



Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 izmantošana vides problēmu risināšanai.

Aivars Spalviņš, Kaspars Krauklis, Inta Lāce

www.emc.rtu.lv , aivars.spalvins@rtu.lv

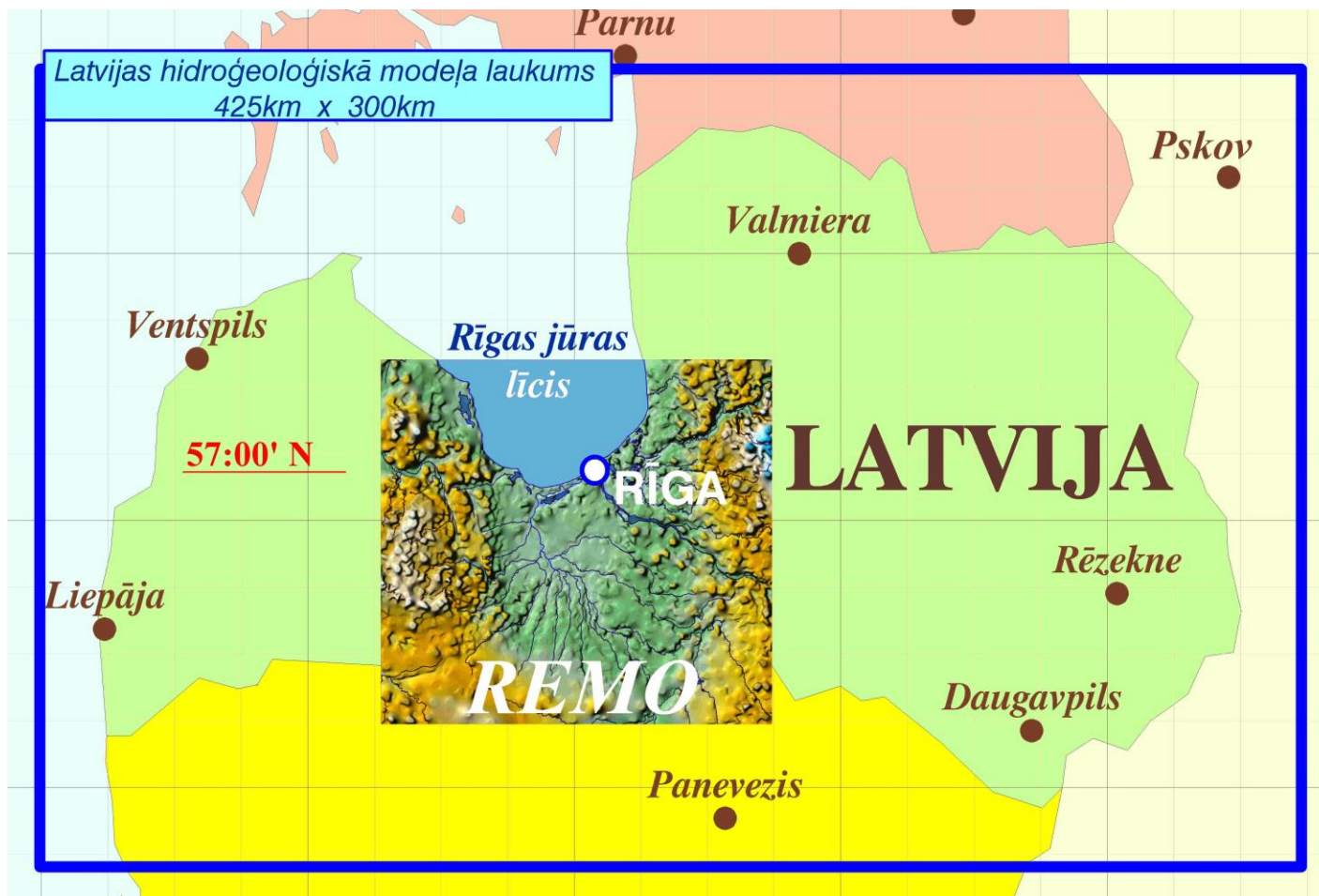
*Seminārs “Hidroģeoloģisko modeļu pielietošana vides problēmu risināšanai un dabas
procesu izzināšanai”*

11.05.2018.

Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa versijas LAMO3 un LAMO4 ir izveidojuši, Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) Vides modelēšanas centra (VMC) zinātnieki, īstenojot Valsts Pētniecības programmu (VPP) EVIDEnT.

Pirms LAMO3 un LAMO4 uzbūves un iespēju izklāsta, aplūkosim šo reģionālo modeļu priekštečus: «Lielā Rīga» REMO (1996.g.), LAMO1 (2012.g.), LAMO2 (2013.g.).

RTU VMC izveidoto Latvijas reģionālo modeļu REMO un LAMO izvietojums



REMO un LAMO laukums, darba režīms un reljefa kartes loma

Modelis	Laukums [tūkst.km ²]		Darba režīms	Reljefa karte kā robež- noteikums
	Kopā	Aktīvais		
REMO	26.2	26.2	kvazi- stacionārs, 1960.g.- 1994.g. mainīgs ūdens patēriņš	jā
LAMO	142.5	71.3	stacionārs	jā

LAMO aktīvajā laukumā ir Latvijas sauszemes teritorija un Rīgas jūras līcis. Pierobežas teritorijas var aktivizēt starpvalstu projektu īstenošanai.

Reljefa piesaiste nodrošina modeļa rezultātu ticamību.

REMO, LAMO1 un LAMO2 raksturlielumi

Modelis	Gads	Aproksimācija			Programmatūra
		Plaknes solis [m]	Režģa slāņu skaits	Režģa šūnu skaits [$\times 10^6$]	
REMO	1996	4000	9	0.015	oriģinālā
LAMO1	2012	500	25	14.25	licenzētā
LAMO2*	2013	500	27	15.43	licenzētā

* izveidoti upju iegrauzumi pamatiežos.

LAMO1 slānis D2ar# aizvietots ar ūdens horizontiem D2brt un D2ar.

LAMO licenzētā programmatūra GROUNDWATER VISTAS.

