

**Inga RETIĶE, Baiba RAGA, Alise BABRE**  
**Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte**  
**Latvija**

## **PAZEMES ŪDEŅU ĶĪMISKĀ SASTĀVA MAINĪBA KVARTĀRA NOGULUMOS**

### **Abstract**

Quaternary groundwater is still used as a drinking water supply in many rural areas of Latvia, but the use is limited by chemical and physical properties of water. The chemical composition of unconfined groundwater is influenced by all the processes that take part during their formation, and water feeding conditions, which depend on site lithology, have a great importance. In this study Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre well databases and data of „Agricultural Influence on Groundwater in Latvia” project on shallow groundwater composition are used. Quaternary groundwater chemical composition maps of Latvia was carried out by using software „HifiGeo”, and „Piper” charts that represent the major ion ratios was carried out by using software „R”. Work supported by ESF project „Establishment of interdisciplinary scientist group and modeling system for Groundwater research” (Project Nr. 2009/0212/1DP/1.1.1.2.0/APIA/VIAA/060).

**Atslēgas vārdi:** Kvartāra nogulumu, pazemes ūdeņi, ķīmiskais sastāvs, Paipera diagramma

### **Ievads**

Kvartārsegas pazemes ūdeņu galvenais barošanās avots ir atmosfēras nokrišņi, tomēr to sastāvu ietekmē visi procesi, kas norisinās to veidošanās laikā (piemēram, nitrifikācijas procesi, adsorbēšana un absorbcija augsnē). Latvijas teritorijā kvartāra segas litoloģiskā uzbūve un biežums ir mainīgs, un dominējošie nogulumu ir morēna, dažāda rupjuma smilts, māls, aleirīts un kūdra. Šiem nogulumiem ir atšķirīgs mineroloģiskais sastāvs un filtrācijas īpašības, kas nosaka pazemes ūdeņu barošanās intensitāti un laiku, kāds tiek pavadīts ūdenim filtrējoties caur iežiem. Balstoties uz šiem un citiem faktoriem tiek izdalītas piecas kvartārsegas pazemes ūdeņu aizsargātības pakāpes (Dēliņa 2007), sākot ar glaciolimniskajiem māliem, kas nodrošina augstu pazemes ūdeņu aizsargātību, beidzot ar smilti, granti un oļiem, kuru kvalitāti var relatīvi viegli izmainīt jebkāda veida piesārņojums.

Pētījumā tika izmantoti kvartārsegas pazemes ūdeņu, ar filtra dziļumu līdz desmit metriem, dati no Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra datubāzes, kā arī Latvijas un Dānijas kopprojekta „Agricultural Influence on Groundwater in Latvia”, kas īstenots 2006.gadā.

