

www.gegroup.org

## ხიდი მდინარე ტვიბარზე ჰიდროლოგიური ანგარიში

დამკვეთი: შპს „კავტრანსპროექტი“

შემსრულებელი: შპს «გროს ენერჯი ჯგუფი»



**ხიდი მდინარე ტვიზარზე**

**ჰიდროლოგიური ანგარიში**

**დამკვეთი**

შპს კავტრანსპროექტი

საქართველო, თბილისი, ვ. ბოჭორიშვილის 37ბ

**შემსრულებელი**

**შპს გროს ენერჯი ჯგუფი**

ვიქტორ დოლიძის ქ. #24,

თბილისი, საქართველო 0171

ტელ: +995 322 399 160

ელ-ფოსტა: [info@geggroup.org](mailto:info@geggroup.org)

ვებ-გვერდი: [www.geggroup.org](http://www.geggroup.org)

შენიშვნა:

წინამდებარე ანგარიში მოამზადა საკონსულტაციო კომპანია "გროს ენერჯი ჯგუფმა" და უნდა იქნეს გამოყენებული, როგორც შეთავაზება საპროექტო სამუშაოსათვის. ეს დოკუმენტი შედგენილია მხოლოდ ამ პროექტის მიზნისთვის.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე მომზადებული წინამდებარე ანგარიშის გამოყენების უფლება არ აქვს სხვა მხარეს, გარდა უფლებამოსილი პირისა. იმ შემთხვევაში თუ, ეს დოკუმენტი გამოყენებული იქნა სხვა მიზნებისთვის, კომპანია პასუხს არ აგებს მასში აღმოჩენილი ხარვეზებისა და შეცდომების გამო.

ამასთან წინამდებარე ანგარიში შეიცავს კონფიდენციალურ ინფორმაციას, რაც წარმოადგენს ინტელექტუალურ საკუთრებას. ამდენად, შემსრულებლის წერილობითი თანხმობის გარეშე, დაუშვებელია ამ დოკუმენტის გადაცემა მესამე მხარისათვის, გარდა უფლებამოსილი პირისა.

### რედაქტირებული გამოცემა

| გამოცემა | თარიღი            | პროექტის მენეჯერი   | რედაქცია       | დამოწმება     | აღწერა           |
|----------|-------------------|---------------------|----------------|---------------|------------------|
| A        | ივნისი, 2020 წელი | ირაკლი ტყეშელაშვილი | მარინე გაბუნია | დალი ბოლქვაძე | პირველი გამოცემა |

შემსრულებლები:

პროექტის მენეჯერი

ირაკლი ტყეშელაშვილი

ჰიდროლოგი

დალი ბოლქვაძე

ჰიდროლოგი

მარინე გაბუნია

ჰიდროლოგი

თორნიკე ხოხონიშვილი

გენერალური დირექტორი

ანგული ტყეშელაშვილი

## სარჩევი

|  |    |
|--|----|
| <u>პირობითი აღნიშვნები</u> .....   | 6  |
| <u>1 მდინარე ტვიზარის ჰიდროგრაფიული დახასიათება</u> .....  | 8  |
| <u>2 კლიმატი</u> .....   | 9  |
| <u>3 ცოცხალ კვეთში წყლის ნაკადის მაქსიმალური ხარჯის ანგარიში</u> .....                             | 12 |
| <u>3.1 ჩამონადენი წყლის ნაკადის მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფის აგება თავსხმა წვიმის დროს</u><br>18 |    |
| <u>3.1.1 ჩამონადენი წყლის ნაკადის ხარჯის მატება და კლება</u> .....                                 | 18 |
| <u>3.1.2 ერთწვერიანი ჰიდროგრაფის ელემენტები და მისი ანგარიში</u> .....                             | 18 |
| <u>3.1.3 დრო ჩამონადენი წყლის მაქსიმალური ხარჯის კლების პერიოდში</u> .....                         | 19 |
| <u>3.1.4 ჩამონადენი წყლის ნაკადის მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფი</u> .....                          | 20 |
| <u>3.2 ჩამონადენი წყლის ნაკადის მყარი ნატანი თავსხმა წვიმის დროს</u> .....                         | 21 |
| <u>3.2.1 მყარი ნატანის პარამეტრების ანგარიში</u> .....   | 21 |
| <u>3.2.2 მყარი ნატანის გრაფიკის აგება</u> .....  | 23 |
| <u>3.2.3 ჩამონადენი წყლის მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფი და მყარი ნატანის გრაფიკი</u> ...           | 23 |
| <u>4 გამოყენებული ლიტერატურა და პროგრამული უზრუნველყოფა</u> .....                                  | 25 |

## ფიგურების სია

|  |    |
|--|----|
| <u>ფიგურა 2.1 კლიმატის დიაგრამა</u> .....  | 10 |
| <u>ფიგურა 2.2 ჰაერის ტემპერატურის გრაფიკი</u> .....  | 11 |
| <u>ფიგურა 3.1 ნიადაგის კატეგორია</u> .....   | 14 |
| <u>ფიგურა 3.2 კლიმატური კოეფიციენტის რუკა</u> .....  | 15 |
| <u>ფიგურა 3.3 tti და Qi0 კოორდინატებით აგებული მრუდები</u> .....                                 | 20 |
| <u>ფიგურა 3.4 მდ. ტვიზარის წყლის მატებისა და კლების ჰიდროგრაფი</u> .....                         | 21 |
| <u>ფიგურა 3.5 მდ. ტვიზარის წყლის ნაკადის მყარი ნატანის გრაფიკი</u> .....                         | 23 |
| <u>ფიგურა 3.6 მდ. ტვიზარის წყლის 100 წლიანი ხარჯის ჰიდროგრაფი და მყარი ნატანის გრაფიკი</u> ..... | 24 |

## ცხრილების სია

|   |    |
|---|----|
| ცხრილი 2.1 ჰაერის ტემპერატურა და ატმოსფერული წალექი .....                         | 9  |
| ცხრილი 3.1 ნიადაგის კოეფიციენტი კატეგორიების მიხედვით .....                       | 14 |
| ცხრილი 3.2 მდ. ტვიზარის მორფომეტრიული პარამეტრები .....                           | 17 |
| ცხრილი 3.3 მორფომეტრიული მახასიათებლები .....                                     | 18 |
| ცხრილი 3.4 სხვადასხვა უზრუნველყოფით წყლის უდიდესი ხარჯი, მ <sup>3</sup> /წმ ..... | 18 |
| ცხრილი 3.5 ჩამონადენი წყლის ნაკადის ხარჯის მატებისა და კლების ელემენტები .....    | 20 |
| ცხრილი 3.6 მყარი ნატანის ელემენტები .....   | 23 |

