

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საინჟინრო-ტექნიკური ფაკულტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გივი კუბლაშვილი

**საქართველოს არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსები და მათი
გამოყენების ტექნიკურ-ეკონომიკური გამოკვლევა**

ელექტროენერგეტიკაში ინჟინერიის (0405) დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად წარმოდგენილი
დისერტაცია

სამეცნიერო ხელმძღვანელები:
ეკონომიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი დემურ ჩომახიძე
პროფესორი ომარ ზივზივაძე

ქუთაისი 2016

სარჩევი:

შესავალი	4
თავი 1. საქართველოს არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსები	8
1.1. მზის ენერგეტიკული პოტენციალი	8
1.2. ქარის ენერგეტიკული რესურსები	9
1.3. გეოთერმული ენერგეტიკის რესურსი	15
1.4. არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების განაწილება საქართველოს რეგიონების მიხედვით	19
თავი 2. არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების გამოყენების თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზი	26
2.1. არსებული მდგომარეობის შეფასება საქართველოში	26
2.2. მიღწევები მსოფლიოში	31
თავი 3. არატრადიციული ენერგეტიკის განვითარების ძირითადი მიმართულებები	42
3.1. მზის ენერჯის განვითარების ძირითადი მიმართულებები და პერსპექტივები . . .	42
3.2. ქარის ენერჯის განვითარების ძირითადი მიმართულებები და პერსპექტივები. . .	56
3.3. გეოთერმული ენერჯის განვითარების ძირითადი მიმართულებები და პერსპექტივები	59
თავი 4. ენერგეტიკის ინოვაციური მიმართულებათა განვითარების შესაძლებლობები	67
4.1. ბიოენერგეტიკული რესურსები	67
4.2. ოკეანის ენერგეტიკა	76
4.3. თბური ტუმბოს გამოყენების შესაძლებლობები	81

4.4. წყალბადი- მომავლის ენერგეტიკული რესურსი.....	88
საერთო დასკვნები.....	93
გამოყენებული ლიტერატურა და წყაროები.....	96

შესავალი

თემის აქტუალობა. XXI საუკუნეში კაცობრიობა და სათბობ- ენერგეტიკული კომპლექსი დიდი გამოწვევების წინაშე დგას. ექსპერტთა დასკვნით, გასულ საუკუნეში ბუნებრივი აირის, ნავთობის და ასე ვთქვათ „ადვილად მოსაპოვებელი“ სხვა ენერგორესურსების უყარათო ხარჯვის შედეგად და დღევანდელი ტემპით მათი გამოყენების პირობებში XXI საუკუნის მეორე ნახევარში ნახშირწყალბადოვანი ენერგორესურსები ამოიწურება. ამავე დროს ენერგორესურსების არარაციონალურმა გამოყენებამ სერიოზული ეკოლოგიური პრობლემები შექმნა. ყოველივე ეს კაცობრიობას და სათბობ- ეკონომიკური კომპლექსის განვითარებას ახალ, რადიკალურად განსხვავებულ მოთხოვნებს უყენებს. ცხადი ხდება, რომ გლობალური მასშტაბით, XXI საუკუნეში მსოფლიო ენერგეტიკის განვითარება არაგანახლებადი ორგანული რესურსების გამოყენებიდან, თანდათან არატრადიციული, განახლებადი და პრაქტიკულად ულვევი წყაროების გამოყენებაზე უნდა გადავიდეს.

საკითხი განსაკუთრებით აქტუალურია საქართველოსთვის, რომელიც არატრადიციული, განახლებადი ენერგორესურსებით მდიდარია და იგი გარკვეულწილად ავსებს ქვეყანაში ნახშირწყალბადოვანი ენერგორესურსების სიმცირეს. განსაკუთრებით საყურადღებოა ის გარემოება, რომ განახლებადი ენერგორესურსები, გარდა ჰიდროენერგორესურსებისა, ჯერ- ჯერობით ფაქტობრივად არ გამოიყენება.

ცხადია, ასეთ პირობებში საქართველოს არატრადიციული ენერგეტიკულ რესურსებსა და მათ პრაქტიკულ გამოყენებაზე ტექნიკურ- ეკონომიკური კვლევის ჩატარება აქტუალურია როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული თვალსაზრისით. მით უმეტეს, მაშინ როცა ამ მიმართულებით ქვეყანაში ჩატარებული სამეცნიერო- კვლევითი სამუშაოების სიმცირეა.

ნაშრომში განხილულია განახლებადი ენერგორესურსები, გარდა ჰიდროენერგეტიკული რესურსებისა, შესაბამისად ჩემს მიერ ქვემოთ არაერთხელ ნახსენებ ტერმინებში არატრადიციული და ალტერნატიული ენერგეტიკა, მოიაზრება განახლებადი ენერგეტიკის მცნებაც.

პრობლემის მეცნიერული შესწავლის მდგომარეობა. საქართველოში არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების გამოყენების პრობლემები არაერთხელ

იყო შესწავლილი და გაშუქებული როგორც ქართველი, ისე უცხოელი მეცნიერების მიერ, მათ შორის აღსანიშნავია: არაბიძე გ., ვეზირიშვილი ო. და ვეზირიშვილი ქ., ზედგენიძე ა., მირიანაშვილი ნ., მელაძე ნ. უფროსი, მელაძე ნ. უმცროსი, ჟორდანიანი ი., სულიანი ნ., ქებურია მ., ცერცვაძე გ., ხაჩატურიანი რ., ჯამარჯაშვილი ვ. და კიდევ სხვა მრავალი, ამ დარგში მოღვაწე წამყვანი სპეციალისტების მიერ, თუმცა ფაქტია, რომ მათი პრაქტიკული რეალიზაცია ჭიანურდება.

სადისერტაციო ნაშრომის მიზანი და ამოცანები. საქართველოში არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების გამოყენების დონის ამაღლების გზებისა და შესაძლებლობების გამოვლენა და მეცნიერული დასაბუთება. ამ მიზნით ნაგვარაუდებია შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტა:

- საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული არატრადიციული ენერგორესურსების პოტენციალისა და მათი გამოყენების ტექნიკურ-ეკონომიკური დონის შეფასება;
- მსოფლიოში არატრადიციული ენერგეტიკის სფეროში მიღწევების შესწავლა და მისი შედარებითი ანალიზი საქართველოში არსებულ მდგომარეობასთან;
- საქართველოს პირობებისათვის არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების გამოყენების გავლენის შეფასება წარმოების ეკონომიკურ მაჩვენებელზე, ეკოლოგიურ და სოციალურ მდგომარეობაზე ტრადიციულ ენერგორესურსებთან შედარებით, ასევე მისი განვითარების ოპტიმიზაციისათვის ტექნიკურ-ეკონომიკური პოტენციალის დასაბუთება.

კვლევის ობიექტია საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსები; მათ შორის მზის, ქარის და გეოთერმული ენერგია. აგრეთვე ენერგეტიკის პერსპექტიული მიმართულებები, კერძოდ, ბიოენერგეტიკა, თბური ტუმბოები, ოკეანის და წყალბადის ენერგეტიკა.

კვლევის თეორიული და მეთოდოლოგიური საფუძველი: თანამედროვე ეკონომიკისა და ტექნიკის თეორია მატერიალური დოვლათის კვლავწარმოების კანონზომიერების შესახებ. დისერტაციაში გამოყენებულია კვლევის ზოგადმეცნიერული მეთოდები: ანალიზი, სინთეზი, ლოგიკური და კომპიუტერული

მოდელირება, საექსპერტო შეფასებები. ნასარგებლებია ჩვენი ქვეყნისა და უცხოელი მეცნიერების ნაშრომებით არატრადიციული ენერგეტიკის შესახებ.

კვლევის საინფორმაციო ბაზა: გამოყენებულია ჩვენი ქვეყნისა და ზოგიერთი სხვა სახელმწიფოს საკანონმდებლო და ნორმატიული დოკუმენტები, საქართველოში მოქმედი, ამ სფეროში მოღვაწე კომპანიების („ქარენერგო“, „საქბურღეოთერმია“, „სპეცპელიომონტაჟი“, „ქებული კლიმატი“) მონაცემები, ამ დარგში მომუშავე მეცნიერთა შრომები, სტატისტიკის სამსახურის მიერ გამოცემული ინფორმაციული მასალები და ა.შ.

სადისერტაციო კვლევის მეცნიერული სიახლე:

- დასაბუთებულია არატრადიციული ენერგეტიკის მზარდი როლი და მნიშვნელობა საქართველოს ეკონომიკაში. გაღრმავებულია წარმოდგენა ამ დარგის როლის შესახებ საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში;
- განვითარების თანამედროვე ეტაპზე შესწავლილია საქართველოს არატრადიციული ენერგეტიკის ყველა დარგის მდგომარეობა, განვითარებაში არსებული ხარვეზები, რეზერვები და შესაძლებლობები; დაზუსტებულია არატრადიციული ენერგეტიკის სფეროში საქართველოს ბუნებრივი რესურსები ყველა სახეობის მიხედვით, აგრეთვე მათი ათვისების ხარისხი;
- მოცემულია დასაბუთებული წინადადებები საქართველოში ენერგეტიკის ისეთი პერსპექტიული დარგების განვითარებისათვის როგორცაა ბიოენერგეტიკა, თბური ტუმბოების გამოყენება და წყალბადის ენერგეტიკა;
- მეცნიერულად შესწავლილია საქართველოს მზის, ქარის, თერმული წყლების რესურსების თბური სიმძლავრეების ოდენობა ცალკეული რეგიონების მიხედვით;
- ნაშრომში გამოკვლეულია არატრადიციული და ტრადიციული ენერგორესურსებზე მომუშავე ელექტროსადგურების საპროექტო ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები, მათ დასადგამად საჭირო ინვესტიციების რაოდენობა და მარგი მუშაობის ხანგრძლივობა წელიწადში.

სადისერტაციო თემაზე ავტორის მიერ გამოქვეყნებული პუბლიკაციები:

1. საქართველოს ელექტროენერგეტიკა 2005- 2012 წლებში; აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მოამბე N1 (7). ქუთაისი. 2016 წ. გვ. 70- 81.
2. თბური ტუმბოს როლი სათბობ- ენერგეტიკული რესურსების დაზოგვის საქმეში; აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მოამბე N1 (5). ქუთაისი. 2015 წ. გვ. 87- 95.
3. წყალბადი- მომავლის ენერგეტიკული რესურსი; ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები. მესამე საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. ქუთაისი. 2015 წ. გვ. 119- 125.
4. თბური ტუმბოს გამოყენების ეფექტიანობა; ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები. მესამე საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. ქუთაისი. 2014 წ. გვ. 283- 288.

თავი 1. საქართველოს არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსები

1.1. მზის ენერგეტიკული პოტენციალი

საქართველოში მზის მაქსიმალური ჯამური გამოსხივება დღის განმავლობაში 10 კვტ. სთ. /მ²- ია ზაფხულში, ხოლო 4- 4,5 კვტ. სთ. /მ²- ს აღწევს ზამთარის მზიანი დღის განმავლობაში [3; 4; 19; 35.]. მზის ჯამური წლიური გამოსხივება საქართველოს ზოგიერთი რაიონისათვის მოცემულია ცხრილში (იხ. ცხრ. 1.1.).

ცხრილი 1.1

საქართველოს ზოგიერთ რეგიონში მზის წლიური რადიაციული ჯამები [3; 19; 35.]

სადგურები	ზღვის დონიდან სიმაღლე (მ)	პერპენდიკულარულ ზედაპირზე (კვტ. სთ. /მ ²)	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე (კვტ. სთ. /მ ²)
სენაკი	40	1317	1329
სოხუმი	116	1351	1415
ანასეული	158	1198	1303
თბილისი	428	1861	1402
თელავი	568	1350	1408
წალკა	1457	1386	1457
ჯვრის უღელტეხილი	2395	1503	1586
ყაზბეგი	3653	1706	1790

საქართველოს გეოგრაფიული მდებარეობის გათვალისწინებით, მზის ეფექტური და ხანგრძლივი გამოსხივება საკმაოდ მაღალია. საქართველოს უმეტეს რაიონებში მზის ნათების წლიური ხანგრძლივობა 250- 280 დღემდე მერყეობს, რაც წელიწადში დღის ხანგრძლივობის მიხედვით, დაახლოებით 1900- 2200 სთ- ს შეადგენს საქართველოს ტერიტორიაზე მზის წლიური ჯამური რადიაცია რეგიონების მიხედვით მერყეობს 1250- 1800 კვტ.სთ/მ² დიაპაზონში, ხოლო მზის საშუალო რადიაცია უტოლდება 4,2 კვტ. სთ/მ²- ს დღეში. მზის ენერჯის სრული წლიური პოტენციალი საქართველოში შეფასებულია 108 მგტ- ით, რაც წლიურად 34 ათასი ტონა პირობითი სათბობის ჯამის ექვივალენტურია [3; 4; 24; 26; 35.].

1.2. ქარის ენერგეტიკული რესურსი

საქართველოს ტერიტორიაზე ქარის საშუალო წლიური სიჩქარე წამში მერყეობს 0,5- 9,2 მეტრის ფარგლებში. რიგ რაიონებში სიჩქარე წამში აჭარბებს 15 მ.- ს.

საქართველო განლაგებულია მაღალი წნევის სუბტროპიკული ზოლის ჩრდილოეთ საზღვარზე და განიცდის ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ზოგადი ცირკულაციული პროცესების ზემოქმედებას, რომელთა საერთო მიმართულებაა- დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ.

საქართველოს გეოგრაფიული სირთულე განსაზღვრავს მის ტერიტორიაზე კლიმატის მრავალფეროვნებას. ქარის რეჟიმი საქართველოს ტერიტორიაზე განპირობებულია ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციის ხასიათით, გეოგრაფიული განლაგებით და რელიეფით. საქართველო იმყოფება საშუალო და სუბტროპიკული განლაგების ჰაერის ცირკულაციის გავლენის ქვეშ და ამ ცირკულაციის პირობებით განისაზღვრებიან როგორც დინამიური ანტიციკლონის სეზონური გადაადგილების და ამასთან დაკავშირებული პოლარული ფრონტის განლაგების ცვლილებები, ასევე ატმოსფერული პროცესები, კერძოდ საშუალო და ტროპიკულ განედებში.

წელიწადის თბილ პერიოდში საქართველო იმყოფება აზორის ანტიციკლონის აღმოსავლეთის ტოტის გავლენის ქვეშ, კავკასიონის მაღალ მთიანეთში მყარდება დაბალი წნევის ზონა და ამ პერიოდში დასავლეთის მიმართულების ქარების განმეორებადობა იზრდება. კოლხეთის დაბლობში და მიმდინარე სანაპირო რაიონებში ჭარბობენ დასავლეთის და სამხრეთ- დასავლეთის მიმართულების ქარები ზღვიდან ხმელეთისაკენ, რომელთა განმეორებადობა 60 %- მდე აღწევს. კავკასიონის მთისწინეთში და მთებში აღმოსავლეთის და სამხრეთ აღმოსავლეთის ქარები ჭარბობენ, ჯავახეთის მთიანეთში კი ძირითადად გაბატონებულია ჩრდილო დასავლეთის ქარები.

ზამთრის პერიოდში ციმბირის ანტიციკლონის დასავლეთის ტოტის გავლენის გამო შავი ზღვის ტერიტორიაზე მყარდება დაბალი წნევის ზონა და ამიერკავკასიის ცენტრალურ რაიონებზე კი წნევა უმეტეს შემთხვევაში მაღალია. ამ პირობებში კოლხეთის დაბლობში და რიონის ხეობაში ჭარბობენ აღმოსავლეთის რუმბების ქარები, რომელთა განმეორებადობა 45- 60 %- ს აღწევს. კავკასიონის მთისწინეთში და მთებში იზრდება ჩრდილოეთისა და ჩრდილო- აღმოსავლეთის მიმართულების ქარების განმეორებადობა. ჯავახეთის მთიანეთისათვის გაბატონებული ხდება სამხრეთისა და სამხრეთ აღმოსავლეთის მიმართულებანი, რომელთა განმეორებადობა 60 %- ს უახლოვდება.

ქვეყნის თითქმის მთელ ტერიტორიაზე კარგადაა წარმოდგენილი მთა- ბარიანი ცირკულაცია, რომელსაც ახასიათებს დღე- ღამური პერიოდულობა. დღის განმავლობაში ქარი ქრის ბარიდან მთებისკენ, ღამე კი პირიქით მთებიდან ბარისაკენ.

შავი ზღვის სანაპირო რაიონებში მთა- ბარიან ცირკულაციას ზედ ედება ბრიზული ცირკულაცია, ამ შემთხვევაში, როდესაც ბრიზული და მთაბარიანი ცირკულაციები თანამთხვევადაა, ხდება ქარის გამლიერება.

საქართველო ქარის მნიშვნელოვან ენერგეტიკულ პოტენციალს ფლობს, რომელიც პრაქტიკულად არ გამოიყენება. როგორც სპეციალური გამოკვლევები გვიჩვენებს, თეორიულად საქართველოს ტერიტორიაზე ქარის ენერჯის მარაგი შეადგენს $1,3 \cdot 10^{12}$ კვტ. სთ- ს წლიურად, ხოლო წამში 4,0 მ/წმ- ზე სიჩქარის ქარის ენერჯის მარაგი წლიურად თითქმის 4,5 მლრდ. კვტ. სთ- ს აჭარბებს [35.].

ქარის ენერგეტიკული ბუნებრივი პოტენციალის მიხედვით საქართველოს ტერიტორია დარაიონებულია ოთხ ზონად [3; 12; 30; 35.]:

1. მაღალი სიჩქარეების ზონა- სამხრეთ საქართველოს მთიანეთი, კახაბერის ვაკე და კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილი. სამუშაო პერიოდის ხანგრძლივობა 5000 სთ- ზე მეტია წელიწადში.

2. ნაწილობრივ მაღალსიჩქარიანი და დაბალსიჩქარიანი ზონა- მტკვრის ხეობა მცხეთიდან კახაბერის ვაკემდე. სამუშაო პერიოდის ხანგრძლივობა წელიწადში შეადგენს 4500- 5000 სთ- ს.

3. დაბალსიჩქარიანი ქესების ეფექტიანი ექსპლუატაციის ზონა- გაგრის ქედი, კოლხეთის დაბლობი და აღმოსავლეთ საქართველოს დაბლობები.

4. დაბალსიჩქარიანი ქესების შეზღუდული გამოყენების ზონა- იორის ზეგანი და სიონის წყალსაცავი.

საქართველოში ძლიერი ქარების სიხშირე აღინიშნება მთის მწვერვალსა და უღელტეხილებზე, მაგალითად მთა- საბუეთში, სადაც ძლიერი ქარიანი დღეების რიცხვი დიდია. ქარის საშუალო წლიური სიჩქარე ყველაზე მაღალია ვიდრე სხვა პუნქტებში- 9,2მ/წმ.

კოლხეთის დაბლობზე გაბატონებულია ორი ძირითადი მიმართულების ნაკადი- აღმოსავლეთის და დასავლეთის, მაგრამ მათზე ხდება ადგილობრივი თერმული ცირკულაციის ნაკადების ზედდება. ჩრდილოეთ ნაწილში გაზრდილია ქარის მიმართულების ჩრდილო შემდგენის განმეორებადობა, რაც გამოწვეულია კავკასიონის მწვერვალების სიახლოვით. სამხრეთ ნაწილი დასავლეთის მიმართულების ზღვის ქარების გავლენის ქვეშ იმყოფება და აღმოსავლეთის შემდგენის წვლილი საგრძნობლად იზრდება მხოლოდ ზამთრის პერიოდში. ზღვისაკენ განხსნილ ხეობებში კარგად არის განვითარებული თერმული ცირკულაცია და აქ ჭარბობს აღმოსავლეთის შემდგენი. კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილის განედის მიმართულებით ღიადობა ხელს უწყობს აღმოსავლეთ- დასავლეთის მიმართულების ქარების განვითარებას, რომლებიც თავისი ხასიათით უახლოვდებიან მუსონებს. აქ გამოკვეთილად გამოხატულია ზაფხულის (ქარი ზღვიდან) და ზამთრის (ქარი ხმელეთიდან) ქარის რეჟიმები. კოლხეთის დაბლობის აღმოსავლეთ ნაწილში, ლიხის ქედის მთისწინეთში შესამჩნევ

როლს თამაშობენ სამთო-სახეობო ქარები, რაც აღმოსავლეთის შემდგენის გაზრდას იწვევს.

შიდა ქართლის ვაკეზე ქარს აქვს ძირითადად დასავლეთისა და ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულება. აღმოსავლეთის მიმართულების განმეორებადობა ნაკლებია, ვიდრე დასავლეთისა. შესამჩნევი განმეორებადობა აქვთ კავკასიონის მთავარი ქედის ტოტებით წარმოქმნილი მერიდიანულად მიმართულ ხევებში მქროლავ ჩრდილოეთ ქარებს.

ქართლის ქედისა და სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის აღმოსავლეთის ტოტების სისტემის განლაგება განაპირობებს ქარების ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულებებს, მაგრამ ქვემო ქართლის ზოგიერთ რაიონში საკმაოდ მაღალია სამხრეთ-აღმოსავლეთისა და ჩრდილოეთის მიმართულებების განმეორებადობა.

ჯავახეთის მთიანეთში გაბატონებულია სამხრეთის და ჩრდილოეთის მიმართულებების ქარები და კარგად არის გამოხატული ამ მიმართულებების სეზონური ცვლა. მთიანეთის ჩრდილო დასავლეთ ნაწილში ზაფხულში ჭარბობს ჩრდილო-დასავლეთის, ზამთარში კი-სამხრეთ-დასავლეთის ქარი.

უფრო მაღალი სიჩქარეები აღინიშნება, როგორც წესი დღის მეორე ნახევარში, ყველაზე დაბალი კი ღამის და დილის საათებში, როდესაც ვერტიკალურ ზონებს შორის ტემპერატურული კონტრასტი გლუვდება. სიჩქარის სადღეღამისო ცვლაზე გავლენას ახდენს რელიეფის თავისებურებანი.

საქართველოს მთელ ტერიტორიას ახასიათებს ქარის სიჩქარის პირდაპირი წლიური ცვლა, როდესაც სიჩქარეების მაქსიმუმი მოდის შემოდგომა-ზამთრის პერიოდზე. გამონაკლისს წარმოადგენს სამხრეთ საქართველოს რამოდენიმე ზონა, სადაც შეიმჩნევა ქარის სიჩქარეების წლიური უკუსვლა.

აღსანიშნავია, რომ საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე გამოკვეთილია ქარის სიჩქარეთა სეზონური ხასიათი წლის მთელ პერიოდში. ქარის ელექტროსადგურების არათანაბრობა შეიძლება მკვეთრად გაუმჯობესდეს ამ დანადგარების მცირე ჰესებთან დაწყვილების გზით. ამ მიმართულებით მუშაობა დიდ მნიშვნელობას იძენს მთიანი რეგიონების ელექტროენერგიით სტაბილურად მომარაგების ამოცანის წარმატებულად გადაწყვეტისათვის.

მრავალფეროვანი (ნელმავალი) ქესი ბრუნავს, როცა ქარის სიჩქარე 3- 3,5 მ/წმ- ს უდრის, ხოლო სამფრთიანი (სწრაფმავალი) პროპელერული ქესები ბრუნვას იწყებენ როცა ქარის სიჩქარე 4- 5 მ/წმ- ს უდრის. ქვემოთ მოცემულ 1.2 ცხრილში საქართველოს ტერიტორიის მეტეოროლოგიური სადგურების ის პუნქტებია მოცემული, რომელთა ქარის სიჩქარე ტოლი ან მეტია 3- 9 მ/წმ- ზე და მათი ხანგრძლივობა წელიწადში 2500სთ- ს და მეტს შეადგენს. საქართველოს ტერიტორიის ამ რაიონებში მიზანშეწონილია ქესის მშენებლობა [19; 35].

ცხრილი 1.2

საქართველოს ტერიტორიის პუნქტები, რომელთა ქარის სიჩქარეები ტოლი ან მეტია 3- 9 მ/წმ- ზე [19; 35].

მეტეოროლოგიური სადგური	ქარის სიჩქარეები					
	≥ 3	≥ 4	≥ 5	≥ 7	≥ 8	≥ 9
გაგრისქედი	3395	2317	1921	1220	598	502
მამისონის უღელტეხილი	6980	5019	4369	2568	1773	1565
ყაზბეგი	4591	4241	3932	3082	2706	2453
ცხრა-წყარო	6740	6001	3876	2191	1915	1033
ახალქალაქი	3620	2490	1804	708	440	245
ფოთი	4280	2944	2015	997	785	538
ურევი	5223	2703	1702	678	422	325
ქობულეთი	3327	2434	1427	711	540	300
ბათუმი	6243	4715	3593	1566	1244	838
ჩარგალი	3909	2462	1731	795	541	336
ჯვარი	3489	3181	2538	1998	1870	1528
მუხური	3722	949	889	143	23	19
წალენჯიხა	3149	691	512	159	104	92
ხეთა	2215	1650	1386	992	726	635

ლანჩხუთი	3040	1624	1449	833	503	476
სამტრედია	3708	2568	1990	1047	837	594
ვანი	2570	1520	1447	894	523	511
ქუთაისი	6014	4492	3814	2687	2402	1933
დაბლაციხე	3655	1695	1637	808	358	328
ქვედადიმი	3358	1933	1545	900	523	445
ხარაგაული	2984	2129	1836	1263	887	800
წიფა	2872	1356	1280	626	335	324
ტყიბული	2820	2282	2103	1147	705	638
კორბოული	3837	2851	2132	910	477	227
საბუეთის მთა	7127	6003	4901	3683	3224	2755
ხაშური	3571	2265	1622	807	627	503
სკრა	5017	4184	3560	2196	1628	1398
გორი	3399	2567	1991	967	617	474
ცხინვალი	3328	1569	1490	786	431	431
სიონი	2983	1592	1289	621	405	346
დიღომი	4020	2698	2545	2036	1495	1420
თბილისის აეროპორტი	4436	3742	3361	2708	2536	2265
სამგორი	3752	2961	2733	2026	1636	1442
მარტყოფი	3245	3009	2507	1961	1860	1607
რუსთავი	4131	3213	2853	2114	1773	1650
კოჯორი	2854	1071	953	415	196	191
იორმულანლო	2405	1347	1246	794	568	532
უდაბნო	2632	1991	1524	1039	787	635
ელდარი	2957	1489	829	290	150	115

1.3. გეოთერმული ენერგეტიკის რესურსები

გეოთერმული ენერგია ძირითადად დაკავშირებულია მიწისქვეშა თერმული წყლების ენერგიასთან. საქართველო ენერგიის ამ სახით ერთ- ერთი მდიდარი ქვეყანაა.

საქართველოს ტერიტორიაზე დღეისთვის აღრიცხულია 60- 110 °C თერმული წყლის 300- მდე გამოსავალი, ჯამური დებეტით 230- 270 მლნ. მ³ წელიწადში, რომლის ჯამური თბური სიმძლავრე არის 310 მგტ- მდე, რაც პოტენციურად შეესაბამება 1.8- 2.3 მლრდ. ტპს- ს. მნიშვნელოვანია მისი ჩართვა საქართველოს სათბობ- ენერგეტიკულ კომპლექსში, წარმოგიდგინთ საქართველოში ამჟამად არსებული გეოთერმული წყლების საბადოების ძირითად მაჩვენებლებს (იხ. ცხრ. 1.3) [3; 30].

ცხრილი 1.3

საქართველოს თერმული წყლის საბადოების ძირითადი მაჩვენებლები [30]

საბადოს ნომერი	საბადოს დასახელება	ჭაბურღილების რაოდენობა	ტემპერატურა T°C	დებიტი მ ³ /დღ.-დ.	თბური სიმძლავრე, მგტ.სთ.	პირობითი სათბობის შესაძლო ეკონომია ათასი ტონა წელიწ.
1	2	3	4	5	6	7
1	დრანდა	1	93	1500	4,8	7,0
2	კინდლი	11	75-108	26600	95	141,2
3	მოქვი	8	100-105	13470	48,9	73,5
4	ოხურეი	2	104	3500	12,8	19,1
5	ტყვარჩელი	2	35-38	690	0,35	0,53
6	რეჩხი	1	77	1080	2,6	4,5
7	საბერიო	1	34	1230	0,5	0,8
8	ზუგდიდ- ცაიში	15	78-98	24564	69,8	103,8
9	თორსა	1	63	108	0,2	0,3

10	ოქროს საწმისი	1	63	104	0,2	0,3
11	ქვალონი	2	78-98	4300	11,6	17,2
12	ხოზი	1	82	450	1,1	1,7
13	ბია	1	65	2600	4,8	7,2
14	ჯაფშაკარი	1	64	120	0,2	0,3
15	ზენი	1	80	372	0,9	1,4
16	ზანა	1	101	400	1,4	2,1
17	მენჯი	3	57-65	5750	9,2	13,6
18	ისულა	1	75	370	0,9	1,3
19	ნოქალაქევი	2	80-82	700	1,8	2,6
20	წყალტუბო	79	31-35	20000	7,7	11,5
21	სამტრედია	1	61	3000	4,9	7,2
22	ვანის რაიონი	3	52-60	2152	3,2	4,8
23	ვანი	2	60	2780	4,5	6,8
24	ამაღლება	1	41	346	0,3	0,5
25	სიმონეთი	1	42	520	0,4	0,6
26	აბასთუმანი	3 წყ.	48	1040	1,1	1,7
27	ვარძია	3	45-58	1330	1,75	2,7
28	თმოგვი	1	62	520	0,9	1,3
29	ნაქალაქევი	3	34-58	795	0,64	1,05
30	ასპინძა	1	42	864	0,7	1,0
31	ციხის ჯვარი	1	32	1000	0,34	0,5
32	ბორჯომი	25	30-41	537	0,4	0,6
33	ახალდაბა	4	33-42	500	0,26	0,43
34	წრომი	5	39-55	732	1,03	1,64
35	აგარა	1	82	260	0,7	1,1
36	ხვედურეთი	2	45-49	140	0,15	0,2
37	თბილისი I	7	56-70	3760	6,5	9,9
38	თბილისი II	5	38-48	1111	0,82	1,16

39	უჯარმა	1	42	50	0,04	0,06
40	თორღვას აბანო	1 წყ.	35	800	0,4	0,6
41	წნორი	1	37	864	0,5	0,75
42	ჰერეთის კარი	2	34-37	3300	1,65	2,6
43	სულ			135599	307,1	458,4

„საქურდგეოთერმის“ მიერ ჩატარებული სამიეზო- ბურღვითი სამუშაოების შედეგად აღმოჩენილი და მოძიებულია დასავლეთ საქართველოში კინდლი- მოქვის საბადოს, კინდლისა და დრანდის უბნები, ოხურეის, ზუგდიდ- ცაიშის და ქვალონის საბადოები, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში- თბილისის და აგარის საბადოები, რომელთა რესურსები შეადგენს 650 ათ. მ³/დღ.- დ., ტემპერატურით 56- 107°C [1].

აღნიშნული გამოვლენილი თერმული წყლების საბადოები განლაგებულია შემდეგ რეგიონებში:

თბილისის თერმული წყლების საბადო, თბილისის საბადოზე 7 ჭაბურილია: საექსპლუატაციო 6 და სათვალთვალო 1 [2; 3; 8; 39]. საბადოს საექსპლუატაციო ჭაბურღილების საერთო დებიტი შეადგენს 3760 მ³/დღ.- დ., ტემპერატურა 56- 70 °C. წყალი ჰიდროკარბონატულ- ქლოროვან- ნატრიუმია, მინერალიზაციაა 0,2- 0,4 გ/ლ. საბადო ექსპლუატაციაშია 1973 წლიდან. ამჟამად საბადოს ექსპლუატაცია გრძელდება, თერმული წყლები მიეწოდება ქ. თბილისის მოსახლეობას და საყოფაცხოვრებო დანიშნულების ობიექტებს (აბანოებს) ცხელი წყლით მომარაგების მიზნით.

აგარის თერმული წყლების კომპლექსში მდებარეობს 3 სათვალთვალო ჭაბურღილი. საბადოს წყლების დებიტია 160 მ³/დღ.- დ., ტემპერატურა- 75- 82°C. საბადოს სამრეწველო ექსპლუატაცია ჯერჯერობით არ განხორციელებულა.

სამტრედიამი არის ერთი საექსპლუატაციო ჭაბურღილი „სამტრედია“. თერმული წყლის დებიტია 1700 მ³/დღ.- დ., ტემპერატურა- 61 °C. საბადოს ექსპლუატაცია დაწყებულია 1973 წლიდან. წყლები მიეწოდებოდა სამტრედიის კურორტს და სხვადასხვა საწარმოს ბალნეოლოგიური მიზნებისათვის და ცხელი წყალმომარაგებისათვის.

მენჯის თერმული წყლების საბადოს წყლის დებიტია 2400 მ³/დღ.- ლ., ტემპერატურა- 58 °C. წყალი სულფატურ- ქლოროვან- კალციუმ- ნატრიუმ- მაგნიუმიანია, მინერალიზაციაა 2,6 გ/ლ. საბადოს ექსპლუატაცია დაწყებულია 1973 წლიდან. წყალი მიეწოდებოდა მენჯის კურორტს ბალნეოლოგიური მიზნებისათვის.

ქვალონის თერმული წყლების საბადოზე 4 ჭაბურღილია: საექსპლუატაციო 2 და სათვალთვალო 2. საექსპლუატაციო ჭაბურღილის საერთო დებიტი შეადგენს 5450 მ³/დღ.- ლ., ტემპერატურა 79- 100 °C [8; 30].

ზუგდიდ- ცაიშის თერმული წყლების საბადოზე თვრამეტი ჭაბურღილია: საექსპლუატაციო 10, სათვალთვალო- 5 და საინჟინერიო- 3. საექსპლუატაციო ჭაბურღილების დებიტია 36800 მ³/დღ.- ლ., ტემპერატურა- 82- 90 °C. წყალი სულფატურ- ქლოროვან- კალიუმ- ნატრიუმ- მაგნიუმიანია, მინერალიზაციაა 0,87- 1,6 გ/ლ. საბადოს ექსპლუატაცია დაწყებულია 1973 წელს. წყალი მიეწოდებოდა ქ. ზუგდიდს კომუნალურ მეურნეობას ცხელი წყალმომარაგებისათვის, სოფლის მეურნეობის ობიექტებს- ტექნოლოგიური მიზნებისთვის, ცაიშის კურორტს- ბალნეოლოგიური მიზნებისთვის [3; 8; 9; 10].

საბერიოს საბადოზე ერთი ჭაბურღილია. წყალშემცველი ჰორიზონტია ქვედა ცარცი, რომელიც გახსნილია 1633- 2555 მ. ინტერვალში.

რეჩხის თერმული წყლების საბადოზე ერთი საექსპლუატაციო ჭაბურღილია. საექსპლუატაციო ჭაბურღილის დებიტია 1080 მ³/დღ.-ლ. (წყლის დონის დაწევით 80 მ), ტემპერატურა- 72 °C. საბადოს ექსპლუატაცია დაიწყო 1977 წელს. წყალი მიეწოდება ენგურჰესის დასახლებას, სპორტულ კომპლექსს ცხელი წყალმომარაგებისათვის [30].

ოხურეის თერმული წყლების საბადოზე ერთი საექსპლუატაციო და ერთი სათვალთვალო ჭაბურღილია. თერმული წყლების დებიტია 3500 მ³/დღ.- ლ., ტემპერატურა- 105 °C. საბადოს ექსპლუატაცია დაიწყო 1973 წლიდან. წყალი მიეწოდებოდა ოხურეის სასათბურე კომბინანტს.

კინდლი- მოქვის საბადოს კინდლის უბანზე 12 ჭაბურღილია: საექსპლუატაციო- 8, სათვალთვალო- 3, საინჟინერიო- 1. თერმული წყლების დებიტია 26100 მ³/დღ.- ლ., ტემპერატურა- 75- 107,5 °C. საბადოს ექსპლუატაცია დაიწყო 1972 წლიდან [3; 8; 30].

1.4. არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების განაწილება საქართველოს რეგიონების მიხედვით

საქართველოში არსებული მრავალგვარი ენერგეტიკული რესურსების კვალობაზე და მისი მრავალმხრივი ლანდშაფტის, კლიმატის და მდებარეობის გათვალისწინებით უნდა ვეცადოთ, რომ ქვეყნის თითოეულ რეგიონში არატრადიციული რესურსებიდან ის სახეობა განვავითაროთ, რომელიც უფრო დიდი მოცულობით გამოირჩევა სხვა რეგიონებთან შედარებით, რომელიც საერთო ჯამში უფრო მომგებიანია და მისაღებია კონკრეტული რეგიონისთვის ეკონომიკური და ტექნიკური თვალსაზრისით.

