

საზღვარო მქსპერიმენტული კვლევები ბათუმის და ანაკლიას აკვატორიებში

*მ.ჯამარჯაშვილი, ა.პირიანაშვილი, მ.ლორთქიფანიძე,
დ.ღვებუაძე, ე.თუშანიშვილი, ნ.ჩახვაშვილი,
ბ.ნინიძე, თ.ვაჯაგაშვილი*

მიღებულია 27.10.2014

შავი ზღვა უნიკალურია მსოფლიო მასშტაბით, მასში არსებული თერმოსოლის გამო, რომელშიც წყლის ტემპერატურის სიდიდე ($6-8^{\circ}\text{C}$) პრაქტიკულად არ იცვლება წყლის განვადლობაში.

ექსპერიმენტული კვლევების ძირითად მიზანს შეადგენდა ქბათუმის და ანაკლიას აკვატორიებში თერმოსოლში წყლის ტემპერატურის და ზღვის ნაპირიდან თერმოსოლის უმოკლესი მანძილის დადგენაში. დაფიქსირდა, რომ აღნიშნული აკვატორიების თერმოსოლებში წყლის ტემპერატურა საწყალოდ $8,02-8,05^{\circ}\text{C}$ -ის ფარგლებში იცვლება. შესაბამისად თბოსიცივის სისტემები დაფუძნებული შავი ზღვის სიღრმული წყლის გამოყენებაზე ეკონომიკურად ეფექტიანი როგორც სიცივის წარმოების, ასევე გათბობისა და ცხელწყალმომარაგებას უზრუნველყოფს.

თბოსიცივით მომარაგების ეკონომიკურად ეფექტიანი და, ამავე დროს, ეკოლოგიურად სუფთა მეთოდის განსაზღვრა უაღრესად მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს.

საქართველოს პირობებში ეფექტიანი თბოსიცივით მომარაგების მეთოდის შერჩევას, აუცილებელია მხედველობაში მივიღოთ ის ფაქტი, რომ მისი მოსახლეობის 90% ცხოვრობს სამ კლიმატურ ზონაში (შავი ზღვისპირეთი, დასავლეთის და აღმოსავლეთის დაბლობები), რომლებშიც ჰაერის საანგარიშო ტემპერატურა გათბობის სისტემების დაპროექტების დროს ზამთრის პერიოდში ტოლია: I ზონაში (-2°C); II ზონაში (-4°C); III ზონაში (-7°C). დღეისათვის საქართველოში, ბუნებრივ გაზზე და ელექტროენერგიაზე ფასების თანაფარდობა ისეთია, რომ თბომომარაგებისთვის სამივე აღნიშნულ ზონაში ჰაერი-ფრეონი-წყალი ტიპის თბური ტუმბოს (თტ) გამოყენება ეკონომიკურად წამგებიანია ბუნებრივ გაზთან შედარებით, თბომომარაგების ეფექტურობის განმსაზღვრავი არსებული მეთოდების ფარგლებში. სამუშაოში [1] შემოთავაზებულია ენერგოეკოლოგიური კოეფიციენტის ცნება, რომელიც ერთდროულად ითვალისწინებს როგორც ეკონომიკურ, ასევე ეკოლოგიურ კატეგორიებს. ამ შემთხვევაში სახელმწიფომ, რომლისთვისაც ეკოლოგიური ასპექტები პრიორიტეტულია, ყურად უნდა იღოს [1]-ში მიღებული შედეგები. აქვე შევნიშნავთ, რომ თუკი სითბოს წყარო დადებითი ტემპერატურისაა, კერძოდ, წყალი, მაშინ რევერსიული (თტ) მომხმარებელის გათბობით, ცხელწყალმომარაგებით და სიცივით უზრუნველყოფის დროს უაღტერნატივოა.

აღნიშნული, ბუნებრივ გაზზე პერმანენტული ფასების ზრდის პირობებში, აქტუალურს ხდის, როგორც ჰაერი-ფრეონი-წყალი ტიპის (თტ) – ების, ასევე ხელსაყრელ პირობებში, უფრო ეფექტიანი წყალი-ფრეონი-წყალი ტიპის (თტ) – ების გამოყენებას. ასეთი ხელსაყრელი პირობები დამახასიათებელია საქართველოს შავი ზღვისპირეთისთვის.

