

ენვერ არველაძე, მარინე ქვარაია, მარიამ პაჭკორია, ბადრი ნანეიშვილი
ქ. ზუგდიდის ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობის მუშაობის ტექნოლოგიური
ციკლი

DOI: <https://doi.org/10.52340/zssu.2024.16.05>

აბსტრაქტი: ჩვენს დროში ეკოლოგიური უსაფრთხოება გახდა კაცობრიობის ერთ-ერთი უმთავრესი საზრუნავი. გარემოს დაბინძურებამ მრავალი მიმართულებით კრიტიკულ ნიშნულს მიაღწია: ეს არის გარემოს რადიაციული დაბინძურება, ჰაერში ტოქსიკურ ნივთიერებათა კონცენტრაციის მკვეთრი ზრდა, გლობალური დათბობა, მდინარეების, ზღვებისა და ოკეანეების დაბინძურება და სხვა, რაც თავის მხრივ იწვევს არასასურველ კლიმატურ ცვლილებებს და არის მრავალი ალერგიული, ინფექციური თუ სხვა სახის დაავადების მიზეზი.

სტატიის მიზანია, წარმოვადგინოთ გამწმენდი ნაგებობის მუშაობის პრინციპიალურ-ტექნოლოგიური სქემა, გამწმენდის მეთოდები და ამ დროს მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიურ-ბიოლოგიური პროცესები; ტექნოლოგიური რეჟიმით გათვალისწინებული მონაცემთა ანალიზების დამუშავება-ინტერპრეტაცია.

საკვანძო სიტყვები: წყალარინება, ეკოლოგია, გამწმენდი ნაგებობა, მექანიკური გასუფთავება, ბიოლოგიური გასუფთავება.

Enver Arveladze, Marine Kvaraia, Mariam Pachkoria, Badri Naneishvili

Technological Cycle of Zugdidi Wastewater Treatment Plant

Abstract: Environmental safety has become one of the main concerns of modern humanity. Environmental pollution has reached a critical point in many areas: radiation pollution, a sharp increase in the concentration of toxic substances in the air, global warming, pollution of rivers, seas and oceans, etc., which in turn leads to undesirable climate changes and is the cause of many allergic and infectious diseases.

The article aims to present the principle-technological scheme of the wastewater treatment plant in Zugdidi; its treatment methods and physical-chemical-biological processes. In addition, data processing and interpretation of the technological process is demonstrated by the article.

Tags: Wastewater, Ecology, Treatment plant, Mechanical treatment, Biological Treatment.

გარემოს ეკოლოგიურ გაჯანსაღებაზე ფიქრი და ზრუნვა ქვეყნის ცივილურობის ერთ-ერთი უმთავრესი მაჩვენებელია. ყველა ქვეყნის ხელისუფლება ვალდებულია პრიორიტეტული მიდგომა გამოიჩინოს ეკოლოგიური პრობლემებისადმი. მხოლოდ სხვა და სხვა ქვეყნების ერთობლივი მიდგომით და ძალისხმევით თუ გავუმკლავდებით მოზღვავებულ ეკოლოგიურ პრობლემებს.

ამ სახით პრობლემის გადაჭრის ერთ-ერთი მაგალითია ჩვენს რეგიონში გერმანული და იტალიური კომპანიების FIFER და EMIT-ის მიერ 2020 წელს ერთობლივად დამონტაჟებული ქ. ზუგდიდის წყალარინების გამწმენდი ნაგებობა, რომლითაც ხორციელდება ზუგდიდის მასშტაბით საკანალიზაციო წყლების გასუფთავება, რომელიც სრულიად უსაფრთხო და სუფთა ჩაედინება მდინარე ჩხოუშში.

ჩვენი მიზანია, წარმოვადგინოთ გამწმენდი ნაგებობის მუშაობის პრინციპიალურ-ტექნოლოგიური სქემა, გაწმენდის მეთოდები და ამ დროს მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიურ-ბიოლოგიური პროცესები. ტექნოლოგიური რეჟიმით გათვალისწინებული მონაცემთა ანალიზების დამუშავება-ინტერპრეტაცია.