წარმოდგენილია ნაშრომში უკვე ნახსენები და არსებული მონაცემების საფუძველზე საქართველოს არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების მზის, ქარის, გეოთერმული წყლების შესაძლო ეკონომიკურ-ენერგეტიკული სარგებლიანობის შემაჯამებელ ცხრილს რეგიონების მიხედვით (იხ. ცხრ. 1.4). ცხრილში მოცემული მონაცემები არის საშუალო რეგიონში არსებული რესურსების, შესაძლებელია რაიონის ერთი რომელიმე პუნქტის მონაცემები, მეტი იყოს მთლიანად რეგიონის მონაცემზე, მაგალითად მთა-საბუეთის 3 მ/წმ-ზე მეტი ან ტოლი ქარის ხანგრძლივობა წელიწადში არის 7127 სთ, ხოლო შიდა ქართლის საშუალო, სადაც მთა საბუეთი მდებარეობს ცხრილის მიხედვით არის 5000 სთ წელიწადში.

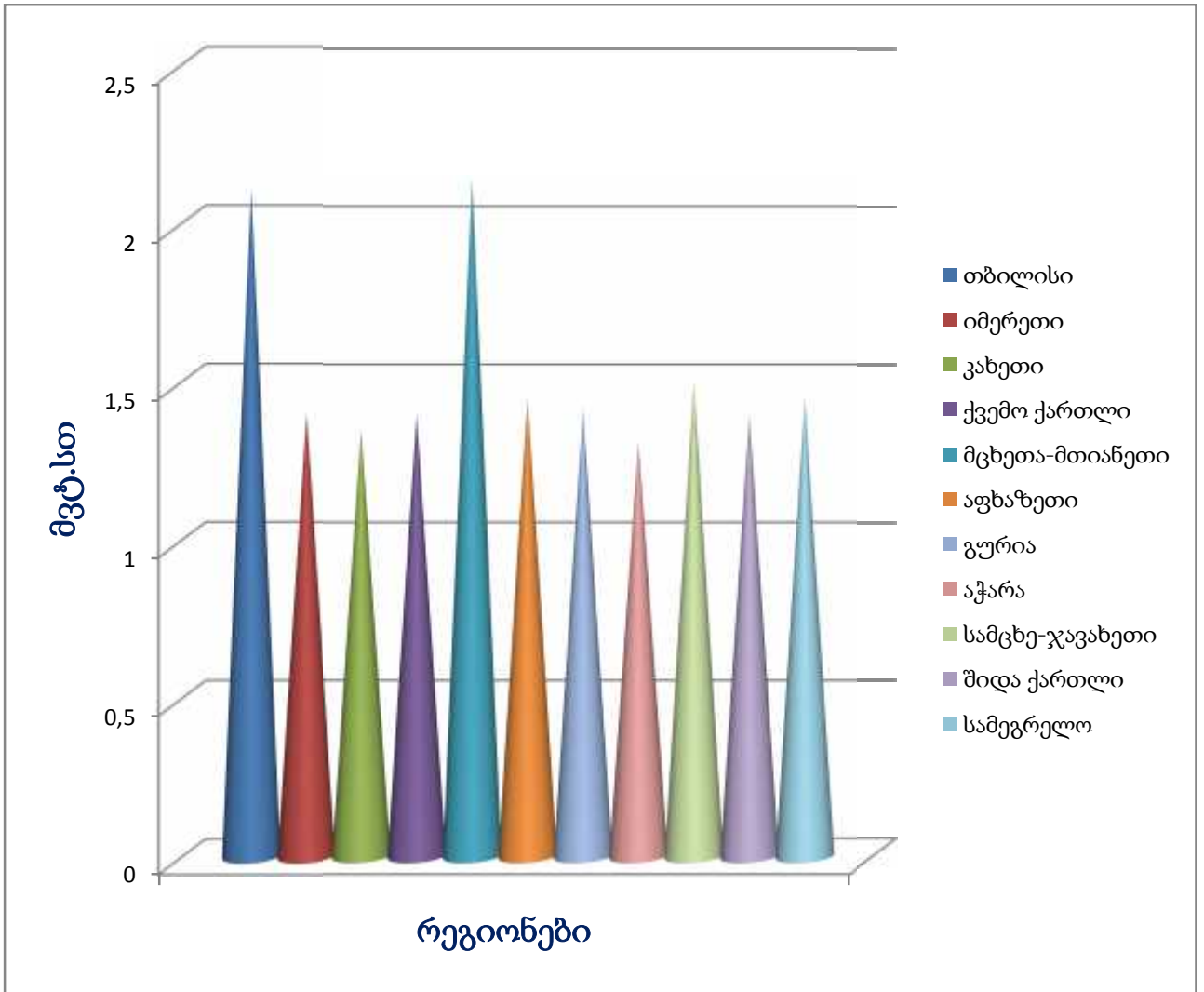
ცხრილი 1.4

საქართველოს მზის, ქარის, თერმული წყლების რესურსების თბური სიმძლავრეები ცალკეული რეგიონების მიხედვით.

რეგიონები	მზის რადიაციის ჯამური მოდინება წელიწადში (კვტ.სთ/მ ²)	3 მ/წმ-ზე მეტი ან ტოლი ქარის სიჩქარის ჯამური ხანგრძლივობა წელიწადში რეგიონების მიხედვით (სთ)	თერმული წყლების საბადოების დებეტის თბური სიმძლავრეები (მგტ.სთ.)
თბილისი	2107	4436	7,32
იმერეთი	1350-1400	7127	21

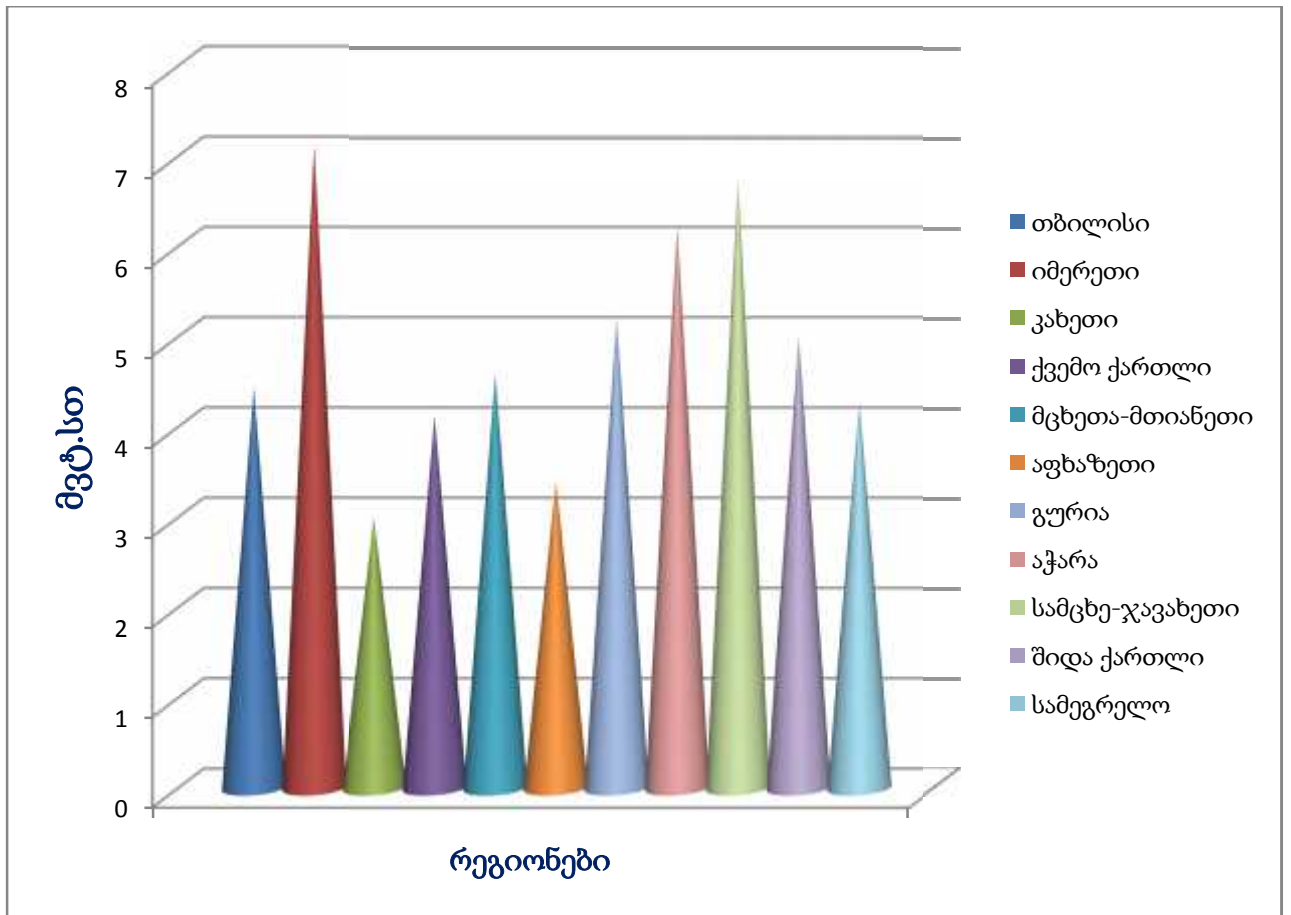
კახეთი	1349	3000	2,55
ქვემო ქართლი	1400-1450	4131	-
მცხეთა-მთიანეთი	2147	4591	0,04
აფხაზეთი	1451	3395	164,95
გურია	1426	5223	-
აჭარა	1308	6243	-
სამცხე-ჯავახეთი	1400-1600	6740	5,83
შიდა ქართლი	1350-1450	5000	2,14
სამეგრელო	1451	4280	102,1

1.4 ცხრილის მონაცემების მიხედვით წარმოგიდგენთ თითოეული რეგიონის 1მ²-ზე წელიწადის განმავლობაში დაცემული საშუალო რადიაციის ჰისტოგრამას (იხ. ნახ. 1.5), მასზე დაკვირვებით შეგვიძლია ასეთი დასკვნის გამოტანა: წელიწადში მზის რადიაციის ჯამური მოდინება, გაზნეული და პირდაპირი რადიაციების ჯამი, ყველაზე მეტია თბილისის (2,11 მვტ.სთ/მ²) და მცხეთა- მთიანეთის რეგიონში (2,15 მვტ.სთ/მ²), აქედან გამომდინარე ლოგიკური იქნება მზის არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსის განვითარებას ამ რეგიონებში მეტი ყურადღება მიექცეს [30].



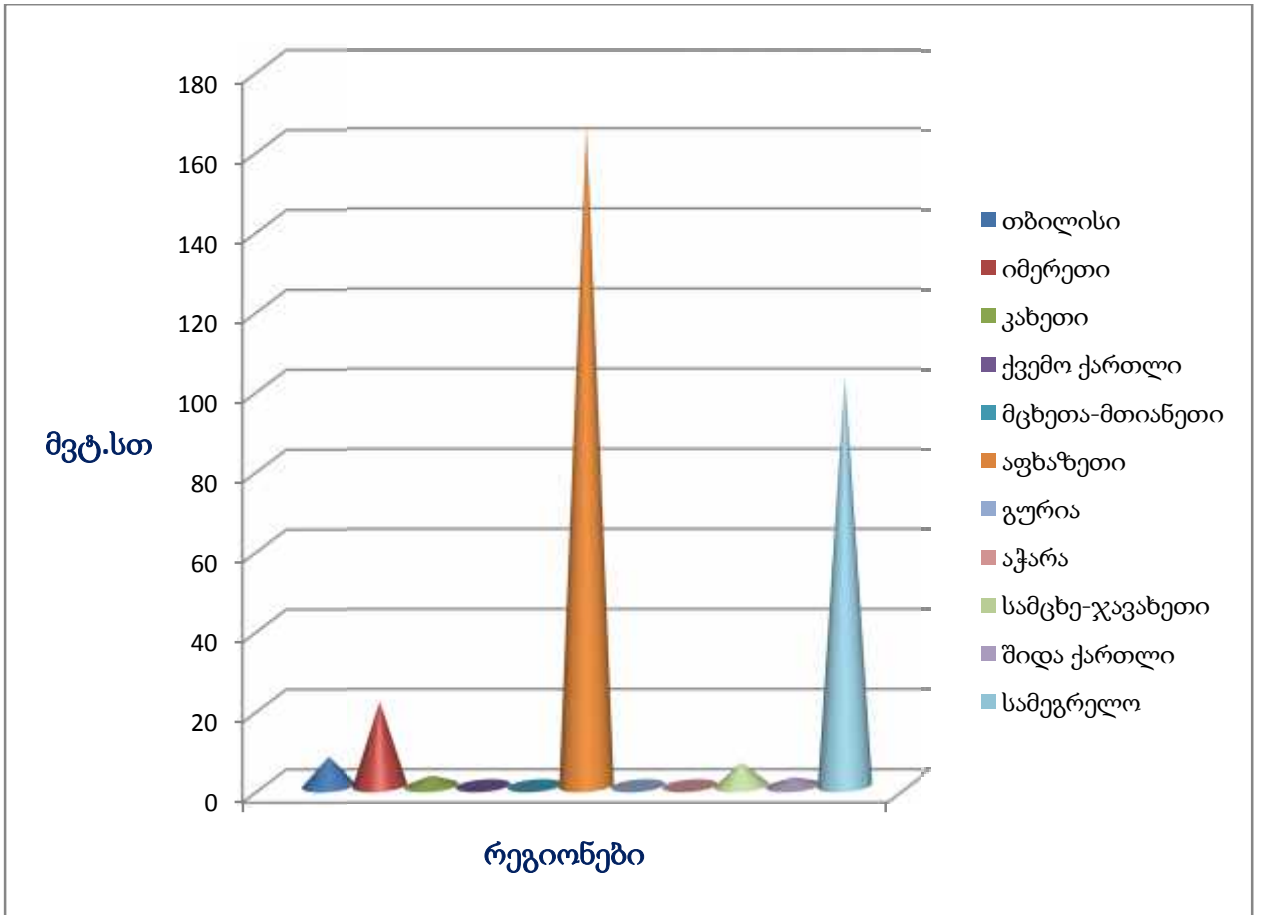
ნახაზი 1.5 საქართველოს რეგიონის 1 მ²-ზე წელიწადში დაცემული მზის საშუალო რადიაცია.

თუ თითოეულ რეგიონში დავაყენებთ 1 კვტ. დადგმული სიმძლავრის ქარის ნელმავალ ტურბინას, წელიწადში მისი გამომუშავებული სიმძლავრის მონაცემები მოცემულია ნახაზზე (იხ. ნახ. 1.6). დაკვირვებით ნათლად ჩანს რომ ქარის ენერგეტიკული რესურსიდან, თესის ყველაზე მაღალი მ.ქ.კ. გვექნება იმერეთის და სამცხე-ჯავახეთის რეგიონებში, სადაც 3 მ/წმ-ზე მეტი ან ტოლი ქარის ჯამური ხანგრძლივობა წელიწადში, რომელიც ითვლება ქარის ტურბინის ფუნქციონირებისათვის მუშა სიჩქარედ, ყველაზე მეტია ამ რაიონებში.



ნახაზი 1.6. 1 კვტ. დადგმული ქარის გენერატორის შესაძლო გამომუშავება წელიწადში საქართველოს რეგიონების მიხედვით (მგტ/სთ).

რეგიონში არსებული თერმული წყლების საბადოების საერთო დებეტის ჯამის მოცულობაზე და ტემპერატურაზე დაკვირვებით (იხ. ნახ. 1.7) ჩანს, რომ სამეგრელოს და აფხაზეთის რაიონებში, რომლებიც გამოირჩევიან საქართველოში თერმული წყლების ყველაზე მეტი დებეტით, სადაც არის ქვეყნის თერმული წყლების მარაგის თითქმის 90%, უნდა მოხდეს გეოთერმული ენერგეტიკის აღსადგენად და გასანვითარებლად ძალების დახარჯვა სახელმწიფოს და საზოგადოების მიერ.



ნახაზი 1.7 საქართველოს რეგიონების თერმული წყლების დებეტის სიმძლავრეები (მვტ).

ლოგიკურია, რომ არ უნდა დავიწყოთ თვის მშენებლობა იმ რეგიონებში, სადაც ჯერჯერობით თერმული წყლების დიდი რესურსები არ გვაქვს, მაგალითად გურიაში და ქვემო ქართლში, რადგან გაუმართლებელი და ეკონომიკურად წამგებიანი იქნება, ამ რაიონებში უმჯობესია ქარის და მზის ენერგეტიკის განვითარებაზე ვიზრუნოთ, რადგან როგორც 1.5 და 1.6 ნახაზებიდან ჩანს აქ მათი გარკვეული რესურსები მოიპოვება.

ყველა სახელმწიფო თავის განვითარების სტრატეგიას აწყობს თავის რესურსებზე დაყრდნობით. ენერგეტიკის დარგში, რომელსაც წამყვანი როლი აქვს დაკავებული ქვეყნის სიცოცხლისუნარიანობაში, უნდა აღორძინდეს მისი რესურსების გამოყენებით, ჩვენ არ გვაქვს ჯერჯერობით აღმოჩენილი ტრადიციული წიაღისეულის დიდი მარაგები, როგორცაა ნავთობი და ბუნებრივი აირი, ამიტომ შემოგვაქვს სხვა

ქვეყნიდან და მასზე ვხარჯავთ კოლოსალურ ფულად სახსრებს, სამაგიეროდ გვაქვს განახლებადი და არატრადიციული ენერგეტიკის განვითარების უზარმაზარი შესაძლებლობები, იმ მოცულობის, რომ თუ მიზანდასახულ და სწორადმიმართულ სამუშაოებს გავწევთ, ელექტროენერჯის და ენერგეტიკული რესურსების მართო იმპორტსაც კი არ გადავურჩებით, არამედ მოვახერხებთ ელექტროენერჯის გაცილებით დიდი მასშტაბებით ექსპორტსაც მეზობელ ქვეყნებში, რაც დადებითად აისახება ქვეყნის ბიუჯეტზე, ასევე გადაიჭრება ბევრი ერთმანეთზე მიბმული პრობლემები, როგორცაა ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოება, უმუშევრობის შემცირება, მშპ-ის წილის გაზრდა ერთ სულ მოსახლეზე და სხვა.

თავი 2. არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების გამოყენების თანამედროვე მდგომარეობის შეფასება

2.1. არსებული მდგომარეობის შეფასება საქართველოში

ჩვენს ქვეყანაში არსებული არასტაბილური ეკონომიკური მდგომარეობისა, ენერგეტიკის სექტორში არსებული არასაკმარისი დაფინანსების, სახელმწიფოს მხრიდან არ არსებული განახლებადი ენერჯის განვითარების საკანონმდებლო ბაზისა და ინვესტიციებისა და სხვა მრავალი შემაფერხებელი ფაქტორის მიუხედავად ნელი სვლით, თუმცა მაინც მიმდინარეობს, ძირითადად უცხოური ინვესტიციებით და გრანტებით განახლებადი წყაროების განვითარებისათვის თეორიული კვლევა, მოსახლეობის ინფორმირება, ტექნიკური საფუძვლების მომზადება და პრაქტიკულად მცირე სიმძლავრეების დამონტაჟება კომერციული და არაკომერციული სექტორისათვის, ამის მაგალითია საქართველოში გავრცელებული მზის კოლექტორები, ფოტოვოლტაიკური ელემენტები, თბილისის აეროპორტში დამონტაჟებული მზის ელემენტები, მიმდინარე პროექტი, გორის მუნიციპალიტეტში ქარის ელექტროსადგურის მშენებლობის.

საქართველოში დღეს- დღეობით დაახლოებით 50 000 ათასამდე მზის კოლექტორია დამონტაჟებული ცხელი წყალმომარაგებისათვის, ეს კოლექტორები გამოიყენება აბაზანაში და სამზარეულოში ცხელი წყლის უზრუნველსაყოფად, აუზების გასათბობად და ზამთრის პერიოდში სახლების გათბობისთვის. ასევე მოსახლეობაში გავრცელებულია მცირე სიმძლავრეების ფოტოვოლტაიკური მზის ელემენტები, ძირითადად 20 ვტ- დან 2000 ვტ სიმძლავრემდე. ერთ- ერთი ასოციაციის „მზის სახლის“ მოწოდებული ინფორმაციით მის მიერ საქართველოში დამონტაჟებულია 400- მდე მზის ფოტოელექტრული სისტემა, საერთო ჯამური სიმძლავრით 90 კვტ- მდე. საქართველოში არსებული წამყვანი საინჟინრო სუპერმარკეტის „ქებული კლიმატის“ მონაცემებით ბოლო სამი წლის განმავლობაში გაყიდული და დამონტაჟებული აქვს 5 700- მდე მზის წყალგამაცხელებელი კოლექტორი.

ეხლახანს, 2016 წლის 30 ივლისს „თბილისის საერთაშორისო აეროპორტის“ ტერიტორიაზე იაპონური მხარის დახმარებით შექმნილი მზის ელექტროენერჯის გამომუშავების სისტემა ამუშავდა. აეროპორტის ტერიტორიაზე განთავსებული სისტემის საშუალო სიმძლავრე 316 კვტ- ია, ხოლო წლიური გამომუშავებული ენერჯია- 337 კვტ/სთ, განთავსების ტერიტორია 4 000 მ²- მდე; CO₂- ის ემისიის შემცირება ყოველწლიურად- 187 ტ. გამომუშავებული ელექტროენერჯია აეროპორტის ტერმინალების განათებას ხმარდება.

ენერჯეტიკის სამინისტრომ და უცხოურმა კომპანია “Headwall Power International”- მა გარდაბნის მუნიციპალიტეტში მზის ენერჯის პოტენციალის შესასწავლად ურთიერთგაგების მემორანდუმს მოაწერეს ხელი. მემორანდუმის თანახმად, კომპანია “Headwall Power International”- ი, პარტნიორ „მზის ენერჯის კომპანიასთან“ ერთად, გარდაბნის მუნიციპალიტეტში, მზის პოტენციალის 12 თვის განმავლობაში შეისწავლის.

ქარის საპილოტე ელექტროსადგურის მშენებლობა ქვეყანას ალტერნატიული ენერჯის მიმართულებით გამოცდილებას მისცემს. ევროპა უკვე დიდი ხანია იყენებს არატრადიციული ენერჯის წყაროებს. მაგალითად გერმანიამ მათ ხარჯზე უკვე მოახერხა 8 ატომური ელექტროსადგურის გაჩერება. ყველაფერი დამოკიდებულია სადგურის ასაშენებლად განსაზღვრულ ადგილას არსებულ ბუნებრივ პირობებზე; ხოლო რაც შეეხება ქარის ენერჯის სიძვირეს ჰიდროელექტროსადგურებით მიღებულ ენერჯიასთან შედარებით, გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც, რომ სამაგიეროდ, ის იმპორტირებულ ენერჯიასა და ნებისმიერი თბოელექტროსადგურის საშუალებით მიღებულ ენერჯიაზე გაცილებით იაფი იქნება, განსაკუთრებით ზამთრის პერიოდში, როდესაც ქვეყანაში არსებული ჰიდრორესურსებით მიღებული ენერჯია საქართველოს მოსახლეობის მოთხოვნას ვერ აკმაყოფილებს.

2016 წელს გორის მუნიციპალიტეტში, მთა საბუეთზე დაიდგა ქარის 6 ტურბინა, ფრთების დიამეტრი- 117 მეტრი, თითოეული სიმძლავრით 3,45 მგვტ, ჯამში გვაქვს 20,7 მგვტ დადგმული სიმძლავრე, რომელიც წელიწადში 88 მლნ. კვტ/სთ ენერჯიას გამოიმუშავებს. ამ ეტაპზე სამშენებლო ტერიტორიაზე დასრულებულია მისასვლელი გზების და „გორი 220“ ქვესადგურთან მიერთების სამუშაოები, დაიდგა ტურბინები და

მიმდინარეობს ქესის სატესტო რეჟიმში მუშაობა. ყოველწლიურად ატმოსფეროში შემცირდება 5 მლნ. ტონამდე სათბური აირების მოხვედრა.

6 ტურბინის გაშვების შემდეგ ეს სადგური 18000- 20000 ოჯახს უზრუნველყოფს ელექტროენერგიით. ამ პროექტის გამართლების შემდეგ იგეგმება მისი სიმძლავრის 100 მგვტ.-დე გაზრდა.

წინა წლებში თერმული წყლების გამოყენება ძირითადად ხდებოდა სოფლის (სასათბურე კომბინატების, ჩაის ფაბრიკების, მეფრინველეობა- მეღორეობის ფერმების გასათბობად, ტექნოლოგიური მიზნებისათვის), კომუნალურ (ქ. თბილისი, ქ. ზუგდიდი) მეურნეობასა და ბალნეოლოგიაში (სამტრედიის, მენჯის, ცაიშის კურორტები). 1990- 1995 წლებში ქვეყანაში შექმნილი მდგომარეობის გამო განადგურდა და დაიწყო უქმი ღვრა არსებული საბადოების უმრავლესობამ. ამჟამად სახეზეა 51 საექსპლუატაციო, სათვალთვალო და საინჟინქტორო ჭაბურღილი, თბოტრასები საერთო სიგრძით 170 კმ, 22 სატუმბავი სადგური.

დასავლეთ საქართველოში 90- იან წლებში განადგურდა და გაიძარცვა სარეწი უბნების ბაზები, ტრანსპორტი, სატუმბი სადგურები, ჭაბურღილები, თბოტრასები.

თერმული წყალი 100%- ით გამოიყენება დღეისათვის მხოლოდ თბილისის საბადოზე. ქ. თბილისის ვაკის და საბურთალოს რაიონების დაახლოებით 10 ათას მოსახლეს დღე- ღამეში მიეწოდება 3000 მ³ თერმული წყალი, 56- 70 °C ტემპერატურით, რის შედეგადაც თბილისში წელიწადში იზოგება 100 გკლ ან 14200 ტ ხის ნახშირი და აგრეთვე, 1,5 მლნ მ³ სასმელი წყალი. თბილისში ასევე ფუნქციონირებს აბანოთა უბანში რამდენიმე აბანო, რომლებიც მოიხმარენ თბილისის გეოთერმული წყლების საბადოს მცირე რაოდენობას ცხელი- წყალმომარაგებისათვის, ასევე ეხლანდელი სოფლის მეურნეობის სამინისტროს ეზოში არსებულ ყოფილ ღვინის შემნახველ და გადამამუშავებელ ქარხანაში თერმული ცხელი წყალი გამოიყენება ჭურჭლის დასუფთავება- დეზინფექციისათვის. წყალტუბოში ფუნქციონირებს რამდენიმე აბაზანა რომლებიც გამოიყენება სამკურნალოდ, საბადოს მარაგის უმეტესი რაოდენობა იღვრება უქმად.

წარმოგიდგენთ არატრადიციული და ტრადიციული ენერგორესურსებზე მომუშავე ელექტროსადგურების საპროექტო ტექნიკურ- ეკონომიკური მაჩვენებლების

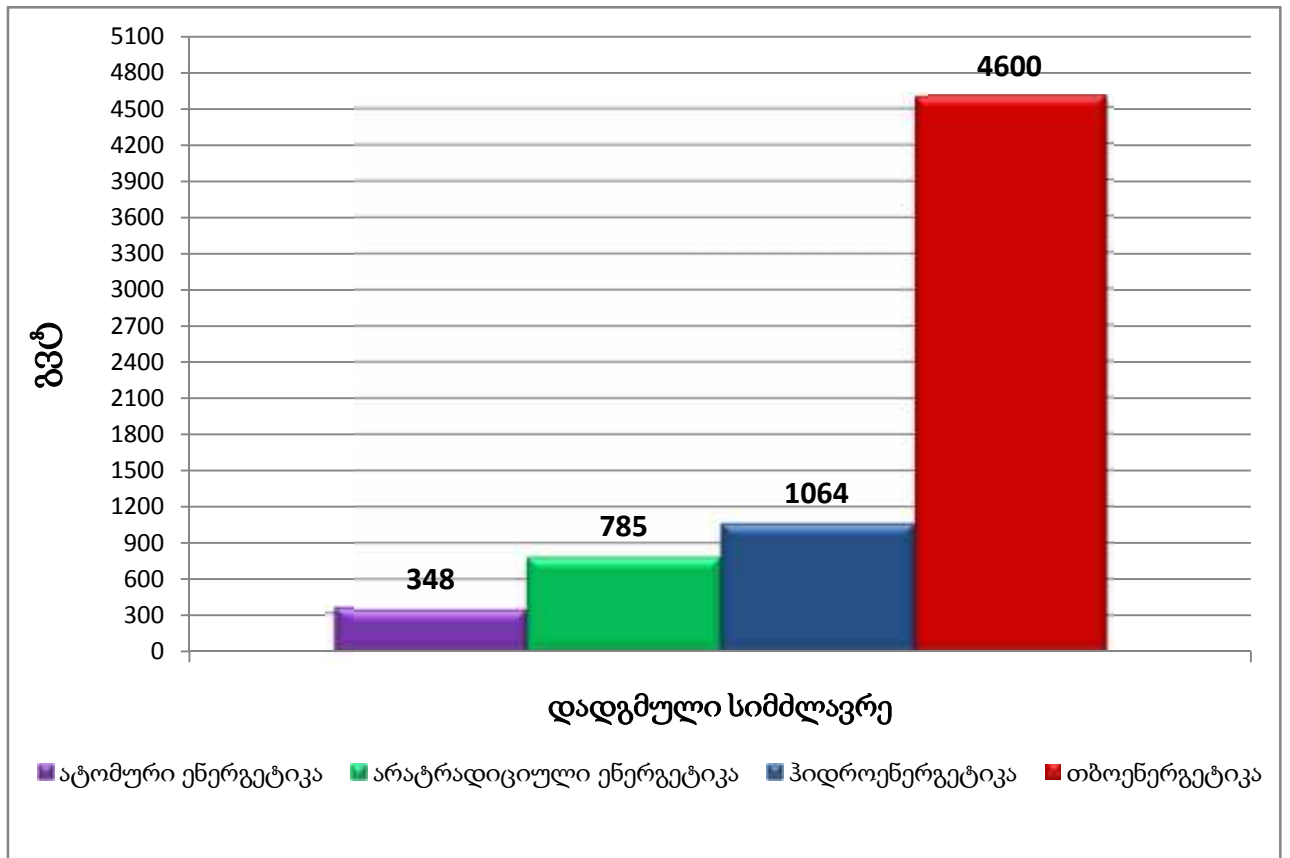
ცხრილს (იხ. ცხრ. 2.2) შედარებისთვის და დასკვნებისთვის. ჩვენს ქვეყანაში ყველაზე მეტად განვითარებულია ჰიდროელექტროსადგურებიდან გამომუშავებული ელექტროენერჯის გამოყენება, ასევე სახელმწიფო პოლიტიკაც განსაკუთრებით ხელს უწყობს ჰესების მშენებლობას, ამიტომ შედარებისთვის ავიღოთ ჰიდროელექტროსადგურის მონაცემები და შევადაროთ სხვა ტრადიციულ თუ არატრადიციულ ელექტროსადგურებს. დაკვირვებიდან ნათლად ჩანს, რომ მზის ელექტროსადგურის 1 კვტ. სიმძლავრის დადგმა ყველაზე დიდ ინვესტიციას მოითხოვს 13715 ა.შ.შ. დოლარი, რომელიც 8- ჯერ აღემატება 1 კვტ. ჰიდროელექტროსადგურის ენერჯის დასადგამად საჭირო თანხას (1616 ა.შ.შ. დოლარი), ამასთან ერთად მზის ელექტროსადგურის წელიწადში მუშაობის ხანგრძლივობა მხოლოდ 1048 სთ- ის ტოლია, რაც 5- ჯერ ნაკლებია ვიდრე ჰესის გამომუშავების ხანგრძლივობა (5194 სთ. წელიწადში), გამოდის, რომ 40- ჯერ წამგებიანია ინვესტორისათვის მზის ელექტროსადგურში თანხის დაბანდება, ვიდრე ჰიდროელექტროსადგურში. ქარის ელექტროსადგური გაცილებით კონკურენტუნარიანია ჰიდროელექტროსადგურთან მიმართებაში, 1 კვტ. სიმძლავრის დასადგამად თითქმის ერთნაირი ოდენობის ინვესტიცია სჭირდებათ ორივეს (ჰიდრო- 5194, ქარი- 4251), ამ მონაცემებიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ განახლებადი და არატრადიციული ენერჯის ერთ- ერთი სახე- ქარის ელექტროსადგურიდან მიღებული ენერჯის განვითარებას, ჩვენს ქვეყანაში უდიდესი პერსპექტივა აქვს. თბოელექტროსადგურის გაშვება მოითხოვს ყველაზე დაბალ ინვესტიციას 1 კვტ- ზე (956,6 ა.შ.შ. დოლარი), ამასთან ერთად წელიწადის განმავლობაში სხვა სამივე ელექტროსადგურთან შედარებით ყველაზე ხანგრძლივი გამოყენების საათებით გამოირჩევა (7608 სთ.), მაგრამ გასათვალისწინებელია რომ გარემოზე ზემოქმედებს უარყოფითად, ავსებს ატმოსფეროს სათბური აირებით. ეკონომიკური კვლევა გვიჩვენებს, რომ ჰესების და თესების მუშაობა ინვესტორებისათვის მომგებიანია, მაგრამ ნათლად ჩანს ქარის ელექტროსადგურის კონკურენტუნარიანობა მათთან მიმართებაში და არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ მზის ელექტროსადგურების დასამონტაჟებლად საჭირო ტექნოლოგიების ფასები დაბლა იწევს და ყოველდღიურად ვითარდება, ამიტომ ჩვენ თავი არ უნდა დავანებოთ არატრადიციული ენერჯეტიკული რესურსების განვითარებისათვის ზრუნვას.

არატრადიციული და ტრადიციულ ენერგორესურსებზე მომუშავე
ელექტროსადგურების საპროექტო ტექნიკურ- ეკონომიკური მაჩვენებლები.

ელ. სადგურები	მდებარეობა	დადგმული სიმძლავრე	ელ. ენერჯის გამომუშავება	საჭირო ინვესტიციების მოცულობა (მლნ. ა.შ.შ. დოლარი)	მათ შორის 1 კვტ -ზე (ა.შ.შ. დოლარი)	გამოყენებული საათების რაოდენობა
მზის	თბილისის აეროპორტი	350 კვტ.	367 კვტ.სთ.	4,8	13715	1048
ქარის	გორის რაიონი	20,7 მვტ.	88 მლნ.კვტ. სთ.	35,0	1690	4251
თესი	გარდაბანი	230 მვტ.	1750 მლნ.კვტ. სთ.	220,0	956,6	7608
ჰესი	ყაზბეგის რაიონი (თერგიჰესი)	26,3 მვტ.	136,6 მლნ.კვტ. სთ.	42,5	1616	5194

2.2. მიღწევები მსოფლიოში

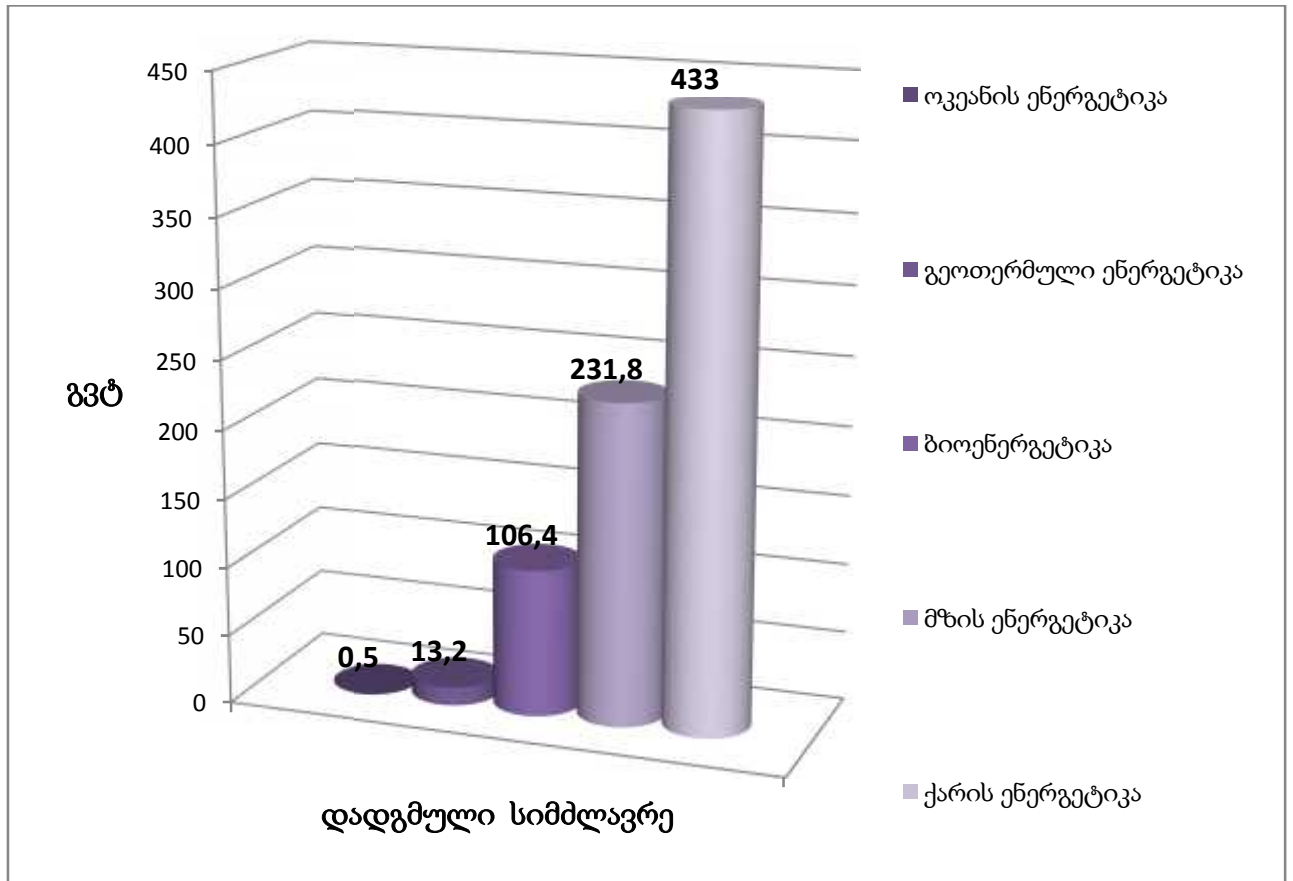
წარმოგიდგინოთ მსოფლიოში ელექტროენერგიის მისაღებად დადგმული ელექტროსადგურების ჯამურ მაჩვენებელს (იხ. ნახ. 2.3), გრაფიკიდან ჩანს რომ თესების დადგმული სიმძლავრე 4600 გვტ- მდე აღწევს, ჰესების 1000 გვტ- ზე მეტია, არატრადიციული ენერგეტიკის წილად მოდის 800 გვტ- მდე სიმძლავრე, ხოლო ატომური ენერგეტიკის დადგმული სიმძლავრე 350 გვტ- მდეა.



