

ESF projekts „Starpnozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem”

BALTIJAS ARTĒZISKĀ BASEINA HIDROĢEOLOĢISKAIS MODELIS

Juris Senņikovs, Jānis Virbulis

Vides un tehnoloģisko procesu matemātiskās modelēšanas
laboratorija
Latvijas Universitāte



LATVIJAS
UNIVERSITĀTE
ANNO 1919



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

Līguma Nr. 2009/0212/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/060

Ievads

Pamatklintājs pie zemes virsmas

- Baltijas Artēziskais Baseins (BAB) - sarežģīts daudzslāņu nogulumiežu baseins
- Ietver Latviju, Lietuvu, Igauniju, daļu Polijas, Baltkrievijas, Baltijas jūras akvatorijas
- Nogulumiežu biezums ir aptuveni 5000 m baseina DR daļā, Z un ZR pamatklintājs sasniedz zemes virsmu

Biezums
~5000 m

Biezums
<500 m

BAB nogulumiežu tilpums - 579000 km³

BAB virsmas laukums - 484000 km²

Nogulumiežu slāņa vidējais biezums - 1.2 km

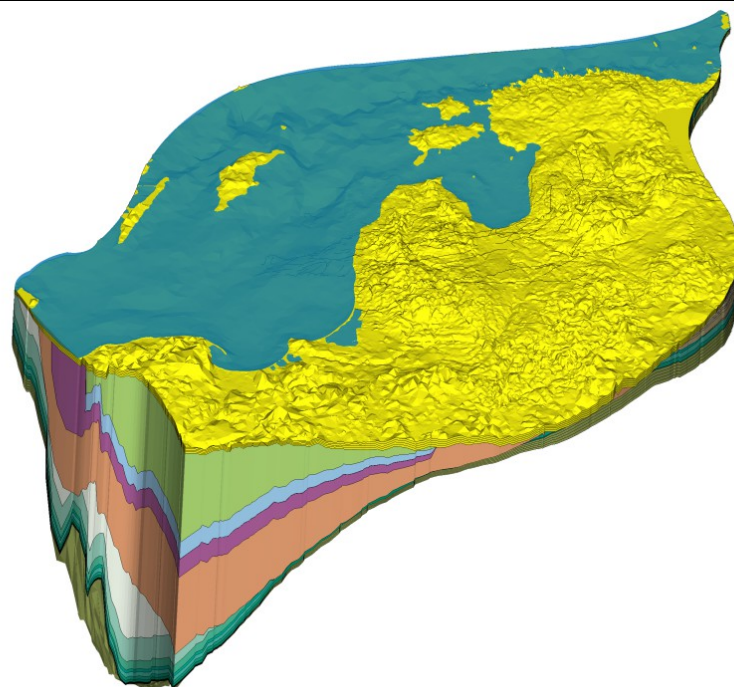
Ievads - pazemes ūdeņu modelēšana

BAB datormodelim ir jāatbilst:

1. BAB pazemes uzbūve
2. BAB pazemes ūdens plūsmas
3. BAB pazemes ūdenī esošo vielu plūsmas un to transformāciju

Visu modeļa funkcionēšanai nepieciešamo objektu (dati, programmas, vienādojumi,...) kopu saucsim par **modeļu sistēmu**.

- **Geometriskais modelis**
- **Pazemes ūdens filtrācijas modelis**
- Vielu pārneses un transformāciju (“ķīmijas”) modelis
- **Hidroloģiskais modelis**
- **Dati** un to organizācija
- **Programmatūra** – datu apstrāde, preprocesors, rezultātu vizualizācija
- **Modeļu kalibrācijas metodes**
- **Aprēķinu varianti**

