

ĢEOLOĢISKO SLĀŅU ŪDENS FILTRĀCIJAS KOEFICIENTA KARTES LATVIJAS HIDROĢEOLOĢISKAJĀ MODELĪ

Aivars SPALVIŅŠ, Kaspars KRAUKLIS, Inta LĀCE

RTU Vides modelēšanas centrs, Daugavgrīvas iela 2, Rīga, LV-1007,

e-pasts: Aivars.Spalvins@rtu.lv

Kopsavilkums: Latvijas hidroģeoloģiskais modelis (HM) LAMO apkopo informāciju par pazemes ūdens aktīvās zonas ģeoloģisko slāņu stratigrāfiju un filtrācijas īpašībām, par pazemes ūdens līmeņiem un plūsmām, par mijiedarbību starp pazemes ūdensobjektiem un virszemes ūdens avotiem (jūra, ezeri, upes, atmosfēras nokrišņi). LAMO darbojas licenzētas programmatūras Groundwater Vistas (GV) vidē, kurā dati par ģeoloģisko slāņu filtrācijas koeficientiem k (k -kartes) un biežumu m (m -kartes) ir nepieciešami HM izveidošanai. Latvijas teritorijā ģeoloģiskie slāņi ietver nulles biežuma m_0 areālus. Tie sarežģī k -karšu iegūšanu. Kalibrējot HM, koriģē k -kartes. Visjaunākajā LAMO4 versijā k -karte ir neatkarīgu faktoru reizinājums. Šie faktori ne tikai ievēro ūdens horizontu un sprosts slāņu īpašības, bet arī samazina m_0 areālu nevēlamo ietekmi. Raksts informē par metodēm, kuras bija jāizmanto, lai izveidotu k -kartes Latvijas hidroģeoloģiskajam modelim.

Atslēgas vārdi: ģeoloģisko slāņu nulles biežuma apgabali, modeļu kalibrācija, urbumu atsūknēšanas dati

Ievads

Īstenojot ERAF līdzfinansēto projektu (2010.g.-2012.g.), Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) Vides modelēšanas centra (VMC) zinātnieki izveidoja Latvijas hidroģeoloģisko modeli (LAMO) aktīvajai pazemes ūdens zonai. LAMO ietver ģeoloģisko un hidroģeoloģisko informāciju, kuru HM izveidošanai RTU ieguva no Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas Centra (LVĢMC).

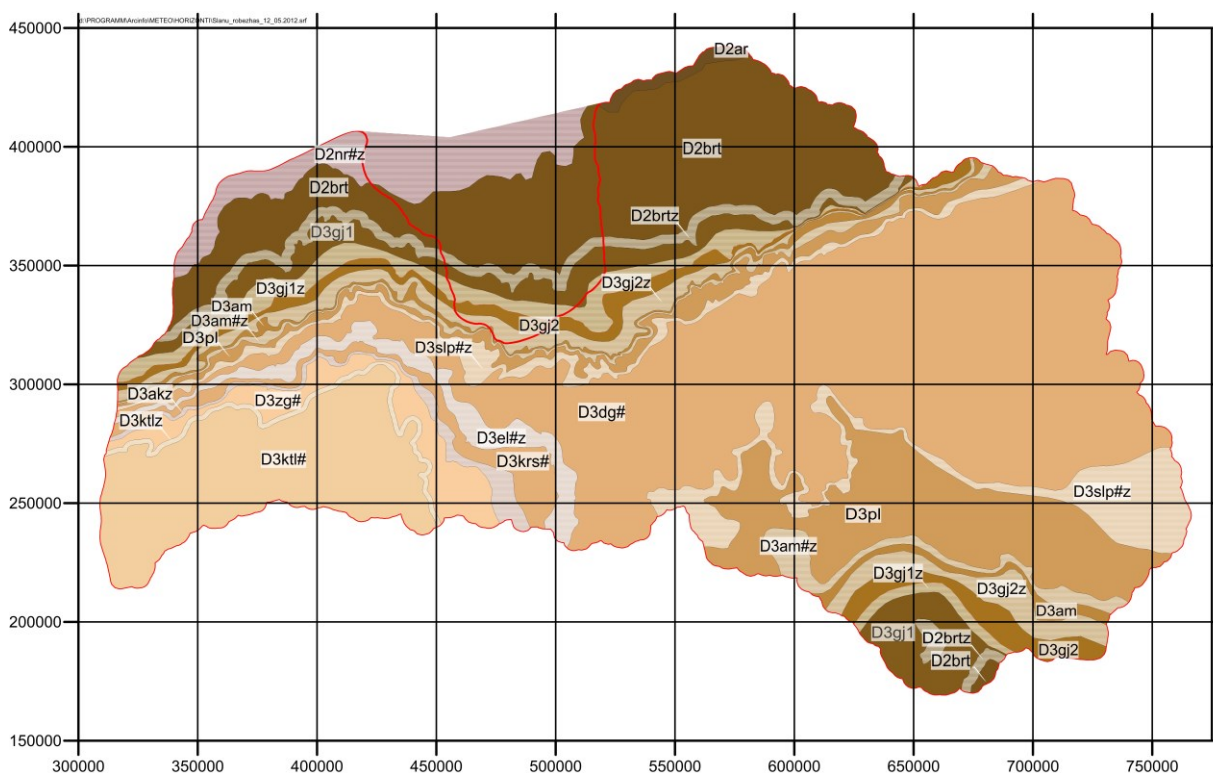
LAMO darbojas licenzētas programmatūras GROUNDWATER VISTAS (GV) vidē (Environmental Simulations, 2011).