ნახაზი 2.3 მსოფლიოში არსებული ელექტროსადგურების ჯამური დადგმული სიმძლავრეები.

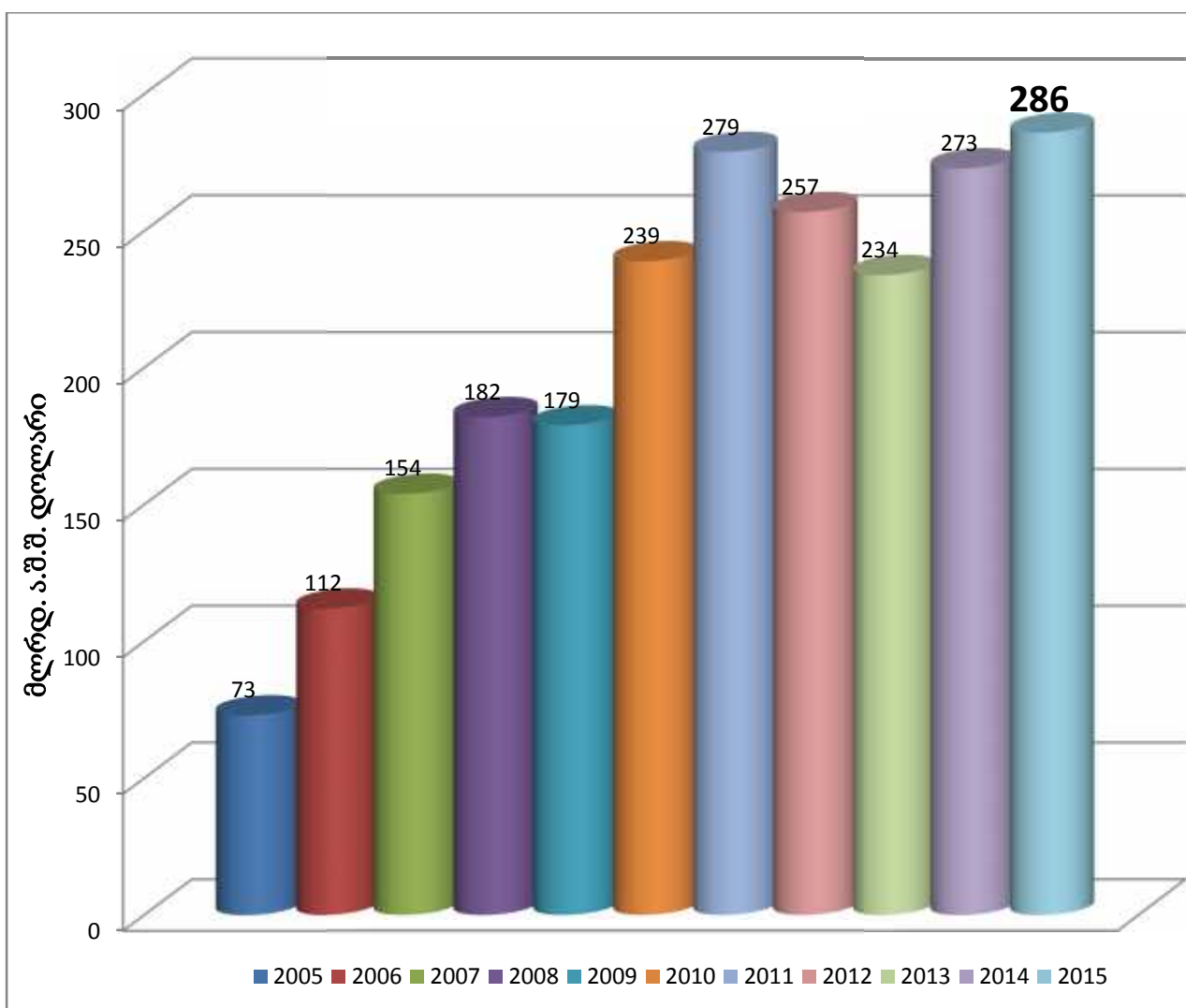
მსოფლიოში ყოველწიურად დიდი სიჩქარით იზრდება ალტერნატიული ენერგიის გარდაქმნელების მოცულობა, 2015 წელს 785 გვტ- ს მიაღწია (იხ. ნახ. 2.4), სადაც კოლოსალურია ქესების წილი- 433 გვტ, მეორე ადგილზეა მზის დანადგარები

231,8 გვტ, დიდი მოცულობა აქვს ბიოენერგეტიკას 106,4 გვტ, შედარებით მცირეა გეოთერმული ენერგეტიკა ნახსენებ სადგურებთან შედარებით 13,2 გვტ. და სულ უმნიშვნელო ყველა დანარჩენთან ოკეანის ენერგეტიკა 0,5 გვტ- მდე.



ნახაზი 2.4 მსოფლიოში 2015 წლის მონაცემებით ალტერნატიული ენერგეტიკის დადგმული სიმძლავრე

2015 წელს ალტერნატიული ენერჯის გასანვითარებლად ინვესტირებულმა თანხებმა მსოფლიოში რეკორდულ მაჩვენებელს მიაღწია- 286 მლრდ. ა.შ.შ. დოლარი, როდესაც 2005 წელს ინვესტირებული იქნა მხოლოდ 73 მლრდ. ა.შ.შ. დოლარი (იხ. ნახ. 2.5)



ნახაზი 2.5 მსოფლიოში წლების განმავლობაში ინვესტირებული ფინანსები (მლრდ. ა.შ.შ. დოლარი).

მთელ მსოფლიოში ამჟამად აქტიურად მიმდინარეობს მზის ენერჯის ელექტროენერჯიად გარდაქმნა. აქ გამოიყენება ორი მეთოდი- თერმოდინამიკური და ფოტოელექტრული. აღსანიშნავია, რომ მეორე მეთოდი უფრო ინტესიურად ვითარდება. ამ საქმეში განსაკუთრებით აღსანიშნავია გერმანული პროექტი „1000 სახურავი“, რომლის მიხედვით გერმანიაში 2250 სახლი აღიჭურვა ფოტოელექტრული დანადგარებით. ამასთანავე, სარეზერვო წყაროდ გამოყენებულია ელექტროქსელი, საიდანაც ელექტროენერჯის ნაკლებობის გადაფარვა ხდება. ელექტროენერჯის სიჭარბის შემთხვევაში, სახურავის ელექტრობატარეებიდან გამომუშავებული

ელექტროენერგია ელექტროქსელს მიეწოდება. აღსანიშნავია, რომ ამ პროექტის განხორციელების ღირებულების 70 % სახელმწიფო ბიუჯეტიდან დაიფარა. ა.შ.შ.- ში მიიღეს უფრო მასშტაბური პროექტი- „მილიონი მზის სახურავი“. ფედერალური ბიუჯეტის ხარჯებმა ამ პროექტის რეალიზაციისას 6,3 მლრდ. დოლარი შეადგინა. განვითარებულ ქვეყნებში ალტერნატიული ენერგეტიკის ასე ფართოდ დანერგვა განპირობებულია მათი ეკოლოგიური სისუფთავით, რაც გარემოზე მავნე ზემოქმედებას გამორიცხავს.

გერმანიაში ალტერნატიული ენერჯის გამოყენება რეგულირდება 2004 წლის საკანონმდებლო აქტით, რომელიც მიზნად ისახავს ენერგომიწოდების მდგრადი განვითარების ხელშეწყობას, ქვეყნის კლიმატის და გრემოს დაცვის ხელშეწყობას, ელექტროენერჯის ღირებულების შემცირებას და ალტერნატიული ენერჯის წყაროებიდან მიღებული ენერჯის ტექნოლოგიური გამოყენების განვითარების ხელშეწყობას. კანონი არეგულირებს გაერთიანებულ ენერჯოსისტემასთან ენერჯის იმ მიმწოდებლების კავშირს, რომლებიც ელექტროენერჯიას აწარმოებენ ალტერნატიული ენერჯოწყაროებიდან, აგრეთვე, გაერთიანებული ენერჯოსისტემასთან ოპერატორების მიერ ელექტროენერჯის უპირატესი შესყიდვის, გადაცემისა და ღირებულების საკითხებს. კანონი არ ვრცელდება იმ ელექტროსადგურებზე, რომელთაც თუნდაც 25 %-ზე მეტის მფლობელია სახელმწიფო ან რომელიმე ფედერაციული ერთეული.

გაერთიანებული ენერჯოსისტემის ოპერატორები ვალდებული არიან ალტერნატიული ენერჯორესურსებიდან მიღებული ელექტროენერჯია დააკავშირონ ერთიან გადაცემის სისტემასთან და უზრუნველყონ ამ ენერჯის შესყიდვა და გადაცემა. ელექტროენერჯის შესყიდვის ვალდებულება ვრცელდება, მხოლოდ გენერაციის იმ ოპერატორზე, რომელიც სათანადო წესით დაარეგისტრირებს ელექტროსადგურს. გენერაციის და გაერთიანებული ენერჯოსისტემის ოპერატორები შეიძლება შეთანხმდნენ უპირატესი შესყიდვის წესიდან გადახვევის შესახებ კანონიდან, თუ ეს ხელს შეუწყობს გაერთიანებულ ენერჯოსისტემაში ელექტროსადგურის უკეთესად ინტეგრაციას. ელექტროენერჯის უპირატესი შესყიდვის და გადაცემის ვალდებულების მოთხოვნა ვრცელდება გაერთიანებული ენერჯოსისტემის ყველა იმ ოპერატორზე, რომელიც ყველაზე ახლოს მდებარეობს ელექტროსადგურთან და ფლობს

ტექნიკურად გამართულ სისტემას ელექტროენერჯის მისაღებად, თუკი არ არსებობს ტექნიკურად და ეკონომიკურად უფრო ხელსაყრელი სხვა ოპერატორი.

გაერთიანებულ ენერგოსისტემასთან დაკავშირების ვალდებულება არსებობს მაშინაც, როდესაც გაერთიანებული ენერგოსისტემის ოპერატორს ან ოპერატორის მომსახურების ზონას შეუმცირდება არატრადიციული ენერგორესურსიდან ელექტროენერჯის მიღება; და მაშინაც როდესაც გაერთიანებული ენერგოსისტემის გადატვირთვის დროს ენერგოსადგურს არ გააჩნია ენერჯის მიწოდების შემცირების ტექნიკური შესაძლებლობა.

გაერთიანებული ენერგოსისტემის ოპერატორები, რომლებიც ექსკლუზიურად იყენებენ არატრადიციულ ენერგორესურსებს და ყიდულობენ ამ ენერჯიას, იხდიან საფასურს. თუმცა ეს ვალდებულება გამოიყენება მხოლოდ იმ ენერგოსადგურების მიმართ, რომლებიც გამოიმუშავენ 500 კვტ- ზე მეტ ენერჯიას. გამომუშაებული ელექტროენერჯის საფასური განსხვავებულია იმისდა მიხედვით, თუ კონკრეტულად არატრადიციული ელექტროენერჯის რომელი წყაროდან ხდება ელექტროენერჯის გამომუშავება. იქნება ეს ბიომასა, გეოთერმული ენერჯია, ქარის თუ მზის ენერჯია. ღირებულება ძირითადად დამოკიდებულია კონკრეტული ელექტროსადგურის სიმძლავრეზე. მაღალი სიმძლავრის მქონე ელექტროსადგურის მიერ გამომუშაებული 1 კვტ. ენერჯის ღირებულება უფრო ნაკლებია, ვიდრე შედარებით დაბალი სიმძლავრის ენერგოსადგურის მიერ გამომუშაებული 1 კვტ. ენერჯის ღირებულება.

აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ არატრადიციული ენერგორესურსებიდან მიღებული ენერჯია არ იბეგრება დამატებითი ღირებულების გადასახადით. ხარჯების, გაერთიანებულ ენერგოსისტემასთან ალტერნატიული ენერგორესურსებიდან ელექტროენერჯის მწარმოებლის დასაკავშირებლად, ასევე ხარჯები, რომელიც უკავშირდება მიღებული და გადაცემული ელექტროენერჯის რაოდენობის გასაზომად საჭირო მოწყობილობების დამონტაჟებას, გადახდა ეკისრება გამანაწილებელ კომპანიას. იმ შემთხვევაში, თუ ერთი ან რამოდენიმე ენერგოსადგური 30 კვტ- მდე ჯამური სიმძლავრით, რომელიც მდებარეობს ენერგოსისტემასთან დაკავშირებულ ტერიტორიაზე, დამაკავშირებლად ითვლება მათთვის ყველაზე ხელსაყრელი წერტილი. ამას ეწოდება ეროვნული გამოთანაბრების სქემა.

გადაცემის სისტემის ოპერატორებმა უნდა განახორციელონ წარმოებული ენერჯის მოცულობისა და ამ ენერჯის ღირებულების გადახდის აღრიცხვა და დაუყოვნებლივ უნდა მოახდინონ ერთმანეთს შორის განსხვავების წინასწარი აღმოფხვრა. ყოველი წლის 30 სექტემბერს, გადაცემის სისტემის ოპერატორებმა უნდა მოახდინონ უკანასკნელი კალენდარული წლის განმავლობაში მათ მიერ შეძენილი ენერჯისა და მისი ღირებულების პროცენტული მაჩვენებლის განსაზღვრა საბოლოო მომხმარებლამდე მისული მთლიანი ენერჯის რაოდენობასთან მიმართებაში. თუ გადაცემის სისტემის ოპერატორების მიერ შეძენილი ენერჯის რაოდენობა აღმოჩნდა საშუალო წილზე მეტი, მაშინ ისინი უფლებამოსილი გახდებიან ენერჯია გაყიდონ და გადაცემის სისტემის სხვა ოპერატორებისაგან მიიღონ ამ ენერჯის ღირებულება. თავის მხრივ, სადისტრიბუციო კომპანიები, რომლებიც ელექტროენერჯიას აწვდიან საბოლოო მომხმარებელს, ყიდულობენ ენერჯის იმ ნაწილს, რომელიც შეისყიდა გადაცემის სისტემის ოპერატორმა, თუმცა ამავდროულად თითოეული სადისტრიბუციო კომპანია უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ამგვარი ენერჯის თანაბარი წილით.

სავალდებულო შესასყიდი ენერჯის რაოდენობა თითოეული ასეთი კომპანიისათვის გამოითვლება პროპორციულად საბოლოო მომხმარებლამდე მისული ენერჯის მთლიანი რაოდენობიდან. ამავდროულად, გარემოს, ბუნების დაცვისა და ატომური უსაფრთხოების ფედერალური სამინისტრო, ეკონომიკისა და შრომის სამინისტროსთან შეთანხმებით გამოსცემს ბრძანებულებას განახლებადი ენერჯოწყაროებიდან ქვეყნის მასშტაბით გამომუშავებული ელექტროენერჯის გათანაბრების სქემაზე ზედამხედველობის განხორციელების მიზნით. გაერთიანებული ენერჯოსისტემის ოპერატორები და სადისტრიბუციო კომპანიები, ასევე მათ მიერ ჩამოყალიბებული ნებისმიერი კავშირი, უფლებამოსილია გადასცეს ინფორმაცია ნებისმიერ მესამე მხარეს უკანასკნელი 1 წლის განმავლობაში გადახდილ ღირებულებასა და საშუალო შესყიდვის ხარჯებს შორის განსხვავების შესახებ, სადაც ისინი ამ ინფორმაციას წარმოადგენენ ოფიციალურად დამოწმებული ანგარიშის სახით. ეს ინფორმაცია ქვეყნდება საჯაროდ.

გაერთიანებული ენერჯოსისტემის ოპერატორი გათანაბრებული ენერჯის რაოდენობისა და ღირებულების გადახდის განსაზღვრის მიზნით, მონაცემებს აქვეყნებს

ყოველი მომდევნო წლის 30 სექტემბრისათვის. მონაცემები მოიცავს ინფორმაციას იმის შესახებ, ოპერატორმა შესყიდული ენერჯია მიაწოდა პირდაპირ თუ საბოლოო მომხმარებელს, სხვა ოპერატორს, სადისტრიბუციო კომპანიას თუ თვითონ გამოიყენა. ანგარიშის გამოქვეყნებასთან დაკავშირებული საკითხები დარეგულირებულია გარემოს, ბუნების დაცვისა და ატომური უსაფრთხოების სამინისტროს ბრძანებულებით მომხმარებელთა დაცვის, სურსათისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროსთან, ასევე ეკონომიკისა და შრომის სამინისტროებთან შეთანხმებით. გამჭირვალობის გაზრდისა და გათანაბრების მექანიზმის გამარტივების მიზნით, სამინისტროს ბრძანებულების შესაბამისად არსებობს საჯარო რეესტრი, რომელიც ახდენს ყველა მონაწილის დარეგისტრირებას, რომელიც ჩართულია განახლებადი ენერგორესურსებიდან ელექტროენერჯის გენერაციაში, გადაცემასა და დისტრიბუციაში. საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ აკრძალულია წარმოებული ელექტროენერჯის მრავალჯერადი გაყიდვა. ელექტროენერჯია, რომელიც იწარმოება არატრადიციული ენერგორესურსებიდან დასაშვებია გაიყიდოს და სხვაგვარად გადაიცეს არაუმეტეს ერთხელ.

გატარებული რეფორმების შედეგად გერმანიაში 2015 წლის მონაცემებით ქვეყნის ელექტრო- ენერგეტიკულ ბალანსში ალტერნატიული ენერგეტიკული რესურსებიდან წარმოებული ენერჯის წილი 32,5 %- ია. გერმანიამ წარმოებული ელექტროენერჯის 10 %- ზე მეტის ექსპორტირება მოახერხა მეზობელ ქვეყნებში.

უკანასკნელი წლების განმავლობაში დიდ ბრიტანეთში მეტად აქტუალური გახდა ენერგოსაკითხებზე მსჯელობა. ყურადღება ექცევა იმ გარემოებას, რომ დიდი ბრიტანეთი ორი მეტად მნიშვნელოვანი გამოწვევის წინაშე დგას: პირველი ეს არის კლიმატური ცვლილებები, რომელიც მოითხოვს მავნე გამონახობლქვების მიერ გამოწვეული ზიანის შემცირებას და მეორე, მისაღებ და გონივრულ ფასებში უსაფრთხო და სუფთა ენერგომარაგის გამომუშავების აუცილებლობა. გამომდინარე იქიდან, რომ ხდება ჩრდილოეთის ტრადიციული რესურსების საბადოების მარაგების შემცირება, დიდი ბრიტანეთი სულ უფრო და უფრო მეტად ხდება დამოკიდებული იმპორტირებულ გაზზე და ნავთობზე.

სწორედ ამიტომ, დიდი ბრიტანეთის მთავრობის მიერ მკაფიოდაა ჩამოყალიბებული მათი ხედვა 30- 40 წლის განმავლობაში ენერგომომარაგების შესახებ.

ერთ- ერთ უმთავრეს პრიორიტეტად რჩება ისეთი უსაფრთხო ენერჯის გამომუშავება, რომელიც ატმოსფეროში გამოყოფს მაქსიმალურად მცირე რაოდენობის კარბონს (ნახშირბადის წვისგან წარმოშობილი ნაერთები). ამ კუთხით, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება არატრადიციულ ენერგორესურსებს. მთავრობის ძირითად მიზანს წარმოადგენს ელექტროენერჯის წარმოების პროცესში ისეთი ტექნოლოგიების დანერგვა და გამოყენება, რომელიც მაქსიმალურად შეამცირებს კარბონის გამოყოფით გარემოს დაბინძურებას, რისთვისაც აუცილებლად უნდა მოხდეს არატრადიციული რესურსების გამოყენების მიზნით თანხების ინვესტირება. ყველაფერ ამის ფონზე, ბუნებრივია, რომ სტრატეგიული მნიშვნელობა ენიჭება ისეთი ენერგორესურსების ათვისებას და განვითარებას, როგორცაა ქარის და მზის ენერჯია, ზღვის ტალღების და მიქცევის ენერჯია, ბიოენერჯეტიკა და სხვა. დიდ ბრიტანეთში არატრადიციული რესურსების განვითარების მთავარ გარანტიას ქმნის ე.წ. არატრადიციული ენერგომიწოდების ვალდებულება, რომელიც ბაზარზე დაფუძნებული მექანიზმია და განსაზღვრავს, რომ ენერჯო მომწოდებელმა უნდა გაზარდონ განახლებადი ენერგორესურსებიდან გამომუშავებული ენერჯის მოცულობა. ენერჯის მნიშვნელოვანი ნაწილის მიღება მოხდება ქარის და ოკეანის ენერჯისაგან, ამისთვის საჭირო გახდება დადგმული სადგურების ქსელთან დაკავშირება. გამომდინარე იქიდან, რომ აღნიშნულის განხორციელება ძალზედ დიდ დანახარჯებს მოითხოვს, ბრიტანეთის ვაჭრობისა და მრეწველობის დეპარტამენტი მარეგულირებელთან (ODGEM- ელექტროენერჯისა და გაზის ბაზრის სამსახური) ერთად ცდილობს დაამკვიდროს რეგულირების სისტემა, რომელიც მაქსიმალურად უზრუნველყოფს არატრადიციული ენერჯის მწარმოებლისა და მომხმარებლის ხარჯების შემცირებას. მთავრობამ მიიღო გადაწყვეტილება, რომ სამრეწველო კოდექსის და სტანდარტების და ლიცენზირების სისტემის შესაბამისად შემოღებული იქნება ფასების კონტროლის რეჟიმი, რაც ნიშნავს იმას, რომ ლიცენზირებული მონოპოლიები (დიდი ბრიტანეთის სისტემის ოპერატორები) დაექვემდებარებიან მარეგულირებლის მიერ განხორციელებულ ფასების კონტროლის რეჟიმს.

გამომდინარე იქიდან, რომ ელექტროენერჯის ქსელის მოქნილობა წარმოადგენს ენერგომომარაგების საიმედოობის ძირითად გარანტიას, სადისტრიბუციო ქსელი

ოპერატორებსა და ადგილობრივი ხელისუფლების წარმომადგენლებს დაევალებათ არსებული მიწისზედა ხაზების შეცვლის ან გაუმჯობესების წინადადებების მომზადება, რათა ურთიერთკოორდინაციის გზით ხელისუფლებამ მოახდინოს ენერგომომარაგების უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად გარკვეული სამუშაოების ჩატარება.

ლიტვაში დაბალი სიმძლავრის (20- 60 კვტ.) ქარის ელექტროსადგურები დამოუკიდებლად ფუნქციონირებენ და განსაკუთრებით მოსახერხებელია იმ ადგილებისათვის, სადაც ცენტრალიზებულ ელექტროსადგურებთან კავშირი შეზღუდულია. მათ ინდივიდუალური, კოლექტიური ფერმერები და მცირე საწარმოები იყენებენ. ელექტროენერჯის უწყვეტი მიწოდების უზრუნველსაყოფად გამოიყენება აკუმულატორები, ენერჯის დაგროვების მცირე მოწყობილობები. მცირე სიმძლავრის ქარის განყენებული ელექტროსადგურები გამოიყენება საცხოვრებელი სახლების გასათბობად, ელექტროენერჯის სითბოდ გარდაქმნის გზით ან იმ აგრეგატების გამოყენებით, რომლებიც მექანიკურ ენერჯიას სითბოდ გარდაქმნიან. კაუნასში, ასეთი სადგურები ნარჩენების გადამამუშავებელ მუნიციპალურ ქარხანასთან იქნა აგებული. სადგური ქარხანას და ახლომდებარე სახლებს ელექტროენერჯით ამარაგებს.

მსოფლიოში სულ უფრო იზრდება ინტერესი ალტერნატიული ენერჯეტიკის განვითარებისთვის, ქვემოთ მოცემულ ცხრილში წარმოგიდგენთ დღეს- დღეობით ყველა კონტინენტზე მოწინავე ქვეყნების ქარის ენერჯეტიკის განვითარებაში 2015 წლის მონაცემებს ქარის ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრეების მიხედვით (იხ. ცხრ. 2.6).

ცხრილი 2.6

მსოფლიოში ქარის ენერჯის დადგმული სიმძლავრე (მვტ)

კონტინენტი	სახელმწიფო	2014 წლის ბოლოს დამატებულები	2015 წელს დამატებულები	საერთო მოცულობა 2015 წლის ბოლოს
აფრიკა	სამხრეთ აფრიკა	570	483	1053

	მონაკო	787		787
	ევვიპტე	610		610
	ტუნისი	245		245
	ეთიოპია	171	153	324
	იორდანია	2	117	119
	სხვა დანარჩენი	151		151
აზია	ჩინეთი	114604	305	145104
	ინდოეთი	22465	2623	25088
	იაპონია	2794	245	3088
	სამხრეთ კორეა	610	225	835
	ტაივანი	633	14	647
	პაკისტანი	256		256
	ტაილანდი	223		223
	ფილიპინები	216		216
	სხვა დანარჩენი	167		167
ევროპა	გერმანია	39128	33606	175573
	ესპანეთი	23025		23025
	დიდი ბრიტანეთი	12633	975	13603
	საფრანგეთი	9285	1073	10358
	იტალია	8663	295	8958
	შვედეთი	5425	615	6025
	პოლონეთი	3834	1266	5100
	პორტუგალია	4947	132	5079
	დანია	4881	217	5063
	თურქეთი	3738	956	4694
	ჰოლანდია	2865	586	3431

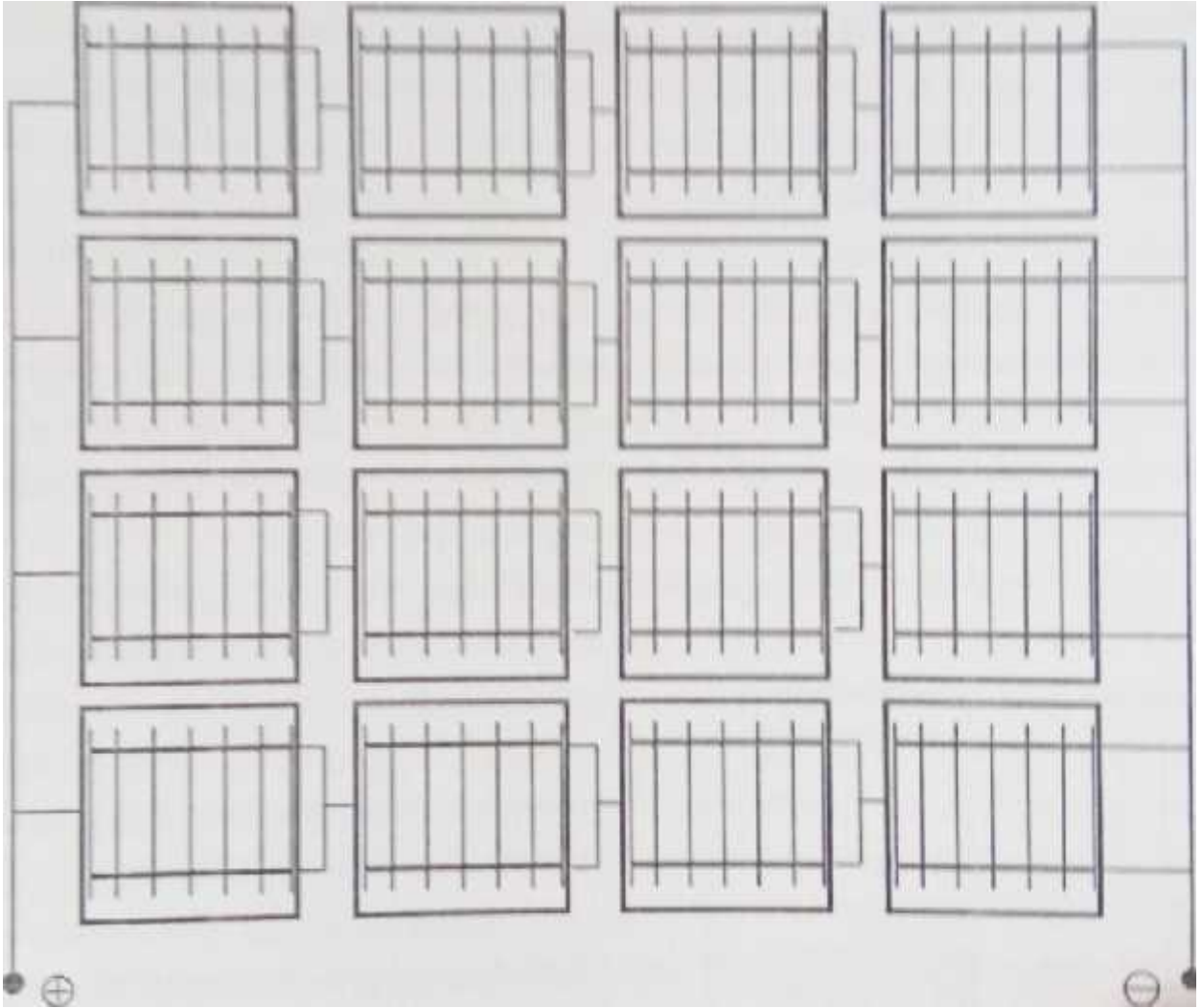
	რუმინეთი	2953	23	2976
	ირლანდია	2262	224	2486
	ავსტრია	2089	323	2411
	ბელგია	1959	274	2229
	სხვა დანარჩენი	6564	833	7387
სამხრეთ ამერიკა	ბრაზილია	5962	2754	8715
	ჩილე	764	169	933
	ურუგვაი	529	316	845
	არგენტინა	271	8	279
	პანამა	35	235	270
	კოსტარिका	198	70	268
	ჰონდურასი	126	50	176
	პერუ	148		148
	გვატემალა		50	50
	კარიბები	250		250
	სხვა დანარჩენი	285		285
ჩრდილოეთ ამერიკა	ა.შ.შ.	65877	8598	74471
	კანადა	9694	1506	11200
	მექსიკა	2359	714	3073
ოკეანეთი	ავსტრალია	3807	380	4187
	ახალი ზელანდია	623		623
	სხვა დანარჩენი	12		12

თავი 3. არატრადიციული ენერგეტიკის განვითარების ძირითადი მიმართულებები

3.1. მზის ენერჯის განვითარების ძირითადი მიმართულებები და პერსპექტივები

ამჟამად ფართოდ არის გავრცელებული ფოტოელექტრული გარდაქმნელებით ელექტროდენის მისაღები ხელსაწყოები. ფოტოელემენტების ძირითადი შემადგენელი ნაწილია ნახევარგამტარები. ფოტოელემენტებში მზის ენერჯის გარდაქმნა შესაძლებელი ხდება p- n გადასვლის საშუალებით.

ელექტრული სისტემის ელექტრო ენერჯით მომარაგებისათვის აუცილებელია ძაბვა და დენი. მზის ერთ ელემენტში მოთავსებულია მცირე სიდიდის დენი და ძაბვა. თუ მზის რამოდენიმე ელემენტს შევავრთებთ ერთმანეთთან მივიღებთ ე. წ. მოდულს. მოდულების გარკვეული რაოდენობების შეერთებით მიიღება მზის გენერატორები. მოდულების დასამზადებლად გამოიყენება მიმდევრობითი და პარალელური შეერთებები. თუ ელემენტებს შევავრთებთ მიმდევრობით, იგულისხმება რომ ერთი მზის ელემენტის დადებითი სადენი შეერთებულია მეორე ელემენტის უარყოფით სადენთან, ასეთი შეერთებით იზრდება მზის მოდულის ძაბვა. სტანდარტული მზის ელემენტის მონაცემებია ძაბვა $U_{max}=0.45$ ვ; მაქსიმალური დენი $I_{max}=2.5$ ა; სიმძლავრე $W_{max}=U_{max} \cdot I_{max}=0.45 \cdot 2.5=1.125$ ვტ. თუ მზის 8 ელემენტს შევავრთებთ მიმდევრობით, მისი მახასიათებელი პარამეტრები იქნება $U_{max}=0,45 \cdot 8=3,6$ ვ; მაქსიმალური დენი $I_{max}=2.5$ ა; სიმძლავრე იქნება $W_{max}=U_{max} \cdot I_{max}= 3,6 \cdot 2.5=9$ ვტ. თუ მზის ელემენტებს შევავრთებთ პარალელურად, ანუ პოლარობის ნიშნების მიხედვით, ჯამური დენის სიდიდე ცალკეული ელემენტების დენის სიდიდეების ჯამის ტოლი იქნება, ძაბვა ერთ ელემენტში არსებული სიდიდის ტოლი რჩება, მაქსიმალური ძაბვა იქნება $V_{max}=0.45$ ვ, ხოლო მაქსიმალური დენი- $I_{max}=2.5 \cdot 8=20$ ა; სიმძლავრე $W_{max}=0,45 \cdot 20=9$ ვტ. მზის ელემენტების ერთდროულად პარალელურად და მიმდევრობით შეერთების შემთხვევაში შესაძლებელია მზის ელემენტების სიმძლავრის გაზრდა [35].



ნახაზი 3.1 მზის 8 ელემენტების შერეული შეერთების სქემა [35].

მზის 64 ელემენტის ასეთი შერეული შეერთებისას (იხ.ნახ.3.2) გვექნება მაქსიმალური ძაბვა $U_{max}=8*0,45=3,6$ ვ; მაქსიმალური დენი გვექნება $I_{max}=8*2,5=20$ ა; სიმძლავრე $W_{max}=U_{max} * I_{max}=3.6*20=72$ ვტ. ერთი მზის ელემენტის სიმძლავრე იყო 1,125 ვტ, 64 მზის ელემენტის სიმძლავრე შერეული შეერთებისას გამოვიდა 72 ვტ. ანუ იმდენჯერ გაიზარდა სიმძლავრე რამდენი ელემენტიც დაემატა $72/1,125=64$.

მზის მოდულები შეიძლება ავტონომიურად ემსახურობდეს მომხმარებელს, ან შეიძლება ჩართული იყოს სახელმწიფო ელექტროსისტემაში. მზიდან მიღებული ელექტროენერჯის გამოყენების მრავალი სახე არსებობს:

1. მიღებული მუდმივი დენის პირდაპირი გამოყენება მომხმარებლის მიერ.
2. მიღებული მუდმივი დენის გამოყენება მომხმარებლის მიერ, პარალელურად ჭარბი ენერჯის შენახვა ბატარეის მეშვეობით და იმ დროს გამოყენება ბატარეაში

დარეზერვებული ენერჯის როდესაც ენერჯის მიღება შეწყვეტილი იქნება, ვთქვათ დაზნელებისას.

