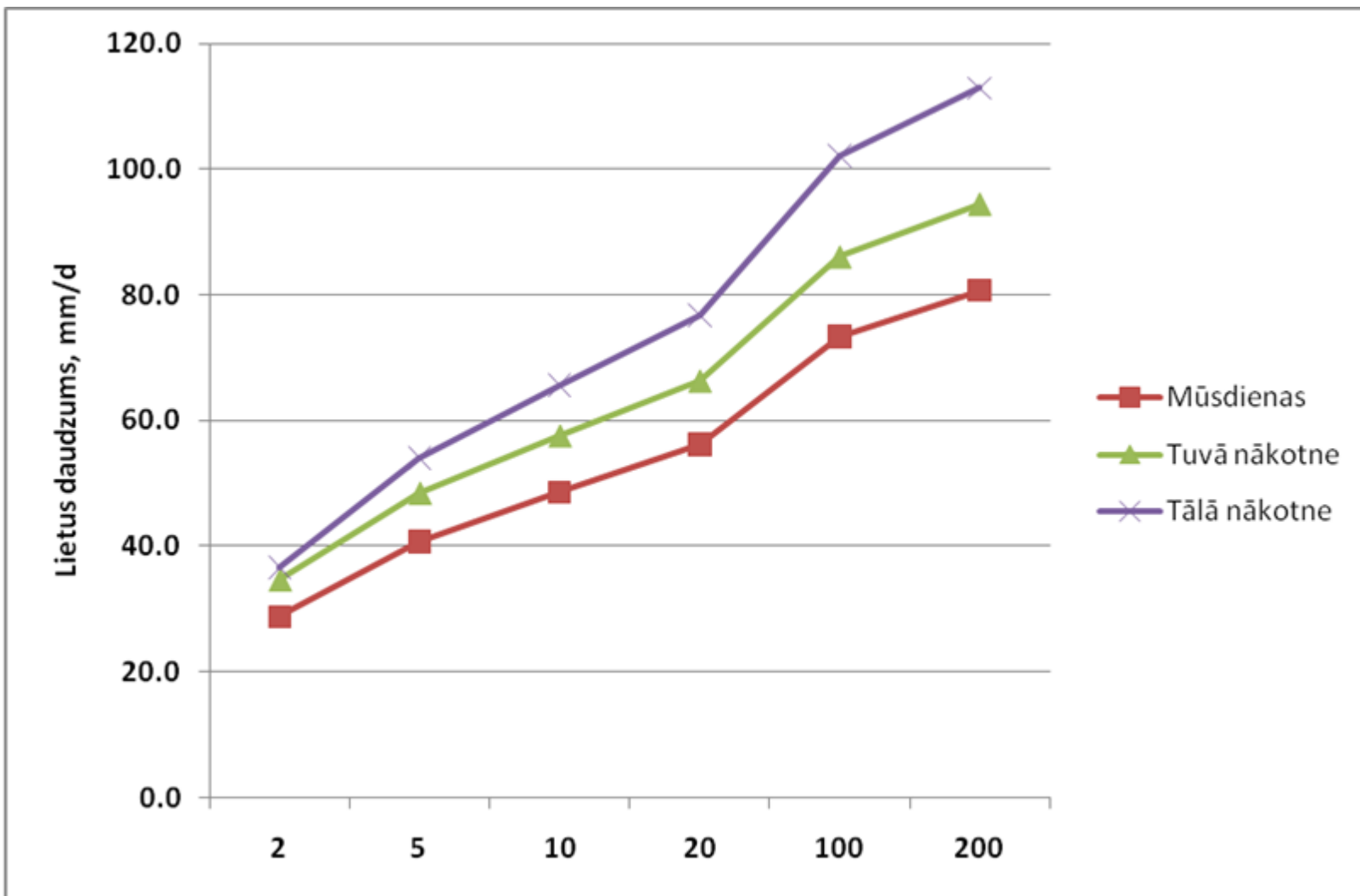
LU (2008). „Klimata mainība un globālā sasilšana” VPP „KALME”. Latvijas Universitāte, 2008.

LU (2009). „Klimata mainība Latvijā: aktualitātes un piemērošanās pasākumi” valsts pētījumu programma „KALME”, Rīga, 2009.

ENSEMBLES (2009) - Eiropas komisijas 6. Ietvarprogrammas finansēts projekts, GOCE-CT-2003-505539

PAIC (2011). Ar klimata pārmaiņām saistīto hidroloģisko procesu izpēte un prognozēšana Rīgas pilsētas teritorijā un rekomendāciju izstrāde Rīgas pilsētas teritorijas aizsardzībai. Starpatskaite (noslēguma variants). 20-Sep-2010 Līgums Nr. DAE-10-20-lī, ID Nr. RD PAD 2010/9. SIA „Procesu analīzes un izpētes centrs”, Rīga, Jan-2011.

Sennikovs J., Bethers U. (2009). Statistical downscaling method of regional climate model results for hydrological modelling // 18<sup>th</sup> World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July, 2009, pp.299



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

Spēcīgas sniega kušanas scenārijs ir izkusušā sniega ūdens ekvivalenta laika rinda ar augstu laika izšķirtspēju.