### **Metodes un materiāli**

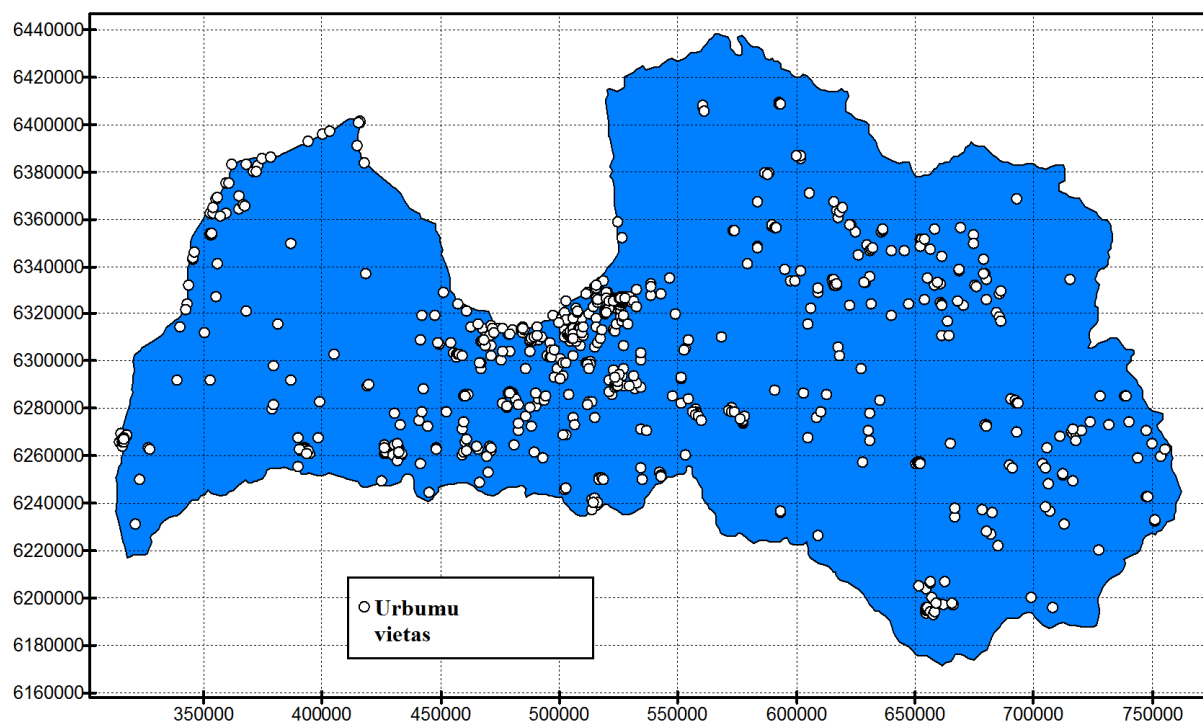
Lai pārlicinātos par datu kvalitāti, visiem datiem tika aprēķināts jonu bilances vienādojums, kurā anjonu ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) un katjonu ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) summai ir jābūt 100%. Par ticamiem tika pieņemti tie dati, kur jonu bilances vienādojuma summa bija  $100\% \pm 10\%$ , kas ietilpst metodes kļūdas noteikšanas robežās. Novirze, kas ir lielāka par 10% var būt saistīta ar kļūdainiem mērījumiem vai arī liecināt par kādu citu, vienādojumā neiekļautu jonu, paaugstinātām koncentrācijām paraugā (piemēram,  $\text{NO}_3^-$  ilgstoša

piesārņojuma gadījumā) (Kresic 2007). Aprēķinos netika iekļautas arī datu kopas kurās bija iztrūkstošas vērtības, kas neļauj aprēķināt jonu bilanci un spriest par šo datu kvalitāti.

Izmantojot datorprogrammu „R” tik izveidotas Paipera diagrammas, kas attēlo attiecību starp galvenajiem katjoniem un anjoniem, un ļauj noteikt pazemes ūdens tipu. MS Excel programmā tik aprēķināts determinācijas koeficients  $R^2$ , kas mainās intervālā  $0 \leq R^2 \leq 1$  un norāda uz salīdzināmo vērtību savstarpējo korelāciju. Kvartāra kartes tika veidotas programmā „HifiGeo” ar pieprasījuma palīdzību.