შავი ზღვა უნიკალურია მსოფლიო მასშტაბით, მასში არსებული თერმოსოლის გამო, რომელშიც წყლის ტემპერატურის სიდიდე პრაქტიკულად არ იცვლება წლის განმავლობაში [2]. თერმოსოლი ერთდროულად წარმოადგენს კოლოსალურ როგორც სითბოს წყაროს (თბური ტუმბოებისთვის თბომომარაგების რეჟიმში), ასევე უშუალოდ სიცივის წყაროს ჰაერის კონდიციონირებისთვის ზაფხულის თვეებში, საკუთრივ კონდიციონერის, როგორც აპარატის, გამოყენების გარეშე [3].

მსოფლიოში ფუნქციონირებს სხვადასხვა სიმძლავრის დაახლოებით 20 მლნ. (თტ). მსოფლიოს ენერგეტიკული კომიტეტის (მეკ) პროგნოზის თანახმად, 2020 წლისთვის განვითარებულ ქვეყნებში თბომომარაგების 75% განხორციელდება (თტ)-ის მეშვეობით [4].

(თტ)-ს ეფექტიანობა მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია იმ ტემპერატურულ ინტერვალზე, რომელშიც ის მუშაობს. მაგალითად, რუსეთში -20°C ტემპერატურის დროს, რომელიც ჩვეულებრივია რუსეთის განედებისთვის, ჰაერი-წყალი ტიპის (თტ)-ს გამოყენება, როდესაც მას ელექტროენერგია მიეწოდება თბოელექტროცენტრალიდან, სათბობის ეკონომიას არ იძლევა [5]. შედეგში, პირიქით, სადაც ელექტროენერგიის წყაროებს წარმოადგენენ ჰესები და აესები, $t_0 = 4^{\circ}\text{C}$ -იან ზღვის წყალზე მომუშავე წყალი-წყალი ტიპის (თტ)-ს გამოყენებით მიიღწევა 20%-იანი სათბობის ეკონომია საქვებთან შედარებით.

საქართველოს შავი ზღვისპირეთის კლიმატური პირობები და შავ ზღვაში სიღრმული წყლის ტემპერატურის ანომალური განაწილება, განსაკუთრებით ხელსაყრელს ხდის (თტ)-ის გამოყენებას, როგორც ეკონომიკური, ასევე ეკოლოგიური თვალსაზრისით. მაგალითად, აჭარაში, რადგან: 1) გათბობის სისტემის დაპროექტებისას, გარემოს ჰაერის საანგარიშო ტემპერატურა მიიღება -2°C ; 2) ზღვის სიღრმული წყლის ტემპერატურა (50 მ სიღრმეზე ზღვის დონიდან), არსებული მონაცემებით, დაახლოებით ტოლია $t_0 = 6-8^{\circ}\text{C}$ და ფაქტობრივად მუდმივი სიდიდისაა წლის განმავლობაში, (თტ)-ს გააჩნია თერმოტრანსფორმაციის კოეფიციენტის უფრო მეტი სიდიდე, ვიდრე, როდესაც $t_0 = 4^{\circ}\text{C}$ და ადგილი ექნება სითბოს თვითღირებულების დამატებით შემცირებას.

ზემოაღნიშნულის გარდა, ზღვის სიღრმული წყალი ტემპერატურით $t_0 = 8^{\circ}\text{C}$ ოპტიმალურია ჰაერის გაგრილებისთვისაც ზაფხულის თვეებში, მისი უშუალოდ მიწოდებით ფანკოილებში, ან კონტურთშორის თბოგადამცემში გაცივებული მტკნარი წყლის მიწოდებით ფანკოილებში.

ამჟამად ჰაერის კონდიციონირების ასეთი მეთოდი, ორკონტურიანი სისტემის სახით, უკვე რეალიზებულია აშშ-ში, კორნელის უნივერსიტეტში [6]. ამ სისტემაში ელექტროენერგიის ხარჯი თითქმის 10-ჯერ ნაკლებია ჰაერის კონდიციონირების ტრადიციულ მეთოდთან (კომპრესიული სამაცივრო მანქანები) შედარებით.