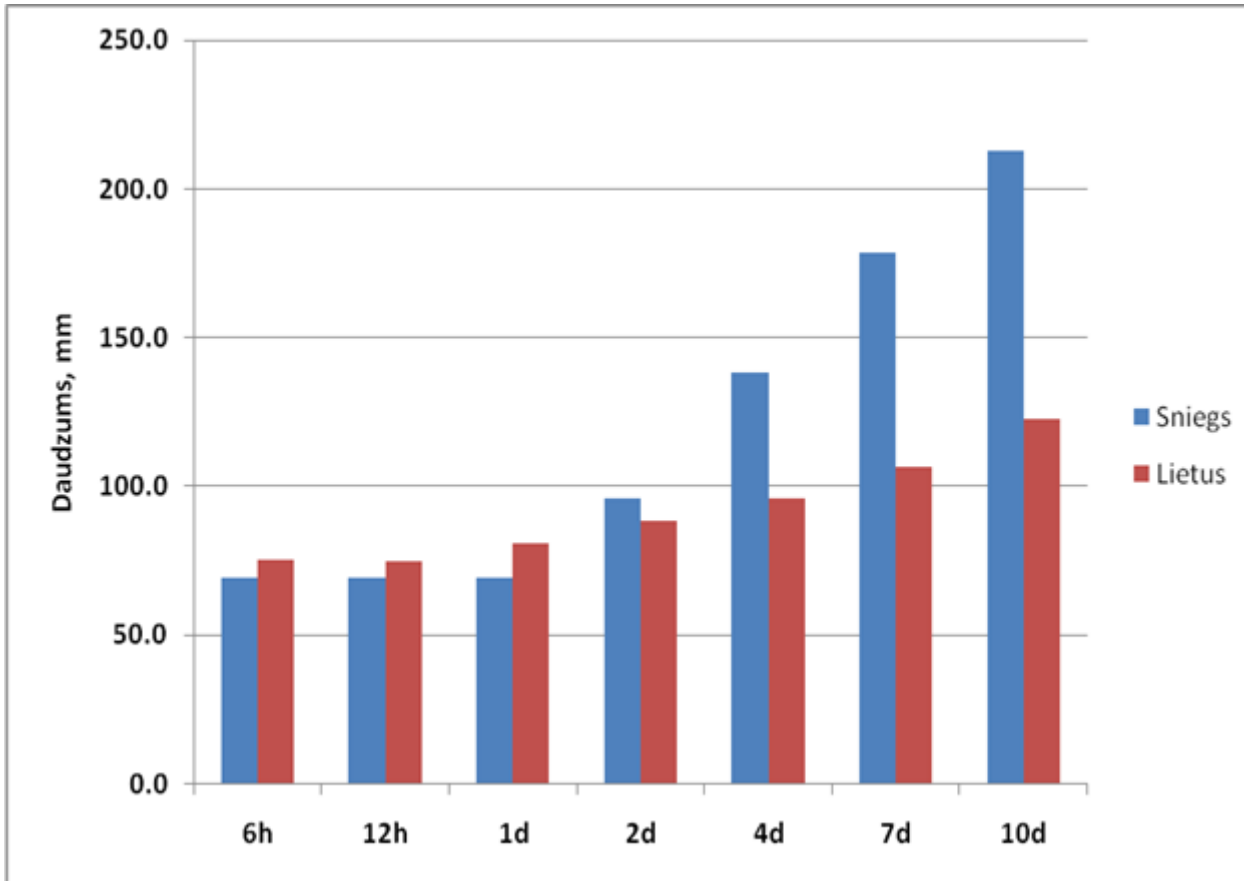
Analizētas nokrišņu un sniega segas biezuma termiņnovērojumu 27 gadu datu rindas. Atlasīti sniega kušanas periodi un noteikti maksimālie sniega segas samazināšanās ātrumi laika posmiem 1 d, 2 d, 4 d, 7 d un 10 d. Šiem maksimumiem tika veikta ekstrēmu Gumbell analīze, iegūstot katra laika intervāla sniega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

No dažādas atkārtotamības sniega kušanas ekstrēmiem dažādiem laika intervāliem tika izveidotas mākslīgas 14 dienu ūdens ekvivalenta datu rindas. Tādējādi tika iegūti 6 dažādu atkārtotamību sintētiskie sniega kušanas notikumi mūsdienu klimatam.

Sniega kušanas scenārijos nav ņemta vērā sniega izvešana, tīrīšana un ķīmiskā kausēšana ziemas laikā.

