

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

## გიორგი ლუდუმიძე

საქართველოში მზის, ქარისა და ჩამონადენზე მომუშავე  
ჰიდროელექტროსადგურებში, ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების  
ეფექტიანობის შეფასება და დანერგვის პერსპექტივა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

## ავტორ ეფერატი

სადოქტორო პროგრამა: „ენერჯეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი: 0713

თბილისი

2024 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში  
ენერგეტიკის ფაკულტეტი  
ელექტროენერგეტიკისა და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი დ. ჯაფარიძე

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2024 წლის "-----" "-----" "-----" საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტის  
სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი VIII,  
სხდომათა დარბაზი.

მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,  
ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი,  
პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალურობა უკანასკნელ პერიოდში მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში დიდი ტემპით იზრდება მოთხოვნა ელექტროენერჯის წარმოებაში განახლებადი წყაროების გამოყენებაზე. ამ მიმართულებით განსაკუთრებით აქტუალურია ელექტროენერჯეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ფართოდ დანერგვა.

დამაგროვებელი სისტემების დანერგვით მაღლდება არა მხოლოდ ეფექტიანობა, არამედ საშუალება იქმნება ელექტრულ სისტემებში ძაბვისა და სიხშირის რეგულირება, დატვირთვებისა და მოთხოვნის მომენტალურად დაბალანსება. დღესდღეობით ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა მთავარი წინაპირობაა, რომ მსოფლიომ შეძლოს მის წინაშე მდგარი ელექტროსისტემის მდგრადობის შენარჩუნებისთვის წარმოქმნილი პრობლემის გადასაჭრელად. საქართველოში, სადაც ელექტროენერჯის წარმოება მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ამინდის ცვალებადობაზე, სეზონურობასა და საბაზისო ელექტროენერჯის წარმოების დაბალი წილის პირობებში განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს განახლებად ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში და მთლიანად ელექტროსისტემაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა. ამ მიმართულებით წინა პლანზე იწევს მზისა და ქარის ენერჯეტიკის განვითარება, ამ დარგში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების საყოველთაოდ დანერგვის უზრუნველყოფა.

ელექტროენერჯის თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით შექმნილი ელექტროდამაგროვებელი სისტემების დანერგვა მნიშვნელოვანია საქართველოსთვის. პერსპექტივაში გათვალისწინებულია მზისა და ქარის სადგურების მშენებლობა. საზოგადოების მხრივ დიდი წინააღმდეგობის გამო ვერ ხერხდება მაღალი ტემპით წყლის რესურსების ათვისება და მსხვილი მარეგულირებელი ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა. ამის გათვალისწინებით წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰესების, მზისა და ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში დამაგროვებელი სისტემების

დანერგვით შესაძლებელი ხდება ელექტროენერჯის მნიშვნელოვანი მოცულობის შენახვა და მისი საშუალებით ოპერატიული რეზერვის შექმნა.

საკვლევი თემის აქტუალურობას განაპირობებს მოთხოვნა-მიწოდების არამდგრადობა, სარეზერვო სიმძლავრის არარსებობა და დამოკიდებულება სხვა ქვეყნიდან შემოტანილ ელექტროენერჯიაზე. ბუნებრივი რესურსების არასრულყოფილად ათვისება, არამდგრადობა, დამაგროვებელი სისტემების შექმნის მიმართულებით შესაბამისი ტექნოლოგიური შესაძლებლობების გამოყენებით და არსებული პოზიტიური განწყობების გათვალისწინებით საქართველოსთვის ახალი შესაძლებლობების გაჩენა.

**სამუშაოს მიზანს** წარმოადგენს ტექნოლოგიური შესაძლებლობების ეფექტურად გამოყენებით და დამაგროვებელი სისტემების დანერგვით ისეთი ენერგეტიკული სისტემის მოდელის შექმნა, ცენტრით საქართველოში, რომელიც უზრუნველყოფს, არა მხოლოდ საკუთარ ქვეყანაში მოთხოვნის სრულად დაკმაყოფილებასა და დამატებითი რეზერვის შექმნას, არამედ ევროპისა და ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნების მოთხოვნებზე რეაგირებას, და ამავდროულად იფუნქციონირებს როგორც ფასეულობის შექმნის სრულფასოვანი მიმწოდებელი, საწარმოო შეთავაზებებით საქართველოსა და სამხრეთ კავკასიის იმ მეზობელი ქვეყნებიდან, რომელთა არა აქვთ უშუალო გასასვლელი შავ ზღვაზე.

ჩვენი კვლევის ძირითად მიზანი გახდა პროცესების ინტეგრაციის, დიგიტალიზაციისა და ავტომატიზაციის უზრუნველყოფელი დამაგროვებელი სისტემების ტექნოლოგიების შესწავლა, რომელთა დახმარებითაც კომპანიები ქმნიან, აუმჯობესებენ და ავრცელებენ თავიანთ პროდუქციას. მწარმოებლები ნერგავენ ახალ ტექნოლოგიებს თავიანთ გენერაციის ობიექტებში და შესაძლებლობა ხდება გამომუშავებული ელექტროენერჯია სისტემას მიაწოდონ დამაგროვებლების გავლით, რომელიც არის გაცილებით მდგრადი, ყველაზე სწრაფად შეუძლია რეაგირება, ხოლო არა საჭირო დროს გამომუშავებული ელექტროენერჯის დაგროვება.

