

## ჰიდროლოგიური ანგარიში



სახიდე გადასასვლელი მდ ვახაზე

## სარჩევი

პირობითი აღნიშვნები .....	4
1 მდინარე ვახას ჰიდროგრაფიული დახასიათება .....	5
2 კლიმატი .....	6
3 ცოცხალ კვეთში წყლის ნაკადის მაქსიმალური ხარჯის ანგარიში.....	8
3.1 ჩამონადენი წყლის ნაკადის მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფის აგება თავსხმა წვიმის დროს 14	
3.1.1 ჩამონადენი წყლის ნაკადის ხარჯის მატება და კლება .....	14
3.1.2 ერთწვერიანი ჰიდროგრაფის ელემენტები და მისი ანგარიში.....	14
3.1.3 დრო ჩამონადენი წყლის მაქსიმალური ხარჯის კლების პერიოდში.....	15
3.1.4 ჩამონადენი წყლის ნაკადის მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფი .....	16
3.2 ჩამონადენი წყლის ნაკადის მყარი ნატანი თავსხმა წვიმის დროს.....	17
3.2.1 მყარი ნატანის პარამეტრების ანგარიში.....	17
3.2.2 მყარი ნატანის გრაფიკის აგება.....	18
3.2.3 ჩამონადენი წყლის მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფი და მყარი ნატანის გრაფიკი.....	19
4 გამოყენებული ლიტერატურა და პროგრამული უზრუნველყოფა.....	20

მდ. ვახაზე სახიდე გადასასვლელის საინჟინრო  
პროექტის ჰიდროლოგიური ანგარიში

რედაქტირებული გამოცემა:

გამოცემა	თარიღი	ავტორი	კორექტირება	დამოწმება	აღწერა
A	ნოემბერი 2019 წ.	მარინა გაბუნია, დალი ბოლქვაძე, თორნიკე ხოხონიშვილი	შპს „გროს ენერჯი ჯგუფი“	ანგული ტყეზუავა	პირველი გამოცემა

## პირობითი აღნიშვნები

სიმბოლო	განმარტება	განზომილება
Q	წყლის ნაკადის უდიდესი ხარჯი	მ <sup>3</sup> /წმ
Q <sub>მ</sub>	წყლის ნაკადის ხარჯი დროის მატების პერიოდში	მ <sup>3</sup> /წმ
Q <sub>კ</sub>	წყლის ნაკადის ხარჯი დროის კლების პერიოდში	მ <sup>3</sup> /წმ
W	წყლის ნაკადის მოცულობა	მ <sup>3</sup>
W <sub>მ</sub>	წყლის მოცულობა ხარჯის მატების პერიოდში	მ <sup>3</sup>
W <sub>კ</sub>	წყლის მოცულობა ხარჯის კლების პერიოდში	მ <sup>3</sup>
F	ხევის/მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი	კმ <sup>2</sup>
F <sub>ტ</sub>	ხევის/მდინარის წყალშემკრები აუზის ტყის ფართობი	%
T	თავსხმა წვიმის ხანგრძლივობა	წთ
t <sub>მ</sub>	წყლის ნაკადის ხარჯის მატების დრო	წთ
t <sub>კ</sub>	წყლის ნაკადის ხარჯის კლების დრო	წთ
L	მდინარის/ხევის წყლის ნაკადის სიგრძე კალაპოტში	კმ
L <sub>დ</sub>	წყლის ნაკადის "დაყვანილი" სიგრძე	მ
S	წყლის ნაკადის სიჩქარეების ფარდობის კოეფიციენტი	
V <sub>კ</sub>	წყლის ნაკადის სიჩქარე კალაპოტში	მ/წმ
V <sub>ფ</sub>	წყლის ნაკადის სიჩქარე ფერდობზე	მ/წმ
l <sub>მ</sub>	წყალშემკრები აუზის ფერდობის სიგრძე	მ
J <sub>მდ</sub>	მდინარის დახრილობა	
J <sub>გ</sub>	მდინარის კალაპოტის საანგარიშო დახრილობა	
φ	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 <sub>აუზ</sub>	ხევის/მდინარის წყალშემკრები აუზის უდიდესი სიგანე	კმ
B <sub>საშ</sub>	ხევის/მდინარის წყალშემკრები აუზის საშუალო სიგანე	კმ
Z	მდინარისა და ხევის შენაკადების ქსელის სიხშირე	
ρ	სელური წყლის ნაკადის სიმღვრივე	გ/მ <sup>3</sup>
S <sub>მ</sub>	მყარი ნატანის მოცულობა	მ <sup>3</sup>
ω	გამიშვლებული, დამეწყრილი ან სხვა მიზეზებით დაშლილი აუზის უბანი	%
Σl	წყალშემკრებ აუზში მდინარის შენაკადების და ხეების სიგრძეთა ჯამი	კმ
ψ	ეროზიის კოეფიციენტი	
σ	აუზის ფორმის კოეფიციენტი	
α	ჩამონადენი წყლის კოეფიციენტი	
ξ	აუზში ნიადაგის საფარველის მახასიათებელი კოეფიციენტი	
λ	წყალშემკრები აუზის ტყიანობის კოეფიციენტი	
β	წყალშემკრებ აუზში მოსული თავსხმა წვიმის არათანაბრად განაწილების კოეფიციენტი	
τ	განმეორებადობა წლებში	წელი
γ	ნატანის ერთეული მოცულობის წონა	ტ/მ <sup>3</sup>

## 1 მდინარე ვახას ჰიდროგრაფიული დახასიათება

მდინარე ვახა სათავეს იღებს ოფიცარის ქედის სამხრეთ დასავლეთ განშტოებაზე ზღვის დონიდან 1083 მ სიმაღლეზე და უერთდება მდ. ტეხურს მარცხენა მხრიდან.