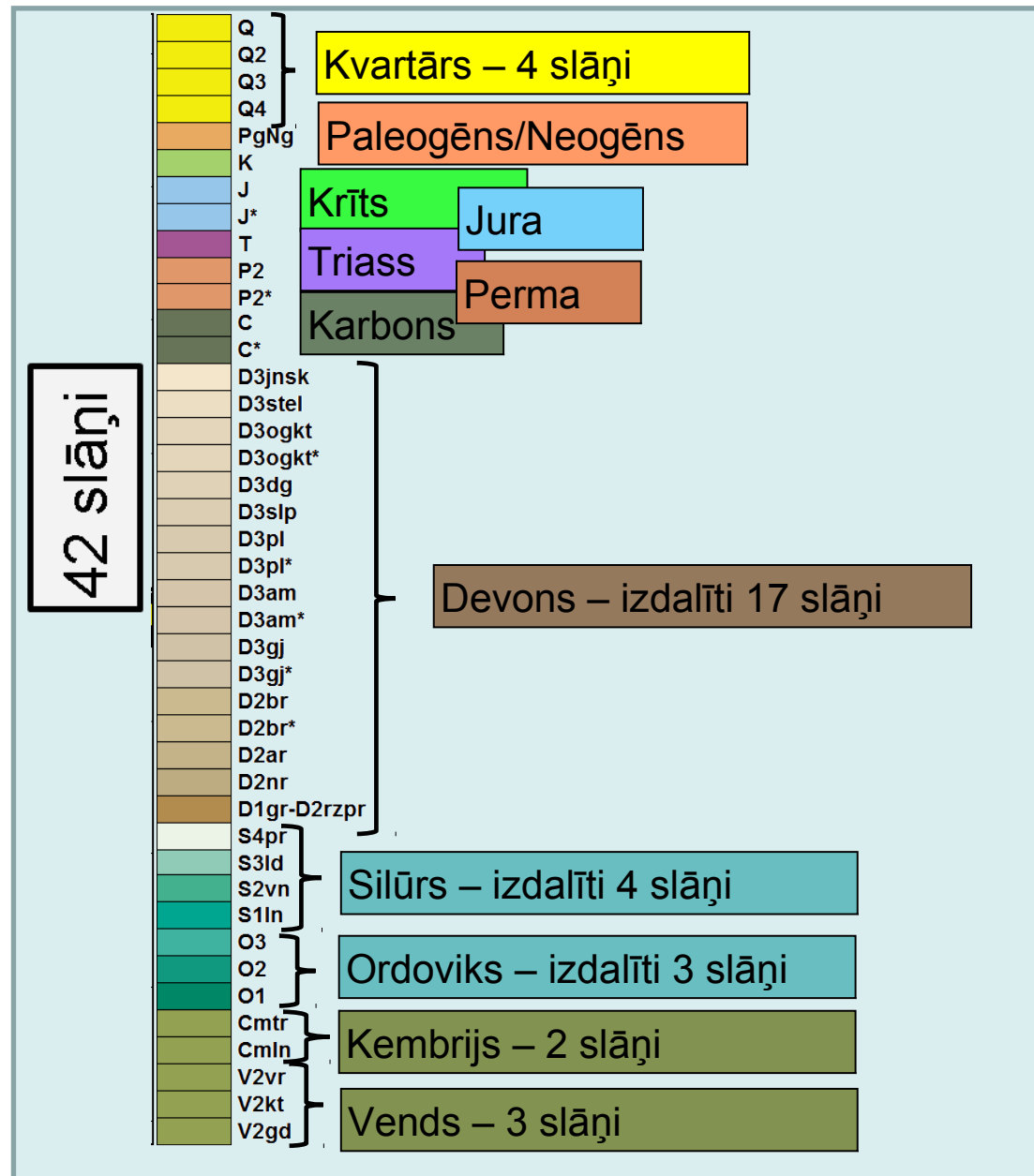


Ģeoloģiskās struktūras ģeometriskā 3D modeļa izveide

Ģeometriskais modelis izveidots, sadalot pazemi **slāņos**.

Katra slāņa ģeometrijas izveidei tiek pielietoti vairāki datu avoti, atkarībā no datu esamības, pieejamības projekta ietvaros, izmantošanas lietderības utml.

- Stratigrāfiskā informācija no Latvijas un Igaunijas urbumu datu bāzēm
- Informācija no ģeoloģisko slāņu augstuma kartēm Latvijā un Lietuvā
- Zemkvartāra nogulumiežu izplatības kartes Latvijā un Lietuvā
- Tektonisko lūzumu līnijas no pamatklintāja kartēm Latvijā, Lietuvā un Igaunijā
- Aprakto ieleju dati Latvijā un Igaunijā
- Zemes virsmas topogrāfijas dati
- Baltijas jūras dziļuma dati
- Dati no publicētiem vertikāliem griezumiem, informācija no grāmatām un citi avoti.