Ar Valsts pētījumu programmas EVIDENT atbalstu ir veikta būtiska LAMO pilnveidošana (2013.g.-2015.g.), kuras gaita ir skatāma 1. tabulā (Spalviņš A., 2016). Šobrīd LVĢMC un RTU izmanto visjaunāko LAMO4 versiju valsts ūdens resursu pārvaldības plānošanai un kā bāzi lokālu HM izveidošanai.

Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO versijas

Versija	Gads	Aproximācijas režģis			Modeļa upes			Ezeri
		Plaknes solis (metrs)	Režģa plakņu skaits	Režģa šūnu skaits	Skaits	Ieleju iegrauzumi	Izmantoti caurteces dati	Skaits
LAMO1	2012	500	25	14.25×10^6	199	nav	nē	67
LAMO2	2013	500	27	15.43×10^6	199	ir	nē	67
LAMO3	2014	500	27	15.43×10^6	469	ir	nē	127
LAMO4	2015	250	27	61.56×10^6	469	ir	jā	127

LAMO4 ir ietverti 27 aktīvās pazemes ūdens zonas ģeoloģiskie slāņi. No pamatiežu ģeoloģisko robežu kartes (1. att.) var secināt, ka tikai sprostsplānis D2nr# eksistē visā valsts teritorijā, bet visi pārējie iznirst zemkvartāra virsmā, t.i., ietver nulles biezuma m_0 areālus.




1. att. Pamatiežu ģeoloģisko robežu karte

LAMO4 vertikālā shematizācija un slāņu dati (laukums L_S , vidējais biezums m_{vid} , vidējais filtrācijas koeficients k_{vid}) skatāmi 2. tabulā. Seši no HM slāņi ir nepārtraukti visā LAMO4 aktīvajā daļā, kuru veido Latvijas sauszeme un Rīgas jūras līcis ($L=71.29$ tūkst. km^2).

