

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

AVOTU ŪDEŅU ĶĪMISKĀ SASTĀVA ANALĪZE
SIGULDAS NOVADĀ
BAKALaura DARBS

Autore: Nadīna Keplere

St. Apliecības nr.: nk09027

Darba vadītājs: Profesors, dr. habil. ķīm. Māris Kļaviņš

RĪGA, 2012

ANOTĀCIJA

Darba mērķis ir pētīt Siguldas apkārtnē esošo avotu ūdens ķīmiskā sastāva īpašības, to mainību un atkarību no vietas ģeoloģiskās uzbūves, kā arī antropogēnās ietekmes. Paralēli avotu ūdens izpētei, tika veikta pazemes ūdeņu pašreizējās kvalitātes salīdzinājums ar vēsturiskiem datiem, analizējot arhīvu materiālus – aku un avotu pasēs, lai noskaidrotu, vai sastāvs ir būtiski mainījies un kādi ir izmaiņas ietekmējošie faktori.

Bakalaura darba ietvaros autore apzināja LVĢMC arhīvu materiālus, iepazinās ar veicamo darbu metodiku un zinātnisko literatūru.

Tika apskatītas pazemes ūdeņu īpašības un to piesārņojumu ietekmējošie faktori, avotu klasifikācija un likumdošana ūdens resursu aizsardzībai. Ķīmisko analīžu rezultāti tika izmantoti avotu ūdens sastāva izpētes un klasifikācijas noteikšanai. Tika izdarīti secinājumi par ūdeņu sastāvu ietekmējošajiem faktoriem un Siguldas apkārtnē iegulošo avotu ūdens mainību gadu un mēnešu gaitā. Gadu gaitas mainība tika izvērtēta, salīdzinot 2011. gada avotu ūdens ķīmisko sastāvu ar Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrā pieejamo avotu un aku pasu datiem. Mēnešu mainības salīdzināšana tika veikta Kaļķu gravas avotā, analizējot avota ūdens paraugus vienpadsmit mēnešu laikā.

Bakalaura darbs sastāv no 65 lapaspusēm un ir papildināts ar ilustratīvo materiālu - 27 attēliem, 4 tabulām un 5 pielikumiem.

Atslēgas vārdi – avots, pazemes ūdens, pazemes ūdeņu pētījumu metodes, ķīmiskais sastāvs, likumdošana.

ANNOTATION

The aim of the present bachelor paper is to study the properties of chemical composition of spring water in Sigulda vicinity, its variability and dependence on the geological structure of the place as well as anthropogenic influence. Besides the research of spring water, comparison of present quality of subterranean water and historical data was made by analysing public records – well and spring registers – in order to find out whether the composition has considerably changed and which factors have influenced the changes.

In the framework of the bachelor paper, the author has gathered information from the public records of Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre (LEGMC) and has acquainted herself with the methodology of tasks as well as scientific literature.

The properties of subterranean water and the factors influencing its pollution have been studied as well as spring classification and the legislation of protection of water resources. The results of chemical analyses were used for evaluation water composition and state its classification. Conclusion was drawn in regard to the factors influencing water composition as well as variability of spring water in Sigulda vicinity over the years and months. Variability over the years was assessed by comparing the chemical composition of water in year 2011 and the data accessible at LEGMC. The comparison of variability over the months was made by analysing the samples of Kalkugrava spring water in the period of 11 months.

The bachelor work consists of 65 pages and is supplemented with illustrations - pictures 27, tables 4 and appendixes 5.

The following key words have been used in the paper – spring, wells, subterranean water, methods of researching subterranean water, chemical composition and legislation.

SATURA RĀDĪTĀJS

ANOTĀCIJA	2
ANNOTATION	3
SATURA RĀDĪTĀJS	4
IEVADS	5
1. LITERATŪRAS APSKATS	6
1.1. Pazemes ūdeņu izpēte	6
1.2. Avoti un to klasifikācija	7
1.2.1. Svētavoti.....	10
1.3. Pazemes ūdeņu fizikālās, ķīmiskās un bioloģiskās īpašības	11
1.3.1. Fizikālās īpašības.....	11
1.3.2. Ķīmiskās īpašības	11
1.3.3. Dzīvo organismu klātbūtne	15
1.3.4. Pazemes ūdeņu piesārņojums	16
1.4. Pazemes ūdeņu aizsardzības normatīvie akti	18
2. PĒTĪJUMA MATERIĀLS UN METODES	21
3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA	24
3.1. Siguldas apkaimes ģeoloģiskais raksturojums	24
3.2. Pētāmo avotu apkārtnes raksturojums.....	29
3.3. Kaļķu gravas avota ūdens ikmēneša analīžu izvērtējums	35
3.4. Siguldas apkārtņē esošo avotu ķīmisko vērtību izvērtējums atkarībā no atrašanās vietas	42
3.5. Siguldas apkārtnes avotu ūdens ķīmisko vērtību salīdzinājums ar vēsturiskajiem datiem.....	48
SECINĀJUMI.....	52
PATEICĪBA	53
IZMANTOTĀ LITERATŪRA	54
PIELIKUMS	57

IEVADS

Avotu ūdens izpēte ir nozīmīga gan no ūdens aprites cikla izpētes viedokļa, gan arī, lai izprastu pazemes ūdeņu sastāvu un to veidošanos ietekmējošos procesus. Avotu ūdeņiem ir nozīmīgs pielietojums ikdienā, bet to īpašību izpēte ir būtiska no pētniecības un pazemes ūdeņu monitoringa viedokļa. Pētījumu veikšanas mērķis ir pazemes ūdeņu piesārņojuma līmeņa kontrole, avotu ūdens kvalitātes izvērtēšana un ainavas izmaiņu noteikšana (piemēram, ja mainās avotu debīts vai tie izzūd). Praktiskais pielietojums - arīdajos reģionos tieši avotu tuvumā mitinās cilvēki, visā pasaulē avotu ūdeņi tiek lietoti uzturā, medicīnā un kulta rituālos.

No zinātniskā viedokļa avots ir pazemes ūdeņu dabiskās izplūduma vietas uz zemes virsmas. Avoti rodas tur, kur pazemes ūdeņu nesējslāņi atsedzas tieši vai caur plaisām savienojas ar zemes virsu (Maldavs, 1964). Avoti ir dažādi un tiek klasificēti atkarībā no tiem piemītošajām īpašībām, piemēram, debīta, izvietojuma, mineralizācijas. Tos var izmantot kā indikatorus, lai noteiktu apkārtējās vides ietekmi uz pazemes ūdeņu piesārņojumu, jo to ķīmiskie parametri ir atkarīgi ne tikai no ģeoloģiskās uzbūves, bet arī no atmosfēras nokrišņu sastāva un zemes lietojuma veida. Pazemes un avotu ūdens kvalitāti ietekmē minerālmēslu lietošana, nepietiekami attīrīti notekūdeņi, atkritumu izgāztuvju izveide un citas antropogēnas darbības sekas.

Salīdzinot ar pazemes ūdeņiem, Latvijā avoti netiek plaši pētīti un pieejamā informācija par klasifikāciju, sastāvu, piesārņojumu un veiktajiem pētījumiem ir ierobežota. Informācijas trūkums ļauj secināt, ka ir nepieciešams veikt ilgtermiņa avotu ūdens ķīmiskās un bioloģiskās kvalitātes novērtējumus, lai varētu sekot sastāva mainībai, piesārņojuma līmenim pazemes ūdeņos un apkārt esošajā teritorijā. Būtiski ir rūpēties par avotu ūdens monitoringu un nodrošināt sabiedrībai pieejamus datus par ķīmiskā un bioloģiskā sastāva mainību un atbilstību dzeramā ūdens kvalitātes normām, lai pasargātu ūdens patērētājus no nekvalitatīva, piesārņota ūdens lietošanas.

Darba mērķis ir pētīt Siguldas apkārtnē esošo avotu ūdens ķīmiskā sastāva mainību un analizēt avota ūdens sastāvu ietekmējošos faktorus.

Lai sasniegtu darba mērķi, tika izvirzīti šādi uzdevumi:

- veikt ūdens paraugu ievākšanu no avotiem Siguldas apkārtnē, kā arī ģeoloģiskās uzbūves un avotu apkārtnes izpēte;
- veikt avotu ūdens sastāva analīzi, novērtēt ūdens paraugu kvalitāti un atbilstību Latvijas likumdošanā noteiktajām normām.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Pazemes ūdeņu izpēte

Pazemes ūdeņi ir nozīmīga Latvijas dabas bagātība. Pazemes ūdeņi atrodas Zemes garozas augšējā daļā, tos veido nokrišņi un upju ūdeņi, kas uzkrājas virs mazcaurlaidīgiem iežiem. Avoti ir saistīti ar pazemes ūdeņiem, jo ir to izplūdes vieta virszemē. Tādēļ, lai saprastu avotu darbības principu un to ietekmējošos faktorus, būtiski ir iepazīties ar pazemes ūdeņiem.

Pazemes saldūdeņu dabiski pieejamie resursi 1999. gadā bija aptuveni 1,4 milj. m³/diennaktī, kas trīs reizes pārsniedza pašreizējo kopējo pazemes ūdens ieguvu ūdensapgādes vajadzībām un 1,5 reizes pārsniedza maksimālo ūdens ieguvu Latvijā (868 tūkst. m³/diennaktī, 1989. gadā) (Latvijas Vides pārskats, 2001). Kopumā, Eiropā pieejams 2 185,79 km³ pazemes saldūdens uz vienu iedzīvotāju, rēķinot uz 732 milj. eiropiešu (Kļaviņš, 2009).

Pēdējo 50 gadu laikā ģeoķīmisko metožu attīstība un pieejamība ir veicinājusi izpratni par hidroķīmiskajiem procesiem un to kā zemes struktūra, ģeoloģiskā uzbūve un mineraloģiskais sastāvs ietekmē pazemes ūdeņu plūsmas, hidroloģiju un ķīmiskās īpašības. Nozīmīgi soļi izpratnes attīstībai ir laboratoriju eksperimentiem, kinētisko un termodinamisko datu izvērtējumam. Aizvien sarežģītākas interpretācijas gruntsūdeņu plūsmām sniedz skaitliskā modelēšana (Glynn and Plummer, 2005).

Pazemes ūdeņu izpēte Latvijā sākās ar urbumu ierīkošanu un to debeta noteikšanu. Latvijā pirmais urbums tika ierīkots pie Allažiem 1833. gadā (Semjonovs u.c., 1998). Nozīmīgākie pazemes ūdeņu pētījumu etapi Latvijā:

- Kwartāra nogulumu pazemes ūdeņi kā galvenais pazemes ūdeņu pētījuma objekts tiek minēts 19. gadsimtā un 20. gadsimta sākumā, kad pētīja ūdens izmantošanas iespējas ūdensapgādē, balneoloģijā un meliorācijā (Dēliņa, 2007);

- 1970. gadā I. Dzilas publikācijā tika apkopots faktiskais materiāls par pazemes ūdeņiem (Dēliņa, 2007);

- 20. gadsimta sākumā tika veikti dažādi kvartārsegas pazemes ūdeņu pētījumi, ietverot tos kā papildu komponentu artēzisko ūdeņu izpētē. 1925. gadā P. Nomālis publicēja darbu „Lauku saimniecība ūdeņi”, kurā tika analizēti Gaujas baseina ūdeņi. Savukārt J. Kupča darbā „Siguldas un apkārtnes minerālūdeņi”, 1955. gadā, apskatīti pazīstamākie Gaujas baseina minerālūdeņi, kā arī Siguldas apkārtnes aku ūdeņi (Matisone, 1948).

- Pēdējo desmit gadu laikā kvartārsegas ūdeņu sastāva pētījumi pārsvarā tika veikti piesārņojošo objektu iecirkņos (Dēliņa, 2007).

1.2. Avoti un to klasifikācija

Avotu ūdens izpēti Latvijā uzsāka tikai 1920. gadā (Lazdiņa, 2004). 2011. gadā atklātais sabiedriskais fonds „Dabas retumu krātuve” ir veicis uzskaiti Latvijā esošajiem avotiem, tika uzskaitīti 2400 avoti (Odiņa, bez dat.).

Senāki pētījumi, tika veikti ASV, kur 1905. gadā M. L. Fullers publicēja grāmatu „Pazemes ūdeņi Savienoto Valstu austrumos”, iekļaujot avotu ūdens klasifikāciju. 1919. gadā sekoja K. Braina un 1923. - O. E. Mainzera avotu klasifikācija. Brains avotus iedalīja divās klasēs: gravitācijas ietekmētie un gravitācijas neietekmētie avoti, savukārt Mainzers balstījās uz to mainību. Šīs kategorijas ietver vulkāniskas izcelsmes avotus un plaisu avotus, kas parasti ir termāli. Gravitācijas ietekmētos avotus, kuri veidojas ūdenim atrodoties zem hidrauliskā spiediena, iedala piecās klasēs:

- depresijas avoti;
- artēziskie avoti;
- necaurlaidīgo iežu avoti;
- kontaktavoti;
- lūzuma avoti (Todd and May, 2005).

Pilnīgu klasifikācijas sistēmu izveidoja F. Klarks, 1924. gadā, analizējot gan ģeoloģiskos, fiziskos un ķīmiskos faktorus. 1933. gadā Dr. J. Stinja publikācijā, avoti tika iedalīti trīs kategorijās, balstoties pēc plūduma - brīvi plūstošie, pārplūstoši un artēziskie avoti. Vēlākās klasifikācijas balstījās uz pieciem galvenajiem kritērijiem: avota izcelsmi; ģeoloģisko uzbūvi; izmēru un izplūdes ātrumu; avota ūdens temperatūru un mainīgumu. (LaMoreaux and Tanner, 2001).

Avotu ūdens ķīmiskie parametri ir atkarīgi no atrašanās vietas ģeoloģiskās uzbūves, vecuma, atmosfēras, nokrišņiem un citiem faktoriem. Avotu vecums tiek definēts kā vidējais laiks, ko ūdens pavada pazemē, pirms iztecēšanas virszemē. Vecums var tikt konstatēts pēc tritija, ūdeņraža izotopa koncentrācijas. Tritijs noteiktā laikā pārvēršas par hēliju. Nosakot relatīvo tritija pārpalikumu un producēto hēlija daudzumu no tritija, ir iespējams noteikt avotu ūdens vecumu (Dasch, 2003).

Pazemes ūdeņi tiek iedalīti pēc ūdens apmaiņas un pēc ķīmiska sastāva. Pēc ūdens apmaiņas izšķir: aktīvas ūdens apmaiņas zonu, palēnināto ūdens apmaiņas zonu un lēno ūdens apmaiņas zonu. Pazemes ūdeņus var iedalīt arī pēc ķīmiska sastāva: hidroģēnkarbonātu – kalcija tipa saldūdeņi, sulfātu – kalcija tipa iesāļūdeņi, sērūdeņradi saturošie sulfīdu – kalcija tipa ūdeni, hlorīdu – nātrijs tipa iesāļūdeņi (Ciršs, 2010).

Ja avota ūdens pārplūdes temps ir vājš (arīdie apgabali) un ūdens plūšanas distance ir liela, tad to ūdens vecums būs relatīvi lielāks. Dažos Nevadas apgabala avotos, vidējais avotu ūdens vecums sasniedz pat 100 – 1000 gadu. Ja ūdens ir vecs, tā plūsma no avota būs niecīga, bet liela plūsmas variācija būs tā sauktajiem „jaunajiem” ūdeņiem, kuri pazemē bijuši nedēļu līdz mēnesi ilgu laika posmu (Dasch, 2003).

Latvijā avoti tiek klasificēti:

Pēc izvietojuma :

- Avoti vienpatņi- pazemes ūdens izplūst virszemē vienā punktā;
- Avotu grupas –ir vairāki, dažu m² līdz dažu desmitu m² lielā laukumā izplūstoši avoti, kuru ūdens saplūstot kopā, veido strautu vai avotu ezeriņu;
- Avotu joslas – to veido vairāk par desmiti mikroavotiem ar debitu <0,05 l/s, kuri izplūst no viena ūdens nesējslāņa vairāku metru līdz desmitu metru garā horizontālā joslā;
- Avotu kaskādes – ir vairāku, vertikāli viens virs otra novietotu avotu izplūdes vieta, tā ir izveidojusies ļoti stāvā vai vertikālā iežu slānī;
- Avotu ezeriņi- izveidojas daudzām sīkām straumēm un avotiem aizpildot iedobes atkailinātā upes gultnes dibena piekrastes slīpumā;
- Avoksnājs – pazemes ūdeņu izkļiedētas izplūdes nelielā laukumā, ko pārsedz veģetācija.

Blīvākais avotu izvietojums ir vietās, kur upju ielejas ir dziļākas un reljefs kalnaināks. Izteiktas avotu koncentrācijas vietas ir gar Latvijas lielāko upju – Daugavas, Gaujas un Abavas – krastiem (Odiņa, bez dat.).

Pēc pamatūdeņu gaitas pazemē (Maldavs, 1964):

- Krītošie jeb lejupejošie – avoti veidojas bezspiediena gruntsūdeņiem izplūstot zemes virspusē. Parasti šādi avoti ir upju ielejās, kalnu nogāzēs, gravās, kur gruntsūdeņu horizonts atsegts erozijas rezultātā;
- (Augšup) kāpjošie jeb artēziskie – veidojas tad, kad virs noteces slāņa atrodas ūdensnecaurlaidīgs slānis. Pārtekot no augstākā uz zemāko, starp šiem slāņiem rodas aizvien lielāks hidrostatiskais spiediens. Ūdens var izspiesties pa kādu plaisu augšējā slānī un izplūst paugura virspusē (Lazdiņa, 2004).

Avotu iedalījums pēc režīma:

- pastāvīgie avoti;
- sezonālie avoti;
- ritmiskie avoti – raksturīga debita izmaiņas laikā;
- mākslīgie avoti (Maldavs, 1964).

Atkarībā no ūdens pieteces režīma avoti var būt efemerāli jeb sezonāli vai pereniāli jeb pastāvīgi. Sezonālos avotus baro lietus vai sniega kušanas ūdeņu infiltrāts. Pastāvīgos avotus baro ūdens no dziļākiem zemes slāņiem (Anonymous, 2007).

Avoti pēc debīta

Avoti var būt vāji izplūstoši, bet to izplūdes apjoms var sasniegt pat 30 m³/sekundē (Dasch, 2003).

- Ļoti spēcīgi, debīts > 1,0 l/s
- Spēcīgi, debīts 0,5 – 1,0 l/s;
- Vidēji spēcīgi, debīts 0,1 – 0,5 l/s;
- Vāji, debīts 0,05 – 0,1 l/s;
- Mikroavoti, debīts < 0,05 l/s (Lazdiņa, 2004).

Avoti tiek klasificēti arī pēc ūdens temperatūras un mineralizācijas pakāpes (1.1. tabula)

- Aukstie pazemes ūdeņi, t° < 20 °C (praktiski visi Latvijā sastopamie avoti);
- Siltie pazemes ūdeņi, t° 20 – 40 °C;
- Karstie pazemes ūdeņi, t° 42 - 100 °C;
- Geizeri, t° > 100 °C - aktīvā vulkānisma apgabalos (Legzdiņa, 2004).

Avotu ūdens temperatūra ir atkarīga no pazemes ūdeņu plūsmas un daudzuma, temperatūru ietekmē arī dziļums, kādā iegūl pazemes ūdeņi. Ja pazemes ūdeņu ātrums un avoti ir mazi, tad ūdens būs auksts. Gadījumos, kad avoti ir lieli, to ūdens arī būs auksts, jo ūdens daudzums ir pārāk liels, lai sasiltu. Karstie avoti ir sastopami vietās, kur virszemes temperatūra ir augsta, kā arī vulkāniskās aktivitātes rajonos (Dasch, 2003).

1.1. tabula

Avotu ūdens iedalījums pēc mineralizācijas pakāpes (Isidorova, 2010)

Nosaukums	Kopējā minerālsāļu masas koncentrācija, g/l
saldūdeņi	<1
vāji sāļaini ūdeņi	1-2
mazsāļaini ūdeņi	2-5
vidēji sāļaini ūdeņi	5-15
stipri sāļaini ūdeņi	15-35
sāļi ūdeņi	35-150
sālījums	>150

Avotu ūdeņi sniedz iespēju iegūt informāciju par pazemes ūdeņu ģeoloģiskajiem un hidroloģiskajiem procesiem. Reģionos, kuros nav aku un dziļurbumu, avoti ir vienīgais informācijas avots par pazemes ūdeņiem (Dasch, 2003).

1.2.1. Svētavoti

Latviešiem avots jau kopš seniem laikiem ir vieta ūdens ieguvei, mitoloģiska, emocionāla, nacionāla vērtība, kā arī attīrīšanās simbols. Senajam latvietim avota ūdens bija maģisks vārds, kas asociējas ar veselīgu un svētu ūdeni. Svētavoti un avoti tika apdziedāti un par tiem rakstīja tautasdziesmas.

Arājs ara kalniņā,
Avots tek lejiņā;
Netrūkst maizes arājam,
Ne ūdeņa avotam (Ģirģens, bez dat.).

Jau senatnē cilvēki ievēroja, ka daži avoti ir īpaši un to ūdenim piemīt dziednieciskas īpašības. Svētavotu ūdens tika izmantots dažādos kulta rituālos, to pielūdza, tam upurēja un jaundzimušos apslacināja ar ūdeni. Vēlāk šo dziedniecisko spēku sāka izmantot arī dziednieki.

Mūsdienās pastāv dažādas hipotēzes par avotu ūdens dziedniecisko iedarbību. Viena no ticamākajām hipotēzēm - avotu ūdens nāk no Zemes dziļēm, saskaras ar dažādiem iežiem un šķīdina tajos esošās vielas (Brutāne un Miške, 2003).

Pastāv uzskats, ka dabisks un tīrs avota ūdens ir visvērtīgākais cilvēka organismam. Latvijā vairāk nekā 100 avotiem piemīt dziednieciskas īpašības (Brutāne un Miške, 2003).

Zināmākie un nozīmīgākie svētavoti Latvijā:

➤ Aglonas svētavots - Preiļu rajons, Egles ezera krastā pie Aglonas klostera. Viens no visvecākajiem un populārākajiem Latvijas avotiem. Slavens ar dziednieciskajām īpašībām. Tika atklāts 19. gs sākumā, kad tam bija gaišzaļa krāsa, sērūdeņraža smaka un sāļa garša. Ar to tika ārstētas dažādas hroniskas ādas slimības un iekaisumi (Opmanis, 2005). Mūsdienās, katru gadu 15. augustā, Marijas augšāmcelšanās dienā, cilvēki stāv rindās, lai padzertos tā ūdeni.

➤ Bolēnu acu avots (dažādos laikos un aprakstos dēvēts par Acu avotu, Dzīvības avotu, Veselības avotu un Laimas avotu). Šis kāpjošais avots atrodas 2 kilometrus uz austrumiem no Gaiziņkalna, Ošu gravā. Ir viens no populārākajiem dziednieciskajiem avotiem Latvijā. Tiek uzskatīts, ka tas ir hipsometriski visaugstākais mūsdienās tekošais avots Latvijā, aptuveni 262 metri virs jūras līmeņa. Pēc Latvijas Republikas likumiem, šis avots ir aizsargājams ģeoloģiskais un ģeomorfoloģiskais dabas piemineklis (LR Ministru kabineta lēmums Nr. 175; pieņemts 2001. gada 17. aprīlī), kā arī arheoloģijas piemineklis.

➤ Svētavots Vidzemē - Cēsīs pie Cīruļšiem, Gaujas Nacionālā parka teritorijā, atrodas Svētavota ala, no kuras iztek spēcīgs avots, kas veido strautu. Šī avota ūdens kopš

senatnes tiek uzskatīts par dziedniecisku un šī vieta tiek turēta par svētnīcu (Brutāne un Miške, 2003). Pirmā informācija par šo avotu latviešu valodā, bijusi pieejama ap 1800. gadu, kad to dēvēja par Dzelzs vārti. Svētavots izplūst no pazemes dziļēm dabiskā baltās smilts iezī. Avots izplūst no 88 metru zemes dziļuma un tā ražība ir 3 litri/sekundē.