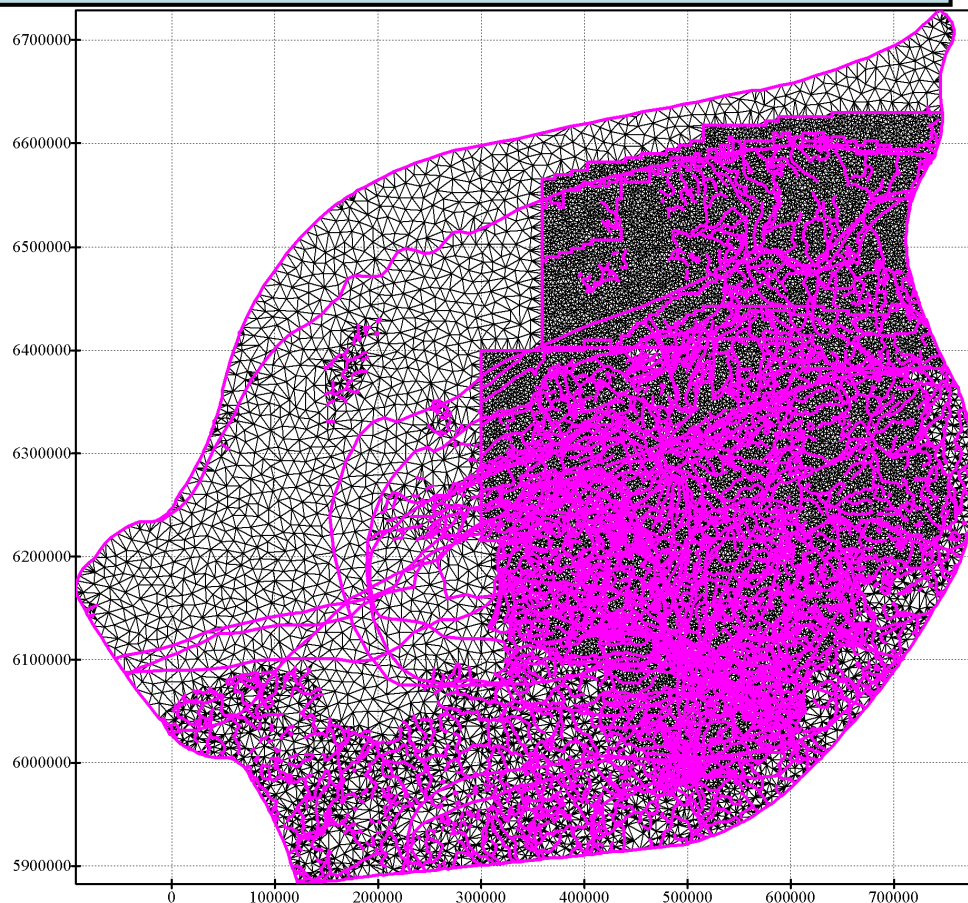


Ģeometriskās struktūra – līnijas un režģis

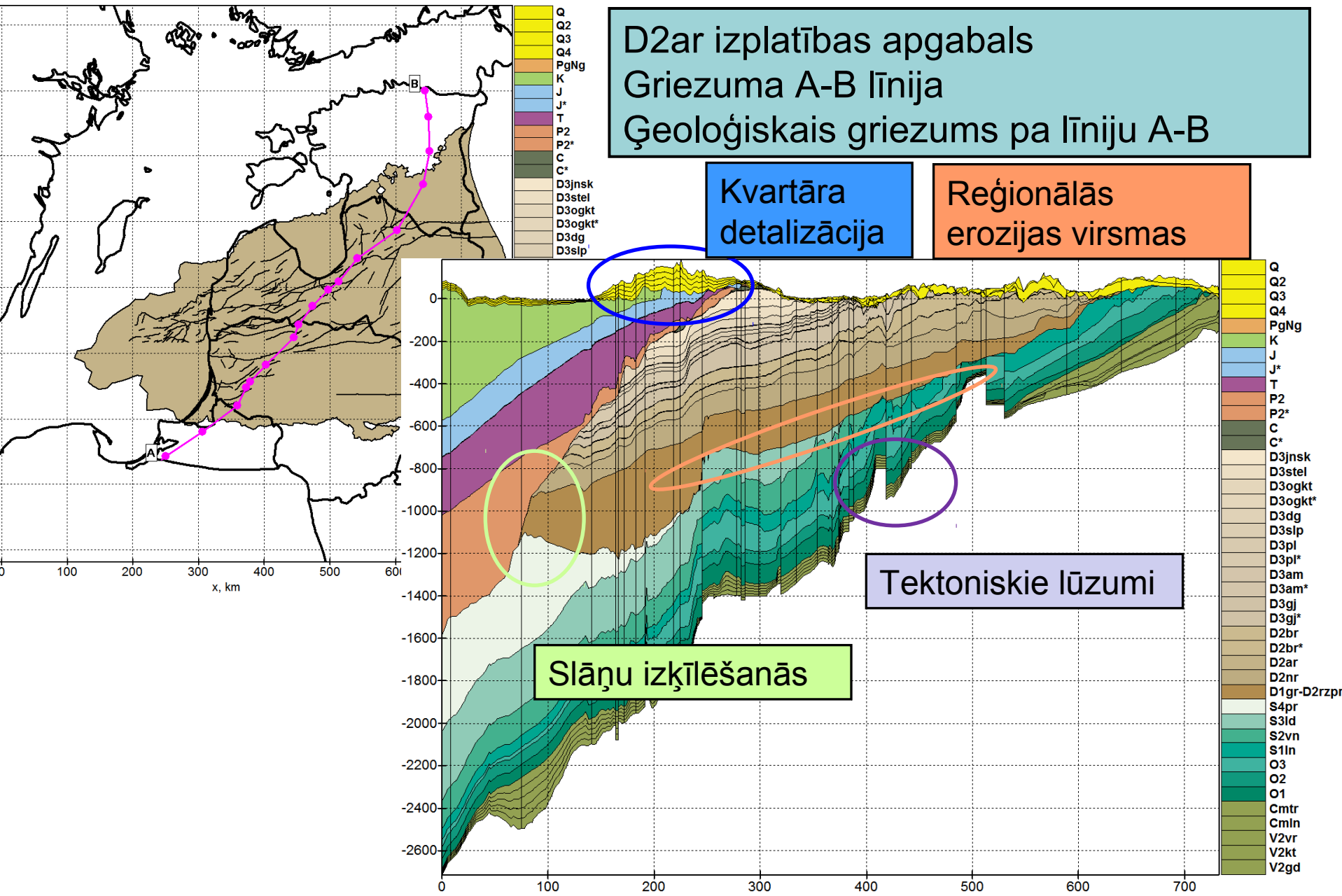
- Visas ģeoloģiskās virsmas tiek izveidotas uz trijstūru režģa, katrā režģa virsotnē glabājas virsmas augstums, trijstūru režģī iespējams ieviest dažādu detalizācijas pakāpi.
- Trijstūru režģis visai BAB teritorijai tiek veidots, ņemot vērā raksturīgās līnijas: krasta līnijas, upju/ezeru līnijas, ģeoloģisko materiālu izplatības robežas, ģeoloģisko lūzumu līnijas u.c.