## პირობითი აღნიშვნები

| სიმბოლო              | განმარტება   | განზომილება        |
|----------------------|--|--------------------|
| მზდ                  | მეტრი ზღვის დონიდან                                      |                    |
| $Q$                  | წყლის ნაკადის უდიდესი ხარჯი                              | მ <sup>3</sup> /წმ |
| $Q_{\text{ა}}$       | წყლის ნაკადის ხარჯი დროის მატების პერიოდში               | მ <sup>3</sup> /წმ |
| $Q_{\text{კ}}$       | წყლის ნაკადის ხარჯი დროის კლების პერიოდში                | მ <sup>3</sup> /წმ |
| $W$                  | წყლის ნაკადის მოცულობა                                   | მ <sup>3</sup>     |
| $W_{\text{ა}}$       | წყლის მოცულობა ხარჯის მატების პერიოდში                   | მ <sup>3</sup>     |
| $W_{\text{კ}}$       | წყლის მოცულობა ხარჯის კლების პერიოდში                    | მ <sup>3</sup>     |
| $F$                  | ხევის/მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი                | კმ <sup>2</sup>    |
| $F_{\text{ბ}}$       | ხევის/მდინარის წყალშემკრები აუზის ტყის ფართობი           | %                  |
| $T$                  | თავსხმა წვიმის ხანგრძლივობა                              | წთ                 |
| $t_{\text{ა}}$       | წყლის ნაკადის ხარჯის მატების დრო                         | წთ                 |
| $t_{\text{კ}}$       | წყლის ნაკადის ხარჯის კლების დრო                          | წთ                 |
| $L$                  | მდინარის/ხევის წყლის ნაკადის სიგრძე კალაპოტში            | კმ                 |
| $L_{\text{დ}}$       | წყლის ნაკადის "დაყვანილი" სიგრძე                         | მ                  |
| $S$                  | წყლის ნაკადის სიჩქარეების ფარდობის კოეფიციენტი           |                    |
| $V_{\text{კ}}$       | წყლის ნაკადის სიჩქარე კალაპოტში                          | მ/წმ               |
| $V_{\text{ფ}}$       | წყლის ნაკადის სიჩქარე ფერდობზე                           | მ/წმ               |
| $l_{\text{ბ}}$       | წყალშემკრები აუზის ფერდობის სიგრძე                       | მ                  |
| $J_{\text{მდ}}$      | მდინარის დახრილობა                                       |                    |
| $\bar{J}_{\text{გ}}$ | მდინარის კალაპოტის საანგარიშო დახრილობა                  |                    |
| $\varphi$            | აუზში არსებული ბალახეული საფარველის სიხშირე              |                    |
| $i$                  | წყალშემკრებ აუზში მოსული თავსხმა წვიმის ინტენსიობა       | მმ/წთ              |
| $H$                  | წყალშემკრებ აუზში თავსხმა წვიმის დროს წარმოქმნილი ნალექი | მმ                 |
| $K$                  | კლიმატური კოეფიციენტი                                    |                    |
| $B_{\text{აქს}}$     | ხევის/მდინარის წყალშემკრები აუზის უდიდესი სიგანე         | კმ                 |
| $B_{\text{საშ}}$     | ხევის/მდინარის წყალშემკრები აუზის საშუალო სიგანე         | კმ                 |

|            |   |                  |
|------------|---|------------------|
| $Z$        | მდინარისა და ხევის შენაკადების ქსელის სიხშირე                               |                  |
| $\rho$     | სელური წყლის ნაკადის სიმღვრივე  | გ/მ <sup>3</sup> |
| $S_6$      | მყარი ნატანის მოცულობა  | მ <sup>3</sup>   |
| $\omega$   | გაშიშვლებული, დამეწყრილი ან სხვა მიზეზებით დაშლილი აუზის უბანი              | %                |
| $\Sigma l$ | წყალშემკრებ აუზში მდინარის შენაკადების და ხევების სიგრძეთა ჯამი             | კმ               |
| $\psi$     | ეროზიის კოეფიციენტი   |                  |
| $\sigma$   | აუზის ფორმის კოეფიციენტი  |                  |
| $\alpha$   | ჩამონადენი წყლის კოეფიციენტი  |                  |
| $\xi$      | აუზში ნიადაგის საფარველის მახასიათებელი კოეფიციენტი                         |                  |
| $\lambda$  | წყალშემკრები აუზის ტყიანობის კოეფიციენტი                                    |                  |
| $\beta$    | წყალშემკრებ აუზში მოსული თავსხმა წვიმის არათანაბრად განაწილების კოეფიციენტი |                  |
| $\tau$     | განმეორებადობა წლებში   | წელი             |
| $\gamma$   | ნატანის ერთეული მოცულობის წონა  | ტ/მ <sup>3</sup> |

## 1. მდინარე ტვიბარის ჰიდროგრაფიული დახასიათება

მდინარე ტვიბარი სათავეს იღებს სამეგრელო-ზემო სვანეთის მხარის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე ზღვის დონიდან 1540 მ სიმაღლეზე და უერთდება მდ. ენგურს მარჯვენა მხრიდან 920 მ ნიშნულზე სოფ. ლახამულასთან.

ხიდისთვის შერჩეულ კვეთამდე ▼1058 მზდ მდ. ტვიბარის სიგრძე 1.61 კმ-ია, საშუალო ვარდნა 482.0 მ, ქანობი 299.0 ‰, წყალშემკრები აუზის უმაღლესი ნიშნული 1760 მზდ, ფართობი 1.76 კმ<sup>2</sup>.

მდინარე ტვიბარის წყალშემკრები აუზს მიმართულება აქვს ჩრდილოეთიდან სამხრეთ-დასავლეთისაკენ. დასავლეთით ესაზღვრება მდ. მანშურას წყალშემკრები აუზს, რომლისგანაც გამოყოფილია ზღვის დონიდან 1607 და 1486.2 მ სიმაღლით, ხოლო აღმოსავლეთით საზღვარი მიუყვება მდ. ლადლინის წყალშემკრები აუზს.

მდინარის წყალშემკრები აუზი მდებარეობს კავკასიონის ქედის სამხრეთ კალთებზე სიმაღლით 1770-დან 1058 მეტრამდე და გააჩნია სიმეტრიული ფორმა. გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილეობას იღებენ, გნეისები და ასპიდური ფიქლები, ქვემო ნაწილში კი გვხვდება თიხა ფიქლები და ქვიშაქვები. ძირითადი ქანები უმთავრესად დაფარულია დელივიურ-პროლივიურ ნალექებით, რომელთა სისქე მცირდება ქედების ციცაბო ფერდობებზე. აუზის 85% დაფარულია შერეული და ფოთლოვანი ტყით. ხეობის ფერდობები ციცაბოა და ზოგან დანაწევრებულია შენაკადებისა და ხევების ღრმად ჩაჭრილი ხეობებით.

მდინარე საზრდოობს თოვლის, წვიმისა და გრუნტის წყლებით. წყლიანობის რეჟიმი ხასიათდება წყალდიდობით წელიწადის თბილ პერიოდში და წყალმცირობით ცივ პერიოდში. ცალკეულ წლებში წყალდიდობას ემთხვევა წვიმით გამოწვეული წყალმოვარდნები, რაც იწვევს წყლის დონის მაქსიმალურ აწევას. წყალმცირობის პერიოდში მდინარის წყალი სუფთა, გამჭვირვალე და სასმელად ვარგისია.

ხეობის ფერდობები ძალზე ციცაბო და ცალკეულ ადგილებში ვერტიკალურია. ზოგან დანაწევრებულია შენაკადებისა და ხევების ღრმად ჩაჭრილი ხეობებით.



## 2. კლიმატი

მდინარე ტვიზარზე ახალი ხიდის მშენებლობისთვის შერჩეული კვეთი მდებარეობს მესტიის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე.

კავკასიონის ქედი წარმოადგენს ბუნებრივ ბარიერს ჩრდილოეთიდან მოძრავი ცივი ჰაერის მასების გზაზე.

მდინარე ტვიზარის წყალშემკრები აუზი მიეკუთვნება ზღვის ნოტიო სუბტროპიკული ჰავის ოლქს.

კლიმატური პირობების ჩამოყალიბებას განაპირობებს შავი ზღვის სიახლოვე და ნოტიო ჰაერის მასების გავლენა. წყალშემკრები აუზის კლიმატის დასახასიათებლად გამოყენებულია სოფ. ლახამულას მონაცემები.

კლიმატური ელემენტების მონაცემები აღებულია მსოფლიო კლიმატური ორგანიზაციის ვებ-გვერდიდან (<https://en.climate-data.org>). კლიმატი კეპენ-გეიერის კლიმატის კლასიფიკაციის თანახმად ეკუთვნის Cfb-ს (დასავლეთ საქართველო). სოფ. ლახამულა მდებარეობს ზღვის დონიდან 1210 მ-ზე, კლიმატი თბილი და ზომიერია. ჰაერის წლიური საშუალო ტემპერატურა 7.4°C-ია, ხოლო ნალექის წლიური მაჩვენებელი 1059 მმ.

ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექის მონაცემები მოცემულია ცხრილ 2.1-ში

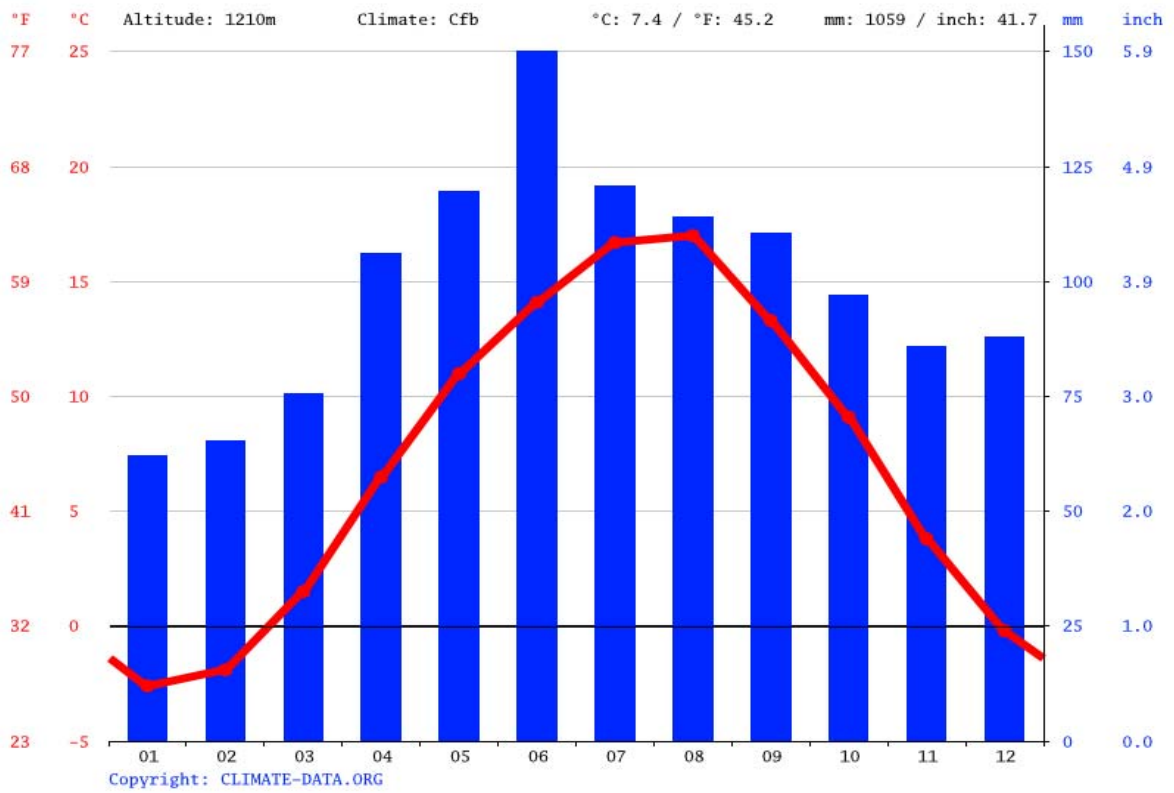
**ცხრილი 2.1 ჰაერის ტემპერატურა და ატმოსფერული ნალექი**

| დასახელება/თვე         | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| საშ. ტემპერატურა (°C)  | -2,6 | -1,9 | 1,5  | 6,5  | 11   | 14,1 | 16,7 | 17   | 13,3 | 9,1  | 3,8  | -0,2 |
| მინ. ტემპერატურა (°C)  | -6,9 | -6,2 | -3,2 | 0,7  | 5,1  | 8,1  | 10,9 | 11,1 | 7,2  | 3,5  | -0,5 | -4,5 |
| მაქს. ტემპერატურა (°C) | 1,7  | 2,4  | 6,3  | 12,3 | 16,9 | 20,1 | 22,6 | 23   | 19,5 | 14,7 | 8,2  | 4,1  |
| საშ. ნალექი (მმ)       | 55   | 58   | 67   | 94   | 106  | 133  | 107  | 101  | 98   | 86   | 76   | 78   |

წლის განმავლობაში ყველაზე ნალექიან და მშრალ თვეებს შორის ნალექის სხვაობა 78 მმ-ია, ხოლო ტემპერატურის ცვალებადობა ყველაზე ცივ და ცხელ თვეებს შორის 19.7°C.

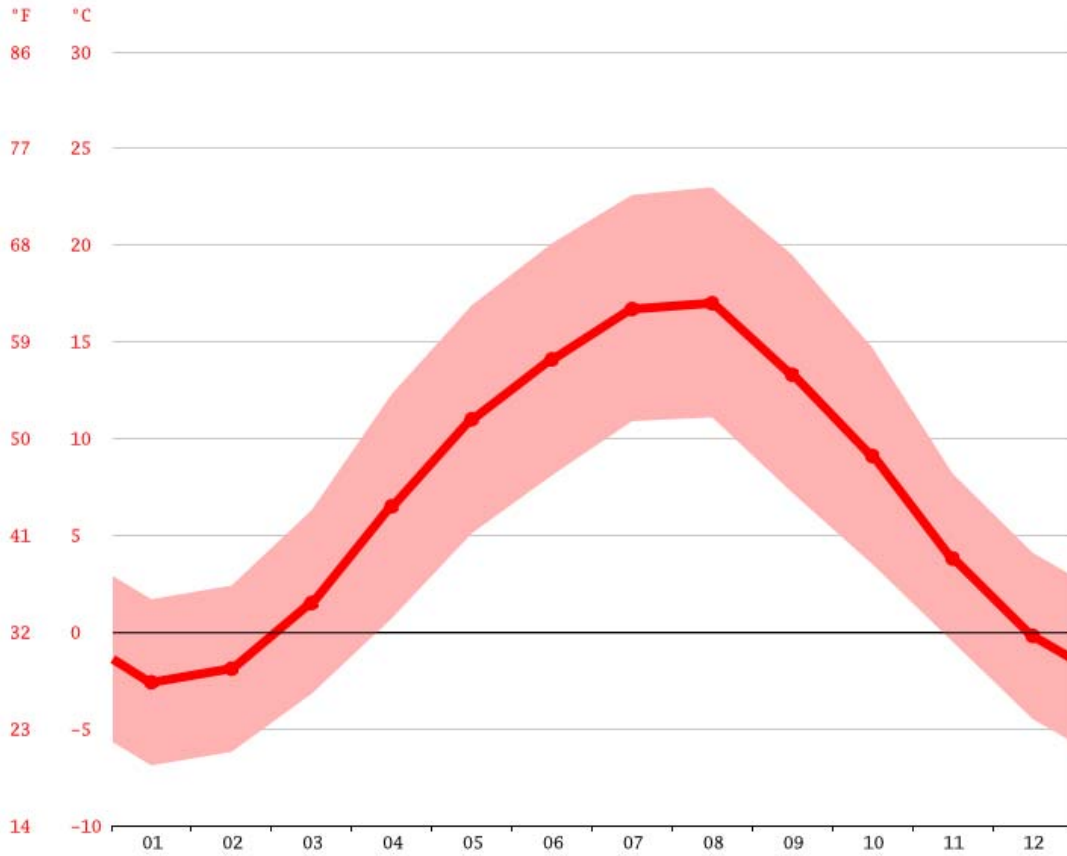
კლიმატური დიაგრამა მოცემულია ფიგურა 2.1-ზე, ხოლო ტემპერატურის გრაფიკი ფიგურა 2.2-ზე.

ფიგურა 2.1 კლიმატის დიაგრამა



ყველაზე მშრალი იანვარის თვის ნალექის მინიმალური რაოდენობა 55 მმ-ია. ნალექის ყველაზე დიდი რაოდენობა მოდის ივნისის თვეში 133 მმ.

ფიგურა 2.2 ჰაერის ტემპერატურის გრაფიკი



წლის განმავლობაში ყველაზე ცხელი თვის აგვისტოს ჰაერის ტემპერატურის საშუალო 17.0°C-ია, ხოლო ყველაზე ცივი თვის იანვრის -2.6°C.

