

# Latvijas hidroģeoloģiskais modelis pazemes dzeramā ūdens krājumu pārvaldīšanai un atvесеļošanai

Aivars Spalvins, Riga Technical University, Uldis Nulle, Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre

**Kopsavilkums** - Rīgas Tehniskā universitāte (RTU) ir piedalījies Latvijas reģionālo hidroģeoloģisko modeļu (HM) izveidošanā pazemes ūdens krājumu racionālai apsaimniekošanai. Reģionālais modelis (REMO) „Lielā Rīga” veidots no 1993. gada līdz 1996. gadam kopā ar bijušo Valsts ģeoloģijas dienestu. Modelis REMO aptvēra Latvijas centrālo daļu. HM izveidošanu visai Latvijas teritorijai RTU uzsāka 2010. gadā. Rakstā aplūkota ūdens krājumu apsaimniekošana Latvijā, dots Latvijas HM apraksts un izklāstīti tā veidošanas etapi un metodika. Modelis tiks iekļauts Latvijas Vienotajā vides informācijas sistēmā, kuru uztur Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs. Par Latvijas HM tika ziņots Apvienotajā Pasaules Latviešu zinātnieku 3. kongresā, Rīgā, 25. oktobrī 2011.g.

**Atslēgas vārdi** – hidroģeoloģiskais modelis, pazemes ūdens resursu pārvaldība, vides atvесеļošana

## I. IEVADS

Valstu un to apgabalu hidroģeoloģiskie modeļi tiek veidoti pazemes ūdens krājumu racionālas izmantošanas nodrošināšanai. Laikā no 1993. gada līdz 1996. gada Rīgas Tehniskā universitāte (RTU) kopā ar bijušo Valsts ģeoloģijas dienestu īstenoja reģionālo modeli (REMO) „Lielā Rīga” Latvijas centrālajai daļai. Šis modelis bija paredzēts hidroģeoloģiskās informācijas apkopošanai par te izvietotajām dzeramā ūdens ūdensgūtnēm (Rīga, Jūrmala, Jelgava u.c.). Hidroģeoloģiskais modelis (HM) aptvēra 168km×156km platību (skat. 1. att.). Režģa plaknes aproksimācijas solis bija 4000m. Tomēr šis HM neatbilst mūsdienu prasībām: nav aptverta visa Latvijas teritorija, pārāk liels HM plaknes režģa solis, modelis veidots oriģinālā programmatūras vidē, kura nav savietojama ar mūsdienīgu komerciālo programmatūru u.c.

Īstenojot Eiropas Reģionālā attīstības fonda līdzfinansētu projektu „Hidroģeoloģiskā modeļa izveidošana Latvijas pazemes ūdens krājumu apsaimniekošanai un vides atvесеļošanai”, RTU veido reģionāla tipa HM Latvijas aktīvajai pazemes ūdeņu zonai, no kuras var iegūt dzeramo ūdeni. Latvijas HM aptver 475km×300km plašu laukumu (skat. 1. att.). Modeļa plaknes režģa aproksimācijas solis būs 500m. Modelis tiks realizēts komercprogrammatūras „Groundwater Vistas” vidē. HM būs daļa no Latvijas Vienotās vides informācijas sistēmas, kuru uztur Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs (LVĢMC).

Pazemes dzeramā ūdens krājumu pārvaldību LVĢMC nodrošina turpat 15 gadus veidota un uzturēta digitālo datu kopa par ūdensapgādes, ģeoloģiskās izpētes un monitoringa urbumiem. Tomēr pastāvošā datu analīzes pieeja, pilnībā nenodrošina pazemes dzeramā ūdens pārvaldības plānošanu 3-5, 10 vai 25 gadu ilgā laika posmā un tas ir pretrunā ar ES ūdens Direktīvu un racionālas zemes dziļu resursu pārvaldības politiku.



1. att. Reģionālo hidroģeoloģisko modeļu izvietojums

HM kā Vienotās vides informācijas sistēmas sastāvdaļa būs neizvietojams instruments zemes dziļu racionālas izmantošanas politikas īstenošanai.

Hidroģeoloģiskos un ģeoloģiskos datus HM izveidošanai nodrošina LVĢMC. Ar LVĢMC ir saskaņotas prasības, kuras HM jānodrošina kā vides informācijas sistēmas elementam.

## II. ŪDENS KRĀJUMU APSAIMNIEKOŠANA LATVIJĀ

Latvijas valsts darbība virszemes un pazemes ūdens krājumu apsaimniekošanā tiek definēta ar „Ūdens apsaimniekošanas likumu” [4] un tam pakārtotajiem Ministru kabineta noteikumiem un rīkojumiem. No tiem būtiskākie ir [5,6]. Latvija realizē Eiropas Savienības trīs galveno ūdens Direktīvu [1, 2, 3] izvirzītos mērķus ūdens resursu ilgtspējīgai izmantošanai. Direktīva [2] nosaka vienotu kārtību Eiropas Savienības valstu ūdeņu apsaimniekošanā:

- dabisko likumsakarību izmantošana resursu apsaimniekošanā (upju baseinu sateces princips – plānošanā un apsaimniekošanā nav primāras ne vien nacionālās administratīvās robežas, bet arī starptautiskas robežas); Latvijas teritoriju aptver četri starpvalstu tipa upju baseini: Ventas, Lielupes, Daugavas, Gaujas;

- interdisciplināra pieeja plānošanā, plānošanas nepārtrauktība un cikliskums (Latvijā paredzēti trīs plānošanas cikli: 2004.-2015. gadi; 2015.-2021. gadi; 2021.- 2027. gadi)

Lai arī Latvijai netrūkst ne virszemes, ne pazemes ūdens, tomēr tai ir obligāta ūdens resursu apsaimniekošanas plānošana. Latvija šobrīd izpilda pirmo plānošanas ciklu. Tā daži rezultāti atspoguļoti dokumentā [8]. Par pazemes ūdens resursu stāvokli pirms Latvijas iestāšanās Eiropas Savienībā liecina materiāli [ 9, 10, 11, 12]. Lai arī visumā Latvijas

pazemes ūdens krājumi ir labā stāvoklī, tomēr sekli gruntsūdeņi ir vāji aizsargāti no piesārņojuma avotiem virszemē (atkritumu izgāztuves, bijušo militāro bāzu teritorijas, naftas produktu glabātavas, apdzīvotās vietas, lauksaimnieciskā darbība u.c.). Nepareiza un pārmērīga pazemes ūdens izmantošana ir izsaukusi tā kvalitātes pasliktināšanos (piemēram, Liepājā notika jūras ūdens intrūzija [18], Jelgavā pasliktinās artēziskā pazemes ūdens kvalitāte [7], Baltezers ūdensgūtvī būtiski apdraud aktīvā saimnieciskā darbība tās tuvumā [14] u.c.).