• Katra no ģeoloģiskajām virsmām ir uzdots noteiktā kopējā trijstūru režģa apakšapgabalā.

• Apvienojot visas virsmas iegūst 3D tilpumu režģi, kura elementi ir prizmas, piramīdas un tetraedri.



Ģeometriskā struktūra



Filtrācijas aprēķina uzdevuma nostādne

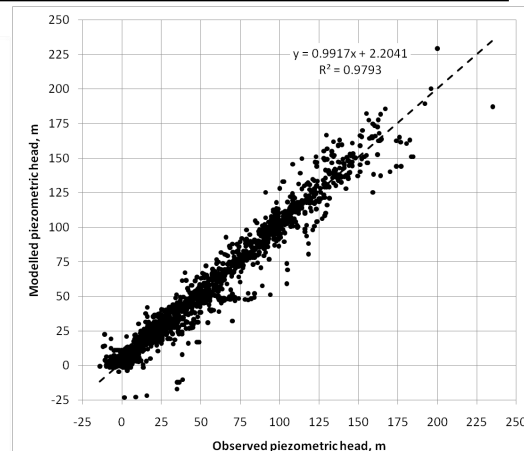
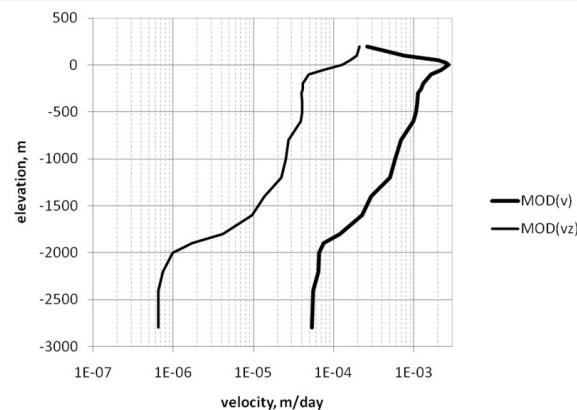
Izveidots stacionārs un nestacionārs filtrācijas plūsmu aprēķina modelis. Aprēķinu rezultāts ir laikā mainīga [pjezometriskā] ūdens līmeņa (h) telpiskais sadalījums un [no tā atvasināts] filtrācijas ātruma lauks.

Modeļa robežnosacījumi:

1. Uz modeļapgabala sānu robežām uzdodam necaurlaidības nosacījumus
2. Uz augšējās virsmas uzdodam infiltrāciju (no reģionālo klimata modeļu datiem)
3. Uzdodam ūdensguves urbumu vidējos debitus (kur par tiem ir pieejami dati)

Materiālu īpašības ir nosakāmas kalibrācijas gaitā, tās ir pa ģeoloģiskajiem slāņiem konstantas (horizontālās un vertikālās filtrācijas koeficienti (K), īpatnējās ūdensatdeves koeficients (S_s))

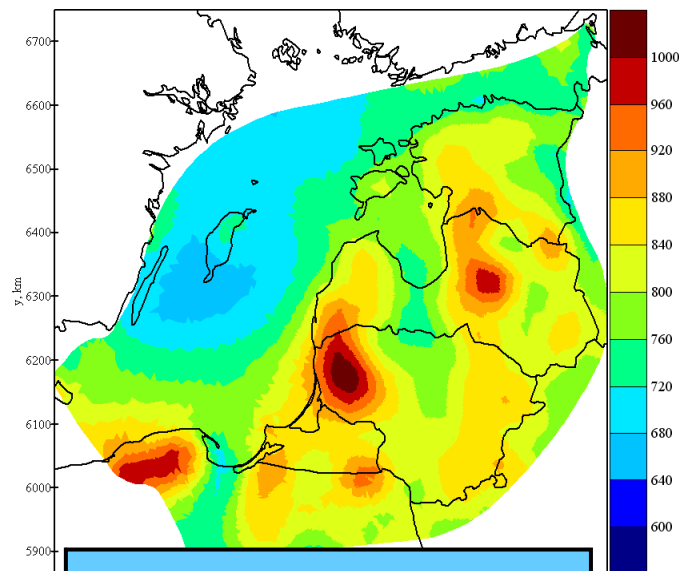
$$S_s \frac{\partial h}{\partial t} = \nabla \cdot (K \nabla h)$$