ხიდისთვის შერჩეულ კვეთამდე  $\nabla 251.3$  მ.ზ.დ. მდ. ვახას წყალშემკრები აუზის ფართობი  $6.37$  კმ<sup>2</sup>-ია. მდინარის სიგრძე  $7.01$  კმ, საშუალო ვარდნა  $831.7$  მ, ქანობი  $119$  ‰, წყალშემკრები აუზის უმაღლესი წერტილის ნიშნული  $1318.0$  მ.

მდინარე ვახას წყალშემკრებ აუზს მიმართულება აქვს ჩრდილოეთიდან სამხრეთ-დასავლეთისაკენ. ჩრდილოეთით აუზის უმაღლესი წერტილია  $1318$  მ.ზ.დ. აღმოსავლეთით ესაზღვრება მდ. წაჩხურის აუზს, სადაც წყალგამყოფის სიმაღლე  $1162$  და  $1166$  მ-ია. სოფ. ვახას ქვემოთ წყალგამყოფის სიმაღლე დაბლდება  $344$  მ-მდე და დასავლეთით გამოყოფილია მდ. ტეხურის მარცხენა შენაკადების აუზებისგან.

წყალშემკრები აუზი მთიანია, გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილეობას იღებენ ქვიშაქვები, კონგლომერატები, მერგელები და კირქვები.

აუზში გავრცელებულია მთა-ტყეთა ზონის ნიადაგში შემავალი, კირქვების გამოფიტვის პროდუქტებზე წარმოქმნილი, ნეშომპალა-კარბონატული ხირხატიანი ნიადაგი, და ტყის ყორმალი ნიადაგის კომპლექსი.

მდინარე ვახას წყალშემკრებ აუზში გავრცელებულია მთისწინების ნოტიო სუბტროპიკული ლანდშაფტი კოლხური მცენარეულობით, სერებიან-კარსტული და ტყიან-ბუჩქოვანი.

## 2 კლიმატი

მდინარე ვახაზე ახალი ხიდის მშენებლობისთვის შერჩეული კვეთი მდებარეობს სამაგრელო-ზემო სვანეთის მხარის მარტვილის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე.

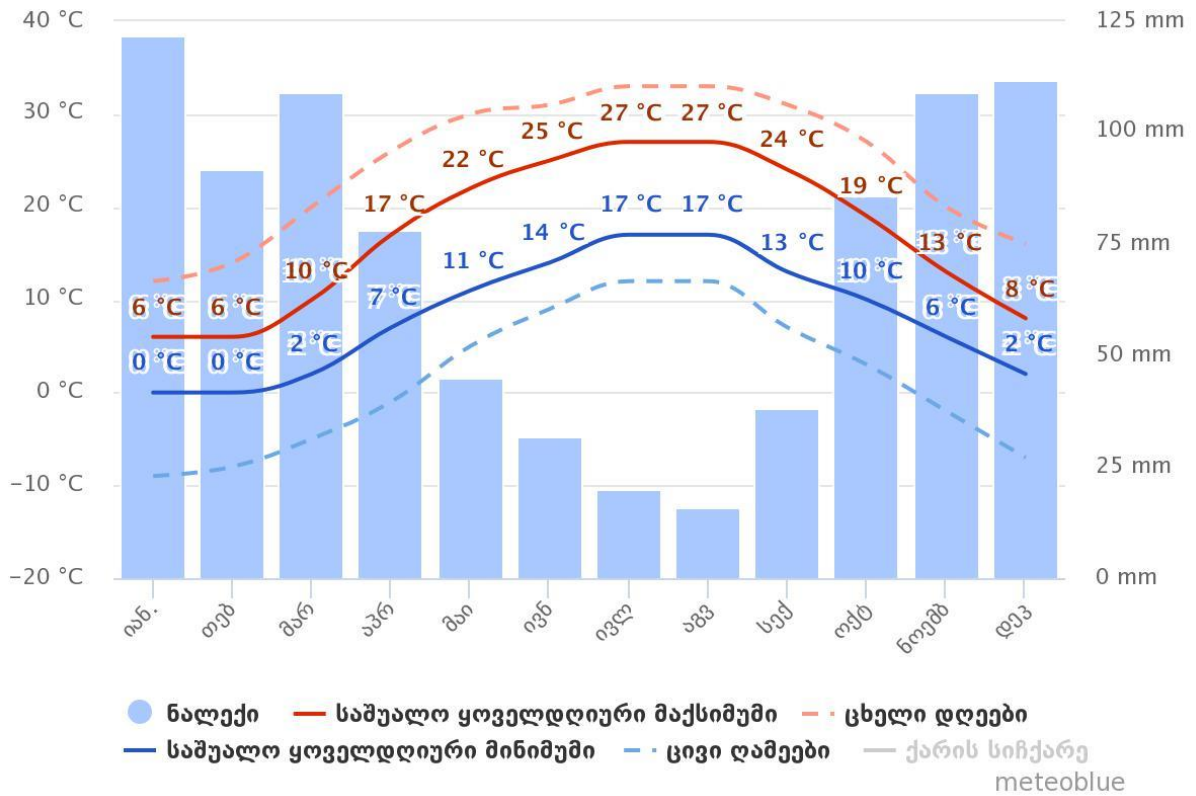
მდინარე ვახას წყალშემკრები აუზი მიეკუთვნება ზღვის ნოტიო სუბტროპიკული ჰავის ოლქს, ნოტიო ქვეზონით, კარგად გამოსახული მუსონური ხასიათის ქარით და ნალექის მაქსიმალური რაოდენობით ზამთარ-შემოდგომაზე. კლიმატური პირობების ჩამოყალიბებას განაპირობებს შავი ზღვის სიახლოვე და ნოტიო ჰაერის მასების გავლენა. წყალშემკრები აუზის კლიმატის დასახასიათებლად გამოყენებულია სოფ. სალხინოს დაკვირვებული მონაცემები.