LAMO versiju raksturlielumi

Versijas nosaukums	Gads	Aproximācija			Upes modelī			Ezeri
		Plaknes solis [m]	Režģa slāņu skaits	Režģa šūnu skaits [$\times 10^6$]	Skaits	Izveido upju iegrauzumus pamatiežos	Ievēro reālas upju pieteces	Skaits
LAMO1	2012	500	25	14.25	199	nē	nē	67
LAMO2	2013	500	27	15.43	199	jā	nē	67
LAMO3	2014	500	27	15.43	469	jā	nē	127
LAMO4	2015	250	27	61.56	469	jā	jā	127

Visas LAMO versijas iesniegtas aprobācijai
 Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas Centram (LVĢMC)

LAMO modelis:

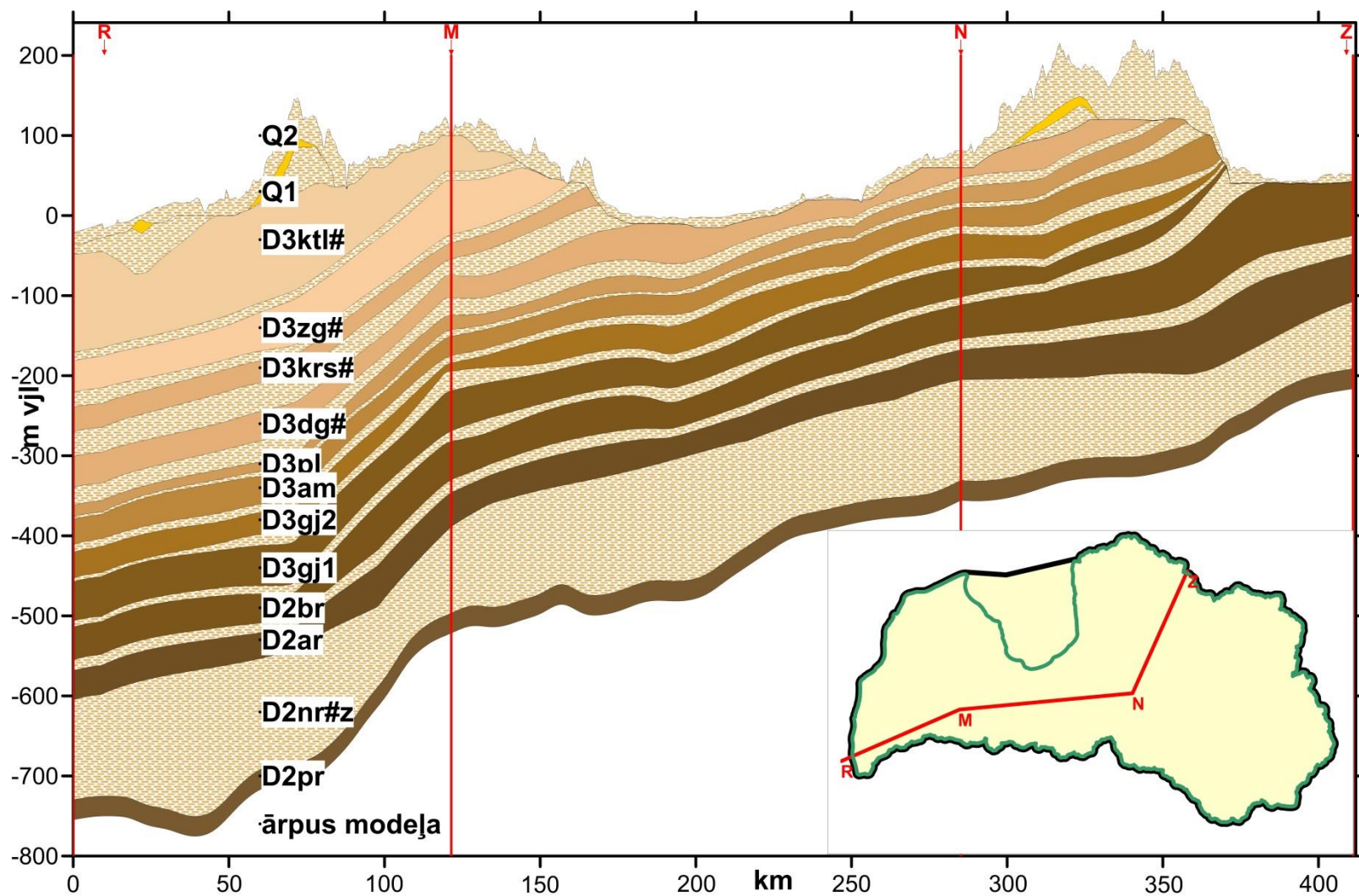
- apraksta vidējos Latvijas hidroģeoloģiskos apstākļus;
- modelē aktīvo pazemes ūdens zonu;
- veidots ar licenzētas programmatūras Groundwater Vistas (GV) rīku MODFLOW; dažādu vielu pārvietošanos pazemes ūdenī var modelēt ar GV rīkiem MODPATH un MT3D.

LAMO sākuma dati

LAMO2, LAMO3 un LAMO4 ir 14 ūdens horizonti un tos saista 13 sprostslnāņi. Ģeoloģisko slāņu uzbūvi nosaka to virsmas (z-kartes) un filtrācijas īpašības (k-kartes). Šīs kartes izveidotas, izmantojot LVĢMC datus par urbumiem, pamatiežu virsmu un ģeoloģisko slāņu robežām.

Informācija par modeļa digitālo reljefu, dati par nozīmīgākajām 469 upēm un 127 ezeriem iegūti no Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras materiāliem.

Ģeoloģiskais griezumš R-M-N-Z parāda aktīvās pazemes ūdens zonas sarežģītību



LAMO aprēķina:

- pazemes ūdens līmeņus 3D režģa mezglos (φ -kartes);
- pazemes ūdens plūsmas (q -kartes) un to ātrumus (v -kartes);
- pazemes ūdens atslodzes (pazemes pieteces) upēs un ezeros;
- pazemes ūdens plūsmu bilances.

Darbi par LAMO papildināšanu bija iekļauti
VPP EVIDEnT «Latvijas ekosistēmu vērtība un tās
dinamika klimata ietekmē»
apakšprojektā

«Pazemes ūdeņu modelēšana», kura mērķis bija:

pilnveidot laba ūdeņu stāvokļa un to
ilgtspējīgai izmantošanai nepieciešamo
Latvijas hidroģeoloģisko modeli ar datiem un
funkcijām, kas apraksta pazemes ūdeņu
mijiedarbību ar hidrogrāfisko tīklu (upes,
ezeri)