კვლევის საბოლოო მიზნად დავისახეთ დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა საქართველოს მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში, ეკონომეტრიკული მოდელის შემუშავებითა და

კომპიუტერული პროგრამა ექსელის დახმარებით განსაზღვრულია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში დანერგვის პერსპექტივები.

**ჩატარებული კვლევები.** ნაშრომში გაანალიზებულია ქვეყანაში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებისთვის აუცილებელია საწყისი ინფორმაციისა და ამ სადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვისთვის ინვესტიციების მოცულობების გათვალისწინება. ეფექტიანობის ანგარიშის ალგორითმითა და კომპიუტერული პროგრამა ექსელის მეშვეობით დაანგარიშებულია თითოეულ ელექტროსადგურში დამაგროვებლების ეფექტიანობა. შესრულებულია დამაგროვებლებისა და მათ გარეშე ეფექტიანობის შედარებით იანალიზი და ნაჩვენებია დამაგროვებლების დანერგვით მაღალი ეფექტიანობა. საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების სპეციფიკის გათვალისწინებით შემუშავებულია მითითებულ ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელი და ამ მოდელის და ამ მოდელის მიხედვით ეფექტიანობის შეფასების ანგარიშის ალგორითმი, რომლის მიხედვითაც დაანგარიშებულია მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის მაჩვენებლები. ანგარიშით მიღებული შედეგების ანალიზით დადგენილია ეფექტიანობის რეალური მაჩვენებლები.

გამომდინარე აქედან, **კვლევის ჰიპოთეზა** ჩამოყალიბებულია შემდეგი სახით: ქვეყნის გეოპოლიტიკური მდებარეობისა და პოლიტიკურ-ეკონომიკური მიმზიდველობის გათვალისწინებით უახლეს ტექნოლოგიებზე დაყრდნობით, საქართველოში შესაძლებელია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემე მასიურად დანერგვა, რაც გამოიწვევს ქვეყნის სტატუსის მნიშვნელოვან ამაღლებას, ენერგეტიკულ სტაბილურობასა და ეკონომიკურ სიძლიერის ზრდას, ქვეყნის სოციალური მდგომარეობის სერიოზულ გაუმჯობესებას და სხვა თანმდევ სიკეთეებს.

**კვლევის ობიექტი და საგანი.** კვლევის ობიექტს წარმოადგენს -

საქართველოს, მზის ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურების ელექტროენერგეტიკული პოტენციალის შესწავლა, ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა და მათი დანერგვით როგორც გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილის ზრდა, ასევე განახლებადი ენერჯის რესურსების სრული ათვისება და ელექტროსისტემის მდგრადობის ამაღლება.

**ნაშრომის მეცნიერული სიახლე და ძირითადი შედეგები.** ჩატარებული კვლევების საფუძველზე:

➤ შესწავლილია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ორგანიზებისა და მართვის საკითხები; გაანალიზებულია ორგანიზების მოდელები;

➤ შეფასებულია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების უპირატესობები ელექტროენერჯის გამომუშავების, მიწოდების, ეფექტურობისა და სისტემის მდგრადობის გაუმჯობესებისთვის, პროცესების გამარტივებისა და აჩქარების თვალსაზრისით;

➤ გამოკვლეულია მსოფლიო გამოცდილება დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის კუთხით და მათ მაგალითზე დადგენილია შესაძლებლობები;

➤ თანამედროვე უახლეს ტექნოლოგიებზე დაყრდნობით შემოთავაზებულია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემის მოდელი საქართველოსთვის, რომელიც ქმნის შესაძლებლობას სრულად იქნას ათვისებული განახლებადი ენერჯის წყაროებით მიღებული ენერგეტიკული პოტენციალი;

➤ შესწავლილი და გაანალიზებულია საქართველოს ხელსაყრელი გეოპოლიტიკური მდებარეობა, ინფრასტრუქტურა, პოტენციალი, გაუმჯობესებული საერთაშორისო რეიტინგები ეკონომიკური მიმართულებით;

- შეფასდა საქართველოში ენერგეტიკის განვითარების სტრატეგიული გეგმით გათვალისწინებული მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის მოსალოდნელი წარმოების პოტენციალი, თითოეული ასაშენებელი სადგურისათვის შეირჩა დასანერგი ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ტიპები, მათი დანერგვისთვის აუცილებელი ინვესტიციების მოცულობები. შეფასებულია მშენებლობის დიდებულებები დამაგროვებლებით და დამაგროვებლების გარეშე.

- შემუშავებულია მითითებულ ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელი და ამ მოდელის მიხედვით ეფექტიანობის შეფასების ანგარიშის ალგორითმი, რომლის მიხედვითაც დაანგარიშებულია მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის მაჩვენებლები. ანგარიშით მიღებული შედეგების ანალიზით დადგენილია ეფექტიანობის რეალური მაჩვენებლები.

- **კვლევის მეთოდები** - ნაშრომში გამოყენებულია კვლევის თვისობრივი და რაოდენობრივი მეთოდები, მოძიებულია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების ეფექტიანობის მეცნიერული კვლევების შედეგები, შემუშავებულია მითითებულ ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელი და ამ მოდელის მიხედვით ეფექტიანობის შეფასების ანგარიშის ალგორითმი, რომლის მიხედვითაც დაანგარიშებულია მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის მაჩვენებლები. დამაგროვებელი სისტემების დასანერგად ოპტიმალური ტიპების შერჩევის მიზნით სიღრმისეულად არის შესწავლილი ამ დამაგროვებლების წარმოებები უკანასკნელი 10 წლის განმავლობაში და მათი გამოყენების საერთაშორისო გამოცდილება. უკანასკნელი 10 წლის ექსპლუატაციის ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზისა და ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელით გათვალისწინებულ ფაქტორებთან შედარებით დადგენილია ანგარიშისთვის აუცილებელი საწყისი ინფორმაციის ნუსხა.

**ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა** მდგომარეობს იმაში, რომ ნაშრომში წარმოდგენილი დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა და კონკურენტული უპირატესობის მიღწევის შესაძლებლობის დასაბუთება, საქართველოს, როგორც განახლებადი და ჰიდრო პოტენციალის მქონე ქვეყნისთვის, დისერტაციაში დამუშავებული თეორიული და პრაქტიკული პრობლემები, მათი გადაწყვეტის

გზები დიდ დახმარებას გაუწევს საქართველოში მოღვაწე ქარველ და უცხოელ მეცნიერებს, ელექტროენერგეტიკაში თანამედროვე ელექტროენერჯის სისტემების დანერგვასა და ამის საფუძველზე ელექტროენერჯის წარმოების გაზრდის საქმეში.

სადისერტაციო ნაშრომის აქტუალობის, ტექნოლოგიური ინოვაციების განხორციელების და ტექნიკურ-ეკონომიკური პერსპექტივის გათვალისწინებით სასარგებლო და გამოყენებადი იქნება ენერგეტიკის სფეროში თანამედროვე მიდგომების, არსებული ტენდენციების ცოდნით დაინტერესებული აკადემიური პერსონალისა და სტუდენტებისათვის.

**სამუშაოს აპრობაცია** - სადისერტაციო ნაშრომის შესრულებისადმი დაყენებული მოხოვნების შესაბამისად დისერტაციის თემაზე ჩატარებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტზე კოლოქვიუმები და წინასწარი დაცვა. ასევე კვლევის შედეგებში მოხსენებული იქნა ერთ საერთაშორისო კონფერანციაზე.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 4 სტატია. მათ შორის, 1 სტატია გამოქვეყნდა საზღვარგარეთ საერთაშორისო რეფერირებად ჟურნალში.

### **დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა**

სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს 109 ნაბეჭდ გვერდს 23 ცხრილისა და 12 ნახაზის ჩათვლით და შედგება შესავალის, 4 თავის, 4 ქვეთავის, დასკვნისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან.



## ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

უკანასკნელ პერიოდში მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში დიდი ტემპით იზრდება მოთხოვნა ელექტროენერჯის წარმოებაში განახლებადი წყაროების გამოყენებაზე. ამ მიმართულებით განსაკუთრებით აქტუალურია ელექტროენერჯეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ფართოდ დანერგვა. ამ მხრივ დიდი მიღწევები აქვთ განვითარებად ქვეყნებს, როგორებიცაა: აშშ, ჩინეთი, გერმანია, იაპონია, ავსტრალიასა და ნორვეგიაში.

საქართველოში, რომელიც ხასიათდება განახლებადი ენერჯის წყაროების დიდი მოცულობების არსებობით, ელექტროენერჯის წარმოების ზრდა ამ წყაროების გამოყენებით დაბალი ტემპით ვითარდება. ამ მხრივ აღსაღნიშნავია, რომ ელექტროენერჯის წარმოების, ისეთი ეფექტიანი ალტერნატიული წყაროებით, როგორც მზე და ქარია პრაქტიკულად არ არის განვითარებული, რაც ქმნის იმის წინა პირობას, რომ საქართველოსთვის ამ პრობლემის გადაწყვეტა პირველი რიგის ამოცანა უნდა გახდეს, რისთვისაც საქართველოში მაღალი ტემპით უნდა განვითარდეს ჰიდრორესურსების გამოყენებით ელექტროენერჯის წარმოება, მზისა და ქარის ენერჯით ელექტროსადგურების მშენებლობა. წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე, მზისა და ქარის ელექტროსადგურებში იმის გათვალისწინებით, რომ ელექტროენერჯის წარმოება ხასიათდება არასტაბილურობით, მათ მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის სრულად ათვისებისთვის აუცილებელია, რომ ამ სფეროში დაინერგოს ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემები.

დასმული პრობლემის გადაწყვეტაში მნიშვნელოვან ახალ მიდგომას წარმოადგენს ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ამ სფეროში დანერგვა. დამაგროვებელი სისტემების დანერგვით მაღლდება არა მხოლოდ ეფექტიანობა, არამედ საშუალება იქმნება ელექტრულ სისტემებში ძაბვისა და სიხშირის რეგულირება, დატვირთვებისა და მოთხოვნის მომენტალურად დაბალანსება. ამჟამად მსოფლიოს მეცნიერთა ძალისხმევა მიმართულია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების სრულყოფილი მეთოდის შემუშავებაზე. ელექტროენერჯის შემნახველი სისტემა არის