კლიმატური ელემენტების მონაცემები აღებულია მსოფლიო კლიმატური ორგანიზაციის ვებ-გვერდიდან (<https://meteoblue.com>).

meteoblue-ს კლიმატის დიაგრამები ეფუძნება ბოლო 30 წლის განმავლობაში ამინდის სიმულაციის საათობრივ დაკვირვებას და ხელმისაწვდომია დედამიწის ნებისმიერი ადგილზე. დაკვირვებები გვაძლევენ ტიპურ კლიმატურ მახასიათებლებსა და მოსალოდნელ პირობებზე მინიშნებებს (ტემპერატურა, ნალექიანობა, მზე და ქარი). იმიტირებულ ამინდის მონაცემებს აქვს სივრცითი გადაწყვეტის შესაძლებლობა დაახლოებით 30 კმ-ზე და არ შეუძლია აღადგინოს ადგილობრივი ამინდის ყველა ეფექტი, როგორცაა წვიმა-ელჭექით და ადგილობრივი ქარი.

ჰაერის საშუალო ტემპერატურის გრაფიკები და ნალექიანობის დიაგრამა მოცემულია ფიგურა 2.1-ზე, ხოლო კლიმატის დაკვირვებული მონაცემები ცხრილ 2.1-ში

ფიგურა 2.1 კლიმატური დიაგრამა



ცხრილი 2.1 კლიმატის დაკვირვებული მონაცემები

დასახელება/თვე	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ცხელი დღეები (°C)	12	14	20	26	30	31	33	33	31	27	20	16
მინ. ტემპერატურა (°C)	0	0	2	7	11	14	17	17	13	10	6	2
მაქს. ტემპერატურა (°C)	6	6	10	17	22	25	27	27	24	19	13	8
საშ. ნალექი (მმ)	112	92	109	78	45	32	20	16	38	86	109	112

ნალექის წლიური მაჩვენებელი 849 მმ, ხოლო ყველაზე მშრალ და ყველაზე ნალექიან თვეს შორის 96 მმ-ია.

დღის განმავლობაში მაქსიმალური ტემპერატურა ივლისსა და აგვისტოში 33°C-მდე აღწევს, ხოლო ღამით იანვარში -9°C-მდე ეცემა.

### 3 ცოცხალ კვეთში წყლის ნაკადის მაქსიმალური ხარჯის ანგარიში

მდინარე ვახას 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, Π=1;

σ – წყალშემკრები აუზის ფორმის კოეფიციენტი;

λ – წყალშემკრები აუზის ტყიანობის კოეფიციენტი.

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:

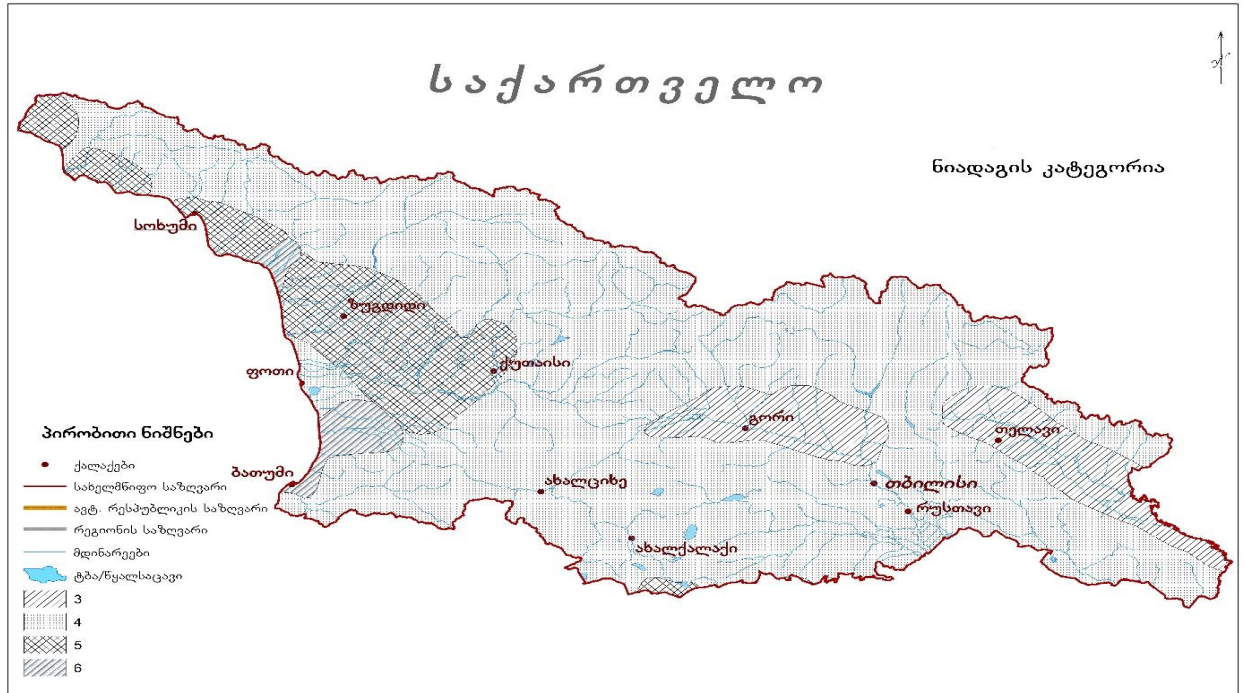
$$\alpha = \xi \times (i + 0.1)^{0.345} \times T^{0.15}$$

