

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

## ეკატერინა შუბლაძე

არაკონტროლირებად ნაგავსაყრელთა დაბინძურებული ტერიტორიის  
გაწმენდა - სარეკულტივაციო ტექნოლოგიური პროცესის დამუშავება  
ბუნებრივი სორბენტის გამოყენებით

სადოქტორო პროგრამა - ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერია

შიფრი - 0711

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარმოდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2022

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფ. ვ.ერისთავის სახ. გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტში და ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის ბუნებრივი გარემოს დაჭუჭყიანების მონიტორინგის და პროგნოზირების განყოფილებაში

სამეცნიერო ხელმძღვანელები: პროფესორი დიმიტრი  
ერისთავი

აკადემიური დოქტორი ნუგზარ

ბუაჩიძე

რეცენზენტი: -----

რეცენზენტი: -----

დაცვა შედგება 2022 წლის "-----" --დეკემბერს-----, ----- საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი --II --, აუდიტორია -----  
მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი -----

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

**თემის აქტუალობა:** მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვა წარმოადგენს მზარდ გარემოსდაცვით და ფინანსურ პრობლემას ყველა განვითარებად ქვეყანაში, მათ შორის საქართველოშიც. საყოფაცხოვრებო ნარჩენების რაოდენობა მჭიდროდაა დაკავშირებული მოსახლეობის რაოდენობასთან, ურბანიზაციის განვითარებასა და ცხოვრების დონის ამაღლებასთან. საქართველოში ნარჩენების მართვაზე პასუხისმგებლობა გადანაწილებულია სხვადასხვა სახელმწიფო უწყებებს შორის. საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვაში ძირითადი როლი და პასუხისმგებლობა (ნარჩენების მოგროვება და ტერიტორიის დასუფთავება, ნარჩენების გატანა) ეკისრებათ ადგილობრივ მუნიციპალიტეტებს. საქართველოში ამჟამად აღირიცხება 56-მდე ოფიციალური არასახიფათო ნარჩენების ნაგავსაყრელი, მათ შორის - 36 მოქმედი. საქართველოში პრაქტიკულად არ ხორციელდება ნარჩენების სეპარაცია, ფრაგმენტულად მიმდინარეობს ნარჩენების გადამუშავება და მეორადი გამოყენება. შედეგად ვიღებთ ბუნებაში დაგროვილი და დაყრილი ნარჩენების მრავალწლიან სხვადასხვა მოცულობის და სიდიდის ფართობებს, რომელთა მიმდებარე ტერიტორიები ხასიათდებიან მკვეთრად გამოხატული ანტისანიტარიით. ასევე უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ასეთ პირობებში, ხშირად ინფექციების გადამტანები ხდებიან შინაური ცხოველები და ფრინველები.

იმისათვის, რომ გაეცეს პასუხი ნარჩენებთან მიმართებაში მთელ რიგ ეპიდემიოლოგიურ პრობლემებს, საჭიროა ბუნებაში არსებული ნაგავსაყრელების სანიტარული და ეკოლოგიური მონიტორინგის ჩატარება, რაც გულისხმობს სრული სურათისა და ობიექტური ინფორმაციის შექმნას მათი ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შემადგენლობის შესახებ, ხოლო შემდგომ მიღებული შედეგების შეფასებისას უნდა დადგინდეს თუ რამდენად ნეგატიური შეიძლება აღმოჩნდნენ ისინი ადამიანის ჯანმრთელობასთან მიმართებაში.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე კვლევებში ჩადებული გეგმის მიხედვით ჩატარდა საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული ზოგიერთი თვალსაჩინო არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის კომპლექსური კვლევა, რაც გულისხმობს მათ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ, ფიზიკურ-ქიმიურ,

ჰიდროქიმიურ და მიკრობიოლოგიურ კვლევებს. მოხდა ზოგიერთი ნაგავსაყრელის ტერიტორიის რეკულტივაცია ქართული სორბენტის (კლინოპტილოლითი) გამოყენებით; რიცხვითი მოდელის გამოყენებით მოხდა სტიქიურ ნაგავსაყრელებზე მოხვედრილი გარემოს დამაბინძურებელი ნივთიერებების ნიადაგის სიღრმეში გადატანის პროგნოზირება.

#### **სამუშაოს მიზანი:**

- სტიქიური ნაგავსაყრელების ინვენტარიზაცია საქართველოს ტერიტორიაზე;
- მიმდებარე ტერიტორიების ყველაზე ცხელი წერტილების გამოვლენა;
- ნაგავსაყრელებისათვის დამახასიათებელი დამაბინძურებელი ინგრედიენტების ნუსხის დადგენა;
- დამაბინძურებელ ინგრედიენტთა როლის შეფასება გარემოს დაბინძურების პროცესებში;
- არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების მძიმე ლითონებით დაბინძურების შესწავლა და სარეკულტივაციო ტექნოლოგიური პროცესების (ქართული სორბენტის-კლინოპტილოლითის) გამოყენებით გამოვლენილი დამაბინძურებელი მძიმე ლითონების შემცველობების შემცირება;
- რიცხვითი მოდელის საფუძველზე სტიქიურ ნაგავსაყრელებზე მოხვედრილი გარემოს დამაბინძურებელი ნივთიერებების გახსნისა და მათი ინფილტრაციის დადგენა ნიადაგის სიღრმეში.

**კვლევის ძირითადი ამოცანები:** კვლევის პირველ ეტაპზე ლიტერატურულ მონაცემებზე დაყრდნობით მოხდა არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელებისთვის დამახასიათებელი მძიმე ლითონების შერჩევა; ასევე მოხდა საქართველოს ზოგიერთ რეგიონში არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების აღრიცხვა-ინვენტარიზაცია; ამავე ეტაპზე - 2019 წელს მოხდა საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის - კახეთის, შიდა ქართლის, ქვემო ქართლის, მცხეთა-მთიანეთის, სამცხე-ჯავახეთის, იმერეთის და ქ.თბილისის არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების ნიადაგების ნიმუშებში შერჩეული მძიმე ლითონების შემცველობის განსაზღვრა; ასევე ჩატარდა ზოგიერთი ნაგავსაყრელის მიმდებარედ არსებული მდინარეების ჰიდროქიმიური, ფიზიკურ-

ქიმიური და მიკრობიოლოგიური დაბინძურების კვლევა; კვლევის *მეორე ეტაპზე* - 2020 წელს აღნიშნულ რეგიონებში ჩატარდა განმეორებითი კვლევითი სამუშაოები და ასევე მოხდა კახეთისა და სამცხე-ჯავახეთის რეგიონებში არაკონტროლირებად ნაგავსაყრელებზე ქართული სორბენტის-კლინოპტილოლითის გამოცდა ნიადაგში მძიმე ლითონების კონცენტრაციების შემცირების მიზნით; კვლევის *მესამე ეტაპზე* - კლინოპტილოლითის გავლენის შესწავლის მიზნით ჩატარდა შედარებითი ანალიზები და დადგინდა ქართული სორბენტის როლი ნიადაგის მძიმე ლითონებით დაბინძურების შემცირების თვალსაზრისით; მოხდა ნიადაგში ნივთიერებათა დიფუზიის რიცხვითი მოდელის გამოყენებით ტყვის სულფატის გასხნისა და გასხნილი მასის გავრცელების პროცესის შესწავლა და პროგნოზირება შავმიწა და თიხნარ ნიადაგებში.

**კვლევის მეთოდები:** ნიადაგის ნიმუშის დამუშავება განხორციელდა სტანდარტული EPA-200.2 მეთოდის შესაბამისად მიკროტალღური დამშლელი ხელსაწყო „MILESTONE“ ექსტრაქტორის გამოყენებით, ხოლო დამუშავებულ ნიმუშებში მძიმე ლითონების (Pb, Cd, Zn, Cu, Hg) შემცველობის განსაზღვრა წარმოებდა სტანდარტული ISO 11885:200-მეთოდით ინდუქციურად ბმული პლაზმურ-ემისიური სპექტრომეტრის ICP-OES საშუალებით. ამავე ხელსაწყოთი ხორციელდებოდა არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარედ არსებულ მდინარის წყალებში მძიმე ლითონთა შემცველობების განსაზღვრა. მდინარის წყლებში ასევე ისაზღვრებოდა არაორგანული ანიონებისა (ფტორიდი, ქლორიდი, ბრომიდი და სულფატი) და ბიოგენური კომპონენტების (ნიტრიტი, ნიტრატი, ორთოფოსფატი) შემცველობები სტანდარტული ISO 10304-1:2007 მეთოდით იონური ქრომატოგრაფის-DIONEX ICS-1000-ის გამოყენებით. ამონიუმის იონის შემცველობა განისაზღვრა სტანდარტული ISO 7150-1:2010 მეთოდით სპექტროფოტომეტრ - SPECORD-205-ზე, 425 ნმ სინათლის ტალღის სიგრძეზე. მიკრობიოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრისათვის გამოყენებული იყო მემბრანული ფილტრაციის მეთოდი შემდეგი სტანდარტების შესაბამისად: ბაქტერიების საერთო რიცხვის განსაზღვრა - ISO 17994:2004 მეთოდით; ფეკალური კოლიფორმების განსაზღვრა- ISO 7899-2:2000 მეთოდით; ტოტალური კოლოფორმებისა და Escherichia Coli-ს (E-coli) განსაზღვრა - ISO 0157:H7 მეთოდით. წყლის სინჯების აღებისთანავე pH-ის, t-ის,

წყალში გახსნილი ჟანგბადის, ელექტროგამტარობის და მარილიანობის განსაზღვრისათვის (ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები) გამოყენებული იყო საველე მობილური აპარატები. ნაგავსაყრელის ტერიტორიის ნიადაგის სარეკულტივაციო პროცესის განხორციელება მოხდა ქართული სორბენტის-კლინოპტილოლითის გამოყენებით: ნაგავსაყრელის წინასწარ მოსუფთავებულ ტერიტორიაზე (5-დან 10 მ<sup>2</sup> ფართობზე) შეტანილი იყო სორბენტი 2-4 მმ დიამეტრის გრანულების სახით, ყოველ 1 მ<sup>2</sup>-ზე იყრებოდა ~20 კგ სორბენტი. საანალიზო ნიმუშების აღება ხდებოდა სორბენტის დაყრამდე და დაყრის შემდეგ (შედარებითი ანალიზი).