➤ Eldernes svētavoti - pie Snēpeles Mazsāliju pilskalna. Astoņi dienvidaustrumu virzienā plūstošie avoti ir izskalojuši aptuveni 30 metru platu piltuvi ar gandrīz desmit metru augstām malām. Šī grava ir sena kulta vieta, kura ir apvīta ar dažādām teikām. Elderenes svētavots iekļauts Valsts kultūras pieminekļu aizsardzības inspekcijas arheoloģijas pieminekļu sarakstā (Opmanis, 2005).

➤ Keveles trejdeviņu svētavotu grupa - Dobeles rajons Vītiņu pagasts. Avoti ir zināmi jau no Zviedru kara laikiem, kad saskaņā ar teikām to dzēra un pie tā ārstējās karalis Kārlis XII. Deviņi avoti ir izveidojuši un atrodas četrus metrus dziļā un sešus metrus platā gravā, pirmie septiņi avoti ir atdalīti ar mūra sienu (Asare, 2006). Šauras nelielas gravas augštecē, apmēram 10 m garā posmā, iztek deviņi spēcīgi avoti, kuri veido strautu. Tālāk ir vēl astoņpadsmit avotu, kopā trejdeviņi avoti (Vīks, 2009).

20. gadsimta vidū tika norakta kalna virspuse, grants ieguves dēļ un daļa ūdeņu tagad ietek karjerā, palēninot avotu (Vīks, 2009). Šī avotu grupa ir aizsargājams dabas piemineklis (Asare, 2006).

1.3. Pazemes ūdeņu fizikālās, ķīmiskās un bioloģiskās īpašības

1.3.1. Fizikālas īpašības

Krāsu un organoleptiskās īpašības nosaka vielas, kas atrodas ūdenī - piemaisījumi, bet dzidrums ir atkarīgs no mehānisko piemaisījumu un organisko savienojumu satura (Maldavs, 1964).

Pazemes ūdens ir šķīdinātājs, tajā šķīst dažādas gāzes, skābes, sārmī, organiskās vielas un sāļi. Šķīdība ietekmē ķīmisko sastāvu, piemēram, pieaugot temperatūrai - straujāk norisinās ķīmiskās reakcijas.

Temperatūras amplitūda dažādiem pazemes ūdeņiem ir plaša. Tā ietekmē pazemes ūdeņu mineralizācijas pakāpi (pieaugot temperatūrai, pieaug mineralizācija), ķīmisko sastāvu un gāzu daudzumu ūdeņos.

Savukārt īpatnējo masu ietekmē mineralizācijas pakāpe un temperatūra. To nosaka ar aerometru vai piknometru.

1.3.2. Ķīmiskās īpašības

Gruntsūdeņu sastāvu ietekmē ģeogrāfiskie, ķīmiskie un bioloģiskie faktori, augsne, reljefs un klimats. Ķīmiskā sastāva formēšanās process ir ilgstošs, tas sākas ar atmosfēras

nokrišņiem, ietver procesus augsnē un mijiedarbību ar pazemes ūdeņu horizontiem (Zīverts, 2001). Liela ietekme ir virszemes ūdeņu sastāvam, kā arī mikroorganismu darbībai, kas ietekmē iežu dēdēšanu un producē gāzes, kas nokļūst gruntsūdeņos (Isidorova, 2010). Antropogēnā ietekme rada pazemes ūdeņu piesārņojuma risku.

Pazemes ūdeņos ietilpst dabiskos apstākļos izšķīdušas gāzes, elementu joni, organisko un minerālo koloīdu sarežģīti kompleksi (Maldavs, 1964). Galvenie minerāli, kuru dēdēšana ietekmē dabas ūdeņu sastāvu, ir akmenssāls (NaCl), ģipsis ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), kalcīts (CaCO_3), dolomīts ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), getīts (FeOOH) un alumosilikāti (Kļaviņš un Cimdiņš, 2004). Agresīvā ogļskābe (brīvā ogļskābā gāze, kas atrodas šķīdumā virs līdzsvarā esošā CO_2 daudzuma) pazemes ūdenī spēj šķīdināt karbonātiskus minerālus un iežus (Maldavs, 1964).

Gāzes pazemes ūdeņos nokļūst galvenokārt no atmosfēra un mikroorganismu bioķīmiskās darbības rezultātā. V. Vernadskis uzskata, ka gāzes dabas ūdeņos nosaka visu pazemes ūdeņu ķīmiju. Izšķīdušo gāzu sastāvu nosaka gāzes šķīdības koeficients, temperatūra un mineralizācija (Яковеев, 2002). Liela nozīme ir:

- skābeklim (O_2) – spēj nokļūt tikai virsējās pazemes ūdeņos no atmosfēras un infiltrējoties. Pazemes ūdeņos skābeklis ir ievērojami mazāk nekā virszemes, jo lielu daļu patērē baktērijas oksidācijas rezultātā (Zīverts, 2001);

- slāpeklim (N_2) – pazemes ūdeņos nokļūst no atmosfēras un bioķīmisko procesu rezultātā. Sastopams dažāda dziļuma pazemes ūdeņos;

- ogļskābajai gāzei (CO_2) – rodas ķīmiskājo un bioķīmisko procesu rezultātā. Šī gāze veidojas augsnē un dziļākajos grunts slāņos, tādēļ to koncentrācija pazemes ūdeņos var būt paaugstināta. Ogļskābā gāze lielās koncentrācijās ir sastopama minerālūdeņos, kur tā veidojas no vulkānijkajiem iežiem, piemēram, Atlantijas Okeāna tuvumā, Kalifornijā, Aļaskas pussalā (Anonymous, 2007);

- sērūdeņradim (H_2S) – pazemes ūdeņos nokļūst olbaltumvielu pūšanas rezultātā un reducējoties sulfātiem anaerobo baktēriju iedarbībā (Maldavs, 1964).

Joni pazemes ūdeņos:

Galvene anjoni, kas sastopami pazemes ūdeņos ir hidroģenkarbonājtjoni, karbonājtjoni, sulfājtjoni un hlorīdjoni. Izplatītākie katjoni ir kālijs, nātrijs, kalcijs un magnijs (Hounslow, 1995). Pazemes ūdeņu augšējās horizontos dominē kalcija tipa saldūdeņi (aktīvā ūdens apmaiņas zona), dziļāk iegulošajos horizontos (pasīvās ūdens apmaiņas zona un „stagnāto” zona) pieaug hlorīdjonu un nātrija jonu loma, mineralizācija sasniedz 140 g/l, atsevišķās vietās ir sastopami sulfātu-kalcija tipa iesāļūdeņi.

• hidrojenkarbonātionī (HCO_3^-) un karbonātionī (CO_3^{2-}) ir pastāvīga pazemes ūdeņu sastāvdaļa, dominējoša loma tiem ir vāji mineralizētos ūdeņos. Abi joni šķīdumā atrodas noteiktās kvalitatīvās proporcijās ar oglekļa skābi $\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \leftrightarrow 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$. Mainoties vienai proporcijas daļai, mainās arī citu daļu savstarpējās kvantitatīvās attiecības. Šie joni veido ķīmiskā līdzsvara karbonātu sistēmu (Semjonovs, 1997).

Tie rodas pazemes ūdeņiem šķīdinot karbonātiežus, piemēram, dolomītu, mergēli, kaļķakmeni. Karbonātu daudzums ietekmē katlakmens rašanos un ūdens cietību.

• Sulfātionī (SO_4^{2-}) – rodas šķīstot iežiem, kas satur ģipsi ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhidrītu (CaSO_4), kā arī oksidējoties pirītam (FeS_2) un sērūdeņradim (Hounslow, 1995). Sulfātionīem raksturīga laba migrācija. Augsnes koloīdi gandrīz neierobežo sulfātu migrāciju. To saturu pazemes ūdeņos līdzsvaro kalcija joni, jo tie ar SO_4^{2-} veido relatīvi vāji šķīstošu CaSO_4 (Semjonovs, 1997).

• Nātrija joni (Na^+) pazemes ūdeņos nokļūst no viegli šķīstošiem nātrija sāļiem, kas plaši izplatīti dažādos nogulumu iežos. Pazemes ūdeņos nātrija jonu avots ir alumosilikātu dēdēšanas process, kura rezultātā veidojas valbīts, nefelīns u.c. Labvēlīgos apstākļos Na^+ var nokļūt pazemes ūdeņos no iežiem, kur to aizvieto kalcija un magnija joni apmaiņas reakcijas gaitā (Semjonovs, 1997). Nātrija joni ir sadzīves un lauksaimniecības piesārņojuma pazīme (Semjonovs, 1997). Visvairāk Na^+ sastopams stipri mineralizētos pazemes ūdeņos (Latvijā – kembrija dziļākajos artēziskajos ūdeņos) (Zīverts, 2001).

Kālija joni (K^+) pazemes ūdeņos ir daudz mazākā koncentrācijā nekā nātrija joni, jo tiem ir maza migrācijas spēja un tos asimilē mikroflora un mikrofauna. Kālija paaugstinātā koncentrācija var liecināt par pazemes ūdeņu piesārņojumu organisko vielu destrukcijas rezultātā, piemēram, sadzīves atkritumu izgāztuvju apkārtnē, minerālmēsļu noliktavu tuvumā vai cūku fermu tuvumā.

Nātrija un kālija savienojumi dzīvajiem organismiem nodrošina fermentu aktivitāti un transportē jonus caur šūnu membrānām.

• Hlorīdjonī (Cl^-) pazemes ūdeņos rodas ķīmiski sadēdot hloru saturošiem minerāliem. Cl^- (sekli ieguļošajos pazemes ūdeņos) aktīvajā ūdens apmaiņas zonā nokļūst no jūras sāļiem, ko pārnes gaisa masas un nokrišņi un jūras infūzijas dēļ (Kalvāns u.c., 2011). Maz mineralizētos ūdeņos to koncentrācija ir neliela. Hlora avots pazemes ūdeņos var būt arī notekūdeņi un jūras ūdens pieplūde (Todd and May, 2005).

• Kalcija (Ca^{2+}) joni sastopami pateicoties kaļķakmenim un ģipsakmenim, bet magnija (Mg^{2+}) joni – dolomītiem. Šie abi joni rāda ūdens cietību. Hidrojenkarbonātu kalcija ūdeņiem

Latvijā ir reģionāla izplatība labi drenētos iežu masīvos. Ca^{2+} saturs samazinās, pieaugot mineralizācijai (Semjonovs, 1997).

- Dzelzs savienojumi pazemes ūdeņos veidojas no dzelzs saturošiem iežiem, fosfora savienojumi – organisko vielu ķīmiskās sadalīšanās rezultātā, pazemes ūdeņos sastopami nelielos daudzumos.

- Organiskās vielas sastopamas galvenokārt koloīdu veidā, pazemes ūdeņos radušās dzīvo organismu darbības rezultātā.

Minētie joni pēc koncentrācijas ir dominējošie komponenti jeb to koncentrācija ir lielāka par 5 mg/l (Kļaviņš un Cimdiņš, 2004).

Cietība ir nozīmīga ūdens īpašība. To nosaka divvērtīgo katjonu saturs ūdenī, galvenokārt Ca^{2+} (Zīverts, 2001). Cietību var izteikt kā kalcija un magnija satura summu ūdenī. To izsaka ar jonu vai to ekvivalentu daudzumu milimolos litrā ūdens (mmol/l). Pazemes ūdeņiem parasti piemīt lielāka cietība nekā virszemes ūdeņiem (Hounslow, 1995). Kopumā cietība nav rādītājs, kas ietekmē ūdens kā dzeramā ūdens īpašības, bet nosaka tā tehnoloģiskās īpašības. Cietība (skat. 1.3. tabulā) ietekmē arī ūdens garšas īpašības, labāka garša ir cietam ūdenim, bet tehnoloģiskā procesa laikā kalcija un magnija nešķīstošie savienojumi izgulsnējas blīva slāņa veidā, kā rezultātā veidojas katlakmens.

Izšķir šādus ūdens cietības veidus:

- kopējā ūdens cietība – kopējais kalcija un magnija jonu daudzums;
- karbonātu cietība – kalcija un magnija karbonātu un hidroģenkarbonātu daudzums;
- nekarbonātu cietība – sārmezemju metālu sulfātu, hlorīdu, nitrātu, silikātu un citu sāļu daudzums (Kļaviņš un Cimdiņš, 2004).

Pastāv dažādi ūdens cietības grādi, skat. 1.2 tabulā. Latvijā visbiežāk tiek lietoti vācu cietības grādi, PSRS ūdens kvalitātes standartos kā ūdens cietības mēra vienība bija Ca^{2+} un Mg^{2+} jonu daudzums, mmol/l (Zīverts, 2001).

1.2 tabula

Ūdens cietības grādi (Kļaviņš un Cimdiņš, 2004)

Ūdens cietības grādi	Grāda lielums	Sakarības ar citiem grādiem
Vācu cietības grāds, dH°	10 mg CaO/l vai 7,14 mg Ca/l	1,79 franču dH° , 1,25 angļu dH°
Franču cietības grāds, H°	10 mg CaCO_3 /l	0,56 dH°
Angļu cietības grāds, H°	10 mg CaCO_3 /0,7 l	0,8 dH°
ASV cietības grāds	1 mg CaCO_3 /l	0,056 dH°

Galvenais faktors, kas nosaka ūdens tipa izplatību ir reģiona ģeokīmiskā uzbūve. Ļoti mīksti ūdeņi sastopami ar bazalta, granīta, smilšakmens segumu, cieti – vietās, kur ir ar kaļķi, ģipši, dolomītu bagātas augsnes (Kļaviņš un Cimdiņš, 2004).

1.3. tabula

Ūdens cietības novērtējums (Kļaviņš un Cimdiņš, 2004)

Cietības grāds, dH ⁰	Cietības mmol/l	Ūdens cietība
0-4	0-0,7	ļoti mīksts
4-8	0,7-1,4	mīksts
8-12	1,4-2,1	vidēji ciets
12-18	2,1-3,2	diezgan ciets
18-30	3,2-5,4	ciets
virs 30	virs 5,5	ļoti ciets

Nozīmīgs rādītājs ir ūdens skābums jeb pH, kas tiek definēts kā H⁺ vai jona H₃O⁺ negatīvs decimālais logaritms.

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$$

Ūdens ar pH vērtību zem 7 ir skābs, virs 7 – sārmais, bet ar vērtību 7 – neitrāls. Pazemes ūdeņos pH variē no vidēji skāba (5,5) līdz gandrīz neitrālam (7,3) (Zīverts, 2001). pH vērtību ietekmē pazemes ūdeņu minerālu struktūru un daudzumu (Back and Hanshaw, 1965).

Pazemes ūdeņu mikroelementi – ķīmiskie elementi, kuru daudzums pazemes ūdeņos nepārsniedz 0,01 mg/l. To sastāvs pazemes ūdeņos ir atkarīgs no šķīstošās fāzes vai sorbcijas saites un oksidēšanās – reducēšanās procesu līdzsvara horizontā (Graham et al., 1996). Formas, kādās šie elementi atrodas ūdenī var būt dažādas: suspensijas, koloīdi, kompleksi, molekulas, joni u.c. (Mežaraups, 1995).

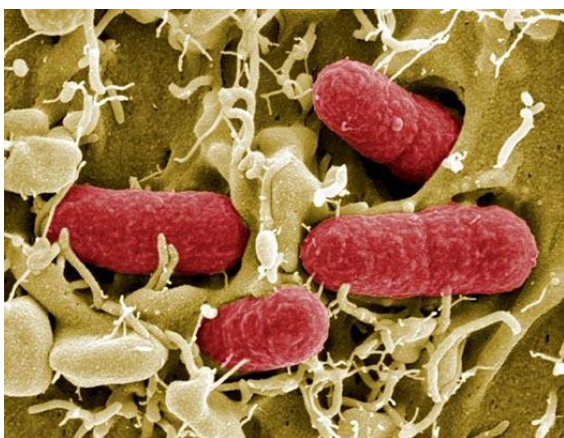
Mikroelementiem (jodam, bromam, boram, varam, svinam, cinkam, molibdēnam) ir liela bioloģiska nozīme. Pārsniedzot robežkoncentrāciju, mikroelementu iedarbība kļūst toksiska. Mikroelementu daudzums pazemes ūdeņos palielina granītu dēdēšanas produkti un jūras nogulumu sāļus. Būtiski ir noteikt mikroelementu koncentrāciju ūdeņos, lai sekotu, vai mikroelements nekļūst par makroelementu, izmainot ekoloģiskos procesus.

1.3.3. Dzīvo organismu klātbūtne

Dzeramais ūdens ir viens no iespējamiem inficēšanas avotiem ar patogēnajām baktērijām, vīrusiem, sēnītēm, viēšņu cistām un helmintu oļiņām.

Baktēriju šūnas 75 – 85% sastāv no ūdens, atlikušo daļu veido proteīni, ogļhidrāti, tauki, DNS un RNS. Attiecīgi 50, 10-30, 10-15 un 13-24% sausas baktērijas masai. Veiktie mikroorganismu uzskaites dati pazemes ūdeņos, parāda, ka sākot no 3 metru dziļuma, vienā

ml ūdens, tika konstatētas 10 000 līdz 500 000 sūnas. Tikai 1-5% šūnu bija nedzīvas, to limitējošais faktors – temperatūra (Ясовеев, 2002).



1. attēls. *Escherichia coli* baktērija (LETA/AFP)

Ūdens kontroles veikšanu apgrūtina tas, ka patogēno sugu skaits ūdenī var būt pārāk liels vai pārāk mazs, ka to klātbūtni nav iespējams noteikt ar esošajām metodēm. Šo apsvērumu dēļ ūdens kontroli veic, nosakot indikatororganismu daudzumu (tā klātbūtne liecina arī par piesārņojumu ar patogēnajiem organismiem). Par indikatororganismu Latvijā ir apstiprināta zarnu nūjiņa *Escherichia coli* (1. attēls) - fekālā piesārņojuma rādītājs, bet par palīgorganismu analīžu precizēšanai – enterokoku grupas baktērijas (Isidorova, 2010). Lai noskaidrotu ūdens sanitāro stāvokli, tiek noteikts *E. coli* baktēriju daudzums ūdens tilpuma vienībā (Maldavs, 1964).

Mērķis visām ūdens piegādēm – 100 ml ūdens jābūt nulle *E. coli* (Latvijas Vēstnesis, 2005-2011).

1.4. Pazemes ūdeņu piesārņojums

Par piesārņojumu sauc noteiktas ūdens īpašības vai īpašību kopumu, kas ietekmē vai izslēdz ūdens izmantošanu konkrētam mērķim (Kļaviņš, 2009). Bieži vien cilvēki, kas patērē avotu ūdeni, nav informēti, vai tas ir kvalitatīvs un normām atbilstošs. PVD kompetencē neietilpst avotu ūdens kvalitātes izvērtējums, atsevišķos gadījumos pašvaldības ir veikušas avotu ūdens ķīmiskā sastāva analīzes.

Tāpat avotu ūdens sistēma ir komplicēta un pakļauta piesārņojumam. Ievērojama ir antropogēnā ietekme, cilvēkiem veicot būvdarbus, lietojot minerālmēslus, nepareizi apsaimniekojot atkritumus, veicot citas nepārdomātas darbības, pazemes ūdeņi un avoti tiek piesārņoti.

Gruntsūdeņi ir mazāk ietekmējami no tiešo piesārņojuma avotu ietekmes, barjeras efektu nodrošina augsne un tās nepiesātinātā zona. Sagraujot šīs barjeras, piesārņojums var parādīties arī gruntsūdeņos (LR Veselības ministrija, 2011). Sevišķi nozīmīgi ir aizsargāt gruntsūdeņus no piesārņojums, jo ūdens aprites laiks aktīvās apmaiņas zonas pazemes ūdeņiem ir 200 – 300 gadi, kas salīdzinot, piemēram, ar upēm (12 dienas), ezeriem (7 gadi) ir ilgstošs process (Kļaviņš, 2009).

Apkārtējā vidē tiek izmesti apmēram 400 000 dažādu vielu, no šiem savienojumiem 1300 tiek atrasti apkārtējo ūdenstilpju ūdeņos (Семехов, 1991), šīs vielas nonāk arī pazemes ūdeņos un līdz ar to piesārņo arī avotu ūdeni.

Novērtējot pazemes ūdeņu piesārņojumu un tā intensitāti, jānosaka trīs robežlielumi: dabiskais fons, maksimālais dabiskais saturs - analīzes jutīgums un maksimālais dabiskais saturs - piesārņojuma robeža (Levins un Prols, 1997).

Latvijā tiek izdalīti trīs pazemes ūdeņu piesārņošanas veidi:

- Rūpniecības atkritumi – Latvijā galvenokārt sastāda ķīmiskie, kokapstrādes un pārtikas uzņēmumi, kur pārstrādes rezultātā rodas gan cietie, gan šķidrie atkritumi. Visbīstamākie ir šķidrie atkritumi, kuri caur augsnes virskārtu, kanalizāciju un grunti nokļūst pazemes ūdeņos (Семехов, 1991, 16. lpp). Arī Siguldas novada gruntsūdeņus ietekmē rūpniecības atkritumi, jo šajā teritorijā ir izvietoti kokapstrādes uzņēmumi SIA "Sigulda 98", SIA „Perfis”, SIA „Veseri”, pārtikas uzņēmums „Anatols”, kā arī „Līgatnes papīrfabrika”.

- Lauksaimnieciskās darbības atkritumi. Vieni no bīstamākajiem lauksaimnieciskās darbības atkritumiem ir lauksaimniecībā izmantojamās ķīmiskās vielas. Ir veikts pētījums, ka pie šādām noliktavām pazemes ūdeņu piesārņojums simtiem reižu pārsniedz noteiktās hlōrīdu savienojumu robežvērtības (Семехов, 1991). Siguldas novadā ir izvietoti tādi lauksaimniecības uzņēmumi kā z/s „Ezerkauliņi”, z/s „Zvirgzdi” un z/s „Pūpoli”.

- Mājsaimniecībā izmantotajiem atkritumiem. Mājsaimniecības radītie šķidrie atkritumi nonāk gan virszemes, gan pazemes ūdens krātuvēs, taču tie rada lielu piesārņojumu tikai tajos gadījumos, ja nav uzstādītas attīrīšanas iekārtas vai tās nedarbojas. Vislielāko kaitējumu no mājsaimniecībām nodara tieši cietie atkritumi, dažādas izgāztuves.

Pazemes ūdens tiek piesārņots arī ar atmosfēras nokrišņiem. Lai novērtētu, cik lielā mērā nokrišņi piesārņo pazemes ūdeņus, tiek veikts rūpīgs sniega un lietus monitorings. Sniega ķīmiskās analīzes tiek veiktas ziemas sezonas beigās pirms atkušņa sākuma. Procesā gaita ir sekojoša: ar alumīnija cilindru tiek iegūts paraugs visā sniega segas biezumā, polietilēna maisos to nogādā laboratorijās, kur veic hidroķīmiskās analīzes (Семехов, 1991, 27 lpp). Diemžēl Siguldas apkārtnē šādas analīzes nav veiktas un dati par piesārņojumu no atmosfēras nokrišņiem nav pieejami.

Piesārņotākie pazemes ūdeņi ir rūpnieciskās ražošanas teritorijās un atkritumu izgāztuvju rajonos. No rūpnieciskā objekta piesārņojums izplatās līdz pat 1500 metriem, piemēram, Getļinos 1991. gadā. Piesārņotājvielu izplatība gruntsūdeņos notiek ar ātrumu 10 – 60 metri/gadā, atkarībā no avota veida un emisijas apjoma (Семенов, 1991, 138 lpp). Pazemes ūdeņu piesārņojums ir apgriezti proporcionāls dziļumam.

Mikrobioloģiskā dzeramā ūdens kvalitāte piesaista lielu uzmanību visā pasaulē, jo šis piesārņojuma veids atstāj lielu iespaidu uz veselību. Īpaši satraucošs ir bioloģiskais ūdens piesārņojums jaunattīstības valstīs, piemēram, Sudānā. Trešo vietu starp 20 galvenajiem riska faktoriem jaunattīstības valstīs ieņem apgrūtināta veselības aprūpe dzeramā ūdens kvalitātes dēļ (Abdelrahman and Eltahir, 2011). Bakterioloģisko piesārņojumu izraisa mikrobi un baktērijas. Lai noteiktu ūdens sanitāro kvalitāti izmanto *Escherichia coli* testu.