Valsts Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas uzdevumā ūdens apsaimniekošanas plānus sastāda un koriģē Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs [6]. Centram jāizveido un jāattīsta Latvijas vienotā vides informācijas sistēma, kura aptver arī ūdens apsaimniekošanu.

Pasaules (ASV [25], Kanāda [29]), Krievija [17] u.c.) un Eiropas Savienības valstis (Dānija [28], Nīderlande [27], Lielbritānija [26], Lietuva [16] u.c.) pazemes resursu pārvaldības realizācijai veido valsts un tās reģionu hidroģeoloģiskos modeļus, kuros ar datormodelēšanas līdzekļiem tiek iegūta plānošanai vajadzīgā informācija (ūdens horizontu pjezometrisko līmeņu kartes, stratigrāfiskie griezumī, ģeoloģisko slāņu ūdens filtrācijas īpašības, telpisko ūdens plūsmu virzieni un ātrumi, piesārņojumu izplatība un ietekme u.c.).

Latvijas ģeoloģiskā dienesta uzdevumā Rīgas Tehniskā universitāte 1996. gadā izveidoja reģionālo hidroģeoloģisko modeli REMO Latvijas centrālajai daļai [7]. Modeļa datus universitāte izmantojusi daudzu lokālu hidroģeoloģisko modeļu iegūšanai [13, 14, 15, 19, 21, 23, 24].

Šobrīd Latvijai nav vienota tās teritorijas hidroģeoloģiska modeļa. Eksistē dažādu organizāciju izveidotie hidroģeoloģiskie modeļi, kuru uzskaitē nav centralizēta. Modeļi nav publiski pieejami pazemes ūdens apsaimniekošanas plānošanā. Šobrīd Latvijas pazemes ūdens resursu apsaimniekošanas plānošanai izmanto galvenokārt analītiskās metodes. Tik vienkāršotu metodiku var attaisnot pirmā plānošanas cikla sākuma daļai. Jau 2011. – 2015. gadā, Latvijas atpalcība uz pārējo valstu fona (īpaši uz kaimiņvalsts Lietuvas) nebūs noslēpjama.

Tāpēc Latvijas reģionālā HM izveidošana ir savlaicīgs pasākums, kas nodrošinās hidroģeoloģisko datu apstrādi ar moderniem informācijas tehnoloģijas līdzekļiem.

### III. MODEĻA APRAKSTS

Latvijas hidroģeoloģiskais modelis, tāpat kā REMO [7], tiks veidots tikai aktīvās ūdens apmaiņas zonai (to no apakšas norobežo vidusdevona Narvas sprostslānis), kuru Latvijā izmanto ūdensapgādei. Modelis realizēs 25 ģeoloģiskos slāņus (skat. 2. att.), no tiem 13 būs ūdens horizonti, kurus atdala sprostslāņi. Modelī iekļauts arī Pērnavas ūdens horizonts D2pr, kuru var izmantot dzeramā ūdens iegūšanai Vidzemes ziemeļu daļā. Modelējamam apgabalam raksturīga ļoti sarežģīta ģeoloģiskā uzbūve; nenoteiktība par ģeoloģisko slāņu (īpaši sprostslāņu) filtrācijas īpašībām; nenoteiktība par pjezometriskajiem līmeņiem dažādos ūdens horizontos (nevar

izmantot vecos mērījumus, jo kopš 1992. gada Latvijā daudzkārt samazinājies ūdens patēriņš), ģeoloģiskie urbumi, kuri ir būtiski modeļa ģeometrijas (slāņu virsmu augstumu) iegūšanai, ir nevienmērīgi izkliedēti telpā, to dziļums ir atšķirīgs. Bez tam iespējamās urbumu datu kļūdas, kuras jāatklāj un jālabo.

Modeļa plaknes Nr.p.k.	Nosaukums	Ģeoloģiskais kods	Modeļa plaknes kods
1.	Reljefs	relh	relh
2.	Aerācijas zona	aer	aer
3.	Bezspiediena kvartārs	Q4-3	Q2
4.	Augšējā morēna	gQ3	gQ2z
5.	Spiediena kvartārs vai Jura	Q1-3 J	Q1
6.	Apakšējā morēna vai Triass	gQ1-3 T	gQ1#z
7.	Perma Karbons Šķerveles Ketleru	P2 C1 D3šķ D3ktl	D3ktl#
8.	Ketleru	D3ktl	D3ktlz
9.	Žagares Svētes Tērvetes Mūru	D3žg D3sv D3tr D3mr	D3žg#
10.	Akmenes	D3ak	D3akz
11.	Akmenes Kursas Jonišķu	D3ak D3krs D3jn	D3krs#
12.	Elejas Amulas	D3el D3aml	D3el#z
13.	Stipinu Katlešu Ogres Daugavas	D3stp D3ktl D3og D3dg	D3dg#
14.	Daugavas Salaspils	D3dg D3slp	D3slp#z
15.	Pļaviņu	D3pl	D3pl
16.	Pļaviņu Amatas	D3pl D3am	D3am#z
17.	Amatas	D3am	D3am
18.	Augšējā Gauja	D3gĵ	D3gĵz
19.	Augšējā Gauja	D3gĵ2	D3gĵ2
20.	Apakšējā Gauja	D3gĵ1	D3gĵ1z
21.	Apakšējā Gauja	D3gĵ1	D3gĵ1
22.	Burtnieku	D2brt	D2brtz
23.	Burtnieku Arikula Narvas	D2brt D2ar D2nr3	D2ar#
24.	Narvas Narvas	D2nr2 D2nr1	D2nr#z
25.	Pērnavas	D2prn	D2pr