LAMO4 vertikālā shematizācija un slāņu parametri

Nr.	*	Slāņa nosaukums	HM slāņa kods	Laukums [tūkst.. km ²]	m_{vid} [metri]	k_{vid} [m/dnn]
1		Reljefs	relh	71.29	0.02	10.0
2		Aerācijas zona	aer	71.29	0.02	3.1×10^{-6}
3		Bezspiediena kvartārs	Q2	71.29	5.77	11.2
4		Augšējā morēna	gQ2z	71.29	22.20	1.4×10^{-3}
5		Spiediena kvartārs	Q1#	7.4	6.13	7.0
6		Apakšējā morēna	gQ1#z	9.7	9.3	2.8×10^{-4}
7		Ketleru	D3ktl#	5.32	61.46	4.2
8		Ketleru	D3ktlz	5.79	10.52	2.8×10^{-4}
9		Žagares	D3zg#	7.43	42.65	7.0
10		Akmenes	D3akz	7.95	11.05	2.8×10^{-5}
11		Kursas	D3krs#	9.34	22.34	6.3
12		Elejas	D3el#z	10.24	27.58	2.8×10^{-5}
13		Daugavas	D3dg#	32.14	30.37	9.4
14		Salaspils	D3slp#z	35.78	12.67	8.4×10^{-4}
15		Pļaviņu	D3pl	43.80	22.76	8.6
16		Amatas	D3am#z	45.14	8.97	1.4×10^{-4}
17		Amatas	D3am	46.21	21.91	6.4
18		Augšējā Gauja	D3gj2z	48.80	11.62	2.8×10^{-4}
19		Augšējā Gauja	D3gj2	50.92	26.34	6.2
20		Apakšējā Gauja	D3gj1z	53.11	13.17	2.8×10^{-4}
21		Apakšējā Gauja	D3gj1	56.13	31.55	5.4
22		Burtnieku	D2brtz	58.09	15.41	5.6×10^{-4}
23		Burtnieku	D2brt	68.74	45.02	4.2
24		Arikula	D2arz	68.74	15.02	4.2×10^{-4}
25		Arikula	D2ar	68.74	40.03	3.2
26		Narva	D2nr#z	71.29	116.67	2.8×10^{-5}
27		Pērnavas	D2pr	71.29	25.00	10.0

*  - sprostslnānis

Pārējo slāņu nulles biezuma m_0 areāla laukums $L_{0s}=(71.29- L_s)$ tūkst. km². Latvijas ziemeļu daļā (skat. 1. att.) notiek visu m_0 areālu pārklāšanās. Arī upju ieleju iegrauzumi rada lokālus m_0 areālus.

Nulles biežuma m_0 areālu esamība apgrūtina filtrācijas koeficientu (k -kartes) iegūšanu ne tikai ūdens horizontiem bet arī sprostsliņiem. Raksts informē par metodēm, kuras bija jāizmanto, lai izveidotu k -kartes Latvijas hidroģeoloģiskajam modelim.

Matemātiskie formulējumi

Lai izprastu k -kartes iegūšanas problēmas, nepieciešams apskatīt stacionāru HM matemātiskās sakarības. Izmantojot galīgo starpību metodi, ģeoloģiskā telpa tiek aproksimēta ar xyz -režģi. Režģi veido ($h \times h \times m$) izmēru bloki, kur h ir plaknes aproksimācijas solis un m ir mainīgs slāņa biežums. LAMO4 $h=250$ metri. Pjezometrisko pazemes ūdens līmeņu sadalījumu $\varphi(x,y,z)$ HM režģī iegūst, atrisinot algebrisku vienādojumu sistēmu (Spalvins et al., 2013):

$$A\varphi = \beta - G\psi, \quad A = A_{xy} + A_z, \quad (1)$$

kur A ir aproksimētās ģeoloģiskās vides vadāmību matrica; kuru veido HM režģa xy -slāņi; A_{xy} un A_z ir slāņu horizontālo un vertikālo vadāmību matricas; β un ψ ir plūsmas un ūdens līmeņu robežnoteikumu vektori; G ir diagonāla matrica (A matricas daļa), kura ietver saites ar ψ tipa robežnoteikumu.

Vērtības elementiem σ_{xy} un σ_z , kuri tiek izmantoti kā sākuma dati matricām A_{xy} un A_z , GV sistēmā HM režģa blokam i -tā slānī aprēķina šādi:

$$\begin{aligned} \sigma_{xy,i} = k_i m_i = T_i, \quad \sigma_{z,i} = h^2 k_i / m_i, \quad \sigma_{z,i} / \sigma_{xy,i} = h^2 / m_i^2, \\ m_i = z_{i-1} - z_i \geq 0, \quad i=1, 2, \dots, u, \end{aligned} \quad (2)$$

kur z_{i-1} , z_i ir i -tā slāņa augšas un apakšas virsmu augstumi; z_0 ir zemes virsmas augstums; m_i un k_i ir elementi HM i -tā slāņa biežuma un filtrācijas koeficientu m un k – kartēs; u ir virsmu skaits; LAMO4 $u = 28$; T_i ir slāņa ūdens vadāmība.