**მეცნიერული სიახლე:** ნაშრომის მეცნიერულ სიახლეს წარმოადგენს საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების ეკოსისტემების (ნიადაგი, წყალი) კომპლექსური კვლევა - ფიზიკურ-ქიმიური, ჰიდროქიმიური, მიკრობიოლოგიური და მძიმე ლითონებით დაბინძურების კუთხით. არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების მძიმე ლითონებით დაბინძურების შესწავლა და სარეკულტივაციო ტექნოლოგიური პროცესების (ქართული სორბენტის-კლინოპტილოლითის) - გამოყენებით გამოვლენილი დამაბინძურებელი მძიმე ლითონების შემცველობების შემცირება. რიცხვითი მოდელის საფუძველზე სტიქიურ ნაგავსაყრელებზე მოხვედრილი გარემოს დამაბინძურებელი ნივთიერებების ნიადაგის სიღრმეში ვერტიკალური გავრცელების პროცესის შესწავლა და პროგნოზირება.

**სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა:** მოხდა საქართველოს ტერიტორიის ზოგიერთ რეგიონში არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების ინვენტარიზაცია და ამ ნაგავსაყრელებისთვის დამახასიათებელი დამაბინძურებელი კომპონენტების შერჩევა; ჩატარდა არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მახლობლად არსებული ზედაპირული წყლების ქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევები; ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ხშირ შემთხვევებში არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელები მიმდებარე ტერიტორიებს უქმნიან ანტისანიტარულ სიტუაციას; ჩატარდა ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგების კვლევა მძიმე ლითონებით (Cu, Zn, Pb, Cd, Hg) დაბინძურების კუთხით; დადგინდა, რომ არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელები აბინძურებენ მიმდებარე ტერიტორიებს ისეთი ელემენტებით

როგორებიცაა ტყვია, თუთია და სპილემი, რომელთა შემცველობებიც აჭარბებენ მათ შესაბამის არა მარტო ზღვრულად ან საორიენტაციო კონცენტრაციებს, არამედ ფონურ მნიშვნელობებსაც კი; გამოვლენილია მძიმე ლითონებით დამინძურების ცხელი წერტილები რეგიონების მიხედვით; მიღებული შედეგების საფუძველზე შეფასებულია საქართველოში არსებული არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგების მძიმე ლითონებით დაბინძურების ხარისხი და ნაჩვენებია რამდენად საშიში არიან ისინი რეგიონში მცხოვრები ადამიანებისათვის; გამოვლენილ ცხელ წერტილებში განხორციელდა დაბინძურებული ნიადაგის რემედიაციის მიზნით ქართული სორბენტის - კლინოპტილოლითის გამოყენების ტექნოლოგია კერძოდ, ჩატარდა კვლევები არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების ნიადაგებში მძიმე ლითონების კონცენტრაციების შემცირების მიზნით. უნდა აღინიშნოს, რომ შემოთავაზებული მეთოდი შეიძლება გამოყენებული იყოს პრაქტიკაში სხვა რეგიონებშიც, შესაბამისი სფეროს სპეციალისტების მიერ; მძიმე ლითონების კონცენტრაციათა განაწილების რიცხვითი მოდელის საფუძველზე ნაჩვენებია ნაგავსაყრელზე მოხვედრილი გარემოს დამაბინძურებელი ნივთიერება-ტყვიის სულფატის (PbSO<sub>4</sub>) გახსნა და მისი ინფილტრაცია ნიადაგის 4 მ-იან ფენაში, აღნიშნული მოდელი შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვა ტოქსიკური კომპონენტების მიმართაც.

**პუბლიკაციები:** გამოქვეყნებულია 5 სამეცნიერო სტატია.

**აპრობაცია:** დისერტაციის ნაშრომის მასალები წარმოდგენილი იყო ახალგაზრდა მეცნიერთა საერთაშორისო კონფერენციაზე „დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერების თანამედროვე პრობლემები“, თბილისი, საქართველო, 21-22 ნოემბერი, 2022 წ.

**სამუშაოს მოცულობა და სტრუქტურა:** დისერტაცია მოიცავს 144 გვერდს, 32 ცხრილს, 69 ნახაზს და 7 სურათს. დისერტაცია შედგება შესავლისაგან, ლიტერატურული მიმოხილვისაგან, კვლევის, შედეგებისა და მათი განსჯისგან, ექსპერიმენტალური ნაწილისაგან, 11 დასკვნისა და 93 გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან.

## კვლევა, შედეგები და მათი განსჯა

სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის პირველი ეტაპი მოიცავს საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის - კახეთის, შიდა ქართლის, ქვემო ქართლის, მცხეთა-მთიანეთის, სამცხე-ჯავახეთის, იმერეთის და ქ. თბილისის არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების ტერიტორიების ნიადაგებისა და მათ მიმდებარედ არსებული მდინარეების (ასეთების არსებობის შემთხვევაში) დამაბინძურებელი კომპონენტების განსაზღვრას.

მიმდებარე ტერიტორიების დაბინძურების პროცესში ნაგავსაყრელების როლისა და მნიშვნელობის სწორად შესაფასებლად შერჩეული საკვლევი ობიექტების შედეგები შედარებული იყო განსაზღვრული კომპონენტების ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებთან (ზდკ); ზოგ შემთხვევაში - საორიენტაციო დასაშვებ კონცენტრაციებთან (სდკ); თითქმის ყველა შემთხვევაში - ფონურ მნიშვნელობებთან, რომლებიც შერჩეული იყო კონკრეტული ნაგავსაყრელიდან გარკვეული მანძილის მოშორებით.

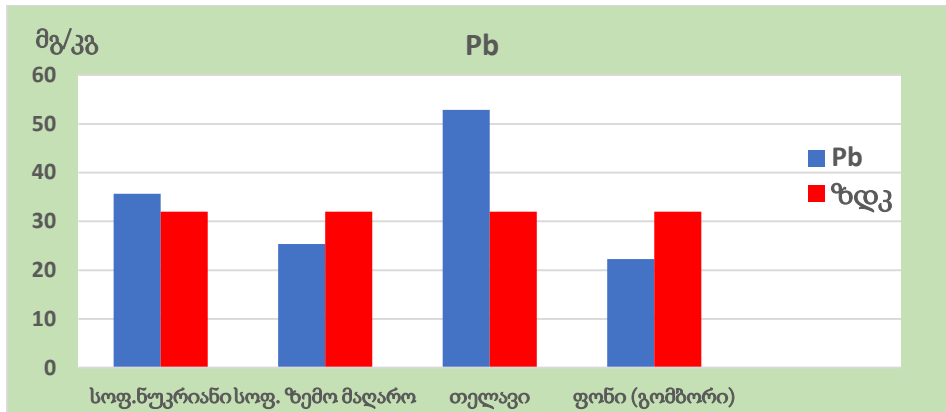
### კახეთის რეგიონი-2019 წ.

სოფ. ნუკრიანში, სოფ. ზემო მაღაროში და ქ. თელავში არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიებზე აღებული იყო ნიადაგის საანალიზო ნიმუშები 0-10 სმ სიღრმეზე, რომლებშიც განისაზღვრა მძიმე ლითონები - Pb, Cd, Zn, Cu, Hg. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრ. 1-ში და ნახ. 1-3-ზე.

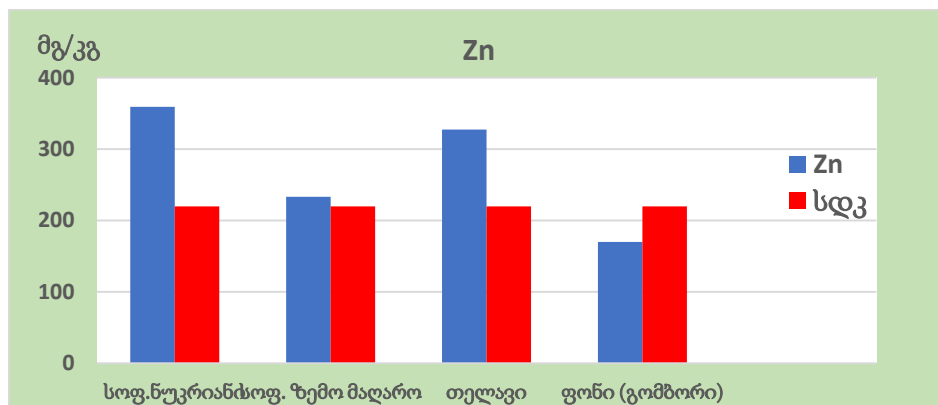
**ცხრილი 1. კახეთის რეგიონის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში მძიმე ლითონების შემცველობა, 02.2019**

პუნქტი	№ სინჯის	Pb	Cd	Zn	Cu	Hg
		<b>მგ/კგ</b>				
№1 - გომბორი, ფონი	526	22,26	N.D.	170,00	120.30	N.D.
№2 - სიღნაღის რაიონი, სოფ. ნუკრიანი	527	35.65	N.D.	359,38	384.35	N.D.
№3 - სიღნაღის რაიონი, სოფ. ზემო მაღარო	528	25,34	N.D.	233,41	324,47	N.D.
№3 - თელავი	529	52.86	N.D.	327,69	270,47	N.D.
ზდკ - ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია		32	2			
სდკ - საორიენტაციო დასაშვები კონცენტრაცია				220	132	

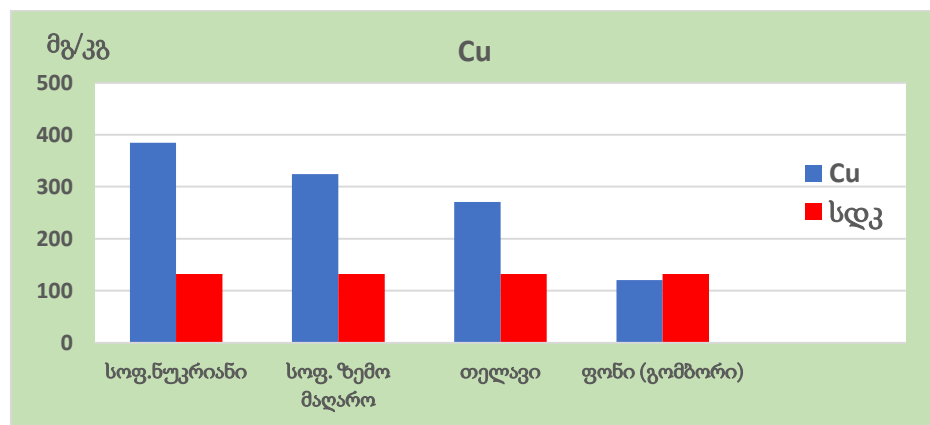




ნახაზი 1. კახეთის რეგიონის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში ტყვიის შემცველობა



ნახაზი 2. კახეთის რეგიონის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში თუთიის შემცველობა



ნახაზი 3. კახეთის რეგიონის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში სპილენძის შემცველობა

როგორც ნახაზებიდან ჩანს, არცერთ ნიმუშში არ აღმოჩნდა ისეთი კანცეროგენული კომპონენტები როგორებიცაა Cd და Hg, რაც შეეხება Cu, Zn და Pb-ს მათმა კონცენტრაციებმა ნიმუშებში უმეტეს შემთხვევაში გადააჭარბეს თავიანთ

ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს (ზდკ). მაგალითად, სოფ. ნუკრიანში სპილენძისა და თუთიის კონცენტრაციებმა ზდკ-ს გადააჭარბეს თითქმის 3-ჯერ, ხოლო ტყვიის შემცველობა თელავის ნიმუშში აღმოჩნდა 1.7 ზდკ-ს ტოლი. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ყველა მიმდებარე ტერიტორიიდან აღებულ ნიმუშებში მძიმე ლითონების შემცველობები აღემატება ფონური წერტილებიდან აღებულ ნიმუშების შემცველობებს, რაც იმას მიანიშნებს, რომ სტიქიური ნაგავსაყრელები ახდენენ ზეგავლენას მიმდებარე ტერიტორიების დაბინძურების პროცესებზე.