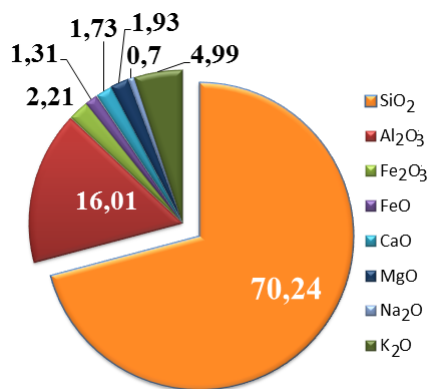
## Rezultāti un diskusija

Pētījumā tika izmantoti tikai tie dati par pazemes ūdeņiem, kas atrodas tādos kvartāra nogulumos kā morēna, smilts, smilts-grants un aleirīts (kas ir samērā plaši izplatīti nogulumu veidi Latvijas teritorijā), jo citu datu izmantošanu limitēja to nelielais apjoms. Kā redzams 1. attēlā, tad datu sadalījums, lai gan aptver visu Latvijas teritoriju, nav vienmērīgs. Lielākā daļa datu, kas ņemti no projekta „Agricultural Influence on Groundwater in Latvia” datubāzes, ir dati no urbumiem, kas ierīkoti smilšainos nogulumos, jo tajos ir vieglāk ierīkot urbumus, tiem ir ievērojami lielāka ūdens atdeve nekā mālu saturošiem nogulumiem, kā arī šādi ūdeņi ir vairāk pakļauti lauksaimnieciskās darbības ietekmei, kuras pētīšana ir bijusi projekta mērķis.



1.att. Urbumu atrašanās vietas (LVĢMC datubāze; Gosk et al. 2006).

Ja aplūko kvartāra ūdens horizonta vadojošo nogulumu ķīmisko sastāvu, tad vismazākā mineroloģiskā daudzveidība ir novērojama smilšainajiem nogulumiem, kur lielāko daļu (līdz pat 90%) veido SiO<sub>2</sub>, bet aptuveni pārējos 10% veido dzelzs oksīdi, organiskās vielas, karbonātisko iežu graudi (dolomīts, kalcīts), laukšpati (galvenokārt plagioklāzs) u.c. Savukārt morēnā SiO<sub>2</sub> saturs ir mazāks (60-70%) un lielāku īpatsvaru, no 30-40%, sastāda citi piejaukumi (2.attēls). (Danilāns 1973).

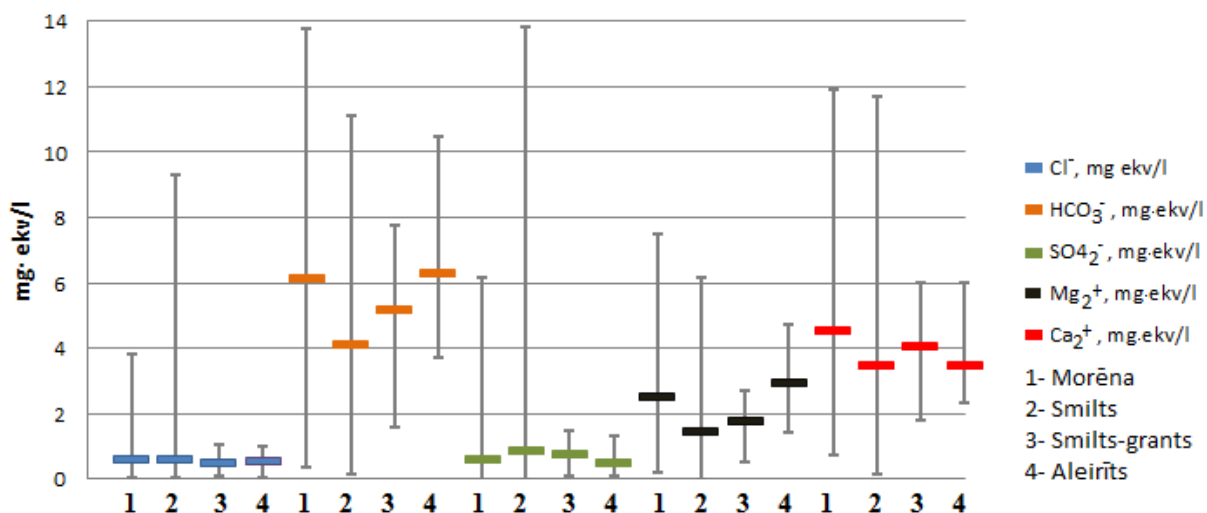


2.att. Vidējais morēnas nogulumu ķīmiskais satāvs, % (Danilāns 1973).

