

LATVIJAS HIDROĢEOLOĢISKAIS MODELIS LAMO4 – DABAS PROCESU PĒTĪŠANAS RĪKS. IECAVAS UPES PAZEMES PIETECES AVOTI

Aivars Spalviņš, Kaspars Krauklis

RTU Vides modelēšanas centrs, e-pasts: Aivars.Spalvins@rtu.lv

Anotācija. Rīgas Tehniskās universitātes Vides modelēšanas centra speciālisti 2015. gadā ir izveidojuši Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa (LAMO) ceturto versiju LAMO4.

LAMO4 ietver reģionālus vidējos ilggadīgos hidroģeoloģiskos datus par Latvijas pazemes ūdeņu aktīvās ūdens apmaiņas zonu. Modeļi var lietot, lai plānotu Latvijas ūdens resursu izmantošanu un atvaseļošanu, izveidotu lokālus detalizētus modeļus un pētītu dabas procesus.

Dabas procesu pētīšana ir iespējama tāpēc, ka LAMO strādā licenzētas programmatūras Groundwater Vistas (GV) vidē, kuru veido pasaulē plaši izmantotas pazemes ūdens objektu modelēšanas sistēmas: MODFLOW (LAMO uzturēšana); MODPATH (ūdens daļiņu kustības trasēšana); MT3D (masas transporta modelēšana). Izmantojot GV sistēmu, tika meklēti Iecavas upes pazemes pieteces avoti (atmosfēras nokrišņi un citi pieteces avoti).

Cerējām, ka skaitliskais eksperiments Iecavas upē apstiprinās pieņēmumu, ka upes pazemes pieteces avots ir atmosfēras nokrišņi upes sateces apgabalā. Tomēr eksperimenta rezultāti bija negaidīti un tos varēja iegūt tikai LAMO4 vidē: daudzi pazemes pieteces avoti atrodas ļoti tālu no upes sateces apgabala (Vidzemes un Latgales augstienēs); pazemes ūdens uz Iecavas upi pārvietojas visos Latvijas pazemes ūdeņu aktīvās ūdens apmaiņas zonas ģeoloģiskajos slāņos, kas atrodas zem Iecavas upes.

Atslēgas vārdi: hidroģeoloģiskais modelis, upes sateces apgabals, upes pazemes pietece

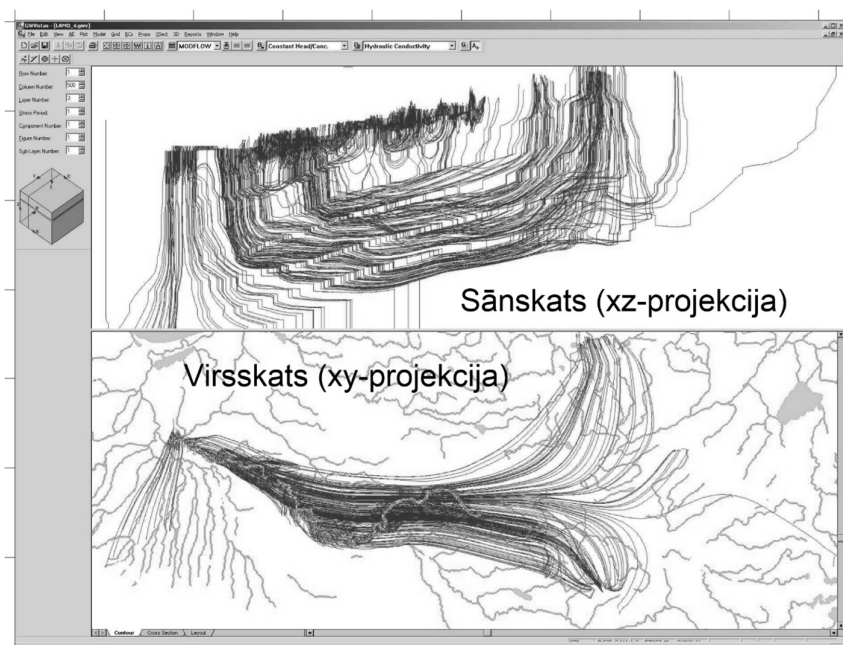
Īstenojot Valsts Pētījumu Programmu EVIDEnT, RTU Vides modelēšanas centra speciālisti 2015. gadā ir izveidojuši Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa (LAMO) ceturto versiju LAMO4. Versijai LAMO4 ir palielināts hidrogrāfiskā tīkla (upes, ezeri) blīvums, plaknes aproksimācijas solis h samazināts no 500 metriem līdz 250 metriem, upju pazemes pieteces modelī ir saskaņotas ar upju caurteces mērījumiem, precizētas ūdens horizontu filtrācijas koeficientu kartes (Spalviņš 2015).