Uz virsmas $z_{i-0.5}$, vidū starp režģa bloku augšējām un apakšējām virsmām z_{i-1} un z_i , atrodas bloku centri, kuros definēti elementi $\sigma_{xy,i}$ un $\sigma_{z,i}$ (σ - dati) i -tajam HM slānim.

Savienojumi a_{jp} starp HM režģa tuvāko kaimiņu j un p bloku centriem ir matricu A_{xy} un A_z elementi. GV sistēmā a_{jp} aprēķina kā vidējo harmonisko sākuma datu kopām σ_j un σ_p

$$a_{jp} = 2 / (1/\sigma_j + 1/\sigma_p), \quad (3)$$

kuru σ – dati iegūti ar formulām (2).

Horizontālos savienojumus $a_{xy,i}$ i -tajā slānī veido elementi $\sigma_{xy,i}$. Vertikālie savienojumi $a_{z,i,i+1}$ starp i un $i+1$ slāni tiek aprēķināti, izmantojot elementus $\sigma_{z,i}$ un $\sigma_{z,i+1}$.

Ja formulā (2) $m_i = 0$, tad $\sigma_{xy} = 0$ un $\sigma_z = \infty$, t.i., precīzs σ_z aprēķins m_0 areālam nav iespējams problēmas “dalījums ar nulli” dēļ. Lai m_0 areāliem tuvināti aprēķinātu σ_{xy} un σ_z ,

LAMO izmantots $m_0 = 0.02$ metri. Šāds tuvinājums praktiski neiespaido z - virsmas $m > 0$ apgabalā un izsauc tikai $0.02 \times 21 = 0.42$ metri ģeometrisku novirzi Latvijas ziemeļu daļā, kurā pārklājas visi m_0 areāli.

Ūdens horizontiem un sprosslāņiem filtrācijas koeficienti k_h un k_s ir būtiski atšķirīgi: $k_h \gg k_s$ (skat. 2. tabulu). Šī iemesla dēļ horizontiem un sprosslāņiem ir dažādi k - datu avoti un atšķirīga σ - datu ietekme (skat. 3. tabulu).

3. tabula

k -datu avoti un σ -datu ietekme HM slāņos

Slāņa tips	k -datu avots ($m > 0$)	Galvenie σ -dati ($m > 0.02$)	σ -datu koriģēšana $m = 0.02$
Horizonts	eksperiments	σ_{xy}	samazinot σ_{xy}
Sprosslānis	HM kalibrēšana	σ_z	palielinot σ_z

Horizontu k -datus iegūst ar dažādām eksperimentālām metodēm (grunts paraugu sastāva un īpašību noteikšana, urbumu atsūkņēšanas rezultātu izmantošana u.c.). Sprosslāņiem galvenais k -datu avots ir HM kalibrēšanas process.

Horizontu un sprosslāņu īpašības nosaka σ_{xy} un σ_z dati, bet to m_0 areālos nepieciešama σ_{xy} un σ_z datu koriģēšana.

LAMO4 pamatiežu horizontu k -kartes izveidotas, izmantojot formulu

$$k_i = \sigma_{xy,i} / m_i, \quad (4)$$

kur $\sigma_{xy,i}$ - dati iegūti, izmantojot urbumu atsūkņēšanas rezultātus. Formulas (4) izmantošanu apgrūtina m_0 areālu esamība.

Horizontu k -kartes

Atsūkņējot urbumu ar ražību Q [litri/sec], rodas pazemes ūdens līmeņa pazeminājums S [metri]. Attiecība $\gamma = Q / S$ [litri/(sec metrs)] ir urbuma īpatnējais debīts, kuru var izmantot aptuvenam horizonta minimālās ūdens vadāmības T_{min} [metri²/dnn] aprēķinam (Spalvins et al., 2013):

$$T_{min} = 144 \gamma = \sigma_{xy}, \quad (5)$$

kur T_{min} atbilst σ_{xy} - datiem formulā (4).