Hlorīdjonu vidējās vērtības (3. attēls) morēnā, smilts, smilts-grants un aleirīta nogulumos būtiski neatšķiras. Augstākā vērtība 0,6mg·ekv/l ir novērojama morēnas nogulumos, bet zemākā 0,5 mg·ekv/ smilts-grants nogulumos. Tomēr ievērojami atšķiras maksimālās vērtības, kur visaugstākā vērtība sastopama smiltī (9,3 mg·ekv/l), aiz kuras seko morēna (3,8 mg·ekv/l), bet aleirītā un smilts-grants nogulumos maksimālās vērtības ir tuvu 1 mg·ekv/. Hlorīdjonu galvenais avots pazemes ūdeņos ir atmosfēras nokrišņi. Augstākās koncentrācijas vistīcamāk ir saistītas ar antropogēnu piesārņojumu (piemēram, minerālmēslojums), ūdeņu sajaukšanos vai jūras ūdeņu intrūziju piekrastes reģionos (Jiang et.al. 2009). Smilts nogulumu aizsargātības pakāpe ir daudz zemāka nekā morēnai vai aleirītam, ko atspoguļo maksimālās vērtības. Tomēr smilts-grants nogulumos nav novērojamas paaugstinātas hlorīdjonu koncentrācijas, kam par iemeslu varētu būt nelielais datu apjoms.

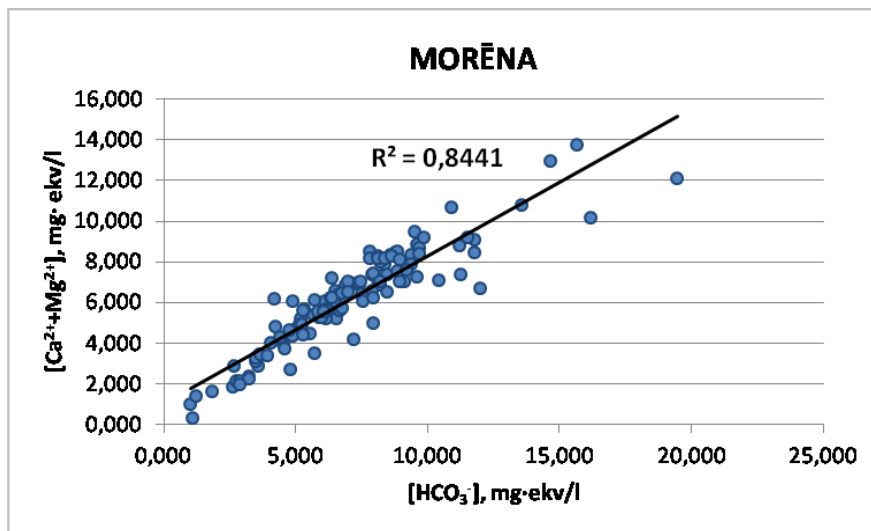
Sulfātjonu avots pazemes ūdeņos var būt atmosfēras nokrišņi, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> saturošie ieži (piemēram, ģipsis, anhidrīts), sulfīdu un sērūdeņraža oksidācija. Liela ietekme uz pazemes ūdeņos esošo sulfātjonu daudzumu ir antropogēni emitēto sēra savienojumu nokļūšanai ūdeņos (Kļaviņš un Cimdiņš 2004). Kā redzams 3. attēlā, tad līdzīgi kā Cl<sup>-</sup>, arī SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> koncentrācijas augstākas ir smilts nogulumos, attiecīgi lielākā makimālā vērtība ir 13,8 mg·ekv/l, aiz kuras seko morēnas nogulumi ar vērtību 6,2 mg·ekv/l. Smilts, smilts-grants, morēnas un aleirīta nogulumos videjās vērtības ir attiecīgi 0,88 mg·ekv/l, 0,78 mg·ekv/l, 0,60

mg·ekv/l un 47 mg·ekv/l, mg·ekv/l. Augstākās sulfātjonu vērtības morēnas nogulumos ir skaidrojams ar ģipšu šķīšanu, kas daudzviet Latvijā iekļāvumu veidā sastopami morēnā, bet augstākās vērtības smilts nogulumos ir saistītas ar vietas ģeoloģiskajiem apstākļiem vai atsevišķos gadījumos var būt antropogēnā piesārņojuma rezultāts.