### 3. ცოცხალ კვეთში წყლის ნაკადის მაქსიმალური ხარჯის ანგარიში

მდინარე ტვიზარის საპროექტო გასწორში გამოყენებულია მეთოდი, რომელიც რეკომენდირებულია უდიდესი ხარჯის საანგარიშოდ 300 კმ<sup>2</sup>-მდე წყალშემკრები აუზის მქონე მდინარეებზე „კავკასიის პირობებში მდინარეთა უდიდესი ჩამონადენის საანგარიშო ტექნიკური მითითებით“ და ჰიდროლოგიური ცნობარით „ზედაპირული წყლის რესურსები“ ტომი 9, გამოშვება პირველი, 1969 წელი. აღნიშნული მეთოდის თანახმად, წყლის უდიდესი ხარჯი იანგარიშება ფორმულით:

$$Q = R \times \left( \frac{F^{\frac{2}{3}} \times K^{1.35} \times \tau^{0.38} \times \bar{J}_g^{0.125}}{(L+10)^{0.44}} \right) \times \Pi \times \lambda \times \sigma$$

სადაც

Q – მოცემული უზრუნველყოფის შესაბამისი წყლის ნაკადის საძიებელი საანგარიშო უდიდესი ხარჯი, მ<sup>3</sup>/წმ;

R – რაიონული კოეფიციენტი, დასავლეთ საქართველოს მდინარეებისათვის მიღებულია -1.35, აღმოსავლეთისათვის კი 1.15;

F – ხევის/მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი, კმ<sup>2</sup>.

$\bar{J}_g$  – გრძივი პროფილის საანგარიშო საშუალო დახრილობა;

K – რაიონის კლიმატური კოეფიციენტი, რომლის სიდიდე აიღება სპეციალურად დამუშავებული რუკიდან.

Π – ნიადაგის კოეფიციენტი, რომელიც აღებულია ცხრილიდან,

σ – წყალშემკრები აუზის ფორმის კოეფიციენტი;

λ – წყალშემკრები აუზის ტყიანობის კოეფიციენტი.

წყალშემკრები აუზის ფართობი როცა ნაკლებია 5 კმ<sup>2</sup>-ზე ფორმულაში შემავალი პარამეტრები მრავლდება კოეფიციენტზე, რომელიც ჩვენს შემთხვევაში ტოლია 0.82-ის

ფორმულაში შესატანი, მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფისა და ნატანის პარამეტრები გამოთვლილია ტოპოგრაფიული რუკისა და შემდეგი ფორმულების გამოყენებით:

T – თავსხმა წვიმის ხანგრძლივობის საანგარიშო დრო (წთ), რომლის მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$T = \left[ \frac{L_{\varphi}}{\varphi \times \sqrt{J^m \times \alpha \times l_0 \times K \times \tau^{0.27}}} \right]$$

სადაც

$L_{\varphi}$  – წყლის ნაკადის „დაყვანილი“ სიგრძე (მ), რომლის მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$L_{\varphi} = \frac{L}{S} + l_0$$

$L$  – წყლის ნაკადის სიგრძე მდინარის სათავიდან საპროექტო კვეთამდე, მ;

$S$  – მდინარის კალაპოტში და ხეობების ფერდობებზე ჩამომდინარე ნაკადების სიჩქარეების ფარდობაა;

$l_0$  – ფერდობის საანგარიშო სიგრძე (მ), რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$l_0 = \frac{1000 \times F}{2 \times (L + \Sigma l)}$$

სადაც:

$\Sigma l$  – მდინარის/ხევის შენაკადების ჯამური სიგრძე, კმ.

$\varphi$  - აუზში არსებული ბალახეული საფარველის სიხშირე, მისი მნიშვნელობა მერყეობს 0.26-დან (ხშირი ბალახეული საფარის მქონე აუზებისთვის), 0.46-მდე (ბალახით დაუფარავი აუზებისთვის), შერეული საფარის მქონე აუზებისათვის გამოიყენება (საშუალო პირობებში)  $\varphi = 0.34$ .

$J$  – წყალშემკრები აუზის ქანობი %-ში, ხოლო  $m=0.6$ .

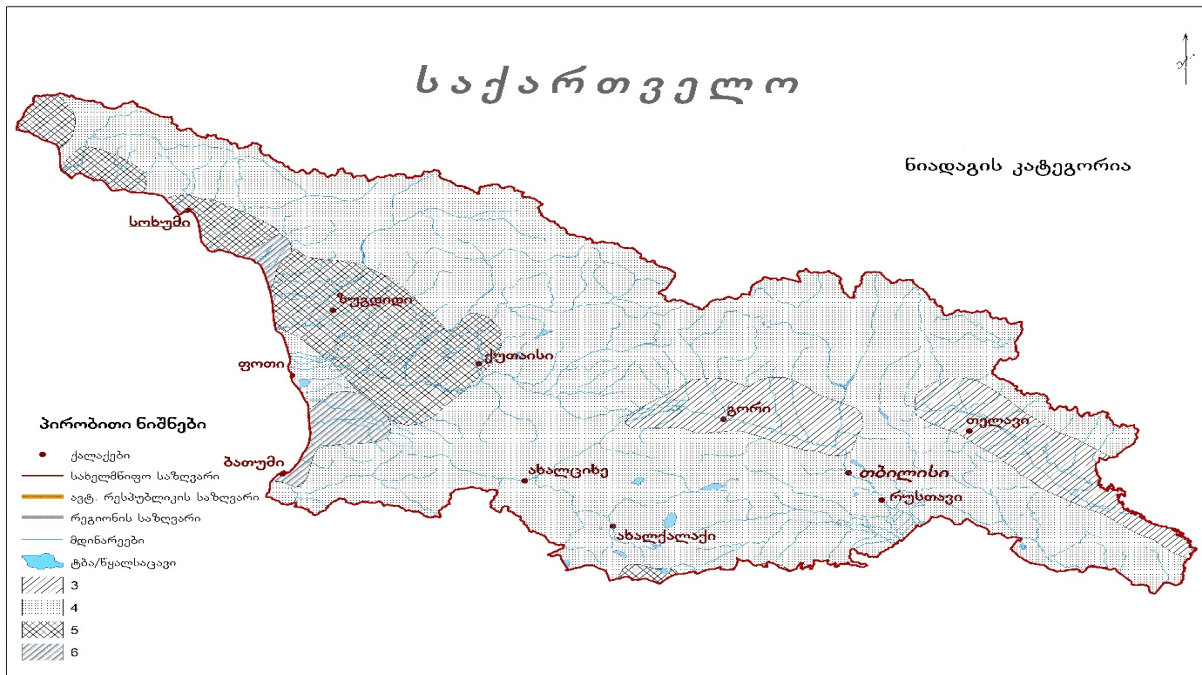
$\alpha$  – წყლის ნაკადის კოეფიციენტი, მისი მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$\alpha = \xi \times (i + 0.1)^{0.345} \times T^{0.15}$$

სადაც,

$\xi$  - აუზში გავრცელებული ნიადაგის საფარველის მახასიათებელი კოეფიციენტი. მისი მნიშვნელობა აღებულია „კავკასიის პირობებში მდინარეთა მაქსიმალური ჩამონადენის საანგარიშო ტექნიკური მითითებით“ (გვ.28, სურათი 4) ფიგურა 3.1-ის მიხედვით, ხოლო პარამეტრი (გვ. 41, ცხრილი 4) შესაბამისად ცხრილ 3.1-დან.

ფიგურა .3.1 ნიადაგის კატეგორია



ნიადაგის კოეფიციენტი კატეგორიების მიხედვით მოცემულია ცხრილ 3.1-ში.

