

საქართველო - ბაზვი 2-ის
ჰიდროელექტროსადგურის პროექტი

მაკრო და მიკროკლიმატის
ანგარიში



საკონტაქტო ინფორმაცია

პიერ ზიდერმანი

Alpage EURL

38970 Les Côtes-de-Corps - საფრანგეთი

აბრევიატურები

E&S	გარემოს და სოციალური
ESIA	ბუნებრივ და სოციალური გარემოზე ზემოქმედების შეფასება
GSE	საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა
HPP	ჰიდროელექტროსადგურის პროექტი
ICOLD	მასშტაბური კაშხლების საერთაშორისო კომისია
IFC	საერთაშორისო საფინანსო კორპორაცია
IFI	საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტი
IUCN	ბუნების კონსერვაციის საერთაშორისო კავშირი
TL	ელექტროგადამცემი ხაზი

სარჩევი

1.1	კლიმატი.....	6
1.2	გლობალური კლიმატი და მაკროკლიმატი.....	6
1.3	კლიმატის ცვალებადობა	7
1.4	კლიმატის ცვლილება	7
1.5	მიკროკლიმატი	9
2.1	მაკრო და მიკროკლიმატის დახასიათება.....	11
2.2	მაკრო და მიკროკლიმატზე ზემოქმედი ფაქტორები	11
2.2.1	განედი	11
2.2.2	ალბედო.....	11
2.2.3	ჩრდილი	12
2.2.4	სიმაღლე ზღვის დონიდან	13
2.2.5	ქარების ზემოქმედება	14
2.2.6	მცენარეული საფარი	14
2.2.7	წყლის ობიექტების სიახლოვე	14
2.2.8	შენობა-ნაგებობების ეფექტი	14
2.2.9	ატმოსფერული სათბურის აირების კონცენტრაცია.....	15
3.1	საერთაშორისო ცნობარები და სახელმძღვანელოები.....	16
3.1.1	საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტები.....	16
3.1.2	კარგი საერთაშორისო პრაქტიკა	20
3.1.3	ქვეყნების გამოცდილება.....	24
3.1.4	დასკვნები კლიმატის რისკის შეფასების საერთაშორისო ნორმების და მაგალითების შესწავლის შესახებ	25
3.2	ბაზვი 2-ის კლიმატის შეფასება სივრცობრივ და დროის საზღვრებში	26
3.3	განგარიშების მეთოდოლოგია	27
3.3.1	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედება მაკროკლიმატზე	27
3.3.2	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედება მიკროკლიმატზე	27
3.4	ბაზვი 2 ჰესის პროექტის ძირითადი პარამეტრები.....	28
4.1	მაკროკლიმატის არსებული ცვლილებები.....	29
4.1.1	ტემპერატურები.....	29
4.1.2	ნალექიანობა	30
4.2	ბაზვი 2-ის პროექტის მიერ გამოწვეული დამატებითი ცვლილებები.....	30
4.2.1	სათბურის აირის ემისიები მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ფაზებში	31
4.2.2	სათბურის აირის ემისიების პრევენცია ოპერირების ფაზაში	31
4.2.3	დასკვნა: მაკროკლიმატის ზემოქმედება ბაზვი 2-ზე	32
5.1	არსებული მიკროკლიმატი და ცვლილებები.....	33
5.1.1	ბაზვი 2 ჰესის გავრცელების ზონაში და მის გარშემო.....	33
5.1.2	ბახმარო	34
5.1.3	გეოგრაფიული კავშირი ბაზვი 2-ის ჰესსა და კურორტ ბახმაროს შორის.....	35
5.2	ბაზვი 2 პროექტით განპირობებული ცვლილებები	36
5.2.1	ალბედოს ცვლილება	37
5.2.2	მცენარეული საფარის ცვლილება	38
5.2.3	წყლის ობიექტების ზედაპირის ცვლილება	38
5.3	ზემოქმედება მიკროკლიმატზე ზემოქმედების მქონე ფაქტორებზე	39
5.3.1	ბაზვი 2-ის მიერ დამატებითი ნისლის წარმოქმნის რისკი	39
5.3.2	ბაზვი 2-ის შედეგად ბახმაროში ნისლის შემცირების რისკი.....	40
5.3.3	გაზრდილი ან შემცირებული ტემპერატურების რისკი.....	40
5.3.4	გაზრდილი ან შემცირებული ტენიანობის რისკი	41

ცხრილები

ცხრილი 1 - ალბედოს ნიმუშები.....	12
ცხრილი 2 - საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტების მოთხოვნები კლიმატის რისკის შეფასებასთან დაკავშირებით	17
ცხრილი 3 - კაშხლების და ჰესების აღიარებული ასოციაციების რეკომენდაციები კლიმატის რისკის შეფასების თაობაზე	20
ცხრილი 4 - მშენებლობის საემისიები.....	31
ცხრილი 5 - ბაზვი 2-ის შედეგად გამოწვეული ალბედოს ცვლილებები	37

ნახაზები

ნახაზი 1 - პლანეტა დედამიწის ტემპერატურა.....	7
ნახაზი 2 - დედამიწის კლიმატურ სისტემაში ენერგიების წვლილის შედარება	9
ნახაზი 3 - გურიის რეგიონის ტემპერატურული პროექციები (°C)	29
ნახაზი 4 - გურიის რეგიონის თვიური ნალექიანობის პროექცია (მმ)	30

სურათები

სურათი 1 - თოვლიანი მთები ირეკლავს მზის სინათლის 80%-ს, ფოთლოვანი ტყეები შთანთქმავს 85%-ს	12
სურათი 2 - მიკროკლიმატური ზონები მდინარე დევაშის ხეობაში, ჩრდილოეთი და სამხრეთი ფერდობები	13
სურათი 3 - ნისლის ფორმირების მაგალითი დიდი წყალსაცავის თავზე.....	25
სურათი 4 - მდინარე ბაზვისწყლის ნაპირებზე იგივე მცენარეებია გავრცელებული, რაც ფერდობებზე	34
სურათი 5 - სახლების მშენებლობა ბახმაროში (2017-2020)	35
სურათი 6 - ბაზვის 2-ის წყალამღების მდებარეობა ბახმაროს კურორტთან მიმართებაში	36

შესავალი

სი-სი-ი-ეიჩ ჰაიდრო VII ახორციელებს ბაზვი 2-ის ჰიდროელექტროსადგურის პროექტს, („ჰესი“) („პროექტი“) მდინარე ბახვისწყალზე, გურიის რეგიონში (საქართველო). ბაზვი 2 ჰესი მდინარე ბახვისწყალზე დაგეგმილი ბაზვი 1 ჰესის ქვედა ბიეფში და არსებული ბაზვი 3 ჰესის ზედა ბიეფში მდებარე ჰიდროელექტროსადგურის პროექტია.

შპს „სი-სი-ი-ეიჩ ჰაიდრო VII“-ის საქმიანობა ხორციელდება საქართველოს კანონმდებლობისა და რეგულაციების შესაბამისად და საერთაშორისო ფინანსური ინსტიტუტების IFC -ისა და EIB-ის გარემოსდაცვითი და სოციალური საკითხების მართვის სტანდარტების დაცვით („დადგენილი გარემოს და სოციალური მოთხოვნები“).

ამ ანგარიშის მიზანია ბაზვი 2 ჰესის მიერ მაკრო და მიკროკლიმატზე პოტენციური ზემოქმედებისა და რისკების შეფასება მდინარე ბახვისწყლის აუზში.

1 განმარტებები

1.1 კლიმატი

ამ ანგარიშში ტერმინი „კლიმატი“ გამოყენებულია ზოგადად გავრცელებული ამინდის პირობების შემადგენელი კომპონენტის მიმართ მოცემულ რეგიონში, როგორიცაა ტემპერატურა, ჰაერის წნევა, ტენიანობა, ნალექი, მზის ნათება, ღრუბლიანობა და ქარები წლის განმავლობაში, როდესაც წლების მიხედვით ხორციელდება შეფასება.

ტერმინს „კლიმატი“ არ გააჩნია მკაცრი სამეცნიერო და უნივერსალურად აღიარებული განმარტება: თუმცა, „კლიმატის“ ცნება ზოგადად აღიქმება საკვლევ ტერიტორიაზე საშუალო ამინდის პირობებთან და უკიდურეს მეტეოროლოგიურ მოვლენებთან მიმართებაში. უფრო ზუსტად, „კლიმატი“ ეხება მეტეოროლოგიურ საშუალო მაჩვენებლებსა და ცვლადებს თვეებიდან („სეზონური კლიმატი“) მილიონობით წლებამდე პერიოდში.

რაიმე კონკრეტული „კლიმატის“ აღწერისას, მნიშვნელოვანია, განისაზღვროს დროის და სივრცის საზღვრები, ვინაიდან კლიმატი არ არის დროში განსაზღვრული ან გეოგრაფიულად მუდმივი ფენომენი.

1.2 გლობალური კლიმატი და მაკროკლიმატი

"გლობალური კლიმატი" არის ტერმინი, რომელიც ეხება დედამიწაზე გავრცელებულ კლიმატს, სივრცითი შეზღუდვების გარეშე.

გლობალური კლიმატი გამომდინარეობს ხუთი ძირითადი კომპონენტის ურთიერთქმედების შედეგად, რომლებიც ქმნიან „კლიმატურ სისტემას“: ატმოსფერო (ჰაერი), ჰიდროსფერო (წყალი), კრიოსფერო (ყინული და პოლარული ყინული), ლითოსფერო (დედამიწის ზემო კლდოვანი ფენა) და ბიოსფერო (ცოცხალი ორგანიზმები).

ატმოსფეროში და ოკეანეებში სიციხის ცირკულაცია ძირითადად განპირობებულია მზის გამოსხივებით, რომელიც სიციხეს ტროპიკული რეგიონებიდან გადაანაცვლებს იმ რეგიონებში, სადაც მზის ენერგიის სიმცირეა.

"მაკროკლიმატი" ეხება გლობალურ კლიმატს კონკრეტულად განსაზღვრულ რეგიონში. შესასწავლი რეგიონი შეიძლება მოიცავდეს კონტინენტის მნიშვნელოვან ნაწილს (მაგალითად, ციმბირული კლიმატი) ან ქვეყნის კონკრეტულ რეგიონს (გურიის რეგიონის კლიმატი).

მაკროკლიმატზე ზეგავლენას ახდენს რეგიონის მდებარეობის გრძედი/განედი, ლანდშაფტი და სიმაღლე ზღვის დონიდან, ასევე სიახლოვეში მდებარე წყლის ობიექტები და მათი ნაკადები, ყინულოვანი ველები და მყინვარები. შედეგად, არაერთგვაროვანი გეოგრაფიის

რეგიონში, მიკროკლიმატი შეიძლება მოიცავდეს არსებითად განსხვავებული ამინდის მქონე ტერიტორიებს.

1.3 კლიმატის ცვალებადობა

"კლიმატის ცვალებადობა" ეხება შესასწავლი კლიმატის მახასიათებლების საშუალო მდგომარეობის ცვლილებებს მოცემულ სივრცით ან დროის ყველა შკალაზე. ის არ ეხება ამინდის სეზონურ ცვალებადობას, რომელიც დამახასიათებელია ამ კლიმატისთვის.

კლიმატის ცვალებადობის შეფასება ორიენტირებულია უკიდურესი მოვლენების ალბათობაზე (გვალვა, სითბური ტალღები, სხვა). მაღალი ცვალებადობის კლიმატს ახასიათებს უჩვეულო მოვლენების მაღალი სიხშირე.

1.4 კლიმატის ცვლილება

"კლიმატის ცვლილება" ეხება მოცემულ სივრცით საზღვრებში კლიმატის მახასიათებლების საშუალო მდგომარეობის ცვლილებას ან ცვალებადობას დროთა განმავლობაში. ის ასახავს ატმოსფეროში მიმდინარე ცვლილებებს რამდენიმე ათეული წლიდან მილიონობით წლის პროექციაზე.