Pazemes ūdeņu izpēte ietver vairākus darba etapus: datu vākšanu, metodikas izvēli, objekta topogrāfiskā plāna sastādīšanu, pazemes ūdeņu plūsmas virziena noteikšanu, novērošanas urbumu ierīkošanu (lai veiktu piesārņojuma orientējošo novērtējumu, pietiek ar četriem urbumiem), gruntsūdeņu paraugu ņemšanu, piesārņojuma izplatības noteikšanu un pazemes ūdeņu monitoringa sistēmas izveidi (Levins un Prols, 1997).

Avotu ūdeņi ir pakļauti ne vien piesārņojuma ietekmei, bet arī izžušanai. Cilvēku saimnieciskās darbības rezultātā, veicot lauku un mežu meliorāciju, daudzu avotu iztekas izzūst (Opmanis, 2005).

Lai mazinātu pazemes ūdeņu piesārņojumu, ir nepieciešamas dažādas izglītojošas reklāmas kampaņas par ūdens kvalitāti un aizsardzības būtiskumu. Lai novērtētu ūdens kvalitāti un tā atbilstību normatīviem, ir nepieciešams veikt teritorijas apsekošanas darbus. Nepieciešams noskaidrot piesārņojuma avotus, iemeslus un tam pakļautās teritorijas apjomu. Jābūt sistemātiskai kontrolei pār pazemes ūdeņu kvalitāti. Jāizstrādā rīcības plāni par pazemes ūdeņu piesārņojuma lokalizāciju vai likvidāciju.

1.5. Pazemes ūdeņu aizsardzības normatīvie akti

Pirmsākumi ūdeņu likumdošanā Latvijā iesniedzas viduslaikos, kad Vidzemes Bruņniecība izdeva „Dzirnavu likumus”, tie noteica dzirnavdīķu izveides pamatprincipus. Pirmais dokuments par ūdens izmantošanu un aizsardzību, ir 1972. gada LPSR „ŪDENS KODEKSS”, tas nosaka ūdens lietošanas un ūdens krātuvju ekspluatāciju, kā arī pārvaldi un kontroli ūdeņu izmantošanā (Semjonovs, 1997).

Latvijā prasības dzeramajam ūdenim definētas **LR ministru kabineta noteikumos nr.235**

„Dzeramā ūdens obligātās nekaitīguma un kvalitātes prasības, kontroles un monitoringa kārtība”, stājas spēkā 10.12.2000. Noteikumi attiecas uz virszemes un pazemes ūdeni, kurš neapstrādātā veidā vai pēc speciālas sagatavošanas paredzēts patēriņam cilvēku uzturā, izmantošanai mājtsaimniecībā, tirdzniecībai, kā arī izmantošanai pārtikas ražošanā (Latvijas Vēstnesis, 2005-2011).

Dzeramā ūdens monitoringu (kārtējo un auditmonitoringu) īsteno, regulāri laboratoriski pārbaudot dzeramo ūdeni, lai iegūtu informāciju par tā atbilstību vai neatbilstību šo noteikumu nekaitīguma un kvalitātes prasībām, kā arī par pārmaiņām dzeramajā ūdenī. Kārtējais monitoringa tik izmantots, lai iegūtu informāciju par dzeramā ūdens mikrobioloģiskajiem, organoleptiskajiem un fizikāli ķīmiskajiem rādītājiem, bet auditmonitorings, lai noteiktu, vai dzeramais ūdens atbilst visiem MK nr. 235 noteikumos noteiktajiem kvalitātes un nekaitīguma rādītājiem.

Dzeramais ūdens nedrīkst saturēt mikroorganismus, parazītus un vielas tādā skaitā vai koncentrācijā, kas rada draudus patērētāju veselībai. Dzeramā ūdens obligātās nekaitīguma un kvalitātes prasības noteiktas MK noteikumos nr. 235 1.pielikuma 1. un 2.punktā.

Tomēr dzeramā ūdens kvalitātes un nekaitīguma prasības neattiecas uz dzeramo ūdeni, ko iegūst no atsevišķām ieguves vai piegādes vietām, kuras izmanto mazāk par 50 personām, un kura piegādes apjoms nepārsniedz 10 m³ diennaktī (Latvijas Vēstnesis, 2005-2011).

Eiropas Padomes direktīva 98/83/EK (03.11.1998.) nosaka dzeramā ūdens kvalitātes noteikšanu, veicot dzeramā ūdens mikrobioloģiskās un ķīmiskās analīzes (Muceniece, 2011). Šīs direktīvas mērķis ir aizsargāt cilvēku veselību no jebkādas kaitīgas dzeramā ūdens piesārņojuma ietekmes, nodrošinot, ka tas ir pilnvērtīgs un tīrs. Pēc direktīvas 3. panta dalībvalstis no šīs direktīvas noteikumiem var atbrīvot (EurLex, bez dat.):

a) ūdeni, kas paredzēts vienīgi tādiem mērķiem, par kuriem kompetentās iestādes ir pārliecinājušās, ka ūdens kvalitāte tieši vai netieši nekādi neiespaido attiecīgo patērētāju veselību;

b) dzeramu ūdeni no atsevišķa piegādes objekta, kas piegādā vidēji mazāk par 10 m³ dienā vai apgādā mazāk par 50 personām, ja vien ūdens piegāde nav komerciāla vai sabiedriska darbība.

Ministru kabineta noteikumi Nr.118 „Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti”, stājas spēkā 04.04.2002. Nosaka kvalitātes normatīvus virszemes un pazemes ūdeņiem (Latvijas Vēstnesis, 2005-2011).

ES Direktīvas 2000/60/EC nosaka vadlīnijas, kas saistītas ar pazemes ūdeņu stāvokļa novērtējumu, aizsardzības un apsaimniekošanas prasību un programmu izstrādi.

Saskaņā ar **MK noteikumu Nr. 34** "Noteikumi par piesārņojošo vielu emisiju ūdenī" (grozīts ar MK 11.08.2009. noteikumiem Nr.897), operators, kas virszemes vai pazemes ūdeņos novada prioritārās vai bīstamās vielas, veic šo vielu emisijas monitoringu (Vides Aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija, 2006).

2. PĒTĪJUMA MATERIĀLS UN METODES

Darba gaitā tika veikta avotu ūdens ievākšana no astoņiem avotiem GNP teritorijā un Kaļķugravas avota (13 attēls). Visi izvēlētie avoti atrodas Siguldas apkārtnē.

Laboratoriskā pētījuma metodes tika veiktas:

1. Latvijas Universitātes Vides kvalitātes un monitoringa laboratorijā:

- spektrofotometriskā analīzes metode, lai noteiktu:

➤ **N-NO₃⁻**. Nitrātjoni tiek reducēti līdz nitrītajoniem, izmantojot metālisko Cd. Skābā vidē nitrītajoni reaģē ar sulfanilskābi, veidojot diazonija sāli. Šī sāls tālāk reaģē ar gentizīnskābi, veidojot dzeltenīgas krāsas savienojumus.

Šai metodei nepieciešami 25 ml parauga un Nitra Ver – 5 reaģents. Pēc 5 min mēra optisko blīvumu pret destilētu ūdeni, izmantojot metodi – 355, λ=500 nm (HACH, 1992).

➤ **N-NO₂⁻**. Ūdenī esošie nitrītajoni reaģē ar sulfanilskābi, kā starpproduktu veidojot diazonija sāli. Sāls tālāk reaģē ar hromotropskābi, veidojot rozā krāsas kompleksu savienojumu.

Šai metodei nepieciešami 25 ml parauga un Nitra Ver – 3 reaģents. Pēc 15 min mēra optisko blīvumu pret destilētu ūdeni, izmantojot metodi – 371, λ=507 nm (HACH, 1992).

N-NO₃⁻ un N-NO₂⁻ analīzes ir nozīmīgas, lai noteiktu ūdens pielietošanas iespējamību saimniecībā un izmantošanai par dzeramo ūdeni (Ясовеев, 2002).

➤ **N-NH₄⁺**. Amonija daudzums paraugā tiek noteikts, lietojot Neslera reaģentu (HgI₂ x 2 KJ). Neslera reaģents ar amoniju veido savienojumu, kas ir dzeltenīgā vai brūngani dzeltenīgā krāsā.

Šai metodei nepieciešams 25 ml parauga x 5, jo tiks veiktas atkārtotas analīzes vienam paraugam, 0.5 ml Segneta sāls un 1 ml Neslera reaģents. Pēc 10 minūtēm kolorimetrē, λ= 420 nm.

$$\text{NH}_3 + 2 (\text{HgI}_2 \cdot 2 \text{KI}) + 3 \text{KOH} \rightarrow \text{Hg}_2\text{NH}_2\text{OI}\downarrow + 7 \text{KI} + 2 \text{H}_2\text{O}$$
 (APHA, AWWA, WPFC, 2005).

➤ **P-PO₄³⁻**. Polihetero fosformolibdenskābe skābā vidē kālija – antimona tartrāta klātbūtnē tiek reducēta ar askorbīnskābi līdz fosfora – molibdēna kompleksam zilā krāsā.

Šai metodei nepieciešams 50 ml x 5 parauga, 0.05 ml fenolftaleīna indikatīrs, ja parādās sarkans krāsojums – pievieno 5N H₂SO₄, 8 ml kombinētā reaģenta. Pēc 15 min. Tik mērīta gaismas absorbcija pie λ= 880 nm (APHA, AWWA, WPFC, 2005).

➤ **Si**. Metode balstās uz Si savienojumu īpašību skābā vidē veidot ar amonija molibdātu heteropoliskābi. Šai metodei nepieciešams 25 ml x5 parauga, 1 ml HCl un 1.5 ml

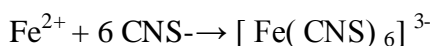
10% amonija molibdāta. Pēc 15 min mēra optisko blīvumu pie $\lambda = 420$ nm pret destilētu ūdeni (APHA, AWWA, WPFC, 2005).

➤ **SO₄²⁻**. Metode balstās uz to, ka sulfātionī ar bārija joniem veido duļķainu šķīdumu, jo BaSO₄ ir nešķīstošs.

Nepieciešams – 25 ml x 5 parauga, 2.5 ml kondicionētais reaģents un skalpeļa gals BaCl₂. Pēc 5 min. Kalorimetrē pret destilētu ūdeni, izmanto 680 metodi, $\lambda = 450$ nm (APHA, AWWA, WPFC, 2005).

➤ **Fe³⁺**. Metode pamatojās uz trīsvērtīgās dzelzs īpašību skābā vidē ar rodanīdjoniem veidot sarkanas krāsas dzelzs rodanīdu.

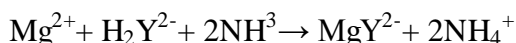
Nepieciešams – 25 ml x 5 parauga, 1 ml koncentrētas sālskābes, 0.5 g amonija persulfāta, 1.5 ml amonija rodanīda. Pēc 15 min. mēra sorbciju attiecībā pret destilētu ūdeni, $\lambda = 530$ nm (APHA, AWWA, WPFC, 2005).



- titrimetrija, lai noteiktu:

➤ **kopējo cietību ar triljonu B**. Kopējās cietības noteikšanai ūdens paraugu titrē ar triljonu B (0,018 mol/l) amonija buferšķīduma klātienē (pH ap 10). Kā indikatoru izmanto eriohrommelno. Titrēšanas sākumā ar kalcija un magnija joniem reaģē trilons B, pēc tam tiek noārdīts komplekss MgEr⁻ (APHA, AWWA, WPFC, 2005).

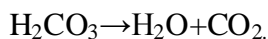
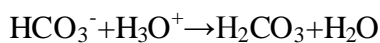
Nepieciešams – 20 ml x 5 parauga, 50 ml destilēts ūdens, 2 ml buferšķīdums, eriohrommelnais. Titrē līdz krāsa mainās no vīnsarkana uz zilu.



➤ **Ca²⁺**. Par indikatoru tiek izmantots mureksīds. Ja analizējamo ūdeni titrē ar Trilonu B, tas saista kalcija jonus, sašķeļot kalcija – mureksīda savienojumu. Titrēšanas beigās parauga krāsa mainās no sarkanas uz violetu.

Nepieciešams – 20 ml x 5 parauga, 50 ml destilēta ūdens, 1 ml NAOH (30%) un mureksīds (APHA, AWWA, WPFC, 2005).

➤ **HCO₃⁻**. Cietību, nosaka skābes titrēšana (Boaventura and De Freitas, 2006). Paraugs tiek titrēts ar 0,1 M sālskābi, kā indikatoru izmantojot metiloranžu, līdz krāsa mainās no dzeltenas uz oranžu. Nepieciešams – 50 ml x 5 parauga, 5 pilieni metiloranža.



➤ **Cl⁻**. Paraugs tiek titrēts ar sudraba nitrātu, kas, reaģējot ar hlorīdjoniem, veido baltas, mazšķīstošas sudraba hlorīda nogulsnes. $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}\downarrow$. Par indikatoru tiek izmantots

kālija hromāts, tāpēc, titrējot sudraba nitrāta pārākumā, veidojas sarkanās krāsas sudraba hromāts $\text{CrO}_4^{2-} + 2 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4\downarrow$. Nepieciešams – 50 ml x 5 parauga un 1 ml K_2CrO_4 (APHA, AWWA, WPFC, 2005).

➤ Mg^{2+} koncentrāciju aprēķina kā starpību starp kopējās cietības vērtību un kalcija koncentrāciju.

• ar pH metru tiek noteikts parauga pH, bet ar konduktivitātes mērītāju – elektriskā vadītspēja (EC). EC ir kopējo izšķīdušo daļiņu daudzums ūdenī (Todd and May, 2005). Kopējo mineralizāciju (TDS) var aprēķināta pēc EC rezultātiem. (Kunwar et al., 2006).

2. Latvijas Universitātes Iežu pētījumu laboratorijā:

➤ Katjoni - K^+ , Na^+ tika noteikti ar liesmas emisijas spektrometriju. Starojuma absorbcija tiek mērīta pie viļņu garuma 589,0 nm nātrijam un 766,5 nm kālijam (Pastare u.c., 2007). Mērīšana tika veikta ar PerkinElmer AAnalyst, 200 gaisa - C_2H_2 liesmā. Jonizācijas kontrolei šķīdumiem tika pievienots CsCl līdz 0,1% Cs.

3. Latvijas Universitātes Ķīmijas fakultātes Analītiskās ķīmijas laboratorijā:

Mikroelementu klātbūtne tika noteikta ar induktīvi saistītās plazmas spektrometriju (ICP-AES). Metodes pamatā ir induktīvā plazma, kuru iegūst, jonizējot argonu ar radiofrekvences starojuma jaudu. Metālisko elementu atomi jonizējas un emitē noteiktu līnijaspektru (Pastare u.c., 2007).

4. Bakalaura darba izstrādē tika izmantotas vairākas iegūtu datu analīzes metodes:

Lauku darbos iegūtie dati tika apkopoti un ar MS Excel datorprogrammu tika veidotas diagrammas, ar AquaChem 3.7.42 programmu - Paipera diagrammas, bet izmantojot ArcMap, tika veikta kartogrāfiskās informācijas attēlošana. ArcMap nepieciešamais plaknes koordinātu formāts tika iegūts izmantojot NeoGeo koordinātu kalkulatoru. Ar šī kalkulatora palīdzību tika pārveidotas ģeodēziskās koordinātas uz plaknes koordinātām.

Kamerālais posms ietvēra arī datu analīzi. Klāsteranalīze tika veikta izmantojot „vārda pēc līdzības” metodi ar PS-ORD; distances – Eiklīda. Šīs metodes mērķis ir klasificēt datu kopu apakšgrupās jeb klāsteros. Katrā klāsterī tiek apvienoti savstarpēji visciešāk saistītie objekti. Klāsteranalīzes rezultāts – dendrogramma sniedz informāciju par objektu savstarpējo līdzību vai atšķirību (Strazdiņa, bez dat.).

Tika veikta arī galveno komponentu analīze. Tā atklāt pazīmju korelāciju, galveno faktoru ietekmes īpatsvarus pazīmju kopējā variācijā. PCA dod iespēju izpētīt ne tikai mainīgo, bet arī objektu izvietojumu galveno faktoru asīs. Iegūtais rezultāts tiek interpretēts kā leņķis starp vektoriem, kas raksturo mainīgās. Katram mainīgo pārim atbilst sava koordinātu sistēma. Jo leņķis šaurāks, jo ciešāka korelācija (Melecis, 2009).

3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

3.1. Siguldas apkaimes ģeoloģiskais raksturojums

Gaujas ieleja un tās apkārtnē ap Siguldu atrodas Vidzemes centrālās augstienes nogāzē. Siguldas apkārtnē sastopami fluvioglaciālie nogulumu (ap Inčukalnu), tie sastopami gan pauguros gan līdzenumos. Šajos nogulumos vērojams dažāda raupjuma un petrogrāfiska sastāva kārtots materiāls, kuros bieži sastopams arī pārslāņota pamatiežu materiāls (Majore, 1952).

V. Pērkonis limnoglaciālos nogulumus ir konstatējis Gaujas senlejas ģeoloģiskajos griezumos pie Siguldas. Savukārt kvartāra nogulumu biežākā vai plānākā nogulumu slāņa veidā sedz Gaujas ieleju un tai piegulošos pamatkrastus. Kvartāra nogulumos var vērot arī pēdējā apledojuma glaciālos, fluvioglaciālos un limnoglaciālos, kā arī iepriekšējā apledojuma vai nenoteikta vecuma glaciālos un fluvoglaciālos nogulumus. Glaciālie nogulumu Siguldas tuvumā uzrāda nešķīrotu akmeņainu mālu rūsganā krāsā ar smilts piejaukumu (Majore, 1952).

Gaujas baseinā ir konstatēti 9 pazemes ūdens horizonti, no kuriem divi ir kvartāra ūdens horizonti, pārējie 7 devona pazemes ūdens horizonti. Abiem kvartāra ūdens horizontiem raksturīgs notekūdeņu pieplūdums, kas mazina ūdens kvalitāti un to pielietošanu ūdens apgādē. Kvartāra nogulumu horizonta ūdeņi pieder pie vismazāk mineralizētajiem ūdeņiem Gaujas baseinā, to kopējā cietība vienmēr ir mazāka par 10° pēc vācu cietības skalas. Piemēram, Viļumu muižas avots Gaujas labajā krastā, Lorupes dzirnavu avots.

Devona nogulumu ūdens horizonta ūdeņi ir mēreni cieti vai cieti. Šo nogulumu ūdeņi Siguldas apkārtnē ir vairāk mineralizēti nekā Gaujas baseina visusdaļā. Šajos ūdeņos ir mazs Cl, SO₄⁺ jonu daudzums. Piemēram, Paideru dzirnavu avots, Cepļišu muižas avots.

Augšdevona Ogres un Katlešu svītas pazemes ūdeņu horizonta ūdeņi ir vidēji mineralizēti, Fe = 1 mg/l. Ūdeņi ir mēreni cieti. Šo horizontu veido nevienmērīgi ieži: māls, aleirīts, smilšakmens, dolomīts. Tā biežums vidēji ir 52,2 metri, īpatnējais debīts nepārsniedz 1,5 – 2,0 l/s. Šis horizonts tiek izmantots Jelgavas centralizētajā ūdensapgādē (Silgaile, 2001).

Augšdevona Daugavas svītas ūdeņu pazemes horizonta ūdeņu mineralizācija ir lielāka nekā Ogres un Katlešu svītas ūdeņiem, arī Fe daudzums ir lielāks (2,2-2,4 mg/l, aku ūdeņos vienmēr > 1 mg/l). Tie satur lielāku sulfātu daudzumu, kas skaidrojams ar Salaspils svītas ūdeņu pieplūdumu.

Augšdevona Salaspils svītas ūdeņu pazemes horizontam piederoši avoti Gaujas baseinā nav konstatēti, bet augšdevona Pļaviņu svītas ūdeņu pazemes horizonta mineralizācija ir līdzīga Daugavas svītas pazemes ūdeņiem, dzelzs daudzums mazāks nekā Daugavas svītā un svārstās 0-0,2 mg/l. Nitrātu daudzums ir mazs.

Vietās, kur Pļaviņu svītas dolomīti iegul zem kvartāra nogulumiem, vērojams notekūdeņu pieplūdums, tas mazina ūdens kvalitāti. Šīs svītas ūdeņiem sulfātujonu daudzums ir lielāks nekā Daugavas svītas ūdeņiem, un tie ir mēreni cieti. GNP teritorijā ir pārsvarā Pļaviņu horizonta pazemes ūdeņi. Augšdevona Pļaviņu – Daugavas svītas ūdens komplekss dod 12,9 % no kopējā patērētā ūdens daudzuma (Levina, 1997).

Vidējā un augšdevona Arukilas-Amatas ($D_{2-3ar-am}$) ūdens komplekss, dod ~ 39,3% no kopējā patērētā ūdens daudzuma. Kompleksu veido litoloģiskā ziņā vienvēidīgi vidusdevona Arukilas un Burtņieku un augšdevona Gaujas un Amatas horizontu nogulumi – smilšakmeņu, mālu un aleirolītu slāņu mija. Horizonta biezums ir ap 200 metriem, pazemes ūdens līmenis ir 15 – 100 metru dziļumā, īpatnējais debīts 1,0 līdz 5,0 l/s (Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija, 2000). Kompleksa ūdeņi pēc ķīmiskā sastāva ir hidroģēnkarbonātu kalcija tipa ar mineralizāciju 0,2 – 0,5 g/l, bet centrālo rajonu rietumdaļā sastopami arī sulfātu kalcija tipa ūdeņi, kuru mineralizācija (saistībā ar pārteci caur ģipsi saturošajiem slāņiem) ir 0,5 – 1,5 g/l (Silgaile, 2001).

Augšdevona Amatas smilšakmeņu ūdens horizonts, ūdeņu mineralizācija ir mazāka nekā pārējo devona ūdeņu horizontu ūdeņiem, un tie ir vidēji cieti ar mazu ūdens krājumu. Piemēram, mazās Ellītes alas avots, Ķempju muižas avots, avots pie Cēsniņu muižas.

Augšdevona Gaujas svīta cikla smilšakmeņu ūdens horizonts, šī ūdens horizonta ūdeņi ir vairāk mineralizēti nekā augšdevona Amatas svītas smilšakmens ūdeņi, arī Fe daudzums tajos ir lielāks. Šī horizonta ūdeņus var dalīt 3 grupās: mīkstie ūdeņi (cietība $<8^{\circ}$, vismazākais Fe daudzums jeb 0,57 mg/l); mēreni cietie ūdeņi (lielākais vairums Gaujas svītas pazemes ūdeņu Gaujas baseinā, Fe daudzums lielāks jeb 0-5 mg/l); cietie ūdeņi, kuri avotos un akās sastopami reti un parasti ir dziļāko subhorizontu ūdeņi.

Vidusdevona Burtņieku cikla smilšakmeņu ūdens horizonts, mineralizācija līdzīga vidsudevona Gaujas horizontam, Fe daudzums mazs 0-0,2 mg/l, nitrātus parasti nesatur, SO_4^{+} jonu daudzums mazs, mēreni cieti. Kvalitāte ļoti laba (Matisone, 1948).