Izmantoti LVĢMC sagatavotie dati par urbumu atsūkņēšanu. Šo datu ticamība nav pārbaudīta. Tāpēc bija jāveic to urbumu atlase, kurus varētu izmantot k -karšu iegūšanai. Atlase notika četros secīgos etapos: 1. glabāšana; 2. izvēle; 3. ierobežošana; 4. atlase. Atlases

rezultāti desmit pamatiežu horizontiem apkopoti 4. tabulā, kurā skatāms urbumu skaits un īpatnējā debita γ_{vid} vidējā aritmētiskā vērtība katrā etapā.

4. tabula

Urbumu datu apstrādes rezultāti

Slāņa kods	Urbumu skaits				γ_{vid}		
	glabāti	izvēlēti	limitēti	atlasīti	izvēlēti	limitēti	atlasīti
D3ktl#	288	156	114	46	0.72	0.79	0.88
D3zg#	872	681	533	143	0.80	0.87	1.08
D3krs#	712	524	426	118	0.84	0.86	1.11
D3dg#	2284	959	819	256	1.17	1.15	1.74
D3pl	2874	1295	1073	374	1.08	1.05	1.46
D3am	778	526	420	190	0.64	0.71	0.80
D3gj2	5241	1229	1096	324	0.77	0.84	1.05
D3gj1	5346	1579	1378	425	0.82	0.88	1.18
D2brt	1867	1332	1020	367	0.71	0.80	0.99
D2ar	1740	1188	974	314	0.64	0.71	0.88

Urbumu datu apstrādes etapos tiek veiktas šādas darbības;

1. etapā izslēdz tikai redzami kļūdainus datus un urbumu skaits šajā etapā ir tuvs pieejamo sākuma datu skaitam;
2. etapā tiek atņemti dati, kurus dod urbumi, kuru filtrs pilnībā neatrodas ūdens horizontā; ja filtrs atrodas divos vai vairākos ūdens horizontos, tad šādu urbumu datus nevar izmantot; otrajā etapā tiek izslēgts relatīvi liels urbumu skaits, īpaši D3gj2 un D3gj1 horizontos;
3. etapā tiek izvēlēti urbumi, kuru dati atbilst intervālam $4 > \gamma > 0.2$;
4. etapā tiek izpildīti divi soļi:
 - aplī ar rādiusu R_1 tiek saglabāts viens urbums ar lielāko vērtību γ ;
 - aplī ar rādiusu R_2 tiek saglabāti urbumi, kuri atbilst noteikumam $(1 + \Delta) > \gamma_{vid} > (1 - \Delta)$; γ_{vid} tiek aprēķināts šajā aplī un Δ ir novirze. LAMO4 versijai tika izmantoti parametri: $R_1 = 2000$ metri, $R_2 = 4000$ metri, $\Delta = 0.3$. Otrajā solī var saglabāties vairāki urbumi.

No 4. tabulas datiem var secināt, ka katrā etapā notiek īpatnējā debita γ_{vid} vērtības palielināšanās, īpaši 4. etapā.

Atlasītie horizonta urbumu γ_n - dati ar inversās distances metodi, ignorējot HM neaktīvās zonas un m_0 areālu esamību, tiek interpolēti visos HM plaknes režģa mezglos.

No interpolējot iegūtajiem γ – datiem k – kartes izveidošanai tiek izdalīti horizonta eksistējošās daļas $m \geq 0.02$ γ – dati. Tie, izmantojot sakarību (5), dod $T_{min} = \sigma_{xy}$. Ja šos datus izmantosim formulā (4), tad horizonta robežas pārejas zonā, kurā $m \rightarrow 0.02$, radīsies lielas k vērtības. Upju ieleju iegrauzumos notiks k vērtības palielināšanās. Lai novērstu šos nevēlamos efektus, nepieciešama γ – datu korekcija. Koriģēšanai tika izmantots faktors C :

$$\gamma_{kor} = C \gamma, \quad I > C = m_0 / (0.75 m_{vid}) > 0 \quad (6)$$

kur γ_{kor} ir koriģētie γ – dati; $m_{sāk}$ ir m -kartes bez upju ieleju iegrauzumiem pamatiežos. Šādas kartes tika izmantotas LAMO1 versijā. Arī šobrīd $m_{sāk}$ – kartes kalpo kā starta stāvoklis jebkuru ģeometrisku izmaiņu īstenošanai (z -karšu modificēšana); m_{vid} skatāmi 2. tabulā. Skaitlis 0.75 atrasts empīriski, lai novērstu ekstremālo k vērtību rašanos visu LAMO4 horizontu $m \rightarrow 0.02$ zonās.