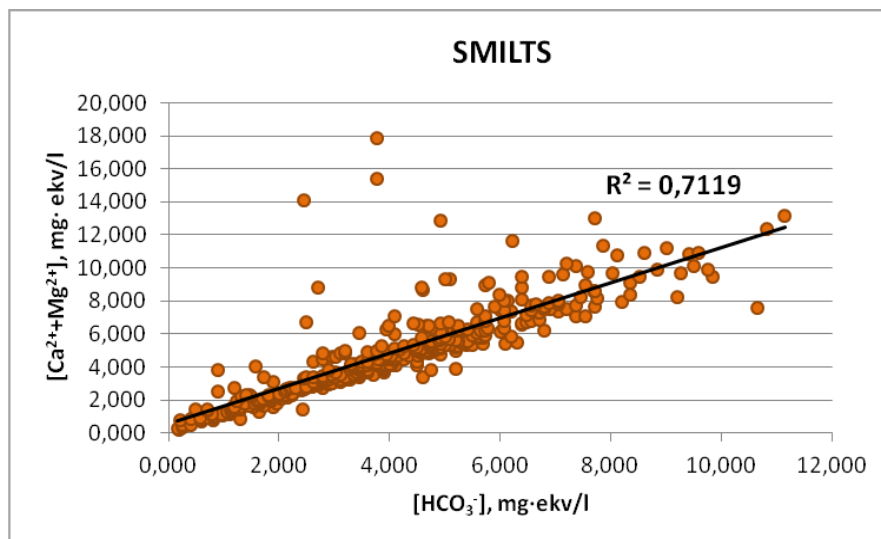


3.att. Hlorīdjonu, hidroģēnkaronātu, sulfātjonu, magnija un kalcija jonu vidējās vērtības morēnas, smilts, smilts-grants un aleirīta nogulumos (LVGMC datubāze; Gosk et al. 2006).

Latvijas virszemes un pazemes ūdeņos Ca<sup>2+</sup> un Mg<sup>2+</sup> ir vieni no dominējošajiem pateicoties plašajai magniju un kalciju saturošo iežu izplatībai (Kļaviņš et al 2002). Kalcija vidējās vērtības visos aplūkotajos nogulumu veidos ir robežās no 3,45 mg·ekv/l, kas sastopamas smilts un aleirīta nogulumos, līdz 4,51 mg·ekv/l- morēnā, ko galvenokārt nosaka karbonātiežu šķīšana (dolomīts, kalcīts). Augstākās maksimālās Ca<sup>2+</sup> vērtības ir morēnā (11,98 mg·ekv/l) un smilts nogulumos (11,72mg·ekv/l), bet daudz zemākas tās ir smilts-grants un aleirīta nogulumos (5,99 mg·ekv/l). Kā rāda 4. un 5. attēls, tad dolomītu dēdēšana ir galvenais Ca<sup>2+</sup> un Mg<sup>2+</sup> avots morēna un smiltīs. Tomēr determinācijas koeficienti, kas tika aprēķināti kalcija un magnija, kalcija un hidroģēnkaronātu jonu attiecībai liecina, ka smiltī būtisks Ca<sup>2+</sup> avots ir arī kalcīta šķīšanai. Būtiski kalcija jonu koncentrācijas var samazināties gruntsūdeņu sajaukšanās gadījumā ar sāļajiem ūdeņiem, kas bagāti ar nātrija joniem un aizvieto kalcija jonus (Guo et al. 2005). Magnija jonu daudzums pazemes ūdeņos ir zemāks nekā Ca<sup>2+</sup> daudzums. Maksimālā Mg<sup>2+</sup> vērtība lielākā ir morēnas nogulumos (7,5 mg·ekv/l) un smiltī (6,2 mg·ekv/l). Augstākā vidējā vērtība ir aleirītā un morēnā, attiecīgi 3 mg·ekv/l un 2,5 mg·ekv/l, ko nosaka nogulumu mineroloģiskais sastāvs.