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
კოეფიციენტი, ξ	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:

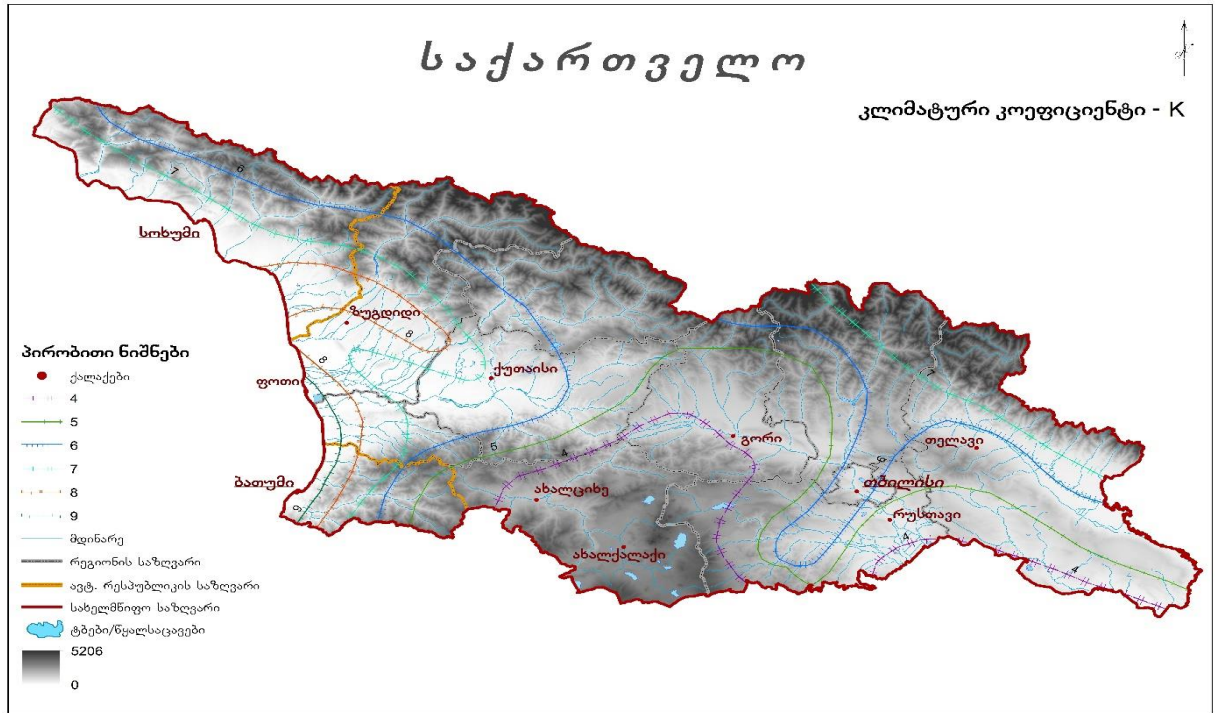
$$H = K \times \tau^{0.27} \times T^{0.31} \text{ მმ, როდესაც } T \geq 20 \text{ წთ} - \text{ზე,}$$

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

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:

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

$F_{\phi}$  – 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:

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

სადაც,

$B_{\text{მკვ.}}$  – 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:

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

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

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

სადაც,

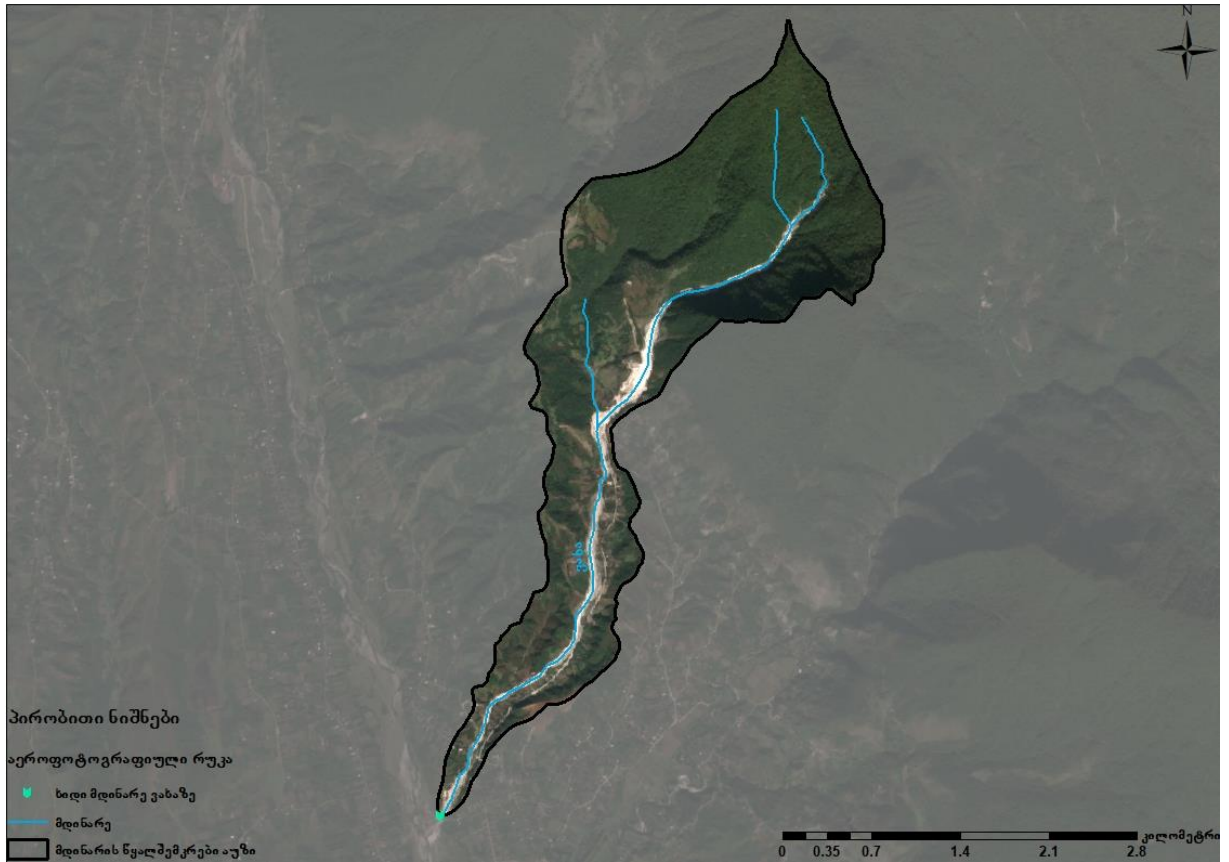
$J_{\text{მდ}}$  – მდინარის დახრილობა.

$V_g$  – ფერდობის ნაკადის სიჩქარე (მ/წთ), რომელიც გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

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

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 ვახას წყალშემკრები აუზი



ცხრილი 3.2 მდ. ვახას მორფომეტრიული პარამეტრები

დასახელება	მდ. ვახა
რაიონის კლიმატური კოეფიციენტი, $K_{კლ}=3-8$	8
ნიადაგის კატეგორია, $\xi=K_{ნიადაგი}=2-6$	5
წყალშემკრები აუზის უმაღლესი $\nabla$ , მ.ზ.დ.	1318.0
მდინარის სათავის $\nabla$ , მ.ზ.დ.	1083.0
წყალშემკრები აუზის ფართობი $F$ , კმ <sup>2</sup>	6.37
მდინარის სიგრძე $L$ , კმ	7.01
წყალშემკრები აუზის მაქს. სიგანე $B_{მაქს}$ , კმ	2.03
დაშლილი/დამეწყრილი/გაშიშვლებული, ა%	10.0
წყალშემკრები აუზის საშუალო დახრილობა, %	35.60
შენაკადების სიგრძეთა ჯამი $\Sigma l$ , კმ	2.01
წყალშემკრები აუზის ტყის ფართობი $F_{ტ}$ , კმ <sup>2</sup>	3.67
სათავე ნაგებობის კვეთის $\nabla$ , მ.ზ.დ.	251.3

განსაზღვრულ მორფომეტრიულ მახასიათებლების გამოყენებით გამოთვლილია მდ. ვახას წყლის უდიდესი ხარჯი სხვადასხვა უზრუნველყოფით.

წყლის უდიდესი ხარჯი სხვადასხვა უზრუნველყოფით მოცემულია ცხრილ 3.3-ში.

**ცხრილი 3.3 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. ვახა	6.37	127.8	118.1	102.2	88.1	65.3	53.9	46.5	41.0	30.4	22.4	19.8	14.6

**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<sub>a</sub> - დროის პერიოდი ჩამონადენი წყლის ხარჯის მატებისას;

t<sub>კ</sub> - დროის პერიოდი ჩამონადენი წყლის ხარჯის კლებისას;

W - ჩამონადენი წყლის მოცულობა;

W<sub>a</sub> - ჩამონადენი წყლის მოცულობა ხარჯის მატების პერიოდში;

W<sub>კ</sub> - 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>.

$$W_{\text{ვახა}}=410046.70 \text{ მ}^3$$

### 3.1.3 დრო ჩამონადენი წყლის მაქსიმალური ხარჯის კლების პერიოდში

დროის ხანგრძლივობა მაქსიმალური ხარჯის კლების პერიოდში, გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$t_3 = \frac{3.16 \times W_3}{Q \times 60}$$

სადაც:

$t_3$  - დრო ხარჯის კლების პერიოდში, წთ;

$W_3$  - ჩამონადენი წყლის ნაკადის მოცულობა წყლის ხარჯის კლების პერიოდში, მ<sup>3</sup>.

$$W_3 = W - W_{\theta}$$

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

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

გამოთვლების შედეგად მიღებული მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილ 3.4-ში.

