

## ისტორიული ეკალიპტების მდგომარეობის შეფასება ArborSonic 3D ბგერითი ტომოგრაფიის ინოვაციური მეთოდით

გუგული დუმბაძე<sup>1</sup>, თემელ გოქთურჯი<sup>2</sup>, შოთა გურგენიძე<sup>3</sup>  
<sup>1,3</sup> ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
<sup>2</sup> ართვინის ჭოროხის უნივერსიტეტი

**აბსტრაქტი:** ნაშრომში წარმოდგენილია აჭარაში გაშენებული საუკუნოვანი ეკალიპტების ღეროსა და ფესვების სიჯანსაღის მდგომარეობის კვლევის შედეგები. კვლევა ჩატარდა თანამედროვე, არაინვაზიური ArborSonic 3D აკუსტიკური ტომოგრაფიის მეთოდით. 20 ასაკოვანი, გადახრილი ეკალიპტის კვლევის შედეგად გამოიკვეთა, რომ მათი 40%-ის ფესვები და ღეროები ძლიერ გახრწნილია (50%-დან 80%-მდე), რაც მოსახლეობის სიცოცხლისათვის საშიშროების შემცველია. კვლევა სიახლეს წარმოადგენს და მანამდე საქართველოში მსგავსი კვლევა ეკალიპტებზე არ ჩატარებულა. ეკალიპტთა სიჯანსაღის მდგომარეობის შესახებ რეკომენდაცია გადაეცა შესაბამის სამსახურებს, საჭირო ღონისძიებების გატარების მიზნით.

**საკვანძო სიტყვები:** ArborSonic 3D აკუსტიკური ტომოგრაფია, ეკალიპტი, სიჯანსაღე, ხის ღრუ, აჭარა.

**აქტუალობა.** მე-19-ე საუკუნეში, ჭაობიანი მიწების დაშრობისა და მალარიასთან ბრძოლის მიზნით, დასავლეთ საქართველოში შემოტანილი და გაშენებული იქნა ეკალიპტის მცენარეები. აჭარის რეგიონის ტენიანი სუბტროპიკული კლიმატი იდეალური აღმოჩნდა ამ მცენარეთათვის და ისინი იქცა ადგილობრივი ლანდშაფტისა და ეკონომიკის განუყოფელი ნაწილად. მიუხედავად ამისა, სიმაღლითა და სურნელოვანი ფოთლებით გამორჩეული ეკალიპტის მცენარეები, ქარის ან თოვლის პირობებში ძლიერ მიდრეკილია მტვრევისადმი. ამის მიზეზი, ნაწილობრივ, შესაძლოა იყოს მათი სწრაფი ზრდის ტემპი, რაც ავითარებს უფრო სუსტი სიმძლავრის ღეროსა და ტოტებს; ასევე, ზოგიერთი სახეობის არალრმა, ზედაპირული ფესვთა სისტემა, არასწორი განშტოება, მცენარეთა ასაკი და სხვა, რაც ქარის დროს ზრდის მცენარის წაქევეის რისკს. ეკალიპტის ხეები ასევე ადვილად ტყდება მათში სიღრუის წარმოქმნის დროს. მნიშვნელოვანია, რომ ბათუმში, ცენტრალური თუ პერიფერიული ქუჩების კიდეებზე მრავლადაა ტანბრეცილი (გადახრილი) ეკალიპტის ხეები. აღნიშნული მდგომარეობა რისკის შემცველია მოსახლეობისათვის, მით უმეტეს, ქარიან ამინდში. მცენარის მოგლეჯის, ძირითადი ღეროს ტყდომის, ანდა გვერდითი ტოტების მტვრევის არაერთი ფაქტია ცნობილი.