80-იან წლებში საქართველოს ენერგეტიკის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში შემოთავაზებული იქნა ჰაერის კონდიციონირების ერთკონტურიანი სისტემა (ვენტილაცია ცივი ჰაერით) დაფუძნებული შავი ზღვის სიღრმული წყლის გამოყენებაზე, რომელიც მოიხმარს 15-ჯერ ნაკლებ ელექტროენერგიას ტრადიციულ მეთოდთან შედარებით [7]. მაგრამ უმეტეს შემთხვევაში, ჩვენი მოსაზრებით, უპირატესობა უნდა მიენიჭოს ორკონტურიანი სისტემებს [3].

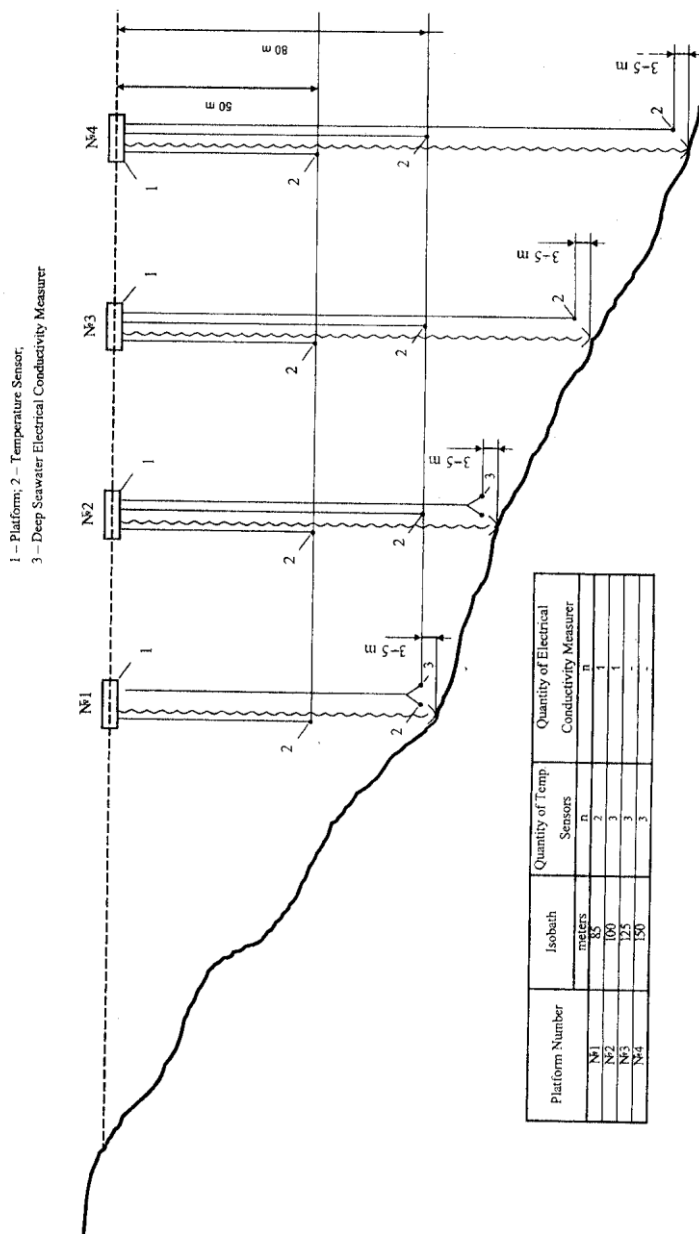
არსებული (~ 100 -წლიანი) ლიტერატურული მონაცემები შავ ზღვაში სიღრმული წყლის ტემპერატურის და მისი სიდიდის სიღრმის მიხედვით განაწილების შესახებ არ შეიძლება იყოს საფუძველი თბოსიცივით მომარაგების კონკრეტულ ობიექტის დაპროექტების დროს, რადგან 1°C –ით სხვაობაც კი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სისტემის ეფექტიანობაზე. შესაბამისად, ყოველ კონკრეტულ აკვატორიაში, უბანში აუცილებელია ექსპერიმენტული საზღვაო ექსპერიმენტების ჩატარება, თბოსიცივის წყაროს, ანუ თერმოსოლის ნაპირიდან მინიმალური დაშორების დასადგენად.

ექსპერიმენტული კვლევები ქ. ბათუმისა და ანაკლიის აკვატორიებში ჩატარდა 2009-2010 და 2013 წლებში, რადგან საზღვაო ექსპერიმენტების მოთხოვნაა მინიმუმ 2-წლიანი ციკლი, ზღვის წყლის ტალღური, ფსკერს მიმდებარე და ზედა ფენების დინების ცვალებადი ხასიათის გამო.