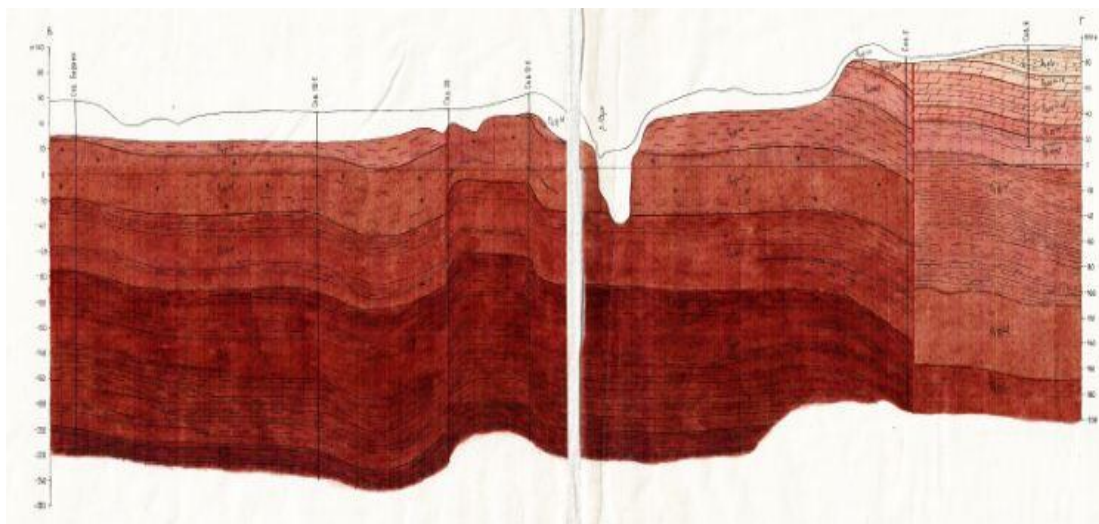
Starp virszemes un pazemes ūdeņiem ir tiešā hidrauliskā saikne, tādēļ Gauja baro pazemes ūdeņus. Līdz ar to ir pieļaujams, ka šie pazemes ūdeņi ir nepietiekami bioloģiski attīrīti. Lai avots būtu tīrs, tam būtu jāatrodas 100 – 150 metrus no upes (Колоколов, 1972).

Dziļās upes ietekas un tiem pieguļošās kraujas atklāj un drenē ūdens nesošo horizontu, tādēļ uz kraujām un pakājēm ir liels daudzums gan pazemes, gan virszemes avotu. Atsevišķās nogāžu vietās ūdens formēšanā piedalās Pļaviņu svītas dolomīti. Visi šie ģeoloģiskie atsegumi tika ietekmēti dažādu ģeoloģisko procesu gaitā, tas ietekmēja dziļu upju ieleju veidošanos. Zem filtrējošo pazemes ūdeņu straumēm notika izskalošana un sairšana jeb sufozijas process.

Sufozijas procesa rezultātā izveidojās alas, tajā skaitā arī Gūtmaņu ala ar tajā esošo avotu (Страуме и др., 1981).

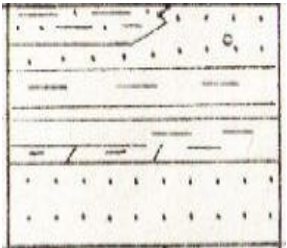
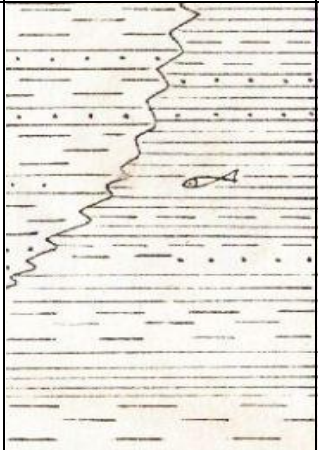
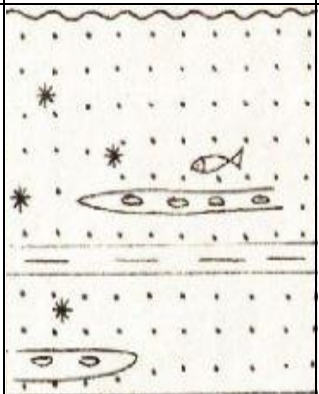
Pirmskvartāra ģeoloģiskās kartes griezumšniedz informāciju par nogulumiem, kas ir veidojušies pirms kvartāra. Griezums sniedz informāciju par iežu sagulumu. Pirmskvartāra nogulumu gruntsūdeņu sastāvu būtiski neietekmē. 2. attēlā redzams, ka darba gaitā analizēto avotu teritorijā sastopami sešu veidu pirmskvartāra nogulumu tipi: D_{3am} (~20 m) – sastopams no Gaujas attālāko avou teritorijās, piemēram Krimuldas pagastā esošā Lielā akmens avota; Līdumnieka avota teritorijās, D_{3gj^{ld}} (~20 m), D_{3gjst} (~40 m), D_{2br} (~ 40 m), D_{2ar} (~120 m), D_{2nr} (~ 20 m). Horizontu detalizētu raksturojumu skatīt 3.1. tabulā.

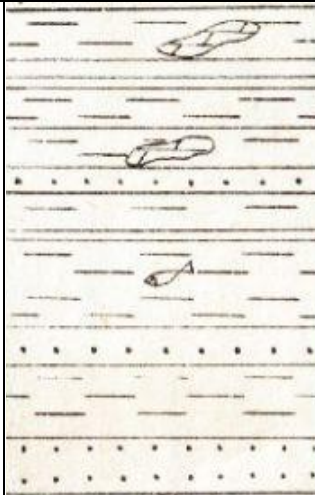
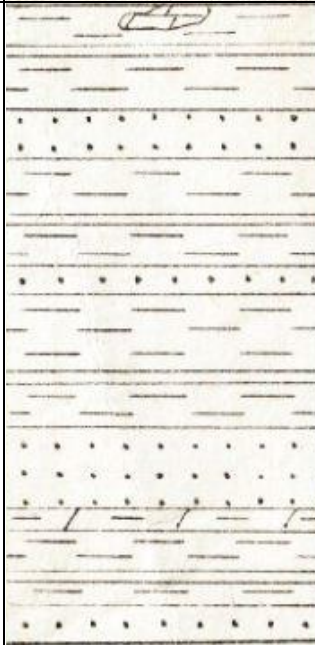
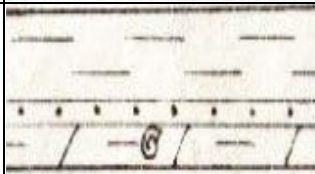
Pazemes ūdeņu plūsmas virziens ir vērsts uz Gauju, to raksturīgie līmeņi Gaujas ielejas nogāzēs ir 15 metri virs jūras līmeņa. Šīs plūsmas drenē visu Gaujas horizontu (Rubens, 1981).



2. attēls. Pirmskvartāra nogulumu kartes ģeoloģiskais griezumšniedz pa B-G līniju (Bendrupe un Arharova, 1981).

Siguldas apkārtnes pirmskvartāra ģeoloģiskais raksturojums (izstrājis autore, izmantojot
pirmskvartāra nogulumu ģeoloģisko karti, 2012)

Sistēma	Nodala	Indekss		Iežu raksturojums
Devons	augšdevons	D ₃ am		Amatas svīta. Smilšakmens baltā un gaišā nokrāsā ar izteiktiem aleirolīta slāņiem, mālu, smilšakmeni, karbonātiem un <i>Psammolepis undulate</i> Ag., <i>Devononchus concinnus</i> Gross, <i>Laccognathus panderi</i> Gross.
		D ₃ g ^{id}		Gaujas svīta. Sarkanīgs aleirolīts, smilšakmeņi. Austrumu daļā slāņiem pelēki, mazšķīstoši māli un zaļpelēki smilšakmeņi ar maziem <i>Asterolepis ornata</i> Eichw., <i>Laccognathus panderi</i> Gross, <i>Panderichtys rhombolepis</i> Gross.
		D ₃ g st		Gaujas svīta. Gaišs smilšakmenis. Kvarcs ar retiem aleirolīta slāņiem, konglomerāta lēcām un <i>Asterolepis ornate</i> Eichw., <i>Laccognathus panderi</i> Gross, <i>Psammolepis paradoxa</i> Ag. <i>P. alata</i> Gross, <i>Glyptolepis bactica</i> Gross, <i>Ganostems steilatus</i> Rohon.

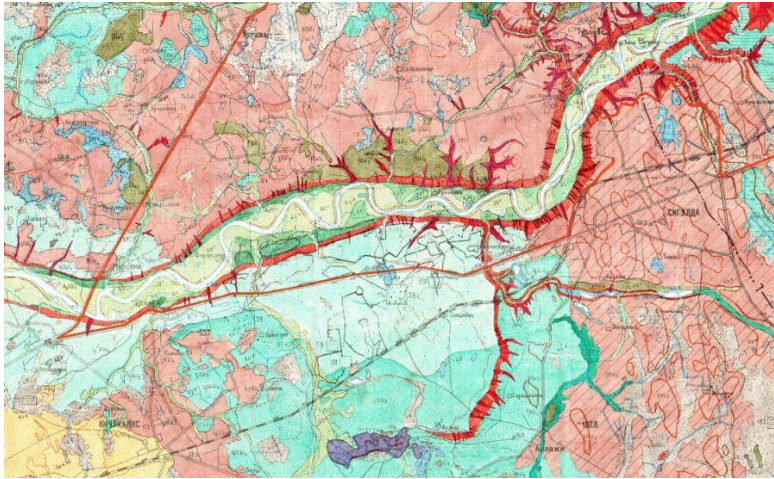
vidusdevons	D ₂ br		Burtnieku horizonts. Burtnieku svīta. Sarkani kamolveida aleirolīti ar karbonātiem, blīvi māla aleirolīti, nošķelīt slāņains smilšakmens, aleirolīta māls ar <i>Asterolepis dellei</i> Gross.
	D ₂ ar		Arukilas horizonts. Arukilas svīta. Sarkans kamolveida aleirolīts ar karbonātiem. Blīvi karbonātiski aleirolīti, slāņains smilšakmens, karbonātisks māls un dolomītmerģelis.
	D ₂ nr		Narvas horizonts. Narvas svīta. Dažādu nokrāsu karbonātiski aleirolīti, smilšakmeņi, dolomītmerģelis.

Pirmskvartāra iežiem uzguļ kvartāra nogulumu. Analizējot kvartāra nogulumu karti (3.attēls), tika konstatēts, ka pētāmo avotu teritorijā galvenokārt sastopami:

- glaciģenie nogulumu gQ3ltv, tos veido mālsmiltis un smilšmāls, kā arī laukakmeņi;
- aluviālie nogulumu aQ4 un aQ3ltv, tos veido smiltis un grants. No ūdensapgādes viedokļa šie ir nozīmīgākie kvartāra nogulumu pazemes ūdeņu horizonti (Dēliņa, 2007, 12.

lpp);

- deluviālie nogulumu dQ3ltv dQ4 – smiltis, grants un mālsmiltis;
- proluviālie un deluviālie nogulumu pQ3ltv pQ4, kurus galvenokārt veido smiltis, grants un mālsmiltis.



3. attēls. Kvartāra nogulumu ģeoloģiskā karte Siguldas apkārtņē (Zīverts un Arharova, 1981)

3.2. Pētāmo avotu apkārtnes raksturojums

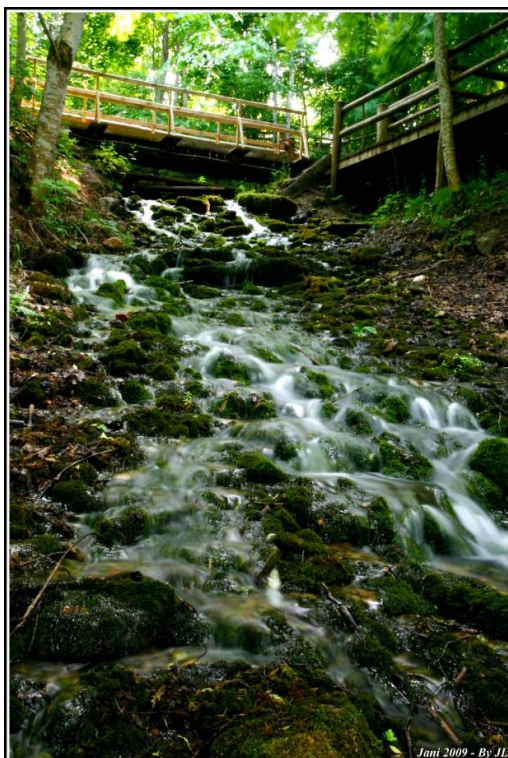
Darbā tika apskatīti deviņi Siguldas apkārtņē esoši avoti. Visi avoti atradās relatīvi tuvu viens otram, skat. 13. attēlu, saīsinājumu atšifrējumus skat. 1. pielikumā. Atrašanās vietas tika izvēlētas gan mežos (piemēram, Līdumnieku un Kāpjošie Silzemnieku avoti), gan antropogēnās darbības teritorijās (Kaķīskalna un Gūtmaņu alas avoti). Izvietojums ļauj izvērtēt, vai relatīvi tuvu esošu avotu ūdens sastāvs ir līdzīgs un kādi ir atšķirību ietekmējošie faktori.

Paralēli avotu izpētei, tika analizētas sešas aku pases laika posmam no 1959. līdz 1984. gadam, kuras sniedz vēsturisku informāciju par ķīmisko sastāvu un ģeoloģisko uzbūvi. Akas, tika izvēlētas, lai tās atrastos tuvumā Siguldas apkārtnes avotiem. Tika apskatīti arī vēsturiskie Saltavota, Gūtmaņu alas, Kaļķu gravas avotu ķīmisko elementu radītāji.

- Kaļķu gravas avotam (4. attēls) tika veiktas ikmēneša ķīmiskās analīzes, lai interpretētu avotu ūdens ķīmiskā sastāva mainību pa mēnešiem. Pirmā paraugu ievākšana - 2011. gada 9. jūnijā, paraugu iegūšana tika veikta 11 mēnešu garumā.

Kaļķu gravas avotā iztek 7 - 14 avoti atkarībā no ūdens daudzuma. Desmit avoti iztek pa dolomīta plaisām, pārējie - no smilšakmeņa. Saplūstot vienā kaskādē, tie izveido nelielo Dzirnavezeriņu.

Kaļķu gravas avoti atrodas ~ 10 metru attālumā no Siguldas. Tuvumā atrodas apdzīvota vieta Stīveri. Šos avotus neietekmē autotransports, bet ietekmē tuvumā esošā daudzstāvu māja un mazdārziņi. Šo vietu ir iecienījuši tūristi un vietējie iedzīvotāji, kuri ūdeni lieto ikdienas vajadzībām. Kopumā antropogēnā ietekme uz avotu nav būtiska.



4. attēls. **Kaļķu gravas avots** (J. Lazda, 24.06.2009)

- 20.07.2011 plkst. 11:30 tika ievākti paraugi no Kaķīskalna avota (5. attēls), kurš iztek no Gaujas kreisā krasta nogāzes. Avots atrodas uz valsts zemes, Siguldas pilskalnā. Vasaras līmenī tas atrodas 8 metrus no ūdens virsmas. Debits ir neliels, tas nemainās pa mēnešiem un gadiem. Avota ūdeni visbiežāk lieto laivotāji, vietējie iedzīvotāji nav iecienījuši, jo reti kurš zina par avotu. Tas ir izolēts no tiešas antropogēnās ietekmes, bet pastāv piesārņojuma risks no netālu esošā Siguldas centra.



5. attēls. **Kaķīskalna avots** (A. Keplere, 20.07.2011)

- 20.07.2011. plkst. 12:45 ievākti paraugi no Lielā akmens avota (6. attēls). Avota nosaukums ir dots par godu Lielajam akmenim, pie kura atrodas minētais avots. Tas iztek no senkrasta nogāzes 80 m no Gaujas labā krasta, 10 m no Lielā akmens avota. Tas atrodas Krimuldas pagastā uz valsts zemes. Debits pa mēnešiem un gadiem nemainās.



6. attēls. **Lielā akmens avots** (A. Keplere, 20.07.2011)

- 20. jūlijā, plkst. 13.20 tika apskatīts Līdumieku avots (7. attēls), nosaukums dots par godu „Līdumnieku” mājai, tas atrodas uz valsts zemes 300 m uz dienvidiem no šīs lauku viensētas. Avots atrodas ~ 1 km no Gaujas gravas ziemeļu nogāzes, izveidojies ap 100 m garu sāngravu un iztek no klintsakmens. Pēdejo 15 – 20 gadu laikā avots ir izveidojis sufozijas alu, kuras ieeja pašlaik ir ~ 3m augsta. Avota debīts ir ļoti mainīgs, pirms 10 gadiem bija daudz lielāks. Ūdenim ir dzelzs piegārša. Lai piekļūtu šim avotam, bija jāšķērso mežs un brikšņi, tas liecina par tā izolētību no pilsētas, saimnieciskās, rūpnieciskās darbības ietekmējošiem faktoriem.



7. attēls. **Līdumnieku avots** (A. Keplere, 20.07.2011)

- Krimuldas pagasta Gaujas kreisā krasta palienes vecupē atrodas kāpjošie Silzemnieku avoti (8. attēls). Nosaukums dots par godu tuvumā esošajai "Silzemnieku" mājai. Paraugi no šī avota tika ievākti 08.08.2011. plkst. 12.00. Kāpjošie avoti atradās meža vidū, tos apskalo dzidrs ūdens.



8. attēls. **Kāpjošie Silzemnieku avoti** (A. Keplere, 08.08.2011)

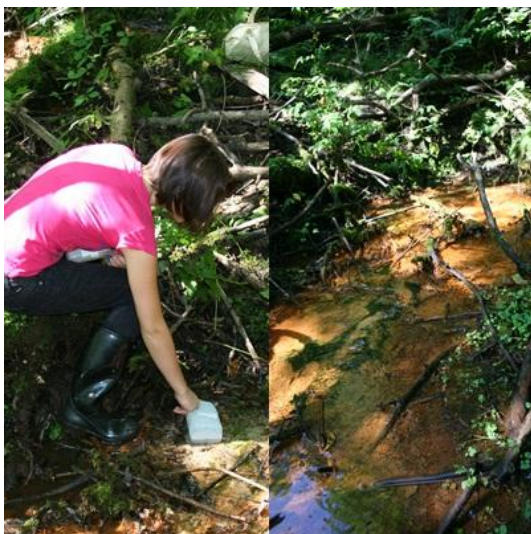
- 08.08.2011. plkst. 12.30. tika ievākti ūdens paraugi no Laurenču avota (9. attēls). Šis avots atrodas uz Siguldas novada valsts zemes. Tas tek pa Gaujas senkrasta nogāzes vidusdaļu. Avota ūdeni lieto vietējie iedzīvotāji, kuri pat ir ierīkojuši speciālu cauruli, lai atvieglotu ūdens ieguvī. Uz avotu ir iestaigāta taciņa, kas liecina par tā apmeklētību.



9. attēls. **Laurenču avots** (A. Keplere, 08.08.2011)

- Bebru takas avota (10. attēls) paraugi tika ievākti 8. augustā plkst. 13.00. Šis avots atrodas Gaujas labā krasta vecupes ziemeļu senkrasta nogāzes piekājē. Bebru takas avotu

ietekmē Siguldas centra tuvums un plūsmas apjoms ir mainījies bebru darbības rezultātā, traucējot dabisko meža augšanas gaitu.



10. attēls. **Bebru takas avots** (A. Keplere, 08.08.2011)

Gūtmaņu alas avots (11. attēls) iztek no smilšu spraugas. Šo avotu ietekmē tūristu un vietējo iedzīvotāju aktīvā darbība, kā arī lielceļa tuvums.



11. attēls. **Gūtmaņu alas avots** (A. Keplere, 08.08.2011)

- Saltavots (12. attēls) pie Siguldas ir augšdevona Pļaviņu svītas dolomītu pazemes ūdeņu avots. Tas atrodas tuvumā lielceļam, vietējie iedzīvotāji patērē Saltavota ūdeni.



12. attēls. **Saltavots** (N. Keplere, 08.08.2011)



Apzīmējumi

- | | | |
|------------|-----------------|---------|
| ● avoti | — autoceļi | ○ ezeri |
| ● pilsētas | - - - dzelzceļš | ○ purvi |
| ● ciemi | — upes | ○ meži |

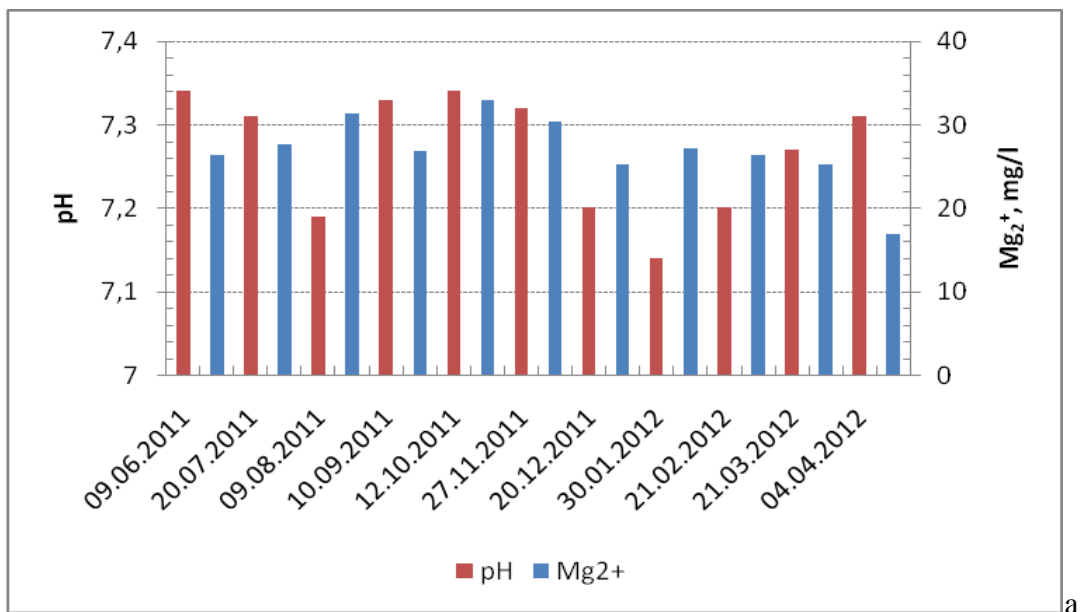
13. attēls. Siguldas apkārtnes avotu ģeogrāfiskais izvietojums (izstrādājusī autore, 2012)

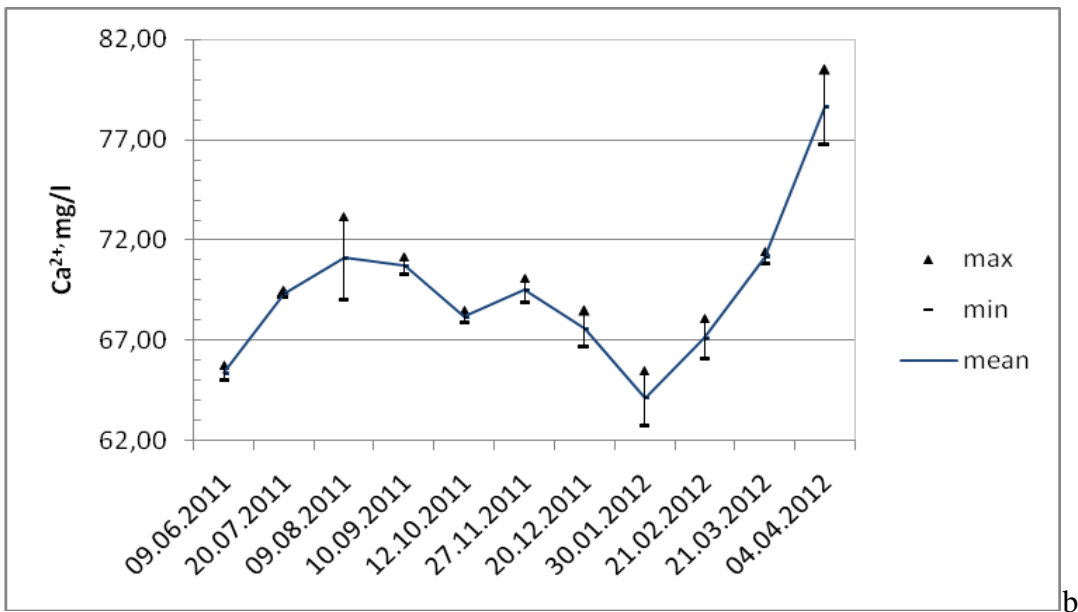
3.3. Kalķu gravas avota ūdens ikmēneša analīžu izvērtējums

pH vērtības (14. attēls) Kalķu gravas avotos ir robežās no 7,14 (30.01.2012) līdz 7,34 (09.06.2011 un 12.10.2011), tas nozīmē, ka ūdeņi ir sārmaini (14. attēls). pH vērtības atbilst normatīvajos aktos (MK Nr.235) noteiktajām dzeramā ūdens pH vērtībām, kas ir robežās no 6,5 līdz 9,5.