ხეების მდგრადობაზე გავლენას ახდენს ღეროს დიამეტრი, ბიომასა და ქარის ეფექტი, ხის მაგისტრალური შტამბის სიძლიერე, ფესვთა სისტემის სიმძლავრე, სოკოების ზემოქმედებით ფესვის ან ღეროს დაზიანება და სხვა. ეს უკანასკნელი შესაძლოა გამოიწვიოს დამშლელმა სოკოებმა, რომლებიც ხშირად ასუსტებენ ხის ღეროებს, ტოტებს ან ფესვებს. მას შემდეგ, რაც ხე დაინფიცირდება, ღეროს მექანიკური სიმტკიცე სუსტდება (Schwarze, 2000). მცენარეთა ღეროსა და ფესვების შიდა ხრწნა ხეების სიკვდილის მნიშვნელოვანი მიზეზია, რადგან დაავადებული ხეები, რომლებიც სტრუქტურულად დასუსტებულია შიდა ხრწნის შედეგად, უფრო მგრძობიარეა ძლიერი ქარის დროს მტვრევისა და დაცემის მიმართ (Putz et al., 1983). ამ ტიპის შინაგანი დაშლის გამოვლენა ძნელია და საფრთხეს უქ-

მნის ადამიანებს ურბანულ ადგილებში (Gilbert et al., 2016). ამრიგად, ხეების ღეროს შიგა ლპობა მთავარი საზრუნავია ადამიანის უსაფრთხოებასთან დაკავშირებით. სწორედ, **Arborsonic 3D** აკუსტიკური ტომოგრაფია არის ინოვაციური, მაღალტექნოლოგიური, ხის ღეროსა და ფესვების შიდა სტრუქტურის კვლევის არაინვაზიური მეთოდი (Tarmu et al., 2022).

**კვლევის მიზანს** წარმოადგენდა ბგერითი ტომოგრაფიის მეთოდით კახაბერის ველზე გაშენებული, საუკუნოვანი ევკალიპტების სიჯანსაღის მდგომარეობის კვლევა ინოვაციური არაინვაზიური მეთოდით.

**კვლევის მეთოდს** წარმოადგენდა Arborsonic 3D ბგერითი ტომოგრაფია, რომლითაც შესაძლებელია მცენარეთა ხეების ღეროების, ტოტებისა და ფესვების შიგა სტრუქტურაზე დაკვირვება. მეთოდი ეფუძნება ღეროს გარშემო განთავსებული სპეციალური სენსორების საშუალებით ხმის იმპულსების მიღებას და კომპიუტერზე ასახვას ნაკვეთი ღეროს ფერად (მწვანე, ყავისფერი, წითელი, ლურჯი) გამოსახულებად. სენსორები ემაგრება ხის ღეროს გარშემოწერილობის გარშემო. მოწყობილობა სენსორებზე სპეციალური ჩაქურჩის დარტმის შედეგად აგზავნის ხმის ტალღებს სენსორებს შორის. აღირიცხება ამ ხმის ტალღების სიჩქარე; ხმა უფრო სწრაფად მოძრაობს მყარი ხის, მძლავრი მერქანის შემთხვევაში და ის ნელია გაფუჭებულ ან ღრუ მონაკვეთებში. შემდეგ მონაცემები მუშავდება ორგანოზომილებიანი გამოსახულების მისაღებად, რომელიც აჩვენებს ღეროს შიდა მდგომარეობას, ხაზს უსვამს პოტენციური დაშლის, ლპობის ან დაზიანების ადგილებს. გარდა ამ აპარატისა, კვლევისათვის ასევე საჭიროა ტომოგრაფიის მოწყობილობასთან დაკავშირებული კომპიუტერი, GPS მოწყობილობა, საზომი ლენტის, ხის დიამეტრისა და სიმაღლის მრიცხველები.

ეს ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა, არაინვაზიურად შეფასდეს ხის ჯანმრთელობა და მიღებული იქნას გადაწყვეტილებები ხეების მართვის შესახებ, რათა პოტენციურად თავიდან აიცილონ ხის დაცემის საშიშროება და უზრუნველყონ უსაფრთხოება.