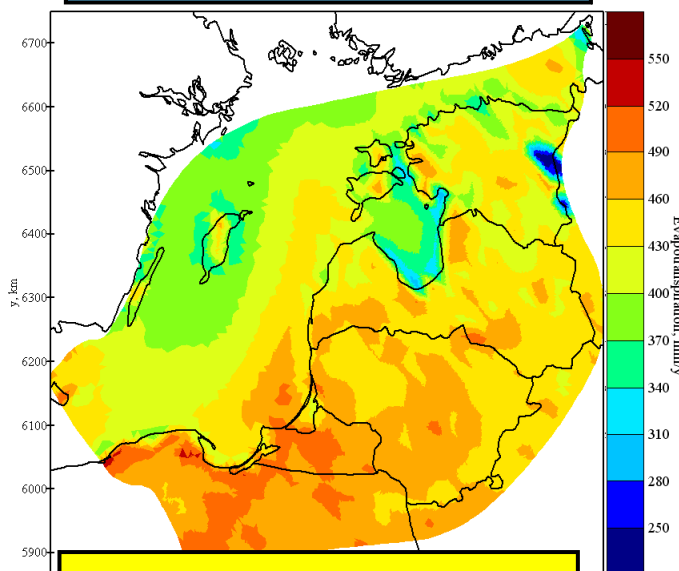
Filtrācijas modeļa robežnosacījumi - infiltrācija

Infiltrācijas uzdošanai tiek izmantoti reģionālo klimata modeļu (RKM) dati no ENSEMBLES projekta par laika periodu 1961-2010 ar telpas soli 25 km.

Modelī tā tiek uzdots telpā mainīgs, laikā vidējots infiltrācijas sadalījums, kas ir proporcionāls RKM modeļa notecei ar empīrisku (kalibrējamu) koeficientu.

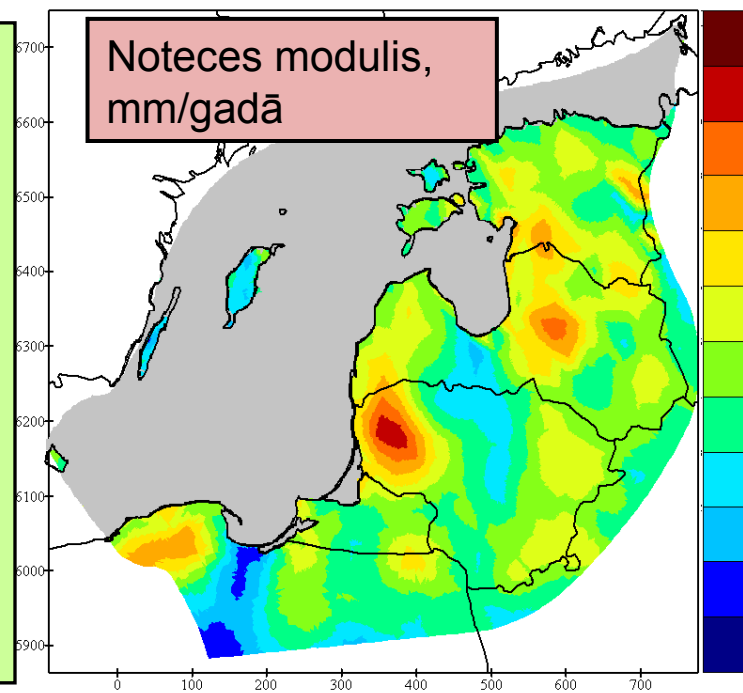


Nokrišņi, mm/gadā



Iztvaikošana, mm/gadā

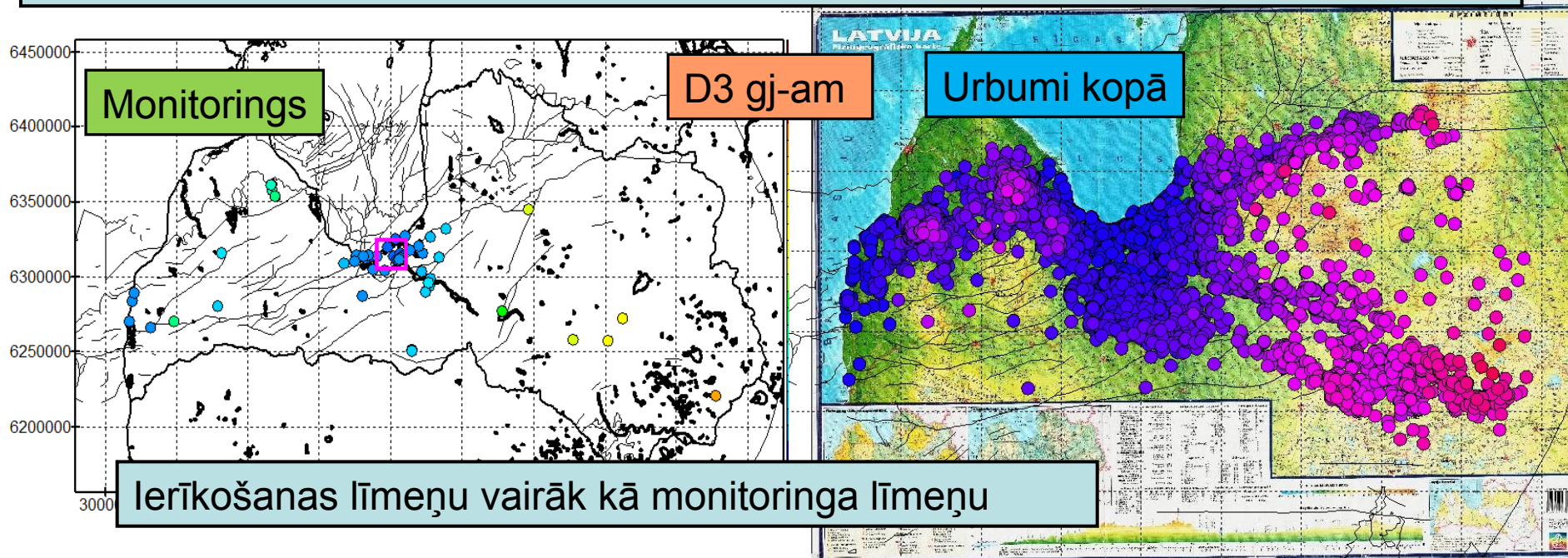
Pazemes ūdens plūsmas lielos noslēgtos apgabalos kā Baltijas artēziskais baseins nosaka galvenokārt infiltrācija no virsmas.