Kalcija vērtības variē no 64,13 mg/l (30.01.2011) līdz 78,64 mg/l (04.04.2012). Koncentrācijas pieaug pēc ziemas mēnešiem, kad tās bija samazinājušās saistībā ar temperatūru pazemināšanos. Zemās temperatūras samazina iežu šķīdību, kas ir magnija un kalcija galvenie avoti pazemes ūdeņos.

Magnija koncentrācijas (14. attēls) variē no 16,81 mg/l (04.04.2012) līdz 32,93 mg/l (12.10.2011). Arī magnija koncentrācija nedaudz pazeminās tieši aukstajos mēnešos, bet vērtības ir mazāk variējošas, salīdzinot ar kalciju. Latvijā nav noteiktas robežkoncentrācijas šiem joniem.

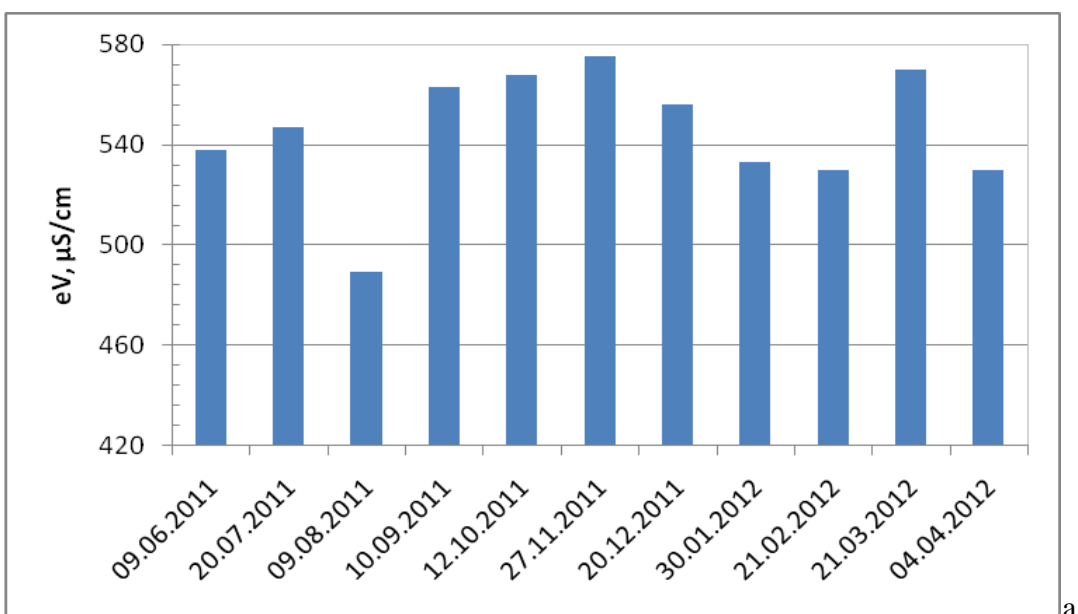


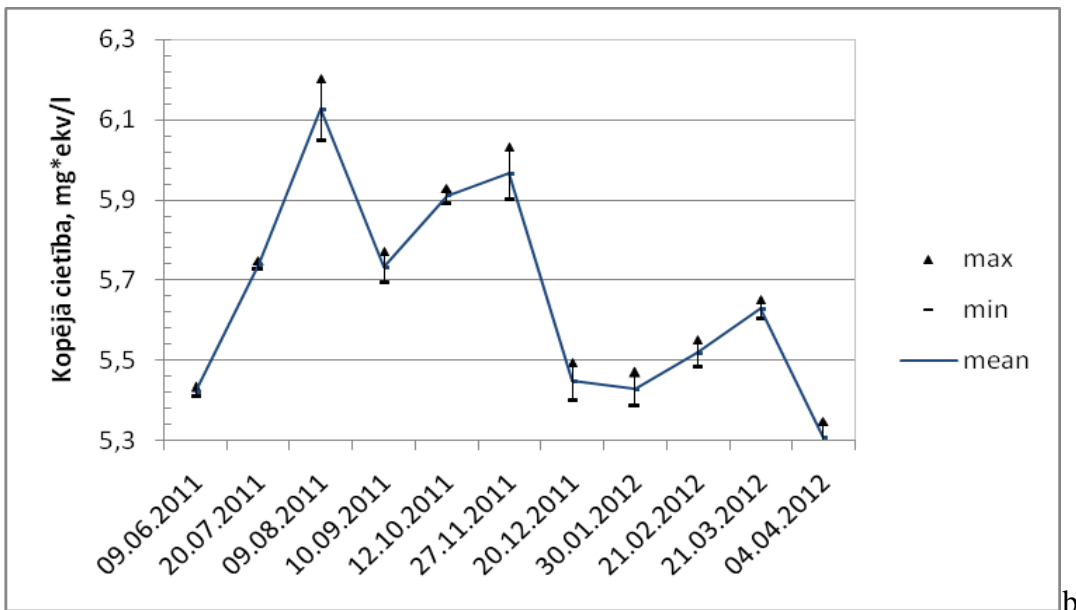


14. attēls. Kopējā magnija jonu, pH (a) un kalcija jonu (b) saturs mainība Kaļķu gravas avotā (09.06.2011 – 04.04.2012) (izstrādājusi autore, 2012)

15.attēlā redzams, ka elektrovadītspējas variācija ir no 489 $\mu\text{S/cm}$ (09.08.2011) līdz 575 $\mu\text{S/cm}$ (27.11.2011). Dzeramā ūdens rekomendējamā elektrovadītspēja ir no 300 līdz 500 $\mu\text{S/cm}$. Tikai augustā netika pārsniegta MK Nr. 235 noteiktā rekomendējamā vērtība, bet nevienā mēnesī netika pārsniegta robežkoncentrācija, kas ir 2500 $\mu\text{S/cm}$.

Ūdens kopējo cietību veido kalcija un magnija jonu saturs ūdenī, jo vairāk šo elementu ūdenī, jo lielākā cietība. Viscietākais ūdens Kaļķu gravas avotā bija augustā – 6,1 mg*ekv/l (15. attēls), kad tika novērotas salīdzinoši augstas magnija un kalcija jonu vērtības (14. attēls). Ūdens cietības pieļaujamā robežkoncentrācija ir 7 mg*ekv/l, tā netika pārsniegta.



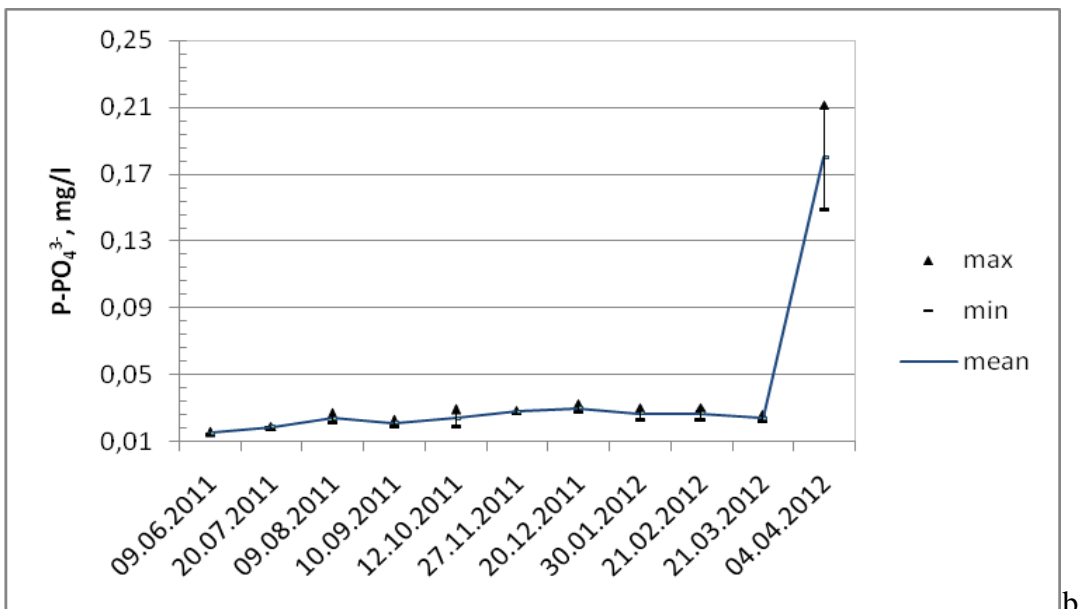
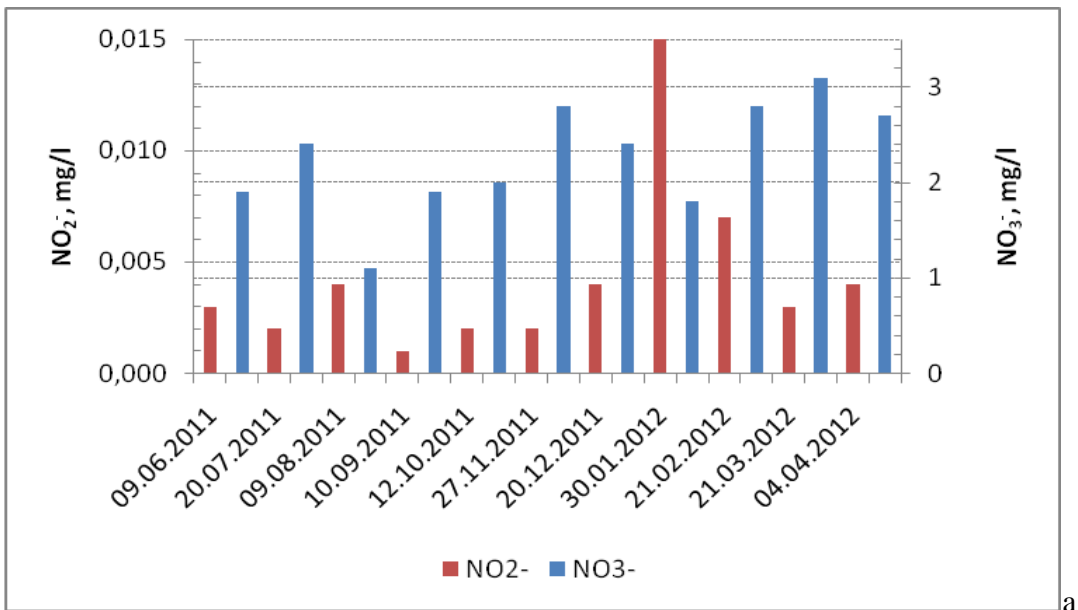


15. attēls. Elektrovadītspējas (a) un kopējās cietības (b) satura mainība Kaļķu gravas avotā (09.06.2011 – 04.04.2012) (izstrādājusi autore, 2012)

Nitrīdioni ir ļoti nestabili, jo tie ātri pārveidojas nitrātos un amonija jonos. Paaugstinātas koncentrācijas liecina par piesārņojumu, bet tās eksistē īsu brīdi. Tas novērojams 30.01.2012, kad koncentrācija bija visaugstākā – 0,015 mg/l (16. attēls), bet nākamo divu mēnešu laikā jau bija samazinājusies par 0,012 mg/l, sasniedzot gandrīz minimālo vērtību 0,002 mg/l. Maksimāli pieļaujamo koncentrāciju ir 0,5 mg/l, tā netika pārsniegta nevienā mēnesī.

Nitrātu robežkoncentrācija ir 50 mg/l. Augsta nitrātu koncentrācija liecina par pašreizējo vai pagātnes piesārņojumu (Todd and May, 2005). Lielākais nitrātu daudzums pazemes ūdeņos nonāk ar atmosfēras nokrišņiem, bet koncentrāciju palielina arī minerālmēsli lietošana lauksaimniecībā.

Fosfātu rekomendējamā koncentrācija ir 0,4 mg/l, bet robežkoncentrācija - 5 mg/l. Rekomendējamā koncentrācija tika pārsniegta aprīlī, kad tā bija ļoti par 0,17 mg/l augstāka salīdzinot ar jūniju, kad koncentrācija bija viszemākā, tikai 0,01 mg/l. Tas ir skaidrojams ar nokrišņu ūdeņu infiltrāciju pazemē lietot ietekmē. Infiltrēti tiek Kaļķu gravas apkārtnē esošo mazdārziņu minerālmēsli, kas tiek lietoti augšņu bagātināšanai.



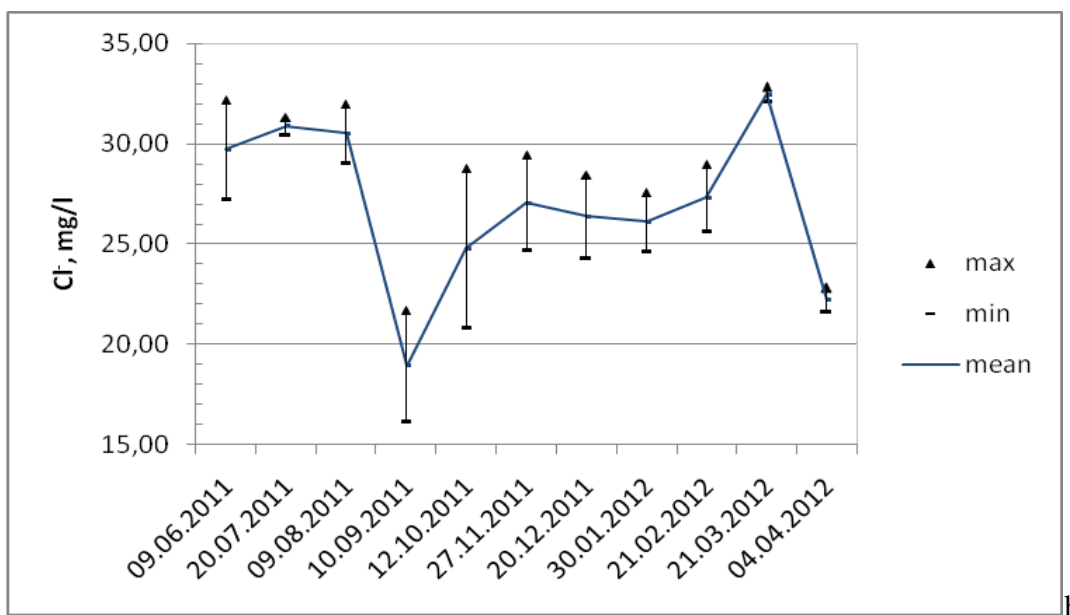
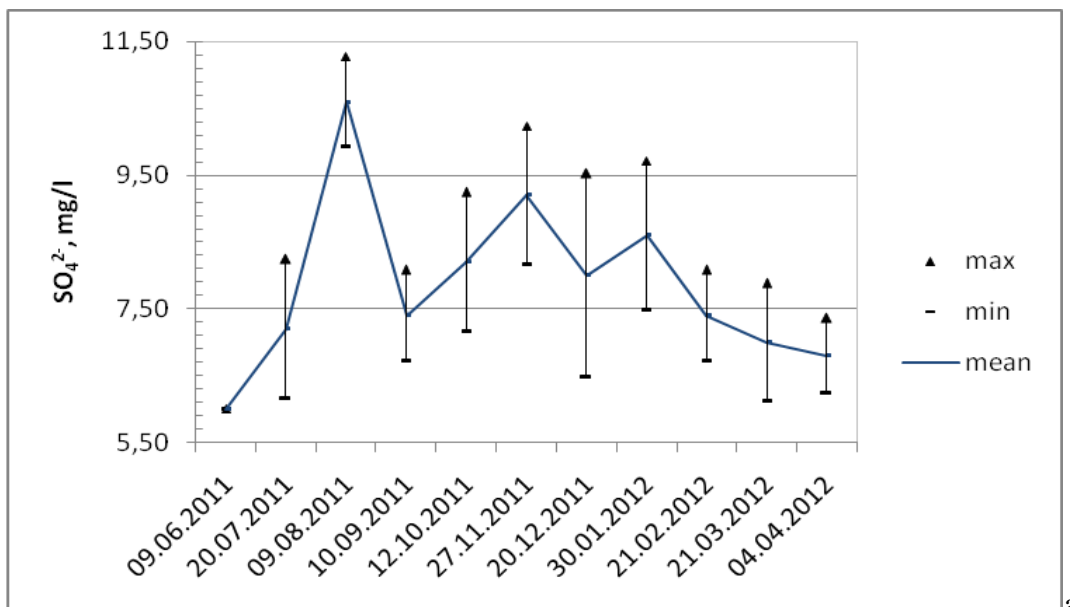
16. attēls. Kopējā nitrātjonu, nitrītjonu (a) un fosfātjonu (b) saturs mainība Kaļķu gravas avotā (09.06.2011 – 04.04.2012) (izstrādājusi autore, 2012)

Sulfātjonu un hlorīdjonu koncentrācijas samazinājums tiek novērots septembrī un pavasara mēnešos (17. attēls), kad nokrišņu daudzums bija zemāks, jo kā papildus sulfātjonu avots pazemes ūdeņos ir atmosfēras nokrišņi, it sevišķi rūpnieciskajās zonās. Kā arī sulfātjoni pazemes ūdeņos var nonākt ar sadzīves un rūpniecības notekūdeņiem (Semjonovs, 1997). Visaugstākās koncentrācijas sulfātjoniem ir augustā – 10,60 mg/l, hlorīdjonu martā – 32,45 mg/l, kad notiek intensīva nokrišņu un notekūdeņu infiltrācija, salīdzinot ar ziemas mēnešiem, kad koncentrācijas ir mazmainīgas.

Pasaules Veselības organizācijas dzeramā ūdens kvalitātes vadlīnijas nenosaka pieļaujamo vērtību sulfātjoniem, bet rekomendē ievērot prasību – lai sulfātu koncentrācija dzeramajā ūdenī nepārsniegtu 500 mg/l (Veselības inspekcija, 2011).

Eiropas Savienības direktīva 98/83/EK, nosaka sulfātjonu maksimāli pieļaujamo koncentrāciju 250mg/l

Pieļaujamā robežkoncentrācija hlorīdjoniem ir 250 mg/l, tā netiek pārsniegta.

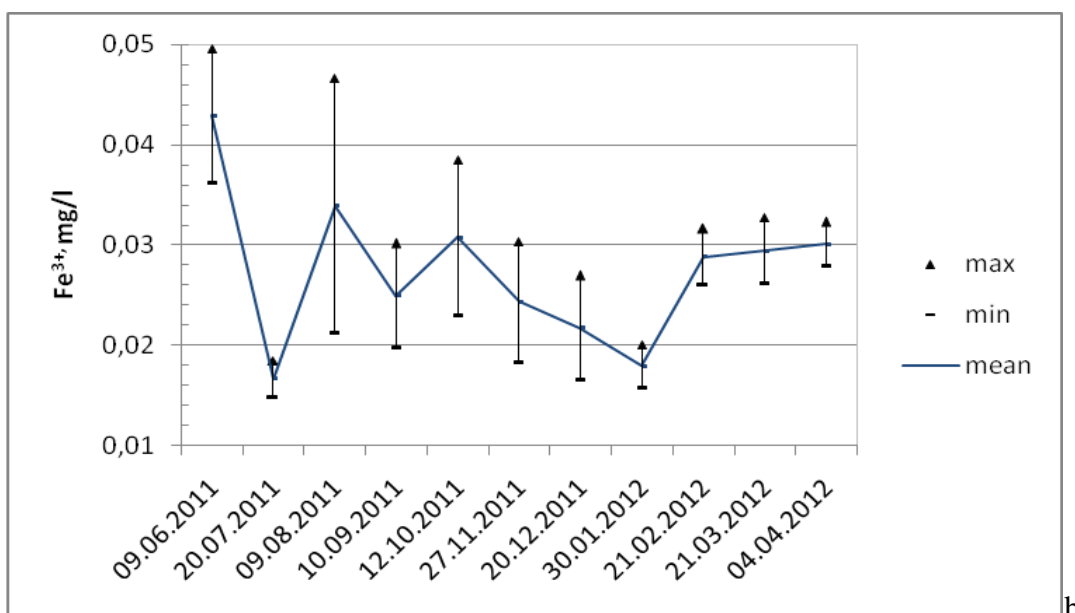
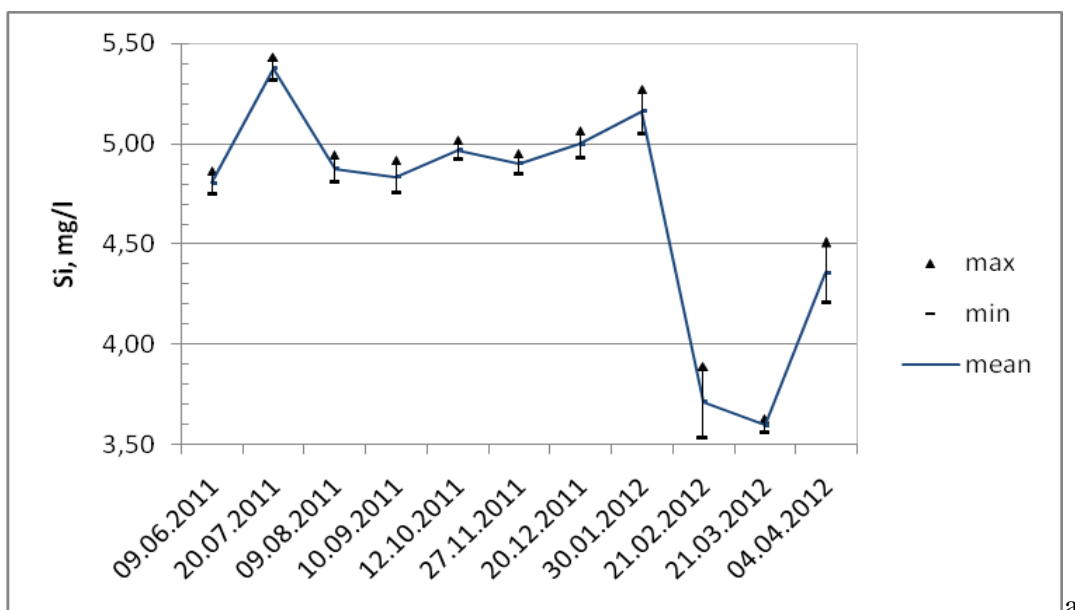


17. attēls. Kopējā sulfātjonu (a) un hlorīdjonu (b) satura mainība Kaļķu gravas avotā (09.06.2011 – 04.04.2012) (izstrādājusi autore, 2012)

18.attēlā vērojams, ka silīcija jonu koncentrācija ir tieši proporcionāla vides temperatūrai. No tā izriet, ka viszemākā koncentrācija ir tieši aukstajos mēnešos, būtisks

koncentrācijas samazinājums vērojams no janvāra līdz februārim, kad tā samazinājās par 1,45 mg/l.

Problēmas saistībā ar palielinātu dzelzs daudzumu dzeramajā ūdenī ir novērojamas, ja dzelzs koncentrācija $> 0,3$ mg/l (Veselības inspekcija, 2011). Kaļķu gravas avotā dzelzs vērtības variē no 0,017 mg/l jūlijā līdz 0,043 mg/l jūnijā. Kopumā dzelzs koncentrācija avota ūdenī ir maz mainīga. Dzelzs MK noteiktā robežkoncentrācija ir 0,2 mg/l. Avotu ūdenī dzelzs koncentrācija ir daudz zemāka nekā robežkoncentrācijā noteiktā, tas izskaidrojams ar to, ka avotu ūdens neplūst cauri metāla caurulēm kā tas ir centrālā ūdensapgādē lietotam ūdenim.