# -apvienotais ūdens slānis; #z – apvienotais sprostslānis

 -sprostslānis

2. att. Vertikālā shematizācija

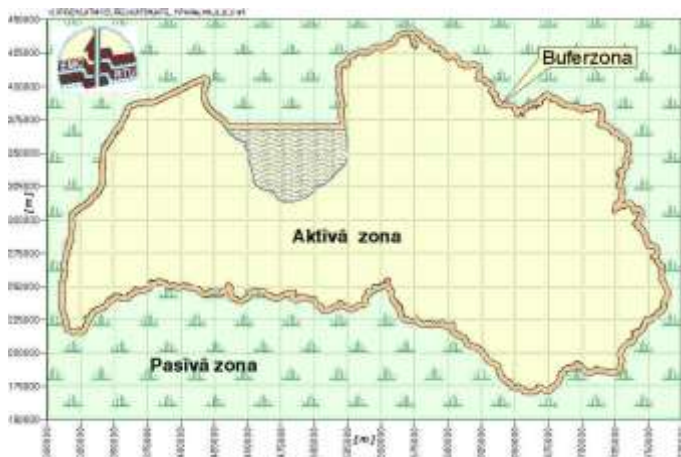
Modelis ir datorprogramma, ar kuras palīdzību aprēķina ūdens pjezometrisko līmeņus telpiskā režģa mezglos. Viena režģa plakne atbilst ģeoloģiskajam slānim, mezglu skaitu nosaka plaknes aproksimācijas solis (izmantosim 500m x 500m izmēra režģa šūnas). Izmantoto plakņu skaits nosaka modelējamo slāņu daudzumu. Pateicoties modelim, tiek iegūtas jaunas zināšanas, kuras nevar dot atsevišķi

novērojumi. Modelis akumulē zināmo reģionālo hidroģeoloģisko un hidroloģisko informāciju un var apkopot datus par piesārņojumu ūdenī un gruntī.

Modeli realizē komerciālā programma „Groundwater Vistas” [30]. Nepieciešamās digitālās kartes (slāņu virsmas, filtrācijas koeficienti, robežnoteikumi u.c.) tiek gatavotas ar specializētām programmatūrām. Programma „Groundwater Vistas” tiek regulāri modernizēta. tā ietver plašu specializēto programmu klāstu (MODFLOW, MODPATH, MT3D, u.c.), kuras izmanto Eiropā un pasaulē. Arī Latvijā galvenokārt izmanto šo programmatūru. Ja modelis darbojas „Groundwater Vistas” vidē, tad tā rezultāti ir pieejami publiskai izmantošanai, ir nodrošināta savietojamība ar citu valstu hidroģeoloģiskajiem modeļiem.

Modeļa veidošanai un kalibrēšanai izmantosim inovatīvu metodiku: zemes virsmas augstumu karte kalpo kā robežnoteikums; aerācijas zona ir formāls sprostslnāis; neizmanto modeļa reālo ģeometriju modeļa veidošanas sākuma posmā u.c. Lai arī šīs metodes jau izmantotas reģionālu modeļu būvei [7, 16, 17], tomēr tās nepieciešams uzlabot, jo Latvijas reģionālais HM ir ārkārtīgi komplicēts. Kopsavilkums par modeļa īstenošanai izmantotajām metodēm dots rakstā [35].

Modelis ietver tā aktīvo un pasīvo daļu (3. att.). Aktīvā daļa ir Latvijas sauszemes teritorija un Rīgas jūras līča dienvidu daļas, kura bija iekļauta modelī REMO. Aktīvo daļu apjož 4km plata buferzona. Pasīvajā modeļa daļā ietilpst Latvijas kaimiņvalstu teritorijas. Ja būs nepieciešamība īstenot starprobežu projektus, tad attiecīgās kaimiņvalsts modeļa daļu varēs aktivizēt, izmantojot šīs valsts sagatavotos hidroģeoloģiskos datus.



3. att. Modeļa aktīvā un pasīvā daļas

#### IV. DIGITĀLĀ RELJEFA KARTE

Viens no svarīgākajiem darbiem ir Latvijas digitālā reljefa kartes izveidošana (mērogs 1:200000) modelēšanas nolūkiem. Nevienā no eksistējošām Latvijas reljefa digitālajām kartēm nav apmierinoši iestrādāts hidrogrāfiskais tīkls (upes, ezeri, jūra). Tāpēc papildus jānosaka upju un to pieteku garenprofili, ezeru līmeņi un to krastu līniju kontūri u.c. Ar specializēto programmatūru līdzekļiem [31, 32] reljefa kartē jārealizē

salāgots hidrogrāfiskais tīkls, jālabo eksistējošās reljefa kartes iespējamās kļūdas.

Latvijā ir 12000 upes un 5175 ezeri. HM iekļautas 165 nozīmīgākās upes un 65 ezeri, kuri veido tā hidrogrāfisko tīklu. Izstrādāta un īstenota oriģināla metodika upju garenprofilu iegūšanai no Latvijas ģeotelpiskās informācijas aģentūras (LĢIA) sagatavotajiem ģeogrāfisko un reljefa karšu datiem [36, 37]. Veikta LĢIA zemes virsmas augstumu datu izlabošana kartes variantam, kurā augstumi doti izolīniju un punktu formā. Koriģētajā kartē iestrādāti HM izmantotā hidrogrāfiskā tīkla elementi (4. att.).

Digitālajai reljefa kartei un hidrogrāfiskajam tīklam ir izšķiroša loma sekmīgai HM īstenošanai.