საკანალიზაციო წყლის გაწმენდა არის სამ საფეხურიანი- მექანიკური, ბიოლოგიური და ქიმიური. საკანალიზაციო წყლის გაწმენდის პირველ საფეხურზე გისოსიანი ფილტრების მეშვეობით წყალი მექანიკურად იცხრილება შედარებით დიდი ზომის მყარი ნაწილაკებისაგან (ხრემის, რკინის, ხის, ბეტონის ნარჩენები და სხვ.), რომელთაც შეუძლიათ დააზიანონ გამწმენდი ნაგებობის მოწყობილობა და გამოიწვიონ ტექნოლოგიური რეჟიმის შეფერხება. ამის შემდეგ უფრო წვრილი დიამეტრის მქონე გისოსებით ხდება წყლიდან შედარებით მცირე ზომის ნაწილაკების მეორადი გასუფთავება. მექანიკური გასუფთავების ბოლო საფეხურზე ქვიშის ზომის მყარი ნაწილაკები საკანალიზაციო წყალს შორდება აერაციული ქვიშადაამქერი კამერებით. ამავდროულად ე. წ. პირველად სალექარში ხდება წყლიდან ცხიმოვანი ფენის მოშორებაც, რომელიც გროვდება წყლის ზედაპირზე.

ცხიმოვანი ფენა არის გაუხსნელი ორგანულ ნივთიერებათა ნარევი. მისი მექანიკური მოშორებით საკანალიზაციო წყალი რაღაც დოზით განიტვირთება ბაქტერიოლოგიურ გაწმენდამდე. მოცილებული ორგანული მასალა, რომელსაც პირველადი ლამი (ნალექი) ეწოდება ძირითადად შეიცავს ბიოლოგიურად მარტივად დაშლად ნაერთებს. შემდეგ ეს ლამი

ექვემდებარება ბაქტერიოლოგიურ ანაერობულ (უჟანგბადო არე) დაშლას მეთანის მაღალი გამოსავლიანობით.

საკანალიზაციო წყლის შემდეგი ეტაპია წყლის ბიოლოგიური გაწმენდა. მექანიკური გაწმენდის შედეგად მიღებული ნედლი საკანალიზაციო წყალი შეიცავს ორგანულ და არაორგანულ ნივთიერებებს და ასევე დიდი რაოდენობით სხვა და სხვა სახის აერობულ და ანაერობულ ბაქტერიებს. (1მლ წყალში დაახლოებით 10^6 ბაქტერია).

ბიოლოგიური გასუფთავების არსი მდგომარეობს იმაში, რომ აერობული და ანაერობული ბაქტერიები შესაბამისად ჟანგბადიან და უჟანგბადო გარემოში იკვებებიან წყალში შემავალი სხვადასხვა ორგანული და არაორგანული ნივთიერებებით. ეს ნიშნავს იმას, რომ ბაქტერიები ახდენენ ამ ნივთიერებათა მეტაბოლიზმს, დაშლას, მონაწილეობენ ჟანგვა-აღდგენით პროცესებში, რის შედეგადაც გამოიყოფა აიროვანი, სტაბილური და ნაკლებად ტოქსიკური პროდუქტები (CH_4 , CO_2 , H_2 , N_2 ...) ამ გზით ბაქტერიები ბუნებრივად ახდენენ წყლის გასუფთავებას დამაბინძურებელი აგენტებისაგან. [2]

წყლის ბიოლოგიურად გაწმენდი წყლის სექცია შედგება აეროტენკებისაგან, სალექარი რეზერვუარების, ლამის სატუმბი მოწყობილობის, ჰაერის სატუმბი საქმშენისაგან და მიწოდებული ჰაერის ვენტური ხარჯთმშომისაგან. აეროტენკები მართკუთხა ფორმის აუზებია, რომელშიც წყალი მოძრაობს წრიული ტრაექტორიით.

