

პალიასტომის ტბის თავზე მოქმედი ატმოსფერული ქარების სტატისტიკური ანალიზი და წყლის ნაკადების ცირკულაციის რიცხვითი მოდელირება

აკაკი გირგვლიანი, აკაკი ძნელაძე
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

აბსტრაქტი: ნაშრომში წარმოდგენილია პალიასტომის ტბის არეალში მოქმედი ატმოსფერული ქარის ტიპების სტატისტიკა ბოლო 16 თვის განმავლობაში და შესაბამისი ინფორმაციის ანალიზის საფუძველზე გამოკვეთილია სავარაუდო გაბატონებული ქარის ტიპები. რიცხვითი მოდელის საშუალებით გათვლილია ტბაში წყლის ნაკადების ცირკულაციის სურათები, რომლებიც შეიძლება დამყარდეს მიღებული ქარის ტიპების ხანგრძლივი მოქმედების პირობებში.

საკვანძო სიტყვები: რიცხვითი მოდელირება, გადატანა-დიფუზიის განტოლებები, პალიასტომის ტბა, წყლის მასების დინამიკა, ატმოსფერული ქარი.

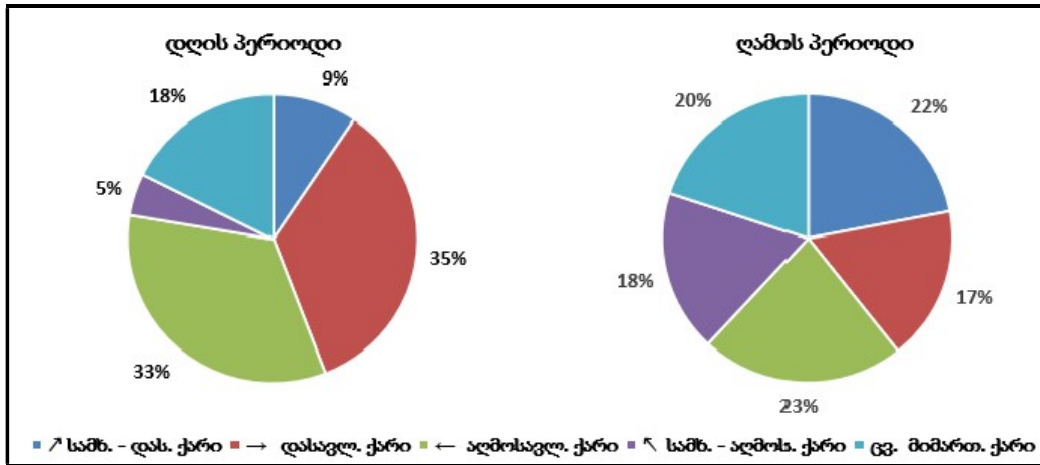
პალიასტომის ტბა წარმოადგენს კოლხეთის ეროვნული ნაკრძალის უმნიშვნელოვანეს შემადგენელ ნაწილს და დიდ გავლენას ახდენს რეგიონის მიკროკლიმატის ფორმირებაზე. წყალსაცავი მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს კოლხეთის დაბლობის ბიომრავალფეროვნებას და შეუძლია სერიოზული როლი შეასრულოს საქართველოში ეკოტურიზმის შემდგომი განვითარების საქმეში. სამწუხაროდ პალიასტომი განიცდის მნიშვნელოვან ანთროპოგენურ ზემოქმედებას ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის შედეგად და დღეისათვის უკვე მიღებული აქვს მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური დაზიანებები, როგორცაა: გამლასიანება, ფლორისა და ფაუნის ცვლილება-გადარბევა, ფსკერული ნალექები, წყლის მასების ფიზიკო-ქიმიური შემადგენლობის ცვლილება და სხვა (wikipedia, 2024). იმისათვის, რომ არ მოხდეს ბუნებრივი გარემოს არსებული მდგომარეობის შემდგომი შეუქცევადი გაუარესება, საჭიროა აუზის სხვადასხვა მახასიათებლების თეორიულად დასაბუთებული შეფასება და მათი შესაძლო ცვლილებების პროგნოზირება გარეგანი ხელოვნური ზემოქმედებების პირობებში. აღნიშნული ამოცანის წარმატებით გადაჭრა შესაძლებელია მხოლოდ მათემატიკური მოდელირების მეთოდების გამოყენებით, რაც სხვადასხვა იმიტაციური ვარიანტების თეორიულად გათამაშების საშუალებას გვაძლევს.