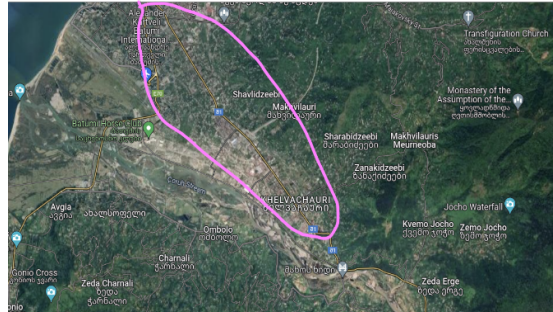
**კვლევის ამოცანები.** ბგერითი ტომოგრაფიული კვლევის მეთოდის დაუფლება ხის მოჭრილ კუნძზე და მუშაობის სიზუსტის შეფასება; სავლე პირობებში ევკალიპტის მცენარეების ღეროსა და ფესვების სიჯანსაღის კვლევა Arborsonic 3D ბგერითი ტომოგრაფიის გამოყენებით; მიღებული მასალის ჩამოტვირთა პროგრამიდან და დამუშავება; რეკომენდაციებისა და დასკვნების შემუშავება.

**კვლევის ობიექტს** წარმოადგენდა ქალაქ ბათუმის პერიფერიულ, ახალშემოერთებულ ნაწილში გაშენებული საუკუნოვანი ევკალიპტები. სავლევი არეალი მოიცავდა დაბა ხელვაჩაურის, შარაბიძეების, მეჯინისწყალის, თოდოგაურის, მახვილაურის, შავლიძეების, ინჯალოს, კახაბერის, აეროპორტის, ადლიის დასახლებებს, რომელთა ფარგლებში კვლევის პერიოდისათვის ევკალიპტების საერთო რაოდენობა 600 მცენარეს აღემატებოდა. ჩვენ მიერ მათგან საანალიზოდ შეირჩა სულ 20 მცენარე მათი ტანბრეცილობის (დახრილობის) და ცენტრალური გზის სავალ ნაწილზე მდებარეობის შესაბამისად, რაც ძლიერი ქარის, ან ქარიშხლის შემთხვევაში, შესაძლო რისკის შემცველია. კვლევა ჩატარდა 2024 წლის აპრილიდან ივნისის ჩათვლით.

**კვლევის სიახლე.** კვლევა ინოვაციურია. ევკალიპტების კვლევა თანამედროვე არაინვა-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“  
 თბილისი, საქართველო, 17-18 ოქტომბერი, 2024  
 International Scientific Conference „Modern Problems of Ecology“,  
 Tbilisi, Georgia, October 17-18, 2024

ზიური და მანამდე არსებული ინვაზიური მეთოდებით, საქართველოში არასდროს ჩა-  
 ტარებულა. ამდენად, მიღებული შედეგები ევკალიპტების ღეროსა და ფესვების მდგომარეობის შესახებ, სიახლეს წარმოადგენს.