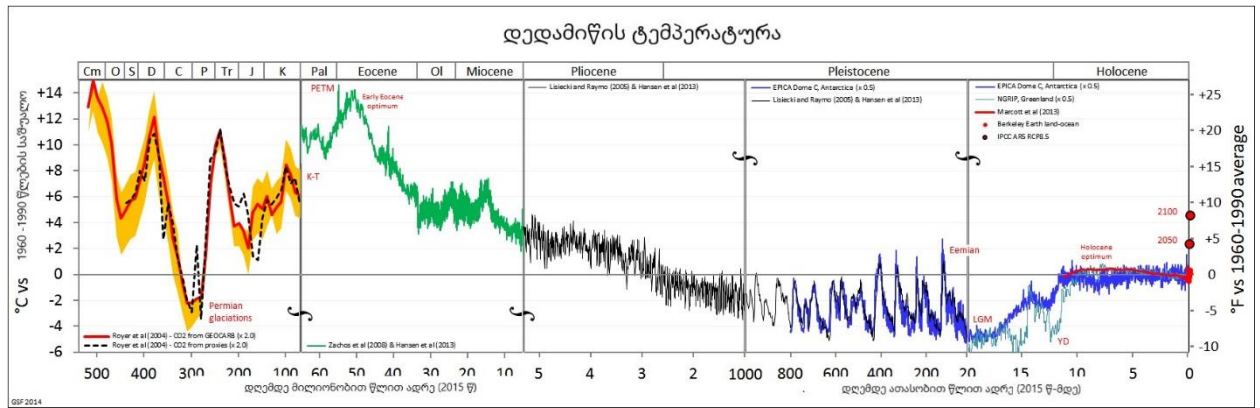
გლობალურ კლიმატზე ცვლილებები დედამიწის არსებობის საწყისი რამდენიმე მილიარდი წლის განმავლობაში განაპირობა დედამიწაზე მიმდინარე შიდა პროცესებმა და მზის სინათლის ინტენსიურობის ცვლილებებმა.

დედამიწის სითბურმა ნაკადმა მნიშვნელოვანი ზეგავლენა იქონია გლობალურ კლიმატზე მილიარდობით წლის წინ, თუმცა ეს უკვე წარსულია და დედამიწა მზარდი ტემპით გაგრილდა: უწყვეტი სითბური ნაკადი დედამიწიდან (0.09 ვ/მ^2) მზის შემომავალი რადიაციის მხოლოდ 0.026% -ს (341.3 ვ/მ^2) შეადგენს.

ნახაზი 1-ზე ნაჩვენებია საშუალო გლობალური ჰაერის ტემპერატურა ბოლო 540 მილიონი წლის განმავლობაში, რთული ორგანიზმების პირველი ძირითადი გავრცელების შემდგომ ჩვენს პლანეტაზე ¹.

ნახაზი 1 - პლანეტა დედამიწის ტემპერატურა

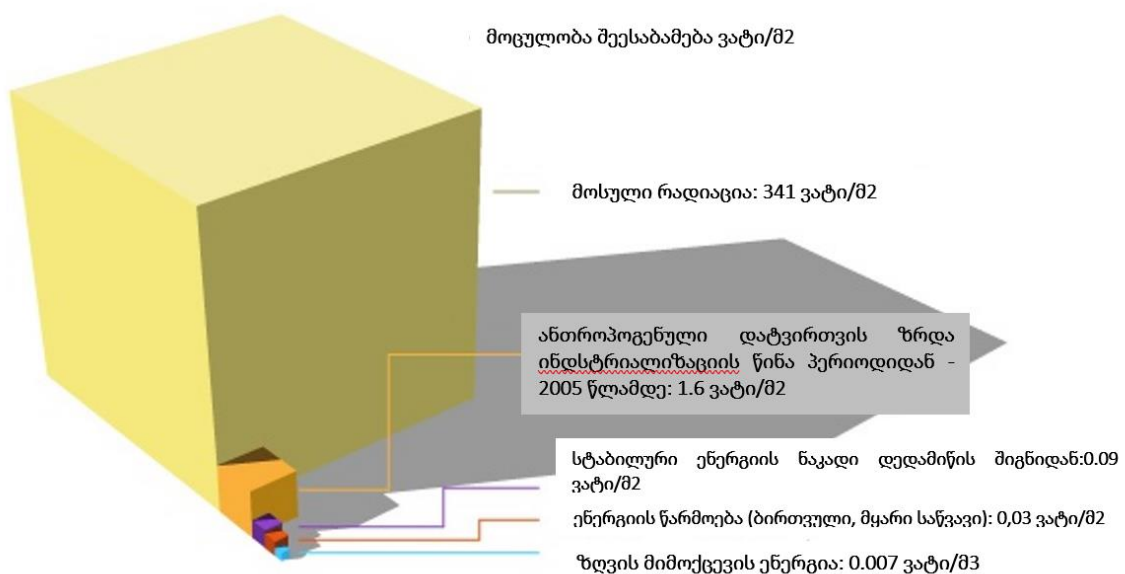
¹ ავტორი: გლენ ფერგუსი - მონაცემების დეტალური წყარო: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:All_palaeotemps.png



მეცხრამეტე საუკუნიდან, ადამიანის საქმიანობამ ზემოქმედების მოხდენა დაიწყო კლიმატზე სათბურის აირების ემისიით, რამაც შესაბამისად განაპირობა გლობალური დათბობის ეფექტი.

ზემოაღნიშნული წარმოდგენილია ნახაზი 2-ზე, სადაც ჩანს ენერგიის ნაკადები სხვადასხვა წყაროებიდან² (თითოეული კუბის მოცულობა ენერგიის ნაკადის პროპორციულია). პლანეტის ენერგიის ნაკადის ნეტო ზრდა, რაც განპირობებულია ადამიანის საქმიანობებით (ძირითადად ნახშირორქანის ემისიით) ინდუსტრიული რევოლუციის შემდეგ, ამჟამად ოცჯერ აჭარბებს დედამიწის შიდა ფენიდან უცვლელ სითბოს ნაკადს.

ნახაზი 2 - დედამიწის კლიმატურ სისტემაში ენერგიების წვლილის შედარება



1.5 მიკროკლიმატი

"მიკროკლიმატი" განისაზღვრება როგორც ატმოსფერული და ამინდის პირობების ლოკალური ერთობლიობა, რომელიც დომინირებს მოცემულ ტერიტორიაზე, ჩვეულებრივ მცირე ხარისხით. ტერმინი შეიძლება შეეხებოდეს ისეთ მცირე მონაკვეთს, რომელიც

² წყარო: მზის გამოსხივება არის ჩამოტყორცნილი ენერგია, რომელიც გასაშუალოებულია დედამიწის ფართობზე (იყოფა ოთხზე); მზის გამოსხივება იცვლება 11 წლიან ციკლში და ბოლო ციკლების განმავლობაში შეიძლება მიაღწიოს 341.7 ვ/მ²-ს. ანთროპოგენული ზემოქმედება პრე-ინდუსტრიული პერიოდიდან გამომდინარეობს IPCC-დან. სითბური ნაკადი დედამიწის შიდა ფენიდან შეადგენს 47 ტერავატს, რომელიც გასაშუალოებულია ზედაპირულ ფართობზე. ადამიანის საქმიანობის შედეგად გამომუშავებული ენერგიის ნაკადის შეფასება ეფუძნება ფლანერის ნაშრომს (2009) „ანთროპოგენული სითბური ნაკადის ინტეგრირება გლობალურ კლიმატურ მოდელში“.

რამდენიმე კვადრატულ მეტრს მოიცავს (მაგალითად, ხის ჩრდილი ან გამოქვაბული) ან რამდენიმე ათას კვადრატულ კილომეტრს.

მიკროკლიმატი არსებობს მრავალი ფორმით, მაგალითად, წყლის ობიექტების ან ტყეების მახლობლად, რაც აგრილებს ადგილობრივ ატმოსფეროს, ან ურბანული არეალები, სადაც აგური, ბეტონი და ასფალტი შთანთქმავს მზის ენერგიას, ხურდება, და ხელახლა ასხივებს ამ ენერგიას ატმოსფერულ ჰაერში.

ადგილებში, სადაც მნიშვნელოვანი გეოგრაფიული მრავალფეროვნებაა (მაგალითად, მთები), მაკროკლიმატური პარამეტრები შეიძლება შეიცვალოს მნიშვნელოვანი სივრცითი ცვალებადობის გამო და, შესაძლოა, მიკროკლიმატების ცალკე ნაკრები ჩამოყალიბდეს. ამ შემთხვევაში, მნიშვნელოვანია, გავითვალისწინოთ, რომ მიკროკლიმატის ცნება ყოველთვის შეფარდებით კავშირშია გარშემო მაკროკლიმატთან. მიკროკლიმატური ზონა თავისთავად არ არსებობს, არამედ მხოლოდ უფრო ფართოდ გავრცელებული კლიმატის ანომალიას წარმოადგენს.

2 მაკრო და მიკროკლიმატის ფიზიკური მახასიათებლები

2.1 მაკრო და მიკროკლიმატის დახასიათება

მაკროკლიმატის ძირითადი მახასიათებელი პარამეტრებია:

- ტემპერატურული რეჟიმი
- ჰაერის ტენიანობა
- ნალექიანობა
- მზის გამოსხივება (მზის ნათება და ღრუბლიანობა)
- ქარის რეჟიმი

იგივე პარამეტრები შეიძლება გამოვიყენოთ მიკროკლიმატის დასახასიათებლად. თუმცა, მიკროკლიმატის ცნება ამ პარამეტრებიდან ერთ ან რამდენიმე მნიშვნელოვან, სისტემურ და ლოკალურ ვარიაციას მოიცავს გარემო მაკროკლიმატურ პირობებთან შედარებით. ამასთან, მიკროკლიმატის ფორმირება შეიძლება სხვადასხვა ზემოქმედებების ერთიანობის შედეგი იყოს. შესაბამისად, მნიშვნელოვანია იმ ფაქტორების გათვალისწინება, რომლებიც გავლენას ახდენენ მაკრო და მიკროკლიმატზე.

2.2 მაკრო და მიკროკლიმატზე ზემოქმედი ფაქტორები

2.2.1 განედი

გლობალურად, წლის განმავლობაში, დედამიწის სისტემა - ხმელეთი, ოკეანეები და ატმოსფერო - შთანთქავს მზის ენერგიის საშუალოდ 240 ვატს 1 კვ/მ-ზე. თუმცა, მზე დედამიწას არ ათბობს თანაბრად, ვინაიდან დედამიწა სფეროა: მზე ეკვატორულ რეგიონებს უფრო მეტად ათბობს, ვიდრე პოლარულ რეგიონებს, რადგან მზის გამოსხივების გავრცელების კუთხე იზრდება განედის პროპორციულად.

მართალია, განედი მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მაკროკლიმატს, ის არ წარმოადგენს მიკროკლიმატის განმსაზღვრელ ფაქტორს, ვინაიდან მიკროკლიმატური ზონები იმავე განედზე მდებარეობენ, სადაც მაკროკლიმატური ზონები, რომელთაც მათ ვადარებთ.

2.2.2 ალბედო

ალბედო წარმოადგენს მზის მთლიანი გამოსხივებიდან დიფუზურ არეკვლას და იზომება შკალაზე 0-დან – 1-მდე. 0 შესაბამემა შავ სხეულს, რომელიც სრულად შთანთქავს ჩამოტყორცნილ გამოსხივებას. 1 კი იმ სხეულის შესაბამისია, რომელიც სრულად აირეკლავს ჩამოტყორცნილ გამოსხივებას.

უფრო მარტივი სიტყვებით, ალბედო არის მზის სხივების პროპორციის საზომი, რომელიც აირეკლება და შესაბამისად არ მონაწილეობს მზის ზემოქმედების ქვეშ მყოფი ზედაპირის გახურებაში. არეკლილი პროპორცია განისაზღვრება არამხოლოდ ზედაპირის მახასიათებლებით, არამედ მზის გამოსხივების სპექტრული და კუთხოვანი განაწილებით, რომელიც აღწევს ზედაპირამდე. ეს ფაქტორები განსხვავებულია ატმოსფერული შემადგენლობის, გეოგრაფიული მდებარეობისა და დროის მიხედვით.

ცხრილი 1 - ალბედოს ნიმუშები

ზედაპირი	ტიპური ალბედო
ტბა	0.02 - 0.04
ახლად დაგებული ასფალტი	0.04
გაცვეთილი ასფალტი	0.12
წიწვოვანი ტყე (ზაფხული)	0.08 -- 0.15
ფოთლოვანი ტყე	0.15 -- 0.18
კლდე, ნიადაგი საფარის გარეშე	0.17
მწვანე ბალახი	0.25
მთის მდინარე	0.30 -- 0.40
უდაბნოს ქვიშა	0.40
ახალი ბეტონი	0.55
ახალი თოვლი	0.80

სურათი 1 - თოვლიანი მთები ირეკლავს მზის სინათლის 80%-ს, ფოთლოვანი ტყეები შთანთქმავს 85%-ს



2.2.3 ჩრდილი

ზოგიერთ ადგილზე მზის პირდაპირი სხივი არასდროს არ ხვდება და, ამდენად, ალბედოს კონცეფცია არ არის რელევანტური ამ ადგილებისთვის. მზის პირდაპირი სხივის ნაკლებობას მოცემულ უბანზე პირდაპირი ზეგავლენა აქვს ენერგიის იმ ოდენობაზე, რომელსაც ეს უბანი იღებს და შესაბამისად ამ ადგილის ტემპერატურასა და ტენიანობაზე.