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





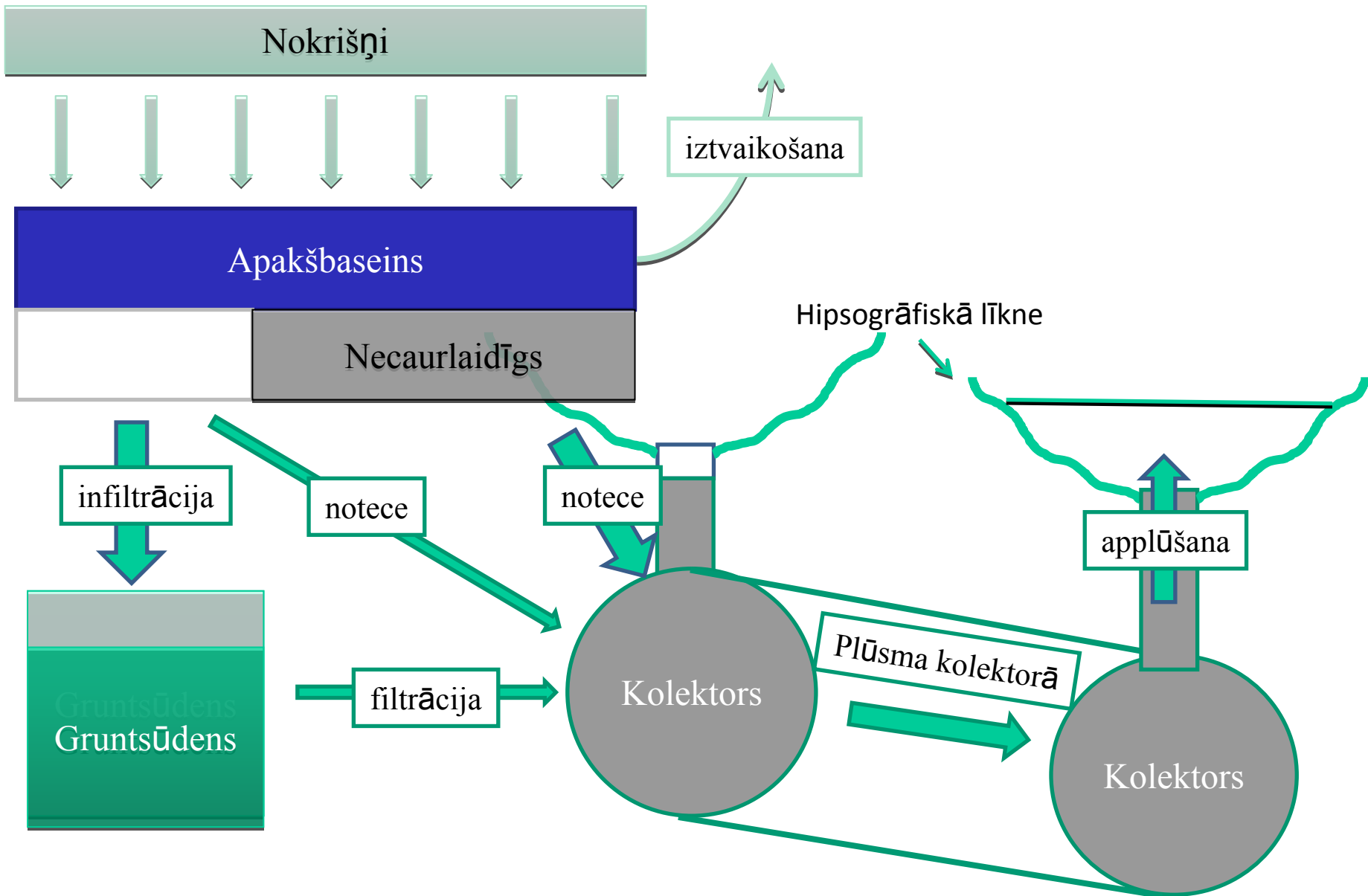
Īstermiņā lietus intensitātē vairākkārt (15 reizes 5 minūšu intervālam, 6 reizes stundas intervālam) pārsniedz sniega kušanas intensitāti. Tomēr laika intervāliem virs vienas diennakts ekstrēmie nokusušā sniega ūdens ekvivalenti pārsniedz atbilstošos ekstrēmos nokrišņus.

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

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.

# Shematiskas apakšbaseina ūdens plūsmas



Hidroloģiskajam modelim nepieciešamie pamata ieejas **ģeotelpiskie dati** iedalāmi 3 grupās:

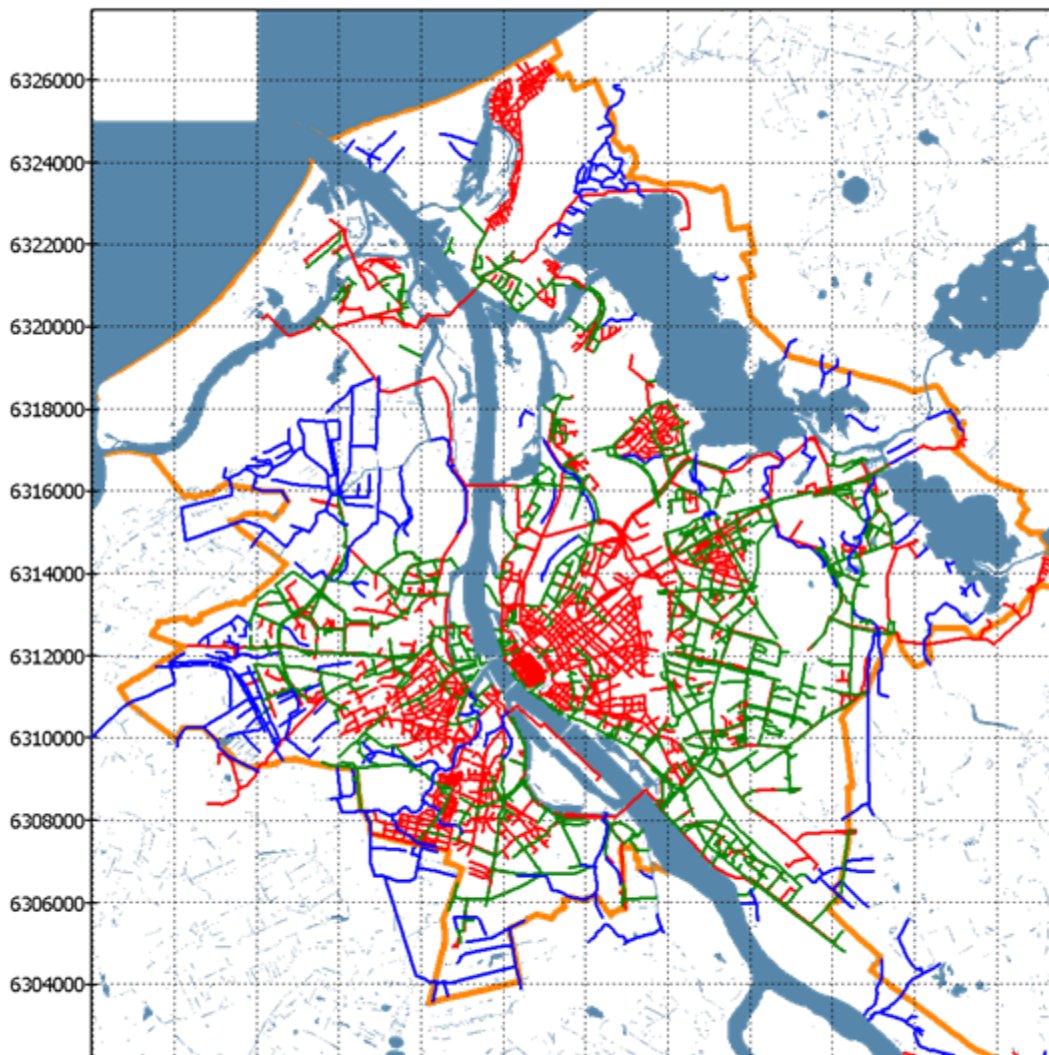
- **Punktveida** (sūkņu stacijas, pārgāznes, kolektoru sadalījuma punkti, kolektoru izplūdes) objekti.
- **Līnijveida** (kolektori, spiedvadi, grāvji/upītes) objekti.
- **Laukuma** (sateces apakšbaseini) objekti.