### შიდა ქართლი-2019 წ.

შემდეგ ეტაპზე კვლევა ჩატარდა შიდა ქართლში, სადაც საანალიზო ნიმუშები აღებული იყო სოფ. მუხრანში მდ. ქსნის პირას ერთ-ერთი სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიიდან. კვლევის შედეგებმა აჩვენეს, რომ ნიადაგის ნიმუშში ტყვიის შემცველობა შეადგენს 4 ზდკ, თუთიის - 3 ზდკ, ხოლო სპილენძის - 2 ზდკ (ცხრ. 2). ყოველივე ეს მიუთითებს იმას, რომ მოცემული ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორია დაბინძურებულია მძიმე ლითონებით (კადმიუმი და ვერცხლისწყალი ნიმუშებში კვლავ არ შეინიშნება) და შესაბამისად ამ შემთხვევაშიც მათი კონცენტრაციები აღემატება ფონური წერტილებიდან აღებული ნიმუშების შემცველობებს.

**ცხრილი 2. შიდა ქართლის რეგიონის (სოფ. მუხრანი) ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში მძიმე ლითონების შემცველობები**

პუნქტი	№ სინჯის	Pb	Cd	Zn	Cu	Hg
მგ/კგ						
№1 - მუხრანი	511	137,66	N.D.	375,88	256.31	N.D.
ზდკ - ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია		32	2			
სდკ - საორიენტაციო დასაშვები კონცენტრაცია				220	132	

ნაგავსაყრელის მიმდებარედ არსებულ მდ. ქსნის წყლის ნიმუშებში ჩატარებულ იქნა როგორც ქიმიური, ასევე მიკრობიოლოგიური ანალიზები. უნდა აღინიშნოს, რომ წყლის ნიმუშები აღებული იყო როგორც ნაგავსაყრელთან ახლოს, ასევე მისგან 500 მეტრის მოშორებით (ფონი). მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრ. 3,4-ში. როგორც

ვხედავთ მხოლოდ ერთი კომპონენტი ( $\text{NH}_4^+$ ) აღმოჩნდა ნორმაზე მაღალი ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიიდან აღებულ ნიმუშებში (2 ზდკ), რაც მიანიშნებს ნაგავსაყრელის მცირე გავლენას მდინარის წყლის ხარისხზე. მიკრობიოლოგიური ანალიზის მიხედვით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მდ. ქსანში მოცემულ ტერიტორიაზე ამ ეტაპზე არ აღინიშნებოდა მიკრობიოლოგიური კომპონენტებით დაბინძურება.

**ცხრილი 3. სოფ. მუხრანის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარედ მდ. ქსნის ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები**

№	ინგრედიენტები	ერთეული	მიღებული შედეგები	ზდკ	გამოყენებული მეთოდები
1	ამონიუმი	მგN/ლ	0,685	0,39	ISO 7150-1:2010
2	ნიტრიტები	მგN/ლ	0,015	1.0	ISO 10304-1:2007
3	ნიტრატები	მგN/ლ	0,177	10.0	
4	ფოსფატები	მგ/ლ	0,035	3.5	
5	სულფატები	მგ/ლ	9,199	500	
6	ქლორიდები	მგ/ლ	1,107	350	
7	ბრომი	მგ/ლ	0,108	0.2	
8	ფტორი	მგ/ლ	0,003		
9	E-coli	1 დმ <sup>3</sup> -ში	450	5000	
10	ტოტალური კოლიფორმები		1300		
11	ფეკალური სტრეპტოკოკები		450		

**ცხრილი 4. მდ. ქსნის ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები ნაგავსაყრელიდან 500 მ-ში (მუხრანი)**

№	ინგრედიენტები	ერთეული	მიღებული შედეგები	ზდკ	გამოყენებული მეთოდები
1	ამონიუმი	მგN/ლ	0,352	0,39	ISO 7150-1:2010
2	ნიტრიტები	მგN/ლ	0,061	1.0	ISO 10304-1:2007
3	ნიტრატები	მგN/ლ	3,781	10.0	
4	ფოსფატები	მგ/ლ	0,436	3.5	
5	სულფატები	მგ/ლ	17,044	500	
6	ქლორიდები	მგ/ლ	7,316	350	
7	ბრომი	მგ/ლ	0,081	0.2	
8	ფტორი	მგ/ლ	0,103		
9	E-coli	1 დმ <sup>3</sup> -ში	არ აღმოჩნდა	5000	
10	ტოტალური კოლიფორმები		600		
11	ფეკალური სტრეპტოკოკები		არ აღმოჩნდა		

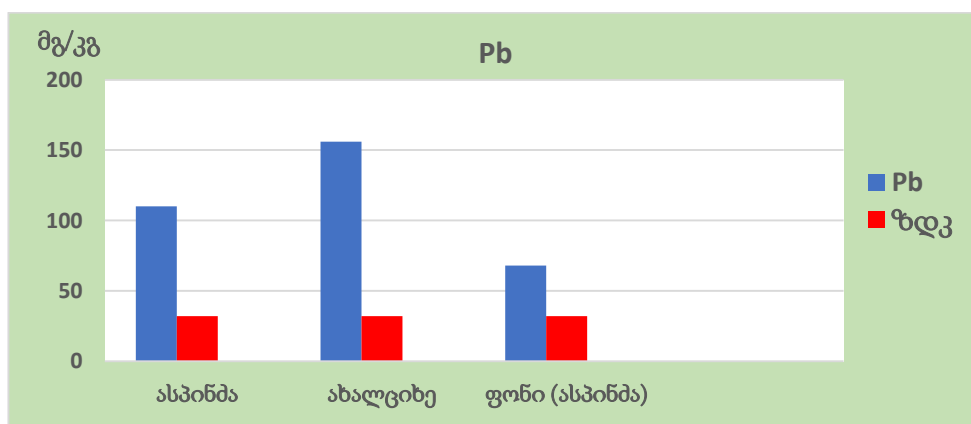
## სამცხე-ჯავახეთი-2019 წ.

აპრილის თვეში კვლევები ჩატარდა სამცხე-ჯავახეთში. საანალიზო ნიმუშები აღებულ იქნა სოფ. ასპინძაში (ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორია) და ახალციხეში (მდ. მტკვრის მიმდებარე ტერიტორია) მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრ. 5-ში და ნახ. 4-6-ზე.

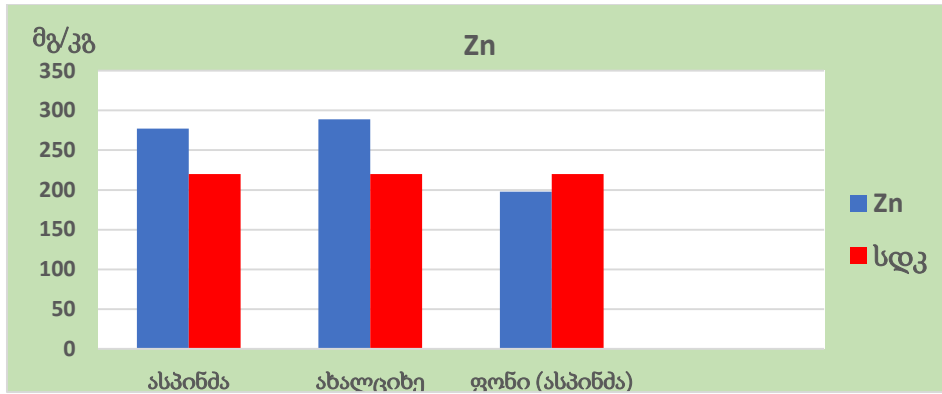
როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს, როგორც ასპინძის, ასევე ახალციხის ნიადაგის ნიმუშებში დაფიქსირდა ტყვიის მაღალი კონცენტრაციები და შესაბამისად, მათი შემცველობები უტოლდება 3 და 5 ზდკ-ს. ასევე უნდა ითქვას ისიც, რომ ტყვიის ეს კონცენტრაციები ორივე შემთხვევაში მეტია ფონური წერტილების კონცენტრაციებთან მიმართებაში.

**ცხრილი 5. სამცხე-ჯავახეთის რეგიონი ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში მძიმე ლითონების შემცველობა 04.2019**

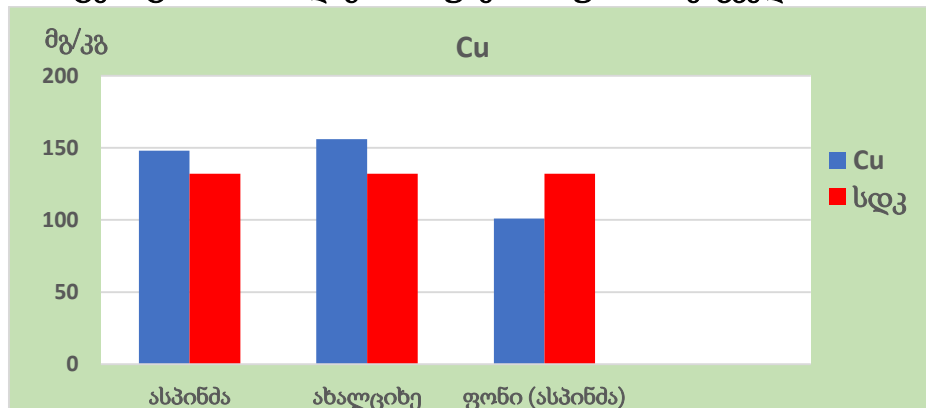
პუნქტი	Pb	Cd	Zn	Cu	Hg
	მგ/კგ				
№1 - ახალციხე	156	N.D.	289	156	N.D.
№2 - ასპინძა (ნაგავსაყრელი)	110	N.D.	277	148	N.D.
№2 - ფონი (ასპინძა, ნაგავსაყრელიდან 250 მეტრის დაშორება)	68	N.D.	198	101	N.D.
ზდკ - ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია	32	2			
სდკ - საორიენტაციო დასაშვები კონცენტრაცია			220	132	



**ნახაზი 4. ასპინძის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში ტყვიის შემცველობა**



ნახაზი 5. ასპინძის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში თუთიის შემცველობა



ნახაზი 6. ასპინძის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში სპილენძის შემცველობა

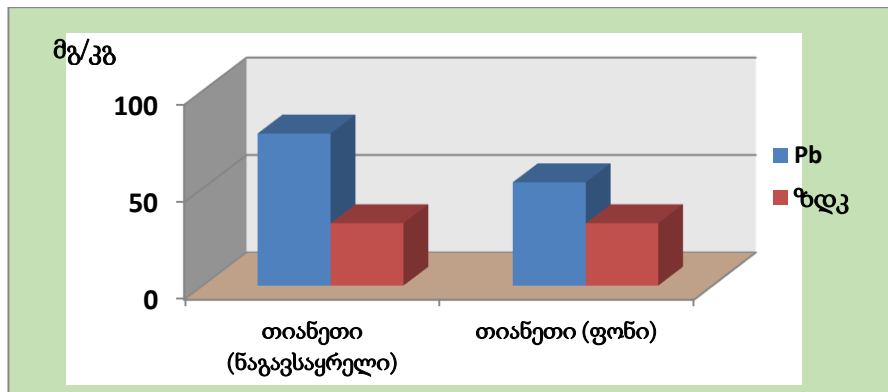
**მცხეთა-მთიანეთი-2019 წ.**

სექტემბრის თვეში კვლევები ჩატარდა მცხეთა-მთიანეთის რეგიონში. აღებულ იქნა ნიადაგის ნიმუშები. მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრ. 6-სა და ნახ. 7-9-ში.