ჩრდილს განაპირობებს რიგი ფაქტორები, მათ შორის განსაკუთრებით აღსანიშნავია შემდეგი:

- **ფერდობები:** ჩრდილოეთის მხარეს მიმართული ფერდობები ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში და სამხრეთ მხარეს მიმართული ფერდობები სამხრეთ ნახევარსფეროში უფრო ნაკლებ მზის სხივებს იღებენ ვიდრე საპირისპირო ფერდობები და შესაძლებელია წელიწადის მონაკვეთში ან მთელი წლის განმავლობაში საერთოდ ვერ მიიღონ მზის პირდაპირი სხივები. დაბლობის ყველაზე დაბალ ნიშნულზე მდებარე ტერიტორია უფრო მალე ან მეტად იყინება ვიდრე ახლოს მდებარე გორაკი, ცივი ჰაერის მოძრაობის გამო, რაც განპირობებულია ადგილობრივი ლანდშაფტის მორფოლოგიით და მზის პირდაპირი სხივების სიმცირით.
- **მცენარეული საფარი** შეიძლება იმდენად ხშირი იყოს, რომ შეაფერხოს მზის სხივის მოხვედრა გრუნტზე, რაც ქმნის სპეციფიკურ მიკროკლიმატურ პირობებს საფარის ქვეშ. ცნობილია, რომ ხშირი ტყეები ქმნის ჩრდილიან გარემოს.
- **ხელოვნური ნაგებობებით** იქმნება ხელოვნური ჩრდილოვანი ადგილები, მიზნობრივად (სახურავი) ან მის გარეშე (შენობის ჩრდილოეთი მხარე).

სურათი 2, გადაღებულია მდინარე დევაშის ხეობაში, ქვემო სვანეთში, 2018 წლის თებერვალში. მასზე ნაჩვენებია, თუ როგორ შეიძლება განვითარდეს ძალზე განსხვავებული მიკროკლიმატური პირობები მზიან მთის ფერდობებზე (უკანა ნაწილში) იმ ფერდობებთან შედარებით, რომლებიც ვერ იღებენ მზის სინათლეს (წინა ნაწილში).

სურათი 2 – მიკროკლიმატური ზონები მდინარე დევაშის ხეობაში, ჩრდილოეთი და სამხრეთი ფერდობები



2.2.4 სიმაღლე ზღვის დონიდან

სიმაღლის მატებასთან ერთად კლებულობს ატმოსფერული წნევა, რაც უშუალო კავშირშია ტემპერატურასთან და ტენიანობასთან. ამის შედეგია უფრო გრილი და მშრალი ჰაერი სიმაღლეზე მოცემულ კლიმატურ ზონაში.

ჰაერის ტემპერატურის საშუალო კლება შეადგენს $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{მ}$ (0.5°C ნალექიანი ამინდის პირობებში, და 1°C მშრალი ამინდის პირობებში), წყლის აორთქლება ჰაერში კლებულობს დაახლოებით 7%-ით, როდესაც ტემპერატურა 1°C -ით იკლებს.

2.2.5 ქარების ზემოქმედება

კონკრეტულ ტერიტორიაზე გავრცელებული ქარები პირდაპირ ზეგავლენას ახდენს ამ ტერიტორიის ქარების რეჟიმზე, ასევე არაპირდაპირ ზემოქმედებას ტემპერატურულ და ტენიანობის რეჟიმზე. ქარიანი ადგილები უფრო გრილია (რადგან განდევნის სიცხეს, რომელიც შეიძლება შენარჩუნებულიყო ზედაპირზე ქარის არასებობის შემთხვევაში) და უფრო მშრალია (ვინაიდან ნიადაგი და მცენარეები ქარიან ადგილებში უფრო ნაკლებად იკავებენ წყალს).

2.2.6 მცენარეული საფარი

მცენარეული საფარის ტიპი და სიხშირე ბუნებრივ გარემოში ზეგავლენას ახდენს მიკროკლიმატურ პირობებზე, რაც გამოიხატება სხვადასხვა ზემოქმედებით წყლის ციკლზე (ინფილტრაციის და აორთქლების გაძლიერება), ასევე ზედაპირის ალბედოზე, ჩრდილის სიხშირესა და ქარის გავრცელებაზე.

2.2.7 წყლის ობიექტების სიახლოვე

წყლის ობიექტები, მიუხედავად იმისა, რომ მათ მცირე თერმული რეაგირება ახასიათებთ მზის პირდაპირ სხივებზე, გამოსხივების კარგი მშთანთქმელები არიან და ახდენენ აორთქლებით გაგრილებას, რომლის დროსაც წყალი ორთქლდება მზის გამოსხივების წყლის ზედაპირზე შეხებისას, ხოლო სიცხე იფანტება, რაც აგრილებს მომიჯნავე სივრცეს.

2.2.8 შენობა-ნაგებობების ეფექტი

შენობა-ნაგებობებით იქმნება მიკროკლიმატები მიწის ზედაპირის დაჩრდილვით, ქარის მიმართულებისა და ალბედოს ცვლილებით.

ადგილობრივ კლიმატზე ზემოქმედების ერთ-ერთ კარგ მაგალითს წარმოადგენს „სითბური კუნძულის“ ეფექტი დიდ ქალაქებში, სადაც საშუალო ტემპერატურა უფრო მაღალია გარშემო ტერიტორიასთან შედარებით.

ნაგებობების ზედაპირები, გზის საფარი და სხვა შთანთქავს და ხელახლა ასხივებს მზის ენერგიას, რაც გარემო ჰაერზე გათბობის ეფექტის მატარებელია. აგრეთვე, დიდი რაოდენობით შენობები იწვევს ქარის მოძრაობის შეფერხებას, ამცირებს მის სიჩქარეს და შედეგად თბილი ჰაერი ქალაქში უცვლელად რჩება. აღნიშნული აგრეთვე განაპირობებს ჰაერის დაბინძურებას და ასევე ტემპერატურის მატებას.

2.2.9 ატმოსფერული სათბურის აირების კონცენტრაცია

სათბურის აირების კონცენტრაცია ატმოსფეროში ზეგავლენას ახდენს მის ენერგობალანსზე და შესაბამისად გლობალურ ცირკულაციაზე. საშუალო ატმოსფერული ტემპერატურის ზრდა 1.5, 2 ან 4°C-ით, რაც საერთაშორისო განხილვის საგანს წარმოადგენს, მისი შედეგით არ გულისხმობს უბრალოდ ადგილობრივი ტემპერატურის ზრდას ეკვივალენტური პროპორციებით, არამედ, ატმოსფეროში არსებული ენერგიის ზრდას, რაც გამოიწვევს უკიდურეს მეტეოროლოგიურ მოვლენებს.

სათბურის აირების კონცენტრაციის შედეგები მხოლოდ გლობალური მნიშვნელობისაა: სათბურის აირების კონცენტრაცია ჰაერში ვერ იქნება მოცემული მიკროკლიმატის გამომწვევი, თუმცა მიკროკლიმატებზე ზეგავლენას ახდენს გლობალური დათბობა, რომელიც გამოწვეულია სათბურის აირის კონცენტრაციით.

3 შეფასების მეთოდოლოგია

3.1 საერთაშორისო ცნობარები და სახელმძღვანელოები

3.1.1 საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტები

უმსხვილესმა საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტებმა გამოსცეს ჰიდროენერგეტიკულ სქემებთან დაკავშირებული სახელმძღვანელოები გარემოს, კლიმატის და სოციალური საკითხების შესაფასებლად და შესაბამისი შემარბილებელი ღონისძიებების გასატარებლად. მომდევნო ცხრილში მოცემულია საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტების მოთხოვნების ყოვლისმომცველი შეჯამება კლიმატთან დაკავშირებით ჰიდროენერგეტიკული სქემების შესაფასებლად.

ცხრილი 2 - საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტების მოთხოვნები კლიმატის რისკის შეფასებასთან დაკავშირებით

საფინანსო ინსტიტუტი	საცნობარო დოკუმენტი	კლიმატის რისკის შეფასების მოთხოვნები		
		ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე	ჰიდროენერგეტიკულ სქემაზე გლობალური კლიმატის ცვლილების შეფასება Assessment of global climate change's impact on the hydropower scheme
ევროპის საინვესტიციო ბანკი	გარემოს, კლიმატის და სოციალური საკითხების სახელმძღვანელო ჰიდროენერგეტიკის განვითარების შესახებ (2019)	ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანი პოტენციური სოციალური ზემოქმედების სია მოიცავს „ეკოსისტემის სერვისების დარღვევას, მათ შორის გამოწვეული წყლისა და მყარი ნატანის ნაკადების მოძრაობის ცვლილების შედეგად და მიკროკლიმატის ცვლილებებით, რამაც ზემოქმედება შეიძლება იქონიოს სასოფლო სამეურნეო მოსავლიანობაზე“. არ არის განსაზღვრული კონკრეტული მეთოდოლოგია ან ამოცანა.	"ნახშირბადის კვალის შეფასება უნდა განხორციელდეს ყველა ჰიდროენერგო პროექტისათვის [...] პოტენციურად ნახშირბადის გამომუშავებელი ყველა ჰესის პროექტებისთვის (მაგალითად, დიდი წყალსაცავით ან/და წელიწადში 20 kt CO ₂ -ის ეკვივალენტზე მეტი ემისიებით), ალტერნატიული პროექტის დიზაინი უნდა იქნეს გათვალისწინებული ემისიების მინიმუმადე შესამცირებლად [...] EIB არ განიხილავს ჰიდროენერგო პროექტების დაფინანსებას, რომელთა ემისიაც აჭარბებს CO ₂ /კვტს-ის 550 გრამს"	"კლიმატის რისკის და მოწყვლადობის შეფასება უნდა ჩატარდეს პროექტის ტექნიკურ ეკონომიკური დასაბუთების შესწავლის ფარგლებში"

საფინანსო ინსტიტუტი	საცნობარო დოკუმენტი	კლიმატის რისკის შეფასების მოთხოვნები		
		ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე	ჰიდროენერგეტიკულ სქემაზე გლობალური კლიმატის ცვლილების შეფასება Assessment of global climate change's impact on the hydropower scheme
საერთაშორისო საფინანსო კორპორაცია	კარგი პრაქტიკის შენიშვნა, გარემოს, ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების მიდგომები ჰიდროენერგო პროექტებისთვის	არ არის რისკად განსაზღვრული. არ არის მოთხოვნა.	სახელმძღვანელო მოიცავს „მეთანისა და სხვა სათბურის აირის ემისიების წარმოქმნის და დაგვრცელების რეკომენდებულ ზომებს“	"კლიმატის ცვლილების რისკები ან მოწყვლადობა“ უნდა შევიდეს გზშ-ში
აფრიკის განვითარების ბანკი	ინტეგრირებული დამცავი სისტემა, სახელმძღვანელო მასალები, ტომი 3: სექტორის ძირითადი მასალა, ენერგეტიკის/ ელექტროენერგიის სექტორი: ჰესების პროექტები (2015)	არ არის რისკად განსაზღვრული. არ არის მოთხოვნა.	პროექტმა უნდა „გაითვალისწინოს შეგუბების შეცვლამდე მცენარეებისგან გაწმენდა, ვინაიდან დატბორილი მცენარეების ლპობა გამოიწვევს მეთანის გამოთავისუფლებას (მძლავრი სათბურის აირი)“.	კლიმატის ცვლილების რისკის სკრინინგი და ადაპტაციის მიმოხილვა და შეფასების პროცედურები.

საფინანსო ინსტიტუტი	საცნობარო დოკუმენტი	კლიმატის რისკის შეფასების მოთხოვნები		
		ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე	ჰიდროენერგეტიკულ სქემაზე გლობალური კლიმატის ცვლილების შეფასება Assessment of global climate change's impact on the hydropower scheme
ევროპის რეკონსტრუქციის და განვითარების ბანკი	გარემოს და სოციალური სახელმძღვანელო შენიშვნები ჰესების პროექტებისთვის (2016)	„წყალსაცავთან დაკავშირებული რისკების“ სია მოიცავს „მიკროკლიმატის ცვლილებებს“. არ არის რისკად განსაზღვრული. არ არის მოთხოვნა.	"გარემოს შეფასება უნდა მოიცავდეს სათბურის აირების ემისიების სიცოცხლის ციკლის (ან 100 წლიან) შეფასებას შეგუბების პროექტებისთვის. მასშტაბური წყალსაცავის შემთხვევაში, უნდა იქნეს განხილული უქანგზადო პირობების განვითარების შედეგად მეთანის ემისიის რისკი. [.../სათბურის აირის ემისიების სიცოცხლის ციკლის შეფასება უნდა მოიცავდეს წლიური ემისიების გაანგარიშებას წყალსაცავის მშენებლობის, წყლით შევსების და ოპერირების პერიოდებში“.	"პროექტის მოწყვლადობა კლიმატის ცვლილებების მიმართ ასევე უნდა იქნეს შესული გზმ-ში“.