ბიოლოგიური გასუფთავება იწყება ანაერობული ავზიდან, სადაც პრაქტიკულად ხდება ანაერობული ბაქტერიებით წყლის დეფოსფორიზაცია. იმ შემთხვევაში თუ ფოსფორის კონცენტრაცია მაღალია და ბაქტერიები სრულად ვერ უზრუნველყოფენ ფოსფორის მოშორებას, მაშინ წყლის დამატებითი დეფოსფორიზაციას ახდენენ ქიმიურად რკინა (III)-ის ქლორიდით, რომლის დროსაც ფოსფატ იონი ილექება წყალში უხსნადი FePO_4 -ის სახით [3]. ამავე ავზიდან ხდება წყლის დენიტრიფიკაციაც, რაც აისახება COD-ის (წყალში ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება- ჟქმ) შემცირებით.

ანაერობული ავზებიდან გამოსული წყალი თვითდინებით გადადის აერობულ ავზში, სადაც ბაქტერიების სიცოცხლის უნარიანობისა და მათი მოქმედების ეფექტურობის ასამაღლებლად საჭიროა შესაფერისი კარგი გარემოს შექმნა. ეს არის უპირველესად აერობული ბაქტერიების მომარაგება საჭირო რაოდენობის ჟანგბადით, წყლის ნეიტრალური არის ($\text{pH} \approx 7$) ფარგლებში, მისაღები ტემპერატურის შენარჩუნება და სხვა. ამ მიზნით აერობულ ავზში ახდენენ ჰაერის ჩატუმბვას სპეციალური საქმენით, დიფუზორებით და ამ დროს ხდება წყლის

გამდიდრება ჰაერის ჟანგბადით. ჰაერის მიწოდების მართვა ხორციელდება ჟანგბადის კონცენტრაციის გამზომი ხელსაწყოთა გამოყენებით. ამას გარდა ჩატუმბული ჰაერი განაპირობებს წყლის ტურბულენტურობას, რაც ხელს უწყობს მის ჰომოგენიზაციას და დალექვის პრევენციას.

აერობულ ავზში აერობული ბაქტერიების მონაწილეობით ხდება ნახშირბადშემცველი ორგანული ნაერთების მოცილება. საბოლოოდ აერობულ და ანაერობულ ავზებში ხორციელდება მიკრობული დენიტრიფიკაცია და დეფოსფორიკაცია და დეკარბონიზაცია ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციამდე. ამ დროს ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება (ჟბმ) და ქიმიური მოთხოვნილება (ჟქმ) მცირდება დაახლოებით 90-95%-ით.

აერობული ავზებიდან გამოსული წყალი თვითდინებით გადადის ანოქსიკურ ავზში, შემდეგ ბიოლოგიურის გამსვლელ ავზში დამატებითი დეფოსფორიკაციის მიზნით მუშავდება რკინა (III)-ის ქლორიდით, რის შემდეგაც ბიოლოგიურად დამუშავებული წყალი გადადის საბოლოო გამსვლელში, ამის შემდეგ უშუალოდ გამჭვირვალე და ეკოლოგიურად უსაფრთხო წყალი ტოვებს საბოლოო სალექარს და ჩაედინება მდინარე ჩხოუმში.

ცენტრალურ ლაბორატორიაში, რომელიც აღჭურვილია საჭირო დანიშნულების თანამედროვე ინსტრუმენტებით, ტარდება ყოველდღიური ანალიზი საკანალიზაციო წყლების ფიზიკური პარამეტრების მაჩვენებელზე, როგორცაა - წყლის PH, წყალში ჟანგბადის შემცველობა, ტემპერატურა, ასევე ამოწმებენ ორგანოლექტიკურ მაჩვენებლებს (შეფერილობას და სუნს).