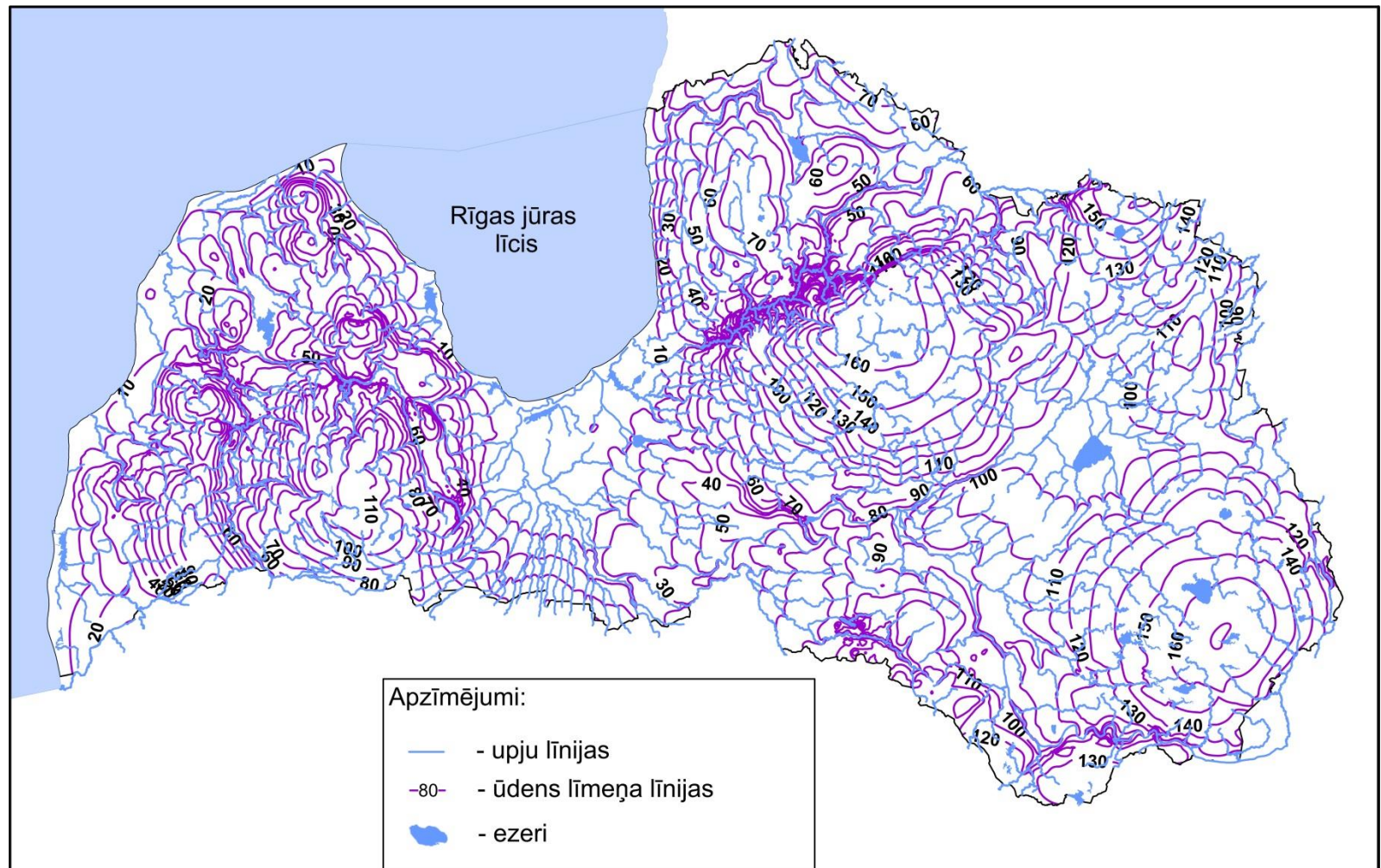
EVIDEnT apakšprojektā īstenotie darbi:

- hidrogrāfiskā tīkla datu papildināšana un piesaistīšana modelim (LAMO3);
- plaknes režģa soļa samazināšana no 500 uz 250 metriem (LAMO4);
- filtrācijas koeficientu (k -karšu) precizēšana (LAMO3 un LAMO4);
- LAMO4 kalibrēšana, nodrošinot maksimālu atbilstību starp novērotajiem un modelētajiem pazemes ūdeņu līmeņiem un upju reālām pazemes pietecēm;
- izmantojot LAMO4, veidoti lokālie modeļi un veikti dabas procesu pētījumi.

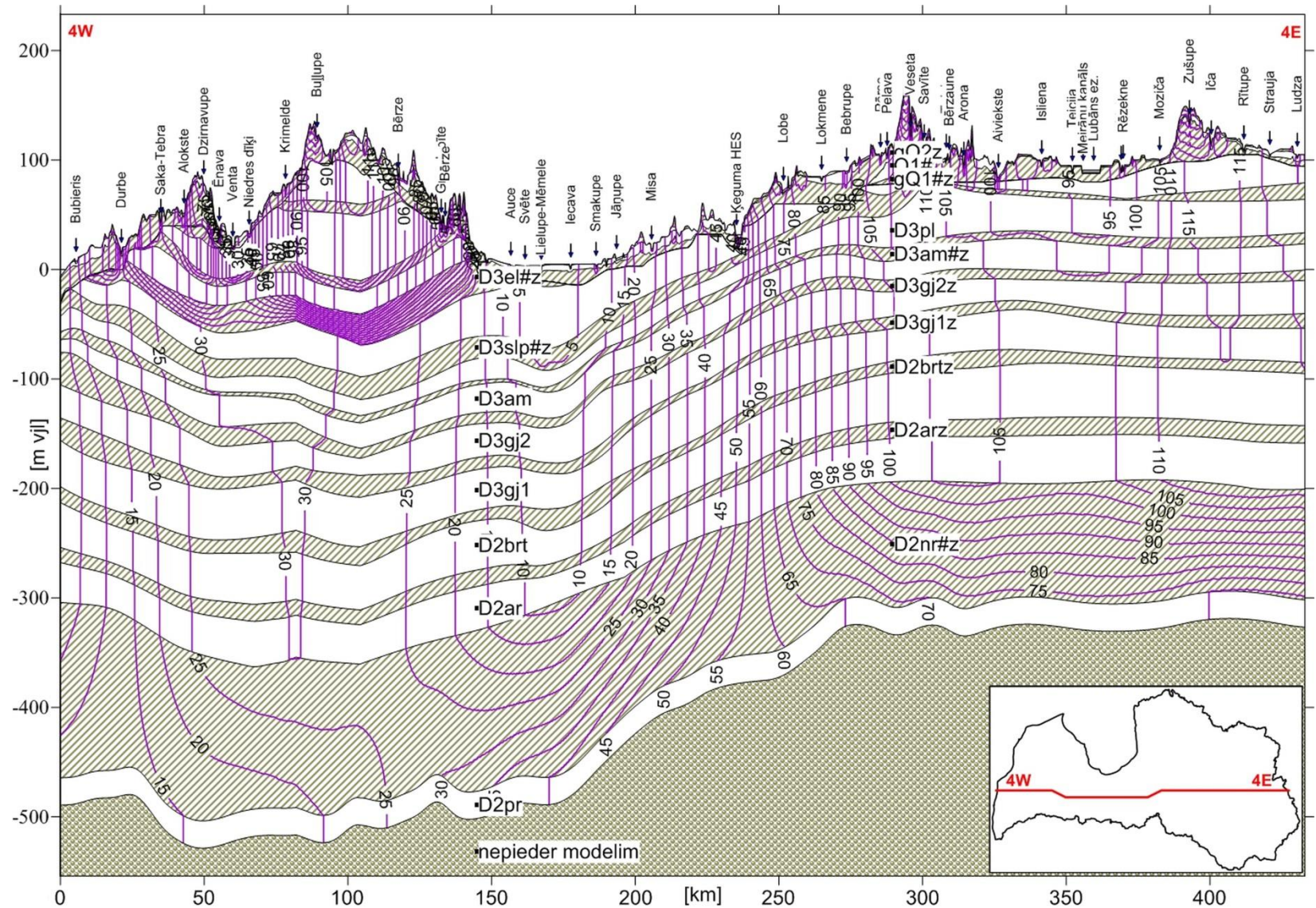
LAMO2 un LAMO3 hidrogrāfiskie tīkli;
LAMO2 – zilā krāsā; LAMO3 jaunie elementi – sarkanā krāsā
upes (199→ 469), ezeri (67→ 127)