3.1.2 კარგი საერთაშორისო პრაქტიკა

არსებობს ორი საცნობარო და საერთაშორისოდ აღიარებული ასოციაცია, რომელიც ჰიდროენერგეტიკულ სექტორში აწარმოებს სამეცნიერო, საექსპერტო და სახელმძღვანელო პრაქტიკას: საერთაშორისო ჰიდროენერგეტიკის ასოციაცია (IHA) და კაშხლების საერთაშორისო კომისია დიდი კაშხლებისათვის (ICOLD).

IHA შეიქმნა 2000-იან წლებში მსოფლიო ბანკისა და WWF-ის მიერ მდგრადი ჰიდროენერგეტიკისთვის კარგი პრაქტიკის შემუშავების მიზნით. IHA - რეგულარულად აქვეყნებს - მსოფლიოში არსებული კარგი პრაქტიკის სახელმძღვანელო პრინციპებს.

ICOLD წარმოადგენს პროფესიულ და არამომგებიან ასოციაციას, რომელიც აერთიანებს პროფესიონალებს მსოფლიოს მასშტაბით (მას მრავალ ქვეყანაში ეროვნული წარმომადგენლობა აქვს, მათ შორის საქართველოშიც).

ცხრილი 3 - კაშხლების და ჰესების აღიარებული ასოციაციების რეკომენდაციები კლიმატის რისკის შეფასების თაობაზე

საფინანსო ინსტიტუტი	საცნობარო დოკუმენტი	კლიმატის რისკის შეფასების მოთხოვნები		
		ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე	ჰიდროენერგეტიკულ სქემაზე გლობალური კლიმატის ცვლილების შეფასება Assessment of global climate change's impact on the hydropower scheme
საერთაშორისო ჰიდროენერგეტიკულ ი ასოციაცია	ჰიდროენერგეტიკულ ი სექტორის კლიმატური მედეგობის სახელმძღვანელო	არ არის მიმოხილული	არ არის მიმოხილული	IHA სახელმძღვანელო იქცა საცნობარო მასალად.
	ჰიდროენერგეტიკის გარემოსა და სოციალური შეფასების მართვის სახელმძღვანელო	არ არის მიმოხილული	რეკომენდებულია სათბურის აირების ემისიების გაანგარიშება IHA -ს მიერ შემუშავებული ინსტრუმენტი	რეკომენდებულია მოწყვლადობის და მედეგობის შეფასება IHA -ს ჰიდროენერგეტიკის სექტორის კლიმატის მედეგობის სახელმძღვანელოს გამოყენებით

საფინანსო ინსტიტუტი	საცნობარო დოკუმენტი	კლიმატის რისკის შეფასების მოთხოვნები		
		ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე	ჰიდროენერგეტიკულ სქემაზე გლობალური კლიმატის ცვლილების შეფასება Assessment of global climate change's impact on the hydropower scheme
კაშხლების საერთაშორისო კომისია დიდი კაშხლებისათვის	ტექნიკური ბიულეტენი 50 - კაშხლები და გარემო - შენიშვნები რეგიონული ზემოქმედების შესახებ	კაშხლების ზემოქმედება მიკროკლიმატზე არ არის აღწერილი პრობლემად ზომიერი კლიმატის რეგიონებში. ტროპიკული რეგიონებისთვის ანგარიშში აღწერილია ღამის საათებში წყალსაცავის თავზე და მის ნაპირებზე ნისლის ფორმირება, მშრალ რეგიონებში დღისით თბილი ტემპერატურით და ღამით დაბალი ტემპერატურით, ქარის არარსებობის პირობებში. ნისლის მსგავსი ფორმირებები აღინიშნება მკაცრი ზამთრის მქონე არქტიკულ რეგიონებში, ტბების გაყინვამდე.	არ არის მიმოხილული	არ არის მიმოხილული

საფინანსო ინსტიტუტი	საცნობარო დოკუმენტი	კლიმატის რისკის შეფასების მოთხოვნები		
		ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე	ჰიდროენერგეტიკულ სქემაზე გლობალური კლიმატის ცვლილების შეფასება Assessment of global climate change's impact on the hydropower scheme
	ტექნიკური ბიულეტენი 96 - კაშხლები და გარემო: წყლის ხარისხი და კლიმატი	ეს ბიულეტენი აღწერს დიდი წყალსაცავების გავლენას ადგილობრივ კლიმატზე. მასში აღწერილია მხოლოდ დიდი მოცულობის წყალსაცავების (>600 კმ ²) გავლენა კლიმატზე, რადგან უფრო მცირე წყალსაცავები არ მიიჩნევა მნიშვნელოვანი გავლენის მქონედ: „მცირე წყალსაცავებს ზღვის დონიდან მაღალ ნიშნულებზე, ან იქ. სადაც მაღალი ტენიანობა და ნალექიანობაა, უმნიშვნელო ზემოქმედება აქვთ კლიმატზე“.	არ არის მიმოხილული	არ არის მიმოხილული

საფინანსო ინსტიტუტი	საცნობარო დოკუმენტი	კლიმატის რისკის შეფასების მოთხოვნები		
		ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე	ჰიდროენერგეტიკულ სქემაზე გლობალური კლიმატის ცვლილების შეფასება Assessment of global climate change's impact on the hydropower scheme
	ტექნიკური ბიულეტენი 169 – კლიმატის გლობალური ცვლილება, კაშხლები, წყალსაცავები და დაკავშირებული წყლის რესურსები	არ არის მიმოხილული	არ არის მიმოხილული	ამ ბიულეტენში მიმოხილულია კლიმატის ცვლილებების პოტენციური ზემოქმედება კაშხლებსა და წყალსაცავებზე, სადაც მთავარი აქცენტი კეთდება რისკების შეფასებაზე, მედეგობასა და ადაპტაციაზე; აღწერილია დიდი წყალსაცავების როლი კლიმატის რისკების შერბილებაში ქვეყნის/აუზის დონეზე.

3.1.3 ქვეყნების გამოცდილება

3.1.3.1 ევროკავშირი

ევროკავშირში, გარემოზე ზემოქმედების შეფასების (გზშ) კანონმდებლობა (ევროკავშირის დირექტივა 2014/52/EU), რაც ინტეგრირებულია საქართველოს კანონმდებლობაში, მოითხოვს თითოეული პროექტისგან, რომელიც ექვემდებარება გზშ-ს, შეაფასოს „პროექტის ზემოქმედება კლიმატზე (მაგალითად, სათბურის აირების ემისიების ბუნება და სიდიდე) და პროექტის მოწყვლადობა კლიმატის ცვლილებების მიმართ“. მიკროკლიმატის რისკის შესახებ რაიმე კონკრეტული შეფასებები არ არის საჭირო. ეს კანონმდებლობა ვრცელდება ევროკავშირის ყველა ალპურ ქვეყანაზე (ავსტრია, იტალია, გერმანია, საფრანგეთი, სლოვენია), რომლებსაც აქვთ ბაზვი 2-ის მსგავსი ასობით ჰიდროელექტროსადგური. .

3.1.3.2 შვეიცარია

ევროკავშირის მიღმა, ალპებში მდებარე შვეიცარიის ჰიდროენერგეტიკის კანონმდებლობა³ არ ითხოვს კლიმატთან დაკავშირებით რაიმე კონკრეტულ შეფასებას. ჰიდროენერგეტიკის საკითხებზე ფედერალური სახელმძღვანელო მითითებები⁴ ადგენს, რომ კაშხლების უსაფრთხოება რეგულარულად უნდა შემოწმდეს კლიმატური ცვლილებების მიმართ, თუმცა არ არის მოთხოვნილი ან განხილული ჰიდროენერგეტიკული სქემების შეფასება მიკროკლიმატზე ზემოქმედების კონტექსტში.

3.1.3.3 რუსეთი

რუსეთი ერთ-ერთი იმ იშვიათ ქვეყანათა რიცხვს მიეკუთვნება, რომლებმაც შეიმუშავეს ნორმატიული მიდგომის გარკვეული ფორმა მიკროკლიმატზე წყალსაცავების ზემოქმედების შესაფასებლად. აღნიშნული ისტორიულად განაპირობა იმ გარემოებამ, რომ რუსეთი თავდაპირველად დიდ წყალსაცავებს აშენებდა იმ ტერიტორიებზე, სადაც ძალზე ცივი ზამთარი იყო, და, შესაბამისად, წარმოიშობოდა მიკროკლიმატთან დაკავშირებული საკითხები, კერძოდ, წყალსაცავების სიახლოვეს ზამთარში წარმოიქმნებოდა ყინულოვანი ნისლი წყალსაცავების გაყინვამდე დაბალი ტემპერატურის ან უქარო ამინდის პირობებში.

1987 წელს, მოსკოვის ჰიდროპროექტის ინსტიტუტმა, რომელიც რუსეთის ისტორიული და საერთაშორისოდ აღიარებული ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საპროექტო ინსტიტუტია, გამოსცა „წყალსაცავების სანაპირო ზოლში ადგილობრივი კლიმატის ცვლილებების საპროგნოზო რეკომენდაციები და მისი ზემოქმედება სახალხო მეურნეობაზე (P850-87 / Hidroproekt. M., 1987)“⁵. ეს რეკომენდაციები წარმოადგენს „ჰიდრავლიკური ნაგებობების

³ "Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques" (Loi sur les forces hydrauliques¹, LFH2) თარიღი 22.12.1916, ბოლო განახლება 2020 წლის იანვარში

⁴ Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC - Sécurité des ouvrages d'accumulation - Documentation de base relative à la vérification de la sécurité en cas de crue

⁵ «Рекомендации по прогнозированию изменений местного климата и его влияния на отрасли народного хозяйства в прибрежной зоне водохранилищ» (П 850-87/ Гидропроект. М., 1987)

გარემოზე ზემოქმედების შეფასების მეთოდოლოგიურ სახელმძღვანელოს⁶. ამ სახელმძღვანელოს თავში 3.1 განხილულია „ადგილობრივი კლიმატური ცვლილებები“, თუმცა პირველივე წინადადება ადგენს, რომ მიმოხილვა შემოიფარგლება დიდი წყალსაცავებით: მოცემულია კრასნოიარსკის (200 000 ჰა) და საიანო-შუშენსკაიას (18 000 ჰა) წყალსაცავების მაგალითები, რომლებიც შესაბამისად 700 000 ჯერ და 63 000-ჯერ დიდია ვიდრე ბაზვი 2-ის შეგუბება (0.285 ჰექტარი).

სურათი 3 - ნისლის ფორმირების მაგალითი დიდი წყალსაცავის თავზე



სოტეს წყალსაცავი, საფრანგეთი. წყალსაცავის ფართობია 350 ჰა (ბაზვის 2-ის შეგუბებაზე 1200 ჯერ დიდი). ნისლი წარმოიქმნება მხოლოდ უჩარო ამინდში, როდესაც წყალსაცავის წყლის ტემპერატურა გლობალურად მეტად მაღალია, ვიდრე ჰაერის ტემპერატურა, რაც ლოკალურად იწვევს კონდენსაციას. ამგვარი ნისლი წარმოიქმნება ნოემბერ-დეკემბერში. ნისლი ფარავს მთლიან წყალსაცავს და ასევე მის ნაპირებს. სწორ დაბლობზე ნისლი უფრო დიდ მანძილზე ვრცელდება თუმცა მთიან ადგილებში მისი გავრცელება ფიზიკურად შეზღუდულია მთის ფერდობებით. ნისლი ქრება როგორც კი მზე ათბობს ჰაერს და ქარი დაუბერავს.

3.1.4 დასკვნები კლიმატის რისკის შეფასების საერთაშორისო ნორმების და მაგალითების შესწავლის შესახებ

სახელმძღვანელო მითითებების, რეკომენდაციების, მოთხოვნებისა და კანონმდებლობის ზემოაღნიშნული მიმოხილვის დასკვნები:

⁶ Российское акционерное общество энергетики и электрификации «ЕЭС России» - Департамент научно-технической политики и развития - Методические указания по оценке влияния гидротехнических сооружений на окружающую среду - РД 153-34.2-02.409-2003

- კლიმატური ცვლილების ზემოქმედების შეფასებამ ჰიდროენერგეტიკულ სქემებზე აქტუალობა ბოლო დროს შეიძინა, რაც განპირობებულია გლობალური დათბობით. ამ საკითხების დასარეგულირებლად სახელმძღვანელო მითითებები და ასევე მოთხოვნები შემუშავდა ბოლო წლების განმავლობაში.
- ჰიდროენერგეტიკული სქემების ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე ძირითადად მოიაზრება მხოლოდ მასშტაბური წყალსაცავების (რომლებიც ბაზვი 2-ის წყალსაცავზე ათასჯერ დიდია) და მხოლოდ ტროპიკული რეგიონების ან მკაცრი ზამთრის მქონე რეგიონების კონტექსტში.
- იმის მიუხედავად, რომ ბოლო 20 წლის განმავლობაში ჰიდროენერგეტიკულ სექტორში შემუშავდა ათეულობით ინსტრუქცია და რეკომენდაცია, არც ერთი განიხილავს ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედებას მიკროკლიმატზე.
- არც ერთი ხელმისაწვდომი დოკუმენტი, რომელიც განვიხილეთ, არ ეწინააღმდეგება ICOLD-ის დასკვნას, რომ „*მაღალ ნიშნულებზე ან მაღალი ტენიანობის ან ნალექიანობის ზონებში მდებარე მცირე წყალსაცავებს უმნიშვნელო ზემოქმედება ახასიათებთ კლიმატზე*“.