ანალიზის აღება ხდება შემომავალ და გამავალ საკანალიზაციო წყალში. კვირაში ორჯერ ტარდება ანალიზები იონებზე: ამონიუმი- NH_4^+ , ნიტრატი - NO_3^- , ნიტრიტი - NO_2^- , ფოსფატი- PO_4^{3-} , საერთო ფოსფორი -Tp, საერთო აზოტი -TN და ნარჩენი უმცირესი ზომის მყარი ნაწილაკების შემცველობაზე-TSS.

ანალიზების მონაცემთა ერთობლიობა გვამღევს სრულ წარმოდგენას საკანალიზაციო წყლების გასუფთავების ხარისხზე. № 1 და № 2 ცხრილში წარმოდგენილია შემომავალი და გამავალი საკანალიზაციო წყლის ლაბორატორიული ანალიზის შედეგები 2.03 - 20.04 2023 წლის პერიოდის ფარგლებში.

ცხრილი № 1. შემომავალი და გამავალი საკანალიზაციო წყლის pH-ის, ტემპერატურის °C, ჟანგბადის შემცველობის (მგ/ლ) და TSS - შეწონილი ნაწილაკების (მგ/ლ) ანალიზის შედეგები.

თარი ღი	pH		ტემპერატ ურა °C		ჟანგბადის შემცველობა მგ/ლ		TSS - შეწონილი ნაწილაკები მგ/ლ		
	შემ ომავა ლი	გა მავა ლი	შე მომავ ალი	გა მავა ლი	შე მომავ ალი	გამავა ლი	შე მომავ ალი	გა მავა ლი	დასუფთავ ების მაჩვენებელი- %-ში
2.03	7.61	7. 3	5.8	6. 3	8.6 8	9.70	11 8	13	89.0
6.03	7.71	7, 67	6.4	6. 8	9.0 0	12.24	15 5	6	96.1
13.03	7.78	7. 27	6.9	6. 6	8.1 1	11.79	17 0	14	91.8
16.03	7.75	7. 16	8	8. 5	9.6 7	11.76	13 3	20	85.0
6.04	7.82	7. 10	8.4	8. 7	8.8 8	11.14	80	9	88.2
10.04	7.28	7. 75	8.6	8. 5	10. 38	11.05	78	5	93.6
11.04	7.71	6. 75	8.3	7. 6	10. 01	10.55	25	3	88.0
13.04	7.78	6. 77	7.1	6. 6	10. 07	10.64	79	7	91.2
18.04	7.88	7. 48	12	9. 5	10. 37	10.73	19 0	6	96.9
20.04	7.88	6. 56	7.5 6	8. 69	10. 7	12.7	14 8	8	94.6

ცხრილი № 2 ამონიუმის- NH_4^+ , ნიტრატის - NO_3^- , ნიტრიტის - NO_2^- , ფოსფატის- PO_4^{3-} , საერთო ფოსფორის - Tp , საერთო აზოტის - TN სიოდის COD და ბიოდის BOD ანალიზის შედეგები.

თარიღი	ამონიუმი- NH_4^+		ნიტრიტი- NO_2^-		ნიტრატი- NO_3^-		საერთო ფოსფორი - Tp - მგ/ლ		საერთო აზოტი- TN მგ/ლ		სიოდი-COD		ბიოდი-BOD	
	შემოღებული	გამავალი	შემოღებული	გამავალი	შემოღებული	გამავალი	შემოღებული	გამავალი	შემოღებული	გამავალი	შემოღებული	გამავალი	შემოღებული	გამავალი
2.03	13	0.5	10.1	0.032	2.6	8.2	5.5	1.05	26.3	9.0	271	31.2	120	2
6.03	8.3	0.5	6.2	0.026	2.4	5.5	3.4	1.23	18.2	6.1	204	11.5	65	8
13.03	10.5	0.5	9.1	0.081	3.3	7.9	2.32	1.29	30.5	8.4	172	985	120	6
16.03	10.8	0.5	6.8	0.02	2.6	9.1	1.73	1.35	19.1	9.6	247	18	170	12
6.04	19.3	0.5	6.7	0.029	2.7	10.7	2.02	1.93	31.4	11.2	119	21.3	12	5
10.04	14.2	0.5	5.2	0.025	4.2	8.4	0.71	0.63	18.4	8.9	66.5	569	6.5	4
13.04	8.24	0.5	7.6	0.012	2.4	6.8	1.69	0.69	26.4	7.3	119	15.6	84	1
18.04	8.4	0.5	6.8	0.037	2.7	4.7	1.82	0.78	33	5.2	154	11.3	107	8.1
20.04	12.2	0.5	10.7	0.158	3.8	8.5	2.16	1.33	25.9	9.1	145	935	101	6.5