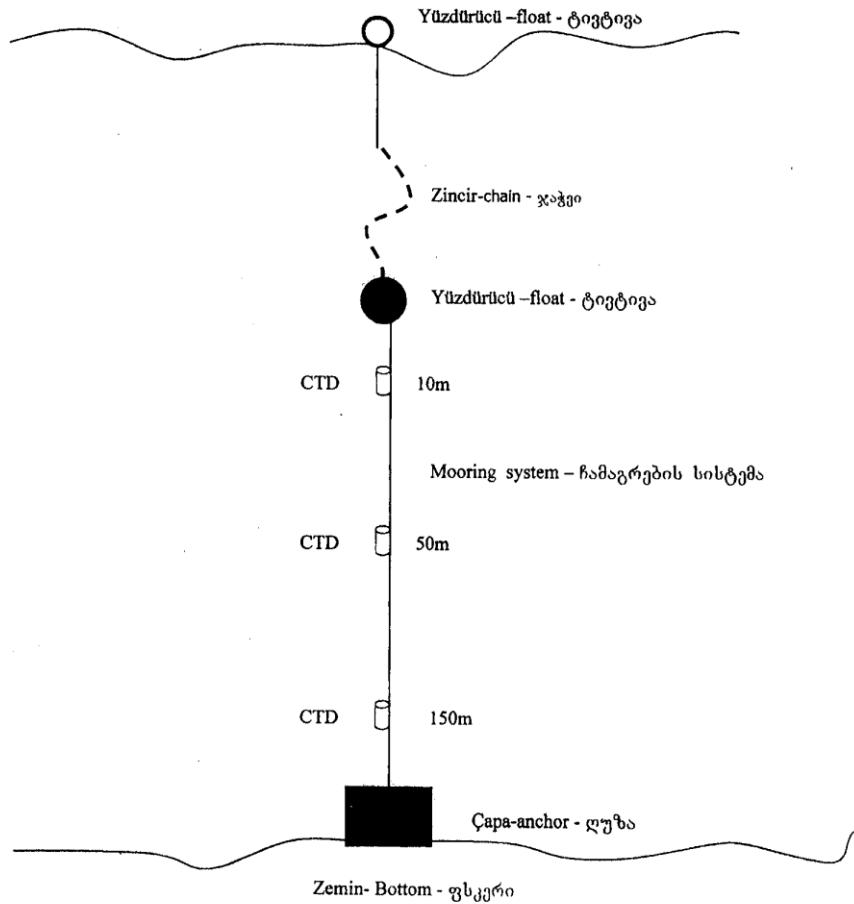
ექსპერიმენტულად შევისწავლეთ სიღრმული წყლის ტემპერატურის განაწილება სიღრმის მიხედვით, ამავდროულად წყლის ელექტროგამტარობის (მარილიანობის დასადგენად) და წნევის (ზღვის დონიდან სიღრმის ზუსტი განსაზღვრის მიზნით) თანმდევი გაზომვებით. აღნიშნული პარამეტრების გაზომვებისთვის გამოყენებული იქნა თანამედროვე, ე.წ. CTD სენსორები, რომლებიც ფუნქციონირებენ ონლაინ რეჟიმ-

ში. პარამეტრები იზომებოდა სხვადასხვა დროითი ბიჯით. მაქსიმალური ინტერვალი შეადგენდა 15 წთ. ექსპერიმენტები ტარდებოდა ზაფხულის ცხელ თვეებში (ივნისი-სექტემბერი). ამას გარდა, ჩატარდა 80 მ სიღრმიდან ამოღებული წყლის სინჯის ქიმიური და ბიოლოგიური ანალიზი.

ჩატარებული კვლევითი სამუშაოს ფარგლებში, პარამეტრების გაზომვები ტარდებოდა სხვადასხვა იზობათზე განლაგებული ოთხი პლატფორმიდან, ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიღრმეზე, ცხადია, ზღვის ფსკერის ჩათვლით, ამასთან ფსკერიდან 3,5-5 მ მანძილზე (პრინციპული სქემა იხ. ნახ. 1-ზე). საკუთრივ გრძელვადიანი – უწყვეტი გაზომვის სისტემის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია ნახ. 2-ზე.