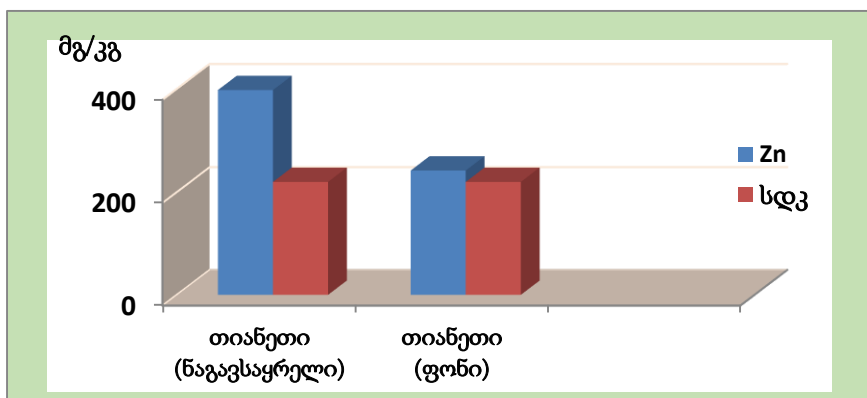
ცხრილი 6. თიანეთის რეგიონის ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში მძიმე ლითონების შემცველობა

09.2019

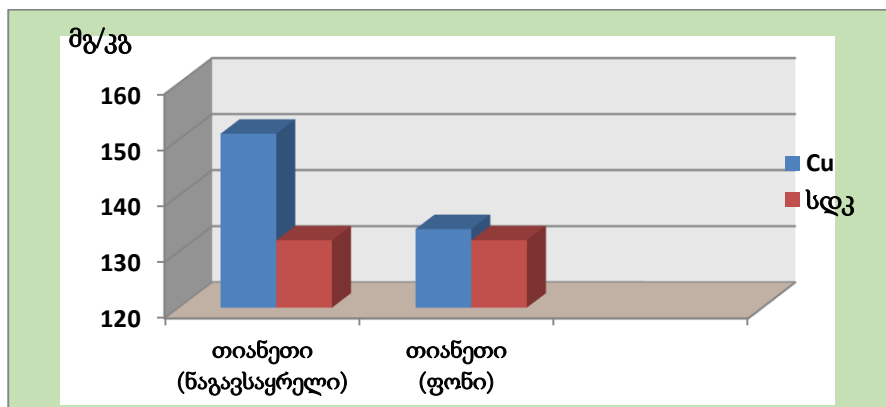
სინჯის აღების ადგილი	Cu	Zn	Pb	Cd	Hg
	მგ/კგ				
თიანეთი (ნაგავსაყრელი)	151	398	78	<2.0	-
თიანეთი (ფონი)	134	242	53	<2.0	-



ნახაზი 7. თიანეთის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში ტყვიის შემცველობა



ნახაზი 8. თიანეთის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში თუთიის შემცველობა



ნახაზი 9. თიანეთის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში სპილენძის შემცველობა

თიანეთში განლაგებული სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორია დაბინძურებული აღმოჩნდა როგორც ტყვიით, ასევე სპილენძით და თუთიით (ნახ. 7-9), მათი კონცენტრაციები აღემატება არა მარტო ზღკ-ებს, არამედ ფონურ მაჩვენებლებსაც. საანალიზო ნიმუშებში არ აღმოჩნდა არც კადმიუმი და არც

ვერცხლისწყალი (ცხრ. 6). ასევე მცხეთა-მთიანეთის რეგიონში ჩატარდა მდ. იორის (რომელიც სტიქიური ნაგავსაყრელის მახლობლად აღმოჩნდა) ჰიდროქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზები. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრ. 7-9.

**ცხრილი 7. მდ. იორის წყლის ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები ნაგავსაყრელის მიმდებარედ, 09.2019**

	ინგრედიენტები	ერთეული	მიღებული შედეგები	ზღვ	გამოყენებული მეთოდები
1	ამონიუმი	მგN/ლ	0,345	0,39	ISO 7150-1:2010
2	ნიტრიტები	მგN/ლ	0.022	1.0	ISO 10304-1:2007
3	ნიტრატები	მგN/ლ	0.147	10.0	
4	ფოსფატები	მგ/ლ	0.172	3.5	
5	სულფატები	მგ/ლ	22.18	500	
6	ქლორიდები	მგ/ლ	2.28	350	
7	ბრომი	მგ/ლ	0,099	0.2	
8	ფტორი	მგ/ლ	0.088		
9	E-coli	1 დმ <sup>3</sup> -ში	1120	5000	
10	ტოტალური კოლიფორმები		1200		
11	ფეკალური სტრეპტოკოკები		250		

**ცხრილი 8. მდ. იორის წყლის ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები ნაგავსაყრელიდან 300 მ-ის მოშორებით, 09.2019**

	ინგრედიენტები	ერთეული	მიღებული შედეგები	ზღვ	გამოყენებული მეთოდები
1	ამონიუმი	მგN/ლ	0,310	0,39	ISO7150-1:2010
2	ნიტრიტები	მგN/ლ	0.012	1.0	ISO 10304-1:2007
3	ნიტრატები	მგN/ლ	0.107	10.0	
4	ფოსფატები	მგ/ლ	0.139	3.5	
5	სულფატები	მგ/ლ	20.28	500	
6	ქლორიდები	მგ/ლ	2.23	350	
7	ბრომი	მგ/ლ	0,102	0.2	
8	ფტორი	მგ/ლ	0.094		
9	E-coli	1 დმ <sup>3</sup> -ში	950	5000	
10	ტოტალური კოლიფორმები		1000		
11	ფეკალური სტრეპტოკოკები		200		

**ცხრილი 9. მდ. იორის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები**

ნიმუშის აღების ადგილი	pH	ელექტრო-გამტარობა, $\mu\text{S}/\text{cm}$	მარილიანობა, %	DO, მგ/ლ (წყალში გახსნილი ჟანგბადი)	t, °C
თიანეთი (ნაგავსაყრელი მდ.იორის მახლობლად)	8.22	213	0.015	8.0	9.8
თიანეთი (ფონი 300 მეტრის მოშორებით)	8.18	211	0.015	8.1	9.2

რაც შეეხება მდ. იორს, როგორც ვხედავთ მასზე ნაგავსაყრელის გავლენა არ აღინიშნება. როგორც ჰიდროქიმიური, ასევე მიკრობიოლოგიური ანალიზები გვიჩვენებს, რომ ძირითადი მაჩვენებლები ნორმის ფარგლებშია. ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით კი შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მდინარეში რაიმე მნიშვნელოვან დაბინძურებას მოცემულ პერიოდში ადგილი არ ჰქონია.

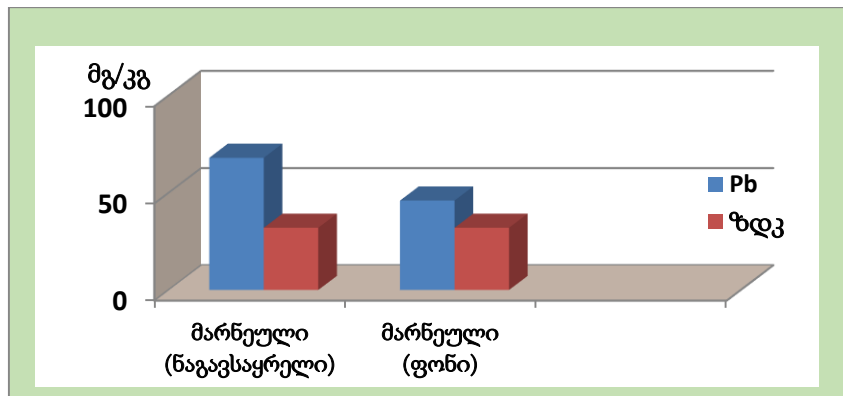
**ქვემო ქართლი-2019 წ.**

ცხრ. 10-სა და ნახ. 10-13-ზე წარმოდგენილია ქვემო ქართლში ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში მძიმე ლითონების განსაზღვრის შედეგები.