ტბის სხვადასხვა ფიზიკური პარამეტრების შესწავლისას განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყლის მასების დინამიკური მახასიათებლების შეფასებას, ვინაიდან მათზე არის დამოკიდებული აუზში მიმდინარე მრავალი ფიზიკური, ბიოლოგიური და ქიმიური პროცესები. ისეთ მცირე ზომების მქონე წყალსაცავში, როგორცაა პალიასტომის ტბა (სიგრძე - 5,8 კმ, სიგანე - 5,2 კმ, მაქსიმალური სიღრმე < 4 მ) წყლის მასების დინამიკას მთლიანად განსაზღვრავს ატმოსფერული ზემოქმედება - ქარის ხახუნის დაძაბულობა წყლის ზედაპირზე.

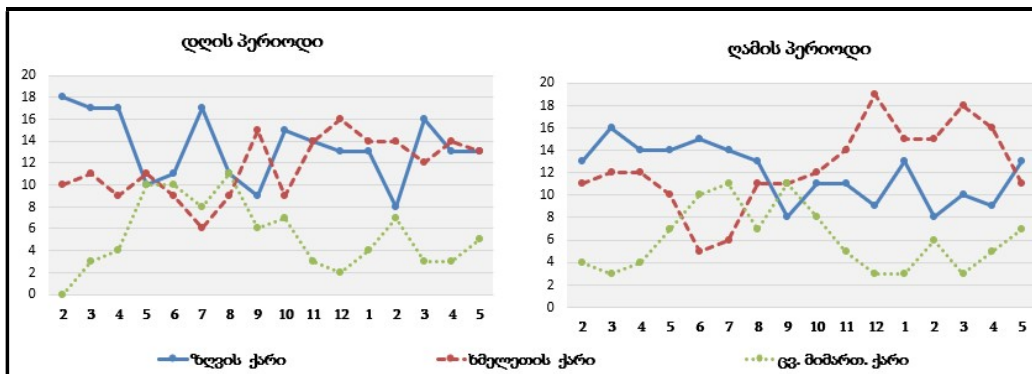
პალიასტომის ზედაპირზე მოქმედი ატმოსფერული ქარის შესახებ ინფორმაციის მოსაპოვებლად ჩვენ ხანგრძლივად ვაკვირდებოდით გარემოს ეროვნული სააგენტოს საიტზე (<http://meteo.gov.ge>) გამოქვეყნებულ ინფორმაციას ფოტში ამინდის შესახებ. ბოლო 16 თვის მანძილზე აღნიშნული ინფორმაციიდან იკვეთება, რომ მოცემულ ტერიტორიაზე ქარის

საშუალო სიჩქარე 10-15 მ/წმ-ის ფარგლებშია. ძალიან იშვიათად ეს სიდიდე შეიძლება გაიზარდოს 25-30 მ/წმ-მდე ან დაეცეს 0-5 მ/წმ-მდე. ამასთან დომინირებს შავი ზღვის მხრიდან მონაბერი დასავლეთის ქარი ან ხმელეთის მხრიდან მონაბერი აღმოსავლეთის ქარი. დაკვირვების პერიოდში დღისით დაფიქსირებული ქარის ტიპების ხვედრითი წილი მიმართულებების მიხედვით წარმოდგენილია დიაგრამაზე (ნახ. 1.).

ქარის ტიპების სიხშირის ცვლილება თვეების მიხედვით 2023 წლის თებერვლიდან 2024 წლის მაისის ჩათვლით წარმოდგენილია გრაფიკების სახით მე-2 ნახაზზე.



ნახ. 1. დაკვირვების პერიოდში დაფიქსირებული ქარის ტიპების ხვედრითი წილი.



ნახ. 2. ქარის ტიპების სიხშირის ცვლილება დროში

ატმოსფერული ქარის ზემოქმედების შედეგად ტბაში განვითარებული დინამიკური პროცესების შესასწავლად ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა მათემატიკური მოდელი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია წყლის ნაკადების ცირკულაციისა და ტბის თავისუფალი ზედაპირის ფორმირების რიცხვითი გათვლა (გირგვლიანი, 2015; გირგვლიანი 2016).

ვინაიდან პალიასტომის ტბის სიღრმე საგრძნობლად მცირეა ჰორიზონტალურ ზომებთან შედარებით აღნიშნულ მოდელში გამოიყენება ვერტიკალის მიხედვით ინტეგრირებული წყლის მოძრაობისა და უწყვეტობის განტოლებები და საბოლოოდ ვლებულობთ შემდეგ მათემატიკურ ამოცანას: ორგანზომილებიან $D(x, y)$ არეში, რომლის საზღვარი S -

აღიწერება ტბის ფსკერის რელიეფისა და წყლის თავისუფალი ზედაპირის თანაკვეთით განიხილება კერძოწარმოებლიან დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა.