ნახ. 1. შავი ზღვის სხვადასხვა სიღრმეზე წყლის პარამეტრების გაზომვების პრინციპული სქემა



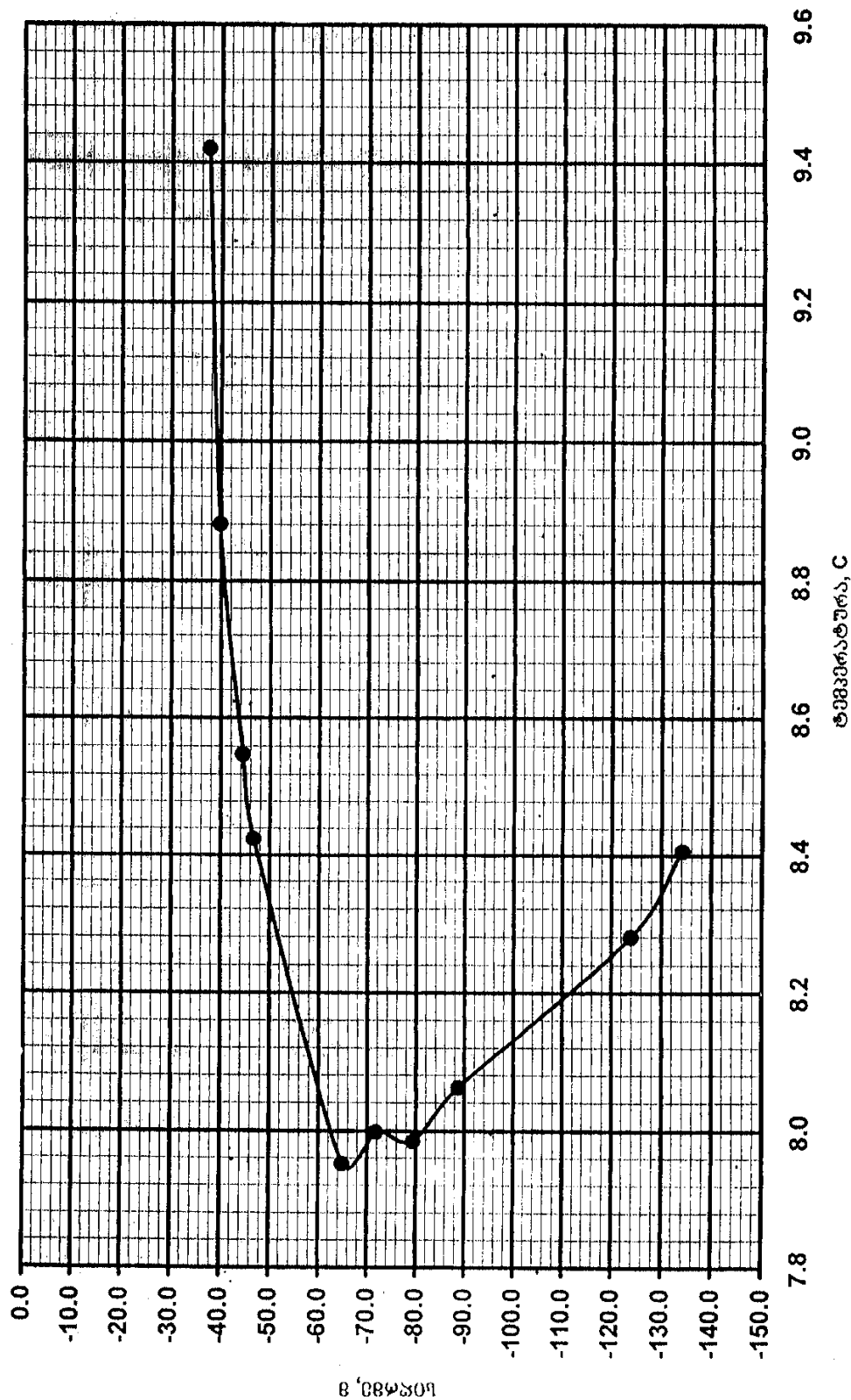
ნახ. 2. გრძელვადიანი - უწყვეტი გაზომვის სისტემა

ოთხივე პლატფორმაზე მიღებული ექსპერიმენტული შედეგების თანახმად დადასტურდა თერმოსოლის არსებობა როგორც ბათუმის, ასევე ანაკლიას აკვატორიაში (იხ. ნახ. 3). ზღვის სიღრმის წყლის ტემპერატურის მინიმალური სიღრმეები ფიქსირდება 60-80 მ სიღრმის დიაპაზონში.