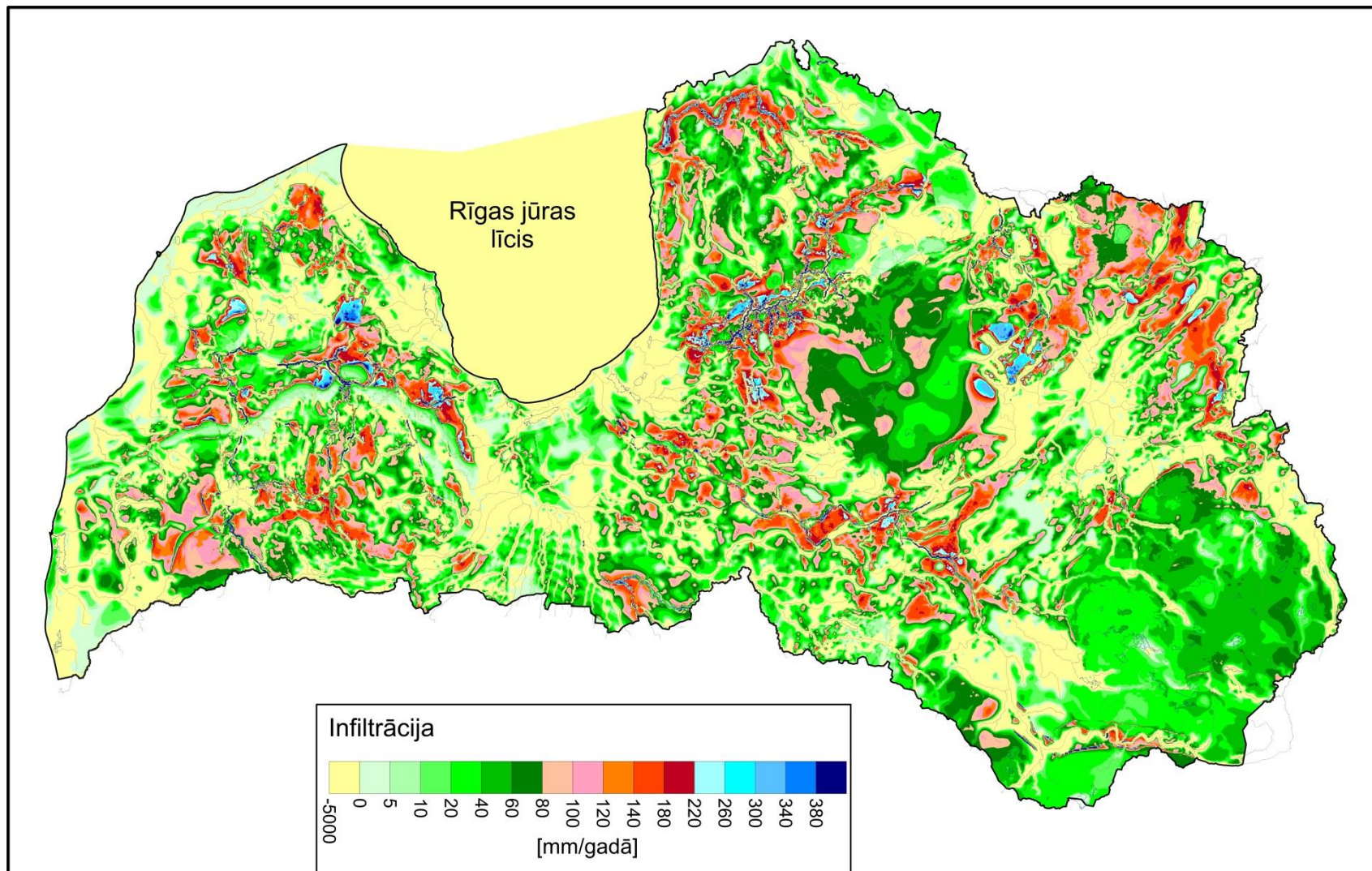
Pazemes ūdens līmeņu [m vjl] izolīnijas zemkvartāra slāņiem



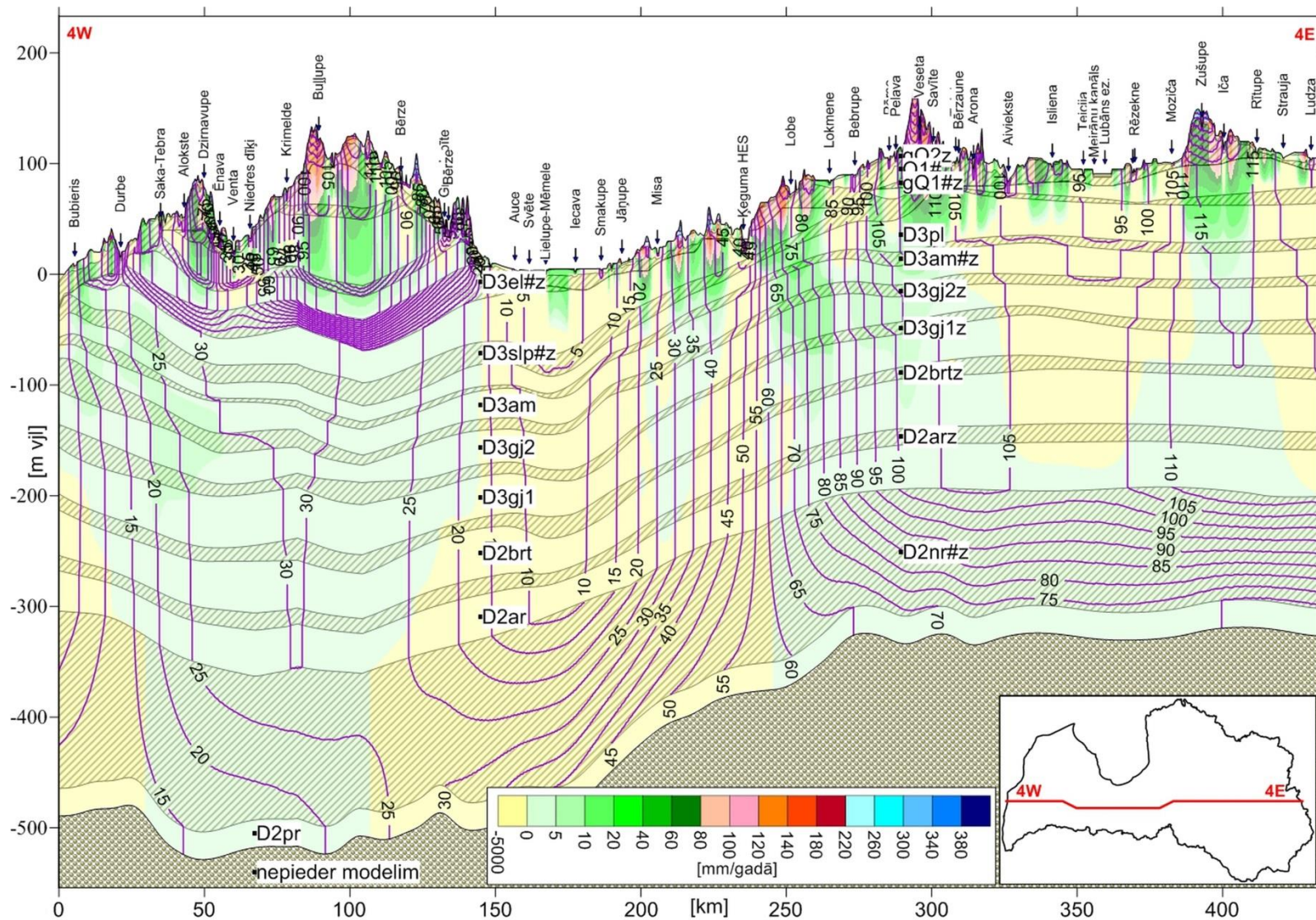
Ģeoloģiskais griezumums 4W-4E ar pazemes ūdens līmeņu izolīnijām