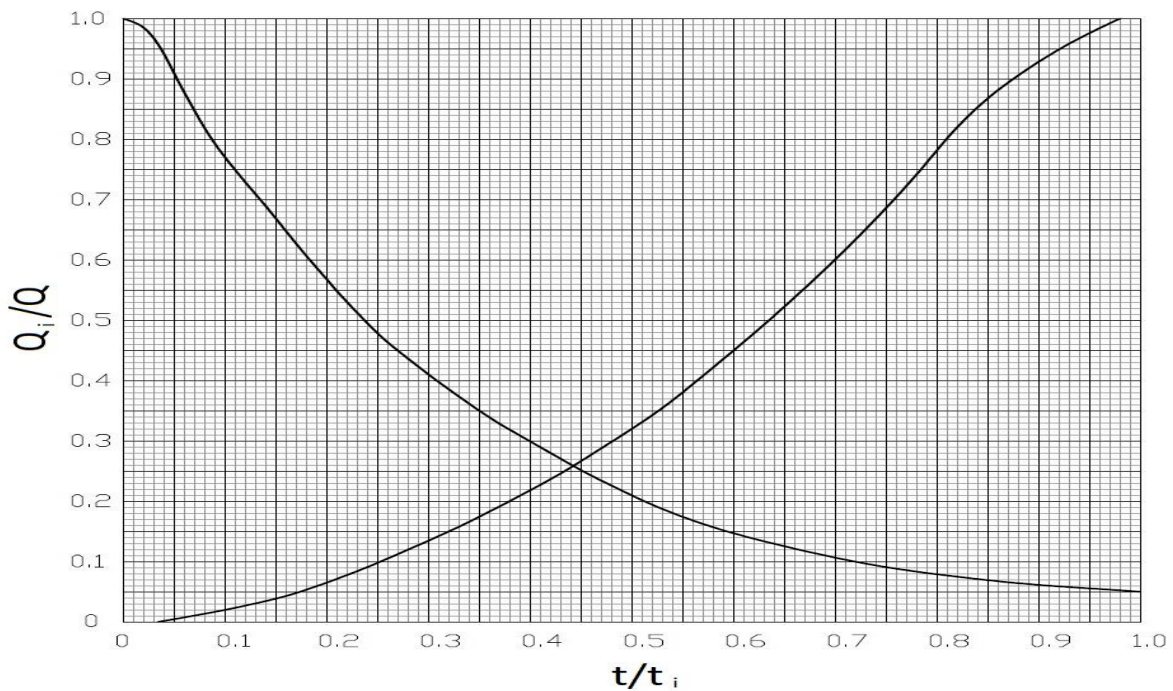
ცხრილი 3.4 ჩამონადენი წყლის ნაკადის ხარჯის მატებისა და კლების ელემენტები

წყლის სიმღვრივე და მყარი ნატანი	მდ. ვახა
$t_{\theta}$ - ჩამონადენი წყლის ხარჯის მატების დრო, წთ	77.45
$t_3$ - ჩამონადენი წყლის ხარჯის კლების დრო, წთ	147.17
$W$ - ჩამონადენი წყლის მოცულობა, მ <sup>3</sup>	410046.70
$W_{\theta}$ - ჩამონადენი წყლის მოცულობა ხარჯის მატებისას, მ <sup>3</sup>	163799.43
$W_3$ - ჩამონადენი წყლის მოცულობა ხარჯის კლებისას, მ <sup>3</sup>	246247.27
$S$ - მყარი ჩამონადენის მოცულობა, მ <sup>3</sup>	24762.00
$\Psi$ - ეროზიის კოეფიციენტი	0.060
$\rho$ - სელური წყლის ნაკადის სიმღვრივე, კგ/მ <sup>3</sup>	157.01
$\gamma$ -წყლის ნაკადისა და ნატანის მოცულობითი წონა, კგ/მ <sup>3</sup>	1217.40

### 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  $\frac{Q}{Q}$  კოორდინატებით აგებული მრუდები



ჰიდროგრაფი აგებულია სპეციალურად დაწერილი პროგრამით, ჩამონადენი წყლის ნაკადის ხარჯის მატებისა და კლების დროს ას ნაწილად დაყოფილ მნიშვნელობითა და შესაბამისი წყლის ხარჯის სიდიდებით, სადაც გამოყენებულია  $\frac{t}{t_a}$ ,  $\frac{Q}{Q_a}$ ,  $\frac{t}{t_k}$  და  $\frac{Q}{Q_k}$  კოეფიციენტები.

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

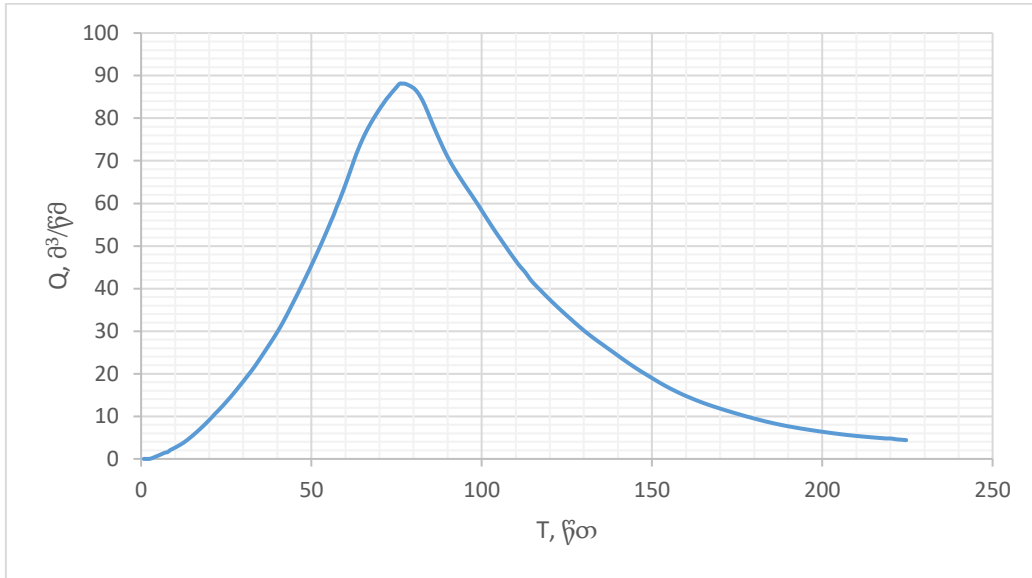
$t_a-t_i$  - კალაპოტში წყლის ნაკადის მატების დრო, წთ;

$t_k-t_i$  - წყლის ნაკადის კლების დრო, წთ.