3. მიღებული მუდმივი დენის გარდაქმნა ცვლად დენად და შემდეგ პირდაპირი მომხმარებლის მიერ ამ ენერჯის გამოყენება.

4. ცვლადი დენის გამოყენება მომხმარებლის მიერ, პარალელურად ჭარბი ენერჯის შენახვა ბატარეის მეშვეობით და იმ დროს გამოყენება ბატარეაში დარეზერვებული ენერჯის როდესაც ენერჯის მიღება შეწყვეტილი იქნება, ვთქვათ დაზნელებისას.

5. შეიძლება მზის ელემენტი საერთო ქსელში იყოს ჩართული, უშუალო მომხმარებელი ჯერ იყენებდეს მზის ენერჯიას როდესაც ეს მისთვის საკმარისია, ხოლო როცა საკმარისი აღარ იქნება მიიღოს ენერჯია საერთო ქსელიდან, ან როცა ჭარბად გამომუშავებული იქნება მზის ენერჯია, მიეწოდოს საერთო ქსელს.

6. ასევე შესაძლებელია მზის ენერჯის პარალელურად გამოყენება სხვა ენერჯის წყაროსთან ერთად, მაგალითად ქარის ენერჯისათან ერთად, როდესაც იქნება მოწმენდილი ცა მომხმარებელი დამოკიდებული იქნება მზიდან მიებულ ენერჯიაზე, ხოლო როდესაც დაზნელდება ან ნალექი იქნება მომხმარებელი ენერჯიას მიიღებს ქარის გენერატორის საშუალებით, ასევე შესაძლებელია ამ ორი ენერჯის წყაროსთან ერთად გამოიყენებოდეს ბატარეები და ხდებოდეს ამ ენერჯიების დარეზერვება.

ენერჯის გარდაქმნა მზის ელემენტებით დაფუძვნებულია ფოტოვოლტანურ მეთოდზე, ეს არის არაერთგვაროვან ნახევარგამტარულ სტრუქტურებზე მზის გამოსხივების ზემოქმედების შედეგი.

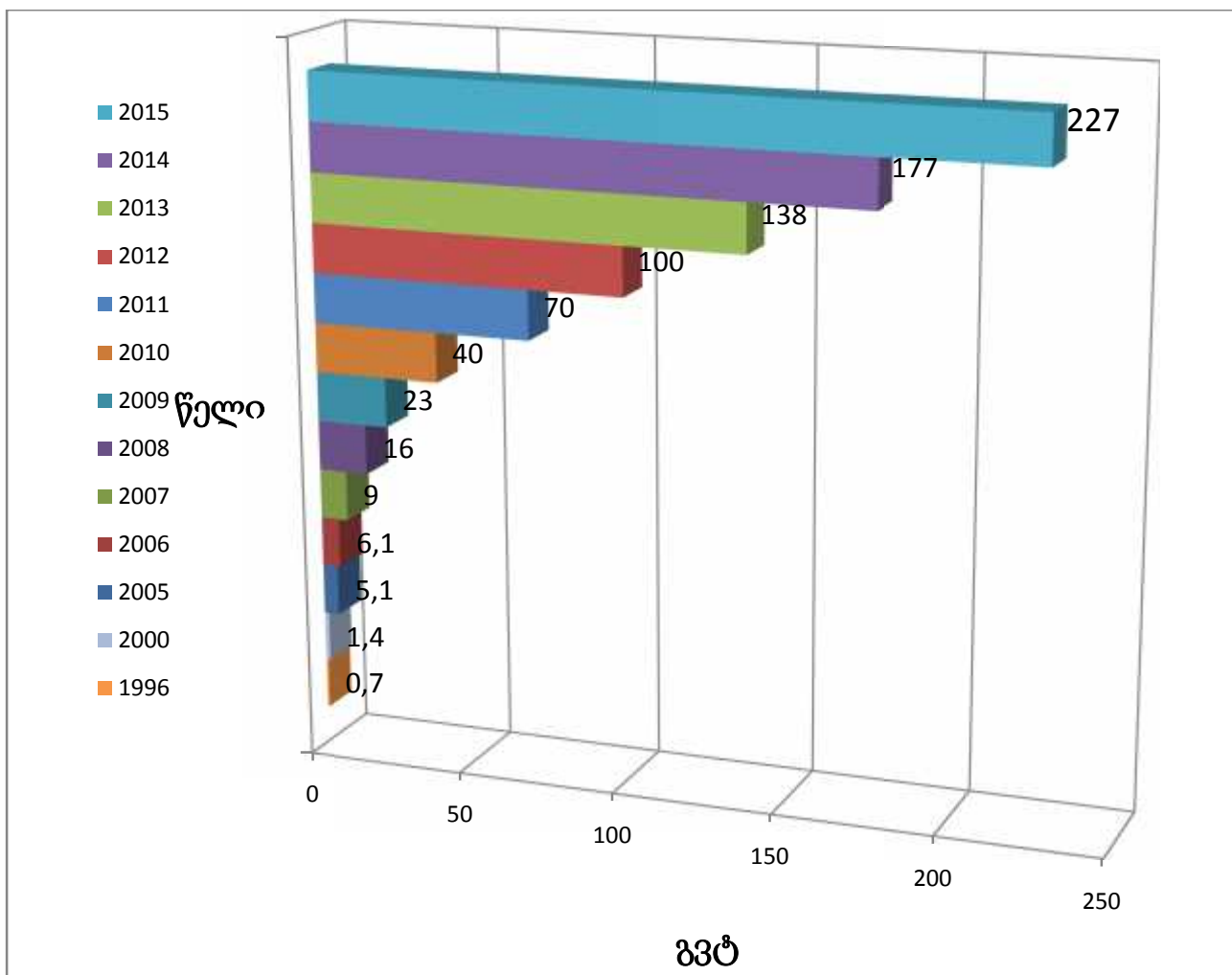
მსოფლიოში ფართოდ გავრცელებულია მზის ელემენტების სამი ტიპი: ვაფლისებური სილიციუმის უჯრედები; თხელაპკიანი ტექნოლოგიური უჯრედი და კონცენტრირებული ფოტოვოლტური უჯრედი. განვიხილოთ თითოეული მათგანი [7]:

1. ვაფლისებური სილიციუმის უჯრედები დამზადებულია სილიციუმის კრისტალიდან (მონოკრისტალინი) ჩამოჭრილი თხელი (დაახლოებით 0,2მმ სისქის) ნაჭრებისგან ან სილიციუმის კრისტალის ბლოკებისგან (პოლიკრისტალინი). მათი ეფექტურობა მერყეობს 11%- 19%- მდე და ყველაზე გავრცელებულ ტექნოლოგიას წარმოადგენენ დღევანდელ ბაზარზე.

2. თხელ აპკიანი მოდულები დამზადებულია ფოტომგრძობიარე მასალების ძალიან თხელი ფენების დალექვით იაფ დამხმარე მასალებზე, როგორც არის შუშა, უჟანგავი ფოლადი და პლასმასი. რადგან აპკის სისქე მხოლოდ 0,001- 0,002მმ- ია, აპკის მოდულები საჭიროებენ მნიშვნელოვნად აქტიურ ნახევარგამტარების მასალას. თხელაპკიანი მზის უჯრედების დიდი რაოდენობით იაფად დამზადება შესაძლებელია ვაფლისებური სილიციუმის უჯრედთან შედარებით, მაგრამ ისინი ნაკლებ ეფექტურია, 4%- 11%- მდე, რაც ნიშნავს მეტ ზედაპირს და მეტ მასალას იგივე შედეგების მისაღწევად.

3. კონცენტრირებული ფოტოვოლტური ტექნოლოგია გამოიყენება ელექტროენერჯის წარმოებისათვის მცირე ფართზე მზის შუქის დიდი რაოდენობით კონცენტრაციისათვის მზის ფოტოვოლტური ფოტოელემენტებით. კონცენტრირებული ფოტოვოლტური ტექნოლოგია იყენებს ოპტიკას, როგორც არის ლინზები და მრუდი სარკეები. უნდა აღინიშნოს რომ კონცენტრირებული ფოტოვოლტური სისტემა მუშაობს მხოლოდ სათვალთვალ სისტემებთან ერთად რადგანაც ელემენტების ზუსტი პოზიცია მზესთან დაკავშირებით ძალიან მნიშვნელოვანია მზის ენერჯის კონცენტრაციისათვის [7].

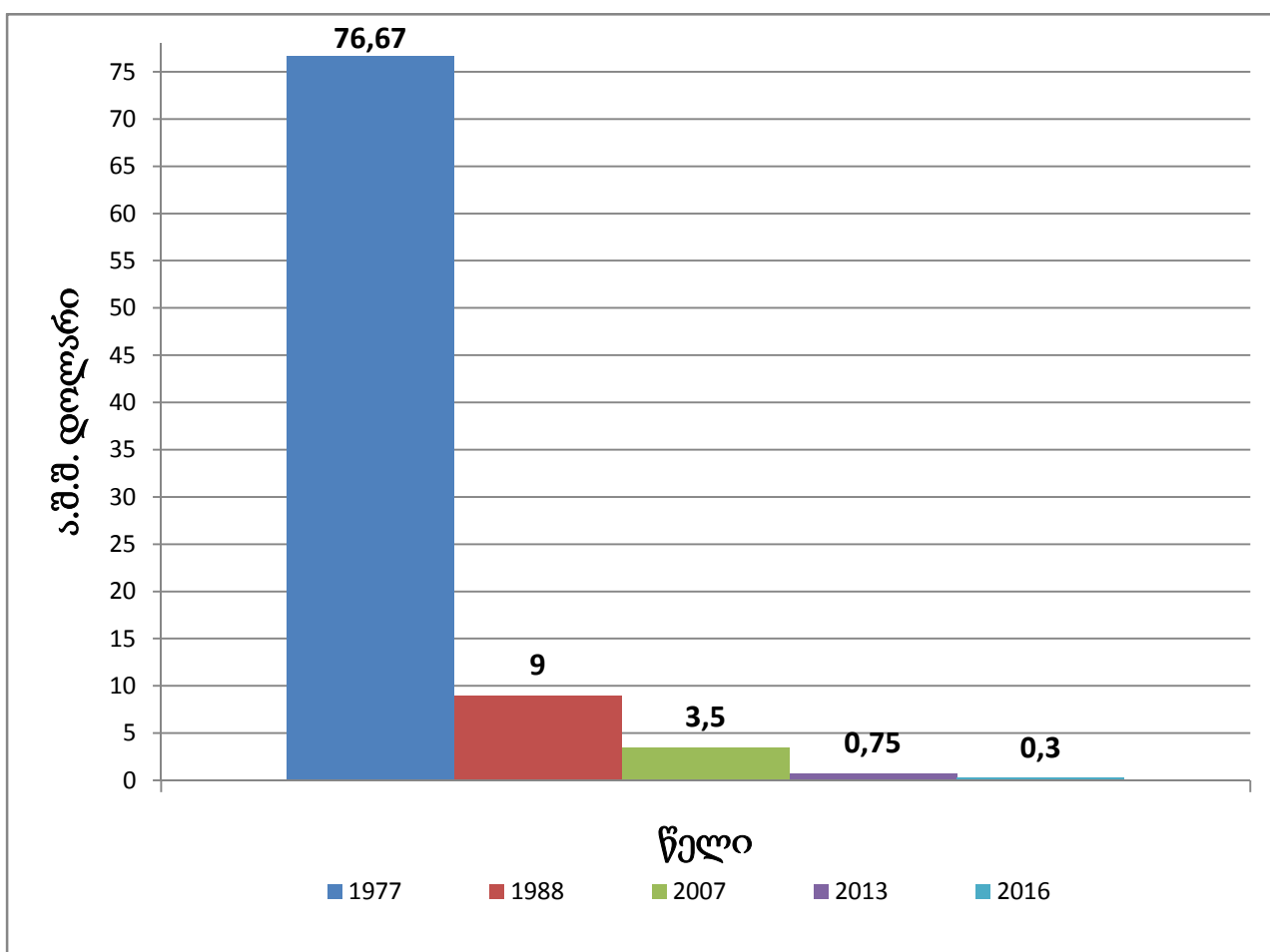
მსოფლიოში ყოველწლიურად იზრდება მზის ელექტროენერჯის გამომშუშავებელი სადგურების და ფოტოვოლტანური ელემენტების დადგმული სიმძლავრეები (იხ. ნახ. 3.2), 1995 წელს ეს სიდიდე 0,5 გვტ იყო, 2000 წელს- 1,4 გვტ., 2010- ში- 40 გვტ., ხოლო 2015 წელს- 227 გვტ- ს მიაღწია, ესეთი სწრაფი ზრდის შემთხვევაში, მსოფლიოში პერსპექტივაში 2050 წელს გვექნება 4500 გვტ. დადგმული სიმძლავრე.



ნახაზი 3.2 მსოფლიოში დადგმული მზის ენერჯის ელექტროენერჯიად გარდაქმნელების სიმძლავრეები

მზის ენერჯის ელექტროენერჯიად გარდაქმნისთვის გამოიყენება ფოტოელექტრიკული ეფექტი. ფოტოელექტრიკული დანადგარების მზის ენერჯის ელექტროენერჯიად გარდაქმნის კოეფიციენტი დიდი არ არის, დღესდღეობით მასიურად წარმოებული მზის ელემენტებისათვის არის 13- 18 %. უმრავლესი ინდუსტრიული მზის ნახევარგამტარული სისტემების ელექტრომომარაგების ჯამური ეფექტურობა არ აღემატება 8- 12 %- ს. ტარდება ცდები ლაბორატორიულ პირობებში გარდაქმნის კოეფიციენტის გაზრდისთვის, მიღწეული საუკეთესო შედეგი დღესდღეობით მხოლოდ 24 %- ია.

მზის ელემენტებით წარმოებული ელექტროენერჯის ღირებულება ყოველწლიურად მცირდება, 2008 წელს წინა წელთან შედარებით ფასი დაეცა 75 %- ით, ხოლო 2011 წელს 2010 წელთან შედარებით ფასი შემცირდა 50 %- ით. თუ 1977 წელს 1 WT მზის სხვადასხვა ტიპის ელემენტებით წარმოებული ელექტროენერჯის ღირებულება შეადგენდა 76 დოლარს, 1988 წელს უკვე დაეცა 10 დოლარამდე, 2007 წელს 3- 4 დოლარამდე, 2013 წელს 0,75 დოლარამდე, ხოლო 2016 წელს 1 WT-ის ფასი გახდა უკვე 0,3 დოლარზე ნაკლები (იხ. ნახ. 3.3).



ნახაზი 3.3 მზის 1 კტ. ფოტოვოლტანური ელემენტებით წარმოებული ელექტროენერჯის ღირებულების შემცირება წლების მიხედვით.

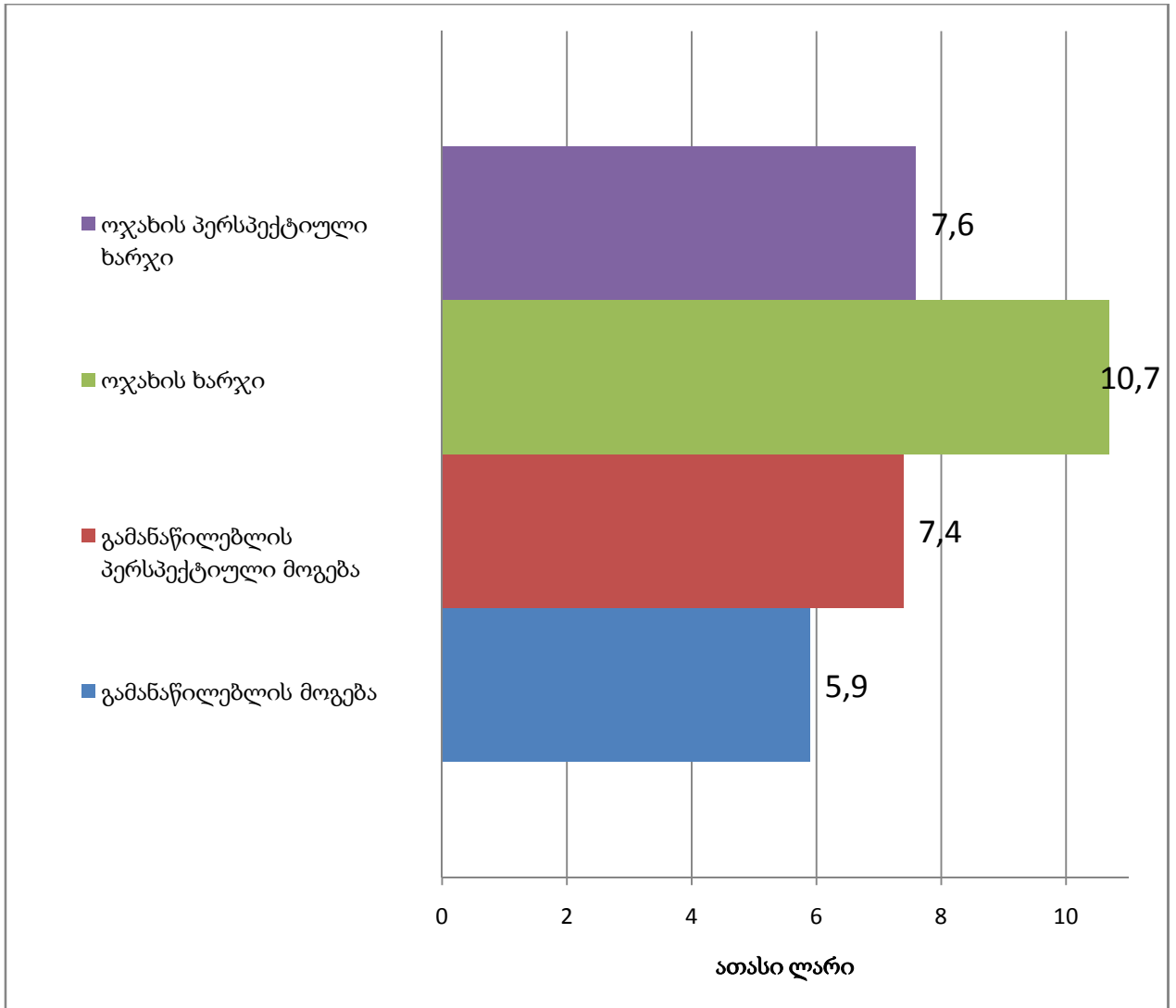
საქართველოს ენერგეტიკული მდგრადი განვითარების პოლიტიკის, კიოტოს ხელშეკრულების ნაკისრი ვალდებულების, ენერგეტიკული უსაფრთხოების,

ეკონომიკური განვითარების სტრატეგიის, ქვეყნის მოსახლეობის ფინანსური კეთილდღეობის გათვალისწინება და სამომავლოდ ამაზე დამატებული საკანონმდებლო წახალისებით და საზოგადოების ინტერესი, რომ ქვეყანაში განვითარდეს არატრადიციული ენერგეტიკა და შემცირდეს გარემოში სათბური გაზების ემისია, სრულიად რეალურია და მიღწევადია. ამის ოპტიმიზაციის მაგალითს განვიხილავთ ქვემოთ მდებარე ნაშრომში.

საქართველოში არსებული ერთ-ერთი ელექტროენერჯის გამანაწილებელი კომპანია ენერგო -პრო ჯორჯია თუ გადაწყვიტავს, რომ შეწყვიტოს თბოელექტროსადგურიდან ელექტროენერჯის შექმნა და მოსახლეობას მიაწოდოს არატრადიციული გზით წარმოებული ელექტროენერჯია, მაგალითად მზის ელემენტებით, მას მოუწევს, რომ მოიძიოს მზის ენერჯის მწარმოებელი ისეთი ერთი ან რამოდენიმე სადგური რომელიც ჩაანაცვლებს თბოელექტროსადგურიდან წარმოებულ ელექტროენერჯიას.

საქართველოში დარეგისტრირებულია 2015 წლის მონაცემებით ელექტროენერჯის 1556003 საყოფაცხოვრებო აბონენტი. საქართველოში არსებული სამი გამანაწილებელი კომპანიის მონაცემებით, წელიწადში საყოფაცხოვრებოდ მოხმარებული ელექტროენერჯია არის 2462,06 მლნ. კვტ. სთ., შესაბამისად ერთი საყოფაცხოვრებო აბონენტის, ერთი ოჯახის მოხმარებული ენერჯია საშუალოდ არის $(2462,06 / 1556003) 1582,3$ კვტ. სთ. წელიწადში. ენერგო- პრო ჯორჯია თუ დაუმონტაჟებს თითოეულ ასეთ მოსახლეს თავისი ხარჯებით ან სახელმწიფო სუბსიდირებით მზის მცირე ელექტრო სადგურებს, მაგალითად 80 ვტ- იან 22 ცალ მზის ელემენტების კომპლექტს, თავისი „ჭკვიანი“ ელექტროენერჯის ორმხრივი აღრიცხვის მრიცხველებით, რომლის ღირებულება სულ იქნება $(1760*6) 10560$ ლარი, ამას დამატებული მრიცხველის, კონტროლერის, გარდამქმნელის, რკინის კონსტრუქციის და მონტაჟის ღირებულება 350 ლარი, ე.ი. სულ 10910 ლარი. თითოეულის დადგმული სიმძლავრე იქნება $(80*22=1760\text{ვტ}) 1,76$ კვტ. საქართველოში წელიწადში საშუალოდ არის 1800 მზიანი საათი, თითოეული ასეთი მზის ელემენტების კომპლექტის გამომუშავებული სიმძლავრე იქნება $(1800*1,76) 3168$ კვტ. სთ. თითოეული ესეთი მოსახლე, რომელიც იხდიდა წელიწადში $(1582,3*16,931) 267,90$ ლარს, ენერგო- პრო

ჯორჯიას აძლევდა წელიწადში $1582,3 \cdot (16,931 - 7,534) = 148,69$ ლარის მოგებას (თბოელექტროსადგური 7,534 თეთრად ყიდის 1 კვტ. სთ. გამომუშავებულ ელექტროენერგიას). მზის ელემენტების ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა 40 წელიწადია, გამანაწილებელ კომპანიას ამ ხნის განმავლობაში დარჩებოდა $(148,69 \cdot 40) 5947,6$ ლარი მოგება. 40 წელიწადში თითოეული მზის ელემენტის კომპლექტი გამოიმუშავებს $(3168 \cdot 40) 126720$ კვტ. სთ.- ს, ოჯახი გამოიყენებს $(40 \cdot 1582,3) 63292$ კვტ. სთ- ს, ესეიგი ესელში დაუბრუნდება $(126720 - 63292) 63428$ კვტ. სთ.- ს, რომლის ღირებულება იქნება $(63428 \cdot 16,931 / 100) 10739$ ლარი, გამანაწილებელ კომპანიას შეუძლია ასეთ მოსახლეს, რომელსაც მზის ელემენტების კომპლექტი დაუყენა, „ჭკვიანი“ ორმხრივი აღრიცხვის მრიცხველის მეშვეობით გააკონტროლოს და 16,931 თეთრის ნაცვლად თითოეულ მოხმარებულ კვტ/სთ- ზე გადაახდევინოს ნაკლები ტარიფი, მაგალითად 12 თეთრი, ე.ი. ესეთი მოსახლე 40 წელიწადში გადაიხდის $(40 \cdot 267,9) 10716$ ლარის ნაცვლად, $(63428 \cdot 0,12) 7611,36$ ლარს, ექნება $(10716 - 7611,36) 3104,64$ ლარის ეკონომია. გამანაწილებელ კომპანიის მოგება იქნება $(10739 + 7611,36 - 10910) 7440,36$ ლარი, $97440,36 - 5947,6) 1492,76$ ლარით მეტი ვიდრე ჩვეულებრივ პირობებში (იხ. ნახ. 3.4).



ნახაზი 3.4 გამანაწილებელი კომპანიის პერსპექტიული და რეალური მოგება და ოჯახის ელექტროენერჯის გადასახდელი თანხა რეალურად და მზის ფოტოვალენტური ელემენტების დადგმის შემთხვევაში 40 წელიწადში (ათასი ლარი).

ე.ი 10910 ლარის ინვესტიციით, თითოეული საყოფაცხოვრებო მოხმარების აბონენტი იღებს 3 000 ლარამდე დანაზოგს, გამანაწილებელი კომპანია 1500 ლარამდე მეტ მოგებას თითოეულ 1,76 კვტ. სიმძლავრის დამონტაჟებულ მზის ელემენტების კომპლექტზე, 1000 ესეთ მოსახლზე ექნება (1500*1000) 1500000 ლარით მეტი მოგება. თუ გვექნება იმ რაოდენობის ასეთი სახლები, რომ თანდათანობით მოვახერხოთ 2015 წელს თბოელექტროსადგურების გამომუშავებული ელექტროენერჯის ჩანაცვლება, (2015 წელს თბოელექტროსადგურებმა შეიძინეს 649 მლნ. მ³ ბუნებრივი აირი) 40 წელიწადში

ატმოსფეროში გვექნება ($40 \cdot 649$ მლნ. $\text{მ}^3/1000 \cdot 1,9 = 49324000$ კგ) 49324 ტონით ნაკლები სათბური აირების ემისია. ასევე ჩვენი გათვლები გვაძლევს საფუძველს, რომ დავაინტერესოთ დამოუკიდებელი უცხოელი თუ ადგილობრივი ბიზნესმენები, ფონდები, ბანკები, რომ ინვესტირება განახორციელონ ენერგეტიკის სექტორში, ჩვეულებრივ და გაზრდილ მოგებათა სხვაობა დარჩეთ მათ მოგების სახით.

დღეისათვის შენდება მზის ელექტროსადგურები ძირითადად ორი ტიპის: მზის ელექტრო სადგური კომპის ტიპის და მზის ელექტროსადგურები გადანაწილებული (მოდული- ის) ტიპის.

კომპურიან მზის ელექტროსადგურებში გამოიყენება ცენტრალური მიმღები ჰელიოსტატის ველით, რომელიც ზრდის კონცენტრაციის ხარისხს რამოდენიმე ათასით. მზის მიდევნების სისტემა მნიშვნელოვნად რთულია, ვინაიდან საჭიროა ბრუნვა ორი ღერძის ირგვლივ. სისტემის მართვა ხორციელდება ელექტრო გამომთვლელი მანქანებით. თბომრავებში ჩვეულებრივ მუშა სითხედ გამოიყენება წყლის ორთქლი 550 გრადუსი ცელსიუსით, ჰაერი და სხვა აირები 1000 გრადუსამდე, დაბალ ტემპერატურაზე დუღებადი ორგანული სითხეები (მათ რიცხვში ფრეონი) 100 °C- მდე, თხევადლითონური თბომატარებლები 800 °C- ით.

ძირითადი ნაკლი კომპურიანი მზის ელექტროსადგურებისა არის ის, რომ ისინი ძვირადღირებულნი არიან და იკავებენ დიდ ტერიტორიას. მაგალითად, 100 მეგავატი მზის ელექტროსადგურის განსათავსებლად საჭიროა 200 ჰექტარი, ხოლო 1000 მეგავატი ატომური ელექტროსადგურის განსათავსებლად მხოლოდ 50 ჰექტარი. კომპურიანი მზის ელექტროსადგური 10 მგტ- მდე სიმძლავრით არარენტაბელურია, მზის ელექტრო სადგურის მისაღები ოპტიმალური სიძლიერე ტოლია 100 მგტ- ს, ხოლო კომპურის სიმაღლე იქნება 250 მეტრის ტოლი.

მოდულის ტიპის მზის ელექტროსადგურებში გამოიყენება მრავალრიცხოვანი მოდულები, ყოველი მათგანი შეიცავს მზის გამოსხივების მიმღების პარაბოლოცილინდრულ კონცენტრატორს. მიმღები მოთავსებულია კონცენტრატორის ფოკუსში, და გამოიყენება სამუშაო სითხის გასაცხელებლად, რომელიც მიეწოდება სითბოს ძრავაში, უკანასკნელი კი მიერთებულია ელექტროგენერატორთან. ამ ტიპის

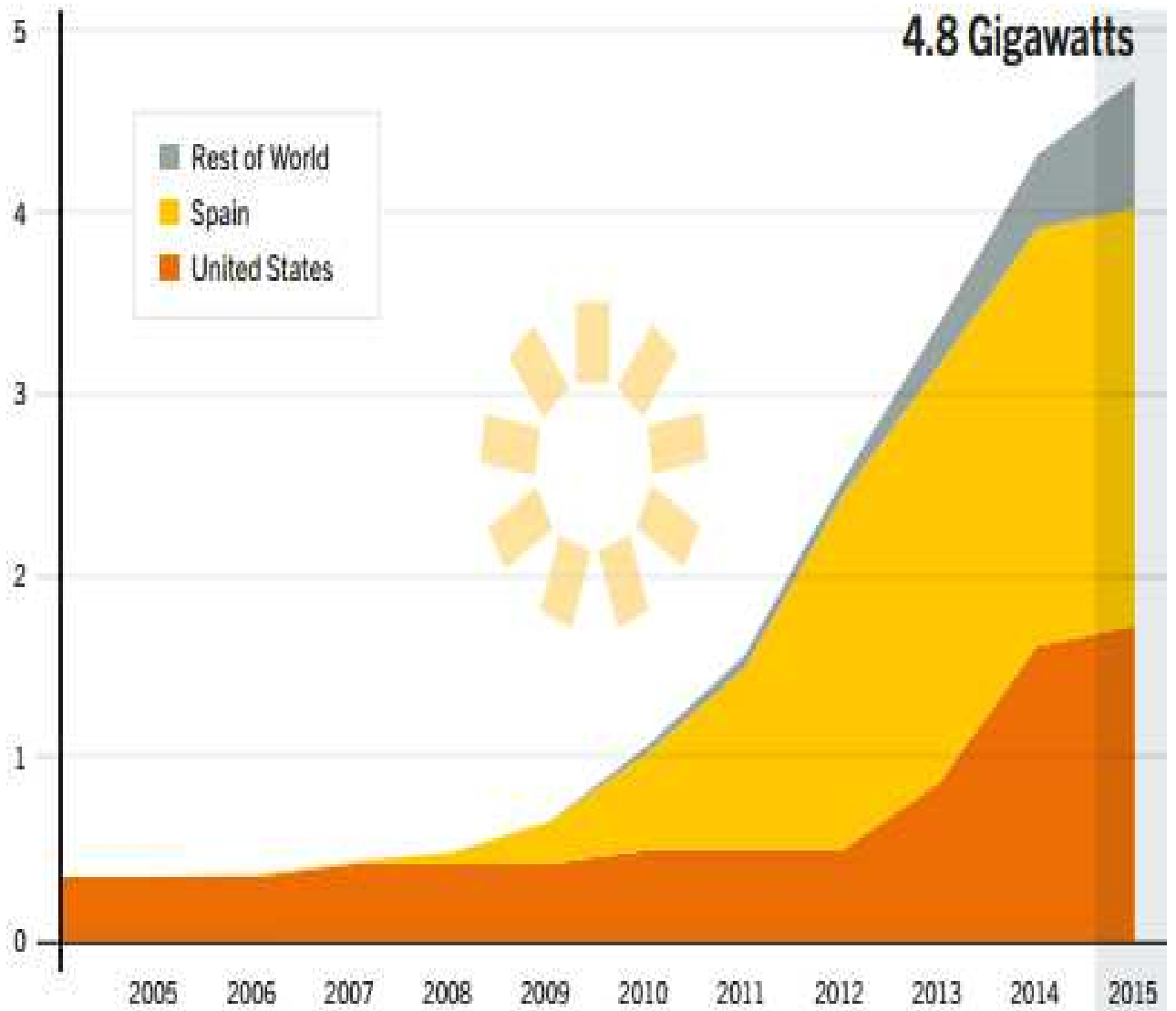
ყველაზე მსხვილი მზის ელექტროსადგური აშენებულია აშშ- ში და აქვს 12,5 გვტ დადგმული სიმძლავრე.

მცირე სიმძლავრეზე მოდულის ტიპის მზის ელექტროსადგურები გაცილებით ეკონომიურია ვიდრე კოშკურიანი. მოდულის ტიპის მზის ელექტროსადგურებში ჩვეულებისამებრ გამოიყენება მზის ენერჯის ხაზოვანი კონცენტრატორი კონცენტრაციის მაქსიმალური ხარისხით 100- მდე.

სამომავლო პერსპექტივების მიხედვით მზის ელექტროსადგურები დაიკავებენ ხმელეთზე 13 მილიონ კვადრატულ მეტრს და 18 მლნ.მ²- ს ფართობს ოკეანეში.

მზის ენერჯით წყლის გამაცხელებლები წარმოადგენს სისტემას, რომელიც მუშაობს წლის ნებისმიერ დროს მზის ენერჯიაზე და უზრუნველყოფს ცხელი წყლის მოწოდებას -40 °C გარემო ტემპერატურაზეც. ამ სისტემის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს წლის განმავლობაში ენერგომატარებლის (ელ. ენერჯია, ბუნებრივი აირი) 75-80 %- იანი ეკონომიისას.

მსოფლიოში ფართოდ არის გავრცელებული მზის წყალგამაცხელებლები, ლიდერობენ ესპანეთი და ა.შ.შ. თუ 2005 წელს მსოფლიოში მზის წყალგამაცხელებლების დადგმული სიმძლავრე იყო 0,4 გვტ., 10 წელიწადში, 2015 წელს ამ მონაცემმა შეადგინა 4,8 გვტ. 2050 წელს ნავარაუდებია რომ ეს მაჩვენებელი მიაღწევს 200 გვტ.- ს (იხ. ნახ. 3.5).



ნახაზი 3.5 მსოფლიოში მზის კოლექტორების დადგმული სიმძლავრე

ბოლოს წლებში საქართველოში ფართოდ ვრცელდება მზით წყალგამაცხელებლები. მზის ენერჯია საქართველოში შესაძლებლობას იძლევა მივიღოთ 40- 500 °C ტემპერატურის წყალი.

სათბობის ეკონომიური ხარჯვისა და გარემოს დაცვის თვალსაზრისით მზის დანადგარები უნდა მოეწყოს არა მარტო ცხელი წყლისათვის, არამედ გათბობისთვისაც. მზის დანადგარი გათბობის სისტემას სითბოს მიაწვდის მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ გათბობის სისტემის უკუმბლსადენში ტემპერატურა მზის კოლექტორის ტემპერატურაზე ნაკლები იქნება. ამიტომ იდეალური ვარიანტია მზის დანადგარის გამოყენება გათბობის ისეთ სისტემებში, რომლებშიც სათბობ ხელსაწყოებს ექნება

დაბალი ტემპერატურა და გახურების დიდი ფართობი, ანდა იატაკის გათბობის სისტემებში. სწორად დაპროექტებული და დამონტაჟებული მზის სისტემა ფარავს გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების ენერგომოთხოვნილების 30%-ს. თუ გამოვიყენებთ მზის სისტემას მყარი სათბობის ქვაბთან კომბინაციაში, მაშინ კიდევ უფრო შემცირდება თხევადი ან გაზისებრი სათბობის მოთხოვნილება გათბობის სეზონის განმავლობაში, რადგანაც გვექნება განახლებადი ბიოსათბობის (პელეტი, ბრიკეტი) გამოყენების შესაძლებლობა.

ჩავატარეთ ექსპერიმენტი, მისი მიზანი იყო მზის ვაკუმურ მილებიანი კოლექტორის გამოყენებით, საცხოვრებელი ფართის ცხელ-წყალმომარაგებისათვის წელიწადში მიღებული კომუნალური გადასახადის ეკონომიის დადგენა და კოლექტორის ღირებულების ამოღებადობის დროის განსაზღვრა.

ექსპერიმენტის მეთოდი მდგომარეობდა შემდეგში, ვაკვირდებოდით დღე-ღამის განმავლობაში თუ რა მოცულობას და რა ტემპერატურამდე აცხელებდა მზის წყალგამაცხელებელი, მასში მდებარე წყლის რაოდენობას.

დაკვირვება მოვახდინეთ ერთი წლის განმავლობაში ქუთაისში 5 წევრისგან შემდგარ ოჯახში მდებარე მზის კოლექტორზე, რომლის ექსპლუატაცია მიმდინარეობდა მზის წყალგამაცხელებლის ავტომატური მარეგულირებლის დახმარებით, მათი ტექნიკური-ეკონომიკური მონაცემებია:

-) ტიპი- ვაკუმურმილებიანი.
-) წყლის მოცულობა კოლექტორში- 230 ლ.
-) სვეტების რაოდენობა- 20.
-) წყლის მიწოდების ტიპი- უწნევო (თვითდინებით).
-) ორიენტაცია მზის მიმართ- სამხრეთ- აღმოსავლეთი.
-) დახრის კუთხე- 45 °C.
-) მიმღები აბსორბერის ფართობი 2,52 მ².
-) წყალგამაცხელებლის სამონტაჟო ფართი: 3 მ².
-) სამონტაჟო სიგანე/სიღრმე: 1800/1655
-) ვაკუმური მილის დიამეტრი: 58 მმ.
-) ვაკუმური მილის სიგრძე: 1800 მმ.
-) ელექტრო ტენის სიმძლავრე: 750 ვტ.
-) დაცვა ნალექებიდან: მაგნეზიუმის ანოდი.