3.2 ბაზვი 2-ის კლიმატის შეფასება სივრცობრივ და დროის საზღვრებში

სივრცობრივი და დროის საზღვრები ბაზვი 2-ის კლიმატთან დაკავშირებული ზემოქმედების შესაფასებლად არის შემდეგი:

- ჰიდროენერგეტიკული სქემის მაკროკლიმატზე ზემოქმედების შესაფასებლად:
 - საცნობარო პერიოდი მოიცავს 1986-2005 წლებს, შემოთავაზებული შეფასების კლიმატის ცვლილებების საერთაშორისო საბჭოს (IPCC) რეკომენდაციებთან შესაბამისობის უზრუნველყოფის მიზნით. ეს ნიშნავს, რომ ჩვენ ვითვალისწინებთ 1986-2005 წლების პერიოდს როგორც კლიმატური ცვლილებების ათვლის წერტილს⁷ და ამდენად ჩვენ უკვე ვართ კლიმატური ცვლილების პერიოდში.
 - ბაზვი 2-ის სათბურის აირების ემისია გათვალისწინებული იქნება 100 წლიან პერსპექტივაში, საერთაშორისო ჰიდროენერგეტიკული ასოციაციის რეკომენდაციების შესაბამისად.
 - ბაზვი 2-ის ზემოქმედება გლობალურ კლიმატზე იქნება გათვალისწინებული, რაც გულისხმობს, რომ არ არის დადგენილი სივრცითი საზღვრები.
- ჰიდროენერგეტიკული სქემის მიკროკლიმატზე ზემოქმედების შესაფასებლად:

⁷ ეს, რა თქმა უნდა, არ არის ზუსტი, ვინაიდან კლიმატის ცვლილება რეალურად დაიწყო მეცხრამეტე საუკუნეში წიაღისეული საწვავის მასობრივი გამოყენებით, თუმცა საცნობარო პერიოდად 1986-2005 წლების აღება იძლევა სხვადასხვა რეგიონებისა და ქვეყნების შედარების შესაძლებლობას მუდმივ პერიოდებზე, რომლებზეც გლობალურად ხელმისაწვდომია მეტეოროლოგიური მონაცემები.

- შეფასება სივრცობრივად შემოიფარგლება მდინარე ბაზვის ზემო აუზით (ბაზვი 3-ის სათავე ნაგებობის ზედა ბიეფში). ეს წყალამდები მოიცავს კურორტ ბახმაროს, რომლის მიმართაც თავდაპირველად წამოიჭრა მიკროკლიმატზე ზემოქმედების საკითხები.
- დროის საზღვრები შეზღუდულია მომდევნო 30 წლით, საერთაშორისო ჰიდროენერგეტიკული ასოციაციის რეკომენდაციების შესაბამისად.

3.3 გაანგარიშების მეთოდოლოგია

3.3.1 ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედება მაკროკლიმატზე

მეთოდოლოგია ეფუძნება შემდეგ შეფასებებს (1) სათბურის აირების ემისიები, რომლებსაც გამოიმუშავებს ბაზვი 2 ჰიდროენერგეტიკული სქემა მშენებლობისა და ოპერირების ფაზაში და (2) საქართველოს ელექტროქსელებისა და თბოელექტროსადგურების სათბურის აირის ემისიების ფაქტორების შედარება იმავე ენერგოგამომუშავების პირობებში.

გამოყენებული მეთოდი ეფუძნება საერთაშორისოდ და საჯაროდ ხელმისაწვდომ სახელმძღვანელო მითითებებს და სწავლებებს, რომლებიც აღწერილია მომდევნო ტექსტში (იხ. თავი 4).

3.3.2 ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედება მიკროკლიმატზე

თავში 2.2 მოცემული განხილვისა და ICOLD-ის 96-ე ბიულეტენის რეკომენდაციების საფუძველზე, მეთოდოლოგია ყურადღებას ამახვილებს ორ ძირითად ეფექტზე: შეგუბების შექმნასა და მდინარე ბაზვისწყლის აუზში ნაკადის შემცირებაზე ბაზვი 2 ჰესის შემოვლით მონაკვეთზე:

- ალბედოს ცვლილება: ეს ზემოქმედება ფასდება ადგილობრივად ალბედოების შედარებით ბაზვი 2-ის მშენებლობამდე და შემდგომ პერიოდში.
- წყლის და ჰაერის ტემპერატურების შეცვლილი ურთიერთქმედება: ეს ზემოქმედება ფასდება წყლის ზედაპირის და ჰაერის ურთიერთქმედების შედარებით ბაზვი 2-ის მშენებლობამდე და შემდგომ პერიოდში.
- ცვლილებები წყლის აორთქლების პროცესში: ეს ზემოქმედება ფასდება წყლის აორთქლების შედარებით მცენარეული საფარიდან ბაზვი 2-ის მშენებლობამდე და შემდგომ პერიოდში.

შეგუბების ზედაპირზე ქარის მზარდი ეფექტი, რაც აგრეთვე ნახსენებია ICOLD -ის 96-ე ბიულეტენის რეკომენდაციებში, არ არის გამოკვლეული, ვინაიდან არ მიიჩნევა რელევანტურად პროექტის კონტექსტში: ბაზვი 2-ის წყალამდებზე ფორმირებული შეგუბება უაღრესად მცირეა ქარის რეჟიმზე ზემოქმედების მოსახდენად.

3.4 ბაზვი 2 ჰესის პროექტის ძირითადი პარამეტრები

ძირითადი პარამეტრები, რომელიც საჭიროა ბაზვი 2-ის ჰიდროენერგეტიკული პროექტის ზემოქმედების შესაფასებლად მიკროკლიმატზე:

- შექმნილი შეგუბების ფართობი: $0.285 \text{ ჰა} = 2\,850 \text{ მ}^2$ არის $53 \times 53 \text{ კმ}$ -ის ეკვივალენტი, რაც უფრო მცირეა, ვიდრე ორი ოლიმპიური კატეგორიის საცურაო აუზი.
- ტყის ფართობი, რომელიც მოექცევა ზემოქმედების ქვეშ არის: $33.21 \text{ ჰა} = 332,100 \text{ მ}^2$, საიდანაც 19.65 ჰა პერმანენტული დანაკარგია, ხოლო 13.56 ჰა დროებითი.
- დაკარგული ჰაბიტატის საკომპენსაციოდ გაშენებული ტყის ფართობი: $40 \text{ ჰა} = 400\,000 \text{ მ}^2$.
- მდინარე ბაზვისწყალის ეკოლოგიური ხარჯი იქნება) (i) $0.34 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ -მდე 3.1 კმ მონაკვეთზე ბაზვი 2ა-თვის, და (ii) $0.39 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ -მდე 3.6 კმ მონაკვეთზე ბაზვი 2ბ-თვის.

4 მაკროკლიმატზე ზემოქმედება

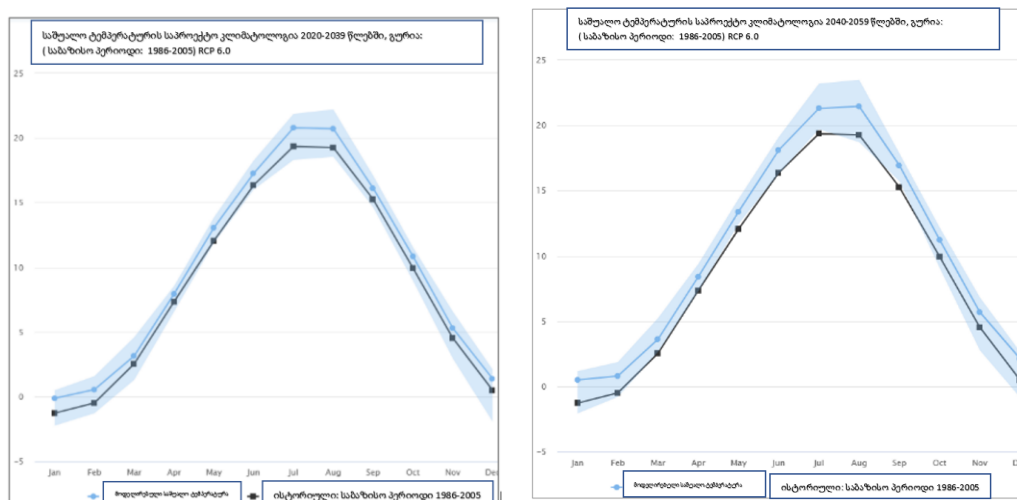
4.1 მაკროკლიმატის არსებული ცვლილებები

მსოფლიო ბანკის კლიმატის საცნობარო პორტალი⁸ წარმოადგენს ვებ-გვერდს კლიმატის პროგნოზისთვის. მასში მეტეოროლოგიური პარამეტრებით მოცემულია გლობალური კლიმატური ცვლილებების არსებული და მოსალოდნელი ზემოქმედებების რეგიონული მასშტაბის შეფასებები. ამ თავში წარმოდგენილი და განხილული რაოდენობრივი მონაცემები აღებულია ამ ვებ-გვერდიდან. გამოყენებულ გეოგრაფიულ მდებარეობას წარმოადგენს გურიის რეგიონი. მიმოხილვაში ყურადღება გამახვილებულია საშუალო სცენარზე კონცენტრაციების რეპრეზენტაციული ტრაექტორიით (RCP) 6.0-მდე, რომელიც ამჟამად ყველაზე მეტად რეალისტურია.

4.1.1 ტემპერატურები

1986-2005 წლის საცნობარო პერიოდთან შედარებით, გურიის რეგიონში უკვე ფიქსირდება ტემპერატურის 1°C-ით ზრდა, ხოლო დამატებითი 1°C-იანი ზრდა მოსალოდნელია მომდევნო 20-30 წელიწადში. ეს რიცხვები შესაბამისობაშია დასავლეთ ევროპის აღრიცხულ მონაცემებთან და დაკვირვებებთან. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ ეს მონაცემები წარმოადგენს საშუალო მაჩვენებლებს რეგიონულ დონეზე. მთიან რეგიონებში დაკვირვებები გვიჩვენებს, რომ ტემპერატურის ზრდა ორჯერ უფრო სწრაფად მიმდინარეობს ალპურ ზონაში (უფრო მაღალ ნიშნულზე): ეს განპირობებულია თოვლის საფარის ხანგრძლივობითა და ზომების შემცირებით, რაც გამომდინარეობს ნიადაგის დაბალი საშუალო ალბედოდან და შესაბამისად სიციხის მაღალი შეკავების უნარით.

ნახაზი 3 - გურიის რეგიონის ტემპერატურული პროექციები (°C)



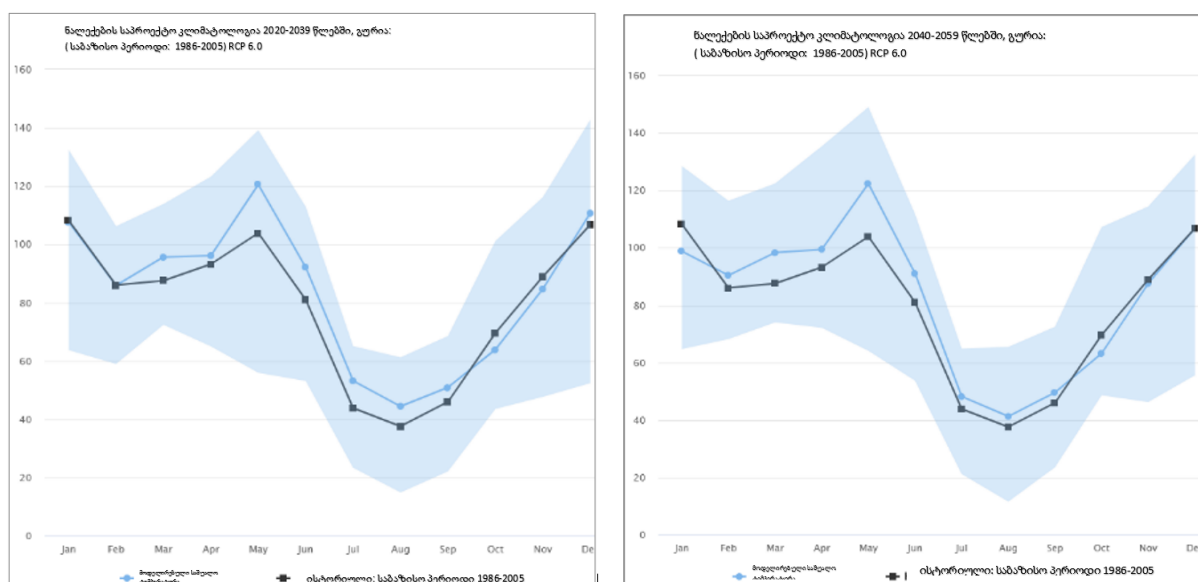
⁸ <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/georgia/climate-data-projections>

ბაზმარო მდებარეობს ალპურ ზონაში და ამდენად არის (და იქნება) უფრო მკვეთრი ცვლილებების საგანი. ადგილობრივი ეკოსისტემებისთვის, რომლებზეც ზემოქმედებას ახდენს სიმაღლით განპირობებული ტემპერატურის კლება, ტემპერატურის ზრდა 2-დან 4 °C მდე ბაზმაროში გაუტოლდება სიმაღლის კლებას 300-დან 600 მ-მდე (0.65°C/100მ). ეს ნიშნავს, რომ, მაგალითად, ამჟამად დაბალ ზონაში გავრცელებული ხეების სახეობები გავრცელდება მაღალ ზონებშიც (პიონერი სახეობების უპირატესობით) და ტყის ზოლი ზემოთ აიწევს.