ელექტროსადგურის ის ტიპი, რომელიც ელექტროენერჯის შესანახად იყენებს ბატარეების ჯგუფს. ბატარეის (აკუმულატორის) მეხსიერება ქსელში ელექტროენერჯის ყველაზე სწრაფი რეაგირების წყაროა და გამოიყენება ქსელის მუშაობის სტაბილურობისთვის. მისი სრული ნომინალური სიმძავრე ძირითადად შექმნილია ერთიდან რამდენიმე საათამდე. დამაგროვებელი სისტემები გამოიყენება მოკლევადიანი პიკური მოხმარების დასაბალანსებლად და დამხმარე მომსახურებისთვის, ოპერატიული რეზერვის, სიხშირის კონტროლის უზრუნველსაყოფად და ელექტროენერჯის მიწოდების წყვეტების შესამცირებლად. მსოფლიო გამოცდილების მეცნიერული ანალიზის საფუძველზე ელექტროენერჯის თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით შექმნილი ელექტროდამაგროვებელი სისტემების დანერგვა მნიშვნელოვანია საქართველოსთვის. პერსპექტივაში გათვალისწინებულია მზისა და ქარის სადგურების მშენებლობა. საზოგადოების მხრივ დიდი წინააღმდეგობის გამო ვერ ხერხდება მაღალი ტემპით წყლის რესურსების ათვისება და მსხვილი მარეგულირებელი ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა. ამის გათვალისწინებით წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰესების, მზისა და ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში დამაგროვებელი სისტემების დანერგვით შესაძლებელი ხდება ელექტროენერჯის მნიშვნელოვანი მოცულობის შენახვა და მისი საშუალებით ოპერატიული რეზერვის შექმნა.

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება 4 თავისაგან, რომელიც დაყოფილია 4 ქვეთავად. პირველ თავში, ელექტროენერჯეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების საერთაშორისო გამოცდილების ანალიზი და ამოცანის დასმა, განხილულია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის შესაძლებლობები და მიღებული შედეგები გენერაციის ობიექტებში.

დამაგროვებლების სისტემების განვითარებამ მნიშვნელოვანი ზრდა და ინოვაცია განიცადა ბოლო წლებში, რაც განპირობებულია რამდენიმე ფაქტორით, მათ შორის განახლებადი ენერჯის წყაროების ინტეგრაციის, ქსელის სტაბილურობის გაძლიერებისა და ენერჯის მართვის ოპტიმიზაციის საჭიროებით. ის მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ქვეყანაში ელექტროენერჯის რეზერვის შექმნაში, სისტემისთვის მის მიწოდებასა და ქსელში სიხშირის

დაბალანსებაში. დამაგროვებელი სისტემა არის ახალი ტექნოლოგია, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტროენერჯის სტაბილურ მიწოდებას, ამცირებს ელექტროენერჯის იმპორტს პიკური დატვირთვების დროს, ქსელში შეუძლია სიხშირის დაბალანსება, ასევე ავსებს განახლებადი ენერჯის (ქარისა და მზის) ნაკლოვანებებს.

ნაშრომის ამ ნაწილში განხილულია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დადებითი მხარეები, ტექნოლოგიური შესაძლებლობები, შემოთავაზებულია, ეფექტიანობაზე მოქმედი ფაქტორების ფართო სპექტრი: სისტემაში სიხშირის რეგულირება, სისტემაში ყველაზე სწრაფად შესვლა, დატვირთვების დაბალანსება, სარეზერვო სიმძლავრის შექმნა, ელექტროენერჯის განახლებადი წყაროების მხარდაჭერა და მათი ქსელში ინტეგრირება, დატვირთვების მართვა, მდგრადი ენერგეტიკული და ეკონომიკური ზრდა. აღნიშნული კომპლექსური მეთოდი საშუალებას იძლევა, გათვალისწინებულ იქნას შიდა და გარე ფაქტორების ფართო სპექტრი.

ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის შესაძლებლობები, რომლითაც შეიძლება გაიზარდოს გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილი ჰიდროელექტროსადგურებთან, დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორებზე, მათ შორის, შენახვის სისტემის სიმძლავრეზე და ეფექტურობაზე, ჰიდროელექტროსადგურების მახასიათებლებზე, მოთხოვნის შაბლონებზე და მარეგულირებელ პირობებზე. ზოგიერთ შემთხვევაში, განახლებადი წყაროებიდან გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილის ზრდა შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი, პოტენციურად გაორმაგდეს ან თუნდაც გააორმაგოს ჰიდროელექტროსადგურების ეფექტური სიმძლავრე. თუმცა, ზრდის სპეციფიკური მოცულობა შეიძლება შეიცვალოს თითოეული პროექტის კონკრეტულ გარემოებებზე და მიმდებარე ენერგეტიკულ ეკოსისტემაზე.

ელექტროენერჯის შენახვისა და ბატარიის სისტემები ჯერ კიდევ გადარდამავალ სტადიაშია და შესაძლებელია ბევრი ცვლილება მოხდეს მომდევნო წლების განმავლობაში. დღეს-დღეობით მისი სიცოცხლის უნარიანობა 20 წლამდე არის მიღწეული.

ორგანიზაციები, რომლებიც მართავენ და აკონტროლებენ ღირებულების შექმნის პროცესს, თავის გარშემო ქმნიან მიწოდების ჯაჭვს, რასაც თავისი განვითარების ეტაპები გააჩნია. არსებობის ყველა ეტაპზე მიწოდების ჯაჭვები უნდა უზრუნველყოფდნენ კლიენტებისათვის საქონლისა და მომსახურების მიწოდებას საწარმოო დანახარჯების შემცირების ფონზე. სწორედ აღნიშნული ამოცანების ეფექტურად გადაჭრის აუცილებლობამ განსაზღვრა მიწოდების ჯაჭვების ევოლუცია. ნაშრომში განხილულია მიწოდების ჯაჭვების განვითარების 4 სტადია: რეაქტიული მიწოდების ჯაჭვები, ნახევრად ფუნქციონალური ჯაჭვები, ინტეგრირებული მიწოდების ჯაჭვები და გაფართოებული საწარმო, მოცემულია თითოეული მათგანის მახასიათებლები.