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



ფიგურა 3.4 მდ. ვახას 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 წყალმოვარდნის 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

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

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

$$\Psi = 1 - e^{-0,07 \times \omega \% \times i_{\text{კალ}}}$$

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

$\rho$  - წყლის ნაკადის სიმღვრივე და გამოითვლება ფორმულით:

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

სადაც:

$\gamma_H$  - ნატანის ერთეული მოცულობის წონა, 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 3.5-ში.

**ცხრილი 3.5 მყარი ნატანის ელემენტები**

დასახელება	$\omega, \%$	$\alpha$	H, მმ	$i_{\text{კალ}}$	$\gamma, \text{ტ/მ}^3$	$\gamma_B, \text{ტ/მ}^3$	$\gamma_C, \text{ტ/მ}^3$	$\Psi$	S, მ <sup>3</sup>	$\rho, \text{კგ/მ}^3$
ვახა	10.0	0.60	106.8	0.119	1	2.6	1.217	0.06	24762.0	157.0

### 3.2.2 მყარი ნატანის გრაფიკის აგება

მყარი ნატანის გრაფიკის ასაგებად უდიდესი ხარჯის სიდიდე მრავლდება K კოეფიციენტზე,

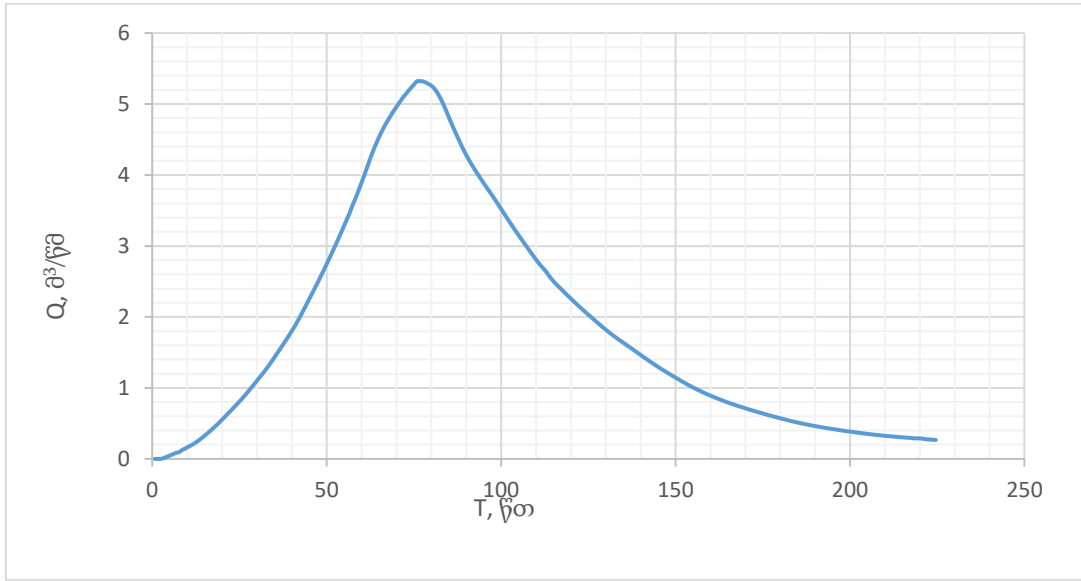
სადაც

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

$$K_{\text{ვახა}} = 0.060388$$

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

ფიგურა 3.5 მდ. ვახას წყლის ნაკადის მყარი ნატანის გრაფიკი



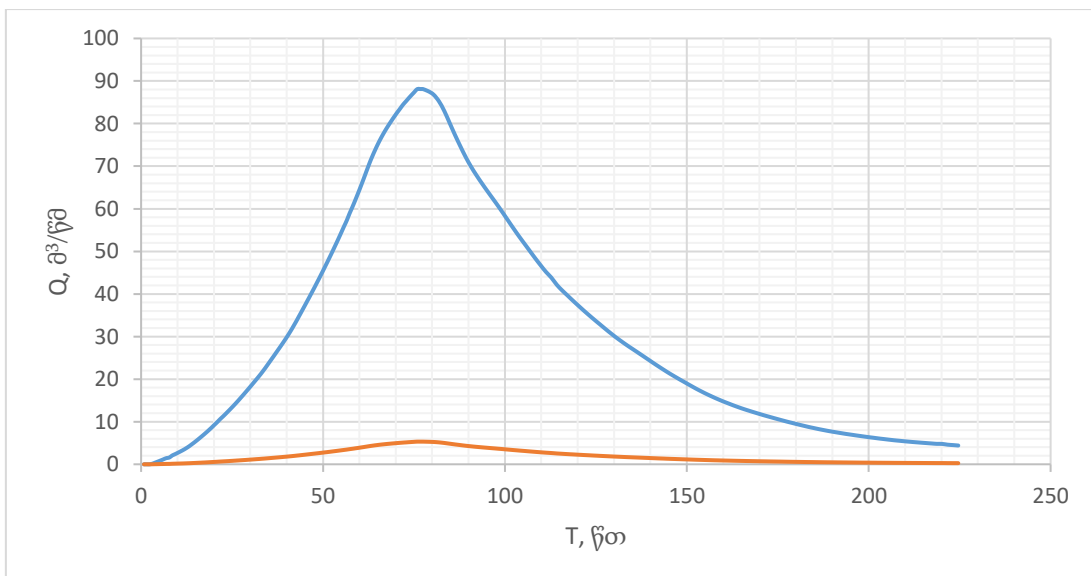
### 3.2.3 ჩამონადენი წყლის მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფი და მყარი ნატანის გრაფიკი