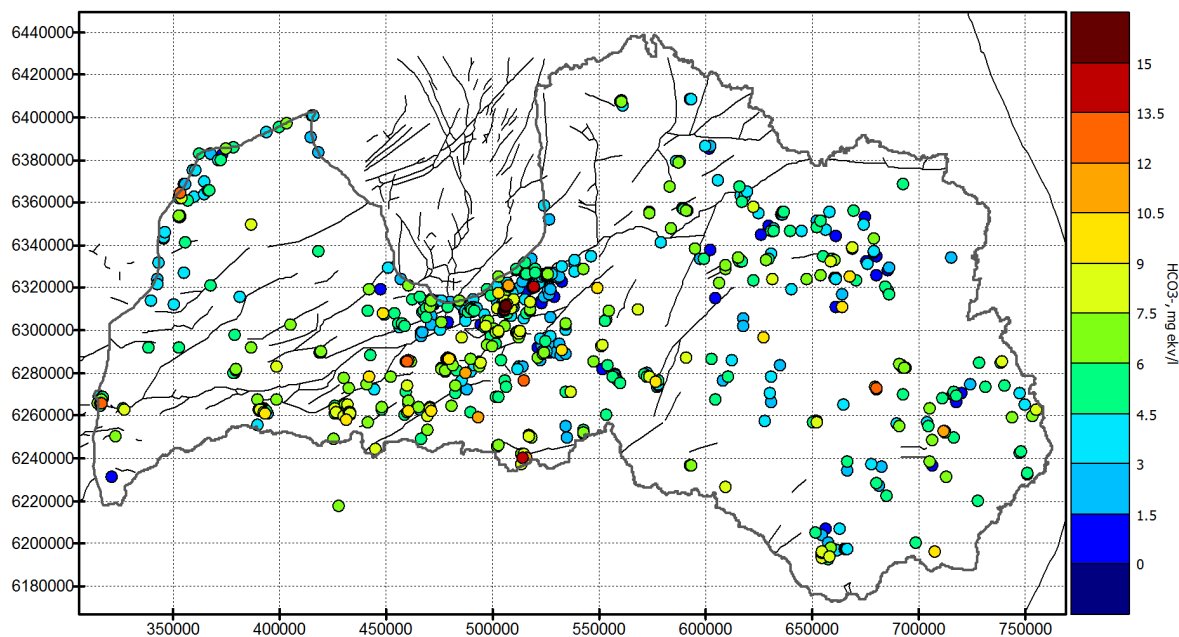


4.att. Kalcija un magnija jonu attiecība pret hidrogēnkarbonātajoniem morēnas nogulumos, korelācijas grafiks (LVĢMC datubāze; Gosk et al. 2006).