მზის წყალგამაცხელებლის ავტომატური მარეგულირებლის SR 500- ის მახასიათებლებია:

ტექნიკური მონაცემები:

1. ზომა 210*145*40 მმ.
2. მოხმარებული ელ. ენერგია: <3 ვტ.
3. ტემპერატურის გაზომვის სიზუსტე: ± 2 °C.
4. ტემპერატურის გაზომვის დიაპაზონი: 0- 99 °C.
5. სამუშაო ძაბვა: 220 ვოლტი.
6. ელექტრო ტენის მაქსიმალური სიმძლავრე: ≤ 800 ვტ.

ძირითადი ფუნქციები:

1. ეკრანზე წყლის ტემპერატურის ჩვენება.
2. ეკრანზე თარიღის ჩვენება.
3. წყლის დონის ჩვენება.
4. საჭირო წყლის დონის დაყენების ბრძანების საშუალება.
5. მექანიკურად ავზის შევსების რეჟიმი.
6. ავზის შევსების რეჟიმი ტემპერატურის გათვალისწინების

გარეშე.

7. დროის რეჟიმით ავზის შევსება.
8. ავზში არასაკმარისი წყლის დონის შემთხვევაში

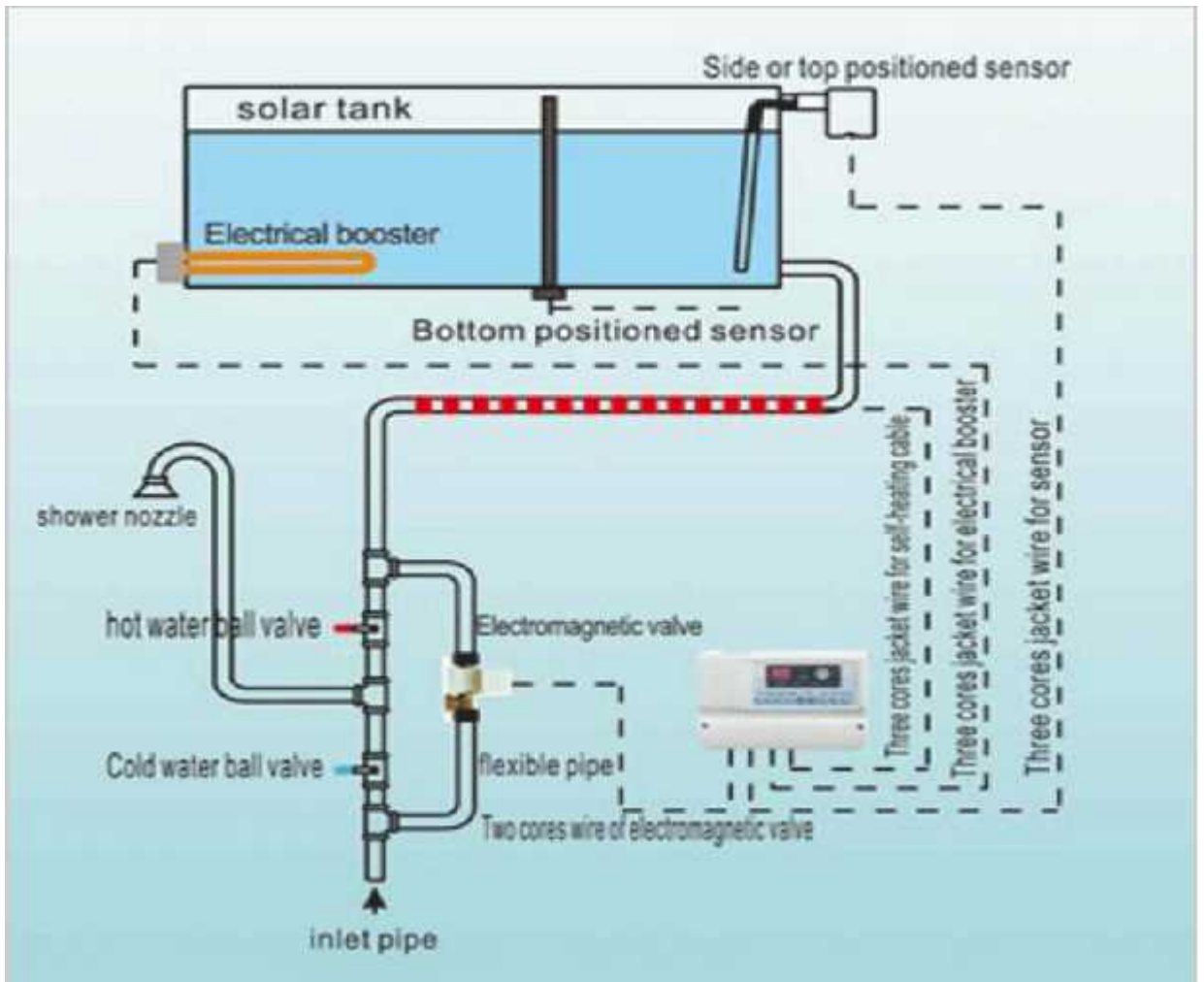
ავტომატურად შევსების რეჟიმი.

9. ავზის აუცილებლობის კანონით შევსების რეჟიმი.
10. წყლის ტემპერატურის დაყენების ბრძანების საშუალება.
11. წყლის გაცხელების მექანიკური რეჟიმი.
12. დროის გარკვეულ მონაკვეთში წყლის გაცხელების რეჟიმი.

თავდაპირველი საინსტალაციო ღირებულება მოიცავს:

- მზის წყალგამაცხელებელი- 1350 ლარი.
- კონტროლერი- 150 ლარი.
- დამხმარე მასალა- 200 ლარი.
- მონტაჟი- 200 ლარი.
- სულ: 1900 ლარი.

მზის წყალგამაცხელებელთან კონტროლერის მიერთების სქემა მოცემულია 3.6 ნახაზზე, სადაც ჩანს რომ კონტროლერი SR 500 დაკავშირებულია წყალგამაცხელებელში ჩამონტაჟებულ ელექტრო ტენს, გაცხელების უნარის მქონე სადენს, სენსორებს და ელექტრო- მაგნიტურ სარქველს, რომლის მეშვეობითაც ასრულებს დამახსოვრებულ ფუნქციონალურ ბრძანებებს.



ნახაზი 3.6 კონტროლერის მზის წყალგამაცხელებელთან მიერთების სქემა

მზის წყალგამაცხელებელს კონტროლერით მიცემული ქონდა შემდეგი ბრძანებები: ეკრანზე წყლის დონის, ტემპერატურის და თარიღის ჩვენება. ჩართული იყო დროის რეჟიმით შევსების ფუნქცია, ავზი ივსებოდა ყოველ დამე 4 საათზე. მიცემული ქონდა წყლის ტემპერატურის დაყენების ბრძანება, მოთხოვნილი იყო ავზში წყლის ტემპერატურა $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ და თუ წყლის ტემპერატურა მოთხოვნილზე ნაკლები იქნებოდა, ჩართულიყო წყალგამაცხელებელში ჩამონტაჟებული 750 ვტ . სიმძლავრის ელექტრო ტენი.

დღე-ღამეში ერთ სულ მოსახლეზე იანგარიშება $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ -იანი 200 ლიტრი ცხელი წყალი. ცივი წყლის ტემპერატურა მილგაყვანილობაში ზაფხულში არის $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, ზამთარში $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, რომლითაც ივსება წყალგამაცხელებელი. 1 ლ . წყლის $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ით გასათბობად იხარჯება 1 კვტ . თბური ენერჯია, წყლის გასაცხელებლად მზის ენერჯიის გამოყენების კონკრეტულ შემთხვევაში დაზოგილი ენერჯიის შედეგები წარმოდგენილია 3.7 ცხრილის სახით, წელიწადის თვეების საშუალოს მიხედვით.

მზის ენერგიით წყალგამაცხელებელზე დაკვირვების შედეგები

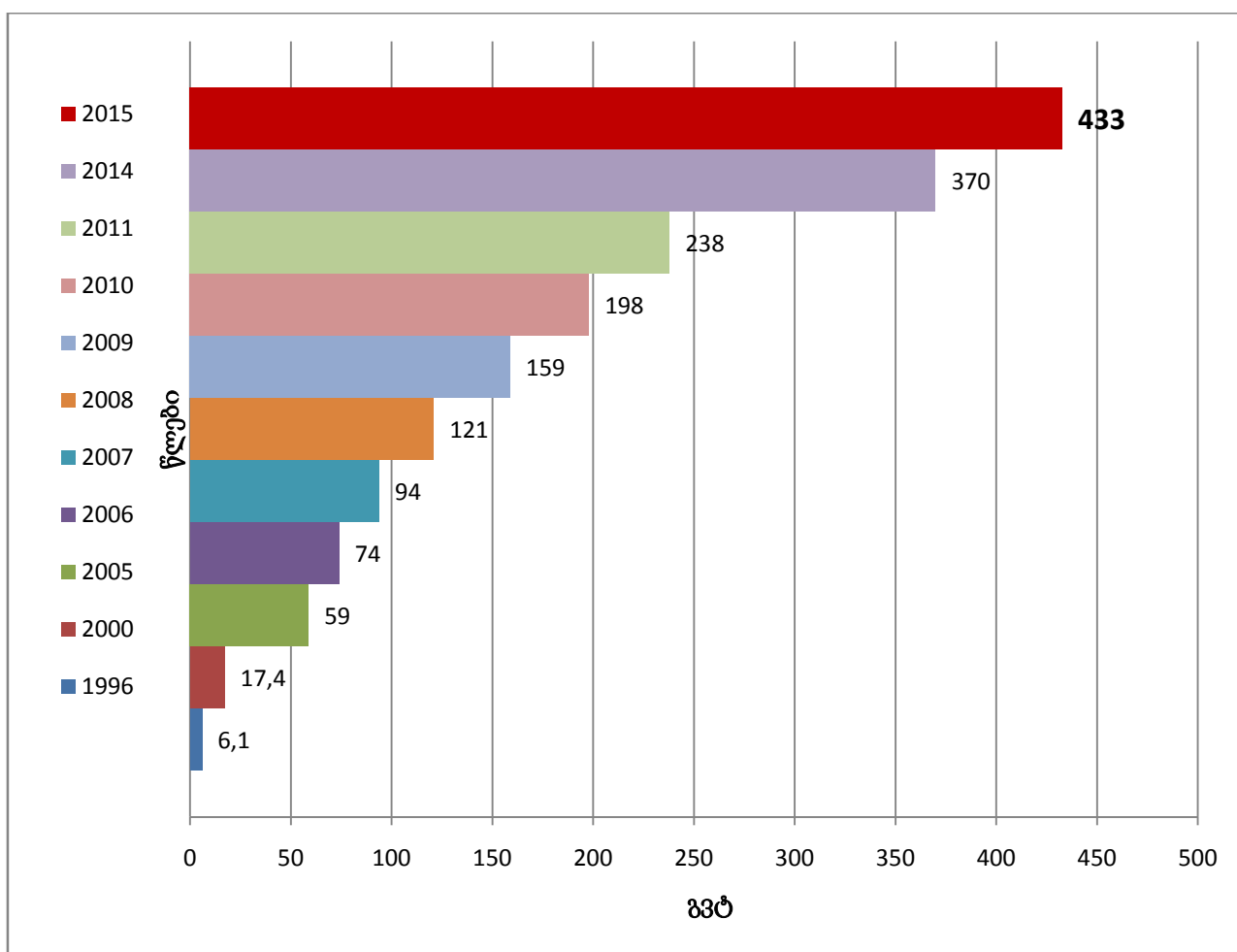
წელიწადის თვეები	მიღებული წყლის ტემპერატურა (°C)	დღე-ღამეში დაზოგილი ენერგია (კვტ.სთ)	თვეში დაზოგილი ენერგია (კვტ.სთ)
იანვარი	23	3	90
თებერვალი	30	4,7	141
მარტი	55	10,5	315
აპრილი	65	11,6	348
მაისი	73	13,5	405
ივნისი	85	16,3	489
ივლისი	92	17,9	537
აგვისტო	92	17,9	537
სექტემბერი	71	13	390
ოქტომბერი	58	10	300
ნოემბერი	37	6,3	189
დეკემბერი	18	1,9	57
ჯამი			3798

წელიწადში მზის ენერგიის ხარჯზე საცხოვრებელი სახლის წყლის გაცხელებისათვის დაიზოგა 3798 კვტ. სთ. ენერგია, თუ გავითვალისწინებთ რომ საქართველოში 300 კვტ. სთ -მდე ენერგია ღირს 0,1693 ლარი, ეს ერთი ოჯახი ყოველწლიურად ეკონომიას უკეთებს $(3798 * 0,1693)$ 643 ლარს ოჯახის ბიუჯეტიდან. წყალგამაცხელებლის კომპლექტის თვითღირებულების ამოღება მოხდება $(1900/643=2,95)$ 3 წელიწადში, ექსპლუატაციის ვადაა 20 წელი, ე.ი. 1900 ლარიანი ინვესტიციით ოჯახი იღებს $(17 * 643)$ 11000 ლარამდე მოგებას. იგივე ენერგია, რომ მივიღოთ ბუნებრივი აირით 20 წელიწადში გარემოში მოხდება $(20 * 2019/9,45 * 1,9)$ 8 ტონამდე სათბური აირი.

3.2. ქარის ენერჯის განვითარების ძირითადი მიმართულებები და პერსპექტივები

ალტერნატიული ენერჯორესურსები უსაფრთხო ენერჯომომარაგების გაუმჯობესების მნიშვნელოვან გარანტიებს იძლევა და ამცირებს ფასების ცვალებადობას. ენერჯის ეს წყარო ასევე ამცირებს ჰაერის დაბინძურებას და გამოყენებული ბუნებრივი აირის და ნავთობის რაოდენობას. გარდა ამისა, ხელს უწყობს განვითარებულ ქვეყნებში სოციალურ- ეკონომიკური მდგომარეობის გაუმჯობესებას სოფლად და პერიფერიებში, ისევე როგორც უზრუნველყოფს განვითარებად ქვეყნებში ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის დაკმაყოფილებას. ყველა ზემოთ აღნიშნული ფაქტორთა მთლიანი ეფექტი განაპირობებს არატრადიციული ენერჯო რესურსების ათვისება- გამოყენებასთან დაკავშირებული პროექტების მხარდაჭერის საფუძველს, რაც გამოხატულია კიდევ ამ მიმართულებით განვითარებული ქვეყნების მიერ წარმოებულ პოლიტიკაში, მაგალითად ევროკავშირი მიყვება სტრატეგიას, რომ 2020 წლისათვის 25 წევრი სახელმწიფოს მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის 20 %- ზე მეტი განახლებად ენერჯორესურსებზე მოდიოდეს.

მსოფლიოში ყოველწიურად სულ უფრო სწრაფი ტემპებით იზრდება ქარის ტურბინებით მიღებული ელექტროენერჯის მოცულობა. 2015 წლის მონაცემებით ქარის დადგმულმა სიმძლავრემ 433 გვტ.- ს გადააჭარბა (იხ. ნახ. 3.8), როდესაც 2000 წელს სულ რაღაც 17,4 გვტ. იყო, ხოლო 2050 წლისათვის ნავარაუდებია მისი 9000 გვტ.- მდე გაზრდა.



ნახაზი 3.8 მსოფლიოში დადგმული ქარის ტურბინების სიმძლავრე

ქარის ელექტროსადგურების მშენებლობას მნიშვნელოვანი დადებითი მხარეები ახასიათებს, როგორც ეკონომიკური, ისე ეკოლოგიური და სოციალური კუთხით. პირველ რიგში, ქარის ელექტროსადგურები ეხმარება ეკონომიკის დივერსიფიკაციას სოფლად და უზრუნველყოფს ახალი ტიპის შემოსავალს. თუმცა ყველაზე მნიშვნელოვანი სარგებელი ენერგოდამოუკიდებლობაა, ქარის ტურბინები უზრუნველყოფს დივერსიფიკაციას ენერგეტიკის ბაზარზე და ამცირებს ჩვენი ქვეყნის დამოკიდებულებას სხვა ქვეყნების წიაღისეულ საწვავზე. 2015 წელს საქართველომ ელექტრო ენერჯის იმპორტირება მოახდინა აზერბაიჯანიდან (101,694 მლნ. კვტ. სთ), სომხეთიდან (86,532 მლნ. კვტ. სთ) და რუსეთიდან (304,677 მლნ. კვტ. სთ). მართალია საქართველო ელექტროენერჯის ექსპორტირებასაც ახდენს ძირითადად იმავე ქვეყნებსა და თურქეთში, თუმცა ქარის ელექტროსადგურების მშენებლობა გაზრდის ქვეყნის

ენერგოდამოუკიდებლობას. შესაბამისად საქართველო მოახდენს ნაკლები საწვავის იმპორტირებას სხვა ქვეყნებიდან და მიღებული შემოსავალიც ადგილობრივ ეკონომიკაში ჩაბრუნდება.

ქარის ელექტროსადგურების შემთხვევაში გარემოზე ზემოქმედება მცირეა და გამომუშავებული ენერგია ეკოლოგიურად სუფთაა. არ იწვევს ჰაერის დაბინძურებას, არ გამოყოფს გარემოსათვის მავნე ემისიებს, რომელიც იწვევს მჟავა წვიმებს და კლიმატის ცვლილებას. ტრადიციული ელექტროენერჯის წყაროები აწარმოებენ დიდი რაოდენობით სათბურ აირებს, ქარის შემთხვევაში კი არხდება სათბური აირების გამოყოფა, გარდა მისი წარმოების და მონტაჟის დროს.

მიუხედავად იმისა, რომ ქარის ელექტროსადგურებს ბევრი უპირატესობა აქვს ტრადიციულ ენერჯის წყაროებთან შედარებით, პროექტი ხარჯიანია და დიდი ფუფუნებაა განვითარებადი ქვეყნისთვის. გარდა ამისა, ქარის ენერგია წარმოადგენს ცვალებად ენერჯის რესურსს, რადგან ელექტროენერგია წარმოიქმნება მხოლოდ მაშინ როდესაც ქარი უბერავს. გარდა ამისა ქარის ტურბინები ხმაურიანია, ამიტომ ისინი დაშორებული უნდა იყოს დასახლებული ადგილებიდან. თუმცა ნაკლოვანებები საგანგაშო არ არის, რადგან მათი აღმოფხვრა შესაძლებელია საერთაშორისო კონსულტაციების და სხვა ქვეყნების გამოცდილების საფუძველზე.

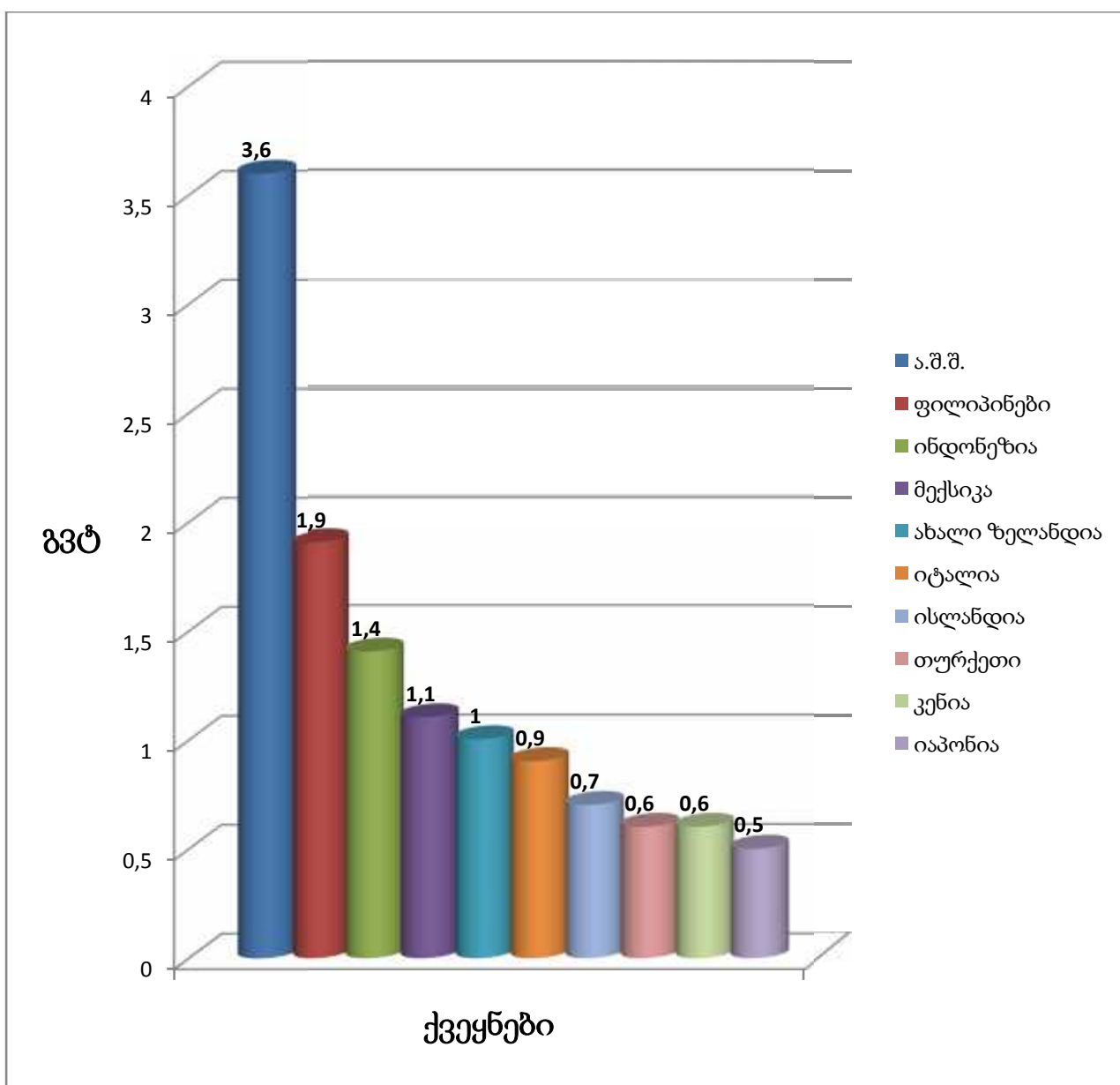
ჩვეულებრივ ქარის ენერჯის პოტენციალი ზამთარშია დიდი, მაშინ როდესაც მზის ფოტოელექტრული სისტემის გამომუშავების მაქსიმუმი ზაფხულზე მოდის, პერსპექტიულია ამ ორი არატრადიციული წყაროს კომბინაცია და კომპლექსურად მუშაობა.

ეკოლოგიურად სუფთა და არატრადიციული ენერჯის წყაროს მიეკუთვნება ქარის ენერგია. პლანეტაზე ქარის ჯამური სიმძლავრე 2700 ტერავატი. აქედან 670 ტერავატი სიმძლავრე დედამიწის ზედაპირიდან დაახლოებით 100 მ. სიმაღლეზე არსებობს, ხოლო 2000 ტერავატის სიმძლავრე მოდის ატმოსფეროს ზედა ფენაზე, დედამიწის ზედაპირიდან დაახლოებით 7- დან 12- კმ- მდე სიმაღლეზე. ასეთ სიმაღლეზე ქარს აქვს სტაბილური პარამეტრები, როგორც დღე- ღამის ასევე წლის განმავლობაში. ქარის საშუალო წლიური სიჩქარე აღწევს 20- 30 მ/წმ- ს. ასეთი ამოუწურავი და ეკოლოგიურად სუფთა ენერჯის გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ

სპეციალურად დამუშავებული ტექნოლოგიებით, როგორც იქნება აეროსტატიკური ბაქნები. ასეთი ქარის ელექტროსადგურები იარსებებს 2050 წლისათვის.

3.3. გეოთერმული ენერჯის განვითარების ძირითადი მიმართულებები და პერსპექტივები

2015 წელს გეოთერმული ელექტროსადგურების დადგმულმა სიმძლავრემ მსოფლიოში მიაღწია 13,2 გვტ- ს, მათ გამოიმუშავეს 75 ტვტ/სთ ენერჯია. ლიდერები გეოთერმული ელექტროსადგურების განვითარებით შემდეგი ქვეყნებია (იხ. ნახ. 3.9): 1. ა.შ.შ (3,6 გვტ) აქ განლაგებული სახელმწიფოს გეოთერმული სადგურების ნახევარზე მეტი მდებარეობს კალიფორნიაში, სან- ფრანცისკოდან 116 კილომეტრში განლაგებულია 22 სადგური მათი დადგმული საერთო სიმძლავრით 1517 მვტ, მეორე ინდუსტრიული ზონაა „მარილიანი ზღვის“ მიმდებარე ტერიტორია 600 მვტ დადგმული სიმძლავრით და მესამე ნევადა- 400 მვტ- მდე დადგმული სიმძლავრით. 2. ფილიპინები (1,9 გვტ) ქვეყნის ენერგომოხმარების 27 %- ს გეოთერმული რესურსებით იკმაყოფილებს. 3. ინდონეზია- (1,4 გვტ). 4. მექსიკა- (1,1 გვტ). 5. ახალი ზელანდია- (1,0 გვტ). 6. იტალია- (0,9 გვტ). 7. ისლანდია- (0,7 გვტ) სახელმწიფოში გათბობაზე დახარჯულ 87%- ს და ქვეყანაში მოხმარებული ელექტროენერჯის 25%- ს დედამიწიდან ამოღებული სითბო უზრუნველყოფს. 8. თურქეთი- (0,6 გვტ). 9. კენია- (0,6 გვტ). 10. იაპონია- (0,5 გვტ).



ნახაზი 3.9 მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნები გეოთერმული სადგურების დადგმული სიმძლავრების მიხედვით.

გეოთერმული ენერგეტიკა მსოფლიოში აქტიურად ვითარდება სხვადასხვა განვითარებულ და განვითარებად ქვეყნებში, სახელმწიფოში არსებული რესურსების, ეკონომიკური მდგომარეობის და პრიორიტეტების გათვალისწინებით, მაგალითად მიუხედავად იმისა რომ ა.შ.შ- ში დიდი ხანი არ არის რაც გეოთერმული ენერჯის განვითარება დაიწყო, იქ არსებული კომპანიები მსოფლიო ლიდერები არიან დღესდღეობით თავიანთი განხორციელებული პროექტებით და ტექნოლოგიებით. ეს

კომპანიები, როგორცაა „Geothermal Energy Association“ აპირებენ თავიანთი ბიზნესის გაფართოებას საზღვრებს გარეთაც.

ტექნიკური პირობები, რომლებიც წაყენება გეოთერმულ რესურსს, გამოყენების სფეროს მიხედვით (გეოთესებში ელექტროენერჯის გამომუშავება, თბომომარაგება, თბოსიცივთ კომპლექსური მომარაგება, სოფლის მეურნეობაში, ბალნეოლოგიაში და ა.შ.) შეიძლება იყოს სხვადასხვა. თავის მხრივ, გეოთერმული ენერჯის ეფექტური გამოყენების არეალი და მასშტაბი ამა თუ იმ რეგიონში დამოკიდებულია მის ენერგეტიკულ პოტენციალზე, დაძიებულ მარაგსა და დებეტზე, ასევე ქიმიურ შედგენილობაზე, მინერალიზაციაზე, ჭაბურღილის ჰიდრავლიკურ და ტემპერატურულ რეჟიმებზე, აგრეთვე, რეგიონის ენერგეტიკული და ეროვნული მეურნეობის სპეციფიკაზე.

ზემოდაღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინება გეოთერმული წყლის რაციონალური გამოყენების საწყის სტადიაზე საშუალებას იძლევა, რომ გამოვლინდეს გეოთერმული თბოსიცივთ მომარაგების სისტემის მიზანშეწონილობა. ამასთან, გეოთერმული ენერჯის გამოყენების თბოსიცივთ მომარაგების კონკრეტული სისტემები სამრეწველო, სასოფლო-სამეურნეო, კომუნალური და სხვა ობიექტებისათვის უნდა შემუშავდეს ამ ენერჯის მომხმარებლების სპეციფიკიდან გამომდინარე.

მიუხედავად საკმაოდ მრავალრიცხოვანი სამეცნიერო-საპროექტო გადაწყვეტილებისა, მსოფლიოში დღემდე არსებული გეოთერმული ენერჯის გამოყენების სისტემები ძირითადად ეფუძვნება თბომომარაგების ტრადიციულ მეთოდებს, გეოთერმული თბოგადამტანის სპეციფიკისა და სრული თერმოდინამიკური ანალიზის გაუთვალისწინებლად. აუცილებელია ჩამოყალიბდეს გეოთერმული ენერჯის ბაზაზე თბოსიცივთ მომარაგების მაღალეფექტური, ახალი კომპლექსური სისტემები მეურნეობის სხვადასხვა დარგისათვის. ამისთვის აუცილებელია გეოთერმული წყაროების კლასიფიკაცია ტემპერატურის, დებეტის, ქიმიური შედგენილობის და გამოყენების ხასიათის მიხედვით.

გეოთერმული ჭაბურღილები, ტემპერატურული მახასიათებლების მიხედვით, არის: მაღალტემპერატურული (70- 100 °C), საშუალო (40- 65 °C) და დაბალი (40 °C):

დებეტის მიხედვით, მაღალმწარმოებლური (0,02 მ³/წმ და მეტი), საშუალო (0,005-0,02მ³/წმ) და მცირე (0,005მ³/წმ); ქიმიური შედგენილობის მიხედვით: ჰიდროკარბონატულ- ნატრიუმის, სულფატ- ნატრიუმის, ქლორ- მაგნიუმის, ქლორ- კალციუმის; აირშედეგნილობის მიხედვით- აგრესიული (გოგირდწყალბადოვანი, ნახშირჟანგბადოვანი) და ნეიტრალური (აზოტოვანი და მეთანიანი).

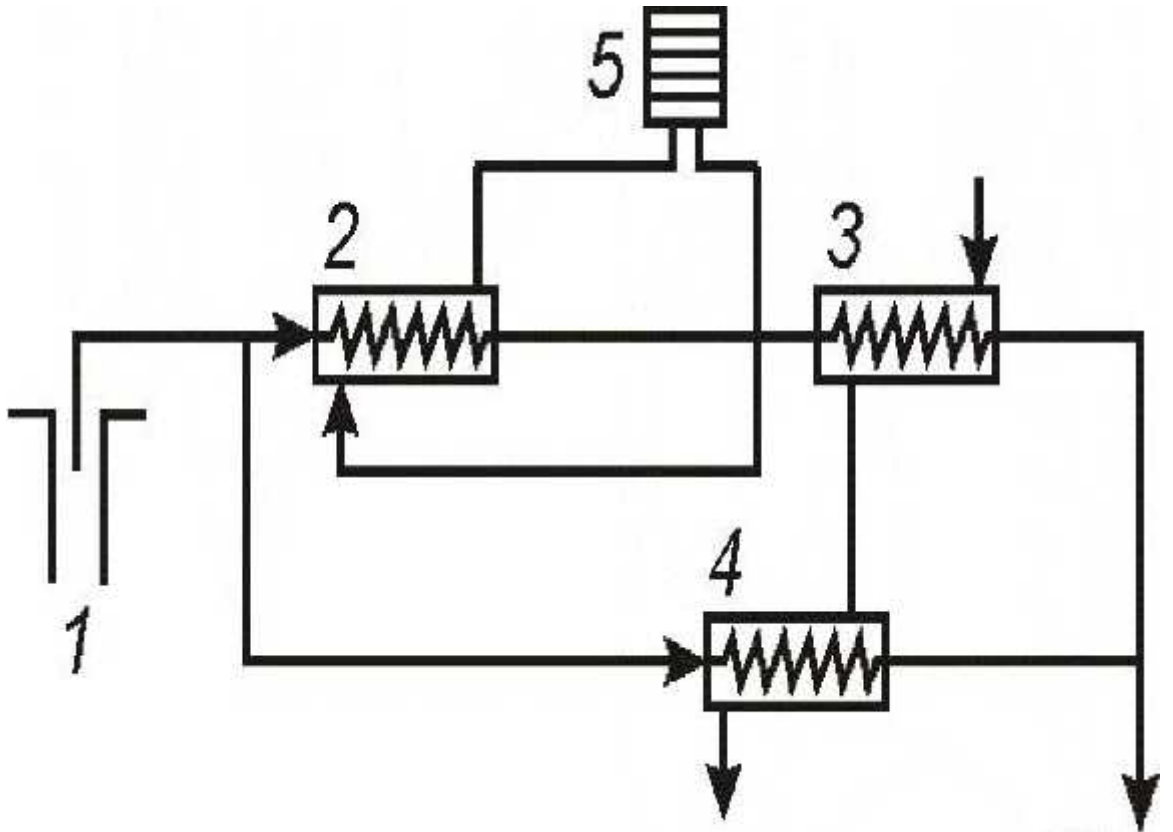
გეოთერმული წყლის გამოყენება შეიძლება დავყოთ სამ ჯგუფად: 1- გეოთერმული წყლის უშუალო გამოყენება თბოსიცივით მომარაგების სისტემაში; 2- გეოთერმული წყალი, რომელიც შეიძლება გამოვიყენოთ დამატებითი გაცხელების შემდეგ; 3- გეოთერმული წყალი, ძლიერაგრესიული და მინერალიზებული, უშუალოდ არ გამოიყენება.

ვინაიდან ჩვენს ქვეყანაში არსებული გეოთერმული წყლების 82% დაბალმინერალიზებულია და არააგრესიული, ხოლო ტემპერატურული პოტენციალი ცვალებადობს 60- 95 °C- ის ფარგლებში, მიზანშეწონილია ამ ტიპის წყლების სრული გამოყენება და მეურნეობის იმ დარგების შერჩევა, სადაც ეს სისტემები კონკურენტუნარიანი იქნება ტრადიციულ სისტემებთან შედარებით.

დღეისთვის არსებული გეოთერმული ჭაბურღილები, სათანადო აღჭურვილობის უქონლობის გამო, პირდაპირ გამოიყენება, ძირითადად, კომუნალური მოთხოვნილებების (60%) დასაკმაყოფილებლად. სოფლის მეურნეობაში (ძირითადად სათბურებში) იყენებენ რესურსების 25%- ს და მრეწველობაში- 15%- ს. ამასთან, თბური ენერჯის მხოლოდ ნაწილი გამოიყენება და 30- 40% ნამუშევარი წყალი უმისამართოდ იღვრება. მიგვაჩნია, რომ თითოეული რეგიონისათვის უნდა დამუშავდეს გეოთერმული ენერჯის გამოყენების კომპლექსური სქემები, სადაც მთლიანად იქნება ათვისებული გეოთერმული ენერჯია. მისი გამოყენების ეფექტურობა დამოკიდებულია მრავალ ურთიერთდაკავშირებულ ტექნიკურ, ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ ფაქტორზე. ტექნიკურ ფაქტორს განეკუთვნება, გეოთერმული პოტენციალის სრული ათვისებისათვის, კომპლექსური სისტემებისა და ტექნიკურად ეფექტური დანადგარების დამუშავება- გამოკვლევა და ისეთი მომხმარებლების შერჩევა, რომელნიც მიმდევრობით (მრავალჯერადად) შეძლებენ გეოთერმული წყლის

გამოყენებას ტექნოლოგიური პროცესების განსახორციელებლად. ძირითადად, ეკონომიკურ ფაქტორს განეკუთვნება- გეოთერმული ჭაბურღილების ბურღვის ღირებულება, კაპიტალდაბანდებები თბოსიცივით მომარაგების კომპლექსური სისტემის შესაქმნელად, ასევე საექსპლუატაციო დანახარჯები და რეგიონის საერთო ენერგეტიკული მაჩვენებლები. ეკოლოგიურ ფაქტორებს განეკუთვნება გარემოს თბური დაბინძურების პრობლემების გადაჭრა. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად, აუცილებელია ნამუშევარი გადასადგრელი გეოთერმული წყლის რეინჟექცია (კვლავ უკუჩაბრუნება) [3; 8; 9; 10].

ზუგდიდ- ცაიშის რაიონში მდებარეობს 15 ყოფილი საექსპლუატაციო ჭაბურღილი, დღეს- დღეობით მათგან წყალი უსარგებლოდ იღვრება. მათი საერთო დღე- ღამური წყლის დებეტია- 24564 მ³, წყლის ტემპერატურაა- 78- 98 °C, საერთო თბური სიმძლავრეა- 69,8 მვტ.სთ ასეთი წყლის დებეტი და ტემპერატურა სრულიად საკმარისია ჭაბურღილი გამოვიყენოთ გათბობის სისტემებში და ცხელი- წყალმომარაგებისათვის. თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით შესაძლებელია ასეთი წყლის რაოდენობა მცირედი თბური დანაკარგებით შევკრიბოთ კოლექტორული სისტემით ქალაქ ზუგდიდში და შემდეგ მილგაყვანილობით მივაწოდოთ მოსახლეობას კომერციული და არაკომერციული დანიშნულებით.