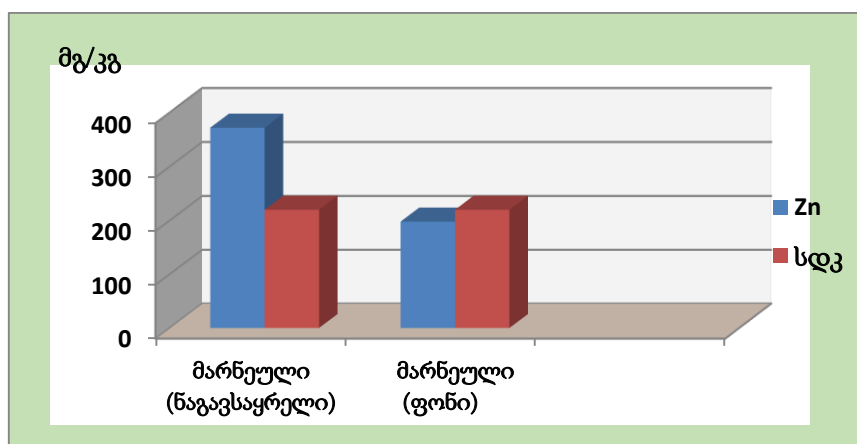
**ცხრილი 10. ქვემო ქართლის რეგიონის ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში მძიმე ლითონების შემცველობა**

სინჯის აღების ადგილი	Cu	Zn	Pb	Cd	Hg
	მგ/კგ				
ქ.მარნეული (ნაგავსაყრელი)	199	372	68	<2.0	-
ქ. მარნეული (ფონი)	142	198	46	<2.0	-
გარდაბანი (ნაგავსაყრელი)	66	118	54	<2.0	-
გარდაბანი (ფონი)	54	104	35	<2.0	-
ზდკ (მგ/კგ)			32		
სდკ (მგ/კგ)	132	220		2	

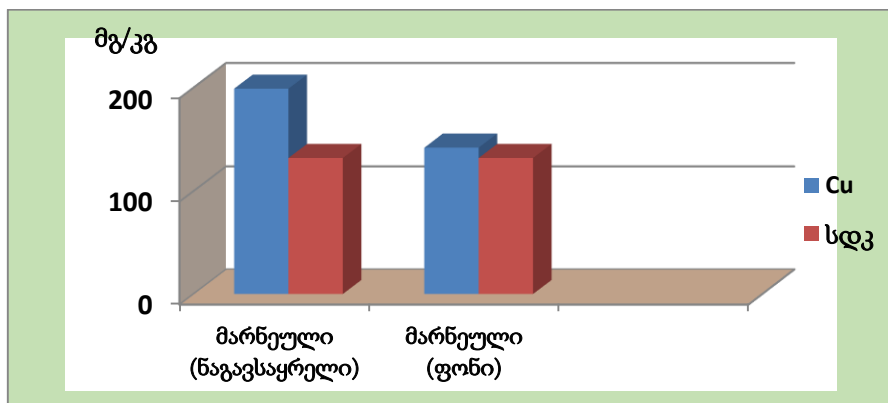




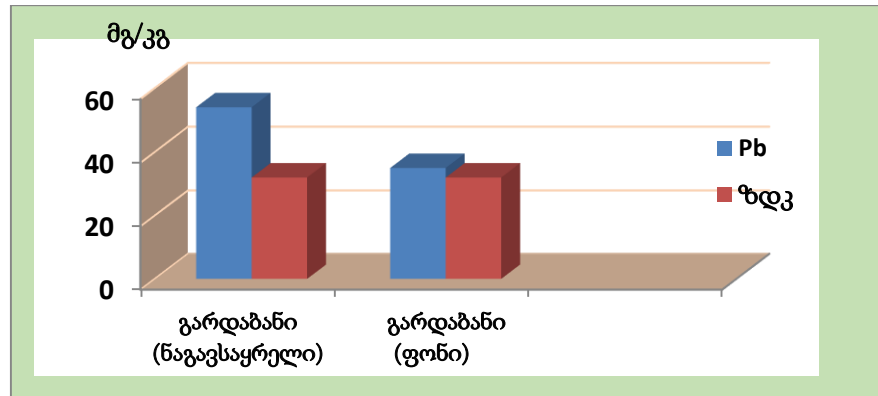
ნახაზი 10. ქ. მარნეულის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში ტყვიის შემცველობა



ნახაზი 11. ქ. მარნეულის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში თუთიის შემცველობა



ნახაზი 12. ქ. მარნეულის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში სპილენძის შემცველობა



**ნახაზი 13. გარდაბნის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში ტყვიის შემცველობა**

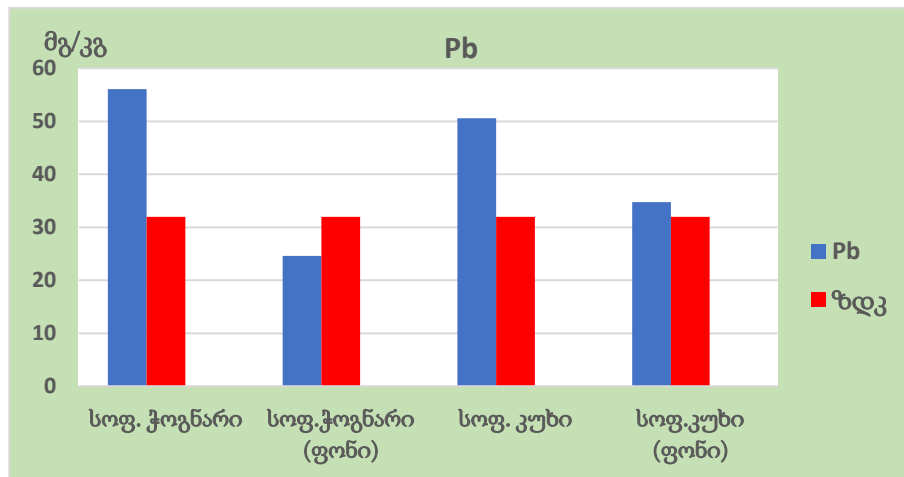
მიღებული მონაცემების მიხედვით მარნეულის ნიადაგის ნიმუშებში ზღვ-ებს გადააჭარბა სამივე (Pb, Cu, Zn) ლითონის კონცენტრაციამ. საანალიზო ნიმუშებში არ აღმოჩნდა კანცეროგენული ელემენტები - ვერცხლისწყალი და კადმიუმი. რაც შეეხება გარდაბანს, ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორია აღმოჩნდა დაბინძურებული მხოლოდ ტყვიით (ნახ. 13).

**იმერეთის რეგიონი-2019 წ.**

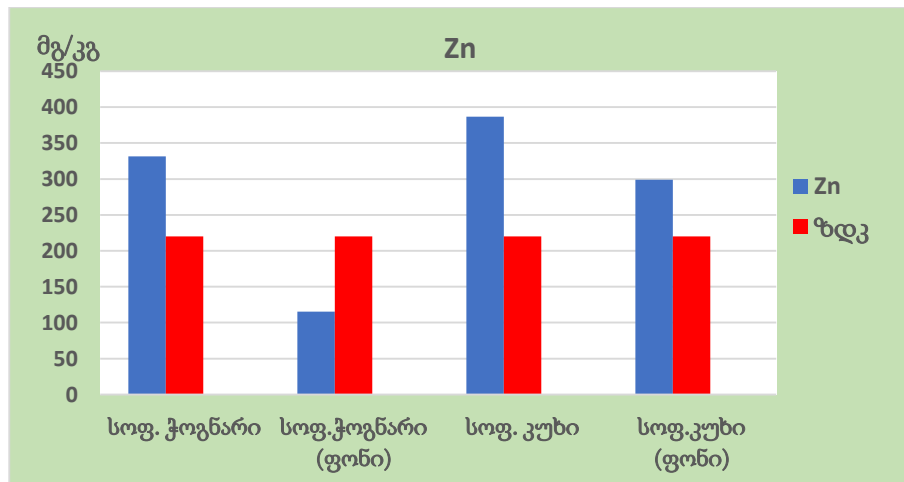
იმერეთის რეგიონში, შერჩეული იყო სოფელ კუხის ტერიტორიაზე განლაგებული არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელი, ხოლო სოფელ ჭოგნარში ნაგავსაყრელი, რომელიც მდებარეობს მდინარე გუბისწყალის პირას. შესაბამისად საანალიზო ნიმუშებში განისაზღვრა მძიმე ლითონები - Pb, Cd, Zn, Cu, Hg; ბიოგენური ელემენტები-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>; მიკრობიოლოგიური პარამეტრები- ტოტალური კოლიფორმები, ფეკალური სტრეფტოკოკები და E-coli. საველე პირობებში - pH, ტემპერატურა, ელექტროგამტარობა, წყალში გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა და მარილიანობა (ცხრ.11-13 და ნახ.14,15).

ცხრილი 11. იმერეთის რეგიონის არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში ზოგიერთი მძიმე ლითონის შემცველობა

პუნქტი	Pb	Cd	Zn	Cu	Hg
	მგ/კგ				
სოფ. ჭოგნარი, (ნაგავსაყრელი)	56.11	N.D.	331.4	82.8	N.D.
სოფ. ჭოგნარი, ფონი	24.6	N.D.	115.2	66.7	N.D.
სოფ. კუხი (ნაგავსაყრელი)	50.6	N.D.	386.9	50.19	N.D.
სოფ. კუხი (ფონი)	34.78	N.D.	299	42.4	N.D.
ზდკ (მგ/კგ)	32	2			
სდკ (მგ/კგ)			220	132	



ნახაზი 14. იმერეთის რეგიონის ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგის ნიმუშებში ტყვიის შემცველობა



ნახაზი 15. იმერეთის რეგიონის ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგის ნიმუშებში თუთიის შემცველობა

მიღებული შედეგების მიხედვით ჭოგნარის ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიიდან აღებულ ნიადაგის ნიმუშებში ტყვიის კონცენტრაციამ ზდკ-ს მნიშვნელობებს გადააჭარბა 1.8-ჯერ, ხოლო კუხის ნიმუშებში მისმა შემცველობამ 1.5 ზდკ-ს მიაღწია. შედარებით მცირედ მომატებული კონცენტრაციები დაფიქსირდა თუთიის შემთხვევაში (ნახ. 15). არც ერთ საანალიზო ნიმუშში არ დაფიქსირებულა Hg-ისა და Cd-ის კონცენტრაციები.

**ცხრილი 12. ნაგავსაყრელის მიმდებარედ მდ.გუბისწყალის ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები**

№	ინგრედიენტები	ერთეული	მიღებული შედეგები	ზდკ	გამოყენებული მეთოდები
1	ამონიუმი	მგN/ლ	0,554	0,39	ISO7150-1:2010
2	ნიტრიტები	მგN/ლ	0.122	1.0	ISO 10304-1:2007
3	ნიტრატები	მგN/ლ	0.727	10.0	ISO 10304-1:2007
4	ფოსფატები	მგ/ლ	0.192	3.5	ISO 10304-1:2007
5	სულფატები	მგ/ლ	48.25	500	ISO 10304-1:2007
6	ქლორიდები	მგ/ლ	4.79	350	ISO 10304-1:2007
7	ბრომი	მგ/ლ	0,082	0.2	ISO 10304-1:2007
8	ფტორი	მგ/ლ	0.115		ISO 10304-1:2007
9	E-coli	1 დმ <sup>3</sup> -ში	3500	5000	მემბრანული ფილტრაციის მეთოდი
10	ტოტალური კოლიფორმები		8200		
11	ფეკალური სტრეპტოკოკები		550		

**ცხრილი 13. ნაგავსაყრელიდან 300 მ-ში მდ.გუბისწყალის ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები**

№	ინგრედიენტები	ერთეული	მიღებული შედეგები	ზდკ	გამოყენებული მეთოდები
1	ამონიუმი	მგN/ლ	0,354	0,39	ISO7150-1:2010
2	ნიტრიტები	მგN/ლ	0.112	1.0	ISO 10304-1:2007
3	ნიტრატები	მგN/ლ	0.527	10.0	ISO 10304-1:2007
4	ფოსფატები	მგ/ლ	0.162	3.5	ISO 10304-1:2007
5	სულფატები	მგ/ლ	47.22	500	ISO 10304-1:2007
6	ქლორიდები	მგ/ლ	4.99	350	ISO 10304-1:2007
7	ბრომი	მგ/ლ	0,098	0.2	ISO 10304-1:2007
8	ფტორი	მგ/ლ	0.101		ISO 10304-1:2007
9	E-coli	1 დმ <sup>3</sup> -ში	2400	5000	მემბრანული ფილტრაციის მეთოდი
10	ტოტალური კოლიფორმები		7400		
11	ფეკალური სტრეპტოკოკები		380		

მდინარე გუბისწყალის (სოფ. კუხი), ჰიდროქომიური, ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზების შედეგები მიგვანიშნებენ იმაზე, რომ მასთან სიახლოვეში არსებული სტიქიური ნაგავსაყრელი არ ახდენს მნიშვნელოვან გავლენას მისი წყლის ხარისხზე და ასევე ადგილი არა აქვს ანტისანიტარულ მდგომარეობას. თუმცა, მცირედ არის მომატებული ნაგავსაყრელის სიახლოვეში ამონიუმის იონის კონცენტრაცია წყალში ფონურ წერტილთან შედარებით.