Izmantojot $m_{sāk}$ –kartes un γ_{kor} - datus, iegūst horizontu k_{kor} –kartes un HM slāņu ūdens vadāmību $T = \sigma_{xy}$:

$$k_{kor} = 144 \gamma_{kor} / m_{sāk}; \quad T = k_{kor} m = \sigma_{xy} \quad (7)$$

kur HM m –kartes piedalās $T = \sigma_{xy}$ izveidošanā. Upju ieleju iegrauzumu vietās nenotiek k_{kor} vērtību izmaiņa, bet iegrauzumos, proporcionāli to dziļumam, samazinās σ_{xy} vērtība.

5. tabula

Pārskats par k – kartēm versijām LAMO2, LAMO3, LAMO4

Horizonta kods	LAMO2		LAMO3		LAMO4	
	k_{vid} [metri/dienn]	k_{max} / k_{min}	k_{vid} [metri/dienn]	k_{max} / k_{min}	k_{vid} [metri/dienn]	k_{max} / k_{min}
D3ktl#	3.0	1.0	2.12	9.0	1.77	12.10
D3zg#	3.0	1.0	3.64	5.33	3.38	15.75
D3krs#	2.0	1.0	5.95	4.35	6.33	9.89
D3dg#	10.0	1.0	5.58	14.38	9.40	16.06
D3pl	10.0	1.0	6.11	8.51	8.60	19.65
D3am	10.0	1.0	4.69	5.67	4.64	11.25
D3gj2	10.0	1.0	5.58	4.55	5.11	20.05
D3gj1	14.0	1.0	5.24	6.25	4.84	16.00
D2brt	5.0	1.0	1.91	5.83	3.19	13.75
D2ar	5.0	1.0	2.13	6.15	2.91	17.69

LAMO4 horizontu k –kartes tiek veidotas kā kartes kodola k_{norm} un k_{vid} reizinājums horizonta eksistences apgabalā $m > 0.02$:

$$K = k_{norm} k_{vid}; \quad k_{norm} = K / k_{vid} \quad (8)$$

kur k_{vid} ir K vidējā aritmētiskā vērtība; m_0 apgabalā $k_{norm} = 1$.

5. tabulā dots pārskats par k –kartēm pamatiežu horizontiem LAMO versijām, kur k - kartes tiek raksturotas ar parametriem k_{vid} un k_{max}/k_{min}

Versijai LAMO2 $k_{max}/k_{min}=1$, jo visos horizontos tika izmantotas fiksētas vienādas k vērtības. Versijām LAMO3 un LAMO4 k_{max}/k_{min} ir mainīgs lielums. Koeficienti k_{vid} 2. tabulā ir lielāki nekā 5. tabulā, jo to vērtības mainītas, kalibrējot LAMO4. Lai m_0 areālos koriģētu a_{xy} , tajos k_{vid} samazināts desmit reizes. Korekciju īsteno, izmantojot faktoru K_4 , kurš tiek izmantots arī σ_z palielināšanai sprostsplāņos (skat. 6. tabulu).

Sprostsplāņu k – kartes

Sprostsplāņiem to A_{xy} matricā faktiski neeksistē saites a_{xy} necīgo $\sigma_{xy} = k_s m_s$ vērtību dēļ.

Elementa $a_{z,i,i+1}$ vērtību matricā A_z dod izteiksme (3). Ja i un $i+1$ slāņi ir horizonts un sprostsplānis, tad

$$a_{z,i,i+1} = 2 \sigma_{z,i+1} / (1 + \sigma_{z,i+1} / \sigma_{z,i}) \sim 2 \sigma_{z,i+1}, \quad (9)$$

jo $\sigma_{z,i} \gg \sigma_{z,i+1}$ ($k_h \gg k_s$); horizontu $\sigma_{z,i}$ – dati praktiski neietekmē elementa $a_{z,i,i+1}$ vērtību, jo plūsmu “horizonts- sprostsplānis” faktiski nosaka tikai sprostsplāņa $\sigma_{z,i+1}$ - dati.