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

ცხრილი 3.6 წყლის მაქსიმალური ხარჯის ჰიდროგრაფისა და მყარი ნატანის პარამეტრები

დასახელება	$t_a$ , წთ	$t_b$ , 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. ვახა	77.45	147.17	24762.00	0.06	157.01	88.12	410046.7

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



#### 4 გამოყენებული ლიტერატურა და პროგრამული უზრუნველყოფა

1. მსოფლიო კლიმატური ორგანიზაციის ვებ-გვერდი (<https://www.meteoblue.com/ka>)
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;

# ჰიდროლოგიის ანგარიში

ვახა

წყლის საანგარიშო ხარჯი

ქანობი $i= 0.0126$
სიმქისის კოეფიციენტი $n= 0.04$
დახრის კუთხე $^{\circ} 0$

$Q_{1\%}$		მ <sup>3</sup> /წმ	85.00
$Q_{2\%}$		მ <sup>3</sup> /წმ	70.00
$Q_{10\%}$		მ <sup>3</sup> /წმ	62.00

მიწობი

მარცხენა ნარწყული									კალაპოტი									მარჯვენა ნარწყული									ჯამი	
H,მ	B,მ	ω,მ <sup>2</sup>	R,მ	AH*	I <sup>0.5</sup>	1/n	V,მ <sup>3</sup> /წ	Q,მ <sup>3</sup> /წ	H,მ	B,მ	ω,მ <sup>2</sup>	R,მ	AH*	I <sup>0.5</sup>	1/n	V,მ <sup>3</sup> /წ	Q,მ <sup>3</sup> /წ	H,მ	B,მ	ω,მ <sup>2</sup>	R,მ	AH*	I <sup>0.5</sup>	1/n	V,მ <sup>3</sup> /წ	Q,მ <sup>3</sup> /წ	ω,მ <sup>2</sup>	Q,მ <sup>3</sup> /წ
247.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1122	25	0.00	0.00	247.84	8.71	0.46	0.05	0.00	0.1122	25	0.00	0.00	247.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1122	25	0.00	0.00	0.46	N /
248.84	5.44	5.22	0.96	1.0506	0.1122	25	2.95	15.38	248.84	8.71	9.17	1.05	1.0965	0.1122	25	3.08	28.20	248.84	1.75	1.93	1.10	1.1220	0.1122	25	3.15	6.07	16.32	49.66
249.29	5.44	7.66	1.41	1.2831	0.1122	25	3.60	27.57	249.29	8.71	13.09	1.50	1.3285	0.1122	25	3.73	48.78	249.29	1.75	2.72	1.55	1.3538	0.1122	25	3.80	10.33	23.47	86.68
249.34	5.44	7.94	1.46	1.3083	0.1122	25	3.67	29.14	249.34	8.71	13.53	1.55	1.3538	0.1122	25	3.80	51.36	249.34	1.75	2.80	1.60	1.3790	0.1122	25	3.87	10.83	24.27	91.33

**საერთო წარეცხვის ანგარიში  
შეუკვრელი გრუნტისთვის**

საანგარიშო ხარჯი	<b>Q</b>	86.68	მ <sup>3</sup> /წ
პორიზონტი	<b>H</b>	249.29	მ
საშუალო სიჩქარე	<b>V</b>	3.69	მ/წ
ცოცხალი კვეთის ფართობი	<b>ω</b>	23.47	მ <sup>2</sup>

ხიდის ხერეტი	<b>L</b>	15.90	მ
წყლის საშუალო სიღრმე	<b>H</b>	1.48	მ
ნაკადის შეკუმშვის კოეფიციენტი	<b>μ</b>	1	
საჭირო მუშა ფართობი	<b>ω<sub>ა</sub></b>	23.47	მ <sup>2</sup>
ხიდის ხერეტის მუშა სიდიდე	<b>L<sub>ა</sub></b>	15.90	მ
საშუალო ხარჯი	<b>Q</b>	86.68	მ <sup>3</sup> /წ
ნაკადის შეზღუდვის კოეფიციენტი	<b>S<sub>p</sub></b>	2.849	
	<b>α<sub>r</sub></b>	1.820	
	<b>β</b>	1.00	
	<b>γ</b>	0.764	
წყლის სიღრმე წარეცხვამდე	<b>h<sub>წ.ა.</sub></b>	1.56	მ
	<b>(h<sub>წ.ა.</sub>)<sup>5/3</sup></b>	2.10	მ
წყლის სიღრმე წარეცხვის შემდეგ	<b>h<sub>წ.შ.</sub></b>	2.48	მ
<b>საერთო წარეცხვა</b>		0.92	მ

საერთო წარეცხვის ნიშნული	<b>246.81</b>
--------------------------	---------------