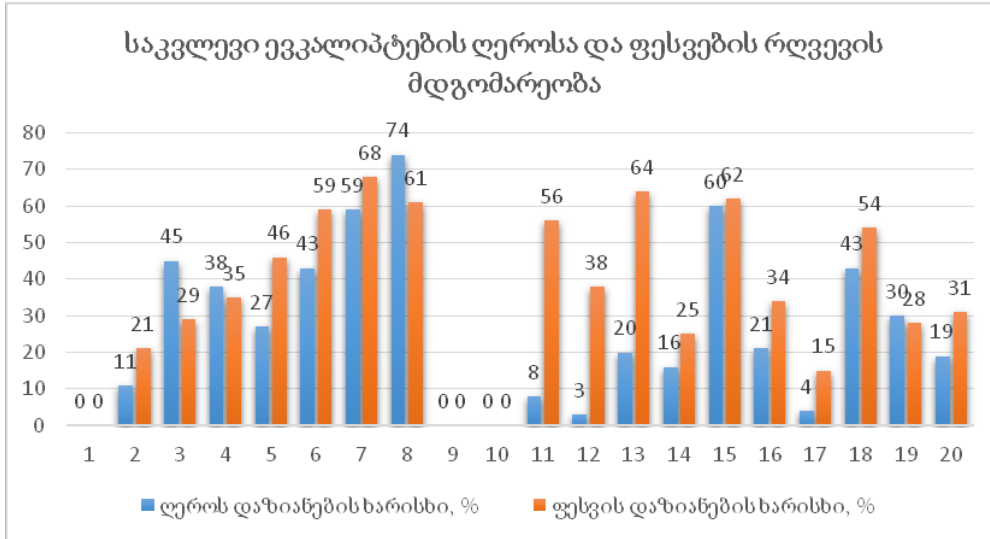
სურათი 1. საკვლევი არეალი, კახაბრის დაბლობი კვლევის შედეგები.

კახაბრის დაბლობზე გამოკვლეული ტანბრეცილი ევკალიპტების ტომოგრაფიული კვლევის შედეგების შეჯამებამ (ცხრილი 1.) აჩვენა, რომ საკვლევად

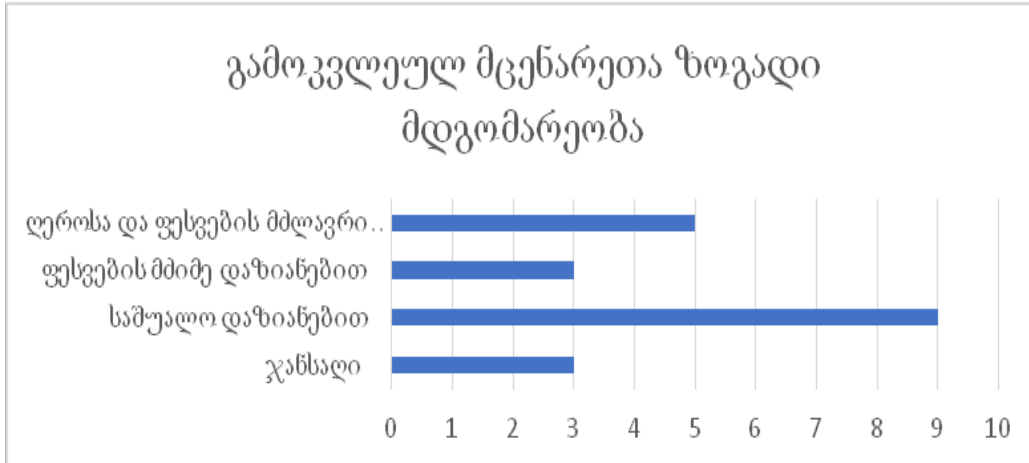
**ცხრილი 1. საკვლევ ევკალიპტის მცენარეთა ღეროსა და ფესვების მდგომარეობა**