ცხრილი № პარამეტრების - ნაწილაკების, აზოტისა და P- ფოსფორის დასაშვები კონცენტრაციები.	N	ინგრედიენტები	ზღვ მგ/ლ	დამტკიცებული ზღვ		3. ძირითადი TSS - შეწონილი T _N -საერთო საერთო ზღვრულად
				გ/სთ	ტ/წელ	
	1	TSS - შეწონილი ნაწილაკები	35	24185	141.24	
	2	T _N - საერთო აზოტი	15	10365	60.53	
	3	T _P - საერთო ფოსფორი	2	1382	8.07	

ყოველ ხუთ წელიწადში ხდება ზღვ -ს (ზღვრულად დასაშვები ჩაშვება) განახლება.

№1 ცხრილში მოცემული სიდიდეები - წყლის PH , ტემპერატურა, წყალში ჟანგბადის შემცველობა, უშუალოდ არ ასახავენ საკანალიზაციო წყლის გასუფთავების ხარისხზე. ეს მონაცემები ემსახურება ტექნოლოგიური პროცესის საჭირო რეჟიმში წარმართვის კონტროლს.

№1 ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ შემომავალ და გამავალ მილებში წყლის pH-ის სიდიდეთა სხვაობა მერყეობს 0.1-0.6 ერთეულის ფარგლებში. უმეტესად გასუფთავებული წყლის pH-ის სიდიდე მცირედით ნაკლებია სისტემაში შემომავალი წყლის pH-ზე. ე. ი. ოდნავ მატულობს წყლის მჟავიანობა. თუ რაღაც მიზეზით დაფიქსირდა უკიდურესად მჟავა ან ტუტე არე, რაც არ არის სასურველი, არეს დარეგულირება შესაძლებელია კირის ან ნატრიუმის ჰიდროქსიდის, გოგირდმჟავას ან ნახშირორჟანგის საშუალებით.

წყლის pH-ის სიდიდე მკაცრად კონტროლდება ბაქტერიების სიცოცხლის უნარიანობისა და მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციების წარმართვის სასურველი არეა ნეიტრალურთან ახლო არე. (pH≈7)

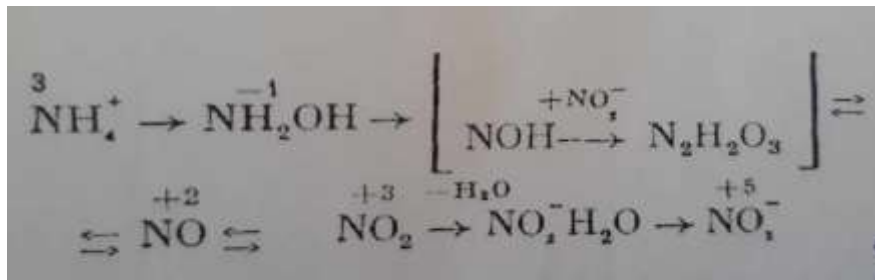
ტემპერატურის სიდიდეთა ცვლილება უმნიშვნელოა, ის მერყეობს 0.1-2° C -ის ფარგლებში, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ წყლის გასუფთავების პროცესები არ მიმდინარეობს მაღალი სითბური ეფექტებით და ასევე გამოყოფილი ან შთანთქმული სითბო წყლის საერთო მოცულობასთან შედარებით არ არის თანაზომიერი.