Sprostsplāņiem kā matricas kodolu izmanto identitātes matricu I , bet k_{vid} atrod, HM kalibrējot.

Latvijas ziemeļu daļā HM slāņu Nr.5 līdz Nr.25 m_0 areāli pārklājas. Pārklājuma tilpuma elementa ($h \times h \times 0.42$) vertikālo vadāmību $a_{z,5-25}$ dod izteiksme:

$$a_{z,5-25} = 1 / \sum_{i=5}^{25} (1 / a_{z,i}) = (h^2 / 0.42) / \sum_{i=5}^{25} (1 / k_i), \quad 0.42 = 0.02 \times 21. \quad (10)$$

Ja izteiksmē (10) $h=250$ un k_i atbilst 2. tabulai, tad $a_{z,5-25} = 32$. Šāda vadāmība ir slikts $a_z = \infty$ tuvinājums m_0 areāliem. Lai palielinātu $a_{z,5-25}$ vērtību, LAMO4 m_0 areālos tika īstenota 100 un 10 kārtīga k palielināšana sprostsplāņiem Nr. 8; 10 un Nr.12-24. Korekcijas ietekmē (K_4 faktors 6. tabulā) $a_{z,5-25}$ pieaug no 32 līdz 934, t.i., būtiski uzlabojās sprostsplāņu m_0 areālu ietekmes ievērošana.

Izmantojot sprostsplāņu k – kartes, LAMO4 robežu zonā tiek īstenots HM sānu virsmas ψ – tipa robežnoteikumu interpolācijas rīks (Spalvins et al., 2012). Šajā zonā $m > 0.02$ apgabalos sprostsplāņa filtrācijas koeficienta vērtība tiek palielināta 1000 reizes. Šo izmaiņu īsteno faktors K_5 (skat. 6. tabulu).

Kalibrējot HM, nepieciešams sprostsplāņiem lokāli koriģēt σ_z . To īsteno K_3 faktors (skat. 6. tabulu). Šis faktors horizontiem lokāli koriģē σ_{xy} .

Kopsavilkums par LAMO4 k- kartēm

Rezultējošā LAMO4 k - karte ir diagonāla matrica K , kuru veido seši reizinātāji K_i , $i=1, 2, \dots, 6$. Kalibrējot HM, k – kartes var koriģēt, ievērojot šos relatīvi neatkarīgos faktoros, kuru lomu sprostsļāņiem un horizontiem skaidro 6. tabula.

6. tabula

LAMO k - kartes faktori

Faktors		Sprostsļāņi		Horizonti	
Kods	Ietekme	Citi	aer	Citi	Q2
K_1	kodols	I	1 un 0.05	k_{norm}	k_{norm}
K_2	k_{vid}	+	+	+	+
K_3	lokāla k maiņa	+	+	+	+
K_4	$m=0$ areāla k	1; 10; 100	I	1 un 0.1	I
K_5	robežu k maiņa	1 un 10^3	1 un 10^3	I	I
K_6	m maiņa	I	+	I	+

Faktors $K_2 = k_{vid}$ un identitātes matrica I ir skalāri lielumi; I darbojas kā “ $\times 1$ ”; simbols “+” apliecina attiecīgā faktora izmantošanu.

Faktori ir diagonālas matricas, kas īsteno šādas ietekmes:

- K_1 ir kodola matrica; $K_1 = I$ un $K_1 = k_{norm}$ sprostsļāņiem un horizontiem; aerācijas zonā aer skaitlis 0.05 tiek izmantots purvu, ezeru un upju areālos;
- $K_2 = k_{vid}$ aktīvi izmanto kalibrēšanai; k_{vid} ir filtrācijas koeficienta vidējā aritmētiskā vērtība $m > 0$ apgabalā;
- K_3 īsteno k izmaiņu lokālā $m > 0$ areālā un šo faktoru aktīvi lieto kalibrēšanā;
- K_4 izmaina k m_0 areālos: “ $\times 10$ ” vai “ $\times 100$ ” un “ $\times 0.1$ ” sprostsļāņiem un horizontiem; šis faktors samazina m_0 areālu nevēlamo ietekmi; vērtību 1 lieto $m > 0.02$ apgabalā;
- K_5 lieto sprostsļāņu robežzonā, lai izveidotu interpolācijas rīku HM sānu virsmas ūdens līmeņu robežnoteikumu ψ fiksēšanai; vērtību 1 lieto HM aktīvajā laukumā.