Infiltrācija [mm/gadā] zemkvartāra virsmai



Ģeoloģiskais griezumš 4W-4E ar infiltrāciju un ūdens līmeņu izolīnijām



Upju un ezeru pazemes pieteces

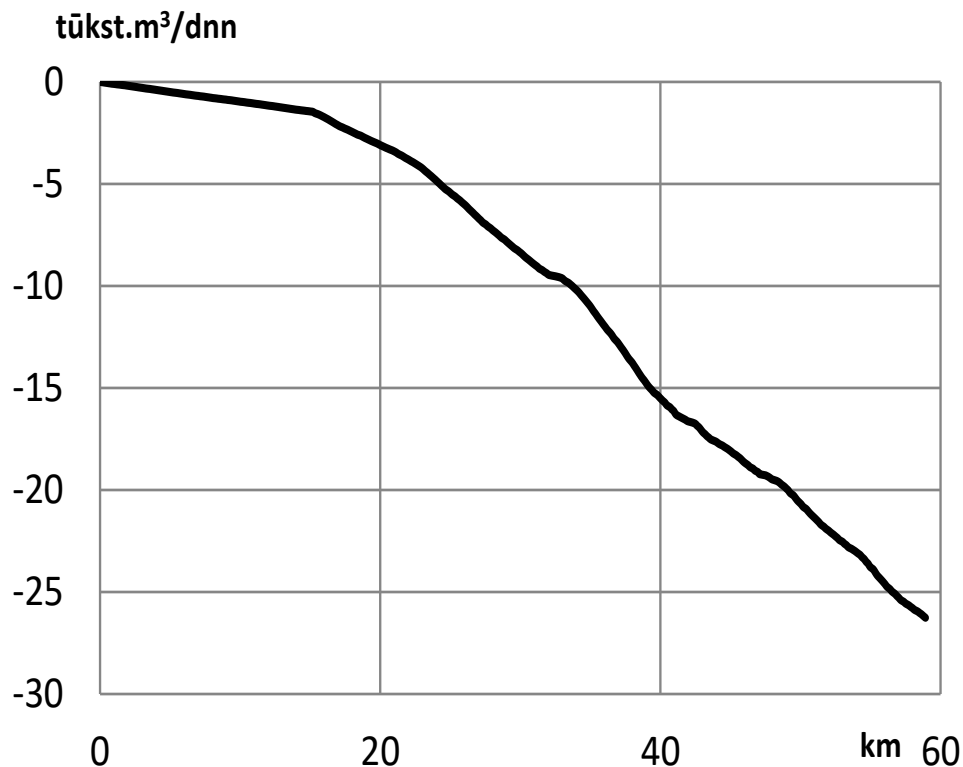
LAMO aprēķina upju un ezeru pazemes pieteces (atslodzes), kas raksturo pazemes un virszemes ūdensobjektu mijiedarbību un ir būtiska pazemes ūdens plūsmu bilances sastāvdaļa.

Pieteces ir negatīvas, jo tās izplūst no zemes dzīlēm un atbilst to ūdens krājumu samazinājumam.

Pieteču datus var izmantot novērtējumiem par kaitējumu videi un dabai dažādu avāriju dēļ.

Ziemeļsusējas upes kumulatīvās pazemes pieteces grafiks;

horizontālās ass (upes viduslīnijas) sākums ir upes izteka



Sagatavoti un ir pieejami LAMO4 iekļauto upju un ezeru pazemes pietecību katalogi

http://www.emc.rtu.lv/VPP/Upju_saraksts_katalogam_1.pdf,

http://www.emc.rtu.lv/VPP/Upju_saraksts_katalogam_2.pdf

http://www.emc.rtu.lv/VPP/EZERU_PLUSMAS.pdf

Balance [tūkst.m³/dnn] upju baseinu apgabaliem un Latvijai

Apgabala nosaukums	nokrišņi	upes	ezeri	robeža	urbumi	Laukums [tūkst.km ²]
Gaujas	3691	-3471	-86	-116	-18	13.00
Daugavas	6247	-5171	-553	-432	-91	27.06
Lielupes	1100	-1114	-30	64	-20	8.86
Ventas	3183	-2630	-156	-371	-26	15.63
Latvija	14221	-12386	-825	-855	-155	64.55

Bilance dod pārskatu par pazemes ūdens atslodzi upēs, ezeros, caur modelētās teritorijas ārējo robežu un urbumos.

Šo atslodžu summa ir vienāda ar atmosfēras nokrišņu papildinājumu pazemes ūdeņiem

(Latvijai 14221 tūkst.m³/dnn~ 80mm/gadā) .

Bilances aprēķinu veic, izmantojot GV speciālos rīkus.

Izmantojot modeļa LAMO4 datus, RTU VMC sagatavo informāciju par:

- ģeoloģisko slāņu stratigrāfiju (z-kartes) un filtrācijas īpašībām (k-kartes);
- pazemes ūdens līmeņiem (φ -kartes) un plūsmām (q-kartes);
- mijiedarbību starp pazemes un virszemes ūdeņiem (jūra, upes, ezeri).

RTU VMC izmanto LAMO4 informāciju kā datu avotu lokālu modeļu izveidošanai un dabas procesu pētīšanai.

Lokālo modeļu veidošana

No LAMO4 iegūtos datus lokālā modeļa apgabalam papildina ar detalizētu ģeoloģisko slāņu stratigrāfiju, precizētām filtrācijas īpašībām un blīvāku upju un ezeru tīklu.

Lokālos modeļus izmanto vides un dabas aizsardzības uzdevumu risināšanai:

1. pazemes ūdensgūtvēs, to ražība, aizsargjoslu novietojums, piesārņojuma risks u.c.;
2. piesārņojums ūdenī un gruntī, tā apjoms, kustības virziens un ātrums, vides attīrīšanas scenāriji;
3. ietekmes uz vidi novērtējums minerālu karjeriem, pazemes būvēm, ūdensgūtvēm un citiem objektiem.