ნახაზი 3.10 გეოთერმული წყლის გამოყენება გათბობის სისტემებში და ცხელი-წყალმომარაგებაში.

1. წყლის საბადო; 2. გათბობის სისტემის თერმომცველის კონტური; 3. პირველი ცხელი-წყალმომარაგების თერმომცველის კონტური; 4. მეორე ცხელი-წყალმომარაგების თერმომცველის კონტური; 5. გათბობის სისტემა.

შეგვიძლია ვისარგებლოთ შემდეგი სქემებით (იხ. ნახ. 3.10): 1. სახლთან მიყვანილი გეოთერმული წყალი შეგვიძლია ჯერ გავატაროთ მოცულობითი ბოილერის კონტურში, მასთან შეხებაში მყოფი გათბობის სისტემის ენერგიაშემცველი გავაცხელოთ, საცირკულაციო ტუმბოს მეშვეობით ვამოდრაოთ და შესაბამისად გავათბოთ სახლი (ზამთარში), მოცულობითი ბოილერის გავლის შემდეგ ეს გეოთერმული წყალი გავატაროთ მოცულობით ბოილერში, გავაცხელოთ მასში მდებარე წყლის რაოდენობა და საჭიროებისამებრ, ეს დაგროვილი მოცულობა გამოვიყენოთ ცხელი-წყალმომარაგებისათვის და ჩავუშვათ განკუთვნილ ზონაში. 2. შესაძლებელია გეოთერმული წყალი გავატაროთ მხოლოდ ცხელი-წყალმომარაგებისათვის მოცულობით ბოილერში და შემდეგ გადავღვაროთ ეს წყლის მოცულობა.

თუ ვიანგარიშებთ, რომ გეოთერმული წყლების ტრანსპორტირებაში წყალშემკრებამდე და შემდეგ სახლებამდე თანამედროვე თბოიზოლაციის გამოყენებით გვეკარგება ჭაბურღილების წყლის თბური პოტენციური ენერჯის 10%, კინეტიკური თბური გამოსაყენებელი ენერჯია გვექნება 63 მვტ.სთ- მდე.

ზუგდიდში მდებარე სახლის 1 მ²- ის გასათბობად ევროპული ნორმებით საკმარისი იქნება 100 ვტ.სთ ენერჯია, 100 მ²- ის შენობის გათბობად საჭიროა 10 კვტ.სთ სიმძლავრე. 4 ადამიანისგან შემდგარი ოჯახის ცხელი- წყალმომარაგებით დაკმაყოფილებისათვის დღე- ღამეში ვიანგარიშით 100 ვტ./სთ. თბური ენერჯია. ე.ი. შევძლებთ (63 მვტ.სთ/12,4 კვტ.სთ.) 5000- ზე მეტი ასეთი სახლის ცხელი წყლით და ზამთარში გათბობით უზრუნველყოფას. წელიწადის იმ დროს, როდესაც გათბობა არ გვჭირდება (63 მვტ.სთ/2,4 კვტ.სთ.) 26000- ზე მეტი ოჯახის ცხელი წყლით უზრუნველყოფას..

თუ ვიხელმძღვანელებთ ეხლა თბილისში მოქმედი ლისის გეოთერმული საბადოს ტარიფით (თვეში ერთი აბონენტი იხდის 3 ლარს), 5000 სახლისთვის გათბობისთვის და ცხელი წყლის მიწოდებისას მოსახლეობა წელიწადში გადაიხდის (5000*3*12) 180000 ლარს. 1 მ³ ბუნებრივი გაზი წვისას გამოყოფს 9,45 კვტ. სთ. ენერჯიას. 63 მვტ.- ის მისაღებად დაიწვებოდა დღე- ღამეში (63მვტ.სთ/9,45კვტ.სთ) 6700 მ³- მდე ბუნებრივი აირი, წელიწადში იხარჯება (6700*24*365*0,54) 31,6 მილიონ ლარზე მეტი ღირებულების ბუნებრივი აირი. ანგარიში გვიჩვენებს, რომ ზუგდიდ- ცაიშის გეოთერმული წყლების თბური ენერჯის გამოყენება საყოფაცხოვრებო სექტორში, მოსახლეობას ერთიანობაში მისცემს 30 მლნ. ლარამდე ეკონომიას წელიწადში.

გარემოში გამოიყოფოდა (6700მ³*24*1,9) 3000 ტ.- მდე სათბური აირი, წელიწადში ატმოსფეროს დავიცავთ 1 მლნ. ტ.- მდე სათბური აირების ემისიისაგან.

გეოთერმული წყლის გამოყენების დღევანდელი მდგომარეობის ანალიზი ცხადყოფს რამდენიმე პრობლემის აუცილებელ გადაწყვეტას, რაც ამუხრუჭებს გეოთერმული ენერჯეტიკის განვითარებას ჩვენს ქვეყანაში, ძირითადად ესენია:

-გეოთერმული წყლის დებეტის და თბური პოტენციალის ათვისების დაბალი დონე;

-გეოთერმული თბომომარაგების სისტემის არასრულყოფილება და სპეციფიკის გაუთვალისწინებლობა;

-გეოთერმულ წყალზე ფასწარმოქმნის არსებული მექანიზმების უვარგისობა, ვინაიდან ტარიფის დადგენა ხდება წყლის რაოდენობის მიხედვით (ტემპერატურის გაუთვალისწინებლად), რაც სტიმულს უკარგავს როგორც მწარმოებელს, ისე მომხმარებელს, გეოთერმული სითბოს სრულად გამოყენებისას;

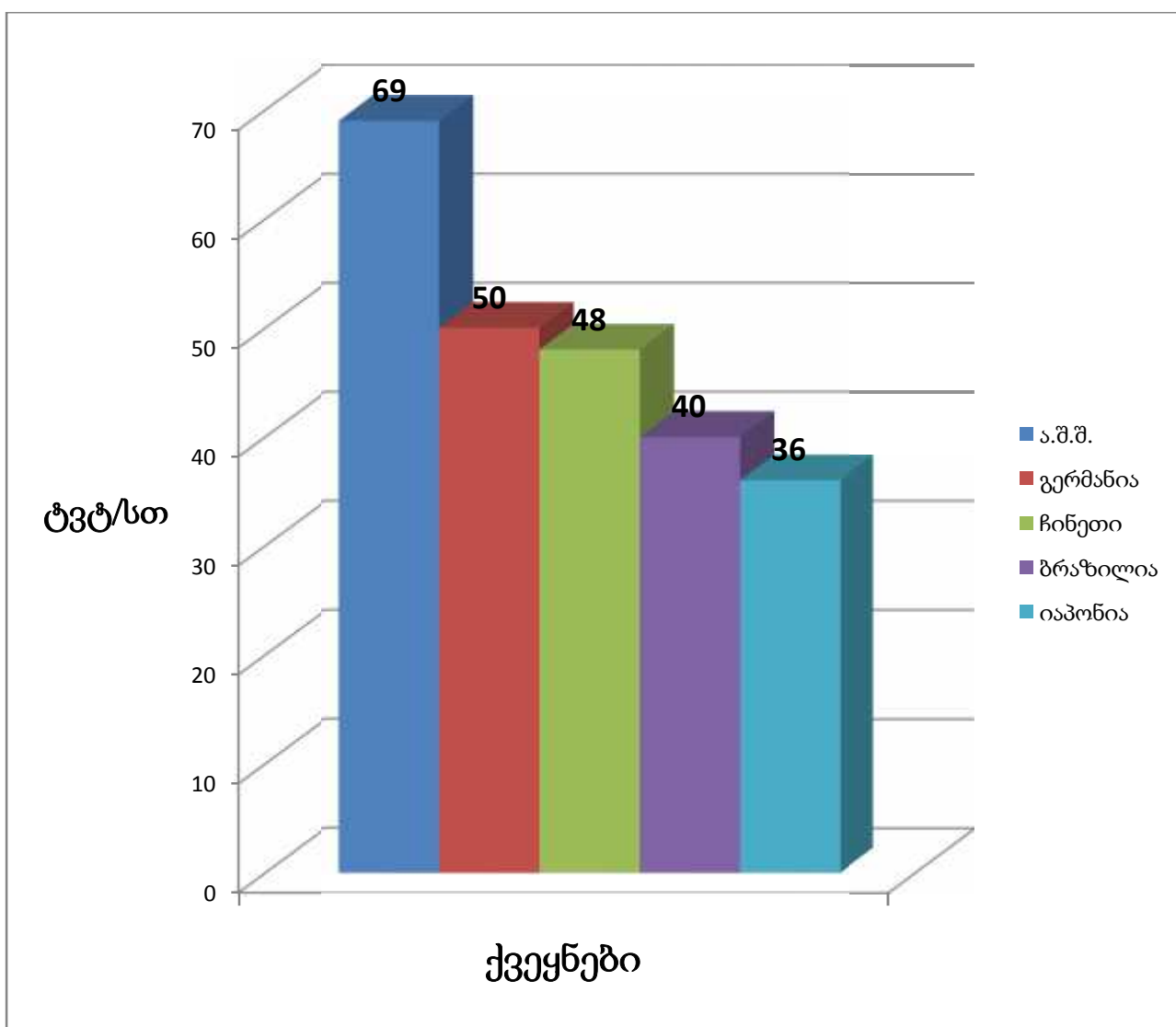
-ზემოთქმულიდან გამომდინარე, აუცილებელია გეოთერმული ენერჯის ბაზაზე საქართველოს მეურნეობის დარგების თბოსიცივით მომარაგების ახალი კომპლექსური სისტემების დამუშავება- გამოკვლევა, ყოველი რეგიონისათვის შესაბამისი, მრავალფეროვანი, ბუნებრივ- კლიმატური პირობების გათვალისწინებით. ამასთან, მხედველობაშია მისაღები ისეთი ფაქტორების ურთიერთზეგავლენა, როგორცაა ჭაბურღილების გაბურღვის ღირებულება, მათი დებიტი, ტემპერატურა, თბური ვარდნები თბოსიცივით მომარაგების სისტემების ძირითად დანადგარებში, სათბურსა და პროდუქციის შესახებ სათავსოში, მიკროკლიმატის პარამეტრების დადგენა და შენარჩუნება. ეს საკითხები დღემდე კომპლექსურად არ არის გამოკვლეული, ამიტომ ძალზე აქტუალურია ამ პრობლემების ფართომასშტაბური გამოკვლევა, სტრუქტურული ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტა და დანერგვა მეურნეობის სხვადასხვა დარგში, რაც საბოლოო ჯამში უზრუნველყოფს ქვეყნის სათბობენერგეტიკული რესურსების დაზოგვას, გაზრდის თბოსიცივით მომარაგების სისტემათა ეკონომიკურ მაჩვენებლებს და საიმედოობას, საგრძნობლად გააუმჯობესებს ეკოსისტემას და ხელს შეუწყობს ადგილობრივი მოსახლეობის კეთილდღეობის დონის ამაღლებას.

თავი 4. ენერგეტიკის ინოვაციური მიმართულებათა განვითარების შესაძლებლობები

4.1. ბიოენერგეტიკული რესურსები

მეცნიერები აქტიურად მუშაობენ ენერჯის სულ ახალი წყაროების მოძიებაზე, მოძიებულის დახვეწაზე და პრაქტიკულ გამოყენებაზე, ამ საკითხზე მთელი მსოფლიოს მასშტაბით იხარჯება დიდი გონებრივი და მატერიალური რესურსი, ენერგეტიკის ინოვაციური მიმართულებებში შეგვიძლია გავაერთიანოთ თბური ტუმბოების მიერ გამომუშავებული ენერჯია, ოკეანის მოქცევის, ოკეანის ზვირთცემის და ოკეანის ტემპერატურული გრადიენტის ენერჯია, ასევე უაღრესად პერსპექტიულია წყალბადის ენერგეტიკა. არანაკლებ მნიშვნელოვანია ფიქლებიდან და სხვა მყარი ტრადიციული წიაღისეულიდან გაზის მიღების თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება.

მსოფლიოში სულ უფრო იზრდება ბიოენერგეტიკის გამოყენება, მისმა დადგმულმა სიმძლავრემ 2015 წლის მონაცემებით მიაღწია 106,4 გვტ-ს და გამოიმუშავეს 464 ტვტ/სთ ელექტროენერჯია. ლიდერი ქვეყნები 2015 წლის მონაცემებით ბიომასიდან ელექტროენერჯის გამომუშავებაში არიან ა.შ.შ. (69 ტვტ/სთ), გერმანია (50 ტვტ/სთ), ჩინეთი (48 ტვტ/სთ), ბრაზილია (40 ტვტ/სთ), და იაპონია (36 ტვტ/სთ), შემდეგ არის დიდი ბრიტანეთი და ინდოეთი (იხ. ნახ. 4.1). მსოფლიოში წარმოებულმა ბიოსაწვავმა 2015 წელს მიაღწია 133 მლრდ. ლიტრს.



ნახაზი 4.1 მსოფლიოში ლიდერი ქვეყნები 2015 წელს ბიომასიდან წარმოებული ელექტროენერჯის მიხედვით

ბიომასის ენერჯია ალტერნატიული ენერჯის უმნიშვნელოვანესი ნაწილია. მცენარეები, სოფლის მეურნეობის ნარჩენები, ქალაქის ნარჩენები- ეს ყველაფერი ბიომასაა. მისი შემცველობა ბიოსფეროში 800 მლრდ. ტონას შეადგენს, ამასთან ყოველწლიურად განახლდება 200 მლრდ. ტ. (ეს შეესაბამება 100 მლრდ ტ. ნავთობს). ცხადია, ბიომასა ვერასოდეს ვერ შეძლებს შეცვალოს სრულად ნავთობი ან სხვა სათბობის წიაღისეული სახეები, მაგრამ როგორც დამატებითი, ეკოლოგიურად სუფთა, ენერჯის წყარო, ექვგარეშეა, დროთა განმავლობაში მნიშვნელოვან ადგილს დაიკავებს ენერჯეტიკაში.

ბიომასას, რომ საკმაო ენერგეტიკული პოტენციალი აქვს ის ფაქტიც მიუთითებს რომ ყოველწლიურად მარტო კონტინენტალურ ტყეებში იგი 70 მლრდ ტონამდე გროვდება. ენერგომემცველობით ეს სამჯერ აღემატება ენერგომომხმარებას მსოფლიოში.

ბიომასის საფუძველი არის ნახშირბადის ორგანული ნაერთები, რომლებიც ჟანგბადთან შეერთების დროს ან ბუნებრივი მეტაბოლიზმის დროს გამოყოფენ ენერგიას (სითბოს). გარდა იმისა, რომ ბიომასის ცალკეული სახეები შეიძლება პირდაპირ იქნას გამოყენებული ენერგიის მისაღებად, ის სხვადასხვა ქიმიური თუ ბიოლოგიური პროცესებით შეიძლება გარდაქმნილი იქნას სხვადასხვა ტიპის სათბობად (მეთანი, მეთანოლი, ხის ნახშირი და სხვა).

მშრალი ბიომასა ყველაზე ფართოდ გამოიყენება პირდაპირ საწვავის სახით და გამოყოფს 10- 20 მჯ/კგ სითბოს. მის ფორმებასა და წყაროებში შედის ხის საწვავი, კომუნალური მყარი ნარჩენების ბიოგენური ნაწილები და გამოუყენებელი საველე კულტურები.

ბიომასის დაწვა შესაძლებელია ქვაბებში სითბოს, ელექტროენერგიის ან ორივე პროდუქტის ერთად (კოგენერაცია) მისაღებად. წვა გარდაქმნის მთავარი მეთოდია. ბიომასის წვის სისტემები გამოიყენება კომერციული დანიშნულებით და სხვადასხვა ქვაბ- აგრეგატის ტექნოლოგიებს მოიცავს, რომლებიც ფართო სპექტრის ბიომასის საწვავს წვავენ. ქვაბების ყველაზე გავრცელებული ტიპებია : მექანიკური შრისებრ-საცეცხლებიანი ქვაბები, შეტივტივებული წვის ქვაბები და ქვაბები ფსევდოგათხევადების ფენით. გამოყენებაშია ინდუსტრიულ სფეროში ბიომასის წვა ელექტროენერგიისა და სითბოს მისაღებად, აგრეთვე ხდება საყოფაცხოვრებო დონეზე, სივრცის გასათბობად და საკვების მოსამზადებლად. ორივე შემთხვევაში მთავარი მიზანია სუფთა და ეფექტური წვის უზრუნველყოფა.

ანაერობული დაშლის პროცესი შეიძლება სხვადასხვა ტემპერატურაზე განვითარდეს და სამ ტემპერატურულ დიაპაზონად დაიყოს: ფსიქრომეტრული (25 °C-ის ქვემოთ), მეზოფილური (25 °C- 45 °C) და თერმოფილური (45 °C- 70 °C) [3; 14; 19; 58].

ბიომასა იყოფა მცენარეულ, რომლის სახეებია:

-) შეშა;
-) სატყეო მეურნეობის ექსპლოატაციის ნარჩენები;

-) ხე- ტყის ინდუსტრიის ნარჩენები;
-) სოფლის მეურნეობის მოსავლის ნარჩენები;
-) აგროგადამამუშავებელი ინდუსტრიის ნარჩენები;
-) ენერგეტიკული პლანტაციების მოსავალი.

და ცხოველური ბიომასის ნარჩენებად:

-) მეცხოველეობის და მეფრინველეობის ნარჩენები;
-) გამწმენდი მოწყობილობების ნარჩენები;
-) ქალაქების საყოფაცხოვრებო მყარი ნარჩენები.

ბიოსათბობის ამ მრავალფეროვან ნაირსახეობებს აქვთ განსხვავებული ენერგეტიკული პოტენციალი. ენერგია, რომელიც შეიძლება მიღებული იქნას ერთეულოვანი მასის ბიოსათბობის დაწვის შედეგად იცვლება 10 მგჯ/კგ- დან (ტენიანი მერქანი ანუ შემა) 55 მგჯ/კგ- მდე (მეთანი, რომელიც მიიღება ბიომასის გადამუშავებით). ჩვეულებრივად მშრალი ბიომასის პირდაპირ დაწვის პირობებში ენერგია 20 მგჯ/კგ- ს ფარგლებშია [25; 41; 65].

ბიომასიდან ბიოსათბობის წარმოებისთვის არსებობს სამი ძირითადი მეთოდი, რომლებიც თავის მხრივ იყოფიან კიდევ რამდენიმე განსხვავებულ პროცესად.

თერმოქიმიურ მეთოდში შედის:

-) პირდაპირი წვა, რომლის დროსაც ხორციელდება ჰაერში არსებული ჟანგბადის საშუალებით და გამოიყენება უშუალოდ სითბოს მისაღებად;
-) პიროლიზი, რომლის დროსაც ბიომასას აცხელებენ ან უჰაერო სივრცეში ან თვით ბიომასის გარკვეული ნაწილის წვით ჰაერის შეზღუდულ პირობებში. მერქნის პიროლიზის დროს მიიღება ხის ნახშირი და სხვადასხვა სახის პროდუქტი. 1 ტონა მერქნის გადამუშავების დროს შეიძლება მიღებული იქნას 300 კგ ხის ნახშირი, 140 მ³ აირი, 10 მგჯ/მ³ თბოუნარიანობით, 14 ლიტრი მეთანოლი, 50 ლიტრი ძმარმჟავა, 3 ლიტრი აცეტონი, 70 ლიტრი მერქნის ზეთი და სხვა. როგორც ვხედავთ, ამ შემთხვევაში ხის ნახშირის გარდა შესაძლებელია მივიღოთ ფასეული ქიმიური პროდუქტები. აქვე უნდა აღინიშნოს ის გარემოება, რომ ხის ნახშირის დასაწვავი ღუმელები გამოირჩევა უფრო მაღალი

ეფექტურობით ვიდრე ჩვეულებრივი ღუმელები. ბუნებრივია, რომ შეშის პირდაპირი დაწვის ან პიროლიზის საშუალებით მხოლოდ ხის ნახშირის მიღების პროცესში ზემოდ ჩამოთვლილი ქიმიური ნივთიერებები გაიბნევა გარემოში და იწვევს მის დაბინძურებას. პიროლიზის შედეგად მიღებული პროდუქტების შემადგენლობა დამოკიდებულია პიროლიზის პროცესში გამოყენებული ნედლეულის მახასიათებლებზე, პროცესის ტემპერატურულ პირობებზე და მისი წარმართვის ხერხზე. ზოგიერთ შემთხვევაში მიზანშეწონილია საწყისი პროდუქტი შეიცავდეს ტენს;

- ⌋ გაზიფიკაცია წარმოადგენს პიროლიზის პროცესს იმ განსხვავებით, რომ ამ დროს პროცესის ძირითადი მიზანია საწვავი აირის მიღება. გაზიფიკაციის პროცესის ეფექტურად წარმართვისთვის აუცილებელია საწვავი აირი, რომელიც შესაძლებელია გამოყენებული იქნას როგორც სითბური ენერჯის, აგრეთვე ელექტროენერჯის მისაღებად;
- ⌋ ასევე შესაძლებელია სხვა თერმოქიმიური პროცესებით ბიომასის ნედლეულის წინასწარი მომზადების და შემდეგ მისი ბიოსათბობად გარდაქმნის პროცესის წარმართვის სხვადასხვა ვარიანტები, როგორცაა ჰიდროგენეზია, ჰიდროლიზი და სხვა. ამ შემთხვევაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ტექნოლოგიებს რომლის დროსაც ბიომასაში არსებული ცელულოზა და კრახმალი გარდაიქმნება შაქრად შემდგომი ფერმენტაციისათვის.

ბიოქიმიური მეთოდები მოიცავს:

- ⌋ სპირტული დუდილისთვის, იგივე აერობული ფერმენტაციისთვის ჩვეულებრივ, ნედლეულად გამოიყენება შაქარი. ისინი აერობული (ჰაერის ანუ ჟანგბადის თანმხლების) ფერმენტაციის პროცესში სხვადასხვა მიკროორგანიზმების საშუალებით გარდაიქმნებიან ეთილის სპირტად. ეთილის სპირტი წარმოადგენს აქროლად სითხეს, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იქნას ბენზინის ნაცვლად;
- ⌋ უჟანგბადო ხრწნა იგივე ანაერობული ფერმენტაცია გულისხმობს შემდეგ მეთოდს: ზოგიერთ მიკროორგანიზმებს, უჟანგბადო გარემო პირობებში, აქვთ უნარი მიიღონ ენერჯია (იკვებონ) ბიომასაში არსებული ნახშირბადშემცველი

მდგენელებიდან. ამ დროს ისინი წარმოქმნიან ნახშირორჟანგს (CO_2) და მეთანს (CH_4). ამ პროცესის შედეგად მიღებულ აირს ბიოგაზს უწოდებენ;

- J) ბიოფოტოლიზი ეს არის მეთოდი როგორც ფოტოლიზი, რომელიც წარმოადგენს წყლის დაშლას წყალბადად და ჟანგბადად- სინათლის ზემოქმედებით. ზოგიერთი ბიოორგანიზმები გარკვეულ პირობებში წარმოქმნიან წყალბადს ბიოფოტოლიზის საშუალებით. მსგავსი პროცესები განხორციელებული იქნა ლაბორატორიულ პირობებში მიკროორგანიზმების გარეშე, მაგრამ საწარმოო გამოყენება მათ ჯერ ვერ ჰპოვეს.

აგროქიმიური მეთოდები :

- J) სათბობის ექსტრაქცია წარმოადგენს მეთოდს, რომელსაც შემდეგი სახე აქვს: ზოგიერთ შემთხვევაში ცოცხალი ან ახლად მოჭრილი მცენარეებისგან შესაძლებელია სათბობის მიღება პრესის ქვეშ მათში არსებული წვენი გამოწურვით. ეს პროცესი წააგავს კაუჩუკის წარმოების პროცესს, როდესაც გარკვეული ჯიშის ხეებზე კეთდებოდა ჭრილები, რომლიდანაც დროთა განმვალობაში მოედინება სითხე. ეს სითხე შეიძლება შეიცავდეს როგორც მაღალმოლეკულურ (კაუჩუკის შემთხვევა) ისე დაბალმოლეკულურ ნახშირწყალბადებს, რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იქნას ბენზინის ნაცვლად. არსებობს ცნობა იმის შესახებ, რომ მეორე მსოფლიო ომის დროს ფილიპინებზე, ამერიკელი ჯარისკაცები ასეთი სახის სითხეს იყენებდნენ ბენზინის ნაცვლად; როგორც ამ მიმოხილვიდან სჩანს, ბიომასიდან ბიოსათბობის წარმოების საშუალებები და შესაძლებლობები საკმაოდ ფართოა.

ალტერნატიული ენერგეტიკის მნიშვნელოვანი ნაწილია ასევე ბიოგაზის ენერგეტიკული დანიშნულებით გამოყენება. ბიოგაზი არის გაზისებრი (აირადი) პროდუქტი, რომელიც წარმოიქმნება უჟანგბადო გარემოში სხვადასხვა წარმოშობის ორგანული ნივთიერებების ფერმენტაციისას. ბიოგაზი წარმოადგენს სხვადასხვა აირების ნარევს. მისი ძირითადი კომპონენტებია მეთანი (CH_4)- 55- 70% ნახშირორჟანგი (CO_2)- 28- 43%, ასევე მცირე რაოდენობით სხვა აირები, მაგალითად გოგირდწყალბადი (H_2S). ბიოგაზი წარმოებაში გამოიყენება ელექტროენერჯის, სითბოს ან ორთქლის და

მანქანის საწვავის სახით. 1 მ³ ბიოგაზი 0,6 მ³ ბუნებრივი გაზის, 0,7 ლ. მაზუთის, 0,4 ლ. ბენზინის და 3,5 კგ. შემის ექვივალენტურია.

ორგანული ნარჩენების ფერმენტაცია (ხრწნა) ხდება გარკვეული ტიპის ბაქტერიების მოქმედების ხარჯზე, ხოლო მათი არსებობასა და გამრავლებაზე არსებით ზეგავლენას ახდენს გარემო. წარმოებული გაზის რაოდენობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, რაც უფრო თბილია გარემო, მით უფრო მაღალია ორგანული ნედლეულის ფერმენტაციის სიჩქარე და ხარისხი. სწორედ ამიტომ, ბიოგაზის მიღების პირველი დანადგარები გაჩნდა თბილი კლიმატის მქონე ქვეყნებში.

ბიოპროცესი ანუ მეთანური დუღილი შეიძლება სხვადასხვა ტემპერატურაზე განვითარდეს და სამ ტემპერატურულ დიაპაზონად დაიყოს: ფსიქრომეტრული (25 °C-ის ქვემოთ), მეზოფილური (25 °C- 45 °C) და თერმოფილური (45 °C- 70 °C). არსებობს გარკვეული მოთხოვნები ბიომასის მიმართ, იგი უნდა შეიცავდეს ბიოლოგიურად ხრწნად ორგანულ ნივთიერებებს და დიდი რაოდენობით წყალს (90- 94%). ბიოგაზის მისაღებად შეიძლება გამოვიყენოთ მცენარეული და საყოფაცხოვრებო ნარჩენები, ასევე ნაკელი, ჩამდინარე წყლები და ა.შ. ფერმენტაციის პროცესში რეზერვუარში არსებული სითხე სამ ფრაქციად იყოფა. ზედა ქერქი წარმოიქმნება მსხვილი ნაწილაკებისგან. იგი მოყვება გაზის ბუშტუკებს და გარკვეული დროის შემდეგ შეიძლება გამყარდეს და ხელი შეუშალოს ბიოგაზის გამოყოფას. ფერმენტატორის შუა ნაწილში გროვდება სითხე, ხოლო ქვედა ნაწილში ტალახისებრი ფრაქცია ილექება. ბაქტერიები შედარებით აქტიურდება შუა ზონაში, ამიტომ რეზერვუარის შიგთავსს პერიოდულად უნდა ვურიოთ, დღეში ერთხელ მაინც.

მეთანური დუღილის ეფექტური პროცესის წარმართვისათვის ბიოგაზის დანადგარის კონსტრუქცია უნდა უზრუნველყოფდეს შემდეგ პირობებს:

- ⌋ მკაცრი ანაერობიზი;
- ⌋ ტემპერატურული რეჟიმის დაცვა;
- ⌋ დანადგარში ბიომასის ეფექტური გადაადგილება, პერიოდული არევა;
- ⌋ გადასამუშავებელი ბიომასის შესაბამისი მოცულობა;
- ⌋ ექსპლუატაციის სიმარტივე.

ბიოგაზის დანადგარების მრავალი ტიპი არსებობს, დაწყებული დიდი კომერციული დანადგარებით, დასრულებული მცირე ზომის ე.წ. საოჯახო დანადგარებით. შედარებით მარტივი ტიპის ბიოდანადგარებს შორის ყველაზე გავრცელებულია: ჩინური ტიპის მტკიცე გუმბათიანი, ინდური ტიპის მცურავ ზარხუფიანი ბიოდანადგარები და ბალონის ტიპის დანადგარები.

საქართველოში ამჟამად მოქმედი ყველა ბიოდანადგარი აშენებულია საერთაშორისო დონორების ხელშეწყობით, სულ დღეისათვის ექსპლუატაციაშია 400-ზე მეტი დანადგარი.

სამწუხაროდ, საქართველოს ბიოსათბობის ენერგეტიკული პოტენციალის სრული ფუნდამენტალური კვლევა არ ჩატარებულა. ჩატარებულია მხოლოდ შეფასებითი კვლევები, რომელთა საფუძველზე შესაძლებელია ოპტიმისტური დასკვნების გამოტანა. სხვადასხვა სახის ბიომასის ნარჩენების რაოდენობა მათი ენერგოპოტენციალისა და მისი დაზოგილი თანხების მნიშვნელობები მოცემულია 4.2 ცხრილში.

ცხრილი 4.2

საქართველოს სხვადასხვა სახის ბიომასის ნარჩენების ენერგოპოტენციალი [3; 35; 81; 83].

ბიომასის სახეობა	რაოდენობა (10 ³ ტონა)	ენერგია (10 ⁹ კვტ. სთ)	ღირებულება (10 ⁶ აშშ დოლარი)
მარცვლოვანი და პარკოსანი კულტურების ნარჩენები	870	1,3	80
მეცხოველეობის და მეფრინველეობის ნარჩენები	1670	6,9	176

საყოფაცხოვრებო ნარჩენები	900	0,6	14
ნარჩენები ქ.თბილისის კანალიზ. წყლის გამწმენდი მოწყობილობებიდან	250	1,0	57
ხე- ტყე და მისი ნარჩენები	700	2,7	125
ჯამი	4390	12,5	452

ცხრილში მოყვანილი მონაცემები გაანგარიშებულია 2005- 2007 წლებში. ცხადია, რომ ეს მონაცემები დროთა განმავლობაში იცვლება, მაგრამ არა რადიკალურად. ეს ცხრილი გვაძლევს წარმოდგენას, რომ ბიომასის ენერგეტიკის განვითარება გვაძლევს საქართველოში ძვირადღირებული იმპორტირებული ენერგეტიკული რესურსებში დახარჯული ფულის 500 მილიონი ა.შ.შ. დოლარის ეკონომიას. გარდა არსებული პოტენციალისა, საქართველოში სოფლის მეურნეობაში გამოუყენებელ ტერიტორიებზე შესაძლებელია ენერგეტიკული პლანტაციების გაშენება, რომელიც დადებითად აისახება საქართველოს ბიოენერგეტიკული რესურსის გაზრდაზე [30].

მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებში აქტიურად მიმდინარეობს მუშაობა ბიოენერგეტიკაში არსებული მდგომარეობის განვითარებისთვის და ბიო რესურსის ახალი გამოყენების გზების მოძიებისათვის. ყველა სახის ბიომასა არის ენერჯის ალტერნატიული, ადვილად ხელმისაწვდომი, უბრალო და იაფი ენერჯის წყარო მსოფლიოს მრავალი მოსახლეობისათვის. ეთიოპიაში, ნეპალში, ტანზანიაში, ციმბირში, ამაზონის ჯუნგლებში, ჩრდილოეთ კანადაში, პოლინეზიის კუნძულებზე,

მიკრონეზიაზე, მალააზიაში ბიომასის მეშვეობით კმაყოფილდება 80- 90% ნავთობის მოთხოვნილება.

ჩინეთში 70- იან წლებიდან ყოველ წელს მილიონამდე 8- 10 კუბური მეტრი მოცულობის ბიოგაზის დანადგარი შენდებოდა. 2004 წლისათვის მათი რაოდენობა 10 მლნ.- ზე მეტი იყო, ახლა კი 20 მლნ.-ზე მეტია. აქ ბიოგაზის ფართო გამოყენება შემდეგმა მიზეზებმა განაპირობა:

- J ეკონომიკური რეფორმის შედეგად სოფლად საქონლის სულადობა გაიზარდა;
- J მთავრობამ შეიმუშავა და ანხორციელებს ბიოგაზის ნაციონალურ პროგრამას, რომლის შესაბამისად ინტესიურად ამზადებენ ტექნიკურ პერსონალს;
- J რეგიონებში ბიოგაზის პროგრამის განმახორციელებელი განყოფილებები ჩამოაყალიბეს;

ბანკები გლეხებზე შეღავათიან კრედიტებს გასცემენ წლიური 0,18% სარგებლობით.

4.2. ოკეანის ენერგეტიკა

ბოლო წლების განმავლობაში მეცნიერებასა და ტექნიკოსების მხრიდან ძალიან აქტიურად მიმდინარეობს მუშაობა ალტერნატიული ენერჯის წყაროების მოსაძიებლად. სულ რაღაც 2 ათეული წელია, რაც ოკეანის მოქცევით გამოყოფილი კინეტიკური ენერჯის გარდაქმნის და მისი საყოფაცხოვრებო მიზნებით გამოყენების იდეა დაიბადა. ამ მიმართულებით საკმაოდ საინტერესოდ განვითარდა მოვლენები და დღეს რამოდენიმე ოკეანის ელექტროსადგური უკვე არსებობს, საერთო დადგმული სიმძლავრით 530 მვტ.

ზღვის წყლის დონეთა პერიოდულ რყევადობას მიმოქცევა ეწოდება, რომელიც მთვარისა და მზის მიზიდულობის შედეგად წარმოიშვა. მოქცევის დროს წყლის დონე

თანდათანობით მატულობს და ბოლოს უდიდეს ზღვარს აღწევს, უკუქცევის დროს კი თანდათანობით კლებულობს და ბოლოს მინიმუმდე ეცემა. მოქცევის წყლის უდიდეს დონეს სრულწელიანი ეწოდება, წყლის უკუქცევის უდაბლეს დონეს კი- მცირეწელიანი. მცირეწელიან და სრულწელიან დონეთა მომენტებს შორის დროის მონაკვეთს წყლის ზრდის დრო ეწოდება, ხოლო სრულწელიან და მცირეწელიან დონეთა შორის მონაკვეთს- დონეთა დაცემის დრო. სრულწელიანსა და მცირეწელიან დონეს შორის ვერტიკალურ მანძილს მოქცევის სიდიდე ეწოდება.

მიმოქცევის სიდიდის ნახევარს- ამპლიტუდას უწოდებენ. თუ წყლის დონეთა მატებისა და დაკლების ხანგრძლივობა 6 საათსა და 12,5 წთ- ს უდრის, მოვლენის პერიოდი (მომატებასა და დაკლებასთან ერთად) კი 12 საათსა და 25 წუთს შეადგენს, ე.ი. დღე- ღამის განმავლობაში ორი სრულწელიანი და ორი მცირეწელიანი პერიოდი იქნება. ასეთ მოვლენას ნახევარ დღე- ღამური მიმოქცევა ეწოდება [3; 58; 76].

მსოფლიო ოკეანის ზოგიერთ ადგილას მიმოქცევის მოვლენის ხანგრძლივობა 24 საათსა და 50 წუთს უდრის, ე.ი. დონეთა აწევისა და დონეთა დაწევის პერიოდები 12 საათსა და 25 წუთს შეადგენს. ასეთ მოვლენას არაწესიერი დღეღამური მიმოქცევა ეწოდება. ხშირად თვის განმავლობაში მიმოქცევის მოვლენები პერიოდულობას იცვლის: ხან ნახევარდღეღამურ ტიპს უახლოვდება, ხან კი- დღე- ღამურს. ასეთ მოვლენას შერეული მიმოქცევა ეწოდება.