ცხრილი 3.1 ნიადაგის კოეფიციენტი კატეგორიების მიხედვით

| ნიადაგის კატეგორია | II   | III  | IV   | V    | VI   |
|--------------------|------|------|------|------|------|
| II                 | 0.60 | 0.82 | 1.00 | 1.19 | 1.50 |

$i$  – აუზში მოსული თავსხმა წვიმის ინტენსივობა, მმ/წთ:

$$i = \frac{H}{T}$$

$H$  – აუზში მოსული თავსხმა წვიმის ინტენსივობა, მმ-ში და იანგარიშება ფორმულებით:

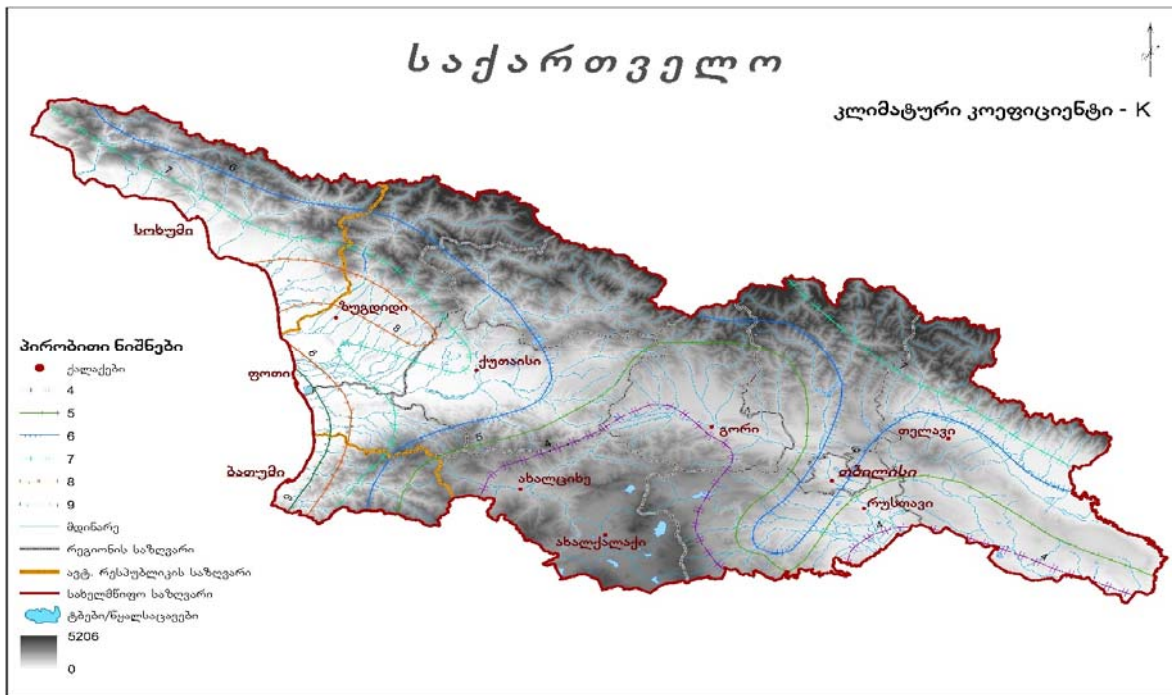
$$H = K \cdot \tau^{0.27} \cdot T^{0.31} \text{ მმ, როდესაც } T \geq 20 \text{ წთ} - \text{ზე,}$$

$$H = K \cdot \tau^{0.27} \cdot T^{0.46} \text{ მმ, როდესაც } T < 20 \text{ წთ} - \text{ზე,}$$

სადაც

$K$  – რაიონის კლიმატური კოეფიციენტი, რომლის სიდიდე აიღება სპეციალურად დამუშავებული კლიმატური კოეფიციენტის რუკიდან (გვ.17, სურათი 1) ფიგურა 3.2-ზე.

ფიგურა 3.2 კლიმატური კოეფიციენტის რუკა



$\lambda$  – წყალშემკრები აუზის ტყიანობის კოეფიციენტი, რომლის სიდიდე გამოითვლება ფორმულით:

$$\lambda = \frac{1}{1 + 0.2 \times \frac{F_{\sigma}}{F}}$$

$F_{\sigma}$  – წყალშემკრები აუზის ტყით დაფარული ფართობი %-ში;

$\tau$  – განმეორებადობა წლებში;

$\beta$  – წყალშემკრებ აუზში მოსული თავსხმა წვიმის არათანაბრად განაწილების კოეფიციენტი, მისი სიდიდე იანგარიშება ფორმულით:

შავი ზღვის აუზის მდინარეებისათვის:

$$\beta = e^{-0.28 \times F^{0.50} \times \sqrt[3]{i} \times T^{-0.30}}$$

კასპიის ზღვის აუზის მდინარეებისათვის:

$$\beta = e^{-0.20 \times F^{0.60} \times \sqrt[3]{i} \times T^{-0.25}}$$

$\sigma$  – წყალშემკრები აუზის ფორმის კოეფიციენტი, რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$\sigma = 0.25 \times \frac{B_{\text{მაქს}}}{B_{\text{საშ}}} + 0.75$$

სადაც,

$B_{\text{მაქს}}$  – აუზის მაქსიმალური სიგანე, კმ;

$B_{\text{საშ}}$  – აუზის საშუალო სიგანე (კმ), რომლის მნიშვნელობა მიიღება გამოსახულებით:

$$B_{\text{საშ}} = \frac{F}{L}$$

მთის ნაკადის სიჩქარე კალაპოტში (მაქსიმალური ხარჯის ფორმირების პერიოდში), გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$\bar{V}_\beta = 2.1 \times Q^{0.2} * \bar{J}_\beta^{0.24+1.6 \times \bar{J}_\beta}$$

$\bar{J}_\beta$  – მდინარის კალაპოტის საანგარიშო დახრილობა:

$$\bar{J}_\beta = J_{\text{მდ}} \times 0.75$$

სადაც,

$J_{\text{მდ}}$  – მდინარის დახრილობა.

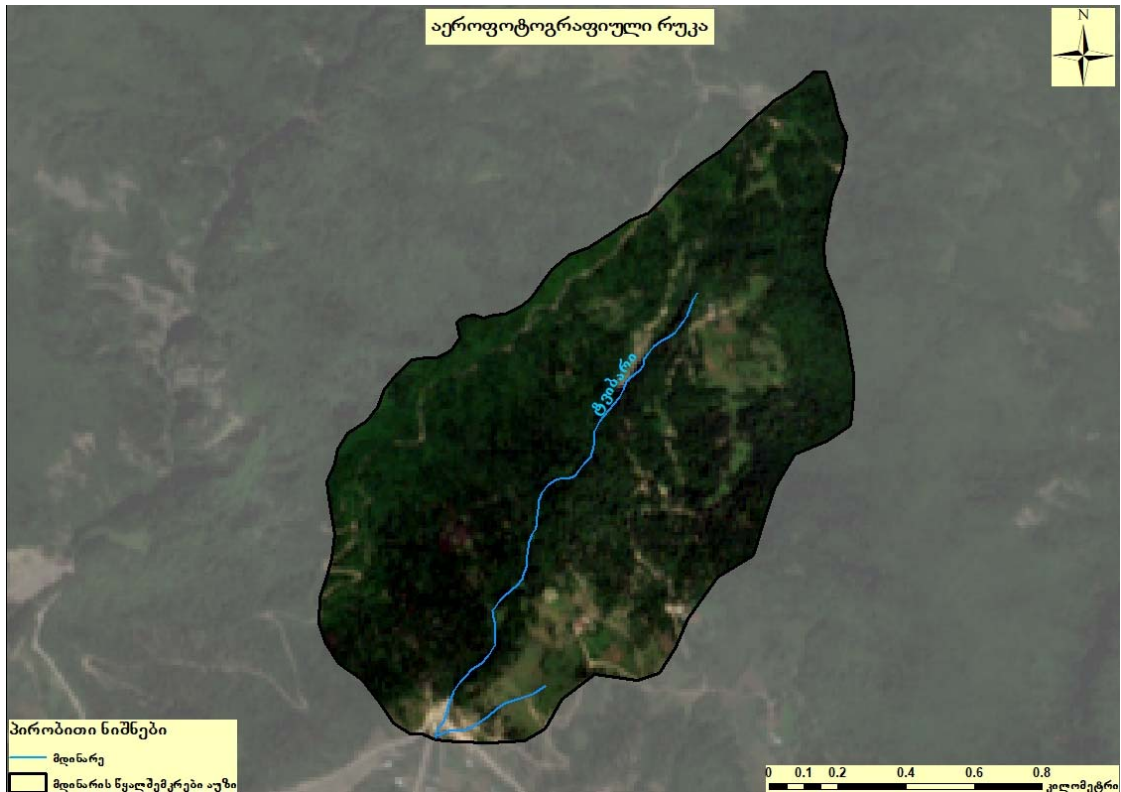
$V_\beta$  - ფერდობის ნაკადის სიჩქარე (მ/წთ), რომელიც გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$V_\beta = \varphi \times \sqrt{J^m \times \alpha \times i \times l_0}$$

მდინარის წყალშემკრები აუზის მორფომეტრული პარამეტრების სიდიდეები განსაზღვრულია გეოინფორმაციული სისტემების (GIS) დახმარებით (ცხრილი 3.2), რომელშიც დამუშავდა 1:10 000 მასშტაბის ევროპის კოსმოსური სააგენტოს აეროფოტოგრაფიული რუკა, რომელიც მოცემულია რუკა 3.1-ზე.