RTU VMC līgumpētījumi, kuros izmantoti LAM3 un LAMO4 dati

N.p.k.	Gads	Pētījumu raksturs	Pasūtītājs
1.	2014.	LAMO3 starprezultāti	LVĢMC
2.	2015.	LAMO4 starprezultāti	LVĢMC
3.	2016.	Inčukalna gudrona dīķu sanācijas optimizēšana	Personu apvienība INTERGEO
4.	2016.	Būvbedres modelis Jūrmalā	SIA VENTeko
5.	2017.	Rīgas ūdens apgādes modelis	SIA Aqua-Brambis
6.	2017.	Ķemeru un Laugas purvu modeļi	Biedrība Baltijas Krasti
7.	2017.	Ekspertu apmācības lokālu hidroģeoloģisko un transporta modeļu veidošanā	LVĢMC
8.	2018.	Dolomītu atradnes “Kadiķu pļava” ietekmes novērtējums	SIA “Īpašumi EG”

Dabas procesu pētījumi, izmantojot LAMO4:

- *upju sateces apgabalu (SA) principa pielietojamības pārbaude;*
- *pazemes ūdeņu horizontu barošanās, tranzīta un atslodzes (BTA) apgabalu robežu noteikšana.*

Pirmā pētījuma nolūks bija apstiprināt upju SA principa pareizību: “atmosfēras nokrišņi SA ir upes pazemes pieteces avots”.

Otrajā pētījumā izstrādāta jauna drošāka metode pazemes ūdens BTA apgabalu robežu noteikšanai.

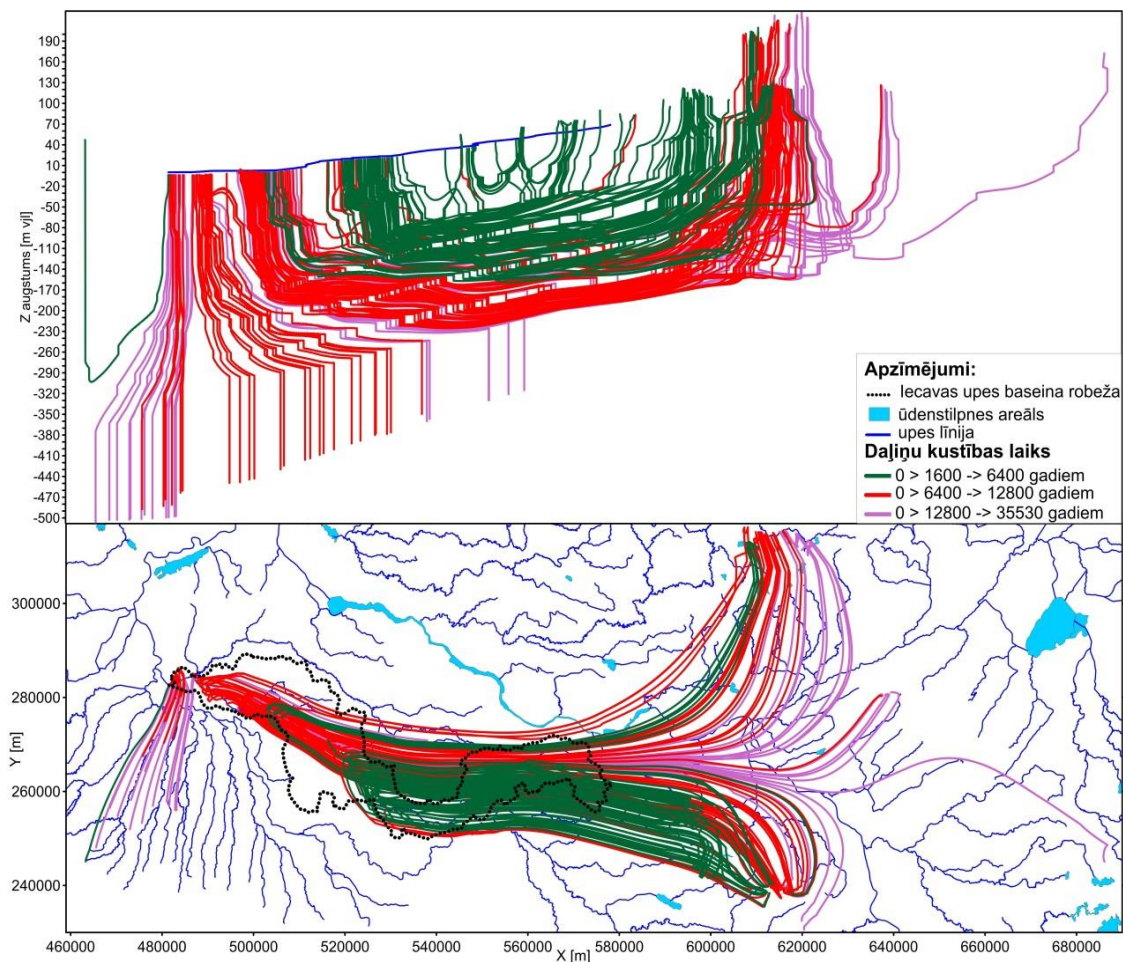
SA principa pārbaude

Eksperimenti SA principa pārbaudei veikti ar MODPATH programmu, kura aprēķina virtuālu ūdens daļiņu kustības trajektorijas telpā un laikā LAMO4 vidē.

Tika meklēti lecavas upes pazemes pieteces avoti. Kā daļiņu sākuma pozīcija izvēlēti režģa mezgli, kuros upe piesaistīta modelim (kopā 1027). Ja daļiņa sasniedza avotu, tās kustība apstājās un ceļā pavadītais laiks atbilda tās vecumam. Daļiņas apstājās LAMO4 pirmajā slānī, ja avots ir atmosfēras nokrišņi. Neliels daļiņu skaits (43 no 1027) tika apturētas modeļa 27. slānī (Pērnavas horizontā).