Veidojot modeļa ģeometriju Rīgas pilsētai tika izmantoti sekojoši ūdens noteces sistēmas elementi (objektu grupas) – „**lietus kanalizācijas sistēma**”, „**kanalizācijas sistēma**” un „**meliorācijas sistēma**”.

Modelī izmantotās sateces apakšbaseinu īpašības tika pamatā iegūtas no digitālā reljefa modeļa un zemes lietojuma datiem

- *Vadlīniju izstrāde Rīgas pilsētas inženierinfrastruktūras turpmākai attīstībai, 3.sējums, Kanalizācija. SIA Aqua-Brambis, Rīga, 2009.*
- *Vadlīniju izstrāde Rīgas pilsētas inženierinfrastruktūras turpmākai attīstībai, 4.sējums, Lietus kanalizācija. SIA Aqua-Brambis, Rīga, 2009.*
- *Rīgas pilsētas meliorācijas sistēmu attīstības koncepcija, Topogrāfiskie plāni, II sējums. SIA „Estonian, Latvian and Lithuanian Environment”. Rīga, 2007.*
- *Inženierkomunikāciju topogrāfiskais plāns M1:500. SIA Ģeometrs, Rīga, 2011*
- *METRUM (2010), „Rīgas pilsētas teritorijas trīsdimensiju reljefa modeļa izstrāde”, iepirkuma ID Nr. RD PAD 210/05 LIFE+, 2010*