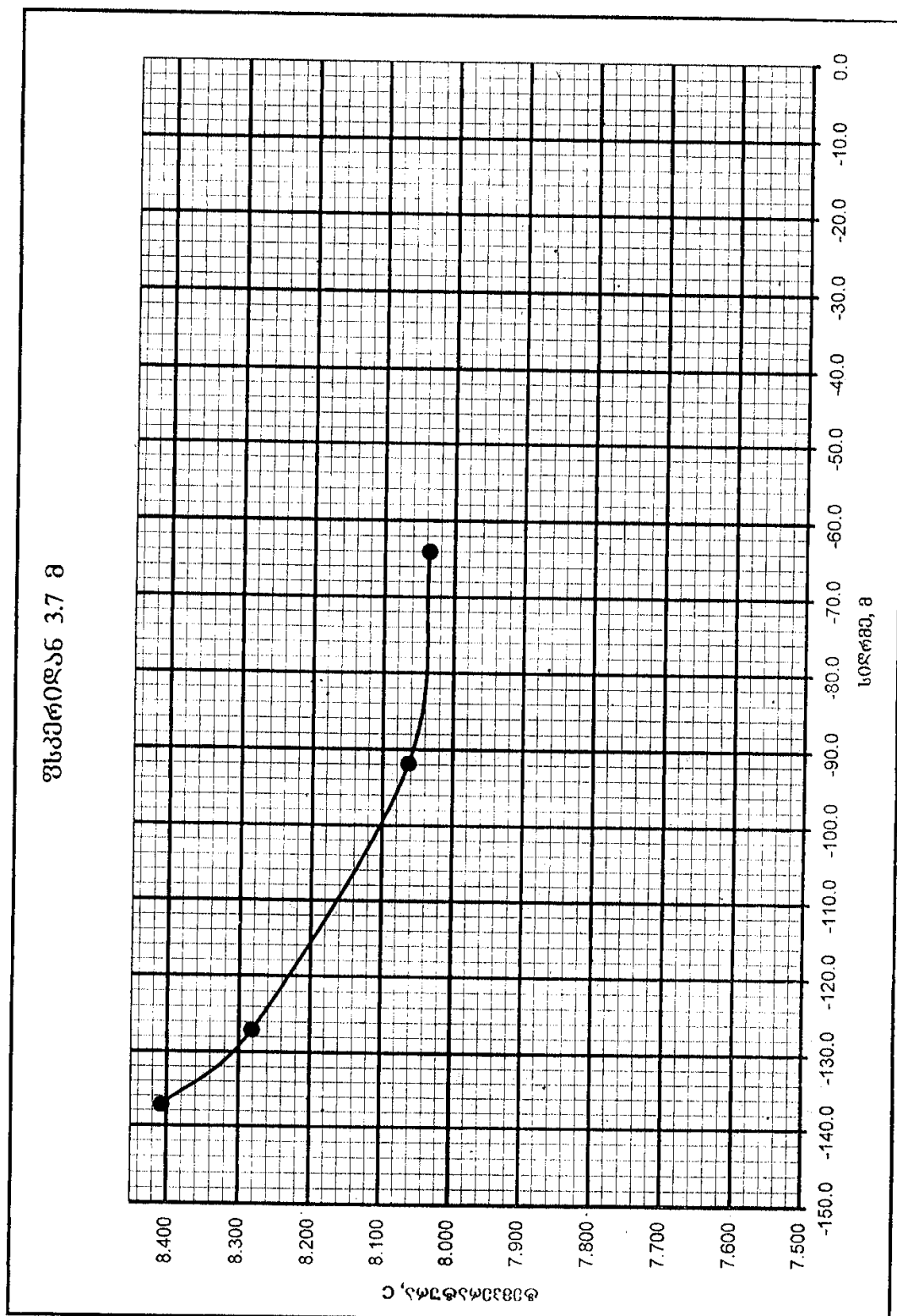
ბათუმის აკვატორიაში, უშუალოდ ფსკერთან, თბოსიცივით მომარაგების სისტემებისთვის წყალაღების არეალთან, წყლის ტემპერატურის სიღრმის დამოკიდებულება იზობათის სიღრმეზე მოცემულია ნახ. 4-ზე. ანაკლიის აკვატორიაში გაზომვების ტიპური შედეგები წარმოდგენილია ცხრ. 1-ში. წყლის ტემპერატურის სიღრმეები დაფიქსირებული თერმოსოლში აკმაყოფილებს როგორც სიცივის წარმოების მოთხოვნებს, ჰაერის კონდიციონირებისთვის ზაფხულში, ასევე თბური ტუმბოს ეფექტიანი მუშაობის უზრუნველყოფის შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში გათბობის რეჟიმში და ცხელწყალმომარაგებისა მთელი წლის განმავლობაში [3].