LAMO4 ietver reģionālus vidējos ilggadīgos hidroģeoloģiskos datus par Latvijas pazemes ūdeņu aktīvās ūdens apmaiņas zonu. Modeļi var lietot Latvijas ūdens resursu izmantošanas un atvaseļošanas plānošanā, lokālu detalizētu modeļu izveidošanā, kā arī lai pētītu dabas procesus ar matemātiskās modelēšanas metodēm.

Dabas procesu pētīšana ir iespējama tāpēc, ka LAMO strādā licenzētas programmatūras Groundwater Vistas (GV) vidē (Environmental Simulations 2011), ko

veido pasaulē plaši izmantotas pazemes ūdens objektu modelēšanas sistēmas: MODFLOW – LAMO uzturēšana (Harbaugh 2005); MODPATH – ūdens daļiņu kustības trasēšana (Pollock 2012); MT3D – masas transporta modelēšana (Zheng 1999). Izmantojot GV MODPATH sistēmu, tika meklēti Iecavas upes pazemes pieteces avoti (atmosfēras nokrišņi un citi pieteces avoti). Visu modeļu slāņu porainības vērtība bija 0,1.

Lai modelētu ūdens daļiņas kustības trajektoriju, ir jāizvēlas daļiņas sākuma stāvoklis. Iecavas upes gadījumā daļiņas ievietojam ar upi saistīto režģu šūnu centros (kopā 1027 šūnas, no tām 987 un 42 pieder attiecīgi kvartāra Q un pamatiežu Daugavas D3dg# ūdens horizontam). Eksperimenta vienkāršošanas nolūkā daļiņas netika piešķirtas Iecavas pietekām Misai, Smakupei un Ģirupei.

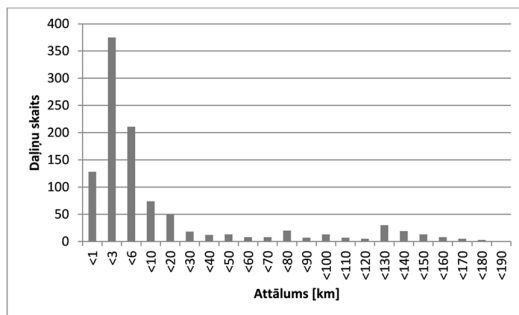


1. attēls. Traseru līniju (1027) projekcijas xy un xz plaknēs (GV grafika)

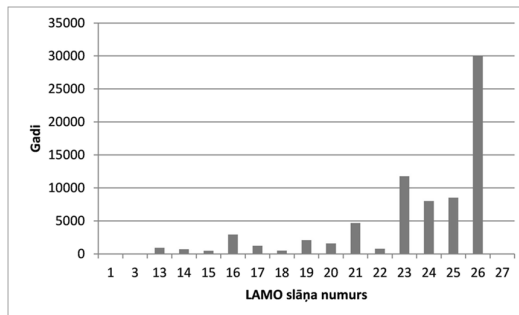
Eksperimenta nolūks bija apstiprināt upju sateces apgabala principa pareizību, t.i., “upes pazemes pieteces avots ir atmosfēras nokrišņi šajā apgabalā”. Iecavas upe ir tipiska līdzenuma upe ar vienkāršu piesaisti ģeoloģiskajai videi 1027 modeļa šūnās. Tomēr ar MODPATH iegūtais rezultāts (1. attēls) bija negaidīts šādu iemeslu dēļ:

- daudzu daļiņu avoti kā atmosfēras nokrišņu avoti atrodas ļoti tālu (Vidzemes un Latgales augstienes) no upes sateces apgabala;
- no daļiņu trajektoriju sānskata (xz – projekcija) rakstura var secināt, ka daļiņas uz Iecavas upi pārvietojas visos Latvijas pazemes ūdeņu aktīvās ūdens apmaiņas zonas ģeoloģiskajos slāņos, kas atrodas zem Iecavas upes sateces apgabala.

Ūdens daļiņu trajektoriju statistisku novērtējumu sniedz 2. un 3. attēls. 2. attēlā var secināt, ka visvairāk ir daļiņu (375), kuru trajektorijas garums nepārsniedz 3 km. Kopīgais daļiņu skaits grupās ar trajektoriju garumu 1 km, 3 km, 6 km, 10 km, 20 km ir 830. Kā izriet no 3. attēla, daļiņas var atrasties pat 30000 gadus LAMO 26. slānī (sprostslānis D2nr). Ilgi ūdens daļiņas uzturas 21., 23., 24., 25. (D3g1, D2brt, D2arz, D2ar) LAMO slānī.