#### V. MODEĻA ĪSTENOŠANAS ETAPI UN METODIKA

Latvijas reģionālā HM izveidošanā tiek realizētas šādas galvenās darbības:

- modeļa būvei nepieciešamo sākuma datu kopuma izveidošana;
- sākuma datu kopuma izmantošana modeļa būvei vajadzīgā digitālo karšu komplekta radīšanai;
- hidroģeoloģiskā modeļa izveide un tā kalibrēšana;
- inovatīvas metodoloģijas izmantošana modeļa izveidei un kalibrēšanai.

##### A. Sākuma datu kopuma izveidošana

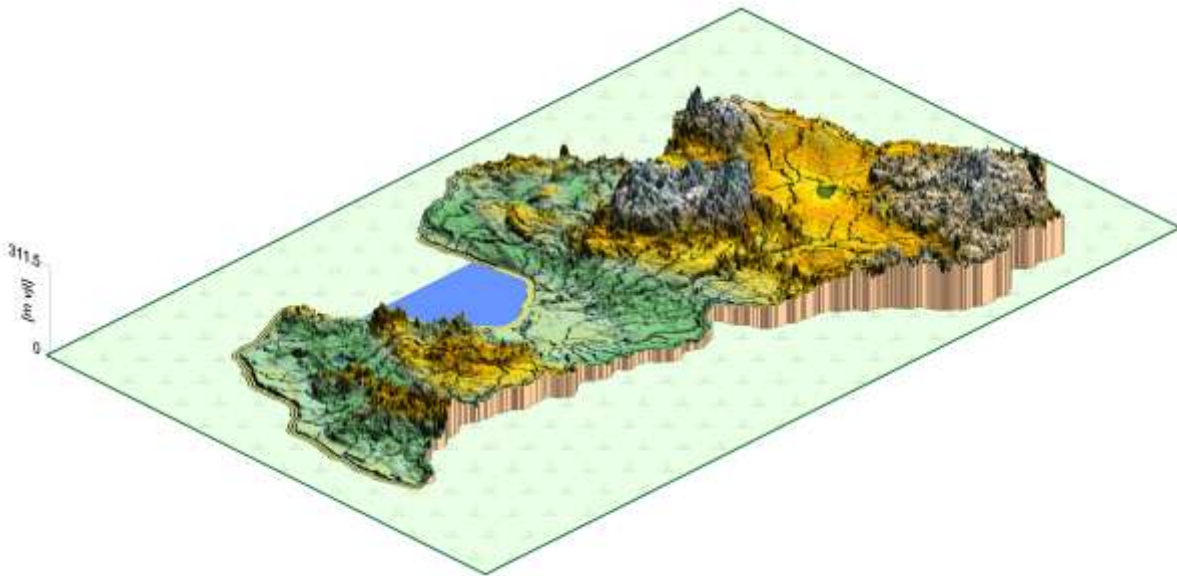
Modeļa sākuma datu kopumu veido šādi dati:

- ģeoloģisko urbumu informācija par slāņu stratigrāfiju, to filtrācijas īpašībām, slāņu pjezometriskajiem līmeņiem urbuma izveidošanas laikā;
- Valsts ģeoloģijas fonda arhīva materiāli: pārskati, kartes, grāmatas;
- dati par Latvijas ūdensgūtvju un minerālu ieguves karjeru ūdens patēriņu;
- ūdensgūtvju (īpaši lielo) urbumu izvietojums un ražība;
- informācija, kuru sniedz monitoringa urbumi pazemes ūdens pjezometrisko līmeņu regulārai mērīšanai;
- ģeogrāfiskās kartes papīra un digitālajā formās, kuras dod informāciju par zemes virsmas reljefu un hidrogrāfisko tīklu.

Visticamāko informāciju dod ģeogrāfiskās kartes. Ģeoloģisko urbumu informācija saistīta ar lielu nenoteiktību, jo urbumu izvietojums ir neregulārs, to dziļumi atšķiras, dati nav verificēti un satur būtiskas kļūdas (nepareiza piesaiste zemes virsmai, kļūdainas plaknes koordinātes, nav uzrādīti visi ģeoloģiskie slāņi u.c.).

Minētās kļūdas var atklāt un dažreiz novērst tikai HM veidošanas procesā. Urbumu informācijas nepilnības var daļēji novērst izpētot ģeoloģisko datu arhīvu materiālus, kuros speciālisti snieguši hidroģeoloģiskās situācijas analīzi. Taču arī arhīva materiāli ne vienmēr ir kvalitatīvi. Informācija par ģeoloģisko slāņu filtrācijas īpašībām ir ļoti nepilnīga pat ūdens horizontiem. Sprostslāņu filtrācijas īpašības praktiski nav mērītas un tās ir jāatrod modeļi kalibrējot.

Latvijas teritorijā ģeoloģiskajai videi ir ļoti sarežģīta uzbūve (ģeoloģiskie slāņi nav nepārtraukti, to ģeoloģiskās robežas ir komplicētas, plašās robežās mainās slāņu biežums). Ne vienmēr, pat reģionālā mērogā, informācija par slāņu ģeoloģisko robežu novietojumu ir precīza.



4. att. Digitālā reljefa izometriskais attēls ar iestrādātu hidrogrāfisko tīklu

#### B. digitālo karšu komplekta radīšana

Koriģētais modeļa sākuma datu kopums sastāv no punktveida un līniju tipa informācijas nesējiem. Ar datu interpolācijas programmatūru palīdzību [31, 32] no šiem datiem jāiegūst digitālas kartes, kuras nepieciešamas modelēšanas programmas darbam:

- ģeoloģisko slāņu virsmu kartes;
- ģeoloģisko slāņu filtrācijas koeficientu kartes;
- pjezometrisko līmeņu kartes pirmā veida robežnoteikumiem;
- ūdensgūtvju debītu sadalījumu karte, kā otrā veida robežnoteikums;
- kartes modeļa kalibrēšanas mērķiem.