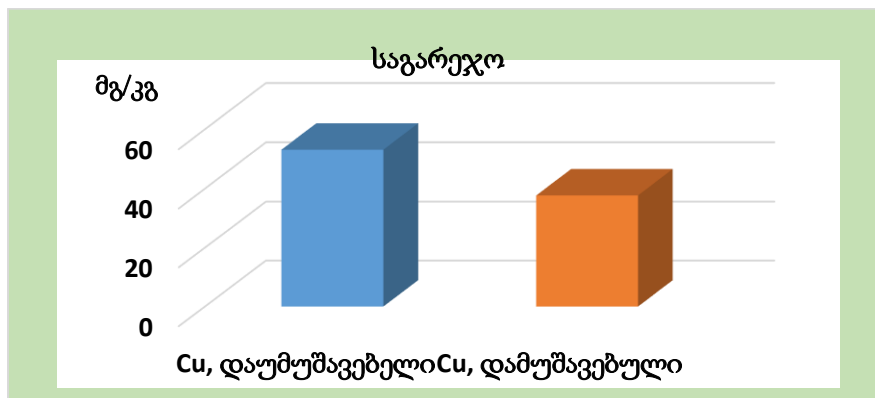
### **ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგების სარეკულტივაციო პროცესები**

კვლევის მეორე ეტაპზე - 2020 წელს სრული სურათის შესაქმნელად მოხდა იგივე რეგიონებში განმეორებითი კვლევების ჩატარება. გარდა განმეორებითი კვლევებისა 2020 წელს სტიქიური ნაგავსაყრელების ტერიტორიების მიმდებარე ლითონებით დაბინძურების შემცირების მიზნით ჩატარდა ნიადაგების სატესტო კვლევები, რისთვისაც გამოყენებული იყო ქართული სორბენტი, რომელიც შეიცავს 80%-მდე კლინოპტილოლიტს და რომელსაც აქვს საუკეთესო სორბციული თვისება შებოჭოს მის სტრუქტურულ არხებში (ფორებში) ზოგიერთი ლითონი და შედეგად შეამციროს მათი შემცველობა ნიადაგში.

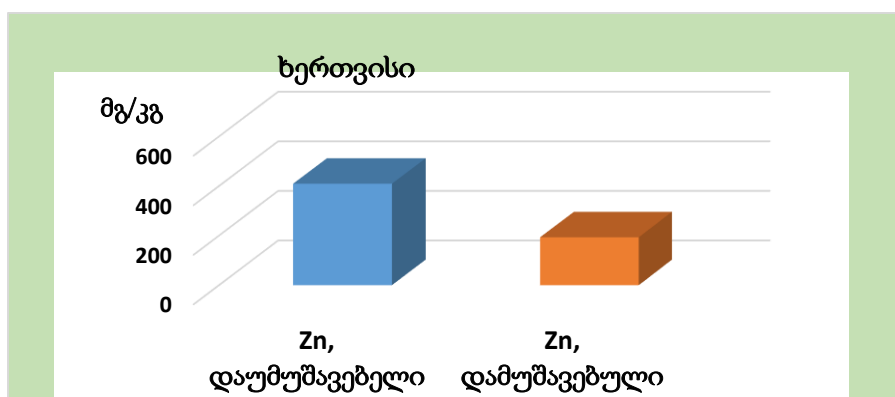
### **სამცხე-ჯავახეთი და კახეთის რეგიონები - 2020 წ. (ქართული ცეოლიტით არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების ტერიტორიების დამუშავება).**

2020 წლის ივლისის თვეში განხორციელდა ექსპედიცია სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში, ხოლო აგვისტოს თვეში კახეთის რეგიონში, სადაც წინასწარ შერჩეული ნაგავსაყრელების ტერიტორიებიდან ადგილზე იყო ნიადაგის საანალიზო ნიმუშები. ორივე რეგიონში სტიქიური ნაგავსაყრელების ტერიტორიები დამუშავდა ჩვენს მიერ ჩატანილი სორბენტით (კლინოპტილოლიტით). ნაგავსაყრელის წინასწარ მოსუფთავებულ ტერიტორიაზე (5-დან 10 მ<sup>2</sup> ფართობზე) შეტანილი იყო სორბენტი 2-4 მმ დიამეტრის გრანულების სახით, ყოველ 1 მ<sup>2</sup>-ზე იყრებოდა ~20 კგ სორბენტი. საანალიზო ნიმუშების აღება ხდებოდა სორბენტის დაყრამდე და დაყრის შემდეგ, შემდგომში შედარებითი ანალიზების ჩატარების მიზნით.

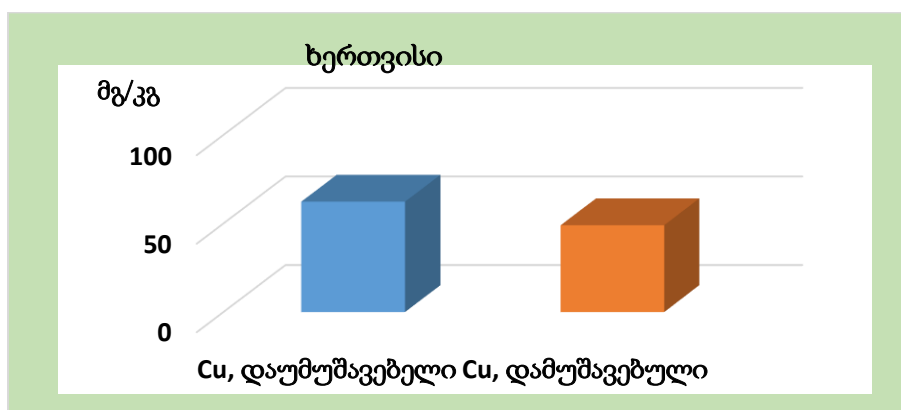
შედარებითი ანალიზის შედეგები ნაჩვენებია ნახ. 16-22-ზე.



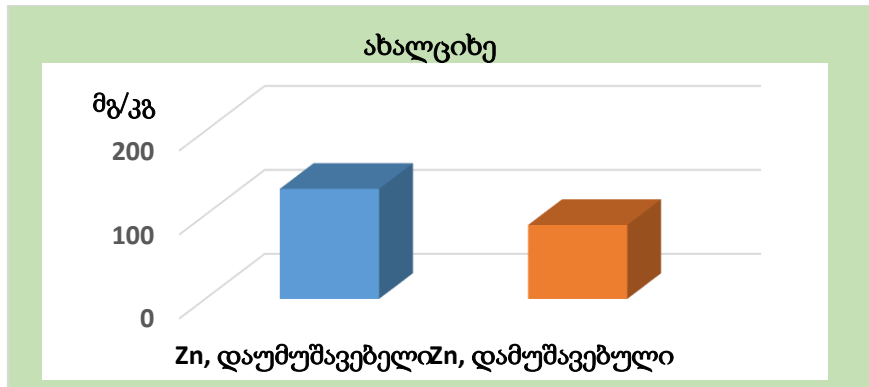
ნახაზი 16. შედარებითი ანალიზის შედეგი საგარეჯოს ნაგავსაყრელის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის სპილენძის შემცველობასთან მიმართებაში (სპილენძის შემცველობა შემცირდა 29 %-ით)



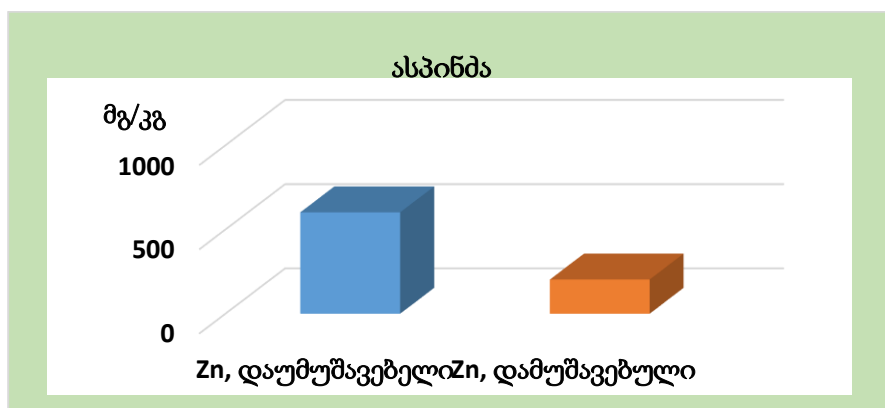
ნახაზი 17. შედარებითი ანალიზის შედეგი ხერთვისის ნაგავსაყრელის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის თუთიის შემცველობასთან მიმართებაში (თუთიის შემცველობა შემცირდა 53 %-ით)



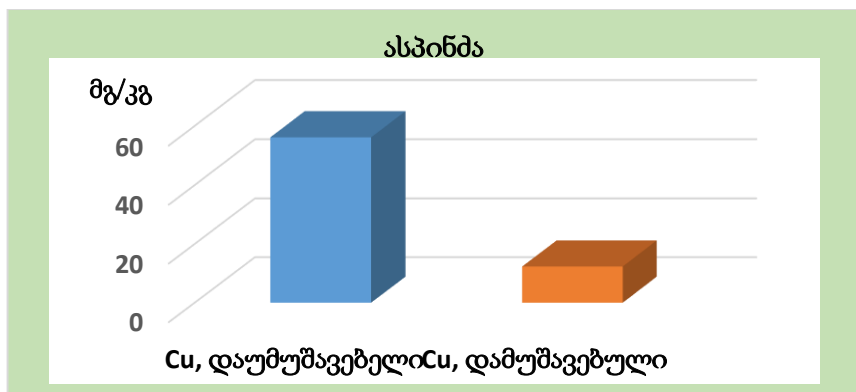
ნახაზი 18. შედარებითი ანალიზის შედეგი ხერთვისის ნაგავსაყრელის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის სპილენძის შემცველობასთან მიმართებაში (სპილენძის შემცველობა შემცირდა 21 %-ით)