ამავე თავში განხილულია მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურების მოდელების განვითარების მსოფიო გამოცდილებები, მათი როგორც მშენებლობის ასევე გამოიუმშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულებების ფასების ცვალებადობის ტენდენციები. კომპლექსურად არის განხილული დამაგროვებელი ელექტროსადგურის დანერგვის აუცილებლობა და გაუმჯობესების ამოცანა მზის, ქარისა წყლის ჩამონადენზე მომუშავე ელექტროსადგურებში.

მეორე თავში, **ელექტროენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეკონომეტრიკული მოდელი**, ჩამოყალიბებულია დამაგროვებლის დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ოტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელირების მეთოდიკა. დამაგროვებლების დანერგვიდ საუკეთესო ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების მქონე ვარიანტის შესარჩევად გამოყენებულია ყველაზე უნივერსალური და ყველაზე მეტად გავრცელებული წმინდა დისკონტრიები შემოსავლის მაქსიმუმის კრიტერიუმი. იგი ითვალისწინებს არა მხოლოდ ხარჯებს მთელი სასიცოცხლო ციკლის განმავლობაში, არამედ ეფექტს მიღებული დამაგროვებელი სადგურების დანერგვის შედეგად. იგი იძლევა საშუალებას ობიექტურად შეფასდეს ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემის დანერგვისთვის გაწეული ხარჯები და მისგან მიღებული ეფექტი. შემოშავებულია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემის დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ზოგადი ფორმულა და აღნიშნული ფორმულა

ფორმულირებულია ინდივიდუალურად მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შესაფასებლად.

ზოგადად ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობა შეიძლება შეფასდეს შემდეგი ფორმულით:

$$\sum_{m=1}^t \text{წდშ} = \sum_{m=1}^t (P_{mi} - 3m_i) \cdot A_{mi} > 0 \rightarrow \max \quad (1)$$

სადაც,

$P_m$  – შედეგები,  $m$  ბიჯზე, ათასი ლარი წელიწადში;

$3_m$  – დანახარჯები,  $m$  ბიჯზე, ათასი ლარი წელიწადში;

$m$  - ბიჯის ნომერი, წელიწადი;

$\alpha_m$  - დისკონტირების კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია  $= \frac{1}{(1+E_{mi})}$  ;

$E_{mi}$  - დისკონტის ნორმა;

$K_m$  - ინვესტიციის მოცულობა, ათასი ლარი წელიწადში;

აღნიშნული წმინდა დისკონტირებული შემოსავლის განზოგადებული ფორმულა ქარის, მზისა და ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებისთვის იქნება განსახვავებული ფორმის.

ქარის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების შედარებითი ანალიზის შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი ფორმულით:

$$\sum_{m=1}^t \text{წდშ} = \frac{\sum_{m=1}^t (W_{jt} + \Delta_j W) \cdot T_{jt} + CK_{jt} m_{jt} + Zk_{jt} m_{jt} + DR_{jt} m_{jt} - C_{jt} m_{jt} - H_{jt} m_{jt} - BK_{jt} m_{jt} - D_{jt} m_{jt} - J_{jt} m_{jt}) + F_{jt}}{(1+E_m)_{jt}} \quad (2)$$

სადაც,

$C_m$  - საექსპლუატაციო ხარჯები, ათასი ლარი წელიწადში;

$H_m$  - გადასახადები, ათასი ლარი წელიწადში;

$BK_m$  - სესხის გადასახადები, ათასი ლარი წელიწადში;

$D_m$  - დივიდენდების მოცულობა, ათასი ლარი წელიწადში;

$t$  - არის დამაგროვებელი სისტემის ექსპლუატაციის ვადა, (წლებში);

$W_{im}$  - ქარის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის მოცულობა  $m$  ბიჯზე (მლნ.კვტ.სთ);

$T$  - ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ);

$T_{რეზ}$ - სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ);

$A_{mi}$ - ქარის ელექტროსადგურის ძირითადი ფონდების საამორტიზაციო ნარიცხები, მოცემულია  $m_i$  ბიჯზე, ათასი ლარი წელიწადში;

$K_i$  - ქარის ელექტროსადგურის მშენებლობაში განხორციელებული საინვესტიციო ხარჯები, ათასი ლარი;

$CK_m$ - მოზიდული საკუთარი კაპიტალი, ათასი ლარი წელიწადში;

$ZK_m$ - მოზიდული ნასესხები კაპიტალი, ათასი ლარი წელიწადში;

$DR_m$ - შემოსავლები არაკომერციული საქმიანობიდან, ათასი ლარი წელიწადში;

$F$ - გადამცემი ხაზის მშენებლობის დიღებულება, რომლითაც დაკავშირებულია დამაგროვებელი სისტემასთან, ათასი ლარი

$J_{mi}$ - ინვესტიციების შემოსავლიანობა, რომელიც გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$I_{mi} = (PHK_i - BHK_i) * ND + (SHMH_i - BH + JOK_i) * HD_i \quad (3)$$

სადაც:

$PHK_i$ - ინვესტირებული კაპიტალის სიდიდე რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდის დაწყებამდე  $i$  წლისთვის (ლარი);

$BHK_i$ - რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდის დაწყებამდე ინვესტირებული კაპიტალის დაბრუნება დაგროვებული რეგულირების დაწყებიდან  $i$  წლამდე (ლარი);

$ND$ - ინვესტირებულ კაპიტალზე შემოსავლიანობის ნორმა დადგენილი მარეგულირებელი ორგანოს მიერ გრძელვადიანი რეგულირების  $i$  წლისთვის;