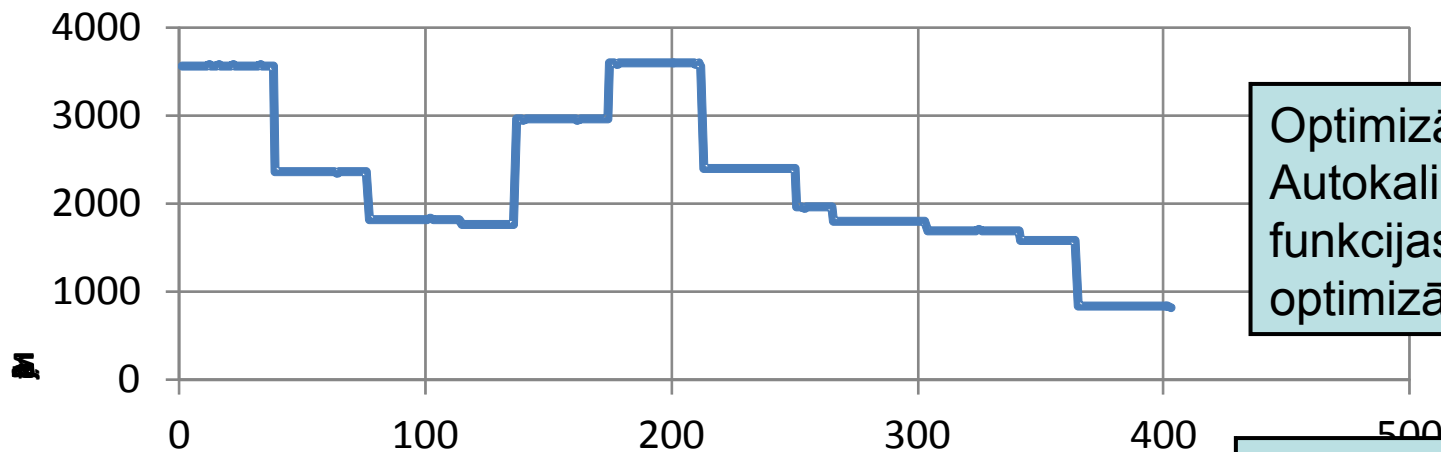
Notece modulis, mm/gadā

Filtrācijas modeļa kalibrēšana

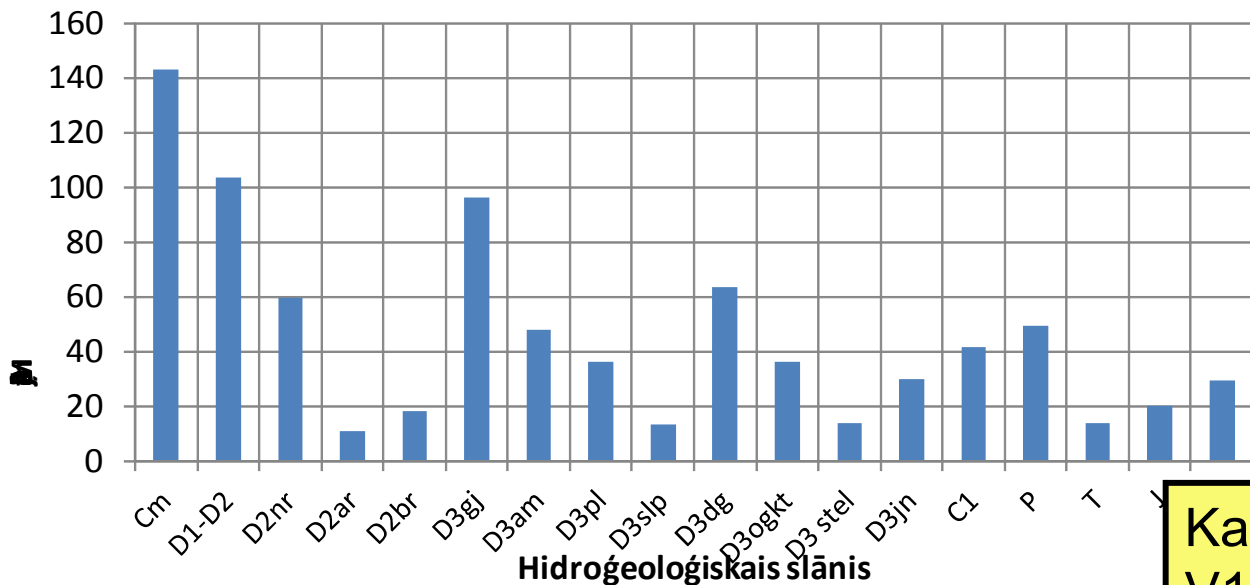
- Filtrācijas modelis kalibrēts uz visiem pieejamajiem pjezometriskā ūdenslīmeņa novērojumu datiem, ieskaitot ūdenslīmeņa novērojumus urbumu ierīkošanas laikā
- Pirms kalibrēšanas veikšanas izanalizētas līmeņa novērojumu datu rindas, veikta urbumu ierīkošanas laika datu analīze.
- Kalibrēšanas uzdevums ir panākt iespējami labāku modeļa līmeņu sakritību ar novērojumiem. Lai izmērītu modeļa līmeņu un novērojumu datu starpību izveidota [laikā svērta] kalibrācijas mērķa funkcija.
- Kalibrācijas mainīgie ir ģeoloģisko slāņu horizontālās un vertikālās filtrācijas koeficienti un infiltrāciju raksturojošais empīriskais koeficients.