Faktors K_6 tiek izmantots, ja no HM kalibrācijas procesā fiksēta aerācijas zonas aer biezuma $m=0.02$ metri (2. tabula) ir jāpāriet uz reālu zonas biezumu m_{aer} . Tad jāmaina arī Q2 slāņa biezums un aerācijas zonas filtrācijas koeficients. Pāreja uz reālo m_{aer} ir obligāta, ja ir jāveic vielas masas pārnese modelēšana vai ūdens daļiņu trasēšana (Spalvins et al., 2013).

Tikai faktori K_2 un K_3 tiek būtiski koriģēti HM kalibrēšanas procesā. Faktori K_1 , K_4 , K_5 ievēro relatīvi nemainīgus k -kartes parametrus.

Secinājumi

Latvijas hidroģeoloģiskajam modelim LAMO4 ir būtiski uzlabota pamatiežu ūdens horizontu filtrācijas koeficientu k -karšu ticamība, jo to izveidošanā izmantoti urbumu atsūkņēšanas dati. Ģeoloģisko slāņu nulles biezuma m_0 areāli apgrūtina k -kartes iegūšanu ne tikai horizontiem, bet arī sprostsliņiem. Parādīts, kā samazināta m_0 areālu nevēlamā ietekme un kā koriģētas k -kartes, modeli kalibrējot. LAMO4 izveidots ar VPP EVIDEnT atbalstu.

Literatūra

Environmental Simulations, 2011. Inc. *Groundwater Vistas. Version 6*, Guide to using,

Spalviņš A., 2016. Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa izveidošana Rīgas Tehniskajā universitātē (2010.g.-2015.g.), *Rīgas Tehniskās universitātes zinātnisko rakstu žurnāls "Datormodelēšana un robežproblēmas"*, RTU Press, Rīga, 2016, 55. sēj. 5-11 lpp., ISSN 2255-9124 print, ISSN 2255-9132 online

Spalvins, A., Slangens, J., Lace, I., Krauklis, K., Aleksans, O. (2013) Efficient Methods Used to Create Hydrogeological Model of Latvia. *International Review on Modelling and Simulations (I.RE.MO.S)*, Vol. 6, N. 5, October 2013, Extracted by ICOMOS 2013, (Virtual Forum, Itālija, Naples, July 15-29, 2013: Praise Worthy Prize S.r.l., 2013, 1718-1726 pp., ISSN 1974-9821

Spalvins, A., Slangens, J., Lace, I., Krauklis, K. 2012. Arrangement of boundary conditions for hydrogeological model of Latvia, / *Scientific Journal of Riga Technical University Boundary Field Problems and Computer Simulation*, 54-th issue, Riga, RTU, 2012, p. 20-24, ISSN 1407 – 7493

Aivars Spalvins, Kaspars Krauklis, Inta Lace,

Permeability maps of geological strata for hydrogeological model of Latvia

Abstract: The hydrogeological model (HM) of Latvia LAMO for the active groundwater zone provides information on geometry and permeability of geological strata, on groundwater heads and flows, on interaction between groundwater bodies and surface water sources (sea, lakes, rivers, meteoric water). LAMO runs in environment of the licensed system Groundwater Vistas 6 (GV). To create HM, the GV system must be supplied by digital maps of thickness m and permeability k of the strata to be simulated (m – maps and k – maps). In Latvia, geological strata include m_0 areas where they do not exist ($m = 0$). Obtaining of the k – maps is troubled by the m_0 areas. To calibrate HM, the k - maps have to be adjusted. The latest LAMO4 version presents the k – map as a product that includes independent factors. They accounts for specific features of aquifers and aquitards and ease troublesome impact of the m_0 areas. It is explained how the k – maps for the LAMO4 have been created.

Keywords: Calibration of models, pumping data of wells, zero thickness of geological stratum