$HD_i$ - რეგულირების პერიოდში ინვესტირებული კაპიტალის შემოსავლიანობის ნორმა;

$SHMH_i$ - დანახარჯების ჯამი, გათვალისწინებული რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდისთვის მარეგულირებელი ორგანოს მიერ დამტკიცებული საინვესტიციო პროგრამაში, დაწყებული 1-0 წლიდან დამთავრებული 1-1 წლისთვის;

$m$ -ის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების შედარებითი ანალიზის შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი ფორმულით:

$$\sum_{m=1}^t \text{წდშ } \theta = \frac{\sum_{m=1}^t (W_i \theta * T \theta + CK_m \theta + Zk_m + DR_m \theta - C_m \theta - H_m \theta - BK_m \theta - D_m \theta - J_m \theta) + F \theta}{(1 + E_m) t \theta} \quad (4)$$

სადაც,

$C_m$ -საექსპლუატაციო ხარჯები, ათასი ლარი წელიწადში;

$H_m$ - გადასახადები, ათასი ლარი წელიწადში;

$BK_m$ - სესხის გადასახადები, ათასი ლარი წელიწადში;

$D_m$ - დივიდენდების მოცულობა, ათასი ლარი წელიწადში;

$t$ - არის დამაგროვებელი სისტემის ექსპლუატაციის ვადა, (წლებში);

$W_{im}$ - მზის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის მოცულობა  $m$  ბიჯზე (მლნ.კვტ.სთ);

$T$ - ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ);

$T_{რეზ}$ - სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ);

$A_{mi}$ - მზის ელექტროსადგურის ძირითადი ფონდების საამორტიზაციო ნარიცხები, მოცემულია  $m_i$  ბიჯზე, ათასი ლარი წელიწადში;

$K_i$  - მზის ელექტროსადგურის მშენებლობაში განხორციელებული საინვესტიციო ხარჯები, ათასი ლარი;

$F$ - გადამცემი ხაზის მშენებლობის დიდებულება, რომლითაც დაკავშირებულია დამაგროვებელი სისტემასთან, ათასი ლარი

$CK_m$ - მოზიდული საკუთარი კაპიტალი, ათასი ლარი წელიწადში;

$ZK_m$ - მოზიდული ნასესხები კაპიტალი, ათასი ლარი წელიწადში;

$DR_m$ - შემოსავლები არაკომერციული საქმიანობიდან, ათასი ლარი წელიწადში;

$J_{mi}$ - ინვესტიციების შემოსავლიანობა.

ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდრო ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების შედარებითი ანალიზის შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი ფორმულით:

$$\sum_{n=1}^T \text{წდწ} = \frac{\sum_{n=1}^T (Ni\beta \times Wi\beta(T_{რეზ}-T_{შეს}) + AjNj\beta - (NjKj\beta I_{05} + NSt\beta) + f\beta)}{(1+En)t\beta} > 0 \rightarrow \max \quad (5)$$

სადაც:

$m$ -არის ბიჯის ნომერი;

$t$ - არის დამაგროვებელი სისტემის ექსპლუატაციის ვადა, (წლებში);

$W_i$ -ელექტროენერჯის დამაგროვებლებში შენახული ელექტროენერჯის მოცულობა, (კვტსთ);

$T_{რეზ}$ - სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ);

$T_{\text{გეს}}$ - გენერაციის ობიექტის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ);

$A_{mi}$ -  $i$  დამაგროვებლის საამორტიზაციო ხარჯების სიდიდე, ათასი ლარი/წელიწადში;

$K_i$  ელექტროენერჯის დამაგროვებლის დანერგვისთვის აუცილებელი საინვესტიციო ხარჯები, ათასი ლარი;

$I_{ni}$ - ინვესტიციების შემოსავლიანობის კოეფიციენტი;

$S_i$ - დამაგროვებლის საექსპლუატაციო ხარჯები ლარი/წელიწადში;

$E_{ni}$ - დისკონტირების კოეფიციენტი;

$F$ - გადამცემი ხაზის მშენებლობის დიდებულება, რომლითაც დაკავშირებულია დამაგროვებელი სისტემასთან, ათასი ლარი

$J_{mi}$ - ინვესტიციების შემოსავლიანობა,

მესამე თავში, საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში დასაწერად ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ტიპების შერჩევა, განხილულია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ტიპები და ეკონომიკური და ტექნიკური ფაქტორების გათვალისწინებით შერჩეულია საუკეთესო ვარიანტი საქართველოსთვის. მსოფლიოში სხვადასხვა სახის ელექტროენერჯეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა იმის შესახებ, რომ საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების სპეციფიკიდან გამომდინარე და დაბალი სიმძლავრეების გათვალისწინებით ყველაზე ეფექტური ჩვენის აზრით შეიძლება იყოს ელექტროენერჯის ელექტროქიმიური დამაგროვებელი. მათ განეკუთვნებიან: ტყვია-მჟავის, ნიკელ-კადნიუმის, ნიკელ მეტალო ჰიბრიდული, ნატრიუმ-გოგირდოვანი, ლითიუმ-იონური, გადინებადი რედოქს აკუმულიტორები. განვითარებულ ქვეყნებში მიღწეული შედეგების, საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების სეზონურობისა და პოტენციალის გათვალისწინებით შერჩეულია ელექტროენერჯის დამაგროვებლების სხვადასხვა ტიპი. იმისათვის, რომ დადგინდეს აღნიშნული ტიპებიდან საუკეთესოს შერჩევა ჩატარებულია მათი შედარებითი ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი. ტექნიკური



მაჩვენებლები მოცემულია და შეტანილია 1 ცხრილში. ხოლო ეკონომიკური მაჩვენებლები ასახულია 2 ცხრილში.