4.1.2 ნალექიანობა

1986-2005 წლების საცნობარო პერიოდთან შედარებით, მოსალოდნელია წლიური ნალექიანობის მცირედი ზრდა, თუმცა არათანაბარი განაწილებით. მაღალი ნალექიანობა მოსალოდნელია გაზაფხულზე (მარტიდან ივნისამდე) და უფრო ნაკლებად ზაფხულსა და შემოდგომა-ზამთარში.

ნახაზი 4 - გურიის რეგიონის თვიური ნალექიანობის პროექცია (მმ)



4.2 ბაზვი 2-ის პროექტის მიერ გამოწვეული დამატებითი ცვლილებები

ბაზვი 2-ის ჰესის ერთადერთი პირდაპირი ზემოქმედება მაკროკლიმატზე უკავშირდება მის ზემოქმედებას ატმოსფერული სათბურის აირების კონცენტრაციაზე. ერთი მხრივ, ბაზვის 2-ის ჰესის მშენებლობა სათბურის აირების წყარო იქნება სამშენებლო ფაზაში. მეორე მხრივ, ბაზვი 2-ის ოპერირების ეტაპზე არ წარმოიქმნება სათბურის აირები და, ამდენად, თავიდან იქნება აცილებული ენერგიის წარმოქმნა წიაღისეული საწვავის წყაროებიდან, რომელსაც მაღალი ემისიურობა ახასიათებს.

4.2.1 სათბურის აირის ემისიები მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ფაზებში

ბაზვის 2 ჰესს არ აქვს დიდი მოცულობის შეგუბება და, ამდენად, სათბურის აირების წარმოქმნის მთავარი წყარო დაკავშირებული იქნება მშენებლობასთან. მშენებლობასთან დაკავშირებული ემისიების შეფასება მოხდა იმ მოცულობებისა და რაოდენობების საფუძველზე, რაც საჭიროა პროექტის მშენებლობისთვის. გამოყენებულია ინტერამერიკული განვითარების ბანკის მეთოდოლოგია⁹: ეს არის უახლესი და ყოვლისმომცველი მეთოდოლოგია, მასში მოცემულია ემისიის ფაქტორები, რომლებიც პროექტის რაოდენობებზე და მოცულობებზე გაანგარიშებით, იძლევა მშენებლობის საქმიანობის კვალის გამოქვითვის შესაძლებლობას.

ცხრილი 4 – მშენებლობის სა ემისიები

ერთეული	რაოდენობა		სა ერთეულის შემადგენლობა		სა კვალი
					ტონა CO ₂ ექვ.
ბეტონი	27 146	მ ³	1905	კგCO ₂ ექვ/მ ³	51 713
არმატურა	1 350	ტონა	1.1	კგCO ₂ ექვ/კგ	1 485
ექსკავაცია	459 548	მ ³	36.7	კგCO ₂ ექვ/მ ³	16 865
საწვავი (ავტომობილები და გენერატორები)	4 050 000	ლ	2.7	კგCO ₂ ექვ/ლ	10 935
დატბორილი გრუნტი	0.285	ჰა	10	ტონა C/ჰა	3
ხეების ჭრა (ტყის აღდგენამდე)	19.65	ჰა	217	ტონა CO ₂ /ჰა	4 264
ჯამი					85 265

შედეგად, 85 265 ტონა CO₂ ეკვივალენტი, (ჯამში ბაზვი 2ა-სა და 2ბ-თვის), რაც შესაბამისობაშია სხვა მცირე ჰესების პროექტებთან, რომელთა სათბურის აირების კვალი მშენებლობის დროს ჩვეულებრივ შეადგენს 50 000 ტონა CO₂-ის ეკვივალენტს. CO₂-ის ემისიების ძირითადი წყაროა ბეტონის ის მოცულობები, რაც მშენებლობისათვის გამოიყენება.

4.2.2 სათბურის აირის ემისიების პრევენცია ოპერირების ფაზაში

სათბურის ემისიების მოცულობები, რომელთა თავიდან აცილება ხდება ჰიდროენერგეტიკული სქემების მიერ, შეიძლება ორგვარად გაანგარიშდეს: ეროვნული ელექტროგადამცემი ქსელის საშუალო სათბურის აირებითან შედარებით, ან ქვეყანაში ტექნიკურად ხელმისაწვდომ ალტერნატივასთან შედარებით.

ბაზვი 2ა და 2ბ სქემების მოსალოდნელი საშუალო წლიური გამომუშავება იქნება 45.5 გვტ/სთ და 92.8 გვტ/სთ.

საქართველოს ელექტროენერგიის გადამცემი ქსელის ემისიის ფაქტორი შეადგენს 333 გCO₂-ს წარმოებულ კილოვატსაათ ელექტროენერგიაზე¹⁰, რაც გულისხმობს, რომ ბაზვი 2-ის პროექტი

⁹ IDB. (2012). სათბურის აირების ემისიების შეფასების მეთოდოლოგია.

¹⁰ EBRD's სათბურის აირების ემისიის შეფასების მეთოდოლოგია

მისი ნულოვანი წარმოების ემისიებით, ელექტროენერგიის გადამცემ ქსელში ეკვივალენტური ენერგიის წარმოებას აჯობებს და თავიდან აიცილებს წლიურ 46 054 ტCO₂-ის ემისიას.

მცირე ჰესის ტექნიკურად ხელმისაწვდომ ალტერნატივას წარმოადგენს ბუნებრივ აირზე მომუშავე თბოელექტროსადგური, რომელიც ბუნებრივ აირს რუსეთიდან იღებს. თანამედროვე ბუნებრივ აირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურის ემისიები შეადგენს 400 გCO₂, ბაზვი 2-ის პროექტი, ამგვარ ტექნოლოგიასთან შედარებით, **55 320 ტ CO₂ეკვ/წლ** ემისიის თავიდან აცილებას შეძლებს (აღნიშნულ გათვლაში არ შედის ბუნებრივ აირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურის მშენებლობის ემისიები, ასევე ბუნებრივი აირის მიწოდების დანაკარგები, რაც სათბურის აირების მთავარ განმაპირობებელ ფაქტორებს წარმოადგენს).

ემისიები რომლებიც მშენებლობის ფაზის დროს წარმოიქმნება, ორ წელიწადზე ნაკლებ პერიოდში იქნება კომპენსირებული, რაც მცირე ჰესისთვის სტანდარტული მაჩვენებელია.

4.2.3 დასკვნა: მაკროკლიმატის ზემოქმედება ბაზვი 2-ზე

2019 წელს გლობალური სათბურის აირების ემისიები, შეფასებით, შეადგენდა 57 გიგატონა CO₂-ის ეკვივალენტს.¹¹ ამდენად, ბაზვი 2-ის მშენებლობა შეადგენს გლობალური წლიური ემისიების 0.0001 %-ს, ხოლო მისი ოპერირებით შესაძლებელი იქნება გლობალური წლიური ემისიების 0.00008 %-ის თავიდან აცილება.

ბაზვი 2-ის ზემოქმედება მაკროკლიმატზე, ამდენად, იქნება მინიმალური, მაგრამ პოზიტიური მოკლე და გრძელვადიან პერსპექტივაში მშენებლობის პერიოდის შემდგომ, ხოლო მშენებლობის დროს პროექტი იქნება სათბურის აირების ემისიების წარმოქმნაში ზღვრულად მინიმალური წვლილის შემტანი.

¹¹ PBL (2020-12-21). ["გლობალურად CO₂ -ის და ჯამური სათბურის აირების ემისიები; 2020 ანგარიში"](#). PBL ნიდერლანდების გარემოს შეფასების სააგენტო.

5 მიკროკლიმატზე ზემოქმედება

5.1 არსებული მიკროკლიმატი და ცვლილებები

5.1.1 ბაზვი 2 ჰესის გავრცელების ზონაში და მის გარშემო

ბაზვი 2 კასკადი მდებარეობს მდინარე ბაზვისწყლის ხეობაში, 1 378 მ ნიშნულზე (წყალამდები) ზედა მიმართულებასა და 506 მ ნიშნულზე (სადგური) ქვედა მიმართულებას შორის.

მდინარე ბაზვისწყლის დაბლობს არ აქვს რაიმე სპეციფიკური მიკროკლიმატი, არამედ მოიცავს მიკროკლიმატების ერთობლიობების ნაკრებს. ამ ნაკრებზე ხუთი ძირითადი ფაქტორი ახდენს ზემოქმედებას:

- **სიმაღლე ზღვის დონიდან**, საშუალო დანაკარგით $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{მ}$. ეს ნიშნავს, რომ საშუალო წლიური ტემპერატურა ბაზვი 2-ის ელექტროსადგურზე უნდა იყოს დაახლოებით 2.34°C -ით მეტი ბაზვი 2-ის წყალამდების ლოკაციასთან შედარებით;
- **ორიენტაცია/მიმართულება**, სამხრეთის მხარეს მიმართული ფერდობები უფრო თბილია, ვიდრე ჩრდილოეთის მხარეს მიმართული ფერდობები;
- **მცენარეების ტიპი და სიხშირე**, ხშირი ტყეების ზონა უფრო გრილია და ტენიანი მდელოებთან და კლდოვან ადგილებთან შედარებით;
- **მდინარეებთან და წყაროებთან სიახლოვე**: წყლის ტემპერატურული ციკლი და სითბოს შეკავების უნარი მნიშვნელოვნად განსხვავდება ჰაერისგან. წყლის ტემპერატურაზე ასევე ზემოქმედებას ახდენს გრუნტისქვეშა ცირკულაცია და შედეგად, ზაფხულში წყალი უფრო გრილია, ვიდრე ჰაერი (აქედან გამომდინარეობს წყლის ობიექტებთან სიახლოვეში გაგრილების ეფექტი), თუმცა ზამთრის სეზონზე წყალი უფრო თბილია, ვიდრე ჰაერი;
- **კლიმატის ცვლილება** (გლობალური დათბობა), რომელიც ზემოქმედებს მთლიანად პლანეტაზე (იხ. მიმოხილვა 4.1 თავში).

მიკროკლიმატზე წყლის სიახლოვის ეფექტი არ არის მკვეთრად გამოხატული ბაზვისწყლის მდინარის დაბლობზე, სხვა ეკოსისტემებთან შედარებით. ეს განსაკუთრებით კარგად ჩანს კონკრეტული სანაპირო მცენარეების არარსებობით, იმ სახეობებთან შედარებით, რომლებიც ფერდობებზე ხარობენ: იგივე ხის ჯიშები წარმოდგენილია მდინარის გასწვრივ და მდინარისგან მოშორებულ ფერდობებზე. ამ ხეების მთავარი მახასიათებელი მდგომარეობს იმაში, რომ ისინი უძლებენ ხანგრძლივ და ცივ ზამთარს ამ ტერიტორიაზე: დაბალ ნიშნულებზე და მდინარე სუფსას ხეობის გასწვრივ სიტუაცია განსხვავებულია და მდინარის ნაპირები ათვისებულია სანაპირო ხეების ტიპური სახეობებით.

ამდენად, მდინარის სიახლოვე ქმნის მიკროკლიმატის გაგრილების ეფექტს და ამას რეგიონის სტუმრები გრძნობენ, თუმცა ეს მიკროკლიმატი არ არის გამორჩეული სპეციფიკური სანაპირო ზოლის მცენარეული საფარის არსებობით, რაც უფრო გააძლიერებდა გაგრილების ეფექტს ათეულობით მეტრის მანძილზე ნაპირებიდან, ტყის დერეფნების მსგავსად, რასაც ტროპიკულ რეგიონებში ვაკვირდებით.