Ūdens daļiņu kustības trajektoriju projekcijas

augšējais attēls - sānskats, apakšējais attēls - virsskats

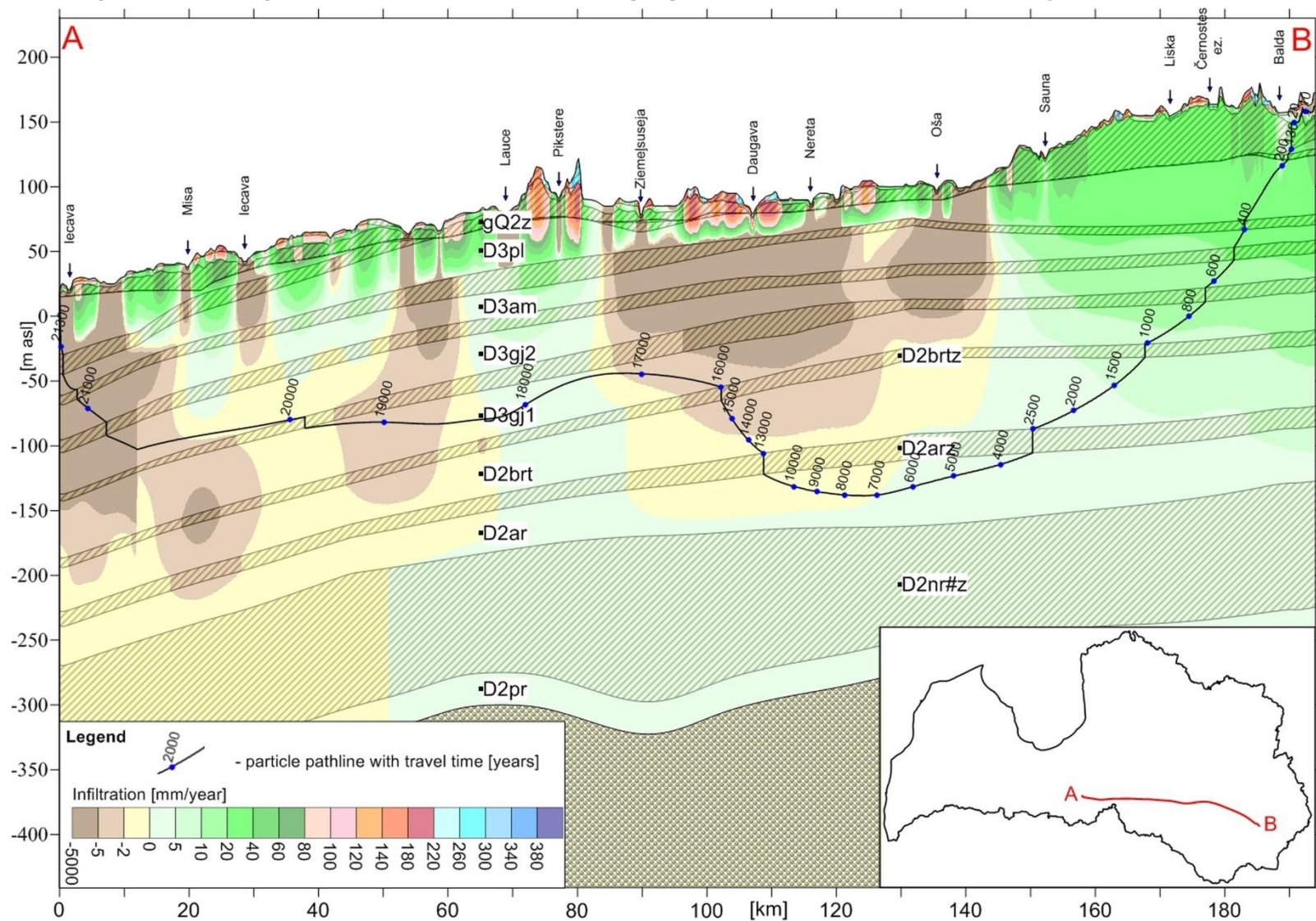


Rezultāts bija negaidīts, jo daudzi lecavas upes pazemes pieteces avoti atradās Vidzemes un Latgales augstienēs.

Daļiņu trajektorijas sasniedza dziļus ūdens horizontus, pirms sasniedza SA.

lecavas upei tikai kvartāra ūdens horizontā varēja piemērot SA principu.

Vertikālais griezumš A-B ar infiltrāciju pa ūdens daļiņas trajektoriju izskaidro daļiņas kustību telpā un laikā



Secinājumi par SA principa pielietojamību

Jo dziļāk atrodas ūdens horizonts, jo mazākā mērā tam var izmantot SA principu, ko Latvijā lieto upju baseinu apgabalu un to apakšbaseinu robežu noteikšanai.

Upes SA un pazemes ūdensobjektu robežu atšķirības iemesls ir zemes virsmas reljefa un hidrogrāfiskā tīkla ietekmes samazināšanās dziļākajos ūdens horizontos.

BTA apgabalu robežu problēma

Pazemes ūdens plūsmu BTA apgabalu izvietojumu ietekmē zemes virsmas reljefs un hidrogrāfiskais tīkls (upes, ezeri, jūra).

Barošanās apgabali ir augstienēs, kur vienlaikus eksistē infiltrācijas inf un pazemes φ - līmeņu maksimumi.

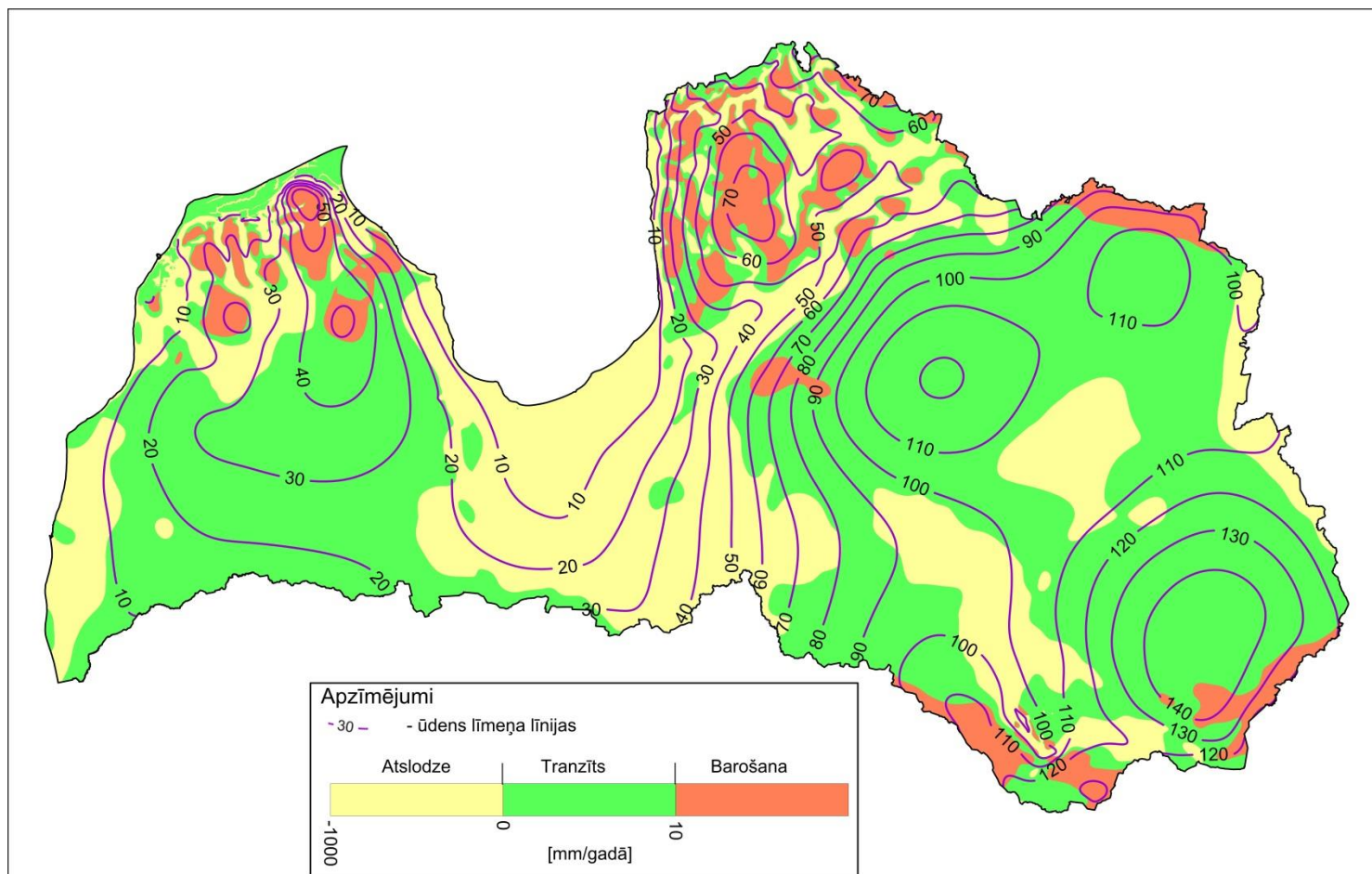
Barošanās un tranzīta apgabalos $inf > 0$; atslodzes apgabalā $inf < 0$ un tā robežu veido $inf = 0$ līnija.