## Hidroloģiskā modeļa ūdensteču tīkls



**Sarkans** – kanalizācija un kopsistēmas kanalizācija

**Zaļš** – lietus kanalizācija

**Zils** – upes un grāvji

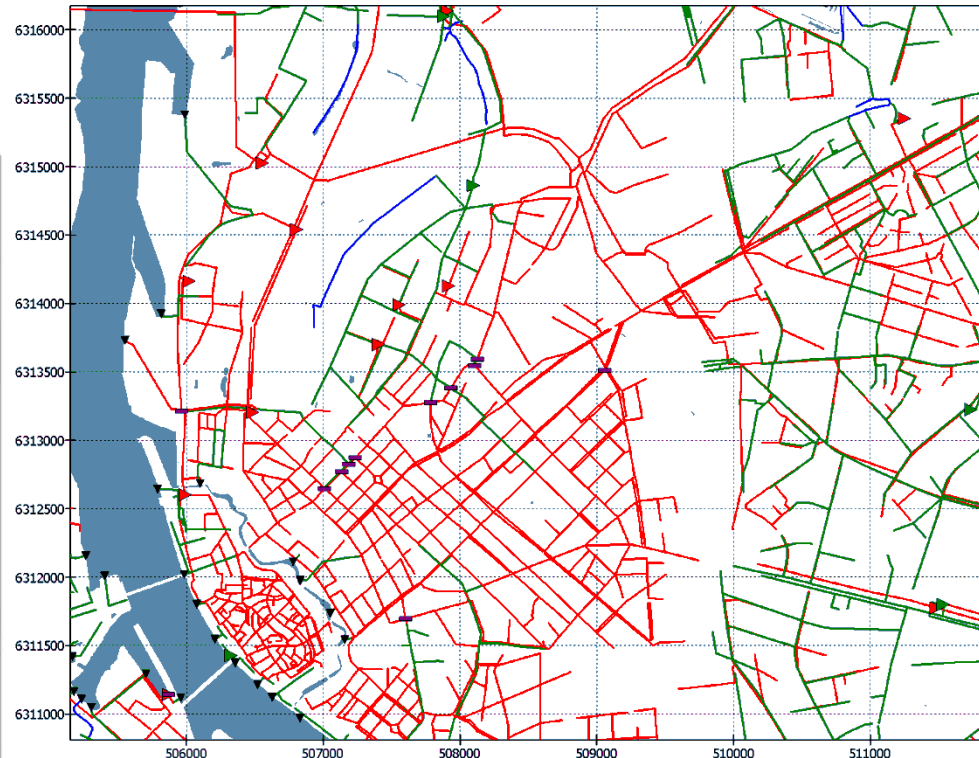
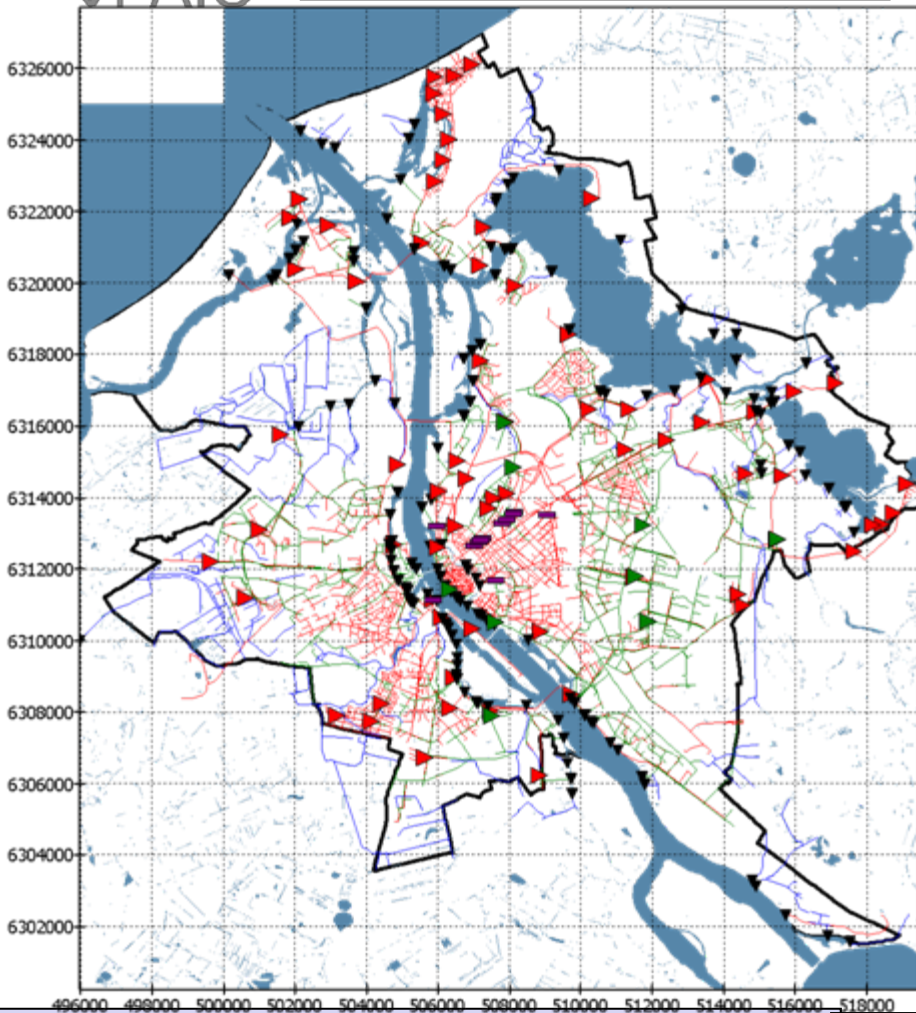
### Parametri:

- Kolektoru izvietojums;
- Kolektoru tips (lietus kanalizācija, koplietošanas, sadzīves kanalizācija, meliorācijas sistēmas grāvis, upīte)
- Kolektoru izmēru parametri (diametrs, platumi, grāvju malu slīpumi);
- Kolektoru savienojumu augstumu atzīmes.

### Sadzīves notekūdeņu pieplūde.

Ieplūdes apjoms aprēķināts atbilstoši apakšbaseina relatīvajam noslogojumam, ņemot vērā apbūves blīvumu un tipu (piemēram, individuālā, daudzstāvu, industriālā apbūve utml.)