სურათი 4 - მდინარე ბახვისწყლის ნაპირებზე იგივე მცენარეებია გავრცელებული, რაც ფერდობებზე



ზემოაღნიშნულ ხუთ წამყვან ფაქტორს შორის არის:

- სიმაღლე, ორიენტაცია და მდინარესთან სიახლოვე შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივ ფაქტორებად დროის შკალაზე.
- მცენარეების საფარი ამჟამად ცვლილებას განიცდის, ხე-ტყის (კანონიერი თუ უკანონო) ჭრისა და ტყის აღდგენის საქმიანობების შედეგად. მოსალოდნელია, რომ მცენარეული საფარი სისტემატურ ცვლილებებს დაექვემდებარება კლიმატის ცვლილებების შედეგად, რაც ზემოქმედებას იქონიებს სახეობების განაწილებასა და გავრცელების სიხშირეზე.
- კლიმატის ცვლილება (გლობალური დათბობა) მიმდინარეობს და ზემოქმედებს მდინარე ბახვისწყლის წყალშემკრებ აუზზე, გამონაკლისის გარეშე.

5.1.2 ბახმარო

სიტუაცია ბახმაროს კურორტზე ისეთივეა, როგორც მდინარე ბახვისწყლის აუზში, რაც არ არის გასაკვირი, რადგან კურორტს უკავია მდინარე ბახვისწყლის წყალშემკრები აუზის ზედა ნაწილი. აქაც შეიძლება ანალოგიური დაკვირვების გაზიარება: ბახმაროს არ აქვს სპეციფიკური მიკროკლიმატი, არამედ მას ახასიათებს მიკროკლიმატების ერთობლიობის ნაკრები.

ხუთი ფაქტორის გარდა, რომლებიც ზემოქმედებენ მიკროკლიმატის განაწილებაზე მდინარე ბახვისწყლის აუზში (სიმაღლე, ორიენტაცია, მცენარეული საფარი, მდინარესთან სიახლოვე და კლიმატის ცვლილება), კურორტ ბახმაროს მიკროკლიმატებზე ასევე ზემოქმედებს მზარდი ურბანული მიწათსარგებლობა: მაგალითის სახით: სურათი 5 წარმოადგენს სახლების მშენებლობის მზარდ დინამიკას ბახმაროს მეზობელ ტერიტორიებზე უკანასკნელი სამი წლის განმავლობაში (წყარო: google earth).

სურათი 5 - სახლების მშენებლობა ბახმაროში (2017-2020)



ურბანიზაციის შედეგად ალბედო იცვლება ოთხი განსახვავებული მიმართულებით და ყველა მათგანი შედეგად იწვევს ალბედოს შემცირებას, რაც გულისხმობს შთანთქმული სითბოს რაოდენობის ზრდას და შედეგად ტემპერატურის მატებას, უკან ცაში არეკვლის ნაცვლად:

- მდელოების ჩანაცვლება გრუნტის გზით
- მდელოების ჩანაცვლება შენობებით
- ხის ჭრა და შენობებით ჩანაცვლება
- გრუნტის გზის ჩანაცვლება ასფალტის გზით.

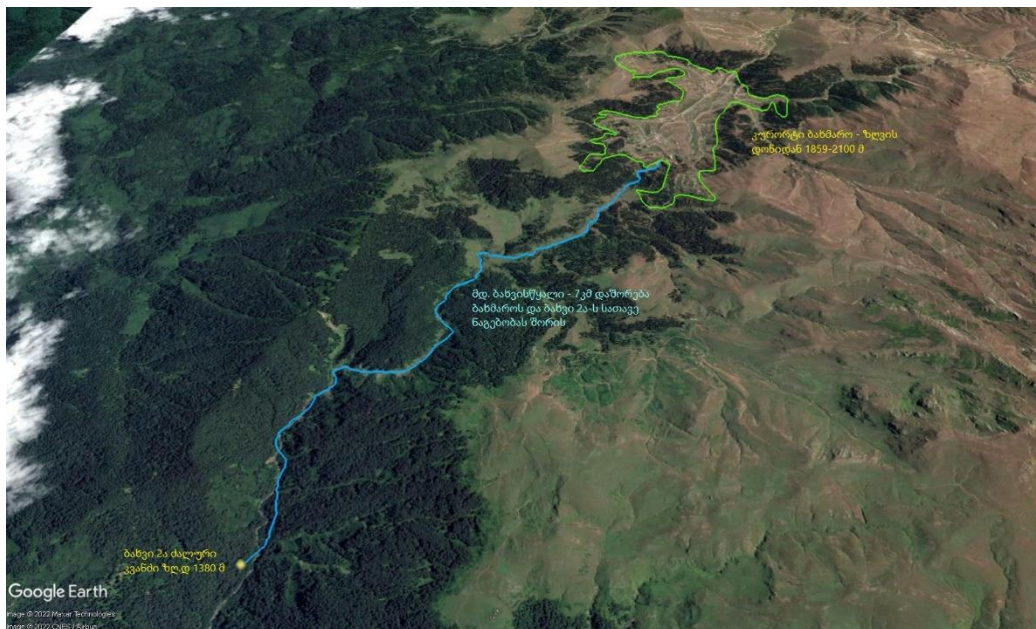
5.1.3 გეოგრაფიული კავშირი ბახვი 2-ის ჰესსა და კურორტ ბახმაროს შორის

კურორტ ბახმაროს განაშენიანებული ტერიტორია მდებარეობს ზღვის დონიდან 1 850 მ-დან 2 100 მ-მდე სიმაღლის ნიშნულზე. მდინარე ბახვისწყალი მიედინება კურორტ ბახმაროს გავლით და ტოვებს მას 1 850 მ სიმაღლეზე. მდინარე ბახვისწყალის ხეობა ვრცელდება დასავლეთი-ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულებით. ამ ხეობის გავლით, მანძილი კურორტ ბახმაროსა და ბახვი 2-ის წყალამღებ ნაგებობას შორის შეადგენს 3 400 მ-ს.

ამდენად, შეჯამების სახით, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ბახვი 2 ჰესის სქემის უახლოესი ობიექტი (კერძოდ, მისი წყალამღები ნაგებობა) მდებარეობს:

- ბაზვი 2ა-ს სათავე კურორტ ბახმაროს სიმაღლესთან შედარებით 500 მეტრით დაბალ ნიშნულზე, ხოლო ბაზვი 2ბ-ს სათავე კი 900 მეტრით დაბალ ნიშნულზე, ხეობის გასწვრივ 7 კმ მანძილზე.

სურათი 6 - ბაზვის 2-ის წყალამღების მდებარეობა ბახმაროს კურორტთან მიმართებაში



5.2 ბაზვი 2 პროექტით განპირობებული ცვლილებები

ამ თავში მოცემულია იმ ცვლილებების ამომწურავი მიმოხილვა, რომლებსაც გამოიწვევს ბაზვი 2-ის ჰესი მიკროკლიმატის განმაპირობებელ ფაქტორებთან მიმართებაში (იხ. თავი 5.1), მიკროკლიმატის ფიზიკური მახასიათებლების გათვალისწინებით.

მიკროკლიმატზე ზემოქმედების მქონე ყველა ფაქტორს შორის (იხ. თავი 2.2), ზოგიერთი შეიცვლება ბაზვი 2 ჰესის მშენებლობისა და ექსპლუატაციის შედეგად, ხოლო დანარჩენები დარჩება უცვლელი:

- ბაზვი 2 ჰესი არ შეცვლის განედს, სიმაღლეს, გეოგრაფიით განპირობებულ ჩრდილს და ქარების მოძრაობას.
- ბაზვი 2 ჰესი ზღვრულად მინიმალურ ზემოქმედებას იქონიებს სათბურის აირების კონცენტრაციაზე - იხ. თავი 4.2.
- ბაზვი 2 ჰესი შეცვლის ადგილობრივ ალბედოს, მცენარეულ საფარს (სადაც მოხდება ხეების ჭრა) და წყლის ობიექტების ფართობებს (მცირე შეგუბების შექმნა და მდინარის ნაკადის შემცირება). აღნიშნული საკითხი თემების მიხედვით განხილულია მომდევნო ქვეთავებში.

5.2.1 ალბედოს ცვლილება

ბახვი 2 ჰესის მშენებლობა და ექსპლუატაცია გამოიწვევს პროექტის მიერ გამოყენებულ ზედაპირზე ალბედოს ცვლილებას. ზემოქმედების ქვეშ მოხვედრილი ამ ზედაპირების დიდი სია მოცემულია ცხრილი 5 ცხრილში.

ვინაიდან ზამთარში მთლიანი ტერიტორია თოვლით იფარება, გაანგარიშებებში გამოყენებულია ზაფხულის ალბედოს მნიშვნელობები (როდესაც ლანდშაფტი თოვლით არ არის დაფარული).

ცხრილი 5 - ბახვი 2-ის შედეგად გამოწვეული ალბედოს ცვლილებები

საქმიანობა	ალბედოს ცვლილება	ფართობი	ალბედო x ჰექტარის ცვლილება
ტყის ზონების ჩანაცვლება ბეტონით (შენობები და არხი)	ტყის ბეტონით ჩანაცვლება 0.15 - 0.55 ჰექტარი	0.65 ჰა	0.26
მდელოს ჩანაცვლება ბეტონის ნაგებობით (შენობა და არხი)	მდელოს ბეტონით ჩანაცვლება 0.25 - 0.55	0.0 ჰა	0
ტყის ზონების ჩანაცვლება გრუნტით (გრუნტის გზის მშენებლობა)	ტყის ჩანაცვლება გრუნტით 0.15 - 0.17	19.00 ჰა	0.38
ტყით დაფარული ფართობის წმინდა მატება ტყის აღდგენის მეშვეობით	მდელოს ტყით ჩანაცვლება 0.25 - 0.15	40 ჰა	-4
მდინარის სიგანის შემცირება 2 მეტრით 6.7 კმ მონაკვეთზე	წყლის ობიექტის ჩანაცვლება ხმელეთით 0.35 - 0.17	1.34 ჰა	-0.24
წყალამღებ ნაგებობასთან შეგუბების შექმნა	ტყის ჩანაცვლება წყლის ობიექტით 0.15 - 0.35	0.285 ჰა	0.057
სულ			-3.543

პროექტის განხორციელების შედეგად მოხდება 3.543 ალბედო-ჰექტარის დაკარგვა.

შედარებისთვის, ბახვისწყალის ზედა წყალშემკრების (6 200 ჰა) 2/3 დაფარულია ტყით, ხოლო 1/3 დაფარულია მდელოებით (საშუალო ალბედო 0.18), ამდენად ალბედოსა და ჰექტარის ნამრავლის მაჩვენებელი შეადგენს 1 116-ს. პროექტი განსაზღვრავს ალბედოს შედარებით ცვლილებას 0.3%-ით.

ამდენად, ბახვი 2 პროექტის ფარდობითი ზემოქმედება სითბოს შთანთქმავზე/არეკვლაზე კურორტ ბახმაროში და მდინარე ბახვისწყლის აუზის ზედა ბიეფში, მიჩნეულია უმნიშვნელოდ.

5.2.2 მცენარეული საფარის ცვლილება

მცენარეული საფარის ცვლილება პროექტის ზემოქმედების შედეგად გამოიწვევს შემდეგ ვარიაციას:

- საპროექტო ტერიტორიის ალბედოსა და სითბოს შთანთქმის/არეკვლის ცვლილება - ეს საკითხი წინა 5.2.1 თავშია განხილული.
- წყლის ბალანსის რეჟიმის ცვლილება, ხეების ბალახით ჩანაცვლების შედეგად.

წყლის ბალანსის ზემოქმედების შესაფასებლად, მთავარი აქცენტი გადატანილია ნალექიანობის იმ ნაწილზე, რომელიც აკუმულირებულია საჩრდილობლის მიერ და იკარგება აორთქლების შედეგად გრუნტამდე მიულწევლად¹², და რომელიც ფაქტობრივად იმ ადგილებში მიაღწევს გრუნტს, სადაც მოხდება ხეების ჭრა. აკუმულირების მაჩვენებელი უფრო მაღალია (40-60%) სოჭის და ნაძვის ხშირ ბნელ ტყეებში კავკასიონის მთებში¹³.

საპროექტო ტერიტორიაზე საშუალო წლიური ნალექიანობა შეადგენს 1 500 მმ-ს, რაც ნიშნავს, რომ ნალექის წლიური მოცულობა ზემო ბახვისწყლის მდინარის აუზში (62 კმ²) შეადგენს დაახლოებით 93 მილიონ მ³-ს.

პროექტის ფარგლებში ტყის აღდგენილი ფართობი შეადგენს 0.2 კმ²-ს, ანუ ტყის ფართობის 0.5%-ს ზემო ბახვისწყლის მდინარის აუზში. აგრეთვე, ტყის მასივის დამატება გაზრდის წვიმის აკუმულირებას 50%-ით (საშუალოდ 40%-დან 60%-მდე) ამ 0.2 კმ²-ზე, რაც შედეგად გამოიწვევს წყლის ბალანსის შეცვლას 0.15 მილიონი მ³-ით წლის განმავლობაში.