რუკა 3.1 მდინარე ტვიზარის  $\nabla 1058.0$  მ.ზ.დ. წყალშემკრები აუზი



რუკის საშუალებით გამოთვლილი მორფომეტრიული ელემენტები და მოცემულია ცხრილ 3.2-სა და 3.3-ში.

ცხრილი 3.2 მდ. ტვიზარის მორფომეტრიული პარამეტრები

| დასახელება  | მდ. ტვიზარი                   |
|---|-------------------------------|
| კოორდინატები  | X 291582.059<br>Y 4769844.299 |
| აუზი  | შავი ზღვის                    |
| რაიონის კლიმატური კოეფიციენტი, $K_{კლ} = 3-8$             | 6                             |
| ნიადაგის კატეგორია, $\xi = K_{ნიადაგი} = 2-6$             | 4                             |
| წყალშემკრები აუზის უმაღლესი $\nabla$ , მ.ზ.დ.             | 1770.0                        |
| მდინარის სათავის $\nabla$ , მ.ზ.დ.                        | 1540.0                        |
| წყალშემკრები აუზის ფართობი F, კმ <sup>2</sup>             | 1.76                          |
| მდინარის სიგრძე L, კმ                                     | 1.61                          |
| წყალშემკრები აუზის მაქს. სიგანე $B_{მაქს}$ , კმ           | 1.12                          |
| დაშლილი/დამეწყრილი/გაშიშვლებული, ა%                       | 5.0                           |
| წყალშემკრები აუზის საშუალო დახრილობა, %                   | 42.03                         |
| შენაკადების სიგრძეთა ჯამი $\Sigma L$ , კმ                 | 0.36                          |
| წყალშემკრები აუზის ტყის ფართობი $F_{ტ}$ , კმ <sup>2</sup> | 1.50                          |
| სათავე ნაგებობის კვეთის $\nabla$ , მ.ზ.დ.                 | 1058.0                        |

**ცხრილი 3.3 მორფომეტრიული მახასიათებლები**

|             |                 |         |       |        |   |          |           |
|-------------|-----------------|---------|-------|--------|---|----------|-----------|
| დასახელება  | $J_{\text{მდ}}$ | $i_a\%$ | $\xi$ | $\rho$ | K | $\sigma$ | $\lambda$ |
| მდ. ტვიზარი | 0.299           | 42.03   | 0.27  | 0.34   | 6 | 1.01     | 0.85      |

განსაზღვრული მორფომეტრიული მახასიათებლების გამოყენებით გამოთვლილია მდ. ტვიზარის წყლის უდიდესი ხარჯი სხვადასხვა უზრუნველყოფით.

წყლის უდიდესი ხარჯი სხვადასხვა უზრუნველყოფით მოცემულია ცხრილ 3.4-ში.

**ცხრილი 3.4 სხვადასხვა უზრუნველყოფით წყლის უდიდესი ხარჯი, მ<sup>3</sup>/წმ**

| დასახელება  | F, კმ <sup>2</sup> | უზრუნველყოფა, %   |                   |                   |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |
|-------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|             |                    | Q <sub>0.1%</sub> | Q <sub>0.2%</sub> | Q <sub>0.5%</sub> | Q <sub>1%</sub> | Q <sub>2%</sub> | Q <sub>3%</sub> | Q <sub>4%</sub> | Q <sub>5%</sub> | Q <sub>10%</sub> | Q <sub>20%</sub> | Q <sub>25%</sub> | Q <sub>50%</sub> |
| მდ. ტვიზარი | 1.76               | 18.2              | 16.8              | 14.6              | 12.6            | 9.4             | 7.9             | 6.9             | 6.1             | 4.6              | 3.4              | 3.0              | 2.2              |

**3.1 ჩამონადენი წყლის ნაკადის მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფის აგება თავსხმა წვიმის დროს**

**3.1.1 ჩამონადენი წყლის ნაკადის ხარჯის მატება და კლება**

თავსხმა წვიმის დროს, წყალმოვარდნისას, მთის მდინარეების ჩამონადენი წყლის ნაკადის განმასხვავებელი ნიშნებია:

- ა) ჩამონადენი წყლის ნაკადის მატების უფრო მკვეთრი ინტენსივობა კლებასთან შედარებით;
- ბ) წყლის ნაკადის მატება პიკამდე არასწორხაზოვანი გზით;
- გ) წყლის ნაკადის კლება მკვეთრად გამოხატული შეზნექილი მრუდით.

**3.1.2 ერთწვერიანი ჰიდროგრაფის ელემენტები და მისი ანგარიში**

ერთწვერიანი ჰიდროგრაფის ასაგებ ელემენტებს წარმოადგენენ:

Q - წყლის ნაკადის უდიდესი ხარჯი;

$t_a$  - დროის პერიოდი ჩამონადენი წყლის ხარჯის მატებისას;

$t_3$  - დროის პერიოდი ჩამონადენი წყლის ხარჯის კლებისას;

W - ჩამონადენი წყლის მოცულობა;

$W_{\text{ა}}$  - ჩამონადენი წყლის მოცულობა ხარჯის მატების პერიოდში;

$W_{\text{კ}}$  - ჩამონადენი წყლის მოცულობა ხარჯის კლების პერიოდში.

ჩამონადენი წყლის ნაკადის მოცულობა ( $W$ ) ტოლია:

$$W = 1000 \times \alpha \times H \times F$$

სადაც:

$\alpha$  - ჩამონადენის წყლის ნაკადის კოეფიციენტი;

$H$  - თავსხმა წვიმის დროს წარმოქმნილი ნალექის სიდიდე, მმ;

$F$  - წყალშემკრები აუზის ფართობი, კმ<sup>2</sup>.

$$W_{\text{ტვიზარი}} = 50050.62 \text{ მ}^3$$

### 3.1.3 დრო ჩამონადენი წყლის მაქსიმალური ხარჯის კლების პერიოდში

დროის ხანგრძლივობა მაქსიმალური ხარჯის კლების პერიოდში, გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$t_{\text{კ}} = \frac{3.16 \times W_{\text{კ}}}{Q \times 60}$$

სადაც:

$t_{\text{კ}}$  - დრო ხარჯის კლების პერიოდში, წთ;

$W_{\text{კ}}$  - ჩამონადენი წყლის ნაკადის მოცულობა წყლის ხარჯის კლების პერიოდში, მ<sup>3</sup>.

$$W_{\text{კ}} = W - W_{\text{მ}}$$

$W_{\text{მ}}$  - ჩამონადენი წყლის ნაკადის მოცულობა წყლის ხარჯის მატების პერიოდში (მ<sup>3</sup>), რომელიც გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$W_{\text{მ}} = \frac{Q \times t_{\text{მ}} \times 60}{2.5}$$

გამოთვლების შედეგად მიღებული მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილ 3.5-ში.