Filtrācijas modeļa kalibrēšana



Optimizācijas gaita:
Autokalibrācijas mērķa funkcijas atkarība no optimizācijas iterācijas



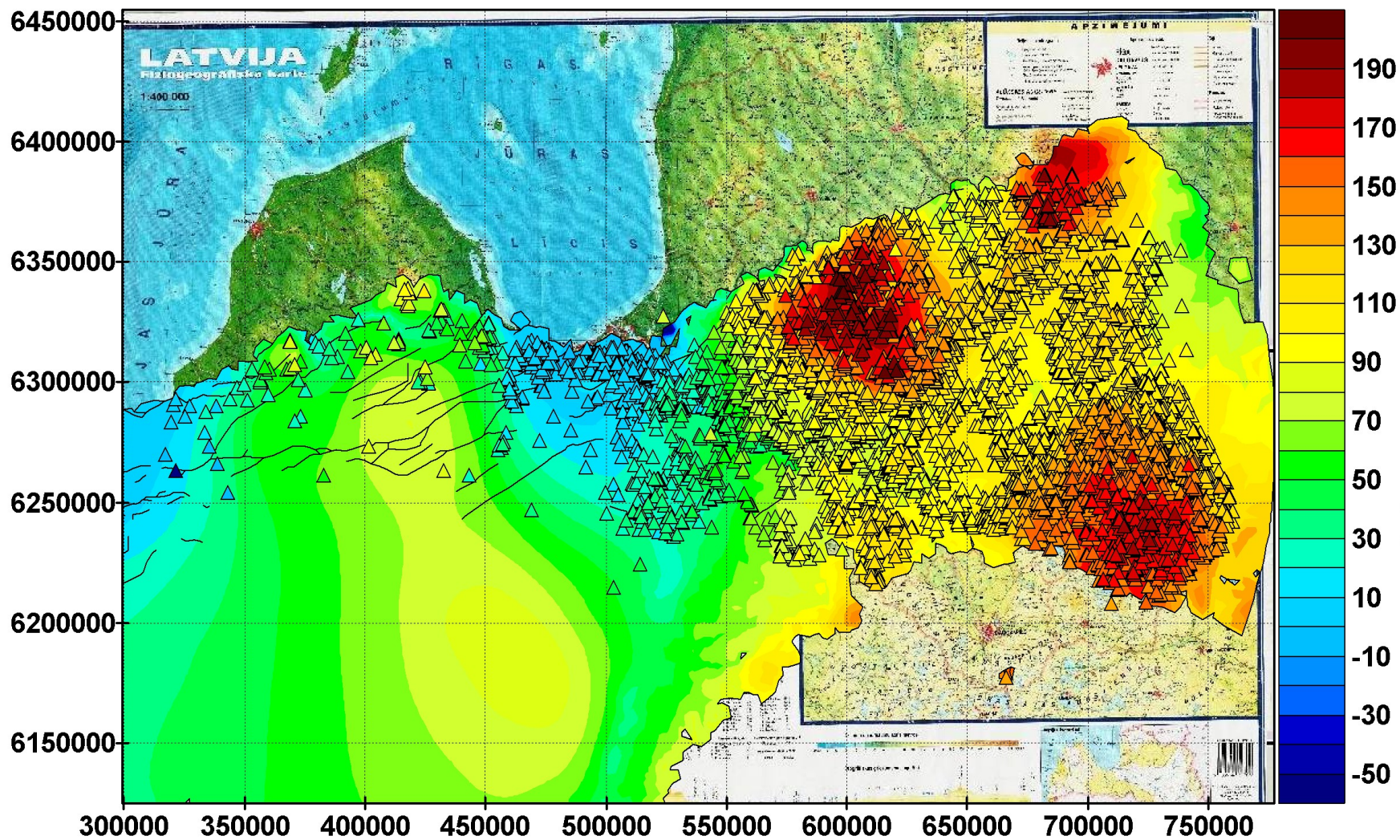
Modeļa un novērojumu datu vidējā kvadrātiskā novirze pa modeļa slāņiem