მიღებული შედეგები გვაძლევენ საშუალებას დავასკვნათ, რომ საქართველოს შავი ზღვისპირეთის ქალაქების მსხვილი ობიექტების (სასტუმროების, გამაჯანსაღებელი ობიექტების, პორტების შენობა-ნაგებობების, ლოგისტიკური ცენტრების და ა.შ.) თბოსიცივით მომარაგებას თერმოსოლის წყლის გამოყენების საფუძველზე არ გააჩნია ალტერნატივა, რადგან [3]-ის თანახმად, როდესაც სიღრმული წყლის ტემპერატურა შეადგენს 8-10°C, ჰაერის კონდიციონირების დროს ზაფხულში, ინოვაციური ტექნოლოგიით მოიხმარება ~11-ჯერ ნაკლები ელექტროენერგია ტრადიციულ მეთოდთან შედარებით,

სოლო თბომომარაგების საექსპლუატაციო ხარჯები 3-ჯერ და მეტად ნაკლებია თბომომარაგების შემთხვევასთან ბუნებრივი გაზის საშუალებით. ამას გარდა, საზი



ნახ. 3. სიღრმული წყლის ტემპერატურის დამოკიდებულება ზღვის დონიდან სიღრმეზე ბათუმის აკვატორიაში



ნახ. 4. ფსკერიდან 3,7 მ მანძილზე სიღრმეული წყლის ტემპერატურის დამოკიდებულება იზობათის სიდიდეზე ბათუმის აკვატორიაში

ცხრილი

#	Parameter	Value	Unit	Count	Order
#0	Date-time:	07.09.2013 19:19			
#1	Recorder:	19S4597			
#2	File type:	1			
#3	Columns:	5			
#4	Channels:	3			
#5	Field separation:	0			
#6	Decimal point:	0			
#7	Date def.:	0	0		
#8	Time def.:	0			
#9	Channel 1:	Temperature(°C)	Temp(°C)	3	1
#10	Channel 2:	Depth(m)	Depth(m)	2	2
#11	Reconversion:	0			
#13	Pressure offset correction:	1	0,25		
#14	Channel 3:	Salinity(psu)	Salinity(psu)	1	1
#19	Line color:	1	2	3	4
#21	Temperature offset correction:	1	-0,9		
#30	Trend Type Number:	1			
84	28.09.2013 15:31	8,782	59,10	15,6	
86	30.09.2013 15:31	8,716	58,90	15,6	
88	02.10.2013 15:31	8,617	58,86	15,6	
90	05.10.2013 15:31	8,583	58,85	15,7	
92	07.10.2013 15:31	8,583	58,85	15,7	
94	09.10.2013 15:31	8,583	59,02	15,7	
96	11.10.2013 15:31	8,550	58,84	15,7	
98	08.09.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
100	10.09.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
102	12.09.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
104	14.09.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
106	16.09.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
108	18.09.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
110	20.09.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
112	22.09.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
114	24.09.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
116	26.09.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
118	28.09.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
120	30.09.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
122	02.10.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
124	04.10.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
126	06.10.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
128	08.10.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
130	10.10.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
132	12.10.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
134	14.10.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
136	16.10.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
138	18.10.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	