№	GPS კოორდინატები	ღეროს დაზიანების ხარისხი, %	ფესვის დაზიანების ხარისხი, %	მცენარის მდგომარეობა
1.	41°37'19.6"N 41°36'39.4"E	0	0	ჯანმრთელი, საკონტროლო მცენარე
2.	41°37'19.8"N 41°36'39.5"E	11	21	საშუალო დაზიანება, გადახრილია
3.	41°34'35.5"N 41°39'50.1"E	45	29	საშუალო დაზიანება, საფრთხის შემცველია
4.	41°34'35.8"N 41°39'49.4"E	38	35	საშუალო დაზიანება, საფრთხის შემცველია
5.	41°34'36.0"N 41°39'38.4"E	27	46	საშუალო დაზიანება, საფრთხის შემცველია
6.	41°34'43.1"N 41°39'30.6"E	43	59	მძლავრი დაზიანება, საფრთხის შემცველია, უნდა მოიჭრას
7.	41°34'44.2"N 41°39'29.7"E	59	68	მძლავრი დაზიანება, საფრთხის შემცველია, უნდა მოიჭრას
8.	41°34'45.1"N 41°39'28.0"E	74	61	მძლავრი დაზიანება, საფრთხის შემცველია, უნდა მოიჭრას
9.	41°34'47.8"N 41°39'26.1"E	0	0	ჯანმრთელია,
10.	41°35'04.9"N 41°39'09.6"E	0	0	ჯანმრთელია,
11.	41°34'55.1"N 41°39'18.8"E	8	56	ფესვების უმეტესი წილი დამპალია, საფრთხის შემცველია, უნდა მოიჭრას
12.	41°35'26.0"N 41°38'55.2"E	3	38	ღერო ჯანმრთელია, ფესვების მნიშვნელოვანი წილი დამპალია, საშიშროების შემცველია, გადახრილია
13.	41°35'08.9"N 41°39'04.9"E	20	64	ღერო საშუალოდ დაზიანებული, ფესვების დიდი წილი დამპალია, საშიშროების შემცველია, გადახრილია
14.	41°35'33.0"N 41°38'41.1"E	16	25	საშუალო დაზიანება, შესაძლებელია მკურნალობა;
15.	41°35'17.0"N 41°38'55.2"E	60	62	მძლავრი დაზიანება, საფრთხის შემცველია, უნდა მოიჭრას
16.	41°35'32.2"N 41°38'41.8"E	21	34	საშუალო დაზიანება, საფრთხის შემცველია
17.	41°35'48.4"N 41°38'23.5"E	4	15	მცირე დაზიანება, გადახრილია
18.	41°36'48.1"N 41°37'40.1"E	43	54	უკვე მოჭრილია მძლავრი დაზიანება, საფრთხის შემცველია, უნდა მოიჭრას
19.	41°36'44.0"N 41°37'25.2"E	30	28	საშუალო დაზიანება, შესაძლებელია მკურნალობა;
20.	41°36'44.2"N 41°37'25.1"E	19	31	საშუალოდ დაზიანება, შესაძლებელია მკურნალობა;

შერჩეული 20 ეკვალიპტიდან (1 სწორმდგომი და 19 გადახრილი, ტანბრეცილი) თვით საკონტროლო (სწორმდგომი - №1) და ასევე, ორი გადახრილი მცენარე (№ 9 და №10, სულ 15%) სავსებით ჯანმრთელია, მიუხედავად მცენარეთა ტანბრეცილობისა, ისინი არ ქმნიან დაცემის საშიშროებას.



დიაგრამა 1. ეკვალიპტის მცენარეთა ღეროსა და ფესვების ქსოვილების დაზიანება (%).



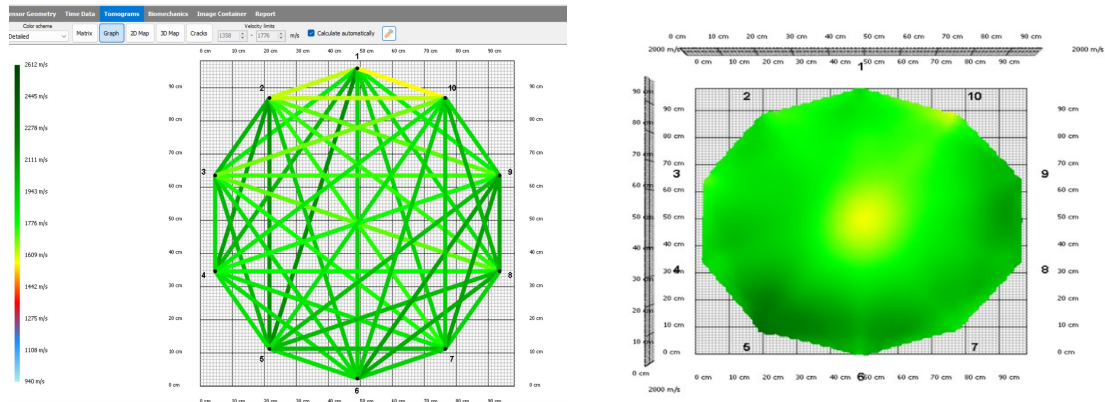
დიაგრამა 2. გამოკვლეულ ეკვალიპტთა სიჯანსაღის ზოგადი მდგომარეობა