ხმელეთში შეჭრილი მოქცევის ტალღას უდიდესი ენერჯია აქვს. გაანგარიშებები გვიჩვენებს, რომ დედამიწის სფეროზე მოქცევების საერთო სიმძლავრე დაახლოებით $8 \cdot 10^{12}$ კვტ- ს აღემატება, ე.ი. მას ასი ათას- ჯერ მეტი სიმძლავრე აქვს, ვიდრე მსოფლიო ყველა ჰიდროელექტროსადგურს.

რა თქმა უნდა, მოქცევის ტალღის მთელი სიმძლავრის გამოყენება შეუძლებელია, რადგან მოქცევის ტალღათა სიმაღლე მრავალ ადგილას ერთ- ორ მეტრს არ აღემატება. იმ ადგილებში კი, სადაც ტალღათა სიმაღლე მაქსიმუმს აღწევს, მათი გამოყენებისათვის აუცილებელია რელიეფის სათანადო პირობებიც (კაშხლების ასაგებად და საჭირო დანადგარების მოსაწყობად).

საფრანგეთში ჩატარებული კვლევითი სამუშაოების შედეგად შეიქმნა თანამედროვე ჰორიზონტალური კაფსულის აგრეგატი, აღნიშნული აგრეგატის-

ტურბინის- გამოყენებით შესაძლებელი გახდა ზღვის მიმოქცევის ენერჯის გამოყენება. მსოფლიოში პირველად საფრანგეთში ამუშავდა ზღვის მოქცევის და უკუქცევის ჰიდროელექტროსადგური. სადგურის მშენებლობა 1961 წელს დაიწყო და 1966 წელს ნოემბერში დამთავრდა. იგი აშენებულია ქალაქების დინარასა და სენ- მალის შორის მდებარე ყურეში. ის 500 ათასი კვტ.სთ ენერჯიას გამოიმუშავებს წელიწადში. აქ ზღვის მოქცევისა და უკუქცევის დროს წყლის დონის სხვაობა 18,5 მეტრს აღწევს. მიმოქცევის ჰიდროელექტროსადგურის 24 ტურბინა, თითოელი 10 000 კვტ სიმძლავრის, სულ 240 მვტ დადგმული სიმძლავრით, რომლებიც ზღვის ნაპირის გაყოლებით 350 მეტრის სიგრძის კაშხალშია განლაგებული, სამრეწველო დენს აწვდის საფრანგეთის დასავლეთ ოლქების მრეწველობას.

მეორე მნიშვნელოვანი და დიდი დადგმული სიმძლავრის ოკეანის მოქცევის ელექტროსადგური კორეაში გაიხსნა 2011 წელს, მისი დადგმული სიმძლავრე 254 მვტ-ია.

მიმოქცევის ჰიდროელექტროსადგურის მუშაობის მთელი ციკლი მუშაობის ექვს რეჟიმს მოიცავს:

1. აუზი სავსეა წყლით და ადგილი აქვს ზღვის მთლიან მიმოქცევას. აგრეგატები მუშაობს ტურბინის რეჟიმით. სადგური გამოიმუშავებს ელექტროენერჯიას მანამ, სანამ დაწნევა არ შემცირდება ტურბინისათვის დაუშვებელ სიდიდემდე;

2. აუზის და ზღვის დონეების გათანაბრება- გათანასწორება. დონეთა გათანაბრება ხდება ტურბინაში წყლის თვითდინებით გავლით და კაშხალის საკეტების გახსნით. დონეების სხვაობის შემცირების შემდეგ აუზიდან წყლის გადაყვანა ზღვაში ხდება გადატუმბვით იმავე აგრეგატების საშუალებით. ამ შემთხვევაში ტურბინა მუშაობს როგორც დერძული ტუმბო, ხოლო გენერატორი როგორც ელექტროძრავა და აუზი სწრაფად იცლება;

3. აუზი დაცლილია და იწყება ზღვის მოქცევა, მაგრამ დაწნევა მცირეა და ტურბინის მუშაობა არ არის ხელსაყრელი. ამიტომ აგრეგატები გაჩერებულია მანამ, სანამ დაწნევა ტურბინისათვის დასაშვები მინიმალური სიდიდის ტოლი არ გახდება (უქმი რეჟიმი);

4. ზღვის მოქცევა ქმნის ტურბინისათვის საჭირო დაწნევას, აგრეგატები იწყებენ ტურბინის რეჟიმში მუშაობას, მაგრამ მათი ბრუნვა პირველი რეჟიმის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულების იქნება. იგი გრძელდება მანამ, სანამ აუზსა და ზღვის დონეებს შორის სხვაობა ტურბინისათვის დაუშვებელი სიდიდის ტოლი არ გახდება.

5. საჭიროა ზღვისა და აუზის დონეების სწრაფი გათანასწოლება. ეს ხდება წყლის თვითდინების ხარჯზე კაშხლის საკეტების გახსნით და ტურბინაში წყლის გავლით. როდესაც დონეების სხვაობა შემცირდება, აუზის ავსება ხდება ზღვის წყლის გადატუმბვით, იმავე აგრეგატების საშუალებით, მაგრამ მათი ბრუნვის მიმართულება იქნება მეორე რეჟიმის ბრუნვის, მიმართულების საწინააღმდეგო.

6. აუზი გავსებულია და იწყება ზღვის მიქცევა, მაგრამ საწყის პერიოდში დაწნევა მცირეა და ტურბინის მუშაობა არ არის ხელსაყრელი. ამიტომ აგრეგატები გაჩერებულია მანამ, სანამ დაწნევა ზღვის მიქცევის გამო ტურბინისათვის დასაშვების ტოლი არ გახდება. შემდეგ იწყება სადგურის მუშაობის ციკლის განმეორება.

დღეისათვის, აგრეთვე დამუშავებულია ზღვის ტალღის იმ ენერჯის გამოყენების პროექტი, რომელიც ნაპირზე მისი შეჯახების დროს წარმოიშობა (ზვირთცემა). ის ითვალისწინებს ზღვის ნაპირზე დახრილად განლაგებული კონტრუქციების მოწყობას, რომელზედაც შეგორებული ტალღა, გადაიღვრება ზემოთ მდებარე ავზში. ავზიდან წყალი შედის ჰიდრავლიკურ დანადგარში.

ოკეანის ტალღები ხან უტევენ ნაპირს, ხან ტოვებენ (უკუიქცევიან) მას. ამით ოკეანის დონე იცვლება. კანადის ნაპირზე მიქცევის ტალღების უდიდესი სიმაღლე 19 მ შეუმჩნევიათ. რუსეთში- ოხოტის, ბერინგის ზღვებზე მოქცევის ტალღების სიმაღლე 10-13 მ- ს აღწევს. ბუნება თავად ქმნის დაწნევის წარმოქმნის პირობას, რომლის ქვეშ შეიძლება გამოყენებული იყოს ზღვის ან ოკეანის წყალი. აუზის და ზღვის დონეებს შორის სხვაობა- დაწნევის წამოქმნის წინაპირობაა. ვინაიდან მოქცევის ტალღების სიდიდეები პერიოდულად იცვლებიან, ამიტომ ამასთან შესაბამისობაში იცვლება სადგურის დაწნევა და სიმძლავრე.

დღეისათვის მსოფლიოში მოქცევითი ენერჯიების გამოყენება მცირე მასშტაბებით მიმდინარეობს. მოქცევის ენერჯის ათვისება არც ისე ადვილია. ოკეანე კინეტიკური ენერჯის უსაზღვრო რეზერვუარია, მაგრამ ამ ენერჯის ათვისების პროცესში საკმაოდ

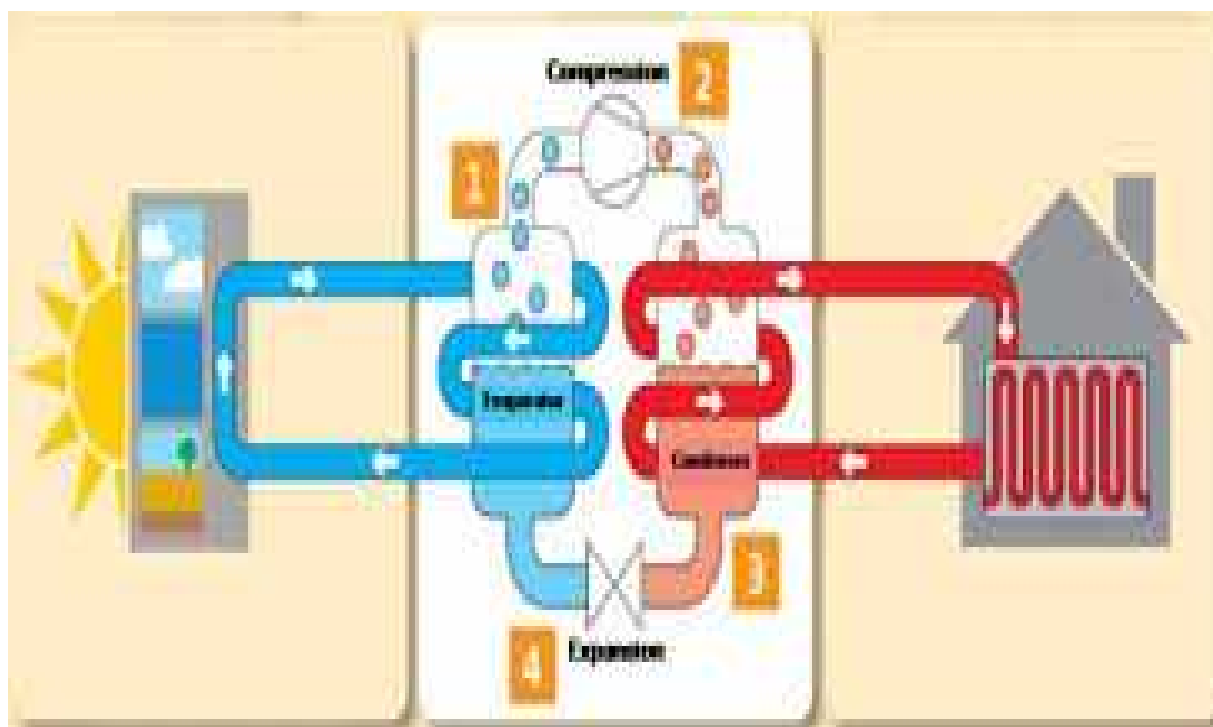
ბევრი პრობლემა იკვეთება, რომელიც ოკეანის თავისებურებებით არის გამოწვეული. საკმაოდ დიდ პრობლემას წარმოადგენს ოკეანის მარილიანი წყალი, რომელიც წყალში განთავსებულ ელექტროსადგურის დეტალებს ჟანგის და ადვილად გაფუჭების საშიშროებას უქმნის. აქვე აქტუალურია ოკეანის ბინადრების საკითხი, რომლებიც წყალში მოთავსებულ უცხო სხეულს ვერ ეგუებიან და ხშირ შემთხვევაში ელექტროსადგურის მუშაობის პროცესს აფერხებენ. ელექტროსადგურის მდგრადობის კუთხით საკმაოდ მნიშვნელოვანია ოკეანის ეპიცენტრში არსებული შტორმები და ძლიერი ტალღები, რომლებიც საფრთხეს უქმნიან ელექტროსადგურის და ელექტროენერჯის გადამცემი ქსელების მდგრადობას. ელექტროსადგურის განთავსების პროცესში ძალიან მნიშვნელოვანია ლოჯისტიკის საკითხი. დაგეგმვის დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ლოკაციას, ადგილი უნდა შეირჩეს ისე, რომ არ იყოს იმდენად ძლიერი მოქცევა, რომელიც საფრთხეს შეუქმნის სადგურის გამართულად მუშაობას. ლოკაციის შერჩევის პროცესში ასევე ძალიან მნიშვნელოვანია წყალქვეშა გადამცემი ხაზების განთავსების ადგილების სწორად შერჩევა ისე, რომ სათევზაო და წყალქვეშა წვრთნების ადგილებს აცდენილი იყოს. ზემოთ ჩამოთვლილი საკითხები საკმაოდ მნიშვნელოვანია ოკეანის ენერჯის ათვისების პროცესში.

ელექტრული ენერჯის მისაღებად შეიძლება გამოყენებული იქნას ოკეანის ტემპერატურული გრადიენტის ენერჯია. ის, მზის სხივადი ენერჯის არაპირდაპირი მეთოდით გარდაქმნის ენერჯიას წარმოადგენს. წყლის მიერ მზის სხივადი ენერჯის შთანთქმა ძირითადად ხდება ზედა შრის მიერ, რომლის ტემპერატურა წყლის ქვედა შრის ტემპერატურაზე მეტია. შედარებით მცირე სიღრმეზე წყლის ტემპერატურა ეცემა 4°C - მდე. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია ტემპერატურული გრადიენტის გამოყენება შეკრულ თერმოდინამიკურ ციკლში ელექტროენერჯის მისაღებად. მუშა სხეულად შეიძლება გამოყენებული იქნას სითხე, რომელსაც დუდილის დაბალი ტემპერატურა აქვს, მაგალითად ამიაკი, პროპანი, ეთანი და სხვა. წყლის ზედა ფენის (ცხელი) და ქვედა ფენის (ცივი) წყაროების ტემპერატურების სხვაობა წინასწარ განსაზღვრავს მ.ქ.კ.-ის დაბალ დონეს, რაც მუშა სხეულის $10-12^{\circ}\text{C}$ გათბობის შემთხვევაში 3-4%-ს შეადგენს. ელექტრო ენერჯის მისაღებად ოკეანის წყლების ტემპერატურული გრადიენტის გამოყენებით მომუშავე მზის თბური ელექტროსადგურები მეცნიერების

და ინჟინრების ყურადღებას იპყრობს. მუშა სხეული (ამიაკი, პროპანი, ეთანი და სხვა) ოკეანის წყლის ზედა ფენის სითბოს საშუალებით ორთქლგენერატორში ცხელდება და ორთქლის სახეში გადადის. მიღებული ორთქლი ასრულებს მუშაობას ტურბინაში, ტურბინა აბრუნებს გენერატორს და მიიღება ელექტრული დენი. ტურბინის შემდეგ ნამუშევარი ორთქლი კონდენსირდება კონდესატორში, რომელიც ოკეანის წყლის ქვედა ფენის მიერ ცივდება.

4.3. თბური ტუმბოს გამოყენების შესაძლებლობები

თბური ტუმბო არის დანადგარი, რომლის დანიშნულებაცაა დაბალი პოტენციალის თბური ენერჯის წყაროდან სითბოს უფრო მაღალი პოტენციალის მქონე მომხმარებელზე გადაცემა. თბური ტუმბო სამაცივრო მანქანის ანალოგიურია, მაგრამ თუ სამაცივრო მანქანის ძირითადი დანიშნულებაცაა სიცივის წარმოება ამორთქლებლის მიერ რაღაც მოცულობაში სითბოს ართმევით, კონდესატორით კი- მისი გარემოში გადაგდებით, თბურ ტუმბოში გვაქვს შებრუნებული პროცესი. მაცივრის მუშაობის პრინციპი არის შემდეგი: მაცივარში ხვდება თბილი პროდუქტი, ენერჯიაგადამტანი, რომელიც ცირკულირებს მაცივრის უკან მდებარე რადიატორში სითბოს ართმევს პროდუქტს, და იგივე რადიატორით გადმოცემს ოთახში, ანუ მარტივად რომ ვთქვათ თუ მაცივარში ბევრ თბილ პროდუქტს შევაწყობთ მაცივარი გააგრძელებს ამ სითბოს ართმევას, პროდუქტი გაცივდება, ოთახი კი გათბება ამ პროდუქტზე ართმეული სითბოს ხარჯზე. თუ მაცივარს შიგნიდან გარეთ გამოაქვს სითბო, თბური ტუმბო აკეთებს იმას რომ გარედან (გარემოდან) შიგნით (ოთახში) შემოაქვს სითბო [21; 55; 74].



ნახაზი 4.3 თბური ტუმბოს პრინციპული სქემა.

ნახ. 4.3- ზე ნაჩვენებია თბური ტუმბოს პრინციპული სქემა. მარცხენა კონტური არის პირველადი კოლექტორი, რომელიც სითბოს ართმევს გარემოს, ამ კოლექტორში მოძრაობს როგორც გავრცელებულია, მარილხსნარი, აქ ცირკულაცია ხდება საცირკულაციო ტუმბოს მეშვეობით, აართმევს სითბოს გარემოს და გადასცემს ამართქლებელს (1), თბური ტუმბოს კონტურში ცირკულირებს ენერგიაგადამტანი, ფრეონი, ამართქლებელში მიღებული სითბოდან თხევადი ფრეონი გადადის აირად მდგომარეობაში, ეს აირი კომპრესორის (2) მეშვეობით იჭიხნება კონდესატორისკენ (3), დაჭიხნისას გაზს ემატება სითბო, კონდესატორიდან სითბო გადაეცემა გათბობის (მარჯვენა) კონტურს და ვლებულობთ სითბოს. ეს დაჭიხნული აირის მდგომარეობაში მყოფი ფრეონი კონდესატორის გავლის შემდეგ ცივდება და ისევ სითბედ გარდაიქმნება, საფართოებელი სარქველის (4) მეშვეობით უვარდება დარჩენილი წნევა და აგრძელებს მოძრაობას ამართქლებელამდე (1), შემდეგ ისევ თავიდან იწყება პროცესი [35].

მიღებული თბური ენერგია შესაძლებელია გადაეცეს წყალს და გამოვიყენოთ წყლის გათბობისათვის, ცხელი წყლის მიღებისათვის, ასევე შესაძლებელია გადაეცეს ჰაერს და გამოყენებული იქნას გათბობისათვის და გაგრილებისათვის. ენერგიის

მიმღები და ენერჯის გადამცემი კონტურების გათვალისწინებით თბური ტუმბოები იყოფა ექვს სახედ:

1. გრუნტიდან- წყალზე (გრუნტი- წყალი);
2. გრუნტიდან- ჰაერზე (გრუნტი- ჰაერი);
3. წყლიდან- წყალზე (წყალი- წყალი);
4. წყლიდან- ჰაერზე (წყალი- ჰაერი);
5. ჰაერიდან- წყალზე (ჰაერი- წყალი);
6. ჰაერიდან- ჰაერზე (ჰაერი- ჰაერი).

თითოეულ სახეობას გააჩნია საკუთარი მონტაჟის და ექსპლუატაციის მახასიათებლები. ქვევით ცალ- ცალკე განვიხილავ თითოეულ მათგანს.

1. გრუნტი- წყალი. დედამიწის გრუნტს გააჩნია დაბალტემპერატურიანი თბური ენერჯის კოლოსალური მარაგი. საქართველოში გრუნტს 160- 180 მმ- ის სიღრმეზე აქვს სულ 0° C-ზე მეტი ტემპერატურა, დაახლოებით 7- 8° C. ე.ი. იმისთვის რომ მივიღოთ სითბო დედამიწის გრუნტიდან მინიმუმ 170 მმ- ის ქვეშ უნდა მოვათავსოთ თბომცვლელის კონტური. ასეთ შემთხვევაში თბოგადამტანი, რომელიც ამ კონტურში ცირკულირებს თბება გრუნტის სითბოს მეშვეობით, შემდეგ ეს სითბო თბური ტუმბოს მეშვეობით გადაეცემა თბომომხმარებელს.

თბოგადამტანად ამ ტიპის ტუმბოში უმეტეს შემთხვევაში გამოიყენება ე.წ. „მარილხსნარი“, რომელიც მზადდება წყლის და ეთილენგლიკოლის ან პროპილენგლიკოლის ნაზავიდან. ზოგ შემთხვევაში ასევე იყენებენ ფრეონსაც. ფრეონის გამოყენება მართალია ზრდის სისტემის ეფექტურობას, მაგრამ მოითხოვს გაცილებით მეტ დანახარჯებს.

გრუნტში მოთავსებული თბომცვლელის კონტური არის ორი სახის, ჰორიზონტალური და ვერტიკალური. ჰორიზონტალური კოლექტორის მილები არის მოთავსებული მიწაში, გრუნტის და თბომცვლელის თბოცვლის ფართობი რომ გაზარდონ, მილებს ახვევენ სპირალურად, ზიგზაგისებურად და ა.შ. 1 მეტრი მილი გრუნტიდან 1 მეტრის სიღრმეზე, ერთმანეთთან მეზობლად მდებარე მილების 1 მეტრის დაცილებით დაახლოებით 20- 30 ვტ ენერჯიას გვაძლევს. მაგალითად იმისთვის რომ მივიღოთ 10 კვტ. სიმძლავრის თბური ტუმბო, 350- 450 მეტრი მილი უნდა ჩაიხვეს,

დაჭირდება დაახლოებით 400 მეტრი კვადრატული მიწა. ვერტიკალური კოლექტორი არის მიღების სისტემა, რომლებიც თავსდება მიწაში ვერტიკალურად. იბურდება მიწა რამოდენიმე ადგილას რომ სასურველი სითბოს მიღება განხორციელდეს. 1 მეტრი სიღრმიდან შესაძლებელია 50- 60 ვტ ენერჯის მიღება, მაგალითად იმისათვის რომ მივიღოთ 10 კვტ სიმძლავრის ენერჯია თბური ტუმბოდან მიწა უნდა გაიბურდოს 170 მეტრ სიმაღლეზე, შესაძლებელია გაკეთდეს ორი 85 მეტრიანი ჭა, ან ათი 17 მეტრიანი ჭა, მთავარია ჯამში სასურველი სიღრმე მივიღოთ [21; 55; 74].

2. გრუნტი- ჰაერი. გრუნტი- ჰაერის სახის თბური ტუმბოს გრუნტიდან სითბოს მიმღები კონტური მსგავსია გრუნტი- წყლის ტუმბოსი, განსხვავდება მხოლოდ თბური ტუმბოდან ენერჯის მიღებით, ცხელდება ან (გრილდება) ჰაერი და შემდეგ ფანკოილი, ვენტილატორი უბერავს ჰაერს შენობაში და ათბობს ფართს.

3. წყალი- წყალი. წყალი- წყალი ტიპის თბური ტუმბოები სითბოს იღებს გრუნტის წყლებიდან, მდინარეებიდან, ტბებიდან, ზღვებიდან და ამ სითბოს გადასცემს თბური ტუმბოს ამორთქლებელს, შემდეგ თბური ტუმბო და სითბოს გადამცემი კონტური მოქმედებს ზევით განხილული გრუნტი- გრუნტი ტიპის ტუმბოს მოქმედების სახით. ნიადაგქვეშა წყლების და მდინარის წყლის გამოყენების შემთხვევაში მიმღები კონტური არის ღია, ხოლო ტბების, ზღვის და ოკეანის წყლის გამოყენებისას მიმღები კონტური შეიძლება იყოს ღიაც და დახურულიც. ღია კონტურის შემთხვევაში წყალი ამოიქაჩება, გაივლის თბური ტუმბოს ამორთქლებელთან, გადაცემს სითბოს და გაგრილებული სხვაგან გადაისროლება, ხოლო დახურული კონტურის შემთხვევაში კოლექტორები კეთდება ძირითადად მდგარი წყლების ფსკერზე. გრუნტის წყლების საშუალო ტემპერატურა საშუალოდ არის 4- 10 გრადუსი ცელსიუსით, მდგარი წყლების 25-50 მეტრის ქვეშ არის 5- 8 გრადუსი ცელსიუსით. ერთი მეტრი მილი გვამღევს დაახლოებით 30 ვტ. ენერჯიას, ანუ 10 კვტ სიმძლავრის თბური ტუმბოს მისაღებად საჭიროა 350 მეტრი მილის ჩახვევა წყალქვეშ, მილები რომ არ ატივტივდეს უნდა დავიჭიროთ სიმძიმით, ერთ მეტრ მილს უნდა დავადოთ 5 კილოგრამი სიმძიმე.

4. წყალი- ჰაერის თბური ტუმბოს მოქმედების პრინციპი ანალოგიურია წყალი- წყალი ტუმბოს მოქმედების პრინციპის, მიმღები კონტურები არის ერთნაირი,

განსხვავებაა ის რომ, კომპრესორის მიერ გაცხელებული ფრეონი აცხელებს ჰაერს (ან აგრილებს) და შემდეგ ფანკოილის მეშვეობით ხდება ამ სითბოს ოთახებში დაბერვა.

5. ჰაერი- წყალი თბური ტუმბოს შემთხვევაში ფრეონი თბება ჰაერის ენერგიით, მძლავრი ვენტილატორის საშუალებით ჰაერი მოძრაობს ჰაერსატარში, შედის, ეხება ფრეონს, ფრეონი თბება და გადადის გაზის მდგომარეობაში, შემდეგ გამცემი კონტური მსგავსია წყალი- წყალი და გრუნტი- წყალი ჰაერის კონტურის. შეიძლება გამოვიყენოთ შენობაში არსებული ვენტილაციის ჰაერიც და შენობის გარეთ მდებარე ჰაერიც. $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ შემთხვევაშიც კი ჰაერს გააჩნია თბური ენერგია და თბური ტუმბო იძლევა ამ ენერგიის გამოყენების საშუალებას. ჰაერ- წყალი და ჰაერი- ჰაერი ტიპის ტუმბოების მარგი ქმედების კოეფიციენტი ნაკლებია ზემოთ ხსენებული ოთხივე ტუმბოსთან შედარებით.

6. ჰაერი- ჰაერი ტუმბოს შემთხვევაში მიმღები კონტური მსგავსია ჰაერი- წყლის მიმღები კონტურის. ჰაერით გამთბარი ფრეონი სითბოს გადასცემს შენობის ჰაერს.

არსებობს თბური ტუმბოს მუშაობის სამი რეჟიმი: 1. მონოვალენტური, როდესაც თბური ტუმბო მთლიანად აკმაყოფილებს გათბობის მთელ სისტემას. 2. მონოენერგეტიკული, როდესაც გათბობის სისტემის გათბობის ერთადერთი წყარო არის ერთი სახის ენერგია, მაგალითად ელექტროენერგია, როდესაც თბური ტუმბო ვეღარ აკმაყოფილებს გათბობის სისტემის მოთხოვნებს ირთვება მეორე გენერატორი რომელიც მუშაობს ელექტროენერგიაზე. 3. ბივალენტური რეჟიმის დროს თბური ტუმბო მუშაობს ჰაერის გარკვეულ ტემპერატურამდე, ჰაერის ტემპერატურა თუ ჩამოცდება გარკვეულ ნიშნულს ირთვება მეორე გენერატორი, ვთქვათ ბუნებრივ აირზე მომუშავე. ბივალენტური და მონოენერგეტიკული რეჟიმები ერთმანეთის ანალოგიურია.

თბური ტუმბო მუშაობის პროცესში მოიხმარს ელექტროენერგიას, ამ სიმძლავრის და თბური ტუმბოს სიმძლავრის სიდიდეთა ფარდობას ეწოდება თბური ტუმბოს სიმძლავრის კოეფიციენტი (იხ.ფორმ.1).

$$E = T / P (1)$$

სადაც, E სიმძლავრის კოეფიციენტია, T მიღებული სითბო (კვტ) და P მოხმარებული ელექტროენერგია. რაც უფრო მაღალია თბური წყაროს ტემპერატურა და დაბალია თბური ენერგიის მოხმარებლის ტემპერატურა მით უფრო მაღალია კოეფიციენტი. კოეფიციენტი მერყეობს 2,5- 5- ის ფარგლებში.

თბური ტუმბოს შერჩევას უნდა დადგინდეს მისი მუშაობის რეჟიმები და თბური დატვირთვები. გამოვთვალოთ იმერეთის რეგიონში მდებარე ე.წ. „ფინური გადახურვის“ მქონე მინის სათბურის საჭირო თბური დატვირთვა, რომლის პარამეტრებია :

-) სიმაღლე სახურავამდე $H=2$ მ.
-) საერთო სიმაღლე $R=5$ მ.
-) სახურავის დახრილი ფერდის სიგანე $S=5$ მ.
-) სიგმე $L=50$ მ.
-) სიგანე $W=8$ მ.

1. გამოვთვალოთ სათბურის მინის შიდა ზედაპირის ფართობი: კედლების და სახურავის დახრილი ფერდების ფართობი არის $2(H+S)*L= 2*(2+5)*50= 700$ მ² (2)

სათბურის წინა და უკანა მხარის ფართობი არის $(R+H)*W= (5+2)*8= 56$ მ² (3)

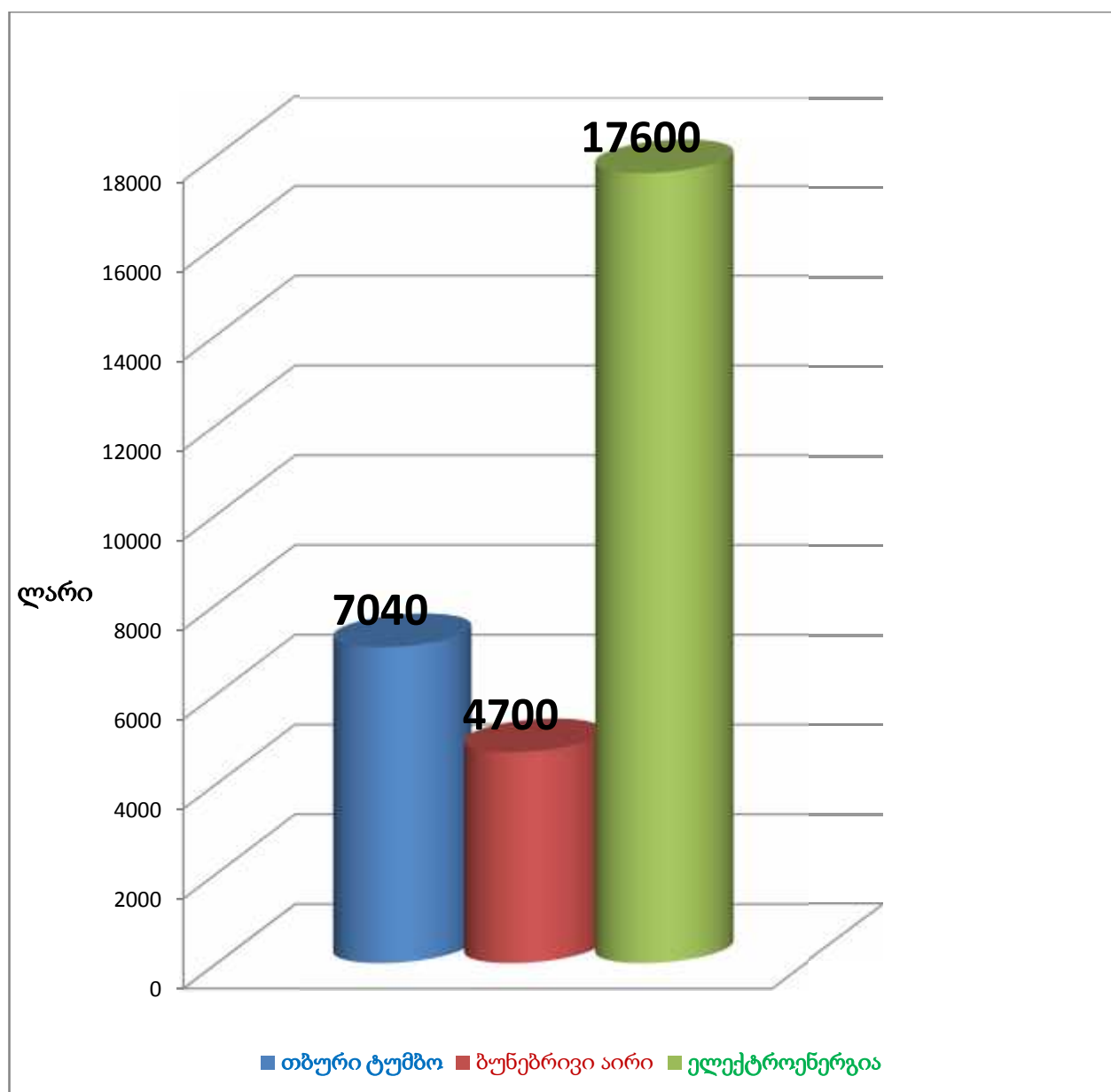
სათბურის მინის სრული ზედაპირის ფართობი გვექნება $(700+56) 756$ მ² (4)

2. თუ სათბურში, ზამთრის განმავლობაში გვჭირდება 18 °C მუდმივი ტემპერატურა, ხოლო იმერეთის რეგიონში ზამთრის საშუალო ტემპერატურა NASA RETScreen Interbational- ის მონაცემებით $2- 7$ °C- ია, ე.ი. ტემპერატურათა სხვაობა გვექნება მაქსიმუმ 16 °C- ის ტოლი.

3. სათბურის გასათბობად საჭირო იქნება $(756*16*10,76) 130153$ BTU, რომელიც $(130153/3413) 38$ კვტ. სთ. ენერჯის ექვივალენტურია.

ზამთარში სამი თვით სათბურში სასურველი ტემპერატურის შესანარჩუნებლად დაგვჭირდებოდა $(38*24*30*3) 82080$ კვტ. სთ. სიმძლავრე, რომლის ღირებულება იქნება $(82080*21,45) 17600$ ლარი. მაგალითისთვის თუ იგივე სიმძლავრის მისაღებად გამოვიყენებთ თბურ ტუმბოს, რომლის მ.ქ.კ. (COP) 2 °C გარე ტემპერატურის და ტემპერატურათა 16 °C- ის სხვაობის დროს $2,5$ - ია, ელექტროენერჯის ხარჯი გვექნება $(17606/2,5) 7040$ ლარი.

ზამთრის განმავლობაში თბური ტუმბოს გამოყენებით გვექნება $10 000$ ლარზე მეტი დაზოგილი თანხა სათბურის გათბობისთვის. ბუნებრივი აირით, რომ ვცადოთ იგივე ფართის გათბობა დავხარჯავდით $(82080/9,45*0,54) 4700$ ლარამდე, 2300 ლარით ნაკლები ვიდრე თბური ტუმბოს დახმარებით (იხ. ნახ.4.4), მაგრამ ბუნებრივი აირის დაწვის შედეგად გამოიყოფოდა $(82080/9,45*1,9) 17$ ტონამდე სათბური აირები გარემოში.



ნახაზი 4.4 ზამთრის სამი თვის განმავლობაში სათბურის გასათბობად გადასახდელი საფასური.

თბური ტუმბოს გამოყენების სამომავლო პერსპექტივები დიდ იმედებს იძლევა. საქართველოს ზომიერი კლიმატის, აქ არსებული გრუნტის წყლების დიდი მარაგის, უამრავი მიწისზედა წყლების გათვალისწინებით შეგვიძლია თამამად განვაცხადოთ რომ თუ მიზანმიმართული და გონივრული სამუშაოები განხორციელდება ამ მიმართულებით, შესაძლებელი იქნება იაფი, სუფთა და ადვილად ხელმისაწვდომი ენერჯიის დიდი მოცულობის მიღება თბური ტუმბოებიდან [35].

4.4. წყალბადი- მომავლის ენერგეტიკული რესურსი

მზეზე რეაქცია მიმდინარეობს მილიონობით წელიწადია, სტაბილურად და მოაქვს სითბო და სიცოცხლე. მსოფლიოში უკვე არის გამოგონებული წყალბადის ბომბი, რომლის უზარმაზარი და საშიში ენერგია რამოდენიმე წამში გამოიყოფა და დამანგრეველია. ჩვენ გვჭირდება წყალბადის ენერჯის, იმ დროს და იმ რაოდენობით გამოყენება რამდენის საჭიროებაც გვექნება, როცა ამას შევძლებთ გვექნება ეკოლოგიურად „სუფთა“ ენერგია და გადაგვარჩენს როდესაც გამოილევა ტრადიციული ენერგორესურსები [22; 56; 61].