140	20.10.2013 15:48	8,550	59,18	15,7	
142	22.10.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
144	24.10.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
146	26.10.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
148	28.10.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
150	30.10.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
152	01.11.2013 15:48	8,550	59,01	15,7	
154	03.11.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
156	05.11.2013 15:48	8,550	59,01	15,8	
158	07.11.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
160	09.11.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
162	11.11.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
164	13.11.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
166	15.11.2013 15:48	8,550	59,01	15,8	
168	17.11.2013 15:48	8,550	58,84	15,7	
170	19.11.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
172	21.11.2013 15:48	8,550	59,01	15,8	
174	23.11.2013 15:48	8,550	58,66	15,8	
176	25.11.2013 15:48	8,550	58,66	15,8	
178	27.11.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
180	29.11.2013 15:48	8,550	59,01	15,8	
182	01.12.2013 15:48	8,550	59,01	15,8	
184	03.12.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
186	05.12.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
188	07.12.2013 15:48	8,550	59,01	15,8	
190	09.12.2013 15:48	8,550	59,01	15,8	
192	11.12.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
194	13.12.2013 15:48	8,550	59,01	15,8	
196	15.12.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
198	17.12.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
200	19.12.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
202	21.12.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
204	23.12.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
206	25.12.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
208	27.12.2013 15:48	8,550	59,01	15,8	
210	29.12.2013 15:48	8,550	58,84	15,8	
212	31.12.2013 15:48	8,550	59,01	15,8	
216	04.01.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
218	06.01.2014 15:48	8,550	59,01	15,8	
220	08.01.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
222	10.01.2014 15:48	8,550	59,01	15,8	
224	12.01.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
226	14.01.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
228	16.01.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
230	18.01.2014 15:48	8,550	58,66	15,8	
232	20.01.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
234	22.01.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	

236	24.01.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
238	26.01.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
240	28.01.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
242	30.01.2014 15:48	8,550	59,18	15,8	
244	01.02.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
246	03.02.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
248	05.02.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
250	07.02.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
252	09.02.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
254	11.02.2014 15:48	8,550	58,66	15,8	
256	13.02.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
258	15.02.2014 15:48	8,550	59,01	15,8	
260	17.02.2014 15:48	8,550	58,66	15,8	
262	19.02.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
264	21.02.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
266	23.02.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
268	25.02.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
270	27.02.2014 15:48	8,550	58,66	15,8	
272	01.03.2014 15:48	8,550	58,84	15,8	
274	03.03.2014 15:48	8,550	58,84	15,9	
276	05.03.2014 15:48	8,550	58,66	15,9	
278	07.03.2014 15:48	8,550	59,01	15,9	
280	09.03.2014 15:48	8,550	59,18	15,9	
282	11.03.2014 15:48	8,550	58,84	15,9	
284	13.03.2014 15:48	8,550	58,84	15,9	

უნდა გაესვას იმ გარემოებასაც, რომ განხილვადი მეთოდის დროს ადგილი არ ექნება, სათბურის აირის, ნახშირორჟანგის გენერაციას და, შესაბამისად, მის ემისიას ატმოსფეროში.

და ბოლოს, ავტორებს გვსურს მადლობა ვუთხრათ საქართველოს რუსთაველის ფონდს და ქ. მოსკოვში მოღვაწე ქართველ ბიზნესმენს, ბატონ იოსებ ორჯონიკიძეს, რომლებმაც დააფინანსეს ჩვენ მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევები.

ლიტერატურა

1. Джамарджашвили В. Сравнительный анализ различных методов теплоснабжения с учетом приоритетности экологических аспектов // *ენერჯია*. 2010. №1. თბილისი.
2. Сорокин Ю. И. Черное море. М.: Наука. 1982 .
3. Джамарджашвили В., Мирианшвили А., Лордкипანიძე М., Тумანიшвили Г., Дгебуაძე Д. Обоснование эффективности коэволюционного метода теплохладо-снабжения Причерноморья на примере гостиничного комплекса г. Батуми//*Энергия*. 2011. №4. Тбилиси.
4. http://www.nsu.ru/ast/disclud/tepl_nasos/html.
5. http://esco-ecosys.narod.ru/2008_2/art111.htm.
6. Cornell Universiti lake Source Colling Project.www.gryphoneng.com/projects/cornell_3htm.
7. ჯამარჯაშვილი ვ., დაბრუნდაშვილი ზ., კონდახიშვილი თ. შავიზღვისპირა რეგიონების ჰაერის კონდიციონისა და სიცივის წარმოების ენერგოდამზოვი სისტემა// *ენერჯია*. 1998. №3. თბილისი.