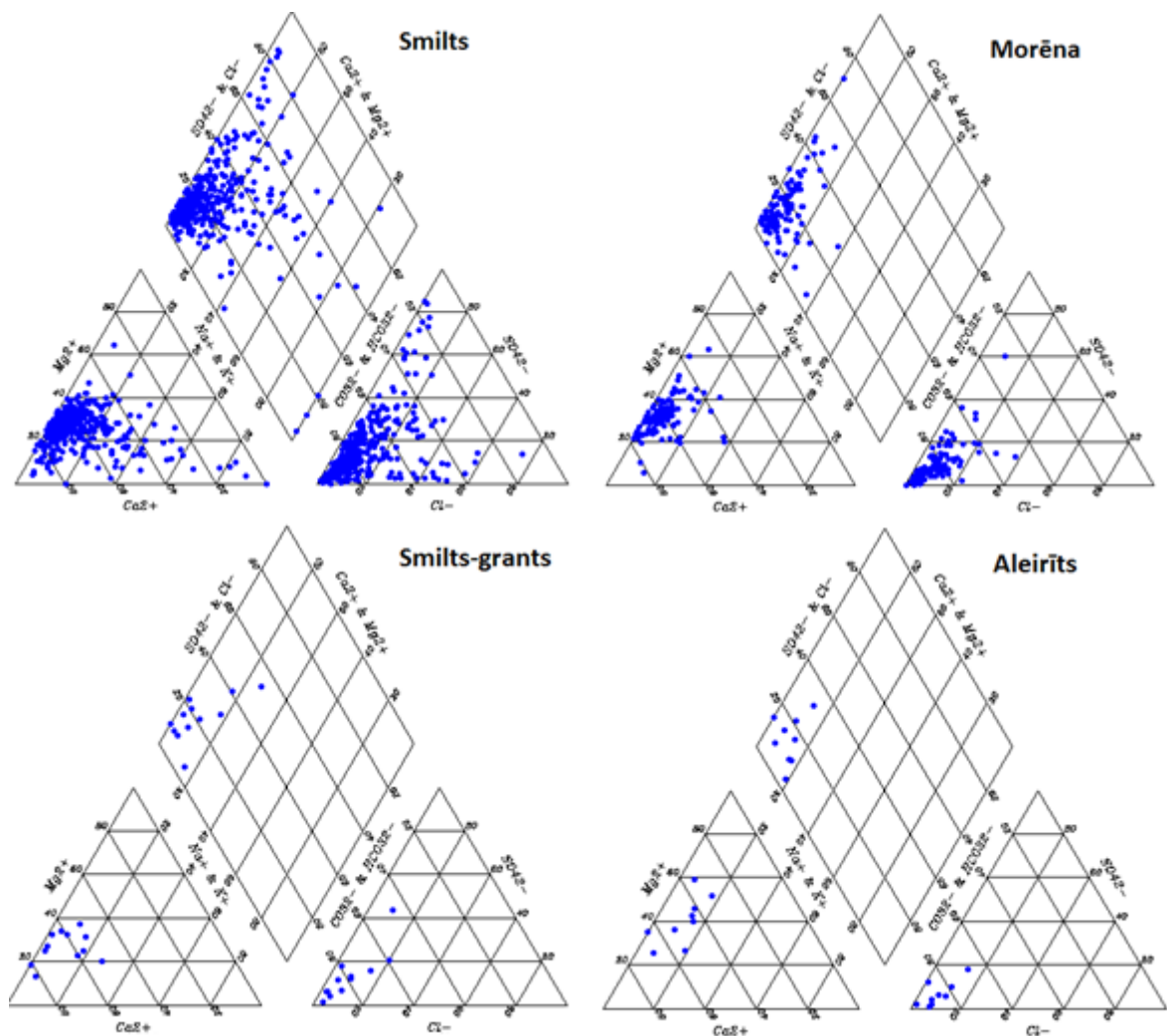
5.att. Kalcija un magnija jonu attiecība pret hidrogēnkarbonātajoniem smilts nogulumos, korelācijas grafiks (LVĢMC datubāze; Gosk et al. 2006).

Karbonātiežu plašā izplatība un dēdēšana nosaka arī hidrogēnkarbonātu augstās vērtības pazemes ūdeņos (Kokorīte 2007), kur augstākās vidējās vērtības ir sastopamas aleirītā (6,3 mg·ekv/l) un morēnas (6,2 mg·ekv/l) nogulumos. Smiltī vidējā HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> vērtība ir zemākā salīdzinājumā ar citiem aplūkotajiem nogulumiem, ko nosaka smilts mineroloģiskais sastāvs. Lielākās maksimālās vērtības ir morēnā (13,8 mg·ekv/l), smilts (11,1 mg·ekv/l) un aleirītā (10,5 mg·ekv/l) nogulumos. Kā redzams 6. attēlā, tad hidrogēnkarbonātu vērtību sadalījums horizontālā mērogā Latvijas teritorijā ir mainīgs un atkarīgs no vietas lietoloģiskas uzbūves.