Parasti kā barošanās apgabala pazīmi lieto $inf > i$.

Diemžēl, tā ne vienmēr var atrast visus barošanās apgabalus, ja to infiltrācijas ir būtiski atšķirīgas.

Neveiksmīgs barošanās apgabalu meklēšanas piemērs, izmantojot parasto metodi

Horizontam D2ar (LAMO4 25. slānis) ziemeļu un dziļajā vidus daļā ir atšķirīga infiltrācijas intensitāte. Ja kā barošanās apgabala pazīmi lieto $inf > 10$ mm/gadā, tad barošanās apgabali Vidzemes un Latgales augstienēs netiek atrasti.



Jauna metode ūdens horizontu BTA apgabalu robežu atrašanai

Aprēķina vertikālo v_z un horizontālo v_{xy} pazemes ūdens plūsmu ātrumu attiecību σ un izveido funkciju $r=c \sigma$ (c - empīriskā konstante).

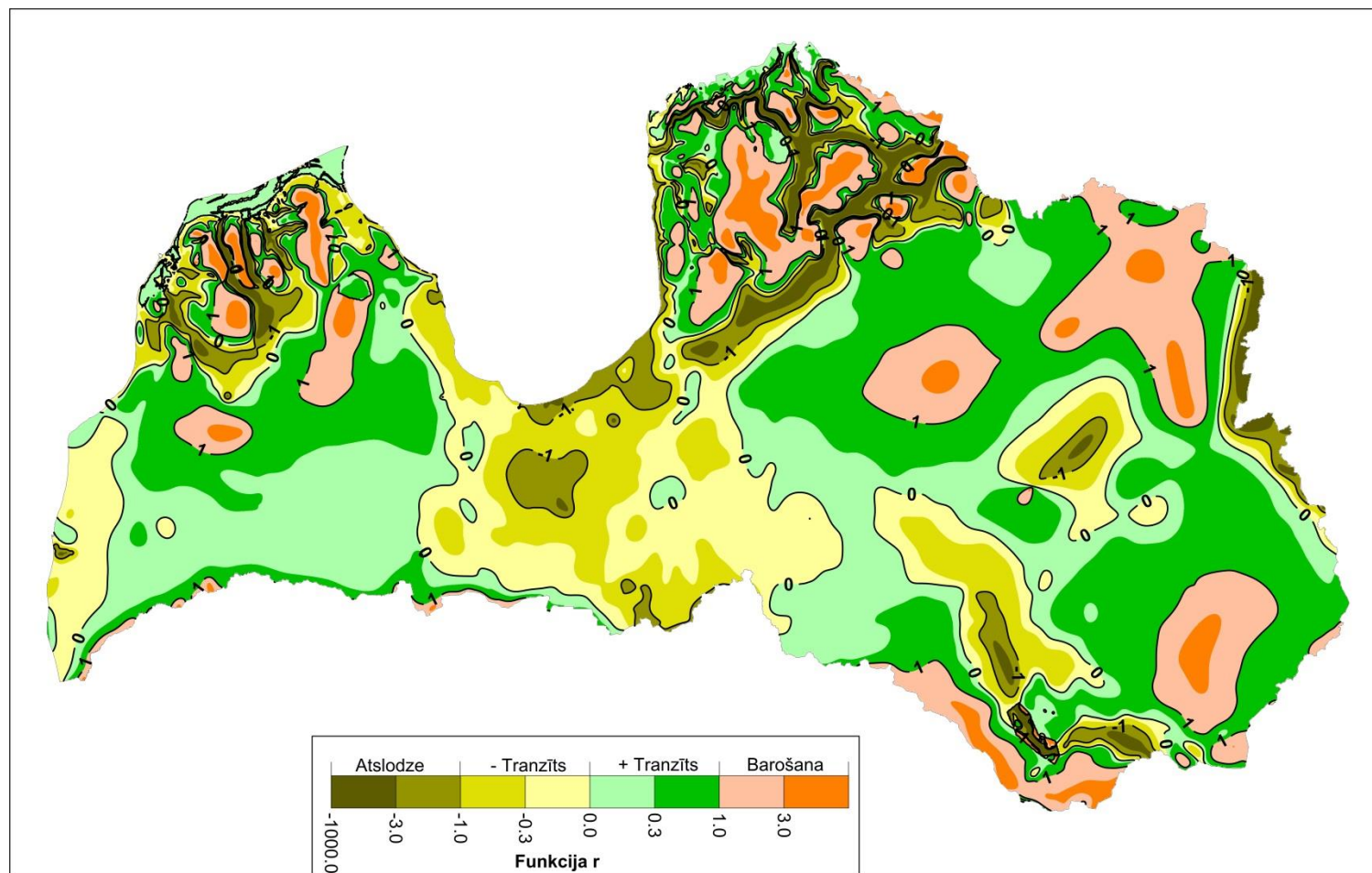
Funkcija r nosaka četrus apgabalus: B, pozitīvais T (+T), negatīvais T (-T), A:

B ($r > 1$); +T ($1 > r > 0$); -T ($0 > r > -1$); A ($-1 > r$).

Pazemes plūsmu ātrumus aprēķina GV sistēma.

Meklēto robežu $r = 1$ un $r = -1$ novietojumu nosaka empīriskās konstantes c izvēle.

Horizontam D2ar BTA apgabali noteikti, izmantojot jauno metodi, ja $c=180$



Jaunā BTA apgabalu robežu noteikšanas metode:

1. dod pareizus rezultātus jebkuriem ūdens horizontiem;
2. vispārina BTA apgabalu jēdzienu;
3. dod jaunas zināšanas par pazemes ūdens plūsmu mijiedarbību.

Pēc VPP EVIDEnT īstenošanas RTU VMC nav mērķa finansējuma LAMO4 uzturēšanai un tālākai attīstībai, kas paredz ūdens kvalitātes rādītāju piesaisti modelim.

Ja šo finansējumu nevarēs nodrošināt, tad ar lielu varbūtību var prognozēt, ka LAMO4 izmantošana vides un dabas problēmu risināšanai būs nopietni apdraudēta.

Paldies par uzmanību

saite uz prezentāciju

http://www.emc.rtu.lv/issues/2018/Prezentācijas_2018/EVIDENT_seminars_LAMO_iss.pdf