# Hidroloģiskā modeļa objekti

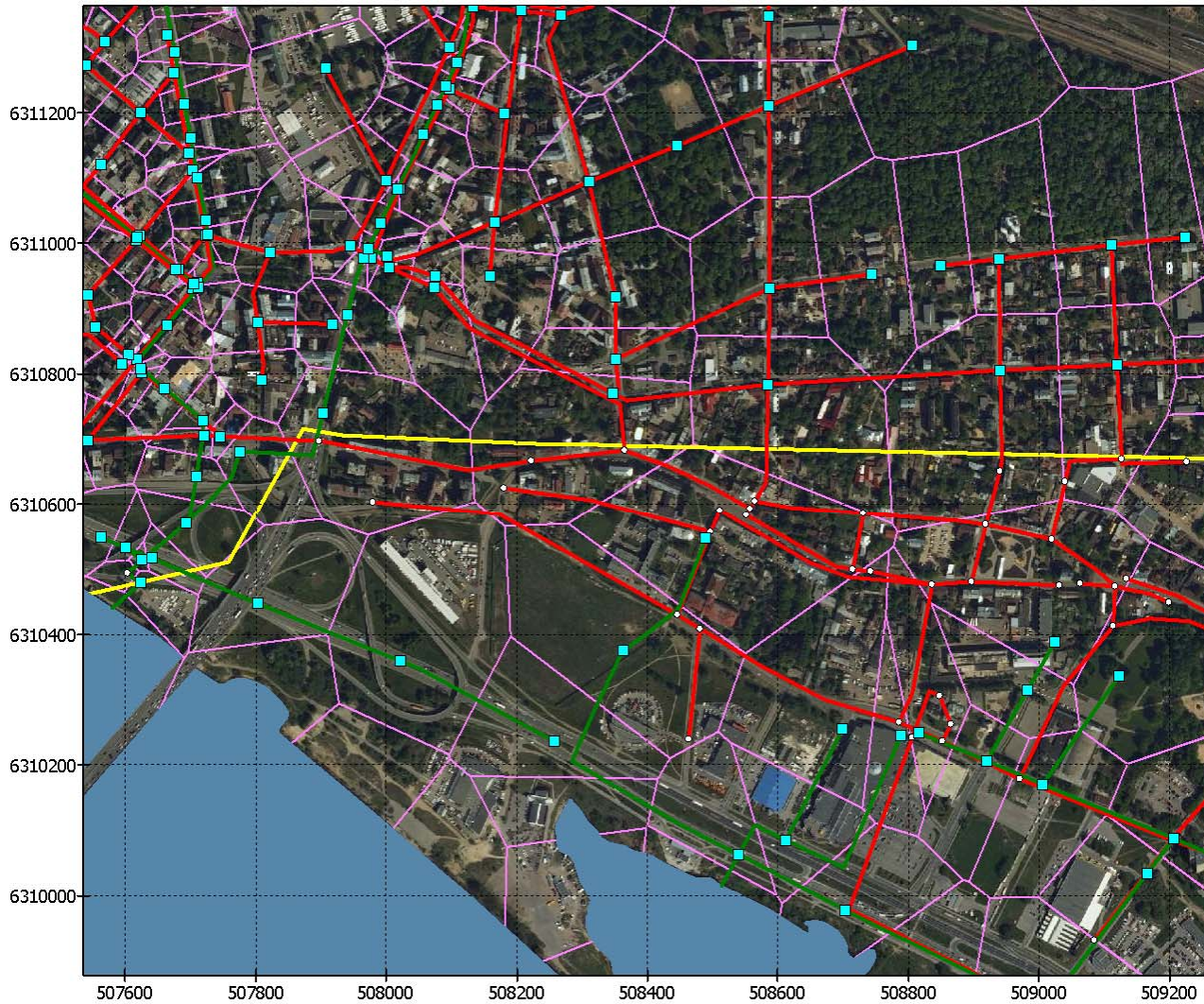


## Parametri:

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

**Kanalizācijas sūkņu stacijas**  
**Lietus kanalizācijas sūkņu stacijas**  
**Izplūdes**  
**Kopsistēmas lietus pārgāznes**

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



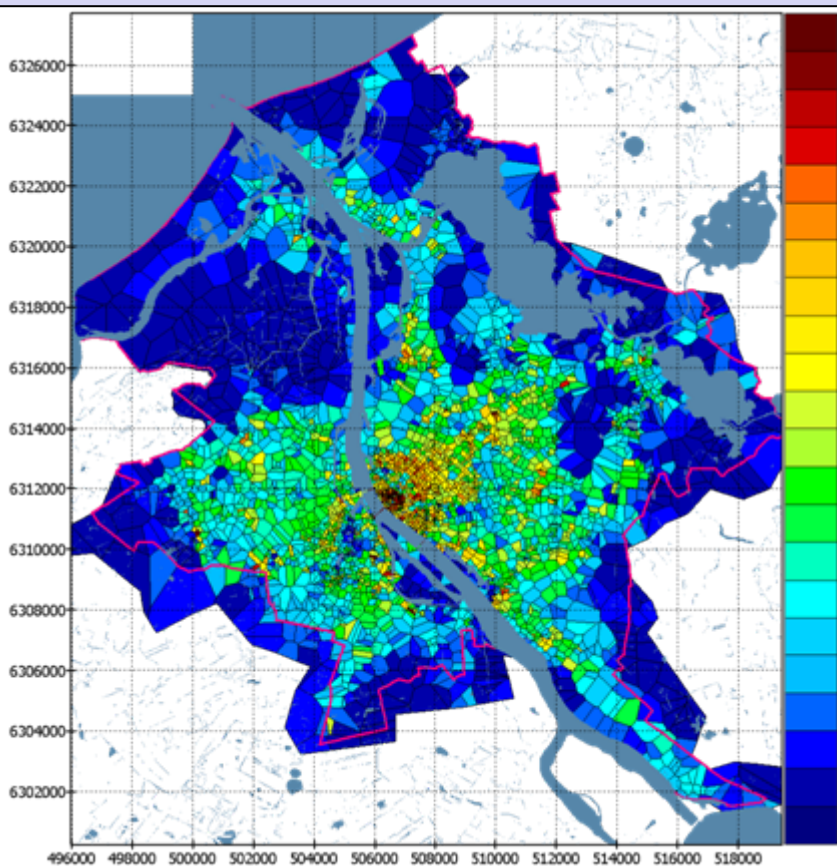
**Apakšbaseini**  
**Kopsistēmas robeža**  
 Apakšbaseinam  
 piesaistītie tīkla  
 mezglu punkti

Rīgas pilsētu var sadalīt  
 teritorijās, kur sadzīves  
 kanalizācija un lietus  
 kanalizācija ir veidotas  
 vienotā sistēmā un  
 teritorijās, kur ir sadzīves  
 kanalizācijas šķirtsistēma  
 Koplietošanas  
 kanalizācijas sistēma  
 Daugavas labajā krastā ir  
 Rīgas centrā un Vecrīgā,  
 bet Daugavas kreisajā  
 krastā – Āgenskalna  
 apkaimē.