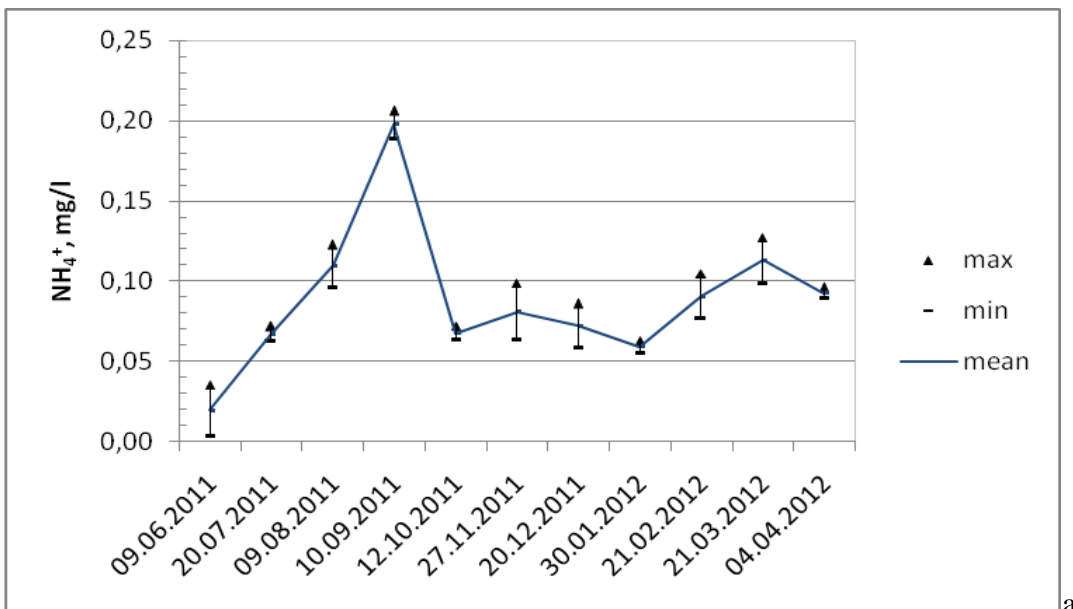


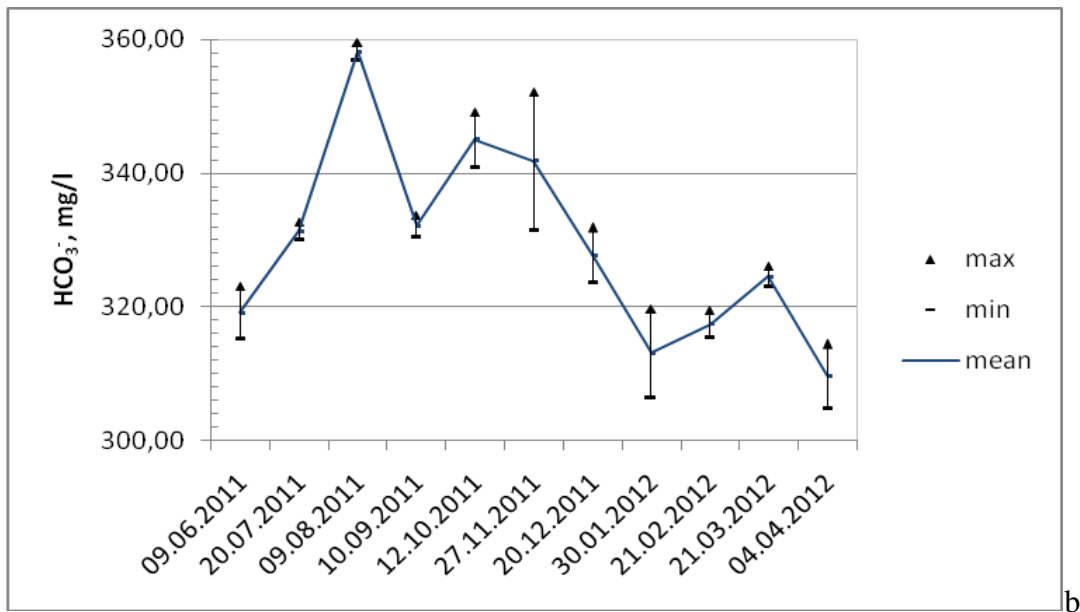
18. attēls. Kopējā silīcija jonu (a) un dzelzs jonu (b) saturs Kaļķu gravas avotā (09.06. 2011 – 04.04.2012) (izstrādājusī autore, 2012)

Amonija jonu robežkoncentrācija ir 0,50 mg/l, bet rekomendējama koncentrācija - 0,05 mg/l. Rekomendējamā koncentrācija netiek pārsniegta vienīgi jūnijā (19. attēls), kad tā bija 0,02 mg/l. Paaugstināta amonija jonu koncentrācija dzeramajā ūdenī var būt bakteriālā piesārņojuma indikators (Vides inspekcija, 2011).

Kaļķu gravas avotā visaugstākās amonija vērtības ir vasarā un pavasarī, kad dabā esošie procesi ir aktīvāki un lielās šķīdības dēļ amonijs nokļūst arī gruntsūdeņos (Vides inspekcija, 2011). Vislielākā amonija jonu koncentrācija ir septembrī – 0,20 mg/l, to ietekmē nokrišņi, kā rezultātā tuvumā esošo mazdārziņu minerālmēsli tiek infiltrēti pazemes ūdeņos. Paaugstinātas amonija jonu koncentrācijas galvenie iemesli ir sadzīves atkritumu izgāztuvju tuvums, LIZ mēslošana ar minerālmēsliem. Būtiski paaugstināta amonija jonu koncentrāciju pazemes ūdeņos liecina par nesenu piesārņojumu.

Parasti pazemes ūdeņos hidrogenkarbonātionu koncentrācija nepārsniedz 300 mg/l, bet Kaļķu gravas avotos visos mēnešos koncentrācija ir >300 mg/l, tas liecina, ka ūdenī lielos daudzumos atrodas CO₂. Koncentrācijas pieaugumam par iemeslu var būt arī piesārņojums, jo piesārņotā zonā aktīvi norit bioķīmiskās destrukcijas procesi, kuru rezultātā veidojas CO₂ (Semjonovs, 1997). Viszemākā koncentrācija tiek konstatēta aprīlī, kad tā ir 309,64 mg/l. Koncentrācijas pieaugums vērojams turpmākajos mēnešos, pēc LIZ mēslošanas. Augustā tiek sasniegta visaugstākā koncentrācija – 358,19 mg/l.





19. attēls. Kopējā amonija jonu (a) un hidrogenkarbonātjonu (b) saturs mainība Kaļķu gravas avotā (09.06. 2011 – 04.04.2012) (izstrādājus i autore, 2012)

3.4. Siguldas apkārtnē esošo avotu ķīmisko vērtību izvērtējums atkarībā no atrašanās vietas

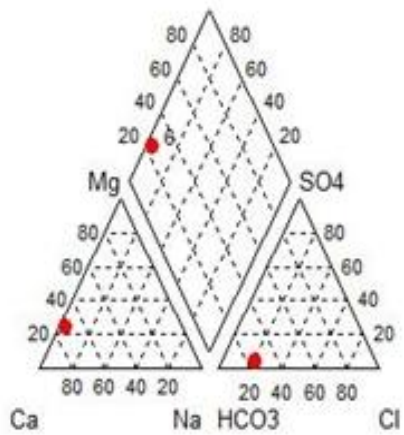
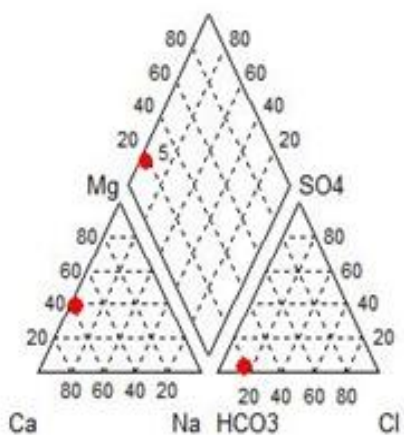
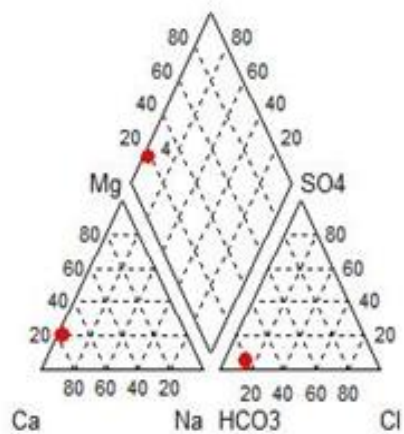
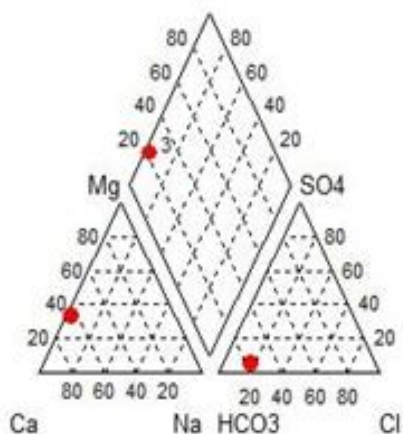
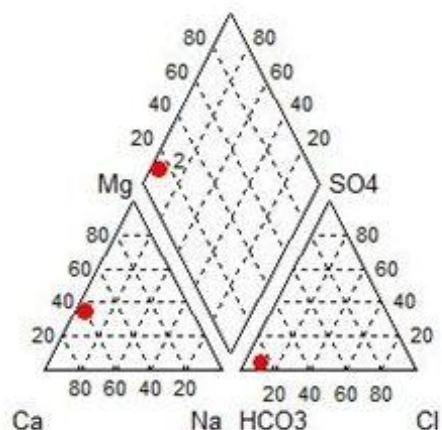
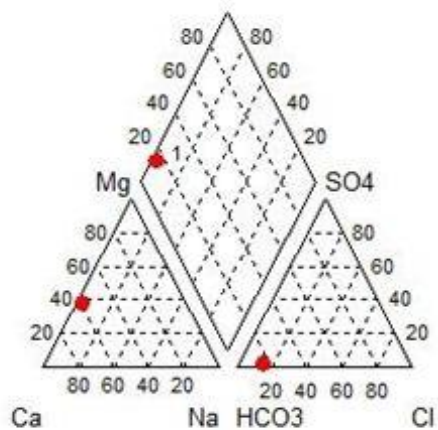
Avotu novietojums ir viens no būtiskākajiem faktoriem, kas ietekmē ūdens ķīmisko sastāvu. Tas ir cieši saistīts ar cilvēku darbības rezultātā radīto piesārņojumu.

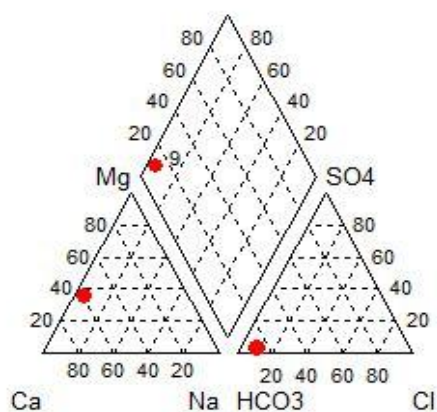
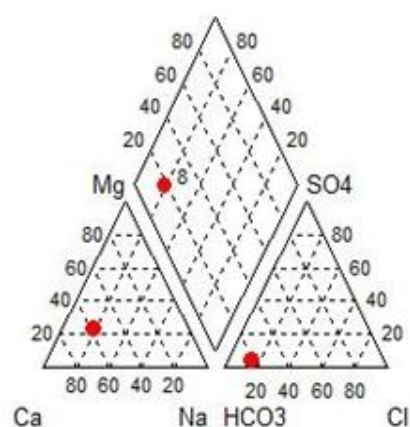
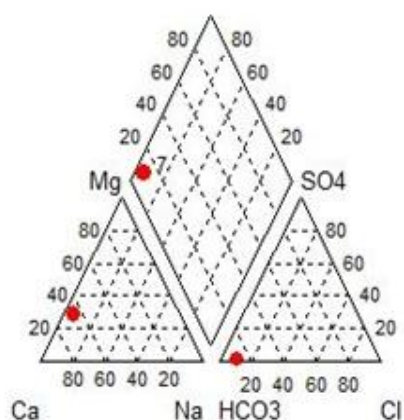
Paipera diagramma ir anjonu un katjonu trijstūru kombinācijas, kas atrodas uz kopējas bāzlinijas. Romba formas daļa, starp diviem trijstūriem, sniedz informāciju par ūdens tipu. 20. attēla klasifikācija ir balstīta uz galveno jonu sarindošānu secībā no augstākākajām vērtībām uz zemākajām. Katjoni ir sarindoti sākumā, aiz tiek – anjoni (Kļaviņš u.c., 2002). Paipera jeb trilineārajās diagrammās tiek izdalīti galvenie ūdens tipi, atkarībā no punkta novietojuma dimanta forms daļā (Hounslow, 1995). Saskaņā ar šo klasifikācijas sistēmu:

- 1., 5. un 9. avots (saīsinājumus skat. 1. pielikumā) pieder pie Ca-Mg- HCO_3 ūdeņu tipa, kur galvenā ietekme ir dolomītu dēdēšanas procesam;
- 2. un 3. avots pieder Ca-Ba-Mg- HCO_3 tipa ūdeņiem;
- 8. un 4. avots – Ca- HCO_3 tipa ūdeņiem, galvenā ietekme ir kaļķakmens dēdēšanas procesam;
- 6. avots – Ca-Ba- HCO_3 tipa ūdeņiem;
- 7. avots – Ca-Ba-Mn-Sr- HCO_3 tipa ūdeņiem.

Visos deviņos analizētajos avotos ir augsta $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ un HCO_3^- koncentrācija, līdz ar to ūdeņi ir mēreni cieti. 20. attēlā redzamajās Paipera diagrammās, kuras tiek izmantotas, lai

ilustrētu ūdens sastāvu, parāda, ka Siguldas apkārtnes avotu ūdenī ir zemas sulfātjonu un hlorīdjonu, bet palielinātas kalcija un magnija jonu koncentrācijas.





20. *attēls. Paipera diagrammas Siguldas apkārtnes avotiem* (izstrādājusi autore, 2012)

Siguldas apkārtnē esošo avotu ūdens kopējā cietība ir robežās no 0,016 mg*ekv/l (Lielā akmens avots) līdz 5,74 mg*ekv/l (Kaļķu gravas avots). Visu deviņu avotu ūdeņi ir sārmaini, vērtības variē no 7,21 (Saltavotā, Bebru takas un Gūtmaņu alas avotos) līdz 7,5 Līdumnieku avotā. 2. pielikumā ir redzamas ķīmisko elementu vērtību atšķirības apskatītajiem Siguldas apkārtnes avotiem.

Visaugstākās NH_4^+ - 0,42 mg/l, Si - 6,93 mg/l, Fe^{3+} - 1,47 mg/l koncentrācijas tika konstatētas Bebru takas avotā; visaugstākās SO_4^{2-} - 21,6 mg/l, HCO_3^- - 378,44 mg/l, Cl - 35,56 mg/l koncentrācijas bija Laurenču avotā. Visu šo elementu salīdzinoši augstās koncentrācijas ietekmē tuvumā esošais Siguldas centrs un cilvēku saimnieciskā darbība. Īpatnēji ir tas, ka piesārņotāki pazemes ūdeņi ir avotiem, kuri atrodas reljefa pazeminājumos, tas skaidrojams ar to, ka nokrišņu ūdeņi kopā ar virszemē esošajiem piesārņotājiem ilgāku

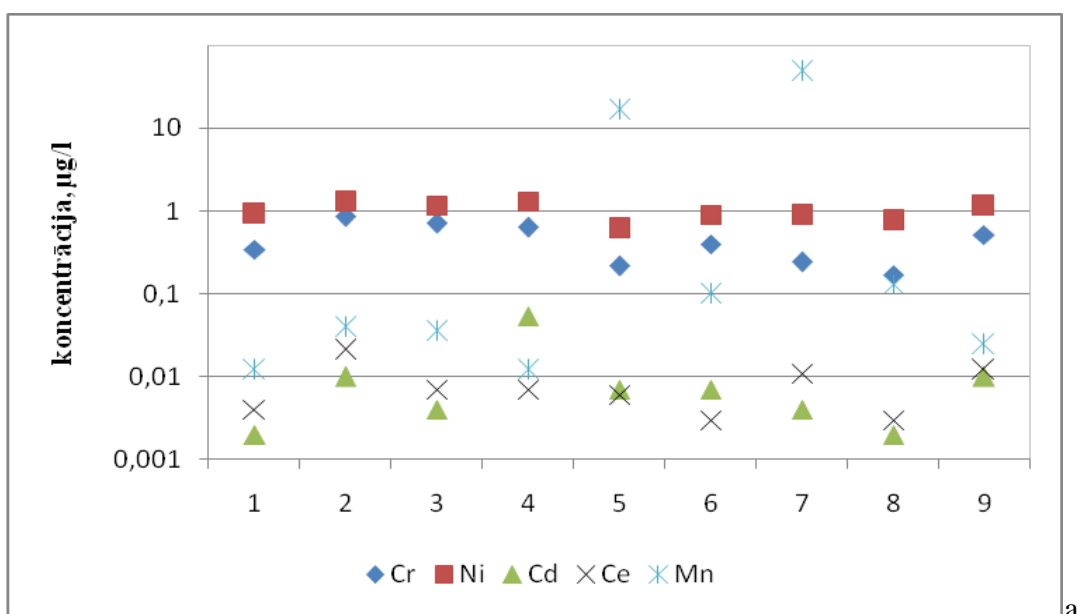
laiku var infiltrēties. Reljefa pazeminājumos atrodas, piemēram, Saltavots, Kaķīskalna, Līdumnieku un Laurenču avoti.

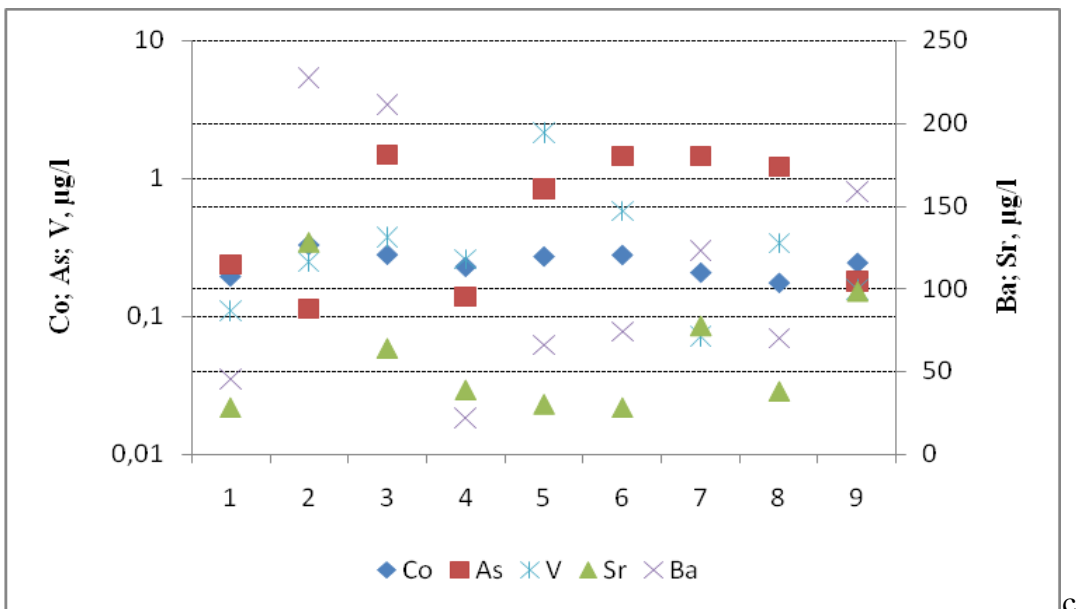
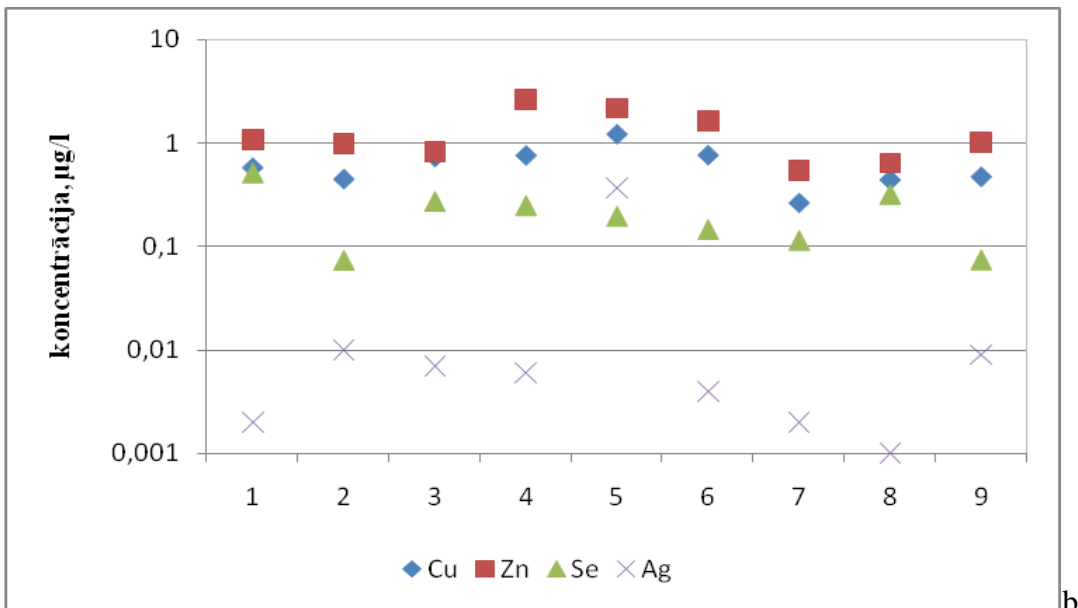
Pastāv tieša korelācija starp mangāna un dzelzs jonu koncentrācijām (Pastare u.c., 2007), to var novērot Līdumnieku (Mn=16,37 µg/l) un Bebru takas (Mn=48,65 µg/l) avotiem, kuros, salīdzinot ar citiem avotiem, ir paaugstināta mangāna jonu koncentrācija (21. attēls), tieši šajos avotos ir visaugstākās Fe³⁺ saturs (2. pielikums) jeb Līdumnieku avotā 0,12 mg/l, Bebru takas avotā - 1,47 mg/l. Liela dzelzs jonu koncentrācija ir arī Kaķīskalna avotā – 0,72 mg/l, to ietekmē ģeoloģiskā uzbūve.

Līdumnieku avotā ir augstākas arī sudraba jonu – 0,38 µg/l (par 0,37 µg/l vairāk nekā Kaļķu gravas avotā) un vanādijs jonu – 2,17 µg/l koncentrācijas, tas ir par 2,09 µg/l vairāk nekā Bebru takas avotā (3. pielikums).

Paaugstināts bārija jonu saturs ir Saltavotā (158,49 µg/l), Kaķīskalna (227,46 µg/l) un Lielā akmens (211,09 µg/l) avotos, to ietekmē cilvēku darbība un salīdzinoši netālu esošās šosejas.

Pb joni netika konstatēti Kaļķu gravas un Gūtmaņu alas avotā, bet Ag – Bebru takas avotā. Zemas mikroelementu koncentrācijas liecina par vājo migrācijas spēju (Mežaraups, 1995).