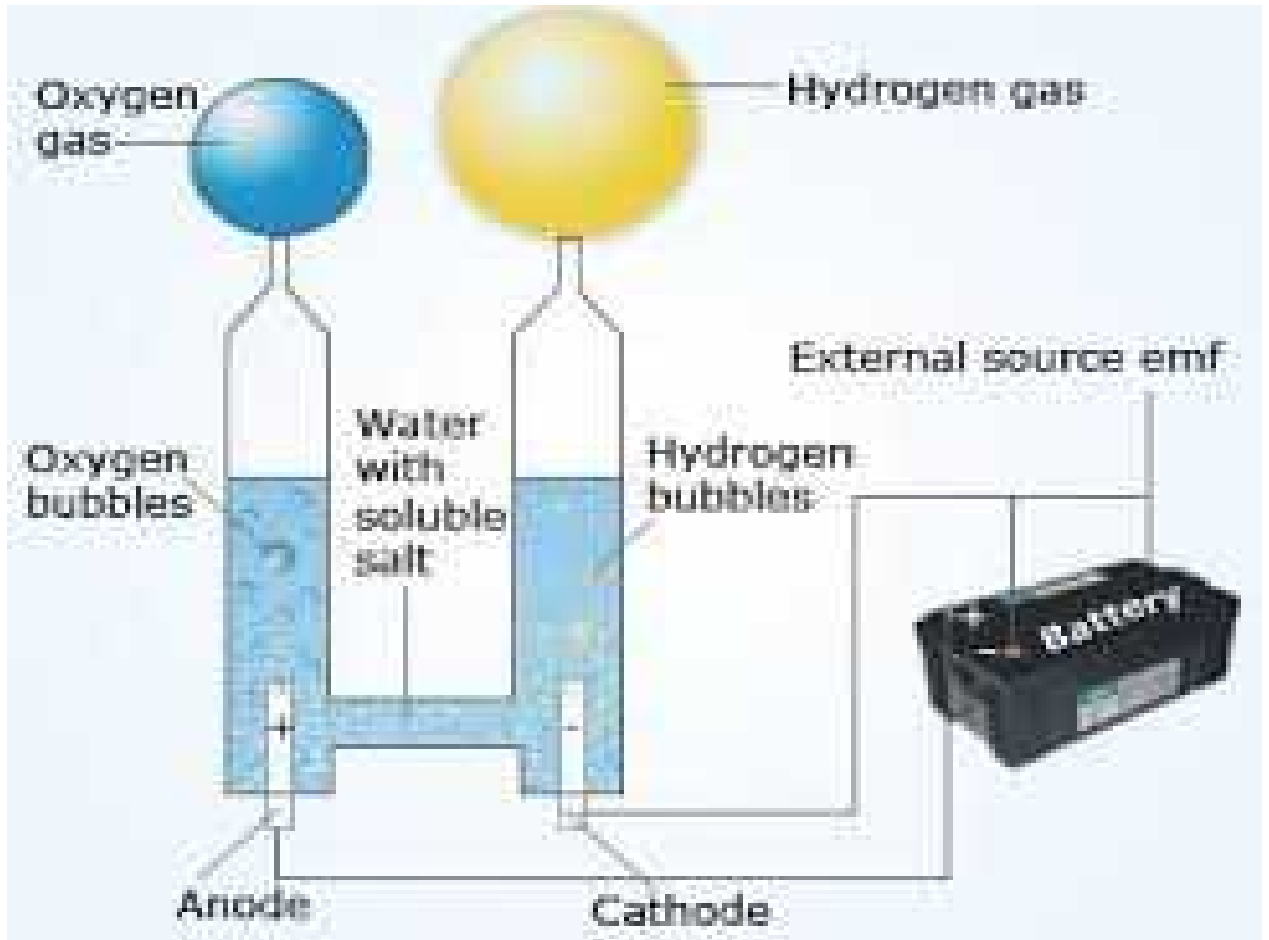
თავისუფალ მდგომარეობაში და ნორმალურ პირობებში წყალბადი არის უფერო აირი, ფერის და სუნის გარეშე. თუ შევადარებთ ჰაერის სიმკვრივეს წყალბადის სიმკვრივესთან ფარდობა გვექნება $\frac{1}{4}$. წყალბადი ჩვეულებრივ ბუნებაში არსებობს სხვა ელემენტებთან კომბინაციაში, მაგალითად ჟანგბადთან- წყალში, ნახშირბადთან- მეთანში. იმის გამო რომ წყალბადი ქიმიურად ძალიან აქტიურია, ის იშვიათად არსებობს როგორც თავისუფალი ელემენტი.

თხევად მდგომარეობაში გაცივებული წყალბადის მოცულობა მის აირად მოცულობასთან შედარებით არის შეფარდებით $\frac{1}{700}$. ჟანგბადთან დაკავშირებული წყალბადის ერთეული მასა სხვა ნივთიერებებთან შედარებით ყველაზე მეტი ენერჯის მქონეა, 120 გჯ/ტ. ამის გამოა რომ თხევადი წყალბადი გამოიყენება კოსმოსური ხომალდის საწვავად, რადგან წყალბადის მცირე მოლეკულური მასა გვამლევს დიდ ენერჯიას.

სუფთა წყალბადის წვის დროს მიიღება მაღალი ტემპერატურის მქონე სითბო და წყალი. თუ წყალბადს გამოვიყენებთ ენერჯის წყაროდ არ გამოიყოფა სათბური აირები და ბუნებაში წყლის ბრუნვის ციკლიც არ დაირღვევა.

მსოფლიო ოკეანის შემადგენლობაშია $1,2 \cdot 10^{17}$ ტ. წყალბადი, წყალბადის მასა დედამიწის მასის 1%- ია. მნიშვნელოვანი ფაქტია ის რომ წყალბადის დაწვით მიიღება ისევ წყალი და არ ირღვევა დედამიწის ციკლი. წყალბადის სითბოტევადობა (28630 კლ/კგ) $2,8$ - ჯერ მეტია ვიდრე ბენზინის.

წყალბადის ენერგეტიკაში არსებობს ორი ციკლი: 1. წყალბადის მიღება-წყალბადის მოხმარება 2. წყალბადის მიღება- წყალბადის აკუმულაცია- წყალბადის მოხმარება. წყალბადის მიღების ყველაზე მარტივი მეთოდია წყლის ელექტროლიზი, ეს მეთოდი გულისხმობს რომ წყალი იშლება მუდმივი ელექტროდენით და გამოიყოფა ცალკე წყალბადის აირი და ცალკე ჟანგბადის აირი (იხ.სურ.4.5).



სურათი 4.5 წყლის ელექტროლიზი [22; 56]

ყველაზე რთულია წყალბადის აკუმულაცია, რომლის ტექნოლოგიის დახვეწაზე მსოფლიოში გამალებული მუშაობა მიმდინარეობს, არსებობს რამოდენიმე გზა. პირველ რიგში, ისევე როგორც ათავსებენ პროპანს, ბუტანს, ან სხვა საწვავ აირს, წყალბადიც შეიძლება მაღალი წნევის ქვეშ დაიტენოს ლითონის კასრებში. წყალბადის შენახვა ლითონის კონტეინერებში მაღალი წნევის ქვეშ ყველაზე ადვილია, მაგრამ ამასთან, ყველაზე სახიფათო, რადგან წყალბადის მოლეკულები იოლად აღწევს უმცირესი,

მიკროსკოპული ზომის ლითონის კედლის ნაპრალებში, იქ გროვდება, ტემპერეტურის აწევასა შეიძლება გამოიწვიოს ლითონის მიმდებარე უბნის გარღვევა, კედლიდან გაჟონვა და ზოგჯერ აფეთქებაც. წყალბადის შენახვის მეორე გზაა მისი გათხევადება დაბალი ტემპერატურისა და მაღალი წნევის პირობებში და შენახვა ლითონის ჭურჭელში. საჭიროების შემთხვევაში, მისი გარკვეული რაოდენობა ტემპერატურის აწევით და წნევის შემცირებით შეგვიძლია კვლავ გადავიყვანოთ აირში და გამოვიყენოთ. დაბალტემპერატურიანი შენახვა უფრო უსაფრთხოა, რადგან გათხევადებულ მდგომარეობაში წყალბადის O მოლეკულებს შორის არსებული შეჭიდულობის ძალა ხელს უშლის ცალკეული ნაწილაკების შეღწევას ლითონის კედლებში, მაგრამ აქ პრობლემა ჩნდება იმ ენერგოდანახარჯებთან დაკავშირებით, რომელიც საჭიროა ჭურჭლის ხანგრძლივად დაბალ ტემპერატურაზე შესანახად. ყველაზე უფრო საინტერესო და უსაფრთხო წესია წყალბადის შენახვა და ტრანსპორტირება მისი სხვადასხვა ნივთიერების კრისტალურ მესერში შეყვანის გზით. წყალბადის ატომები, თავისი მცირე ზომის გამო, სხვა ატომებთან შედარებით ბევრად უფრო ადვილად ახერხებს ლითონის მასალებში შეღწევას და იქ ჩამაგრებას. ლითონის ნაჭერი ისევ იჟღინთება წყალბადით, როგორც საბანაო ღრუბელი- წყლით. მართალია, ამ დროს ჩამჭერი ლითონის ფიზიკური თვისებები იცვლება (მაგალითად, სარკისებრი ამრეკლავი ლითონური მდგომარეობიდან ის შეიძლება გადავიდეს იზოლატორის ან ნახევარგამტარის მდგომარეობაში და გახდეს გამჭირვალე), მაგრამ მთავარი ის არის, რომ ლითონის მიერ შესრუტული წყალბადი აქ ყველაზე უფრო უსაფრთხო მდგომარეობაშია და შესაძლებელია ის გამოვიყენოთ მოძრავ დანადგარებზე (მაგალითად, ავტომანქანის შიდა წვის ძრავის საწვავად), ასევე უძრავ დანადგარებზე (ჭარბი მარაგის შესანახად). წყალბადის ატომების გამოთავისუფლება და ლითონის „გალიდან“ გამოსვლა ხერხდება ისევ და ისევ ტემპერატურის ცვლილებით. დაბალ ტემპერატურაზე შესაძლებელია წყალბადის ჩაჭერა, ხოლო შემდგომში გათბობისას- თანდათანობით გამოშვება. ამ მეთოდსაც თან სდევს ერთი არსებული სირთულე- ეს არის ამჟამად გამოყენებული ჩამჭერი ლითონური მასალების დიდი წონა, რაც იწვევს მთელი მოძრავი კონსტრუქციის საგრძნობ დამძიმებას. ჩამჭერ კონტეინერებში შენახული საწვავის წონა არ აღემატება კონტეინერის წონის ერთ პროცენტს, როცა ყველა

გამოთვლით სასურველი ოპტიმალური რეჟიმი მიიღწევა, როცა ეს თანაფარდობა 7%-დან 10%-მდე გაიზრდება. ამიტომ აუცილებელია, რომ ჩამჭერი კონტეინერის მასალა რაც შეიძლება მსუბუქი იყოს, რათა ამგვარი ენერგობალონების მობილურობა და ეფექტიანობა ეკონომიკურადაც გამართლებული გახდეს. ამჟამად ფართოდ გავრცელებულია ტექნოლოგია, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მსუბუქი ლითონების წყალბადთან ბმული კომპლექტები შევქმნათ კატალიზატორის მეშვეობით, ხოლო შემდეგ, ისევ ტემპერატურის გაზრდით, გამოვიწვიოთ მათი დაშლა და თავისუფალი წყალბადის გამოყოფა. განსაკუთრებით საინტერესოა ამ მხრივ უახლესი გამოკვლევები, რომლებშიც წყალბადის შესანახად გამოიყენება ლითონის მინარევების მქონე მაკრომოლეკულების მიკროფოროვანი სტრუქტურები. ინტესიური გამოკვლევების სტადიაშია აგრეთვე წყალბადის შემნახველ, პერსპექტიულ მასალად ნახშირბადის ნანომილაკებისა და სხვა ნანოსტრუქტურების გამოყენება. შემდეგ მიღებული და აკუმულირებული წყალბადის გამოყენება ყველასთვის ადვილია [22; 56; 61].

წყალბადის ენერგეტიკის უპირატესობა არსებულთან შედარებით კოლოსალურია. ტექნოლოგიურად ძალიან ხელსაყრელია, წყალბადი უვნებელი გაზია და პრაქტიკულად გარემოს არ აზინძურებს. ამასთან სატრანსპორტო საშუალებები რომლებიც წყალბადზე მუშაობს უხმაუროა. აღნიშნულ უპირატესობათა გამო, უკვე 90-იანი წლებიდან საერთაშორისო სანავთობო და საავტომობილო კომპანიები წყალბადს განიხილავენ როგორც „მეორე ნავთობს“. უკვე 1992 წელს კანადის ქალაქ ვანკუვერში გამოჩნდა პირველი ავტობუსი, რომელიც წყალბადზე მუშაობდა. ავტობუსის ძრავის სიმძლავრე შეადგენდა 150 კილოვატს, ანუ 15-ჯერ მეტს, ვიდრე ამას წყალბადის ძრავისაგან მოელოდნენ. ამის შემდეგ კომპანიამ თანამშრომლობა განაგრძო „დაიმლერ-ბენცთან“, რომელიც საავტომობილო გიგანტს წარმოადგენს. მათ საექსპერიმენტო პოლიგონად ისლანდია აირჩიეს. წყალბადს იყენებენ კოსმოსური ხომალდების საწვავად, მაგალითად „მატლის“ საწვავად. ბევრი ამერიკული საავტომობილო კომპანია 90-იანი წლებიდან აქტიურად მუშაობს ავტომობილებში წყალბადის ენერჯის გამოყენების დახვეწისაკენ, ესენია: Chevrolet, Dodge, Ford. 1999-დან BMW-ემ გამოიყვანა საჩვენებელი მოდელი BMW 750 hl, 140 ლიტრიანი თხევადი საწვავის ავზით. 200 კმ/სთ მაქსიმალური სიჩქარე, ამ მოდელს შეეძლო 350 კმ-ის გავლა.

რობოტიზირებული სადგური, რომელსაც უნდა შეევესო მანქანის ავზი თხევადი წყალბადით, ააშენეს 1999 წელს მიუნხენში, აეროპორტთან ახლოს. ასევე „ტოიოტა“ უკვე უშვებს ავტომობილებს, რომლის საბაზრო ღირებულებაც 30 ათასი ა.შ.შ. დოლარი. მათი თხევადი წყალბადით შესავსები სადგურები აშენებულია ტოკიოში. მსოფლიო მასშტაბით წყალბადის საწვავის პრაქტიკული გამოყენებისათვის თითქმის ყველა საკვანძო პრობლემა მოგვარებულია, მაგრამ რჩება მთავარი- ეკონომიკური სარგებლიანობა, ჯერჯერობით წყალბადის საწვავი ბენზინთან კონკურენციას ვერ უძლებს ფასის გამო. მარცხის მთავარი მიზეზია წყალბადის კონტეინერების მასალის სიმძირე და სიმძიმე. დღესდღეობით მიმდინარეობს აქტიური კვლევა- ძიება გამოსადეგი მასალების, რომ შევძლოთ წყალბადის კონტეინერი უფრო დაბალღირებულეზადი და გაცილებით მსუბუქი მასალისგან დამზადდეს.

წყალბადის ენერგეტიკის გამოყენების სამომავლო პერსპექტივები დიდ იმედებს იძლევა. თუ მიზანმიმართული და გონივრული სამუშაოები განხორციელდება ამ მიმართულებით, შესაძლებელი იქნება იაფი, სუფთა და ადვილად ხელმისაწვდომი ენერჯის დიდი მოცულობის მიღება. უნდა ვეცადოთ, რომ წყალბადის ენერგეტიკა, რომელიც ახალი ენერგეტიკული ერის დაწყებას მოასწავებს, რეალობად იქცეს ჩვენი ქვეყნისთვისაც, მითუმეტეს საქართველოში გვაქვს წყალბადის აკუმულაციაზე მუშაობის დიდი გამოცდილება [22;65;66].

ენერგეტიკის ალტერნატიული წყაროები ენერგეტიკული უსაფრთხოების უზრუნველყოფაში განსაკუთრებული წვლილით გამოირჩევა, რაც სამომავლოდ მზარდი მოთხოვნილების დაკმაყოფილებისა და იმპორტზე დამოკიდებულების შემცირების მძლავრ საშუალებად განიხილება. გარდა ამისა, მათი რესურსი თითქმის ამოუწურავია და გლობალურ გარემოს ნაკლებ ზიანს აყენებს. მდგრადი განვითარების პრინციპების სათანადოდ გათვალისწინების შემთხვევაში ენერგეტიკის ალტერნატიული წყაროების განვითარება მნიშვნელოვან სოციალურ და ეკონომიკურ სარგებელს ქმნის ახალი სამუშაო ადგილებისა და მშპ- ში ენერგეტიკის სექტორის წილის ზრდით.

საერთო დასკვნები

ჩატარებული ტექნიკურ- ეკონომიკური გამოკვლევა საფუძველს გვაძლევს გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

1. თესვის მზის ელექტროსადგურებით ჩასანაცვლებად გრძელვადიანი ინვესტირება მომგებიანია სახელმწიფოსთვის და გარემოსთვის, რადგან ქვეყანა ასრულებს ნაკისრ ვალდებულებებს, გარემოში სათბური აირების ემისიის შესამცირებლად და ატმოსფერო ნაკლებად ბინძურდება; ხელსაყრელია მომხმარებლისთვის, რადგან ის ნაკლები ფინანსური დანახარჯებით მოიხმარს ელექტროენერგიას და სუნთქვას ნაკლებად დაბინძურებული ჰაერით; მომგებიანია ბიზნესის კუთხით, ბიზნესმენტა ჯგუფი იღებს მეტ მოგებას, ვიდრე თბოელექტროსადგურების გამომუშავებული ელექტროენერგიიდან. ჩვენმა გაანგარიშებამ გვიჩვენა, რომ ყოველი 11 000 ლარამდე გრძელვადიანი ინვესტიციით შესაძლებელია მომხმარებელმა ნახოს 3000 ლარამდე დანაზოგი, გამანაწილებელმა კომპანიამ 1500 ლარამე მოგება და გარემომ- 1,6 ტ.- მდე ნაკლები სათბური აირების ემისია.
2. გამართლებულია საქართველოს რეგიონებში ყურადღება მიექცეს კონკრეტულად ენერჯის იმ არატრადიციული ენერგეტიკის წყაროს განვითარებაზე ზრუნვას, რომლის რესურსი და ხარისხი იქ მეტია.
3. საქართველოში ეფექტიანი იქნება მზის ვაკუმულირებული მილებით აღჭურვილი ჰელიოდანადგარების გამოყენება კომუნალურ- საყოფაცხოვრებო, სამრეწველო, სასოფლო- სამეურნეო და ადმინისტრაციული ობიექტების ცხელი წყალმომარაგებისათვის. ჩატარებულმა ექსპერიმენტმა გვიჩვენა, რომ ოჯახი მზის ვაკუმურმილებიანი წყალგამაცხელებლის შესაძენად გადახდილ 1900 ლარით, კოლექტორის ექსპლუატაციის პერიოდში ეკონომიას უკეთებს 11000 ლარს ოჯახის ბიუჯეტიდან. ასევე გარემოს ვიცავთ 8 ტონამდე სათბური აირების ემისიისგან.
4. ქარის ელექტროსადგური დღეს- დღეობით გაცილებით კონკურენტუნარიანია ჰიდროელექტროსადგურთან მიმართებაში, 1 კვტ. სიმძლავრის დასადგამად

- თითქმის ერთნაირი ოდენობის ინვესტიცია სჭირდებათ ორივეს (ქარი- 1690 ა.შ.შ დოლარი, ჰიდრო- 1616 ა.შ.შ. დოლარი).
5. იმერეთის რეგიონში 400 მ² ფართობის 5 მეტრი სიმაღლის მინის სათბურის ელექტროენერგიით გათბობისთვის, ზამთარში 3 თვის განმავლობაში, თბური ტუმბოების გამოყენება გვაძლევს 10000 ლარზე მეტ დაზოგილ თანხას. 2300 ლარით მეტი, ვიდრე ბუნებრივი აირით გათბობის შემთხვევაში დახარჯული თანხის, მაგრამ გარემოს ვიცავთ წელიწადში 17 ტონამდე სათბური აირების ემისიისგან. საქართველოს ზომიერი კლიმატის, აქ არსებული გრუნტის წყლების დიდი მარაგის, უამრავი მიწისზედა წყლების გათვალისწინებით შეგვიძლია თამამად განვაცხადოთ, რომ თუ მიზანმიმართული და გონივრული სამუშაოები განხორციელდება ამ მიმართულებით, შესაძლებელი იქნება იაფი, ეკოლოგიურად სუფთა ენერჯის დიდი მოცულობის მიღება თბური ტუმბოებიდან.
 6. გაანგარიშებამ გვიჩვენა, რომ ზუგდიდ- ცაიშის ჭაბურღილების გეოთერმული წყლების კოლოსალური თბური ენერჯის გამოყენება პერსპექტივას გვაძლევს 5000- ზე მეტი ქ. ზუგდიდის საცხოვრებელი სახლი ზამთარში უზრუნველყოთ სითბოთი და ცხელი წყლით. წლის თბილ პერიოდში შევძლებთ ცხელი- წყალმომარაგებული გვყავდეს 26000-ზე მეტი ოჯახი. გეოთერმული წყლების თბური ენერჯის გამოყენება საყოფაცხოვრებო სექტორში, მოსახლეობას ერთიანობაში მისცემს 30 მილიონ ლარამდე ეკონომიას წელიწადში. ასევე ატმოსფეროს ყოველწლიურად დავიცავთ 1 მლნ. ტ.- მდე სათბური აირების ემისიისგან.

გამოყენებული ლიტერატურა და წყაროები

1. არველაძე რ., კერესელიძე ნ. XX საუკუნის ენერგეტიკა- მისი შემდგომი პრობლემები და პერსპექტივები. ენერჯია N 4, 2000 წ.- 3- 13 გვ.
2. არველაძე რ. და სხვა. საქართველოს ენერგეტიკის განვითარების კონცეფცია. თბილისი. 1992 წ.- 198 გვ.
3. ბრიტანული კონსორციუმი IPA Energy+ Water Economics და LDK Consultants, ენერგოეფექტურობა და განახლებადი ენერჯია. საბერძნეთი. 2013 წ.- 267გვ.
4. გრძელიშვილი მ. გიორგობიანი ო. „არატრადიციული განახლებადი ენერჯიით გათბობა“ თბილისი, 2012 წ.
5. ერისთავი ე., ჩომახიძე დ., ცინცაძე პ. ენერგეტიკის რეგულირების საფუძვლები. წიგნი I, წიგნი II. თბილისი. 2000- 2001წ.წ.
6. ვეზირიშვილი- ნოზაძე ქ. სათბობ- ენერგეტიკული კომპლექსის განვითარების მიმართულებები. Energy Forum Collection of Papers. 2003 წ-169- 172 გვ.
7. ვეზირიშვილი ქ. საინვესტიციო პროექტების შეფასების მეთოდოლოგია გეოთერმული ენერჯიის გამოყენებისას. მეცნიერება და ტექნოლოგიები. 2004 წ., N10-12.- 81-83 გვ.
8. ვეზირიშვილი ქ. საქართველოს გეოთერმული წყლების პარამეტრების განსაზღვრისათვის. შრომათა კრებული „ბუნება და ენერჯეტიკა“. II რესპუბლიკური კონფერენცია. თბილისი. 1998წ.-31-35 გვ.
9. ვეზირიშვილი ქ. ზუგდიდ- ცაიშის გეოთერმული საბადოს ექსპლუატაციის ოპტიმიზაციის საკითხები. შრომათა კრებული „ბუნება და ენერჯეტიკა“. III რესპუბლიკური კონფერენცია. თბილისი. 1998 წ.-35-39 გვ.
10. ვეზირიშვილი ქ. გეოთერმული წყლების სათბობ- ენერგეტიკულ კომპლექსში ჩართვის ეკონომიკური შეფასების საკითხები საბაზისო პირობებში. ენერჯია, N 4 (28). თბილისი. 2003წ.- 88- 92გვ.
11. ვეზირიშვილი ქ. გეოთერმული წყლების კომპლექსური გამოყენების ეფექტიანობა. მეცნიერება და ტექნოლოგიები N7 -9. თბილისი. 2003წ. -118 გვ.
12. ზედგენიძე ა. ქარის ენერჯეტიკა და მისი განვითარების პერსპექტივები. ენერჯია, N 1. თბილისი. 1997წ.

13. ზედგენიძე ა. და გელოვანი მ. და სხვა. საქართველოს ქარის ატლასი. ქარენერგო. თბილისი, 2004 წ. -286 გვ.
14. ზუბიტაშვილი დ., მელაძე ნ.ვ., მელაძე ნ.ნ განახლებადი ენერჯის სახეობათა გამოყენება და მათი განვითარების პერსპექტივები საქართველოში. ენერჯია, N 3. თბილისი. 1997 წ.
15. ზუბიტაშვილი დ., ენერჯოეფექტურობის საკითხები წარმოებაში. ენერჯია N 3, 2004 წ.- გვ. 3- 10.
16. თავაძე გ., ჩომახიძე დ. ბუნებრივი მონოპოლიები და მათი რეგულირება. თბილისი. 2005წ.
17. კანდელაკი რ., ჯიშკარიანი თ., მიქაშვილი თ., კილურაძე დ. ენერჯოეფექტური ტექნოლოგიების დანერგვის პრაქტიკა და პერსპექტივები საქართველოში. ენერჯია N1 (33). 2005 წ.- 17- 20 გვ.
18. კოდუა ნ. ენერჯოსისტემის განვითარების დაგეგმვის დროს მოთხოვნილი ტექნიკური გადაწყვეტების დასაბუთების მეთოდოლოგია. ენერჯია N3 (7) და N4 (8). 1998წ.
19. კოტორიშვილი ე. „განახლებადი ენერჯო რესურსების გამოყენების ეფექტურობა საქართველოში“. თბილისი.2014 წ.
20. კობხეიძე გ., ლაოშვილი დ., სამარდანიშვილი დ. „განახლებადი ენერჯის წყაროებიანი მუდმივი და ცვლადი დენის პარალელური ენერჯო სისტემის გამოყენების პერსპექტიული მიმართულებები“. თბილისი. 2002 წ.- 87- 90 გვ.
21. კუბლაშვილი გ. თბური ტუმბოს როლი სათბობ- ენერჯეტიკული რესურსების დაზოგვის საქმეში. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მოამბე N1 (5). ქუთაისი. 2015წ.
22. კუბლაშვილი გ. წყალბადი- მომავლის ენერჯეტიკული რესურსი. ენერჯეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები. მესამე საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. ქუთაისი. 2015წ.
23. მელაძე ნ. მზის ენერჯის გამოყენების ეფექტურობა საქართველოში. ენერჯია, N 1. 1997 წ.

24. მელაძე ნ. ენერჯის არატრადიციული განახლებადი წყაროების გამოყენება საქართველოში. ენერჯია, N 10. 2004 წ. გვ. 97- 98.

25. მელაძე ნ. საქართველოში სხვადასხვა არატრადიციული ენერჯის წყაროების გამოყენების ენერგოეკონომიკური ეფექტურობის გამოკვლევა. თბილისი. 2003 წ.

26. მელაძე ნ., მელაძე ნ. რძის კომბინატის ამაღლეთას ცხელწყალმომარაგება. მზის კოლექტორიანი სისტემის გამოკვლევის ანგარიში. Energy and Environment Collection of papers the first international conference. Tbilisi. 2000.- 82-84 p.

27. მირიანაშვილი ნ., ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ. არატრადიციული, განახლებადი ენერგორესურსების ათვისების პერსპექტივები ენერგოდამზოგი ტექნოლოგიების გამოყენებით საქართველოს ზღვისპირეთში. XXI საუკუნის მეცნიერება და ტექნოლოგიური განვითარების ძირითადი პარადიგმები. თბილისი. 2012 წ.- 157- 159 გვ.

28. მირიანაშვილი ნ., ვეზირიშვილი- ნოზაძე ქ. ქარის ენერგორესურსების გამოყენების მასშტაბები საქართველოში. XXI საუკუნის მეცნიერება და ტექნოლოგიური განვითარების ძირითადი პარადიგმები. თბილისი. 2012 წ.- 308- 310 გვ.

29. ჟორდანიას ი., ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., მირიანაშვილი ნ.-მზის ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების პერსპექტივები კახეთის რეგიონში. ენერჯია N 1 (7). 2015წ.-36-40გვ.

30. ჟორდანიას ი.და სხვ. საქართველოს ბუნებრივი რესურსები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საქართველოს საწარმოო ძალებისა და ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი ცენტრი, ტომი II.- თბილისი, 2015 წ.- 1183 გვ.

31. რეხვიაშვილი ი., არველაძე რ., გორდეზიანი ზ., ფირცხალავა თ., ბასილაძე მ., სოლოდაშვილი გ., მახარაძე ს. საქართველოს ენერგეტიკის პრობლემები და მათი ოპტიმალური გადაწყვეტის გზები. სამთო ჟურნალი, N2 (25). 2010წ.- 25 -28 გვ.

32. საქსტატი. საქართველოს ენერგეტიკული ბალანსი. სტატისტიკური პუბლიკაცია. თბილისი. 2014 წ.- 46გვ.

33. ფრანგიშვილი ა. საქართველოს ენერგეტიკის განვითარების კონცეფცია. თბილისი. 2002 წ.

34. ქანდრია მ., „ენერგეტიკული სტრატეგია“. საქართველოს ენერგეტიკული პოლიტიკის ძირითადი მიმართულებანი 2020 წლამდე პერიოდისათვის. ენერგია 2(14). 2000 წ.
35. ქეზურია მ., განახლებადი, არატრადიციული ენერგორესურსები და მათი ენერგეტიკა. ქუთაისი, 2009წ. 442 გვ.
36. შეყრილაძე ი. ენერგოეფექტურობის პრობლემა საქართველოში. ენერგია, N3 (11). თბილისი. 1999 წ.
37. ჩომახიძე დ. „საქართველოს ელექტრობალანსი“. მეცნიერება და ტექნოლოგიები, N 3, 2006 წ.
38. ჩომახიძე დ. საქართველოს ენერგეტიკული ბალანსი. თბილისი. სტუ-ის გამომცემლობა. 2007 წ. 2002წ.- 275 გვ.
39. ჩომახიძე დ. საქართველოს ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების ეკონომიკურ-ეკოლოგიური პრობლემები. თბილისი.
40. ჩომახიძე დ., საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოება. თბილისი, 2003 წ. - 546 გვ.
41. ჩხაიძე გ., „საქართველოში ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების მდგრადი განვითარებისათვის. ენერგია, N 3 (7), 1998 წ.
42. ცერცვაძე ნ. ვარდიგორელი ო., საქართველოს თერმული წყლები. თბილისი. 1998 წ.
43. ხელაძე გ., ლომიძე ი., ნამგალაძე დ., არაბიძე გ., არშბა თ., ალანია თ., საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოების სტრატეგიის ხელშემწყობი რეკომენდაციების შემუშავება პერსპექტივაში ენერგომოთხოვნილების ზრდის გათვალისწინებით. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“. მოხსენებების კრებული. ქუთაისი. 2010წ.-320-324 გვ.
44. ჯამარჯაშვილი ვ., ენერგეტიკული კრიზისის დაძლევა საქართველოს არსებული ჰიდროელექტროსადგურებზე აირტურბინული დანადგარების განთავსებით. ენერგია N 1. 2004 წ.- გვ. 8- 15.

45. ჯამარჯაშვილი ვ. საქართველოს შავი ზღვისპირეთის თბოსიცივით მომარაგების კოეფულაციური მეთოდის შესახებ“. თბილისი. 2015 წ.

46. ჯიშკარიანი თ., მიქიაშვილი თ., კილურაძე დ., ჩხაიძე ბ. საქართველოს ენერგოუსაფრთხოება. მდგრადი განვითარების ეროვნული შეფასების ანგარიში. თბილისი. 2002წ.- 35 გვ.

47. Андреев В.М., Грилехес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. Л. „Наука“, Ленинградское отделение. 1989 г. - 309 с.

48. Ахмедов Р.Б., Баум И.В., Пожарнов В.А., Чаховский В.М., Серия Гелиоэнергетика Том.1. Солнечные электрические станции. М. 1986г. 121с

49. Баиерс Т. 20 Конструкций с солнечными элементами. М. „Мир“, 1988г. 198с.

50. Везиришвили კ.ო. ენერგოეკოლოგიკური ეფექტიურობა იშვოლვოი გეოთერმალური ვოდი გურიი. მატერიალი ვსოიუნიონური კონფერენციი. ტბილისი. 2000 გ.– 31-35 ს.

51. Гременов В.Ф. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов. – Минск: ИЦ БГУ, 2007г.– 222 с.

52. Дураева Е. Возобновляемая энергия в России. От возможности к реальности. – Париж: Изд. ОЭСР/МЭА, 2004.– 124 с.

53. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Нагрузка на элементы Ветроэнергетической установки на ее фундамент и основание. Учебное пособие СП, изд-во СПбГТУ, 1999г. - 36 с.

54. Каргиев В.М., Мартиросов С.Н., Муругов В.П., Пинов А.Б., Сокольский А.К., Харатонов В.П. Ветроэнергетика. Руководство по применению ветроустановок малой и средней мощности. М. „Интерсоларцентр“, 2001г. - 61 с.

55. КомпанияБудерус „Справочник по проектированию и монтажу тепловых насосов“ Лолар, 2005– 141с.

56. Кохреидзе Г.К., Метревели В.Ш., Лаошвили Д.П., Самарганишвили Д.А. К вопросу устойчивости режимов в гибридной энергосистеме с нетрадиционными источниками энергии. Труды ХПИ, Выпуск 12. Том 1. Харьков 2002 г.- 264-266 с.

57. Плесков Ю.В. Фотоэлектрохимическое преобразование солнечной энергетики. М., „Химия”, 1990г.- 175 с.
58. Попель О.С. Возобновляемые источники энергии: роль и место в современной и перспективной энергетике // Ж. рос.хим. обва им. Д.И. Менделеева.– 2008. – Т. 52.– № 6.– С. 95–106.
59. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей. Перевод на русский язык. Энергоатомиздат. 1983г. 358 с.
60. Рензо Д. де: Пер. с. Англ.: Под редакцией Я.И. Шефтера. Ветроэнергетика. М. Энергоатомиздат. 1982г.- 272 с.
61. Саидова Г.К. Альтернативные источники энергии: возможности использования в Узбекистане: аналитический доклад. –Ташкент: Центр экономических исследований, 2011. – 74 с.
62. Сванидзе Г. Г.Возобновляемые ресурсы Грузии.Ленинград,1987г.- 174 с.
63. Спиридонов С.В. „Тепловые насосы“ Ижевск, 2009 г.
64. Фаренбрух А., Бьюб Р., Солнечные элементы. Теория и эксперимент. Перевод с английского. М. Энергоатомиздат. 1987г.- 278 с.
65. Фортов В.Е., Макаров А.А. Направления инновационного развития энергетики мира и России // Успехи физических наук.– 2009.– Т. 179.– № 12.– С. 1337–1353.
66. Фортов В.Е., Попель О.С. Энергетика в современном мире.–Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2011.– 168 с.
67. Шаповалов В.А., Никитенко Ю.А. Профилированные моно кристаллы кремния для солнечной энергетики // Вопросы атомной науки и техники. – 2014. – № 1 (89). –48–52 С.
68. Чоговадзе Г. И.,ХачатурянА. Д. Использование нетрадиционных возобновляемых источников в энергетике Грузинской ССР. Тбилиси. 1989 г.- 247 с.
69. Хачатурян Р. А., анализ факторов, влияющих на оценку эффективности использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии. АНГ, Госкомитет ГССР по науке и технике. Тбилиси. 1982 г.- 69 с.

70. Friberg R. A Photovoltaic Solar-Hydrogen power plant rural electrification in India. Journ. Of Hydrogen Energy. V. 18. No. 10. 1993. Pp. 853-882
71. International Energy Agency. Key World Energy Statistics. 2014.
72. Least Cost Plan for Energy Sector in Georgia. Final Report. Energy Efficiency and Market Reform Project. 1998.
73. Mahon S. SunPower claims new 23.4 percent solar cell efficiency record // PVTech. 2014.
74. Mirianashvili N., Vezirishvili K. Working out and investigation of energy-economical efficiency of energy- preserving heat-cold applying systems on basis of heat pump plant an geothermal water on agroindustrial complex enterprises. Tbilisi. 2010.- 76-81 pp.
75. Roedem B. Thinfilm PV module review: Changing contribution of PV module technologies for meeting volume and product needs /Ed. by B. Roedem // Refocus.- 2006.- V. 7- № 4- P. 34-39.
76. Volker Q. Regenerative Energiesysteme. Mhncen: Carl Hanser Verlag, 2013.-424 S.
77. Wagner A. Photovoltaik Engineering: Handbuch fhr Planung, Entwicklung und Anwendung. Heidelberg: Stringer Verlag, 2010.- 439 S.
78. Wagner A. Renewable energy in Germany. 2014. -7-8 pp.
79. <http://www.observer.com.ge/2015/12/07/>
80. http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-PRstats-2015_LR_ corrected.pdf
82. <http://www.eecgeo.org/ge/documents.htm>
83. http://batootah.blogspot.com/2013/05/blog-post_6621.html
84. <http://bioenergy.ge/>
85. <https://alternativenergy.ru/bioenergetika/349-razvitie-bioenergetiki-vraznyhstranah.html>
86. <http://www.sun.org.ge/?l=geo>
88. <http://geoenergy.org/reports/2015/2015%20Annual%20US%20%20Global%20Geothermal%20Power%20Production%20Report%20Draft%20final.pdf>
89. <http://www.energy.gov.ge/>

90. <http://www.gnerc.org/>
91. <http://www.ren21.net/gfr/?gclid=CJTuzdiI5dECFeEp0wodZREFrA>
91. <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>
92. <https://www.nasa.gov/centers/ames/greenspace/clean-energy.html>