Vislielākā darbietilpība ir ģeoloģisko slāņu virsmu sagatavošanai. Šeit RTU lieto GDI programmu [32], kura galvenokārt izmanto līnijas tipa datu avotus.

#### C. Hidroģeoloģiskā modeļa izveide un tā kalibrēšana

Pēc tam, kad modelējošajā sistēmā [30] ir ievadītas visas vajadzīgās digitālās kartes, modelis sāk funkcionēt. Ar kalibrēšanas procedūrām ir jāpanāk modeļa rezultātu atbilstība šādiem kritērijiem:

- pjezometriskie līmeņi modeļa telpiskā režģa mezglos atbilst līmeņiem monitoringa urbumos;
- infiltrācijas plūsmas sadalījums atbilst dabā novērotajam;
- pazemes ūdeņu pieteces hidrogrāfiskajā tīklā atbilst modelētajām pietecēm;
- rezultāti nav pretrunā ar jau akceptētajiem uzskatiem par Latvijas hidroģeoloģisko vidi.

Parasti modeļa kalibrēšanai ir iteratīvs raksturs, jo bieži kalibrēšanas procesā tiek atklātas kļūdas sākuma datu kopumā, kuras ietekmē kādu no modeļa datu digitālajām kartēm.

#### D. Inovatīvas metodoloģijas izmantošana modeļa būvei un kalibrēšanai

Metodoloģijai raksturīgi šādi galvenie inovatīvi elementi:

- infiltrācijas plūsmu sadalījumu modeļa aerācijas zonā automātiski atrod pats modelis; tas izskaidrojams ar to, ka kā robežnoteikums modeļa pirmajā plaknē tiek izmantota zemes virsmas augstumu karte ar tajā iestrādāto hidrogrāfisko tīklu;
- nav obligāta ģeoloģisko slāņu digitālo virsmas karšu iegūšana modeļa būves uzsākšanai.

Ar speciālu filtrācijas karšu korekciju tiek ņemts vērā, ka ģeoloģisko slāņu efektīvais biežums var būt mazāks par slāņu ģeometrisko biežumu dažādu nehomogēnu ieslēgumu dēļ.

Pateicoties inovatīvajai metodoloģijai, jūtami vienkāršojas modeļa izveidošanas process un kalibrēšana. Arī iegūtajiem rezultātiem ir būtiski mazāka nenoteiktība, nekā variantiem, kuros izmantotas tradicionālās metodikas. Īstenotais HM būs publiski pieejams kā LVĢMC uzturētās Latvijas vienotās vides informācijas sistēmas daļa.

## VI. MODEĻA IZMANTOŠANA

Izveidoto Latvijas reģionālo hidroģeoloģisko modeli izmantos pazemes ūdens resursu apsaimniekošanai un vides atveseļošanas pasākumu novērtēšanai. Modelis Latvijas vienotajā vides informācijas sistēmā veidos pamatu iedaļai par pazemes ūdeņu resursiem. Modelis dos datus lokālu modeļu veidošanai, kurus izmanto ūdensgūtvju pieļaujamās ražības noteikšanai, sāļo ūdeņu intrūziju modelēšanai gan no jūras gan arī no dziļākajiem horizontiem caur tektonisko lūzumu zonām, ķīmiskās aizsargjoslas kontūra un laukuma aprēķiniem, piesārņošanas riska noteikšanai, minerālu ieguves karjeru, dziļu būvbedru un citu objektu ietekmes uz vidi novērtēšanai.

Arī piesārņojuma apjoma, to kustības dinamikas un sanācības pasākumu plānošanai šobrīd obligāti izmanto hidroģeoloģiskos modeļus. Reģionāla rakstura modeļa dati tiek tieši izmantoti ūdens plūsmu balansa novērtējumam, īpaši robežzonās ar kaimiņvalstīm un Baltijas jūru.

Šī raksta sagatavošanai izmantoti materiāli, kuri raksturo Eiropas Reģionālā Attīstības fonda līdzfinansētā projekta „Hidroģeoloģiskā modeļa izveidošana Latvijas pazemes ūdens krājumu apsaimniekošanai un vides atvēršanai” (Nr. 2010/0220/2DP/2.1.1.1.0/10APIA/VIAA/011- vienošanās numurs) īstenošanas lietderību un īpatnības.

#### LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Eiropas Padomes direktīva 98/83/EK (1998. gada 3. novembris) par dzeramā ūdens kvalitāti
- [2] Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2000/60/EK (2000. gada 23. oktobris) ar ko izveido sistēmu Kopienas rīcībai ūdens resursu politikas jomā (Ūdens struktūrdirektīva)
- [3] Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2006/118/EK (2006. gada 12. decembris) par gruntsūdeņu aizsardzību pret piesārņojumu un pasliktināšanos
- [4] Latvijas ūdens apsaimniekošanas likums (spēkā esošs no 16.10.2002.)
- [5] Ministru kabineta noteikumi Nr. 42 (2009.01.13.). Noteikumi par pazemes ūdens resursu apzināšanas kārtību un kvalitātes kritērijiem
- [6] Ministru kabineta noteikumi Nr. 448 (2009.01.07.). Par valsts aģentūras „Latvijas Vides, Ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra” un „Bīstamo atkritumu pārvaldības valsts aģentūra” likvidāciju un valsts sabiedrības ar ierobežotu atbildību „Latvijas Vides, Ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs” dibināšanu
- [7] Spalviņš, A., Janbickis, R., Šlangens, J., Gosk, E., Lāce, I., Atrušķievičs, J., Viksne, Z., Levina, N., Tolstovs, J. (1996). Hidroģeoloģiskais modelis „Lielā Rīga”. Karšu atlants. Skaitļošanas tehnika un robežproblēmas. 37. laidziens. RTU, VĢD, GEUS, Rīga-Kopenhāgena, 102 lpp.
- [8] Latvijas Vides, Ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra, (2005). Upju baseinu apgabalu raksturojums, antropogēno slodžu uz pazemes un virszemes ūdeņiem vērtējums, ekonomiskā analīze. Latvijas Republikas Vides ministrija, 155 lpp.
- [9] Levins, I., Levina, N., Gavēna, I., (1998). Latvijas pazemes ūdeņu resursi. Valsts ģeoloģijas dienests, Rīga, 24 lpp.
- [10] Semjonovs, I. (1995). Piesārņošanas un pašattīršanās procesi pazemes ūdeņos Latvijā. Zinātne, Rīga, 121 lpp.
- [11] Dēliņa, A., Prols, J. (1998). Latvijas pazemes ūdeņu aizsargātības karte. Karte un paskaidrojuma raksts. SIA Geo Consultants, Rīga, 34 lpp.
- [12] Levins, I. (1999). Nacionālā plānojuma sadaļas „Pazemes ūdeņu bilance un kvalitāte” II etaps (Latvijas dzeramo pazemes ūdeņu karte. Pazemes ūdeņu aizsargātības karte). Valsts ģeoloģijas dienests, Rīga, 30 lpp., 2 kartes
- [13] Spalvins, A., Gosk, E., Griekvičs, E., Tolstov, J. (Editors). (1996). Modelling new well fields for providing Riga with drinking water. - Riga-Copenhagen, 1996. - 40 p. (Boundary Field Problems and Computers; 38-th issue).
- [14] Spalvins, A., Slangens, J., Janbickis, R., Lāce, I. (2008). Hydrogeological model of the Balzers, Rembergi and Zakumuiza water supply complex, Latvia / International Interdisciplinary Conference on Predictions for Hydrology, Ecology and Water Resources Management: Using Data and Models to Benefit Society” HydroPredict’2008, 15-18 September 2008, Prague, Czech Republic, 9 Pages CD
- [15] Spalvins, A., Slangens, J., Lāce, I., Krauklis, K. (2009) Hydrogeological model of water supply system for the prospective factory of Coca-Cola company, Latvia // Scientific Journal of Riga Technical University in series "Computer Science". Boundary Field Problems and Computer Simulation, vol. 5, 41. (51) –th issue. Riga: RTU, 2009, pp. 21-28. (ISSN 1407-7493)
- [16] Spalvins, A., Slangens, J., Lāce, I., Stuopis, A., Domasevicius, A. (2009). Creating of regional hydrogeological model for south-east of Lithuania // Scientific Proc. of Riga Technical University in series "Computer Science". Boundary Field Problems and Computer Simulation, vol. 5, 41. (51) –th issue. Riga: RTU, 2009, pp. 13-20. (ISSN 1407-7493)
- [17] Spalvins, A., Slangens, J., Janbickis, R., Lāce, I., Loukiantchikova, L., Gosk, E., (2001). The Noginsk District (Russia) Case as an Illustration of Novel Simulation Technologies Developed for Creating Hydrogeological Models // Proceedings of the 10th International Conference on System-Modelling-Control, Zakopane, Poland, May 21-25, 2001. - Lodz, 2001. - Vol.2. - P.225-230
- [18] Spalvins Aivars, Janis Slangens, Romans Janbickis and Inta Lāce. (2005). Preventing Seawater Intrusion into a Well Field of Liepaja / Proceedings of the 6th International Conference on Environmental Engineering, Edited by D.Cygus, K.D. Froehner. - May 26-27, 2005, Vilnius, Lithuania Vilnius: Vilnius Gediminas Technical University, 2005, vol.1 - p.478-483, ISBN 9986-05-850
- [19] Spalvins, A. (1998). Mass Transport Modelling in Groundwater Studies. Achievements of Latvian Scientists / F.Fonnum, B.A.Paukstys, B.A.Zeeb and K.J.Reimer(eds.), Environmental Contamination and Remediation Practices at Former and Present Military Bases.- NATO Science Series 2: Environmental Security - Vol.48, - Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands, 1998 - P.123-142, ISBN 0-7923-5247-5 HB; ISBN 0-7923-5248-3 PH
- [20] Spalvins, A., Slangens, J., Janbickis, R., Lāce, I., Marcionis, A. and Stuopis, A. (2000). Modelling of Groundwater Flow Dynamics and Contamination Transport Processes at the Vilnius Oil Storage area / Proceedings of the TraM2000 Conference on "Tracers and Modelling in Hydrogeology". - 23-26 May 2000, Liege, Belgium, - IAHS Publ. no 262, 2000, p.97-102
- [21] Aivars Spalvins, Ivans Semjonovs, Edmund Gosk, Janis Gobins and Olgerts Aleksans. (1999). Development of a Mathematical Model for Contamination Migration in the Area of the Sulphur-Tar Sludge Waste Pools in Incukalns, Latvia / Proceedings of XXIX International Association of Hydrogeologists Congress on "Hydrogeology and Land Use Management". - 6-10 September 1999, Bratislava, Slovak Republic, 1999 - p.253-258
- [22] Aivars Spalvins, Janis Slangens, Romans Janbickis, Inta Lāce, (2008). Insufficient initial data as a cause for building untrue model of TCE – contaminated Bernau place, Germany / 7th International Conference Environmental Engineering, May 22-23, 2008, Vilnius, Lithuania, Vilnius Gediminas Technical University Press "Tehnika", vol (2), p.335-341.
- [23] Spalvins, A., Slangens, J. & Lāce, I. (2009). Modelling of remedy process for the hazardous liquid waste deposit area at the Jelgava town, Latvia / Proceedings of HydroEco 2009 2<sup>nd</sup> international Multidisciplinary Conference on Hydrology and Ecology 20-23 April 2009 Vienna Austria 10 pages CD
- [24] Spalvins, A., Slangens, J., Lāce, I. (2008). Modelling of groundwater regime changes that may be caused by building of transportation tunnel in Riga, / Scientific Proc. of Riga Technical University in series "Computer Science". Boundary Field Problems and Computer Simulation, vol. 5, 37. (50) –th issue. Riga: RTU, 2008, pp. 7-17. (ISSN 1407-7493)
- [25] Motz, L. H., Gan, A. (2002). Calibration of the north-central Florida steady – state groundwater flow model / ModelCARE 2002, Proceedings of the 4th International Conference on Calibration and reliability in groundwater modelling, Prague, Czech Republic, 17-20 June 2002, vol. 1, p. 253-256
- [26] Farrell, R., Whiteman, M., Gijssbers, P. (2007). Credibility in groundwater modelling; a national groundwater modelling system for England & Wales, / ModelCARE2007, Sixth International Conference on Calibration and Reliability in Groundwater Modelling: Credibility in Modelling, 9-13 September 2007, Pre-published Proceedings, Vol. 1, Copenhagen, Denmark, p. 166-171
- [27] Snepvangers, J., Minnema, B., Berendrecht, W., Vermeulen, P., Lourens, A., Van Der Linden, W., Duijn, M., Van Bakel, J., Zaanordijk, W.-J., Boerefijn, M., Meeuwissen, M., Lagendijk, (2007). V. MIPWA: Water managers develop their own high resolution groundwater model tools. / ModelCARE2007, Sixth International Conference on Calibration and Reliability in Groundwater Modelling: Credibility in Modelling, 9-13 September 2007, Pre-published Proceedings, Vol. 1, Copenhagen, Denmark, p. 178-183
- [28] Muller-Wohlfeil, D.-I., Mielby, S., (2007). Modelling to support the assessment of interlinkages between groundwater and surface water in the context of the EU Water framework directive / ModelCARE2007, Sixth International Conference on Calibration and Reliability in