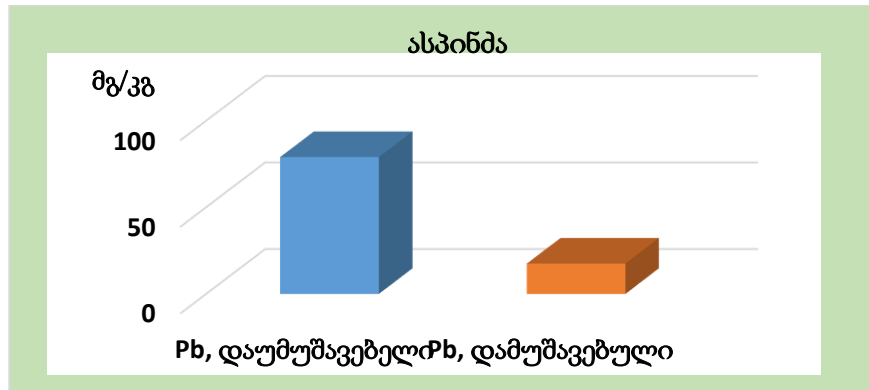
ნახაზი 19. შედარებითი ანალიზის შედეგი ახალციხის ნაგავსაყრელის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის თუთიის შემცველობასთან მიმართებაში (თუთიის შემცველობა შემცირდა 33 %-ით)



ნახაზი 20. შედარებითი ანალიზის შედეგი ასპინძის ნაგავსაყრელის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის თუთიის შემცველობასთან მიმართებაში (თუთიის შემცველობა შემცირდა 66 %-ით)



ნახაზი 21. შედარებითი ანალიზის შედეგი ასპინძის ნაგავსაყრელის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის სპილენძის შემცველობასთან მიმართებაში (სპილენძის შემცველობა შემცირდა 79 %-ით)



**ნახაზი 22. შედარებითი ანალიზის შედეგი ასპინძის ნაგავსაყრელის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის ტყვიის შემცველობასთან მიმართებაში (ტყვიის შემცველობა შემცირდა 78 %-ით)**

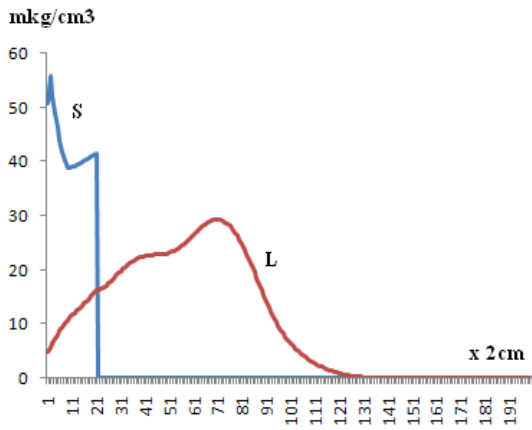
როგორც ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენეს სტიქიური ნაგავსაყრელების ტერიტორიების, ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ქართული სორბენტით დამუშავების შედეგად, ნიადაგში მძიმე ლითონების შემცველობები შეიცვალა, კერძოდ - 7 შემთხვევიდან 3 შემთხვევაში სპილენძის შემცველობა შემცირდა 21%, 29% და 79%-ით, თუთიის კი 33%, 53% და 66%, მხოლოდ 1 შემთხვევაში (ასპინძის ნაგავსაყრელის ტერიტორია) ტყვიის კონცენტრაცია შემცირდა 78%-ით.

### რიცხვითი მოდელის გამოყენების შედეგების ანალიზი

მოდელირებული იქნა ნიადაგის ზედა 40 სმ-იან ფენაში არსებული 120 მკგ/სმ<sup>3</sup> – მოცულობითი შემცველობის ტყვიის სულფატის გავრცელება შედარებით მაღალი ფილტრაციის უნარის მქონე შავმიწა ნიადაგში ( $F= 0.8$  მ/24 სთ). გამოთვლები ჩატარდა 2 წელი ფიზიკური დროისთვის. გამოთვლები ჩატარდა აგრეთვე დაბალი ფილტრაციის უნარის მქონე თიხნარ ნიადაგში ( $F=0.4$  მ/24 სთ).

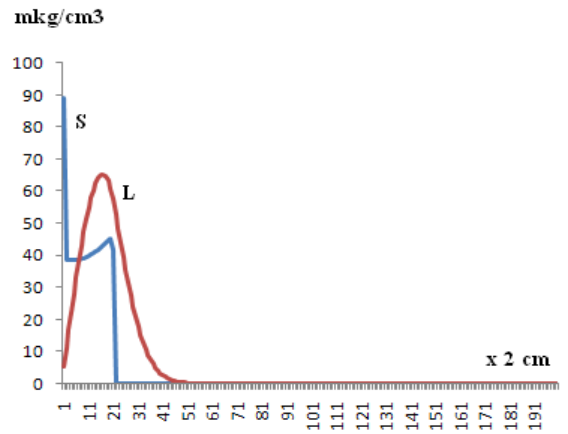
ნახ. 23-26-ზე ნაჩვენებია დამაბინძურებელი ინგრედიენტის მყარი (S) და თხევადი (L) ფრაქციების განაწილება ნიადაგში მოდელირების 90 დღის და 2 წლის შემდეგ ორივე ნიადაგისათვის.





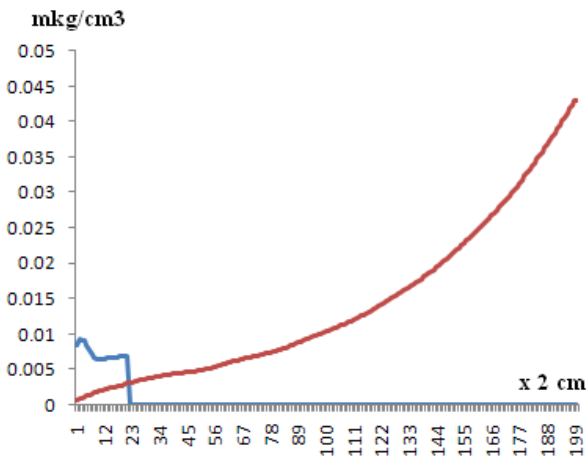
გრაფიკი 23. ნიადაგში ტყვიის სულფატის მყარი (S), მყარი (S) თხევადი (L) ფაზების შემცველობა, როცა  $t = 90$  დღ.

შავმიწა ნიადაგი



გრაფიკი 24. ნიადაგში ტყვიის სულფატის მყარი (S) თხევადი (L) ფაზების შემცველობა, როცა  $t = 90$  დღ.

თიხნარი ნიადაგი



გრაფიკი 25. ნიადაგში ტყვიის სულფატის მყარი (S), მყარი (S) თხევადი (L) ფაზების შემცველობა, როცა  $t = 2$  წ. 2 წ.

შავმიწა ნიადაგი

შავმიწა ნიადაგისთვის - 90-ე დღეს მყარი ფაზის დაახლოებით 50% გახსნილია და მიღებული თხევადი ფაზა განაწილებულია დაახლოებით 2 მ სისქის ნიადაგის

გრაფიკი 26. ნიადაგში ტყვიის სულფატის მყარი (S) თხევადი (L) ფაზების შემცველობა, როცა  $t = 2$  წ.

თიხნარი ნიადაგი

ზოლში, მისი კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა 28 მკგ/სმ<sup>3</sup>–ია. 2 წლის შემდეგ თხევადი ფაზის მაქსიმალური კონცენტრაცია არ აღემატება 0,05 მკგ/სმ<sup>3</sup>, ხოლო მყარი ფაზის კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა 0,01 მკგ/სმ<sup>3</sup>.

თიხნარი ნიადაგისთვის - 90-ე დღეს გახსნილი ტყვიის სულფატის თხევადი მასა არაა ინფილტრირებული ნიადაგის ქვედა ფენებში. ის განაწილებულია ზედა 80 სმ სისქის ფენაში და შემცველობის მაქსიმუმით მდებარეობს 40 სმ–ზე. 2 წლის შემდეგ მყარი ფაზის კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობები 5 მკგ/სმ<sup>3</sup>.

გამოთვლებმა აჩვენეს, რომ თიხნარი ნიადაგის შემთხვევაში ინფილტრაციის პროცესი მიმდინარეობს შენელებული ტემპით.