წყლის გასუფთავების ხარისხის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია შეწონილი ნაწილაკების კონცენტრაცია. შეწონილი ნაწილაკების დალექვის ეფექტურობა ჩვენი გათვლით დაახლოებით 50 დღის ანალიზის შედეგებით საშუალოდ შეადგენს 85 - 97 % -ს, რაც დასუფთავების მაღალი მაჩვენებელია და აისახება გამავალი წყლის გამჭვირვალობაზეც.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ გამავალი წყლის დეფოსფორიზაციის ძირითადი მეთოდია ფოსფატ იონების დალექვა Fe^{3+} იონით. №2 ცხრილში მოცემული საერთო ფოსფორის შემცველობა შემომავალ და გამავალ წყლებში ზუგდიდის წყალარინებში ჩვენი გამოთვლით შეადგენს 1.33მგ/ლ რაც შეეხება აზოტს, აზოტის შემცველობა წყალში მოცემულია სხვა და სხვა იონების ფორმით და ასევე ტოტალური აზოტის სიდიდითაც. (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- და T_N)

NH_4^+ - იონი არის შემომავალ წყალში ორგანულ ნივთიერებათა ლჰობის პროცესის მაჩვენებელი სიდიდე, ხოლო გამავალ წყალში კი ის გვიჩვენებს წყლის გასუფთავების ხარისხს აღნიშნული პარამეტრით. შემომავალ წყალში ამონიუმის იონის კონცენტრაცია იცვლება (8.3 - 19.3მგ/ლ) ფარგლებში. გამავალ წყალში კი მისი სიდიდე ნაკლებია 0.5 მგ/ლ-ს. აღსანიშნავია ნიტრიტ იონების ძალიან დაბალი კონცენტრაცია გამავალ წყალში შემომავალ წყალთან შედარებით, მაშინ როდესაც ნიტრატ იონების კონცენტრაცია გამავალ წყალში მატულობს შემომავალთან შედარებით. ეს აიხსნება ნიტრიფიკაციით, რომელსაც ადგილი აქვს გაწმენდის პროცესში შესაბამისი ბაქტერიების მონაწილეობით.

NH_4^+ - იონის ნიტრიფიკაცია მიმდინარეობს ბაქტერიების უშუალო მონაწილეობით საფეხურებრივად:



ნიტრიფიკაციის პირველი ფაზაა ამონიუმის იონის დაჟანგვა აზოტოვან მჟავად, რომელიც ხორციელდება აერობული ბაქტერიებით ე. ი ასეთი გარდაქმნის შედეგად მცირდება ნიტრიტ იონები და იზრდება ნიტრატ იონების კონცენტრაცია.

ნიტრიფიკაციის მეორე საფეხურზე კი ნიტრიტ იონი იჟანგება ნიტრატ იონამდე

$\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ შესაბამისი ბაქტერიების მონაწილეობით. ამით აიხსნება გამავალ წყალში ნიტრიტ იონების შემცირება და ნიტრატ იონების კონცენტრაციის გაზრდა.

საბოლოოდ წყლის გასუფთავების ხარისხის უმთავრესი მაჩვენებელი აზოტის მიხედვით არის ტოტალური აზოტი. №2 ცხრილიდან ჩანს, რომ ყველა შემთხვევაში ტოტალური აზოტის სიდიდე გამავალ წყალში ნაკლებია ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე (15 მგ/ლ) (ცხრილი №3), რაც მიუთითებს წყლის გასუფთავების მაღალ ხარისხზე.