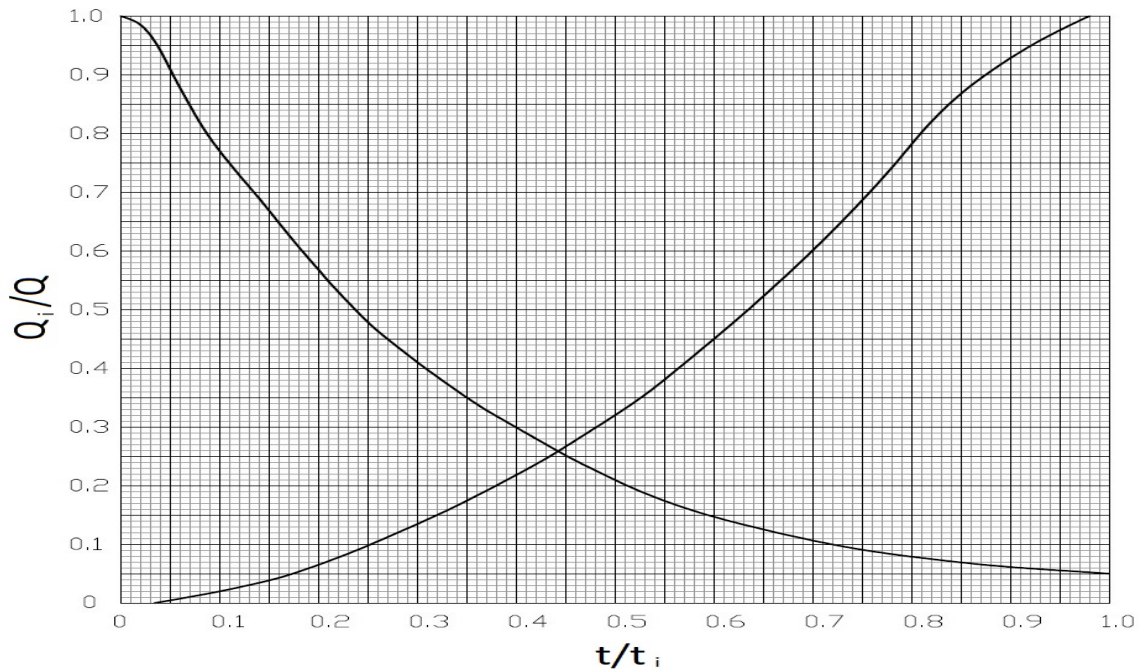
ცხრილი 3.5 ჩამონადენი წყლის ნაკადის ხარჯის მატებისა და კლების ელემენტები

| წყლის სიმღვრივე და მყარი ნატანი   | მდ. ტვიზარი |
|---|-------------|
| $t_a$ - ჩამონადენი წყლის ხარჯის მატების დრო, წთ                         | 42.60       |
| $t_3$ - ჩამონადენი წყლის ხარჯის კლების დრო, წთ                          | 100.01      |
| $W$ - ჩამონადენი წყლის მოცულობა, მ <sup>3</sup>                         | 50050.62    |
| $W_a$ - ჩამონადენი წყლის მოცულობა ხარჯის მატებისას, მ <sup>3</sup>      | 17517.55    |
| $W_3$ - ჩამონადენი წყლის მოცულობა ხარჯის კლებისას, მ <sup>3</sup>       | 32533.07    |
| $S$ - მყარი ჩამონადენის მოცულობა, მ <sup>3</sup>                        | 3782.74     |
| $\Psi$ - ეროზიის კოეფიციენტი  | 0.076       |
| $\rho$ - სელური წყლის ნაკადის სიმღვრივე, კგ/მ <sup>3</sup>              | 196.50      |
| $\gamma$ - წყლის ნაკადისა და ნატანის მოცულობითი წონა, კგ/მ <sup>3</sup> | 1272.08     |

### 3.1.4 ჩამონადენი წყლის ნაკადის მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფი

წყლის ნაკადის ხარჯის ჰიდროგრაფი აგებულია გრაფიკულ-ანალიტიკური წესით, ანუ იმ მრუდების დახმარებით რომელთა კოორდინატების შეფარდებითი მნიშვნელობები მიღებულია მთიან მდინარეებზე მრავალი დაკვირვებით განსაზღვრული ჰიდროგრაფების აგებით, რომელიც მოცემულია ფიგურა 3.3-ზე.

ფიგურა 3.3  $\frac{t}{t_i}$  და  $\frac{Q_i}{Q}$  კოორდინატებით აგებული მრუდები



ჰიდროგრაფი აგებულია სპეციალურად დაწერილი პროგრამით, ჩამონადენი წყლის ნაკადის ხარჯის მატებისა და კლების დროის ას ნაწილად დაყოფილ მნიშვნელობითა და შესაბამისი წყლის ხარჯის სიდიდეებით, სადაც გამოყენებულია  $\frac{t}{t_3}$ ,  $\frac{Q}{Q_3}$ ,  $\frac{t}{t_0}$  და  $\frac{Q}{Q_0}$  კოეფიციენტები.

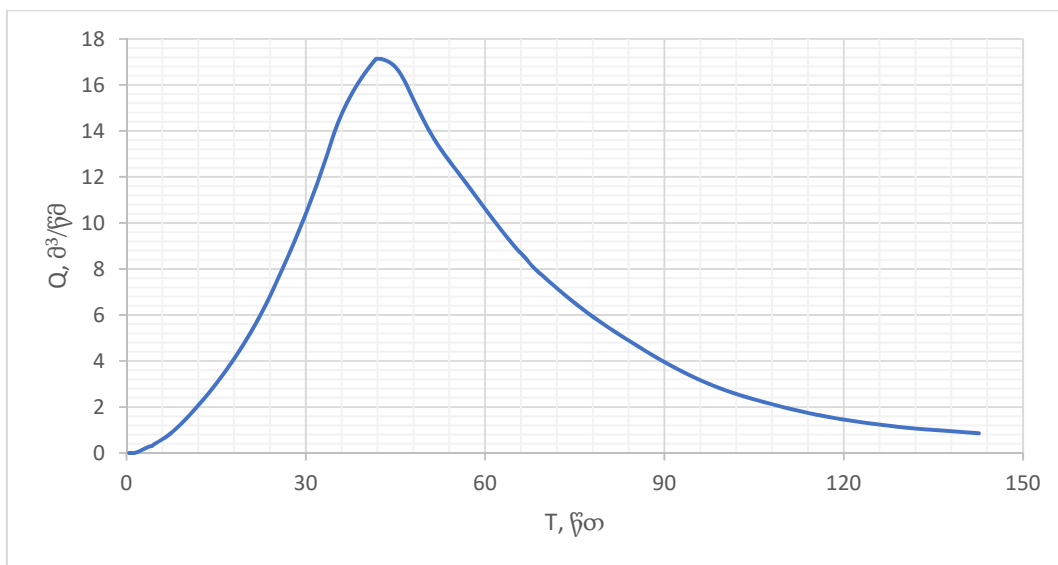
$Q$  – ჩამონადენი წყლის ნაკადის უდიდესი ხარჯი, მ<sup>3</sup>/წმ;

$t_0-t_1$  - კალაპოტში წყლის ნაკადის მატების დრო, წთ;

$t_3-t_1$  - წყლის ნაკადის კლების დრო, წთ.

წყალმომარაგების დროს ჩამოდენილი წყლის ნაკადის მატებისა და კლების ჰიდროგრაფები მოცემულია ფიგურა 3.4-ზე.

ფიგურა 3.4 მდ. ტვიზარის წყლის მატებისა და კლების ჰიდროგრაფი



### 3.2 ჩამონადენი წყლის ნაკადის მყარი ნატანი თავსხმა წვიმის დროს

#### 3.2.1 მყარი ნატანის პარამეტრების ანგარიში

მყარი ჩამონადენის მოცულობა საპროექტო კვეთში, სადაც წყალმომარაგების პერიოდში მოსალოდნელია დიდი მოცულობის მყარი ნატანის ჩამოტანა, გამოთვლილია მეთოდით, რომელიც მოცემულია „კავკასიის პირობებში მდინარეთა მაქსიმალური ჩამონადენის საანგარიშო ტექნიკურ მითითებაში“ ავტორი გ. დ. როსტომოვი.

აღნიშნული მეთოდის თანახმად, თავსხმა წვიმით გამოწვეული წყალმოვარდნის პერიოდში, მდინარის/ხევის მყარი ჩამონადენის მოცულობა გამოითვლება გამოსახულებით.

$$S = \Psi \times W$$

სადაც

$S$ - მყარი ჩამონადენის მოცულობა, მ<sup>3</sup>

$W$ - წყალმოვარდნისას მოსული წყლის ნაკადის მოცულობა, მ<sup>3</sup>.

მისი სიდიდე იანგარიშება გამოსახულებით (1000\*0.43\*66.6\*1.76)

$$W = 1000 \times \alpha \times H \times F$$

$\Psi$ - ეროზიის კოეფიციენტი, რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$\Psi = 1 - e^{-0,07 \times \omega \% \times \bar{J}_g}$$

$\omega\%$  - გაშიშვლებული, დამეწყრილი ან სხვა მიზეზებით დაშლილი წყალშემკრები აუზის უბანი.