- Groundwater Modelling; Credibility in Modelling, 9-13 September 2007, Pre-published Proceedings, Vol. 1, Copenhagen, Denmark, p. 211-217
- [29] Sykes, E.A., Sykes, J.F., Sudicky, E.A., Frapre, S.K., (2007). Modelling in support of a proposed Deep Geologic Repository in Canada for low and intermediate level radioactive waste / *ModelCARE2007, Sixth International Conference on Calibration and Reliability in Groundwater Modelling; Credibility in Modelling*, 9-13 September 2007, Pre-published Proceedings, Vol. 2, Copenhagen, Denmark, p. 644-649
- [30] Groundwater Vistas. Version 5, (2007). Guide to using. Environmental Simulations, Inc.
- [31] Surfer-9 for Windows, (2009). Users Manual. Golden Software Inc.
- [32] Spalvins, A., Slangens, J. (2007). Reliable data interpolation method for a hydrogeological model conductivity matrix / *Sixth International Conference on "Calibration and Reliability in Groundwater Modeling. Credibility in Modelling."* Vol.2, 9-13 September 2007, Copenhagen, Denmark, pages 137-142
- [33] Spalvins, A., Slangens, J., Krauklis, K., (2007). Updating of geological data interpolation programs / *Scientific Proceedings of Riga Technical University in series "Computer Science", Boundary Field Problems and Computer Simulation*, 49th issue (ISBN 1407 - 7493).vol.33, - Riga, 2007, P.118-129
- [34] Spalvins, A., Slangens, J., Janbickis, R. and Lace, I. (2004). Interpolation for Creating Hydrogeological Models / *Technological Choices for Sustainability*, Subhas K. Sikdar, Peter Glavic, Ravi Jain (Editors). Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2004 - p.387-394. (ISBN 3-540-21131-4)
- [35] Spalvins, A., Slangens, J., Krauklis, K., Lace, I. (2011) Methods and tools to be applied for creating of regional hydrogeological model of Latvia In: *25<sup>th</sup> European Conference on Modelling and Simulation, June 7-10, 2011, Krakow, Poland, p. 132-141, (ISBN: 978-0-9564944-2-9)*
- [36] Slangens, J., Krauklis, K., Eglite, I. (2010). Incorporation of the Hydrographical Network into the Digital Map of the Ground Relief // *Scientific Journal of Riga Technical University in series "Computer Science". Boundary Field Problems and Computer Simulation*, vol. 5, 45. (52) –th issue. Riga: RTU, 2010, p. 45-53 (ISSN 1407-7493)
- [37] Slangens, J., Krauklis, K., Eglite, I., Skibelis, V., Macans, A. (2010). Matching of the ESRI Shapefile Format with the GDI Software // *Scientific Journal of Riga Technical University in series "Computer Science". Boundary Field Problems and Computer Simulation*, vol. 5, 45. (52) –th issue. Riga: RTU, 2010, p. 54-60 (ISSN 1407-7493)



**Aivars Spalvins** was born in 1940, Latvia. In 1963, he graduated the Riga Polytechnic institute (since 1990, the Riga Technical University) as computer science engineer. In 1967, A. Spalvins received degree of science candidate.

A. Spalvins has been with the university since 1958 (as a student) until now. His present scientific interests are computer modeling of groundwater flows and migration of contaminants. He is author of about 300 scientific papers. His present position is the Director of Environment Modelling centre of the Riga Technical University.

He is a member of the International Association of Hydrogeologists.

Address: 1/4 Meza str., Riga, LV-1007, Latvia

RTU Environment Modelling Centre

Phone: +371 67089511

E-mail: [emc@cs.rtu.lv](mailto:emc@cs.rtu.lv)

**Uldis Nulle**, graduated in 1997 from the University of Latvia, as Master of geological sciences. During the studies and until now, he has dealt with geology, hydrogeology, mineral resources and subsoil processes. From 1991, various field work, laboratory and analytical research were issued, together with specialists from the University of Latvia, its Department of Geology and Geological Institute.

U. Nulle was with the former State Geological Survey of Latvia from 1997, as the Core Storage and Geological Fund manager. In 2004, he completed his work in the Survey as its Deputy Director. During this time, his main activity was preparation of geological and hydrogeological information for national, EU, and private needs. From 1998, an indispensable part of this preparation was advanced technological solutions (i.e. GIS, Modelling). U. Nulle participated in development of various information systems, in composing planning documents and in monitoring of their approbation and implementation processes. During 2002-2005, U. Nulle was taking active part in implementation principles of the EU Water Framework Directives in Latvia. At the present, he is Geologist of the Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre.