Kalibrācijas rezultāts
V1: M=820 – 18 slāņi
vidējā kvadrātiskā novirze
6.7m

$$M = \sum_{i=1..N} \frac{1}{N_i} \left(w_i^s \sum_{j=1..N_i} w_j^t w_j^l (\rho_i p_j^{obs} - p_j^{mod}(X))^2 \right)$$

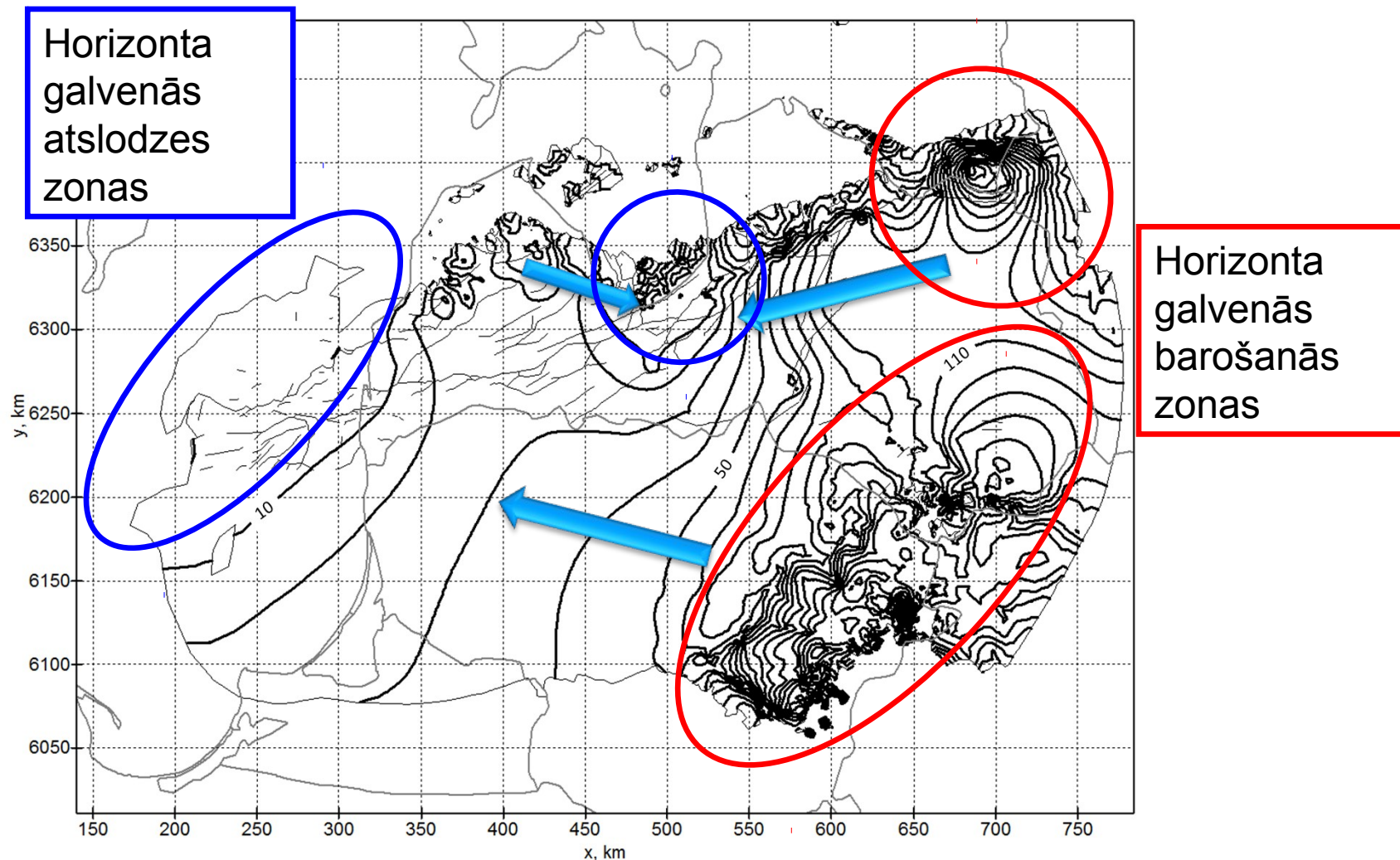
Mērķa funkcija

PZŪL salīdzinājums ar novērojumiem – D3 pl-dg



Rezultātu piemēri

PZŪL sadalījums D3 gj-am slānī, shematisks plūsmu attēlojums



Kopsavilkums

- Izveidots BAB ģeoloģiskās struktūras ģeometrijas modelis ar 42 slāņiem.
- Veikta modeļa kalibrācija uz visiem pieejamajiem ūdenslīmeņu novērojumu datiem.
- Veikti filtrācijas plūsmu stacionārie aprēķini 3 situācijām: mūsdienām, pirmsindustriālajai situācijai un 1980-gadiem
- Ar nestacionāro modeli veikti aprēķini laika posmam no 1940.gada līdz 2010. gadam

Paldies par uzmanību!