**ცხრილი 1. ქიმიური ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ტექნიკური მაჩვენებლები**

მოწყობილობების ტიპები	ხვედრითი ელექტროტევადობა, ვტ*სთ/კვ	ხვედრითი სიმძლავრე, ვტ/კვ	თვითგანმუხტვის, %	ციკლურობა	მრგ, %	ექსპლუატაციის ვადა
ტყვია-მჭავა	20-30	75-300	5	<1000	<85	15
ნიკელ-კადიუმი	35-50	150-300	20	<2000	<85	20
ნიკელი-ლითონის ჰიბრიდი	50-120	200-1200	30	<1000	<75	10
ნატრიუმ-გოგირდის	150-240	150-230	15	>1000	<75	10
ლითიუმ-იონის	150-250	500-2000	10	>10 000	<90	20

**ცხრილი 2. ქიმიური ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ეკონომიკური მაჩვენებლები**

	პარამეტრი	განზომილება	ნიკელ-ნატრიუმ-გოგირდის ბატარეა		ლითიუმ-იონის ბატარეა		ტყვია-მჭავა		ნატრიუმ-ლითონის ჰალიდი		ნიკელ-კადიუმი	
			2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
ექსპლუატაციაში შესასვლელი ხარჯები	შენახვის ბლოკი	\$/კვტსთ	661	465	165	99	260	220	700	482	265	192
	სასისტემო ბალანსი	\$/კვტსთ	100	95	38	27	100	95	100	95	150	91
	აღჭურვილობა	\$/კვტ	133	127	63	54	176	167	115	110	173	164
	კონტროლი და კომუნიკაცია	\$/კვტ	7	6	2	1	4	3	5	4	4	3
	სისტემასთან ინტეგრაცია	\$/კვტსთ	100	95	44	31	62	54	59	53	55	47
	შესყიდვები, ინჟინერია და მშენებლობა	\$/კვტსთ	64	61	53	43	54	50	53	48	51	46
	პროექტის განვითარება	\$/კვტსთ	102	97	63	52	84	81	82	77	81	75
	ქსელში ინტეგრაცია	\$/კვტ	48	45	20	16	27	26	26	24	25	23
	მთლიანი ღირებულება (მშენებლობა და ექსპლუატაციაში შესვლა)	\$/კვტ	3626	2674	1541	1081	2194	1854	3710	2674	2202	1730

საქართველოს მზის, ქარისა და წყლის მოდინება მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დასანერგად ყველაზე მიზანშეწონილად ჩათვლილია ლითიუმ-იონური ტიპის ბატარიების მასიურად გამოყენება.

მეოთხე თავში, მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებთან დამაგროვებელი სადგურების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასება, შესწავლილია ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების სისტემების ეფექტიანობის შეფასების მეთოდები, საქართველოს სპეციფიკის გათვალისწინებით შემუშავებულია ქვეყანაში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებით მომუშავე ელექტროსადგურების ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელი. მოძიებულია ეფექტიანობის შეფასებისთვის საჭირო საწყისი სტატისტიკური ინფორმაცია. ანგარიშის შედეგების მიხედვით შეფასებულია მითითებულ ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ეფექტიანობა.

4.1 ქვეთავში შეფასებულია საქართველოს მზის ენერჯეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების პროგნოზული ეფექტიანობა. ცხრილ 3-ში მოცემულია საქართველოს მზის სადგურების მიერ ელექტროენერჯის წარმოების პოტენციალი. ქვეყანაში ელექტროენერჯის წარმოებაში მზის ენერჯის გამოყენების თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე გადაწყვეტის მიზნით სიღრმისეულად იქნა შესწავლილი და მეცნიერულად გაანალიზებული მზის ენერჯეტიკის განვითარებაში ინვესტიციების ეფექტიანობის შეფასების მეთოდები. საქართველოში მზის პოტენციალის განვითარებაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების შესაძლებლობები. მოძიებულ იქნა საქართველოში ენერჯეტიკის განვითარების სტრატეგიული გეგმის შესაბამისად დაგეგმილი მზის ელექტროსადგურების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შესახებ სტატისტიკური მონაცემები, საჭირო ინვესტიციების მოცულობა, საოპერაციო ხარჯები, საერთაშორისო გამოცდილების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია 1 კვტ.სთ წარმოების ღონისძიებები, საქართველოში მთავრობის მიერ დადგენილი ტარიფი და სხვა აუცილებელი სტატისტიკური მაჩვენებლები ანგარიშის ჩასატარებლად. ამ ქვეთავში

ექსტრაპოლაციის საშალებით დაანგარიშებულია როგორც მზის სადგურების მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულებები, ასევე ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების საპროგნოზო ღირებულებას. საპროგნოზო მაჩვენებლები საშუალებას გვაძლევს გამოვთვალოთ მზის სადგურების მშენებლობის ეფექტიანობა საქართველოში.