გამოკვლეულ გადახრილ მცენარეთაგან 5 მცენარის (სულ 25%) ღერო და ფესვების უდიდესი ნაწილი გახრწნილია, ჩაშლილია და აუცილებელია მათი სასწრაფოდ მოჭრა; ასეთი მცენარეებია: №9, რომლის ღეროს 74, ხოლო ფესვთა სისტემის 61% გახრწნილია და დიდ პრობლემას ქმნის, ადვილია მისი დაცემა ქარის, ქარიშხლის, თოვლის დროს; №7 მცენარის ფესვთა სისტემის 68, ხოლო ღეროს 59%-მდე გახრწნილია; №15 მცენარის ფესვთა სისტემის 62, ხოლო ღეროს 60 ჩაშლილია; №6 მცენარის ფესვთა სისტემის 59, ხოლო ღეროს 43%-მდე დაზიანებულია; №18 მცენარის ფესვთა სისტემის 54, ხოლო ღეროს 43% ჩაშლილია (იხილეთ ცხრილი 1, დიაგრამა 1-2). სამ გამოკვლეულ მცენარეს №№11,12 და 13 ძლიერ ჩაშლილი აქვთ ფესვთა სისტემა (38-დან 64 %-მდე), ხოლო მათი ღერო შედარებით მსუბუქადაა დაზიანებული.

ლი (3-20%) (ცხრილი 1, დიაგრამა 1, 2). უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთ შემთხვევაში მცენარის ფესვებს აღარ ძალუძთ ღეროსა და ტოტების სიმძიმის დამაგრება და ადვილად იგლიჯება მცენარე. ამის ფაქტი უამრავია, თუნდაც მიმდინარე, 2024 წლის 6 მაისს, შავლიძეების დასახლებასთან, ფრ. ხალვაშის გამზირზე ევკალიპტის ხე დილით წაიქცა და სატვირთო და მსუბუქ ავტომანქანებს დაეცა. გამოკვლევულთაგან სამ (N°N°15%) გადახრილ მცენარეს ღერო მსუბუქად, ხოლო ფესვთა სისტემა ძლიერ დაზიანებული აქვთ, ისინი ადვილად დაეკვემდებარება წაქცევას, რის გამოც აუცილებელია ასევე მათი მოჭრა; საკვლევი მცენარეებიდან 9 (45%) ხასიათდება ძირითადად საშუალო, ან მცირე დაზიანებით. შესაძლოა მათი მკურნალობა და გაჯანსაღება (ცხრილი 1, დიაგრამა 1,2).

იხილეთ ჯანსაღ და სიღრუის მქონე მცენარეთა ტომოგრაფიული სურათების მაგალითი:

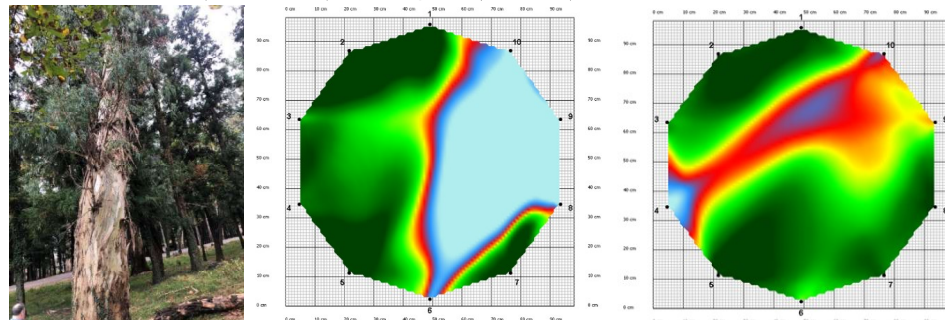
**1. *Eucalyptus viminalis***, ტერიტორია - აეროპორტის გზატკეცილი, GPS 41°37'19.6"N 41°36'39.4"E



*სურათი 1-2. N°1 მცენარის ღეროს გრაფიკი და ტომოგრაფიის შედეგი.*

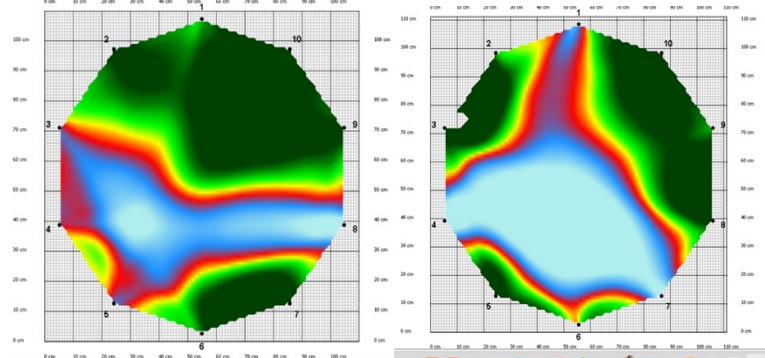
დასკვნა: მცენარის ღერო სავესებით ჯანმრთელია, რაც ნათლად ჩანს მწვანე ფერით გამოსახულ ღეროს სურათზე.

**მცენარე 3. ლეგა ევკალიპტი. ფრიდონ ხალვაშის გამზირი, 41°34'35.5"N 41°39'50.1"E**



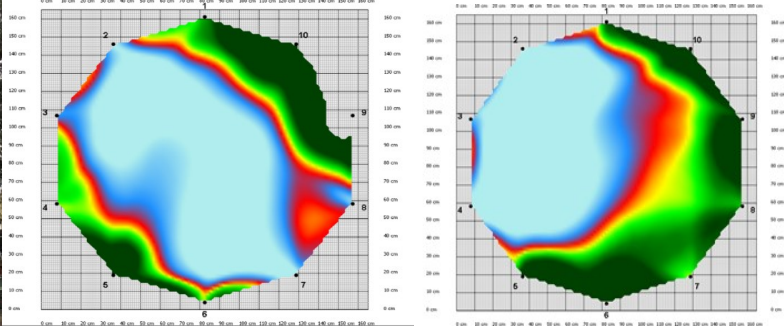
*სურათი 3-5. მცენარე 3, ღეროს (შუა) და ფესვის ტომოგრაფიული სურათი. ღეროს 45 და ფესვების 29% ჩაშლილია, მცენარე საშიშროებას ქმნის მოსახლეობისათვის*

საკვლევი მცენარე 6. ევკალიპტი. ფრიდონ ხალვაშის გამზირი, 41°34'43.1"N 41°39'30.6"E.



სურათი 6-8. ევკალიპტი №6. მცენარის ღეროს 43%, ხოლო ფესვების 59% გახრწნილია. მცენარე ქმნის ძლიერ საშიშ მდგომარეობას მოსახლეობისათვის.

მცენარე 8. ევკალიპტი, 2 მცენარის ერთი ფესვთა სისტემიდან განშტოება, მცენარის ღეროს საერთო დიამეტრი, ნიადაგის სიახლოვეს - 500 სმ. GPS 41°34'45.1"N 41°39'28.0"E,



სურათი 9-11. მცენარე №8, ღეროს (შუა) და ფესვის (კიდურა) ტომოგრაფიული სურათები.