## დასკვნა

1. 2019-2020 წლებში კახეთის რეგიონში (ახმეტა, ყვარელი, საგარეჯო, სიღნაღი, თელავი) არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგებში ჩატარებული კვლევების შედეგად არცერთ ნიმუშში არ აღმოჩნდა ისეთი კანცეროგენული კომპონენტები როგორებიცაა Cd და Hg. რაც შეეხება Cu, Zn და Pb-ს მათმა კონცენტრაციებმა საკვლევ ნიმუშებში ხშირ შემთხვევაში გადააჭარბეს შესაბამის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს, მაგ. დაფიქსირდა სპილენძისა და თუთიის კონცენტრაციების გადაჭარბება შესაბამის ზღვ-ზე სოფ. ნუკრიანში, ასევე ახმეტასა და ყვარელში, ხოლო ტყვიის შემცველობა - თელავის, ახმეტას, ყვარლისა და საგარეჯოს ნიადაგის ნიმუშებში; ნორმის ფარგლებში აღმოჩნდა გურჯაანის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიიდან აღებული ნიადაგის ნიმუშებში მძიმე ლითონების შემცველობები.
2. 2019-2020 წლებში შიდა ქართლში მდ. ქსნის პირას ერთ-ერთი სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშში ტყვიის შემცველობამ შეადგინა 4 ზდკ, თუთიის - 3 ზდკ, ხოლო სპილენძის - 2 ზდკ. 2020 წელს დაფიქსირდა ტყვიისა და თუთიის შემცველობების მცირე მატება ზდკ-თან მიმართებაში. კადმიუმის და ვერცხლისწყალის შემცველობები ნორმის ფარგლებში დაფიქსირდა.
3. 2019 წელს სამცხე-ჯავახეთში სოფ. ასპინძაში და ახალციხეში ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში დაფიქსირდა ტყვიის მაღალი კონცენტრაციები, შესაბამისად 3 და 5 ზდკ. 2020 წელს კი თუთიის შემცველობამ გადააჭარბა ზდკ-ს მნიშვნელობებს, ხოლო ტყვიის შემცველობა მაღალი აღმოჩნდა ასპინძის ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიაზე. ყველა შემთხვევაში კადმიუმის კონცენტრაციები საანალიზო ნიმუშებში დაბალია.
4. 2019-2020 წლებში მცხეთა-მთიანეთის რეგიონში სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორია დაბინძურებული აღმოჩნდა როგორც ტყვიით, ასევე სპილენძით და თუთიით, მათი კონცენტრაციები აღემატება არა მარტო ზდკ-ებს, არამედ ფონურ მაჩვენებლებსაც. თუმცა საანალიზო ნიმუშებში არ აღმოჩნდა არც კადმიუმი და არც ვერცხლისწყალი.
5. მცხეთა-მთიანეთის რეგიონში ჩატარდა მდ.იორის ჰიდროქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზები, მდ. იორზე ნაგავსაყრელის გავლენა არ აღინიშნება. როგორც ჰიდროქიმიურმა, ასევე მიკრობიოლოგიურმა ანალიზებმა აჩვენა, რომ განსაზღვრული კომპონენტები ნორმის ფარგლებშია.
6. 2019-2020 წლებში ქვემო ქართლში ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში მძიმე ლითონების ზდკ-ზე გადააჭარბა დაფიქსირდა სამივე (Pb, Cu, Zn) ლითონის შემთხვევაში. მარნეულში და მის მიმდებარე ტერიტორიებზე განლაგებული სტიქიური ნაგავსაყრელების ნიადაგის ნიმუშები აღმოჩნდა მნიშვნელოვნად დაბინძურებული ტყვიითა და თუთიით. განსაკუთრებულად დაბინძურებულია ე.წ. „сельхозмар“-ის ტერიტორიაზე მდებარე ნაგავსაყრელის მიმდებარე ნაწილი. ყველა შემთხვევაში კადმიუმის კონცენტრაციები საანალიზო ნიმუშებში აღმოჩნდა დაბალი.
7. 2019 წ. ქ.თბილისში არსებული არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიებიდან აღებულ ნიმუშებში, რომლებიც განთავსებული იყო მდ. გლდანულას, დიდმულას და ვერეს ხეობის მიმდებარედ მხოლოდ ტყვიის კონცენტრაციამ გადააჭარბა ზდკ-ს 1,3-ჯერ მდ.დიდმულას მიმდებარე სტიქიურ ნაგავსაყრელზე, რაც ფონურ მნიშვნელობას უმნიშვნელოდ აღემატება. სპილენძის კონცენტრაციამ გადააჭარბა ფონურ მნიშვნელობას 1,4-ჯერ მხოლოდ მდ.ვერეს ხეობაში.

8. სტიქიური ნაგავსაყრელების მიმდებარედ მდ. გლდანულა, დიღმულა და ვერეს ხეობაში განისაზღვრა ქიმიური და მიკრობიოლოგიური პარამეტრები და საველე პირობებში მობილური აპარატით - ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები. სამივე მდინარეში დაფიქსირდა ამონიუმის იონის ზღვ-ზე მაღალი შემცველობები. მისი ყველაზე მაღალი კონცენტრაცია აღმოჩნდა მდ. გლდანულას წყალში - 2.4 ზდკ. რაც შეეხება E-coli-ს, ფეკალურ სტრეფტოკოკებს და ტოტალურ კოლიფორმებს, მათი შემცველობები ნორმის ფარგლებშია, თუმცა თითქმის ყველა შემთხვევაში ნაგავსაყრელების სიახლოვეში მეტია, ვიდრე ფონურ წერტილებში.
9. მოხდა სამტრედიისა და ქუთაისის პოლიგონების ტერიტორიიდან აღებული ნიადაგის სინჯებში განსაზღვრული მძიმე ლითონების შემცველობების შედარება სტიქიურ ნაგავსაყრელებთან (მარნეულის მაგალითზე). დადგინდა, რომ სამტრედიის პოლიგონის ტერიტორიის ნიადაგი ბევრად უფრო დაბინძურებულია შესწავლილი მძიმე ლითონებით, ვიდრე მარნეულის ერთ-ერთი სტიქიური ნაგავსაყრელის ტერიტორიის ნიადაგები.
10. ქართული სორბენტის გამოყენებით ნიადაგის სარეკულტივაციო ტექნოლოგიური პროცესის დამუშავების შედეგად ნიადაგში მძიმე ლითონების შემცველობები შეიცვალა, კერძოდ - 7 შემთხვევიდან 3 შემთხვევაში სპილენძის შემცველობა შემცირდა 21%, 29% და 79%-ით, თუთიის კი 33%, 53% და 66%, მხოლოდ 1 შემთხვევაში (ასპინძის ნაგავსაყრელის ტერიტორია) ტყვიის კონცენტრაცია შემცირდა 78%-ით.
11. მოხდა ნიადაგში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა დიფუზიის გამოთვლარიცხვითი მოდელის გამოყენებით. ნაჩვენებია ნაგავსაყრელზე მოხვედრილი გარემოს დამაბინძურებელი ნივთიერება-ტყვიის სულფატის (PbSO<sub>4</sub>) გახსნა და მისი ინფილტრაცია ნიადაგის 4 მ-იან ფენაში.

## ე.შუბლაძის შრომების ნუსხა

1. ე.შუბლაძე - არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების მძიმე ლითონებით დაბინძურებული ნიადაგების რეგენერაცია კლინოპტილოლითის გამოყენებით - ახალგაზრდა მეცნიერთა საერთაშორისო კონფერენცია „დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერების თანამედროვე პრობლემები“ შრომები, თბილისი, საქართველო, 21-22 ნოემბერი, 2022 წ. გვ.72-77.
2. ე.შუბლაძე, ა.სურმავა, დ.ერისთავი, ნ.ბუაჩიძე - ნიადაგში ტყვიის სულფატის ინფილტრაციის რიცხვითი მოდელირება - საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2021, N8, გვ.47-56.
3. N.Buachidze, T.Mchedluri, E.Shubladze, A.Vepkhvadze - Assessment of some Benefits of uncontrolled landfills in Georgia - AZIAN JOURNAL OF RESEARCH, Japan, Osaka, 2020, №3, p.1-4. DOI-10.37057/2433-202x
4. N.Buachidze, Kh.Chikviladze, E.Shubladze, G.Kuchava - Impact of uncontrolled landfills on ecosystems of Georgia - J. "Annals of Agrarian Science" 2019, vol.17, N3, p.337-344. (ISSN:1512-1887)
5. N.Buachidze, Kh.Chikviladze, G.Kuchava, E.Shubladze, G.Kordzakhia - The impact of Some Uncontrolled Landfill Sites on the Ecosystems of Surrounding Areas of Eastern and Western Parts of Georgia - Open Journal of Ecology /Scientific Research Publishing, USA, 2019, vol.9, N2, p.25-33. ISSN Online: 2162-1993 ISSN Print: 2162-1985 <http://www.scirp.org/journal/oje>

## კონფერენცია

ახალგაზრდა მეცნიერთა საერთაშორისო კონფერენცია „დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერების თანამედროვე პრობლემები“, თბილისი, საქართველო, 21-22 ნოემბერი, 2022 წ. - ე.შუბლაძე - „არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების მძიმე ლითონებით დაბინძურებული ნიადაგების რეგენერაცია კლინოპტილოლითის გამოყენებით“.

## ვადასტურებ

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების  
დეპარტამენტის უფროსი, პროფ.

ნ.კუციავა

## Abstract

The aim of the dissertation is to determine the impact of uncontrolled landfills on the processes of pollution of ecosystems and, consequently, to assess their impact on the health of the local population.

Many uncontrolled landfills with small area are located on the territory of Georgia. They can often be found in the vicinity of populated areas in the regions, in ravines or along rivers, which poses a risk of deteriorating ecological conditions in relation to surrounding areas. At the same time, there is no state hazardous waste landfill in Georgia and therefore there is a high probability that this type of waste will be found in uncontrolled landfills, which is why uncontrolled landfills in terms of health remain quite dangerous facilities for the population living there.

Today, there are about 50 official landfills in Georgia and numerous small (<0.01 ha each) illegal landfills. Waste collection and disposal services are not fully provided in the regions of Georgia, many villages are not provided with specific services, due to which the population is forced to dispose of waste in the areas arbitrarily selected by them. In many cases, they can not be removed or cleaned from the given areas and, therefore, remain there for many years and become one of the sources of pollution with various types of waste in the surrounding areas. Therefore, the sanitary condition of these areas is significantly deteriorating.

In the present study, field expedition work was planned, which involves taking analytical samples from the research objects, determining physico-chemical parameters on the place (pH, temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity, salinity); their transportation to the laboratory for determining chemical and microbiological analysis. In the laboratory biogenic elements ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) was determined by ion-chromatographic method, heavy metals - by plasma-emission spectrometer-ICP-OES, some main ions - by spectrophotometric method and microbiological analysis (e-coli, total coliforms and fecal streptococcus) - by the membrane filtration method.

In the work was studied: the ecological condition of the areas adjacent to uncontrolled landfills in some regions of Georgia (Kakheti, Imereti, Samtskhe-Javakheti, Shida Kartli, Mtskheta-Mtianeti, Tbilisi) according to the main polluting chemical and microbiological components; remediation of landfills using Georgian sorbent (clinoptilolite); in work shows based on numerical modeling of the distribution of heavy metal concentrations the opening of a pollutant ( $\text{PbSO}_4$ ) and its infiltration into a 4 m layer of soil.

The results of the research are:

- Inventory of uncontrolled landfills in some regions of Georgia;
- Selection of contaminant components typical for uncontrolled landfills;
- Conducting chemical and microbiological studies of surface waters near uncontrolled landfills;
- Survey of soils in areas adjacent to uncontrolled landfills for heavy metal contamination;

- Based on the obtained results, it is assessed how much the uncontrolled landfills in Georgia pollute the surrounding areas and, consequently, how dangerous they are for the people living in the region;
- A study of heavy metal contamination of soils has found that uncontrolled landfills contaminate surrounding areas with carcinogenic elements such as lead, zinc and copper, the variations of which exceed not only their respective thresholds or reference concentrations but also their background concentrations.
- Microbiological analyzes of surface waters in the vicinity of uncontrolled landfills have shown that in many cases uncontrolled landfills create an unsanitary situation in the surrounding areas.
- Study of heavy metal contamination of areas adjacent to uncontrolled landfills and reduction of heavy metal content detected using reclamation technological processes (Georgian sorbent-clinoptilolite);
- Numerical modeling of the distribution of heavy metal concentrations shows the opening of a pollutant ( $PbSO_4$ ) and its infiltration into a 4 m layer of soil.

Based on all the above, it is clear how urgent the problem is to fixing- inventory of uncontrolled landfills for Georgia and assess their role in the processes of environmental pollution based on the reality of our country.