6.att. Hidrogēnkarbonātu jonu vērtības kvartāra nogulumos līdz desmit metru dziļumam (LVGMC datubāze, Gosk et al. 2006).

Izveidotās Paipera diagrammas izdalītajām četrām nogulumu grupām (smilts, smilts-grants, morēna, aleirīts) apstiprina A. Dēliņas promocijas darbā (Dēliņa 2007) izvirzītos secinājumus, ka Latvijas teritorijā starp dažādos kvartāra nogulumos esošajiem pazemes ūdeņiem nav būtiskas atšķirības, tie pārsvarā ir kalcija – hidrogēnkarbonātu tipa pazemes ūdeņi. Smilts nogulumos (7.att.) nelielā daudzumā ir sastopami arī cita tipa saldūdeņi (magnija-kalcija-hidrogēnkarbonātu), bet to īpatsvars ir visai neliels. Morēnas nogulumos ir izteikti kalcija-hidrogēnkarbonātu tipa saldūdeņi, kas ir cieši saistīti ar morēnas ķīmisko sastāvu un karbonātiežu klātbūtni.



7. att. Paipera diagrammas smilts, smilts-grants, morēnas un aleirīta nogulumu pazemes ūdeņiem (LVĢMC datubāze; Gosk et al. 2006).

### Secinājumi un ieteikumi

- Kvartāra pazemes ūdeņu ķīmiskais sastāvs Latvijas teritorijā līdz 10m dziļumam būtiski neatšķiras dažādos nogulumu veidos. Tie galvenokārt ir kalcija-hidrogēnkarbonātu tipa saldūdeņi.
- Kalcija, magnija un hidrogēnkarbonātu avots pazemes ūdeņos galvenokārt ir dolomīta un kalcīta šķīšana.
- Hlorīdjonu koncentrācijas dabiskos apstākļos ir zemas, bet paaugstinātas vērtības rada jūras ūdeņu intrūzija piekrastes reģionos, kā arī antropogēnais piesārņojums.
- Būtisks sulfātjonu avots morēnā ir ģipša šķīšana.
- Ekstremālās vērtības neietekmē datu kvalitāti, jo veikta datu pārbaude pēc jonu bilances vienādojuma.

- Turpmākajos pētījumos uzmanība būtu jāpievērš zemes lietojumam un augsnes veidam.
- Papildus datus būs iespējams iegūt projekta turpmākajā gaitā, kad tiks izveidots 3D hidroģeoloģiskais modelis.

## **Pateicības**

Pētījums izstrādāts ar ESF projekta nosaukums “Starpnozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem” Projekta līguma nr: 009/0212/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/060 atbalstu.

## **Bibliogrāfija**

1. Dēliņa A. (2007) *Kvartārsegas pazemes ūdeņi Latvijā*. Rīga, Latvijas Universitāte.
2. Gosk E., Levins I., Jorgsen Flindt L. (2006) *Agricultural Influence on Groundwater in Latvia*. 101 p.
3. Guo H., Wang Y. (2005) Geochemical characteristics of shallow groundwater in Datong basin, northwestern China. *Journal of Geochemical Exploration*. 87(3), 109-120
4. Jiang W. Wu Y., Groves C., Yuan D., Kambesis P. (2009) Natural and anthropogenic factors affecting the groundwater quality in the Nandong karst underground river system in Yunan, China. *Journal of Contaminant Hydrology*. 109. 49-61.
5. Kļaviņš M., Cimdiņš P. (2004) *Ūdeņu kvalitāte un tās aizsardzība*. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds.
6. Kokorīte I. (2007) Latvijas virszemes ūdeņu ķīmiskais sastāvs un to ietekmējošie faktori. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds
7. Neven K. (2007) *Hydrogeology and groundwater modelling*. Second edition. 345 lpp
8. Даниланс И. (1973) *Четвертичные отложения Латвии*. Зинатне, Рига.312 lpp