$\bar{J}_g$ -მდინარის კალაპოტის საანგარიშო დახრილობა

$\rho$  - წყლის ნაკადის სიმღვრივე გამოითვლება ფორმულით:

$$\rho = \Psi \times \gamma_H$$

სადაც:

$\gamma_H$  - ნატანის ერთეული მოცულობის წონაა, ტ/მ<sup>3</sup>

მთლიანად ღვარცოფის დროს წყლის ნაკადის მოცულობითი წონა იანგარიშება ფორმულით:

$$\gamma_C = \gamma_B + \Psi * (\gamma_H + \gamma_B) \text{ კგ/მ}^3$$

ზემოთ მოყვანილ გამოსახულებაში მოცემული რიცხვითი სიდიდეების შეტანით მიიღება სიმღვრივე საპროექტო კვეთში.

მყარი ნატანის ელემენტები და სიდიდე მოცემულია ცხრილ 3.6-ში.

ცხრილი 3.6 მყარი ნატანის ელემენტები

| დასახელება                    | ω, % | α    | H, მმ | i <sub>კალ</sub> | γ <sub>ტ/მ<sup>3</sup></sub> | γ <sub>ნ,ტ/მ<sup>3</sup></sub> | γ <sub>ნ,ტ/მ<sup>3</sup></sub> | Ψ    | S, მ <sup>3</sup> | ρ <sub>კგ/მ<sup>3</sup></sub> |
|-------------------------------|------|------|-------|------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------------------|-------------------------------|
| მდ. ტვიბარი<br>▼1058.0 მ.ზ.დ. | 5.0  | 0.43 | 66.6  | 0.299            | 1                            | 2.6                            | 1.272                          | 0.08 | 3782.7            | 196.5                         |

3.2.2 მყარი ნატანის გრაფიკის აგება

მყარი ნატანის გრაფიკის ასაგებად უდიდესი ხარჯის სიდიდე მრავლდება K კოეფიციენტზე,

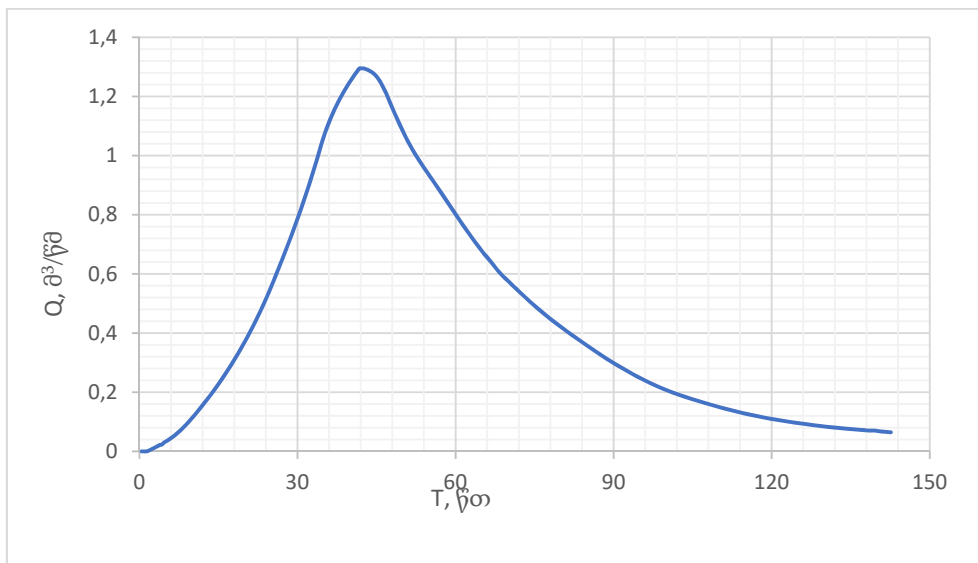
სადაც

$$K = \frac{S}{W}$$

$$K_{\text{ტვიბარი}} = 0.075578$$

წყლის ნაკადის თავსხმა წვიმის დროს მყარი ნატანის გრაფიკი მოცემულია ფიგურა 3.5-ზე.

ფიგურა 3.5 მდ. ტვიბარის წყლის ნაკადის მყარი ნატანის გრაფიკი



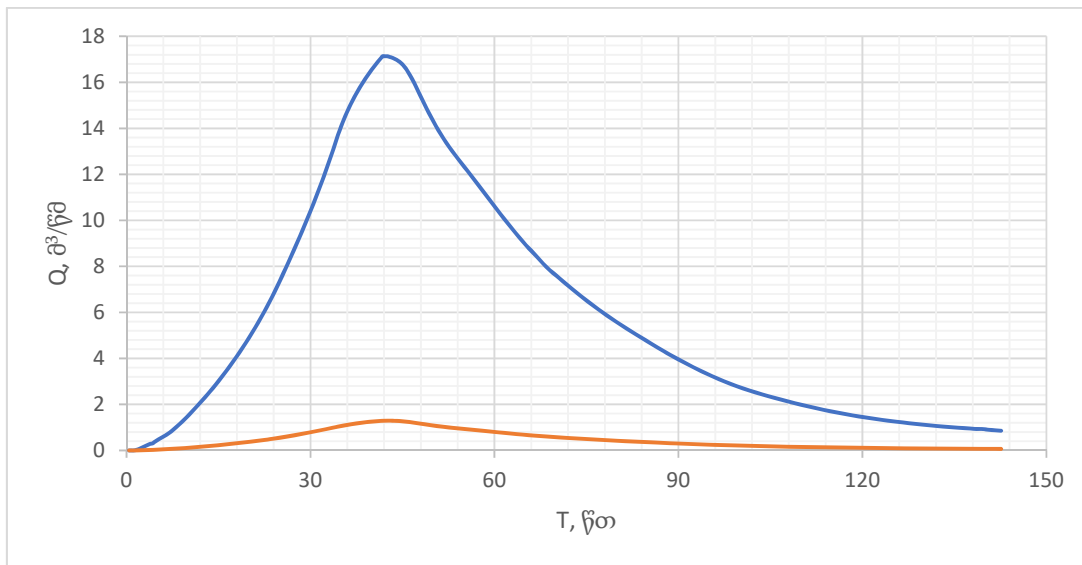
3.2.3 ჩამონადენი წყლის მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფი და მყარი ნატანის გრაფიკი

თავსხმა წვიმის დროს, წყლის ნაკადის მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფი და მყარი ნატანის გრაფიკი აგებულია მონაცემებით, რომელიც მოცემულია ცხრილ 3.6-ში, ხოლო ჰიდროგრაფი და გრაფიკი ფიგურა 3.6-ზე.

ცხრილი 3.6 წყლის მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფისა და მყარი ნატანის პარამეტრები

| დასახელება                    | $t_a$ , წთ | $t_s$ , წთ | $S$ , მ <sup>3</sup> | $\Psi$ | $\rho$ , კგ/მ <sup>3</sup> | $Q$ , მ <sup>3</sup> /წმ | $W$ , მ <sup>3</sup> |
|-------------------------------|------------|------------|----------------------|--------|----------------------------|--------------------------|----------------------|
| მდ. ტვიზარი<br>▼1058.0 მ.ზ.დ. | 77.45      | 147.17     | 24762.00             | 0.06   | 157.01                     | 88.12                    | 410046.7             |

ფიგურა 3.6 მდ. ტვიზარის წყლის 100 წლიანი ხარჯის ჰიდროგრაფი და მყარი ნატანის გრაფიკი





#### 4. გამოყენებული ლიტერატურა და პროგრამული

##### უზრუნველყოფა

1. მსოფლიო კლიმატური ორგანიზაციის ვებ-გვერდი (<https://en.climate-data.org>).
2. Технические указания по расчету максимального стока рек в условиях кавказа, Тбилиси 1980
3. "Ресурсы поверхност вод СССР" Том 9 Ленинград 1969 გ. ნ. ხმაღაძის რედაქციით;
4. ESA-ს (ევროპის კოსმოსური სააგენტო) აეროფოტოსურათები;
5. გეოინფორმაციული სისტემა GIS;