2. attēls. Ūdens daļiņu skaits un veiktais attālums



3. attēls. Maksimālais ūdens daļiņu kustības laiks LAMO slāņos

Lai sistematizētu 1. attēlā parādīto ūdens daļiņu trajektorijas, tās tika sakārtotas septiņās grupās, ņemot vērā tām atbilstošo ūdens vecumu (1. tabula).

1. tabula. Ūdens daļiņu trajektoriju grupas

Grupas Nr.	Laiks (gadi)	Trajektoriju skaits
1	0-25	259
2	0 >25 → 100	295
3	0 >100 → 400	198
4	0 >400 → 1600	68
5	0 >1600 → 6400	84
6	0 >6400 → 128000	86
7	0 >128000 → 35530	37
		Kopā 1027

Ūdens daļiņu 1., 2., 3., 4. grupas avoti un trajektorijas atrodas Iecavas upes sateces apgabalā. Kopīgais ūdens daļiņu skaits šajās grupās ir 820, t.i., no 2. attēla un 1. tabulas iegūtais daļiņu skaita novērtējums ir tuvs (830~820). 5., 6., 7. grupas ūdens daļiņu avoti neatrodas Iecavas upes sateces apgabalā.

2. tabula. Iecavas upes sateces apgabala pazemes plūsmas bilance [tūkst.m³/dnn]

Objekta nosaukums	Ieplūst caur augšu	Izplūst caur augšu	Ieplūst caur apakšu	Izplūst caur apakšu	Pietece	Upes	Ezeri	Robeža	Urb.
Apgabals	172	-31			141	-147	0	9	-3
Q2	167	-31	93	-93	136	-135	0	-1	0
Pamatieži	5				5	-12	0	10	-3

MODPATH rezultātu daļēji izskaidro Iecavas upes sateces apgabala lokālā pazemes plūsmu bilance (2. tabula) (Spalviņš 2015):

- caur sateces apgabala robežu ieplūst $q_{boundary} = 9$ tūkst.m³/dnn; no Q2 slāņa izplūst 1 tūkst.m³/dnn; no pamatiežiem ieplūst 10 tūkst.m³/dnn un šo plūsmu varētu izsaukt 5., 6., 7. grupai atbilstošā ūdens plūsma;
- pretēji vērstas plūsmas caur Q2 horizonta pamatnes virsmu ir gandrīz vienādas (± 93 tūkst.m³/dnn); šādu parādību varētu izsaukt 2., 3., 4. grupas trajektorijām atbilstošās vertikālās plūsmas, kas divas reizes pretējos virzienos šķērso šo pamatni.

Lai izprastu negaidīto skaitliskā eksperimenta rezultātu, ir nepieciešami papildus pētījumi (kā daļiņu trajektorijas ietekmē to sākuma novietojums attiecībā pret režģa sūnas augšu un apakšu, kas notiks, ja šūnā ievietosim daļiņu kopu u.c.). Turpināsim izmantot LAMO4 kā instrumentu dabas procesu izzināšanai. Kā liecina lietuviešu kolēģu pieredze (Mokrik et al. 2014), ar reģionālu hidroģeoloģisko modeli GV sistēmas vidē var iegūt nozīmīgus rezultātus ģeoķīmisko procesu pētniecībā.

Atsauces

- Environmental Simulations, Inc. (2011). *Groundwater Vistas. Version 6*, Guide to using.
- Harbaugh, W. (2005). *MODFLOW-2005, U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model: the ground-water flow process*, chap 16, book 6, US Geological Survey Techniques and Methods 6-A16, USGS, Reston, VA
- Mokrik, R., V. Juodkasis, A. Stuopis, and J. Mazeika, (2014). Isotope geochemistry and modelling of the multi-aquifer system in the eastern part of Lithuania. *Hydrogeology journal*, 22 (4), 925-941.
- Pollock, D. W. (2012). *User Guide for MODPATH Version 6—A Particle-Tracking Model for MODFLOW*, [Online].
- Spalviņš, A. (2015). *Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO pilnveidošanas starprezultāti*. Pārskats līgumam 2014/15 starp LVĢMC un RTU. Rīga. http://www.emc.rtu.lv/VPP/ATSK_LVGMC_2015_teksts.pdf
http://www.emc.rtu.lv/VPP/ATSK_LVGMC_2015_pielikumi.pdf
- Zheng, C. (1999). MT3D99 A modular three dimensional transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems. USEPA report. Washington DC: USEPA.

Summary

The hydrogeological model (HM) of Latvia, version LAMO4, was used as the driver for the MODPATH program. The attempt was made to find sources of the river base flow of the Iecava River. Unforeseen results were obtained: many sources were located very far from the river catchment area. The shape of pathlines is very complex even within the catchment area. The results of this numerical experiment demonstrate usefulness of applying a large regional HM, like LAMO4, for investigating the diverse nature processes.