მცენარე №8-ის ღეროს 74, ხოლო ფესვების 61% ჩაშლილია, მცენარე სასწრაფოდ საჭიროებს მოჭრას, ის მოსახლეობისათვის საფრთხის შემცველია.

**დასკვნა და რეკომენდაციები.** Arborsonic 3D აკუსტიკური ტომოგრაფიის გამოყენებით, საუკუნოვანი ევკალიპტის ხეების ჯანმრთელობის მდგომარეობის კვლევამ აჩვენა, რომ აღნიშნული მეთოდი ეფექტურია ხეების ჯანმრთელობის მდგომარეობის განსაზღვრაში, რაც თანხვედრაშია მეცნიერთა დიდი ნაწილის შესაბამის კვლევებთან.

კახაბერის ველზე გაშენებული, გამოკვლეული 20 ევკალიპტის მცენარეთაგან, თვით საკონტროლო (სწორმდგომი) და ორი გადახრილი მცენარე (სულ 15%) სავსებით ჯანმრთელია; გამოკვლეულ გადახრილ მცენარეთაგან 5 მცენარის (სულ 25%) ღერო და ფესვების უდიდესი ნაწილი გახრწნილია და აუცილებელია მათი სასწრაფოდ მოჭრა.

გამოკვლეული 20 მცენარიდან სამს (15%) ღერო მსუბუქად, ხოლო ფესვთა სისტემა ძლიერ დაზიანებული აქვთ, ისინი ადვილად დაექვემდებარება წაქცევას, რის გამოც აუცილებელია მათი მოჭრა; საკვლევი მცენარეებიდან 9 (45%) ხასიათდება ძირითადად საშუალო ან მცირე დაზიანებით. შესაძლოა მათი მკურნალობა და გაჯანსაღება.

**გამოყენებული ლიტერატურის სია**

1. Gilbert, G. S., Ballesteros, J. O., Barrios-Rodriguez, C. A., Bonadies, E. F., Cedeño-Sánchez, M. L., Fossatti-Caballero, N. J., Trejos-Rodríguez, M. M., Pérez-Suñiga, J. M., Holub-Young, K. S. ve Henn, L. A. 2016. Use of sonic tomography to detect and quantify wood decay in living trees. *Applications in plant sciences*, 4(12), 1600060.
2. Putz, F. E., Coley, P. D., Lu, K., Montalvo, A. ve Aiello, A. 1983. Uprooting and snapping of trees: structural determinants and ecological consequences. *Canadian Journal of Forest Research*, 13(5), 1011-1020.
3. Schwarze, F. 2000. Prognose der Fäuledynamik im lebenden Baum. *Stadt und Grün*, 10, 687-693.
4. Tarmu, T., Kiviste, A., Näkk, A., Sims, A. ve Laarmann, D. 2022. The application of sonic tomography (PicUS 3 Sonic Tomograph) to detect and quantify hidden wood decay in managed Norway spruce stands. *Forests*, 13(8), 1260.

**Assessment of the Health Condition of Historical *Eucalyptus* Trees with the Innovative Method of Arborsonic 3D Acoustic Tomography  
Summary**

This paper presents the findings of a study assessing the health condition of the stems and woods of century-old eucalyptus trees in Adjara. The research employed the ArborSonic 3D acoustic tomography method, a modern, non-invasive technique. The examination of 20 aged, bent eucalyptus trees revealed that 40% of their roots and stems exhibit severe decay, ranging from 50% to 80%. This degree of decay poses a significant threat to public safety. This study is pioneering, as no prior research of this nature has been conducted on eucalyptus trees in Georgia. Recommendations concerning the health status of these eucalyptus trees were submitted to the relevant authorities to prompt the implementation of necessary measures.