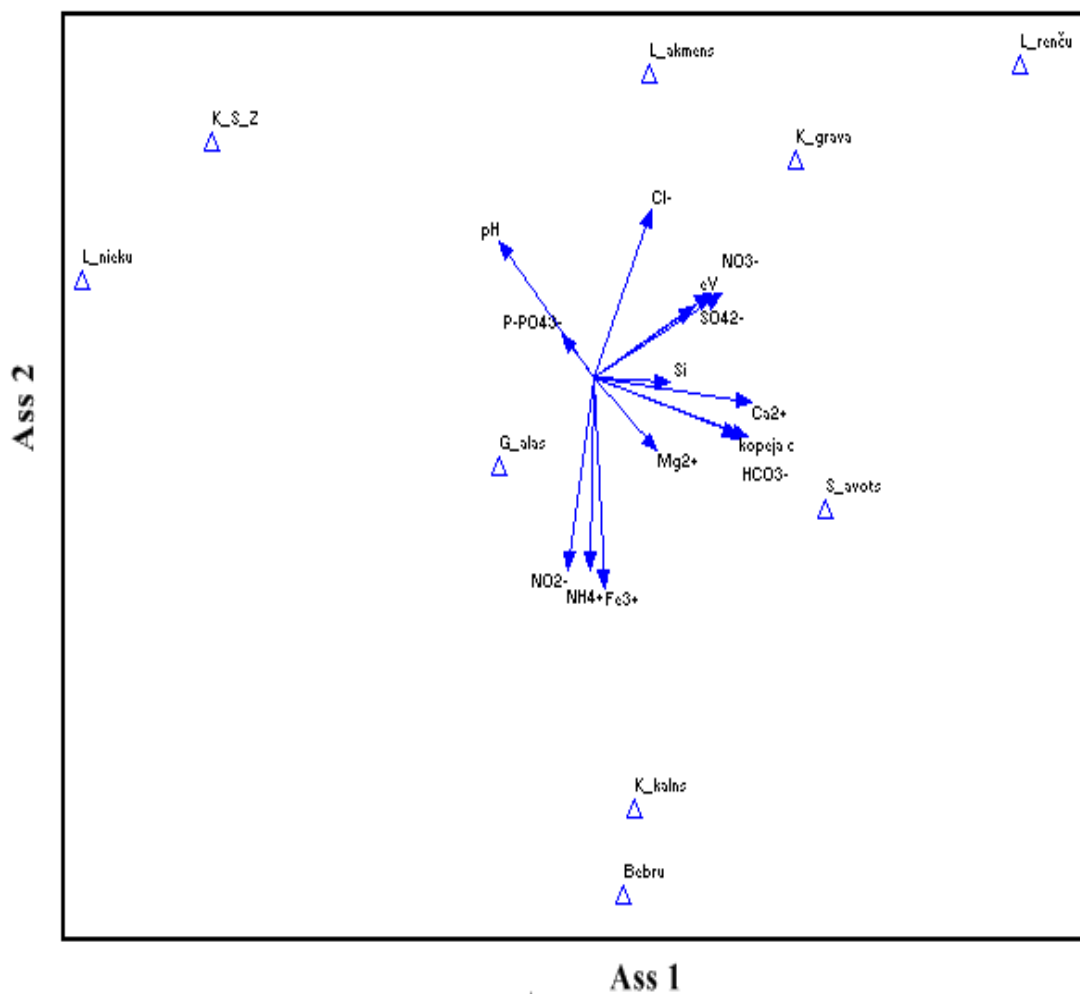
21. attēls. Mikroelementu vērtības (a,b,c) Siguldas apkaimes avotu ūdeņiem 2011. gada 20. jūlijā un 2011. gada 8. augustā (izstrādājusi autore, 2012)

Galveno komponentu analīzē tika analizēti ķīmisko analīžu rezultāti deviņiem avotiem. 22. attēlā ar bultiņām ir atzīmēti ķīmisko parametru vektori, ar Δ - pētījumu vietas. Pirmā ass izskaidro 34,920 % no datu dispersijas (4. pielikums). Šai asij ir augsta pozitīvā korelācija ar eV, NO_3^- , Ca^{2+} , HCO_3^- un kopējo cietību, negatīvās korelācijas nav vērtā ņemamas.

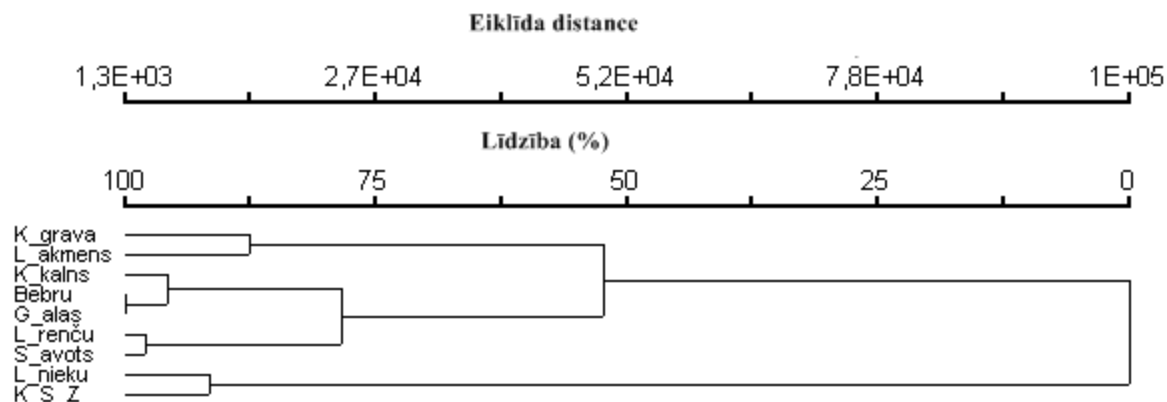
Otrā ass izskaidro 26,099% dispersijas. Augsta negatīvā korelācija ir ar NO_2^- , NH_4^+ , Fe^{3+} , pozitīvā korelācija ir ar Cl. Ass 1 raksturo avotu novietojuma ģeoloģisko ietekmi, bet ass 2 – atrašanās vietas.

Klāsteranalīze (5. pielikums) ļauj salīdzināt avotus pēc to distances. Analizējot 23. attēlu, tiek konstatēts, ka savstarpēji vislīdzīgākie ir:

- Kaļķu gravas avots ar Kāpjošajiem Silzemntieku avotiem;
- Līdumnieku, Gūtmaņu alas, Kaķīškalna, Laurenču avoti ar Saltavotu;
- Bebru takas avots ar Lielā akmens avotu, šie divi ir visatšķirīgākie no visiem pārējiem septiņiem avotiem, to apstiprina arī galveno komponentu analīzes rezultāti (22. attēls, 5. pielikums).



22. attēls. Mainīgo ķīmisko elementu un pētījumu avotu izvietojums divās pirmajās PCA asīs (izstrādājusi autore, 2012)



23. attēls. Pētījumu vietu un ķīmisko elementu klāsteranalīze (izstrādājusī autore, 2012)

3.5. Siguldas apkārtnes avotu ūdens ķīmisko vērtību salīdzinājums ar vēsturiskajiem datiem

Pēc 1981. gada datiem Siguldas apkārtnes pazemes ūdeņu sastāvā ir hidrogenkarbonāti, Ca^{2+} , Mg^{2+} , retāk K^{+} un Na^{+} joni ar kopējo mineralizāciju 0,2-0,4 mg/l. Šie ūdeņi ir mēreni cieti no 3,6-5,6 mg*ekv/l (Страуме и др., 1981). Salīdzinot ar 2011. gadā iegūtajiem datiem (2. pielikums), ūdeņi ir kļuvuši cietāki, visu deviņu avotu vidējā cietība ir 4,46 mg*ekv/l. pH vērtības ir līdzīgas, 1981. gadā tās bija 7,0-7,7, bet 2011 7,21-7,5.

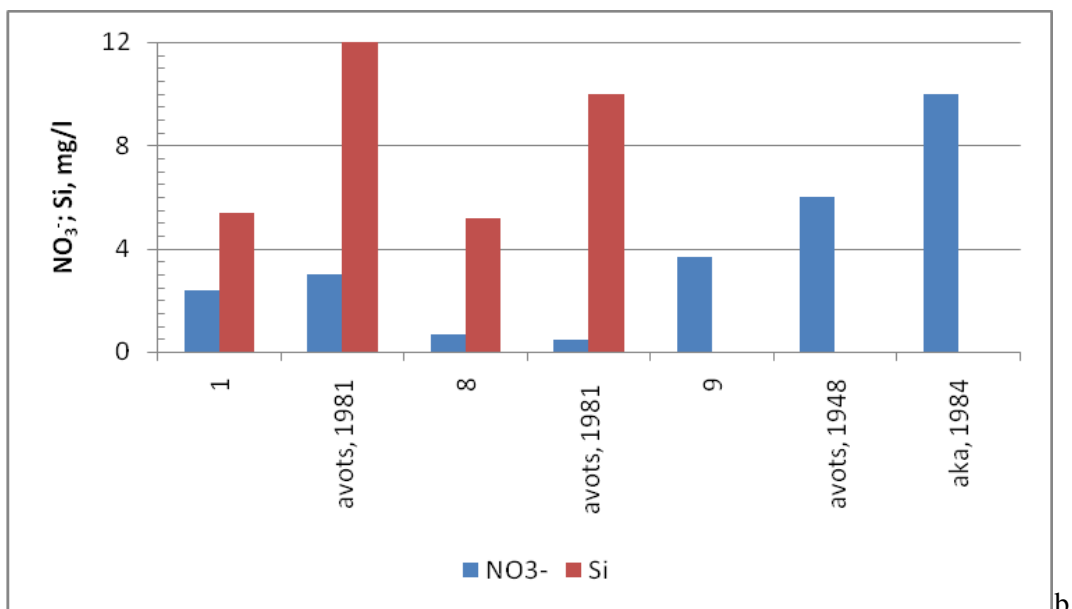
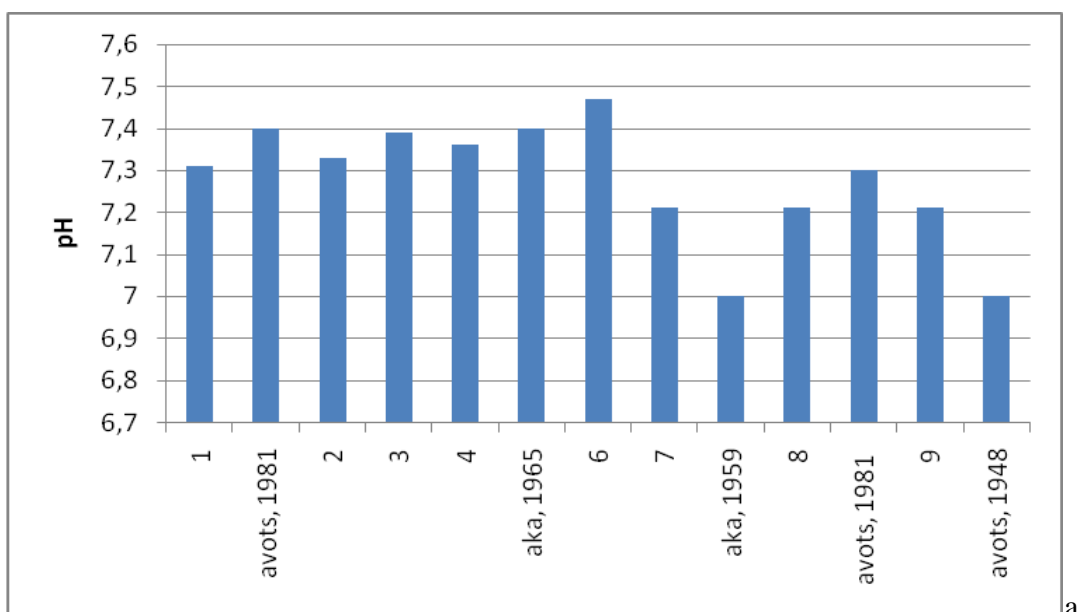
Darbā ir apkopoti dati par deviņu Siguldas apkārtņē esošu avotu salīdzinājumu ar tuvumā esošu aku pasēm. Kaļķu gravas un Gūtmaņu alas avotiem bija pieejama informācija par paša avota ķīmisko analīžu vērtībām pirms 31 gada un Saltavotam pirms 64 gadiem.

Kaļķu gravas avotā 1981. gadā iztecēšanas ātrums bija 15 l/s, pH vērtība ir samazinājusies par 0,09, salīdzinot 1981. gadu (7,4) ar 2011. (7,31), izmaiņas nav būtiskas un var būt saistītas ar paraugu iegūšanas laika atšķirību. Gadu gaitā ir pieaugušas hidrogenkarbonātu vērtības (25. attēls) no 244 mg/l līdz 331,35 mg/l un magnija jonu vērtības (26. attēls) no 19,5 mg/l līdz 27,7 mg/l. Samazinājusies ir hlorīdjonu vērtība no 18 mg/l līdz 10,88 mg/l, silīcija jonu koncentrācija (24. attēls) no 12 mg/l līdz 5,37 mg/l un sulfātu jonu koncentrācija no 40,7 mg/l līdz 7,2 mg/l.

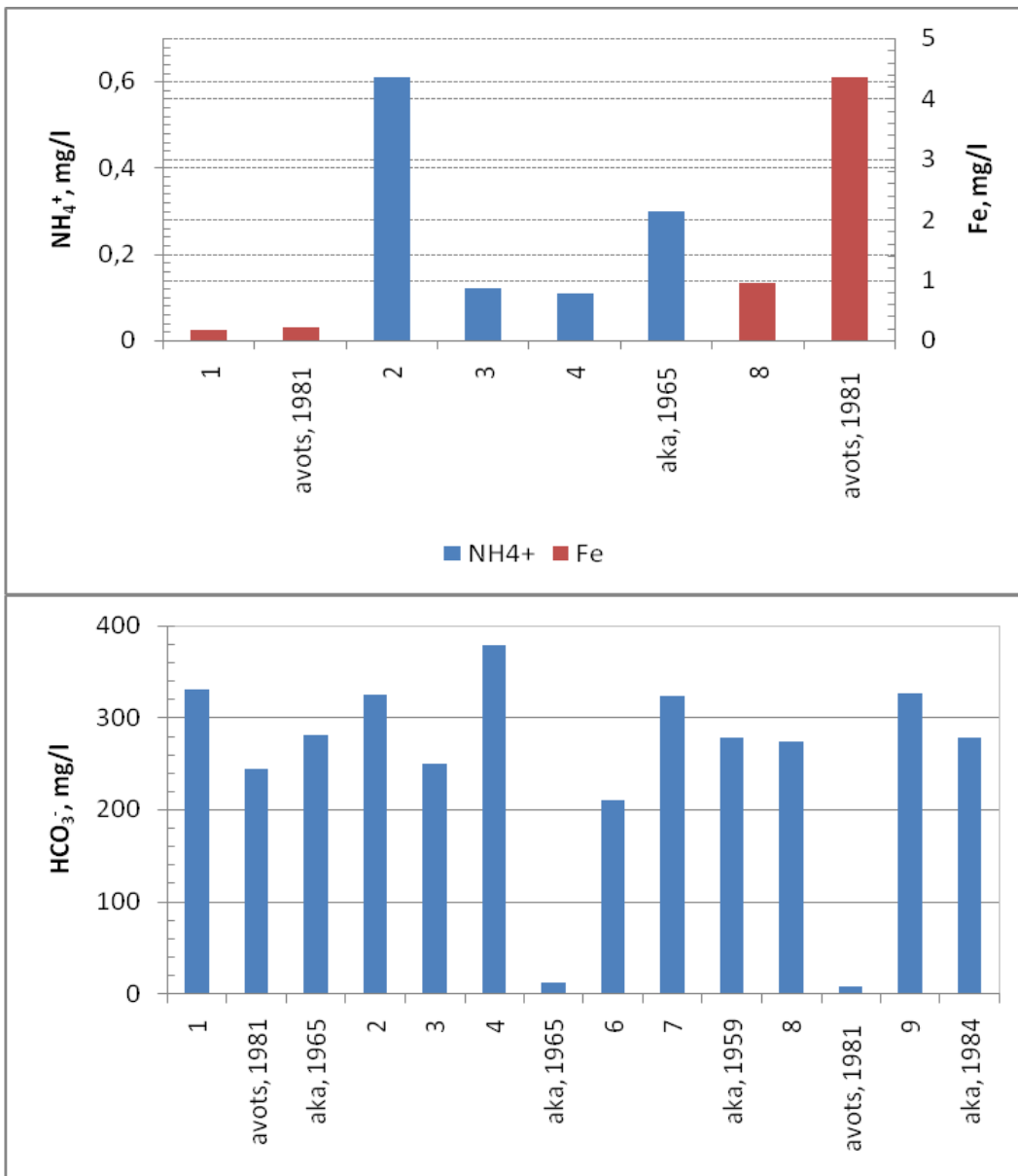
NH_4^{+} , P-PO_4^{3-} 1981. gadā Kaļķu gravas avotā nav konstatēti (Страуме и др., 1981), tas liecina, ka ir notikusi gruntsūdeņu piesārņošana ar minerālmēsliem no tuvumā esošajām LIZ.

Gūtmaņu alas avotam 1981. gadā iztecēšanas ātrums bija 2 l/s. pH izmaiņas ir nebūtiskas, 1981. gadā - 7,3, 2011. - 7,21. Tā pat, kā Kaļķu gravas avotā, ir samazinājusies silīcija jonu koncentrācija no 10 mg/l līdz 5,2 mg/l, bet palielinājušās hidrogenkarbonātu (no 8 mg/l līdz 274,5 mg/l) un hlorīdjonu koncentrācijas (no 1 mg/l līdz 28,8 mg/l).

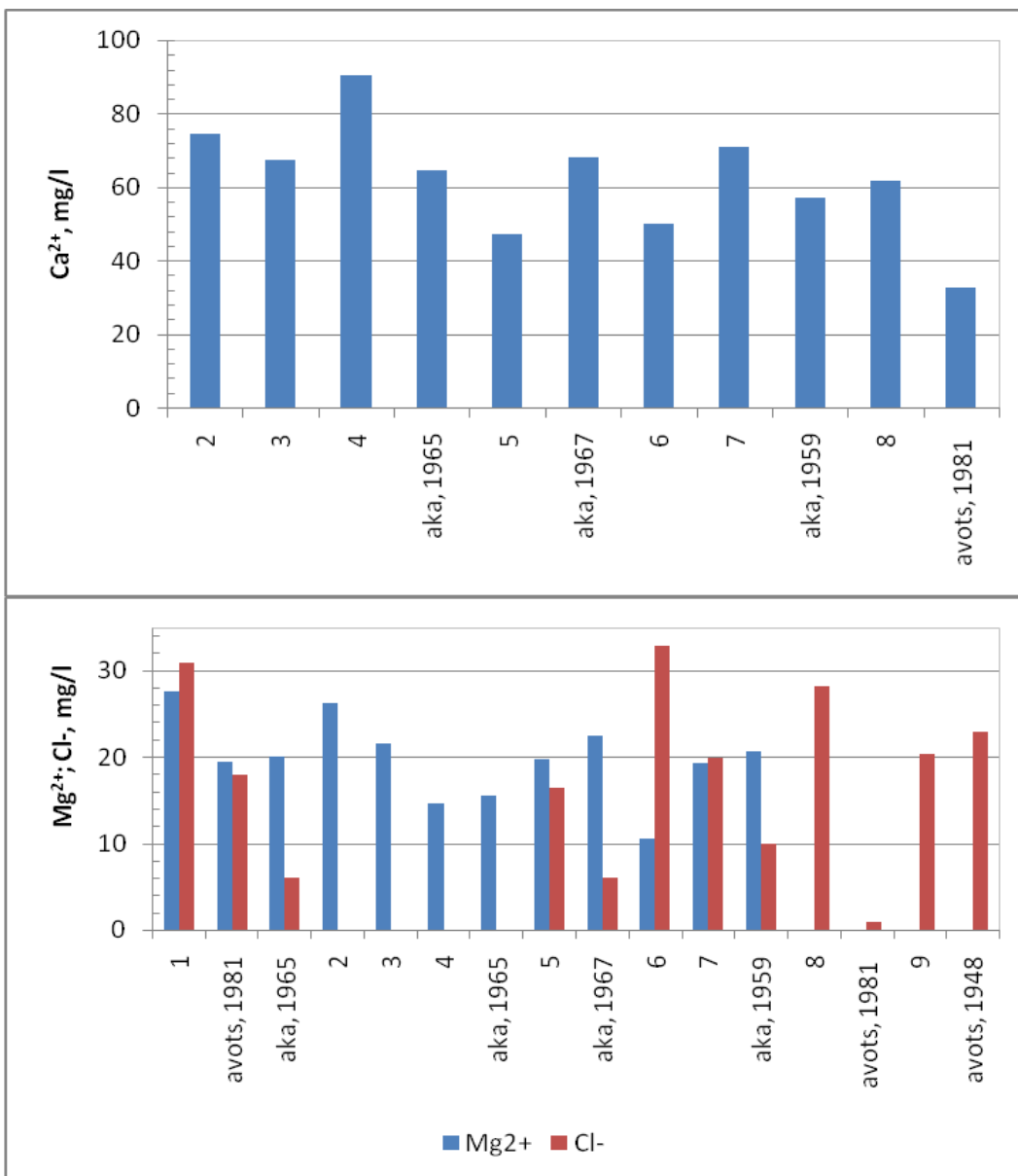
Būtiskākā ietekme uz avotu ūdeņiem gadu griezumā ir cilvēku darbībai un industrializācijai.



24. attēls. Siguldas apkaimes avotu un aku ūdens pH (a), silīcija jonu un nitrātjonu vērtības 2011., 1948., 1984., 1959., 1965. un 1981. gadā veiktajos novērojumos (izstrādājusī autore, 2012)



25. attēls. Siguldas apkaimes avotu amonija jonu, dzelzs jonu (a) un hidroģenkarbonātjonu (b) vērtības 2011., 1959., 1965., 1981. un 1984. gadā veiktajos novērojumos (izstrādājis autore, 2012)



26. attēls. Siguldas apkaimes avotu un aku ūdens kalcijs jonu (a), magnija jonu un hlorīdjonu (a) vērtības 2011., 1959., 1965., 1967. un 1981. gadā veiktajos novērojumos (izstrādājis autore, 2012)

SECINĀJUMI

1. Avotu novietojums ir viens no būtiskākajiem faktoriem, kas ietekmē avotu ūdens ķīmisko sastāvu. Piesārņotāki ir avoti, kuri atrodas reljefa pazeminājumos, piemēram, Saltavots, Kaķīskalna, Līdumnieku un Laurenču avoti. Ķīmisko sastāvu būtiski ietekmē arī avotu ģeoloģiskā uzbūve. Temperatūras un ūdeņu infiltrācijas rezultātā tiek šķīdināti iežos esošie joni, palielinot avotu ūdeņos esošo jonu koncentrācijas.

2. Antropogēnā ietekme ir avotu ūdens piesārņojumu veicinošs faktors: mainoties emisijas apjomam, mainās avotu ūdens ķīmiskais sastāvs. Siguldas centra un lielceļu klātbūtne ietekmē tuvumā esošo avotu piesārņojumu ar amonija, silīcija, hidrogenkarbonātu joniem, kā arī palielina, sulfātjonu un hlorīdjonu koncentrācijas.

3. Avotu ūdens ķīmiskā sastāva mēnešu mainība Kaļķu gravas avotā ir neliela, tas ļauj secināt, ka pieaugot kāda ķīmiskā elementa koncentrācijai avotā, cēlonis ir antropogēnais piesārņojums.

4. Siguldas apkārtnes avotu ūdens ķīmisko vērtību salīdzinājums ar vēsturiskajiem datiem apstiprina, ka avotu ūdens gadu gaitā ir maz mainīgs.

5. Avotu ūdens raksturošanai un klasifikācijai sekmīgi izmantojamas daudzparametru datu statistiskās analīzes metodes un pastāv savstarpēja korelācija starp avotu ūdens ietekmējošajiem faktoriem, tādēļ ir būtiski izvērtēt visus faktorus un to savstarpējās sakarības.

6. Nav noteiktu likumu par regulāru avotu ūdens kvalitātes monitoringu. Būtībā avotu ūdens ieguves veids netiek pieskaitīts pie dzeramā ūdens, līdz ar to, ķīmiskā sastāva īpašības nevar objektīvi izvērtēt. Šī iemesla dēļ patērētāji nevar būt droši vai avotu ūdens ir atbilstošs normām.

7. Pašvaldībām būtu jāveic avotu uzskaitē pagastos, jāizvērtē to ūdens lietošanas apjomi un jāveic monitorings. Regulāri veikto ķīmisko un bioloģisko analīžu rezultātiem jābūt publiski pieejamiem. Avotu ūdens lietošana ikdienas vajadzībām ir alternatīva centrālās ūdensapgādes ūdens lietošanai. Palielinoties iedzīvotāju pieprasījumam pēc avotu ūdens, samazinātos centrālās ūdensapgādes ūdens patēriņš, bet pieaugtu piesārņojuma pieauguma un ainaviskā skaistuma samazināšanās risks.

PATEICĪBA

Gaujas Nacionālā parka inspekcijas priekšniekam un „Jauno reindžeru” kustības vadītājam Mārim Mitrēvicam (27. attēls) par sadarbību Siguldas apkārtnes avotu apzināšanā. Kā arī darba vadītājam profesoram, dr. habil. ķīm. Mārim Kļaviņam par ieguldīto darbu un atbalstu bakalaura darba tapšanas procesā.