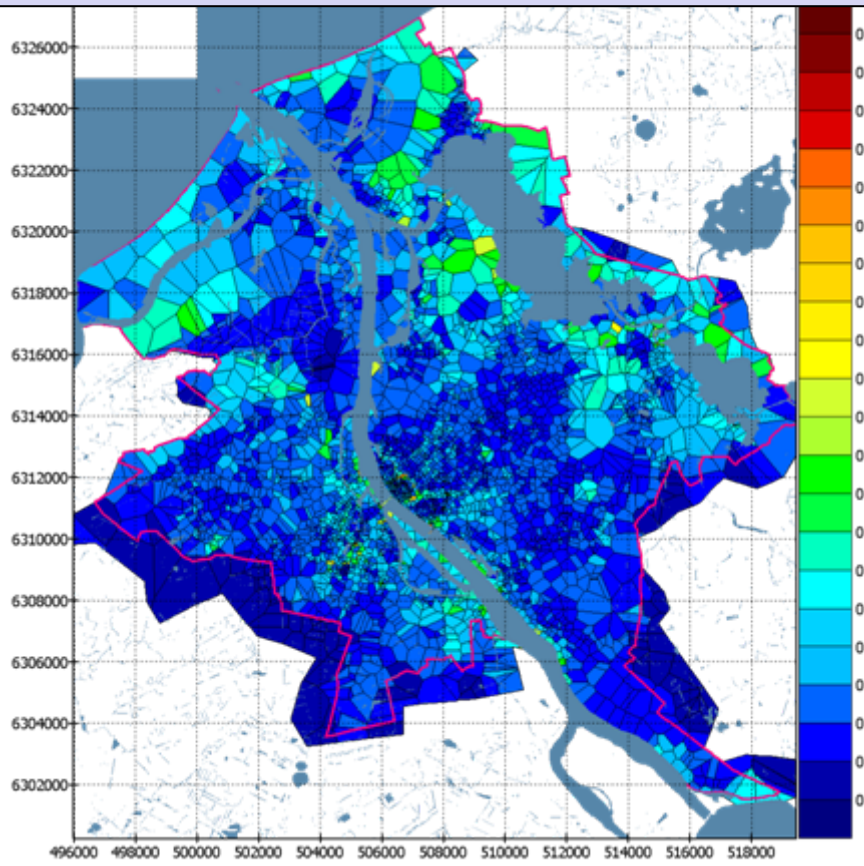
# Apakšbaseini un to īpašības

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

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



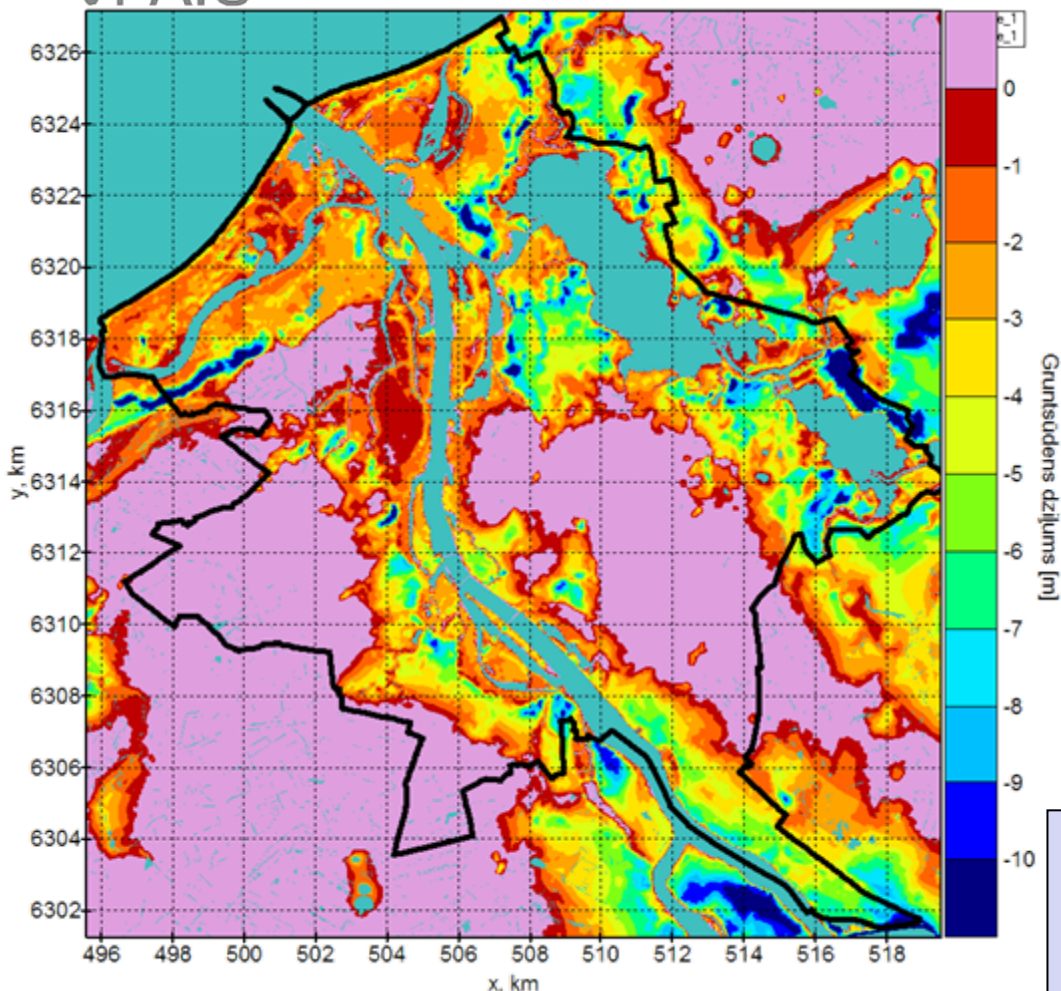
Ūdensnecaurlaidīgā daļa - ēkas un ceļi



Vidējais slīpums



# Gruntsūdens

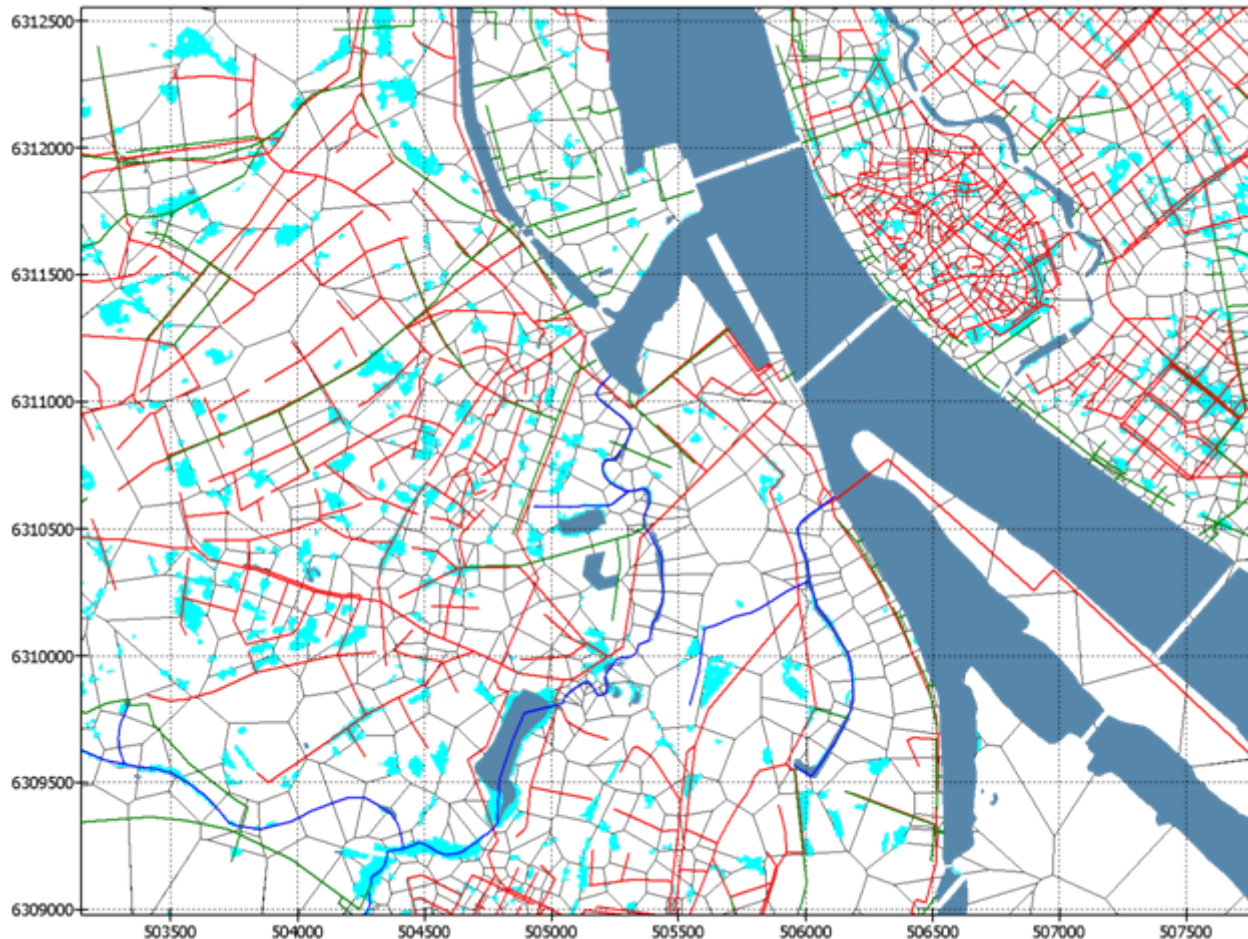


*“Dabīgo” gruntsūdens līmeņu sadalījumu novērtējums Rīgas pilsētā situācijai bez meliorācijas un lietus kanalizācijas sistēmu ietekmes.*

Vēsturiskā apbūve lielākoties izveidojusies augstākās vietās vai ūdensobjektu tiešā tuvumā, kur gruntsūdens līmenis ir zems (Vecrīga, Rīgas centrs, Āgenskalns). Apkārt tām ir rajoni, kuros gruntsūdens līmenis ir augsts (Imanta, Zolitūde, Purvciems, Pļavnieki). Daudzās vietās jau pirms masīvas dzīvojamās apbūves veikšanas ir tikusi izveidota meliorācijas grāvju sistēma (Purvciems, Pļavnieki, Dārzciems, Imanta, Zolitūde).

- Bez meliorācijas sistēmas gruntsūdens sasniegtu zemes virsmu ar violetu krāsu attēlotajās teritorijās
- Rīga ir atkarīga no funkcionējošas meliorācijas un lietus ūdens kanalizācijas sistēmas

# Applūstošo teritoriju noteikšana



*Apakšbaseinu robežas, ūdensteces, applūdušie apgabali 1x200 gados tālā nākotnē*

- Apakšbaseina applūšanu raksturo tam atbilstošajā modeļa punktā atrodošais ūdens daudzums  $m^3$  jebkurā laika momentā
- Izmantojot apakšbaseina hipsogrāfisko līkni var noteikt applūdušā ūdens vidējo līmeni apakšbaseinā
- Līmeni projicējot uz reljefu var noteikt applūduma līniju
- Applūduši teritorija - ūdens dziļums pārsniedz 15 cm ilgāk kā 30 nepārtrauktas minūtes, laukums lielāks par  $200 m^2$

## Kopsavilkums un Secinājumi

- 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