ამ მონაცემების შეფასებით ვიღებთ სწორ წარმოდგენას წყლის გასუფთავების ეფექტურობაზე. უშუალოდ საკანალიზაციო წყლის გასუფთავების ეფექტურობა შეიძლება შეფასდეს ისეთი პარამეტრებით, როგორიცაა წყალში შეწონილი ნაწილაკების შემცველობა (TSS), ნიტრიტ და ნიტრატ იონების, საერთო ფოსფორისა (Tp) და საერთო აზოტის (Tn) შემცველობის განსაზღვრით გამავალ წყალში. ყველა ამ სიდიდეთა შედარებითი ანალიზი იძლევა მნიშვნელოვან სურათს წყლის გასუფთავების ეფექტზე, მაგრამ ამ მხრივ უფრო ამომწურავ და კომპლექსურ შეფასებას გვაძლევს ე. წ. წყალში ჟანგბადის *ბიოქიმიური (ჟბმ)* და *ქიმიური (ქქმ)* მოთხოვნილებათა სიდიდეები, რომელთა მნიშვნელობები მოცემულია № 2 ცხრილში, რაც აკმაყოფილებს გარემოს ზედამხედველობითი სამსახურის კრიტერიუმებს.

წყალში ჟანგბადის ბიოლოგიური (BOD) მოთხოვნილება არის ჟანგბადის ის რაოდენობა, რომელსაც მოიხმარს ბაქტერიები და მიკროორგანიზმები მათი ცხოველ ქმედებისა და ნივთიერებათა მეტაბოლიზმის განსახორციელებლად.

წყალში ჟანგბადის ქიმიური (COD) მოთხოვნილება არის ჟანგბადის ის რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ტექნოლოგიურ პროცესებში მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციების მიმდინარეობისათვის.

ზუგდიდის წყალარინების გამწმენდი ნაგებობის მონაცემთა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ დანადგარი მუშაობს გამართულად და სრულად აკმაყოფილებს გარემოს ზედამხედველობითი სამსახურის წყლის ხარისხის შეფასების მონიტორინგის ხუთ ძირითად კომპონენტს (TSS-შეწონილი ნაწილაკები, T_N-საერთო აზოტი, T_p-საერთო ფოსფორი, წყალში ჟანგბადის ბიოქიმიური BOD - (ქბმ) და ქიმიური მოთხოვნილება COD - (ქქმ)). დარწმუნებით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ზუგდიდის წყალარინების გამწმენდი ნაგებობა დიდ სამსახურს უწევს ჩვენი რეგიონის ეკოლოგიური სიტუაციის გაჯანსაღებას.

ლიტერატურა:

ენვერ არველაძე, ბადრი ნანეიშვილი, *ენერგიის წყაროები და მასთან დაკავშირებული პრობლემები*. შ. მესხიას ზუგდიდის სახელმწიფო სასწავლო უნივერსიტეტის შრომების კრებული N11, 2019.

<https://microbiologynote.com/ka/%E1%83%99%E1%83%90%E1%83%9C%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%98%E1%83%96%E1%83%90%E1%83%AA%E1%83%98%E1%83%98%E1%83%A1->

[%E1%83%92%E1%83%90%E1%83%9B%E1%83%AC%E1%83%9B%E1%83%94%E1%83%9C%E1%83%93%E1%83%98-](#)

[%E1%83%A9%E1%83%90%E1%83%9B%E1%83%93%E1%83%98%E1%83%9C%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%94-](#)

[%E1%83%AC%E1%83%A7%E1%83%9A%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98%E1%83%A1-%E1%83%93%E1%83%90%E1%83%9B%E1%83%A3%E1%83%A8%E1%83%90%E1%83%95%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98%E1%83%A1-](#)

[%E1%83%9F%E1%83%A0%E1%83%9D%E1%83%AA%E1%83%94%E1%83%93%E1%83%A3%E1%83%A0%E1%83%90/#google_vignette](#) კანალიზაციის დამუშავება – ჩამდინარე

წყლების დამუშავების პროცედურა. By MN რედაქტორები, ოქტომბერი 11, 2022.

https://gtu.ge/Ctmf/Science/Disertation/Referat/2018/Marine_Gvianidze.pdf

ადლიის გამწმენდი ნაგებობა და მისი გავლენა შავი ზღვის აჭარის სანაპირო ზოლის წყლის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე. მარინე გვიანიძე, ავტორეფერატი. თბ., 2018 .