Address: Maskavas Street 165, Riga, LV-1019, Latvia

"Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre"

Phone: +371 26425308

E-mail: [Uldis.Nulle@lvgmc.lv](mailto:Uldis.Nulle@lvgmc.lv)

#### **Aivars Spalvins, Uldis Nulle. Hydrogeological model for management and recovery of groundwater resources of Latvia**

The countries of the world and of the European Union are developing hydrogeological models (HM) where, by means of computer modeling, the information necessary for the groundwater management is obtained. In 1996, the Riga Technical University (RTU), upon assignment of the former Latvian Geological Service, established regional HM REMO for the central part of Latvia. This project was the first attempt to create a computer based tool for management of groundwater resources for the most urbanized part of Latvia. REMO does not match demands of modern management, as the model includes only a part of Latvia and its plane approximation step 4000 meters is too large. In 2010, RTU started the project of HM that covers the 475km×300km area which includes the whole territory of Latvia and border areas of neighboring countries. The project is co financed by the European Fund of Regional Development. HM account for 25 geological layers and its plane approximation step is 500 meters. HM will be established, during 2010-2012, as the element of the Latvian Shared Environmental Information System. It is supported by the Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre (LEGMC). HM comprises geological and hydrogeological information provided by the centre.

For the current HM version, only Latvia and the Gulf of Riga constitute the HM active area, as for the present, no cross border modeling projects exist. However, HM is open for such projects, if a neighboring country provides data for activating the HM area of interest.

To ensure compatibility with models of other countries, the commercial program Groundwater Vistas (GV) is used for running HM. This program is being regularly updated. It contains software tools applied for groundwater modelling worldwide.

For the establishment and calibration of HM, innovative methods are used: the map of the ground surface elevations (digital relief) serves as a boundary condition; the aeration zone is a formal aquitard; the actual geometry of HM may not be used in the initial phase of the model establishment.

One of the most important steps is the creation of the digital relief map of Latvia for proposes of modeling. Unfortunately, the available maps contain errors that must be eliminated. None of existing digital relief maps incorporates satisfactory the hydrographical network (rivers, lakes, sea). It is necessary to find long line profiles of rivers, levels of lakes and contours of their shorelines, as elements of the network. By means of specialized software, these network elements are incorporated into the existing digital relief maps of Latvia where the detected errors have been excluded.

The model data will be used for regional evaluation of the groundwater flow distributions, especially, in areas bordering the neighboring countries and the Baltic Sea.

HM of Latvia will provide data for establishment of local models that are used for determination of the permissible productivity of groundwater sources, for modeling contaminant migration and for evaluating effectiveness of measures used for restoration of groundwater resources.

It is expected that, in future, HM of Latvia will be supported and developed in close cooperation between RTU and LEGMC.

This publication was presented at the 3rd World Congress of Latvian Scientists, Riga, 25 October, 2011

#### **Айварс Спалвиньш, Улдис Нуллэ. Гидрогеологическая модель Латвии для управления ресурсами подземной воды и их восстановлением**

Страны мира и Европейского союза создают гидрогеологические модели (ГМ), которые путем компьютерного моделирования, обеспечивают информацией, необходимой для управления ресурсами подземной воды. В 1996 г., Рижский технический университет (РТУ), совместно с бывшей геологической службой Латвии, создали региональную ГМ REMO для центральной части Латвии. Этот проект был первой попыткой создания

компьютерной модели для наиболее урбанизированной части страны. Однако REMO не удовлетворяет современным требованиям: не охвачена вся территория Латвии, шаг аппроксимации на плоскости 4000 метров слишком велик. В 2010. г. РТУ приступил к созданию ГМ, которая покрывает площадь 475km×300km и включает территорию Латвии и пограничные области соседних государств. Этот проект частично финансируется Фондом Регионального Развития Европы.

ГМ включает 25 геологических горизонтов, шаг аппроксимации на плоскости равен 500 метрам. ГМ будет создана с 2010 г. до 2012 г. как элемент информационной системы среды Латвии. Эта система поддерживается центром окружающей среды, геологии и метеорологии Латвии (ЦОГМЛ). ГМ содержит информацию, которая получена от этого центра. Для существующей версии ГМ ее активная часть содержит только территорию Латвии и Рижский залив, так как в настоящее время нет проектов моделирования с соседними странами. Однако ГМ открыта для таких проектов, если соседняя страна обеспечивает данные для активизации соответствующей части ГМ. Для обеспечения совместимости с моделями других стран, коммерческая программа Groundwater Vistas (GV) использована как среда для работы ГМ. Эта программа постоянно обновляется и включает программы, которые широко применяются для моделирования процессов подземной воды.

Для создания ГМ применяются новые методы: карта цифрового рельефа используется как граничное условие; зона аэрации служит формальным водоупором; в начальном этапе создания ГМ можно не использовать настоящую геометрию геологической среды.

Очень важной задачей является получение карты цифрового рельефа страны для целей моделирования. Существующие карты содержат немало ошибок, которые необходимо исправлять. Ни одна из существующих цифровых карт не учитывает удовлетворительно элементы гидрографической сети (реки, озера, море). Необходимо получить такие характеристики сети, как профили рек, уровни озер и координаты их береговых линий. С помощью специальных программных средств эти элементы гидрографической сети внедряются в цифровые карты, из которых предварительно удалены замеченные ошибки.

Информация модели будет использована для региональной оценки распределения потоков подземной воды, особенно для пограничных областей и берегов Балтийского моря.

ГМ Латвии обеспечит данные для создания локальных моделей, которые применяются для расчета режимов водозаборов, моделирования миграции загрязнений и оценки эффективности мер по санации подземных вод.

Дальнейшее развитие ГМ Латвии будет обеспечено совместными усилиями РТУ и ЦОГМЛ.

Этот материал был представлен на III Всемирном конгрессе латвийских ученых, Рига, 25 октября 2011 года.