27. attēls. Lielā akmens avotu ūdens paraugu ievākšana kopā ar M. Mitrevicu (A. Keplere, 28.04.2012)

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

Publicētie materiāli:

- Abdelrahman, A., Eltahir, Y.M. 2011. Bacteriological quality of drinking water in Nyala, South Darfur, Sudan. *Environmental Monitoring and Assessment*. 175(1-4), 37-43.
- Anonymous, 2007. *Encyclopedia of Science & Technology -10th ed.* USA, McGraw-Hill companies, 303-304.
- APHA, AWWA, WPCF, 2005. *Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st edn.* American Public Health Association. Washington D.C.
- Asare, A. 2006. Uz avotu pēc veselības. *Latvijas Vēstnesis*. 193(221), 3.
- Back, W., Hanshaw, B.B. 1965. *Chemical geohydrology, In: Advances in Hydroscience.* New York, Academic Press.
- Brutāne, D., Miške, I. 2003. *Ūdens noslēpumi.* Preses nams, Jāņa sēta.
- Boaventura, G.R., De Freitas, A.L. 2006. Inorganic Parameters as Water Quality Indicators in Acidic Groundwater in a Tropical Region – Brasilia-DF (Brazil). *Water, Air and Soil Pollution*. 171(1-4), 135-151.
- Dasch, E.J. 2003. *Water: Science and Issues.* USA, The Gale Group, 107-111.
- Dēliņa, A., 2007. Pazemes ūdeņu pētījumi Latvijā, kvartāra nogulumu slāņkopas uzbūve un hidroloģiskie apstākļi. Grām. Dēliņa, A., *Kvartārsegas pazemes ūdeņi Latvijā.* Rīga, Latvijas Universitāte, 7-12 lpp.
- Glynn, P.D., Plummer, L.N. 2005. Geochemistry and the understanding of ground-water systems. *Hydrology Journal*. 13(1), 263-287.
- Graham, M.J., Thomas, J.A., Metting, F.B. 1996. *Water Resources Handbook.* New York, McGraw-Hill,
- HACH, 1992. *Hach Water Analysis Handbook, 2nd edn.* Hach Company, Loveland, Colorado, 834.
- Hounslow, A. W. 1995. *Water Quality Data Analysis and Interpretion,* USA, CRP Press.
- Kalvāns A., Dēliņa A., Retiķe I. 2011. Pārskats par pazemes ūdeņu ķīmisko sastāvu Latvijā. *Latvijas Universitātes 64.zinātniskā konference. Ģeogrāfija Ģeoloģija, Vides zinātne. Referātu tēzes.* Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 310.
- Kļaviņš, M. 2009. *Vides piesārņojums un tā iedarbība.* Rīga, LU akadēmiskais apgāds.
- Kļaviņš, M., Cimdiņš, P. 2004. *Ūdeņu kvalitāte un tās aizsardzība.* Rīga, Latvijas Universitāte.
- Kļaviņš, M., Rodinovs, V., Briede, A., Cimdiņš, P., Kļaviņa, I., Purīte, M., Cinis, U., Dzene, M., Blanka, L. 1996. *Aku ūdeņi Latvijā.* Rīga, Latvijas Universitāte.
- Kunwar, P., Malik, A., Mohan, D. 2005. Evolution of groundwater quality in northern indo-genetic alluvium region. *Environmental Monitoring and Assessment*. 112(1-3), 211-230.
- LaMoreaux, P.E., Tanner, J.T. 2001. *Springs and Bottled Waters of the World.* Berlin, Springer, 45-48.
- Lazdiņa, Ē., 2004. *Pētīsim un sargāsim savus avotus.* Reģionālais vides centrs, Talsu Tipogrāfija.
- Levins, I., Levina, N., Gavēna, I., 1998. *Latvijas pazemes ūdeņu resursi.* Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests.
- Majore, M. 1952. *Gaujas ielejas Geomorfoloģija posmā Valmiera-ieteka.* Rīga, Latvijas PSR Zinātņu Akadēmija ģeoloģijas un derīgo izrakteņu institūts.
- Maldavs, Z. 1964. *Pazemes ūdens.* Rīga, Latvijas valsts izdevniecība.
- Matisone, M. 1948. *Gaujas baseina pazemes ūdeņi.* Rīga, Latvijas PSR Zinātņu akadēmija ģeoloģijas un ģeogrāfijas institūts, 2-3; 41 - 126.
- Mežaraups, G. 1995. *Ūdeņi un to ķīmiskā kontrole.* Rīga. Mācību grāmata.

- Levina, N., 1997. III Metodes. Grām.: Semjonovs, I., Bebris, R.A., Kokoreviča, A. *Pazemes ūdeņu aizsardzība Latvijā*. Rīga, Gandrs, 318 - 325.
- Levins, I., Prols, J. 1997. II Metodes. Grām.: Semjonovs, I., Bebris, R.A., Kokoreviča, A. *Pazemes ūdeņu aizsardzība Latvijā*. Rīga, Gandrs, 134-143.
- Semjonovs I. 1997. I Metodes. Grām.: Semjonovs, I., Bebris, R.A., Kokoreviča, A u.c. *Pazemes ūdeņu aizsardzība Latvijā*. Rīga, Gandrs, 10-56; 231-240.
- Todd, D.K., May, L. W. 2005. *Groundwater Hydrology, Third Edition*. Wiley, John Willy&Sons.
- Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija. 2000. *Pazemes ūdeņu aizsardzība*. Rīga, Jumava.
- Zīvertis, A. 2001. *Pazemes ūdeņu hidroloģija*. Jelgava, LLU.

- Колоколов, Л.Ф. 1972. *Отчет о деальной разведке месторождения подземных вод „Гауя”*. Рига, Управление геологии при совете министров ССР, 113.
- Семенов, И. В. 1991. *Загрязнение и самоочищение подземные вод Латвии*. Рига, Зинамне.
- Страуме Я.П., Бенбруп Л.П., Венска В.К. 1981. *Отчет о групповой геологической съеме масштаба 1:50 000 Гауёского Национального парка*. Рига, Министерство Геолгии СССР, 56, 132, 252.

Interneta resursi:

- EurLex. [Bez. dat.] *Padomes Direktīva 98/83/EK (1998. gada 3. novembris) par dzeramā ūdens kvalitāti* EurLex. Sk. 22.06.2011. Pieejams <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31998L0083:LV:HTML>
Atsauce tekstā (EurLex, bez dat.)
- Ģirģens, J. [Bez. dat.] *Avots*. Krišjāņa Barona Dainu skapis. Sk. 20.04.2011. Pieejams <http://www.dainuskapis.lv/meklet/avots>
Atsauce tekstā (Ģirģens, bez dat.)
- Helmenstine, T. [S.a.] *Definition of water*. About.com. Sk. 28.04.2011. Pieejams <http://chemistry.about.com/od/chemistryglossary/g/water-definition.htm>
Atsauce tekstā (Helmenstine, S.a.)
- Latvijas Republikas Veselības ministrija, 2011. *Dzeramā ūdens mikrobioloģiskie aspekti*. Sk. 22.06.2011. Pieejams <http://www.vi.gov.lv/lv/vides-veseliba/dzeramais-udens/dzerama-udens-mikrobiologiskie-aspekti>
Atsauce tekstā (LR Veselības ministrija, 2011)
- Latvijas Vēstnesis, 2005-2011. *Dzeramā ūdens obligātās nekaitīguma un kvalitātes prasības, monitoringa un kontroles kārtība*. Tiesību aktu portāls. Sk. 22.06.2011. Pieejams http://www.likumi.lv/doc.php?id=75442&version_date=01.08.2009&from=off
Atsauce tekstā (Latvijas Vēstnesis, 2005-2011)
- Latvijas Vēstnesis, 2005-2011. *Ūdens kvalitātes normatīvi pazemes ūdeņiem*. Tiesību aktu portāls. Sk. 28.04.2011. Pieejams <http://www.likumi.lv/doc.php?id=60829>
Atsauce tekstā (Latvijas Vēstnesis, 2005-2011)
- Latvijas Vides pārskats, 2001. *Ūdens krājumi*. Latvijas Vides pārskats. Sk. 29.04.2011. Pieejams http://www.lvgma.gov.lv/produkti/soe2001_lv/udeni/resursi/krajumi.htm
Atsauce tekstā (Latvijas Vides pārskats, 2001)
- Muceniece, S. 2011. *Dzeramā ūdens kvalitātes uzraudzība 2010. gadā*. Veselības inspekcija. Sk. 28.04.2011. Pieejams [www.vi.gov.lv/uploads/files/Part_pad_10\(1\).ppt](http://www.vi.gov.lv/uploads/files/Part_pad_10(1).ppt)
Atsauce tekstā (Muceniece, 2011)
- Nacionālais ziņu portāls, 2011. *Vācijā diennakts laikā 365 jauni bīstamās infekcijas gadījumi*. Sk. 14. 05.2011. Pieejams: <http://www.kasjauns.lv/lv/zinas/49286/vacija-diennakts-laika-365-jauni-bistamas-infekcijas-gadijumi-foto>

- Atsauce tekstā (LETA/AFP)
 Odiņa, I. [Bez dat.]. *Avota ūdens*. Sk. 05.05.2012. Pieejams <http://www.calis.lv/spogulis/veseliba/padomi/avota-udens/>
- Atsauce tekstā (Odiņa, bez dat.)
 Opmanis, A. 2005. *Aglonas, Galtenes, Kaļķleju avoti*. Dabas retumu krātuve. Sk. 18.04.2011. Pieejams <http://www.dabasretumi.lv/Pieminekli/Avoti/>
- Atsauce tekstā (Opmanis, 2005)
 Sauka, M., Selga, G. 2007. *Ūdens balanss organismā*. Doctus2. Sk. 20.04.2011. Pieejams http://www.smva.gov.lv/doc_up/udens_balans.pdf
- Atsauce tekstā (Sauka un Selga, 2007).
 Strazdiņa, L. [Bez dat.]. *Datu grupēšana*. Sk. 05.05.2012. Pieejams priede.bf.lu.lv/grozs/BotnikasEkologijasPraktiska_ekol/Taurene/Klasteru%20analize.ppt
- Atsauce tekstā (Strazdiņa, bez dat.)
 Vides Aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija. 2006. *Ūdens aizsardzība*. Vides Aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija. Sk. 28.04.2011. Pieejams http://www.vidm.gov.lv/lat/likumdosana/normativie_akti/?doc=3162
- Atsauce tekstā (Vides Aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija, 2006)
 Veselības inspekcija. 2011. *Dzeramais ūdens*. Latvijas Republikas Veselības ministrijas. Sk. 10.05.2012. Pieejams <http://www.vi.gov.lv/lv/vides-veseliba/dzeramais-udens>
- Atsauce tekstā (Veselības inspekcija, 2011)
 Vīks, I. 2009. *Trejdeviņi Latvijas brīnumi*. Sk. 28.04.2011. Pieejams <http://www.e-biblioteka.lv/lv/teksti/trejdevini-latvijas-brinumi/2408/#/16>
- Atsauce tekstā (Vīks, 2009)

Nepublicētie materiāli:

- Ciršs, V. 2010. Pazemes ūdeņu paraugu noņemšanas metodes: bakalaura darbs. Rīga, LU. Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Isidorova, A., 2010. Tirzas pagasta avotu un Pierīgas avotu ķīmiskās un bioloģiskās kvalitātes salīdzinājums. Rīga, LU. Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Melecis, V. 2009. Lekciju materiāls „Datu analīzes” studiju kursā. Rīga, LU Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Silgaile, E. 2001. Dzeramie un minerālūdeņi un to izmantošana Latvijā: maģistra darbs. Rīga, LU. Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

Kartogrāfiskie materiāli:

- Bendrupe L., Arharova T. 1981. *Pirmskvartāra nogulumu ģeoloģiskā karte*. Rīga, Latvijas ģeoloģijas pārvalde, VĢF inv. Nr. 09855.
- Rubens, I. 1981. *Pirmskvartāra nogulumu hidroģeoloģiskā karte*. Rīga, Latvijas ģeoloģijas pārvalde, VĢF inv. Nr. 09855.
- Zīverts, A., Arharova, T. 1981. *Kvartāra nogulumu ģeoloģiskā karte*. Rīga, Latvijas ģeoloģijas pārvalde, VĢF inv. Nr. 09855.

PIELIKUMS

Avotu nosaukumu saīsinājumi

Nr.	Saīsinājums	Avota nosaukums
1	K_grava	Kaļķu gravas avots
2	K_kalns	Kaķīškalna avots
3	L_akmens	Lielā akmens avots
4	L_renču	Laurenču avots
5	L_nieku	Līdumnieku avots
6	K_S_Z	Kāpjošie Silzemnieku avoti
7	Bebru	Bebru takas avots
8	G_alas	Gūtmaņu alas avots
9	S_avots	Saltavots

2. pielikums

Ūdeņu ķīmiskā sastāva salīdzinājums (mg/l) Siguldas apkaimes avotu ūdeņos

NH ₄ ⁺	1	2	3	4	5	6	7	8	9
max	0,072	0,840	0,120	0,117	0,146	0,181	0,433	0,154	0,155
min	0,063	0,370	0,113	0,111	0,134	0,140	0,413	0,115	0,131
mean	0,067	0,605	0,116	0,114	0,140	0,160	0,423	0,134	0,143
P- PO ₄ ³⁻	1	2	3	4	5	6	7	8	9
max	0,019	0,020	0,036	0,034	0,027	0,022	0,030	0,014	0,022
min	0,018	0,019	0,033	0,003	0,026	0,017	0,021	0,012	0,018
mean	0,019	0,019	0,034	0,019	0,027	0,020	0,025	0,013	0,020
Si	1	2	3	4	5	6	7	8	9
max	5,434	5,084	6,475	6,924	5,449	5,295	7,100	5,356	5,076
min	5,316	4,887	6,289	6,590	5,334	3,797	6,763	5,050	5,008
mean	5,375	4,986	6,382	6,757	5,392	4,546	6,932	5,203	5,042
SO ₄ ²⁻	1	2	3	4	5	6	7	8	9
max	8,239	16,151	16,977	22,280	7,975	11,066	6,511	12,511	11,242
min	6,161	11,849	9,823	20,920	2,825	7,734	4,289	10,289	8,758
mean	7,200	14,000	13,400	21,600	5,400	9,400	5,400	11,400	10,000
Fe ³⁺	1	2	3	4	5	6	7	8	9
max	0,018	0,726	0,029	0,040	0,123	0,093	1,738	0,119	0,741
min	0,015	0,717	0,020	0,026	0,111	0,067	1,192	0,073	0,714
mean	0,017	0,722	0,024	0,033	0,117	0,080	1,465	0,096	0,728
KC	1	2	3	4	5	6	7	8	9
max	5,748	5,963	5,193	7,388	4,111	3,402	5,198	4,421	6,142
min	5,728	5,789	5,103	4,048	3,865	3,342	5,078	4,231	5,766
mean	5,738	5,876	0,016	5,718	3,988	3,372	5,138	4,326	5,954
Ca ²⁺	1	2	3	4	5	6	7	8	9
max	69,514	75,556	68,287	92,498	52,383	54,642	71,318	61,971	74,152
min	69,162	73,462	66,943	88,343	42,286	45,798	70,966	61,555	73,262
mean	69,338	74,509	67,615	90,420	47,334	50,220	71,142	61,763	73,707
HCO ₃ ⁻	1	2	3	4	5	6	7	8	9
max	332,70 7	330,23 0	307,33 5	389,64 8	163,95 0	210,91 1	328,43 7	283,26 8	329,35 5
min	329,99 7	320,27 4	191,40 1	367,24 0	154,22 6	208,76 9	318,16 3	265,73 2	324,56 5
mean	331,35 2	325,25 2	249,36 8	378,44 4	159,08 8	209,84 0	323,30 0	274,50 0	326,96 0
Cl	1	2	3	4	5	6	7	8	9
max	31,288	22,306	35,787	36,819	17,595	36,389	19,980	32,676	21,456
min	30,464	18,720	27,083	34,310	15,439	29,412	19,980	23,801	19,463
mean	30,876	20,513	31,435	35,564	16,517	32,900	19,980	28,238	20,460
Na ⁺	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	3,89	6,88	2,61	3,20	2,98	2,53	6,84	22,14	7,25
K ⁺	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0,99	1,00	2,44	1,68	1,83	0,80	1,52	3,72	2,27
Mg ²⁺	1	2	3	4	5	6	7	8	9

	27,700	26,241	21,572	14,665	19,772	10,531	19,310	15,127	27,676
pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	7,31	7,33	7,39	7,36	7,5	7,47	7,21	7,21	7,21
eV	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	547	332	506	426	267,7	340	382	382	453
NO ₃ ⁻	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	2,4	0,9	2	4,1	0,5	1,7	1,5	0,7	3,7
NO ₂ ⁻	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0,002	0,006	0,003	0,003	0,003	0,005	0,007	0,004	0,004

Mikroelementu vērtību ($\mu\text{g/l}$) salīdzinājums Siguldas apkaimes avotu ūdeņos

Avots	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Ag	Cd	Ba	La	Ce	Pb
1	0,111	0,341	0,012	0,196	0,926	0,573	1,057	0,235	0,509	0,63	28,145	0,002	0,002	45,416	0,005	0,004	0
2	0,249	0,852	0,039	0,331	1,268	0,445	0,969	0,113	0,074	0,674	127,803	0,01	0,01	227,461	0,018	0,021	0,045
3	0,376	0,708	0,035	0,281	1,165	0,726	0,82	1,489	0,272	0,498	63,868	0,007	0,004	211,092	0,011	0,007	0,049
4	2,164	0,218	16,374	0,273	0,609	1,201	2,147	0,841	0,196	0,262	30,127	0,375	0,007	65,877	0,007	0,006	0,196
5	0,585	0,396	0,1	0,28	0,894	0,755	1,612	1,469	0,146	0,464	28,134	0,004	0,007	74,075	0,005	0,003	0,065
6	0,262	0,629	0,012	0,23	1,301	0,75	2,621	0,137	0,248	0,402	38,765	0,006	0,054	21,707	0,02	0,007	0,129
7	0,072	0,243	48,647	0,209	0,881	0,263	0,533	1,467	0,115	0,441	77,385	0,002	0,004	123,146	0,028	0,011	0,014
8	0,341	0,169	0,131	0,176	0,769	0,437	0,63	1,222	0,319	0,613	37,928	0	0,002	69,946	0,007	0,003	0
9	0,157	0,515	0,024	0,246	1,135	0,468	0,997	0,179	0,075	0,64	98,125	0,009	0,01	158,487	0,013	0,012	0,034

Galveno komponentu analīzes rezultāti Siguldas apkārtnes avotu ūdens paraugiem

***** PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS -- Avoti in Kim_p space

PC-ORD, 5.10

23 Apr 2012, 12:04

Randomization test not requested.

Avoti

Cross-products matrix contains CORRELATION COEFFICIENTS among Kim_p

VARIANCE EXTRACTED, FIRST 10 AXES

AXIS	Eigenvalue	% of Variance	Cum.% of Var.	Broken-stick Eigenvalue
1	4.889	34.920	34.920	3.252
2	3.654	26.099	61.019	2.252
3	1.843	13.162	74.181	1.752
4	1.498	10.701	84.882	1.418
5	1.056	7.545	92.427	1.168
6	0.486	3.469	95.896	0.968
7	0.371	2.647	98.544	0.802
8	0.204	1.456	100.000	0.659
9	0.000	0.000	100.000	0.534
10	0.000	0.000	100.000	0.423

FIRST 6 EIGENVECTORS, scaled to unit length.

These can be used as coordinates in a distance-based biplot,
 where the distances among objects approximate their Euclidean
 distances.

Kim_p	Eigenvector				
	1	2	3	4	5
pH	-0.2588	0.3069	0.0023	-0.2585	0.4326
0.0195					
eV	0.3204	0.1861	0.2704	0.0973	-0.2914
-0.5141					
NO3-	0.3486	0.1899	-0.0216	0.0080	-0.0098
0.4312					
NO2-	-0.0694	-0.4308	-0.2636	-0.1783	-0.0044
-0.2345					
NH4+	-0.0085	-0.4320	-0.0935	-0.2039	0.4086
-0.3451					
P-PO43-	-0.0839	0.0989	0.3811	-0.6353	-0.0586
-0.1453					
Si	0.2081	-0.0079	-0.0243	-0.6162	-0.3682
0.1716					
SO42-	0.2745	0.1572	-0.3851	-0.1339	0.3649
0.0056					

Fe3+	0.0289	-0.4743	-0.1043	0.0284	-0.3619
0.0630					
kopeja c	0.3970	-0.1278	0.2406	-0.0124	0.2374
0.0297					
Ca2+	0.4307	-0.0578	-0.1148	-0.1367	0.1354
0.1145					
HCO3-	0.4237	-0.1298	-0.1159	0.0663	0.0335
-0.0250					
Mg2+	0.1738	-0.1602	0.5917	0.1551	0.2615
-0.0914					
Cl-	0.1569	0.3759	-0.3293	0.0299	-0.1165
-0.5457					

FIRST 6 EIGENVECTORS, each scaled to its standard deviation
 These are sometimes called V vectors, and, when applied to
 PCA of a correlation matrix, are the same as the correlation
 coefficient between scores for rows in the main matrix and the
 column variables.

Kim_p	Eigenvector				
	1	2	3	4	5
6					
pH	-0.5721	0.5866	0.0031	-0.3164	0.4446
0.0136					
eV	0.7084	0.3557	0.3671	0.1191	-0.2995
-0.3582					
NO3-	0.7707	0.3630	-0.0293	0.0098	-0.0100
0.3005					
NO2-	-0.1534	-0.8234	-0.3578	-0.2182	-0.0045
-0.1635					
NH4+	-0.0188	-0.8258	-0.1269	-0.2496	0.4199
-0.2405					
P-PO43-	-0.1854	0.1891	0.5174	-0.7777	-0.0602
-0.1013					
Si	0.4602	-0.0152	-0.0330	-0.7542	-0.3784
0.1196					
SO42-	0.6070	0.3006	-0.5228	-0.1639	0.3750
0.0039					
Fe3+	0.0639	-0.9066	-0.1416	0.0348	-0.3720
0.0439					
kopeja c	0.8777	-0.2443	0.3267	-0.0152	0.2440
0.0207					
Ca2+	0.9522	-0.1104	-0.1559	-0.1673	0.1391
0.0798					
HCO3-	0.9369	-0.2480	-0.1573	0.0811	0.0344
-0.0174					
Mg2+	0.3843	-0.3062	0.8033	0.1899	0.2687
-0.0637					
Cl-	0.3469	0.7185	-0.4470	0.0366	-0.1198
-0.3803					

COORDINATES (SCORES) OF Avoti

```

-----
-----

```

Avoti		Axis (Component)			
5	6	1	2	3	4
1	K_grava	1.6069	1.4089	1.7165	1.4531
-0.2408	-0.6262				
2	K_kalns	0.3178	-2.7967	-0.2363	0.0202
2.2737	-0.5919				
3	L_akmens	0.4442	1.9735	1.2185	-1.8092
-0.3083	-0.8754				
4	L_rencu	3.3817	2.0365	-1.9282	-0.9448
0.4700	0.8085				
5	L_nieku	-4.0599	0.6261	1.3010	-0.5740
0.4440	1.0843				
6	K_S_Z	-3.0305	1.5294	-1.7183	0.4809
0.1286	-0.5217				
7	Bebru	0.2418	-3.3543	-0.1484	-1.5351
-1.5384	-0.0304				
8	G_alas	-0.7461	-0.5691	-1.4610	1.6250
-1.1745	-0.1115				
9	S_avots	1.8441	-0.8544	1.2563	1.2837
-0.0543	0.8645				

```

-----
-----

```

2.90 = inflation factor for biplot scores

```

***** End of PCA
*****

```

Klāsteranalīzes rezultāti Siguldas apkārtnes avotu ūdens paraugiem

***** Hierarchical Cluster Analysis

PC-ORD, 5.10

23 Apr 2012, 12:24

Avoti

Linkage method: WARD`S METHOD
Distance measure: Euclidean (Pythagorean)

Percent chaining = 20.00