აღნიშნული წარმოადგენს ზემო ბახვისწყლის აუზის ატმოსფერული წყლის ბალანსის 0.16%-ს და, ამდენად, მიიჩნევა უმნიშვნელოდ.

5.2.3 წყლის ობიექტების ზედაპირის ცვლილება

პროექტის შედეგად გამოწვეული წყლის ობიექტების ცვლილება გამომდინარეობს შემდეგი გარემოებებიდან:

- მდინარის კალაპოტში წყლის ნაკადის სიგანის შემცირება (6.7 კმ). ეს ვარაუდი ეყრდნობა ბახვი 3-ის შემცირებულ ნაკადზე დაკვირვებას.
- 0.285 ჰა შეგუბებების შექმნა.

საერთო ჯამში, წყლის ზედაპირი შემცირდება 1.34 ჰა-თ და გაიზრდება 0.285 ჰექტრით, რაც ნიშნავს, რომ ნეტო დანაკარგი შეადგენს 1.035 ჰა-ს.

წლიური 1 000 მმ/წ აორთქლების დაშვებით¹⁴, წყლის ობიექტების ზედაპირის შემცირება გამოიწვევს აორთქლების კარგვას წლიურად 10 350 მ³ მოცულობით. აღნიშნული წარმოადგენს

¹² UNU, ტყეები, კლიმატი და ჰიდროლოგია: რეგიონული ზეგავლენა, სატყეო საქმიანობისა და ტყეების აღდგენის ზეგავლენა წყლის ბალანსზე, 1988, 217 გვერდი

¹³ რახმანოვი ვ.ვ. 1962. ტყეების როლი წყლის კონსერვაციაში. Goslesbumizdat, მოსკოვი, 236 გვ.

¹⁴ საპროექტო ტერიტორიაზე არ არის აღრიცხული მონაცემები. მთიან რეგიონში აორთქლების მაჩვენებელი შეადგენს 500-1500 მმ-ს წელიწადში.

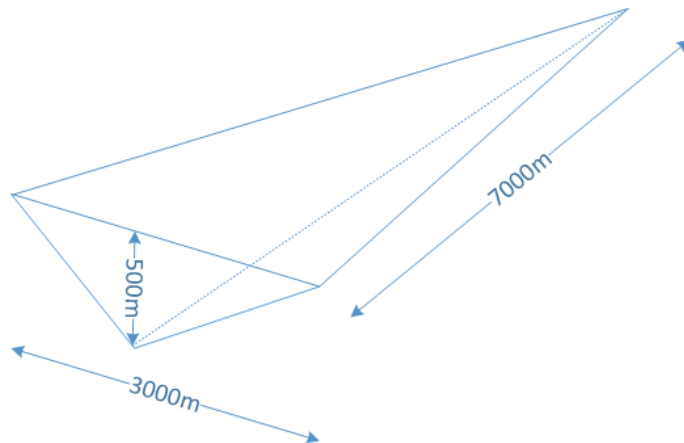
ნალექიანობის მოცულობის 0.01 %-ს ზემო ბახვისწყლის მდინარის აუზში. ამდენად, წყლის ობიექტების ზედაპირის შემცირების ეფექტი ატმოსფერული ჰაერის ტენიანობაზე, უმნიშვნელო იქნება.

5.3 ზემოქმედება მიკროკლიმატზე ზემოქმედების მქონე ფაქტორებზე

5.3.1 ბახვი 2-ის მიერ დამატებითი ნისლის წარმოქმნის რისკი

ბახვი 2-ის შეგუბების თავზე ნისლის ფორმირება არ არის მოსალოდნელი, შეგუბების უაღრესად მცირე მოცულობის გამო.

იმისთვის, რომ ნისლმა მიაღწიოს კურორტ ბახმარომდე, საჭირო იქნება 500 მ-ზე მეტი სისქის ნისლის წარმოქმნა შეგუბების თავზე (ვინაიდან შეგუბების მდებარეობს ბახმაროს კურორტის 500 მ-ზე დაბალ ნიშნულზე, ხოლო ნისლი ჰორიზონტალურად ვრცელდება) და 7 კმ სიგრძით (ვინაიდან შეგუბება კურორტ ბახმაროდან დაშორებულია 7 კმ-ით). მომდევნო გამარტივებული სქემა წარმოადგენს ამგვარი ნისლის ღრუბლის მოცულობის გაანგარიშებას წყალსატევსა და კურორტ ბახმაროს შორის: 1 750 მილიონი მ³.



კონსერვატიული დაშვებით, რომ ჰაერის ტემპერატურა იქნება 0° C, და ის გარემოება, რომ წყალი მიაღწევს გაჯერებას 4.85 გ/მ³ მოცულობით ამ ტემპერატურაზე, წყლის მოცულობა, რომელსაც ღრუბელი მოიცავს იქნება 8 487 მ³: ეს ნიშნავს 2 978 მმ აორთქლებას შეგუბებიდან, რომელიც წლიურ აორთქლებაზე 2-3-ჯერ მეტია.

8 487 მ³-ის აორთქლებისთვის¹⁵ საჭიროა 331.6 მგ/სთ. რადგან დედამიწაზე მზის მაქსიმალური რადიაცია არის დაახლოებით 1 000 ვ/მ² და ბახვი 2-ის შეგუბების ფართობია 2 850 მ², 8 487 მ³-ის აორთქლებისთვის საჭირო 5 685 მგ/სთ-ის მისაღებად საჭირო იქნება მზის განუწყვეტელი გამოსხივება 1476 საათის განმავლობაში, რაც, რასაკვირველია, შეუძლებელია დღე/ღამის ციკლის გამო.

¹⁵ 25°C ტემპერატურის 1 გრამი წყლის აორთქლებისთვის საჭიროა 0.67 ვ/სთ – რაც ძალიან კონსერვატიული დაშვებაა მდინარე ბახვისწყლის შემთხვევაში, რომლის წყლის ტემპერატურა ზაფხულში 10°C-ს უახლოვდება.

განგარიშები გვიჩვენებს, რომ ბაზვი 2-ის შეგუბებიდან შეუძლებელია ისეთი ნისლის წარმოქმნა, რომელიც მიაღწევს კურორტ ბახმარომდე.

5.3.2 ბაზვი 2-ის შედეგად ბახმაროში ნისლის შემცირების რისკი

ბახმაროს თავზე პერიოდულად წარმოიქმნება ნისლი. ნისლის წარმოქმნას განაპირობებს ჰაერში არსებული წყლის კონდენსაცია.

რადგან კურორტ ბახმაროს ტერიტორია დაახლოებით 3 კმ²-ს მოიცავს, კურორტ ბახმაროზე ნისლის ძალიან თხელი ფენის წარმოქმნისთვის, მაგალითად, 20 მ სისქის (რაც ნიშნავს 60 მილიონი მ³ ღრუბელს), საჭიროა აორთქლება (გამოწვეული სითბოს წყაროს მიერ) და 900 მ³ წყლის¹⁶ ხელახლა კონდენსაცია (გამოწვეული გაგრილების ეფექტით).

მსგავსი ნისლის ღრუბელი რომ გაქრეს საჭირო იქნება სითბოს წყარო (გაგრილების ეფექტის დასაბალანსებლად): ეს არის თავში 5.3.1 აღწერილი ფენომენის საპირისპირო მოვლენა და უზარმაზარი ოდენობით სითბო იქნება საჭირო ნისლის ფორმირების თავიდან ასაცილებლად: მზე შეიძლება იყოს სითბოს მსგავსი წყარო (რაც, საზოგადოდ, განაპირობებს ნისლის გაქრობას მზის სხივებით გათბობისას), მაგრამ ბაზვი 2-ის წყალმიმღები და შეგუბება არ წარმოქმნიან რაიმე სითბოს, რომელმაც შეიძლება განაპირობოს ბახმაროს თავზე ნისლის ღრუბლის აორთქლება.

ამგვარად, პროექტის გამო ბახმაროში ნისლის ბუნებრივი პროცესებზე ზემოქმედების რისკი, მათ შორის ნისლის შემცირების რისკი მიჩნეულია ნულის ტოლად.

5.3.3 გაზრდილი ან შემცირებული ტემპერატურების რისკი

ტემპერატურის ცვლილება ბახმაროში გამოწვეული იქნება ბაზვი 2-ის პროექტის ფარგლებში განხორციელებული საქმიანობის შედეგად მხოლოდ მაშინ:

- თუ პროექტი გამოჰყოფს მნიშვნელოვანი მოცულობის სიცხეს ატმოსფეროში: ეს რისკი გამორიცხულია, ვინაიდან პროექტი სიცხეს არ გამოჰყოფს განსხვავებით თბოელექტროსადგურისგან, რომელიც უფრო მეტ სიცხეს გამოიმუშავებს, ვიდრე ელექტრონერგიას.
- თუ პროექტი მნიშვნელოვნად შეცვლის არსებული ზედაპირების შთანთქმა/არეკვლის შესაძლებლობას ბახმაროს მიდამოებში - ეს რისკი მიმოხილულია თავში 5.2.1, სადაც წარმოვადგინეთ, რომ პროექტის ზემოქმედება რეგიონულ ალბედოზე უმნიშვნელო იქნება.

პროექტის შედეგად არ არსებობს კურორტ ბახმაროში ტემპერატურის გაზრდის ან შემცირების რისკი.

¹⁶ 20°C ტემპერატურის ჰაერში წყალი კონდენსირდება, როდესაც ის 15 გრამს აღწევს თითოეულ მ³ ჰაერში.

კურორტ ბახმაროში ტემპერატურა გაიზრდება გლობალური დათბობის მიზეზით, თუმცა ეს სრულიად დამოუკიდებელია ბაზვი 2 ჰესის მშენებლობისა და ოპერირების პროცესისგან.

5.3.4 გაზრდილი ან შემცირებული ტენიანობის რისკი

ბაზვი 2 ჰესი არ შეცვლის მდინარე ბახვისწყლის აუზის ან ბახმაროს ნალექიანობის რეჟიმს, შესაბამისად, ტენიანობის ცვლილება ბახმაროში გამოწვეული იქნება ბაზვი 2-ის საპროექტო საქმიანობის შედეგად მხოლოდ იმ შემთხვევაში:

- თუ წყლის ობიექტებიდან აორთქლება გახდება ტენიანობის მნიშვნელოვანი წყარო საპროექტო არეალში - ეს არ არის მოსალოდნელი, რაც აღწერილია თავში 5.2.3.
- თუ პროექტის საქმიანობის შედეგად შეცვლილი ტყის საფარი მნიშვნელოვნად შეცვლის ატმოსფერულ ტენიანობას - ეს არ არის მოსალოდნელი, რაც აღწერილია თავში 5.2.2.

შესაბამისად, არ არსებობს რაიმე რისკი, რომ პროექტმა გამოიწვიოს მაღალი ან დაბალი ტენიანობა ბახმაროს კურორტზე.

ტემპერატურის ზრდა გლობალური დათბობის მიზეზით კურორტ ბახმაროში გამოიწვევს ჰაერის მზარდ ტენიანობას (წყლის შემცველობა ჰაერში გაიზრდება 7%-ით ტემპერატურის 1°C-იანი მატების ფონზე), თუმცა ეს სრულიად არ არის დამოკიდებული ბაზვი 2-ის სქემის მშენებლობასა და ფუნქციონირებაზე.

6 დასკვნა

ამ ანგარიშში მოცემული მაკრო და მიკროკლიმატების ზემოქმედების შეფასებები გვიჩვენებს, რომ:

- ბაზვი 2 ჰესის მშენებლობასა და ექსპლუატაციას ვერ ექნება გაზომვადი ან მნიშვნელოვანი ზემოქმედება ბაზმაროს მაკრო ან მიკროკლიმატზე, ან, უფრო ფართოდ, მდინარე ბაზვისწყლის წყალშემკრებ აუზზე;
- ბაზმარო და მდინარე ბაზვისწყლის წყალშემკრები აუზი, ახლაც და მომავალშიც განიცდიან გლობალური დათბობის მიზეზით გამოწვეულ კლიმატურ ცვლილებებს და ეს ცვლილებები მნიშვნელოვან ზემოქმედებას მოახდენენ ადგილობრივ ეკოსისტემებზე. აღნიშნული ზემოქმედებები ამჟამად მიმდინარეობს და მათი მასშტაბი საერთოდ არ გაიზრდება ან შემცირდება ბაზვი 2ა-სა და 2ბ სქემების მშენებლობისა და ოპერირების შედეგად.

მაკრო და მიკროკლიმატზე ბაზვი 2 ჰესის მნიშვნელოვანი უარყოფითი ზემოქმედების არარსებობის ფონზე, არ არის შემოთავაზებული რაიმე შემარბილებელი ღონისძიებების გატარება.