$$\begin{aligned} \frac{\partial uH}{\partial t} + \frac{\partial u^2H}{\partial x} + \frac{\partial uvH}{\partial y} - fvH + gH \frac{\partial \xi}{\partial x} &= F_x \\ \frac{\partial vH}{\partial t} + \frac{\partial uvH}{\partial x} + \frac{\partial v^2H}{\partial y} + fuH + gH \frac{\partial \xi}{\partial y} &= F_y \\ \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial uH}{\partial x} + \frac{\partial vH}{\partial y} &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

სადაც: $u(x, y, t)$ და $v(x, y, t)$ წყლის ნაკადის სიჩქარის ვექტორის კომპონენტებია შესაბამისად OX და OY ღერძების გასწვრივ, ξ - წყლის ზედაპირის გადახრა შეუშფოთებელი მდგომარეობიდან, $H(x, y, t)$ - წყლის აქტიური სიღრმეა, f - კორიოლისის პარამეტრია, g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარებაა დედამიწაზე, F_x და F_y ფუნქციები აღწერენ ქარის ხახუნის დამაბულობას წყლის ზედაპირზე.

(1) სისტემის ამონახსნს ვეძებთ შემდეგი სასაზღვრო და საწყისი პირობებით:

$$\begin{aligned} u = v = 0, & \quad S - \text{საზღვარზე,} \\ u = u^0, \quad v = v^0, \quad \xi = \xi^0 & \quad \text{როცა } t = t^0. \end{aligned} \quad (2)$$

მიღებული (1), (2) არაწრფივი საწყის-სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნა ხორციელდება სასრულ-სხვაობიანი მეთოდების გამოყენებით (Aracawa, 1972). რიცხვით ექსპერიმენტებში თვლა მიმდინარეობდა აუზის შეუშფოთებელი (ნულოვანი) მდგომარეობიდან ერთი და იმავე ტიპის ქარის ხანგრძლივი მოქმედების პირობებში სტაციონალური რეჟიმის დამყარებამდე. 10-15 მ/წმ სიჩქარის ქარის მოქმედების პირობებში ასეთი რეჟიმი ფორმირდება თვლის დაწყებიდან 36-40 საათის განმავლობაში. 15 მ/წმ სიძლიერის ქარის მოქმედების დროს წყლის ნაკადის მაქსიმალური სიჩქარე არ აღემატება 40 სმ/წმ-ს. ტიპიური მიმართულების ქარების მოქმედების პირობებში მიღებული წყლის ნაკადების ცირკულაციის სტაციონალური სურათები მოცემულია მე-3 და მე-4 მახაზებზე. მოცემული შედეგებიდან ჩანს რომ ქარის მიმართულების ცვლილება საპირისპიროთი იწვევს წყლის ნაკადების ცირკულაციის ცვლილებას საპირისპიროთი (ციკლონურის - ანტიციკლონურით).



ნახ. 3. წყლის ნაკადების ცირკულაციის სქემა a) დასავლეთის ქარი, b) აღმოსავლეთის ქარი



ნახ.4. წყლის ნაკადების ცირკულაციის სქემა a) სამხ.-დასავლეთის ქარი, b) სამხ.-აღმოსავლეთის ქარი

დასკვნა: ჩატარებული რიცხვითი ექსპერიმენტების შედეგებიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ წარმოდგენილი მოდელი რეალისტურად აღწერს გარემოში მიმდინარე ფიზიკურ პროცესებს და ატმოსფერული ზემოქმედების შესახებ უწყვეტი ინფორმაციის არსებობის შემთხვევაში მისი საშუალებით შესაძლებელია მონიტორინგის განხორციელება.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. გირგვლიანი ა., (2015), წყლის ნაკადების დინამიკური მახასიათებლების რიცხვითი მოდელირება „ბრტყელი“ წყალსაცავებისათვის. // აწსუ მოამბე, № 2(6), ქუთაისი, გვ. 132-138
2. გირგვლიანი ა., (2016), წყალსაცავებში წყლის ნაკადების ჰორიზონტალური ცირკულაციის მათემატიკური მოდელირება.// აწსუ მოამბე, № 1(7), ქუთაისი, გვ. 145-151
3. Arakawa A., (1972), Design of the VCLA general circulation model. -Tech. Rep. of Meteor., Univ. California, N 7, 116 p.
4. wikipedia , (2024), ვ ა ლ ა ს ტ ო მ ი .
<https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%9E%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%98%E1%83%90%E1%83%A1%E1%83%A2%E1%83%9D%E1%83%9B%E1%83%98>

Statistical analysis of atmospheric winds acting on Lake Paliastom and numerical modeling of water flow circulation

Summary

The article presents statistics on the types of atmospheric winds operating in the area of Lake Paliastom for the last 16 months, and based on the analysis of relevant information, the likely predominant types of winds are identified. Using a numerical model, patterns of circulation of water flows in the lake, which can be formed under conditions of long-term exposure to the resulting types of wind, were calculated.