**ცხრილი.3. მზის სადგურებში დამაგროვებელი სისტემების საჭირო სიმძლავრე, საპროგნოზო პერიოდი და საპროგნოზო სამშენებლო ღირებულება**

პროექტის დასახელება	დადგმული სიმძლავრე (მგვტ) და წლიური გენერაცია (გვტ.სთ)	მზის სადგურის დადგმული სიმძლავრის გათვალისწინებით ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების საჭირო სიმძლავრე	ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების საპროგნოზო ღირებულება მითითებულ წელს დოლარი (1 კვტ)	ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის საპროგნოზო ღირებულება (მლნ აშშ დოლარი)	მზისა ელექტროსადგურისა და ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ღირებულება (მლნ აშშ დოლარი)
უდაბნო	5	1.5	324	0.486	3.673
ალგეთი	50 / 67	18	324	5.832	37.702
ახალციხე-1	50 / 65	18	312	5.616	32.291
ახალციხე-2	50 / 65	18	312	5.616	32.291
გარდაბანი-1	50 / 68	18	324	5.832	37.702
გარდაბანი-2	50 / 68	18	324	5.832	37.702
გლდანი	50 / 67	18	312	5.616	32.291
კასპი	50 / 66	18	312	5.616	32.291
მარნეული	50 / 67	18	300	5.4	29.8
სააკაძე	50 / 67	18	300	5.4	29.8
ქსანი	50 / 66	18	324	5.832	37.702
გარეჯი	15 / 20	5	312	1.56	9.5625
<b>ჯამი</b>	<b>520 / 694</b>			<b>58.638</b>	<b>352.8075</b>

საქართველოში მზის პოტენციალის გათვალისწინებით რეგიონებად, მოხდა მათი საპროგნოზო მშენებლობის პერიოდის განსაზღვრა, არჩეულ იქნა მშენებლობის პერიოდისათვის საპროგნოზოდ გათვლილი 1 კვტ სადგურის მშენებლობის ღირებულება. შესწავლილია მითითებული ელექტროსადგურის ექსპლუატაციის რეჟიმები, დადგენილია ელექტროენერჯის წლიური გამომუშავების მოცულობა, შეფასებულია მის ოპერატიული რეზერვში გამოყენების პერსპექტივა, სეზონურობის თვისებურება. აღნიშნულ ქვეთავში დადგენილია, რომ მზის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა მაღალი ეფექტიანობით ხასიათდება, რაც

გამორიცხავს სიხშირულ არასტაბილურობას, საშუალება იქნება სარეზერვო ელექტროენერჯის წყაროების შექმნისა და პიკურ დატვირთვების დროს იმპორტირებული ელექტროენერჯის შემცირების, ყველაზე სწრაფი და საიმედო ელექტროენერჯის გამომუშავების. რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია შესაძლებელი ხდება მზის ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილის ზრდა დაახლოებით 15-20%-ის ფარგლებში. ფორმულა 4-ის მიხედვით შესრულებულია მზის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების პროგნოზული მაჩვენებლები. ანგარიშის შედეგები მცემულია ცხრილ -4 ში.

**ცხრილი 4. მზის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის პროგნოზული მაჩვენებლები**

პერიოდი	ალგეთ- ის მზის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	ახალციხე-1- ის მზის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	გადაბანი-1-ის მზის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)
2025	-4.11848261		-4.521917608
2026	-1.99448261	-3.171827537	-2.103541332
2027	-1.193265246	-1.906076668	-0.799246809
2028	-0.142808688	-0.821123686	-0.191338588
2029	0.149907327	-0.146630937	0.322795838
2030	0.689424215	0.234572707	0.841706672
2031	1.668591505	0.82467226	1.486864835
2032		1.221864948	
პერიოდი	სააკადის მზის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	გლდანი-ის მზის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	მარნეულ-ის მზის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)
2026		-3.603541332	
2027	-3.415386117	-1.899246809	-4.415386117
2028	-1.661686451	-0.391338588	-2.661686451
2029	-0.333417182	0.322795838	-0.933417182
2030	0.475162884	0.941706672	0.175162884
2031	0.990955621	1.386864835	0.790955621
2032	1.690955621	1.946864835	1.390955621

ცხრილ 4-ში ასახული მონაცემები გვიჩვენებს, რომ მზის ენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა არის მაღალეფექტიანი.

4.2 ქვეთავში შეფასებულია საქართველოს ქარის ენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების პროგნოზული ეფექტიანობა. ცხრილ 5-ში მოცემულია საქართველოს ქარის სადგურების მიერ ელექტროენერჯის წარმოების პოტენციალი. ქარის ენერგეტიკა მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე მზარდი დარგია. ზოგ ქვეყანაში ქარის ენერჯის წილი ელექტროენერჯის მთლიან გამომუშავებაში თითქმის 50% შეადგენს. საქართველოსაც ქარის ენერჯის მნიშვნელოვანი პოტენციალი გააჩნია. საქართველოს ელექტროენერგეტიკის განვითარების გეგმის მიხედვით ქარის ელექტროსადგურების მიერ ელექტროენერჯის გამომუშავების მოცულობა შეფასებულია 4 მილიარდი კვტ. სთ-ით. ქვეყანაში ელექტროენერჯის წარმოებაში ქარის ენერჯის გამოყენების თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე გადაწყვეტის მიზნით სიღრმისეულად იქნა შესწავლილი და მეცნიერულად გაანალიზებული ქარის ენერგეტიკის განვითარებაში ინვესტიციების ეფექტიანობის შეფასების მეთოდები. მოძიებულ იქნა საქართველოში ენერჯეტიკის განვითარების სტრატეგიული გეგმის შესაბამისად დაგეგმილი ქარის ელექტროსადგურების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შესახებ სტატისტიკური მონაცემები, საჭირო ინვესტიციების მოცულობა, საოპერაციო ხარჯები, საერთაშორისო გამოცდილების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია 1 კვტ.სთ წარმოების ღონისძიებები, საქართველოში მთავრობის მიერ დადგენილი ტარიფი და სხვა აუცილებელი სტატისტიკური მაჩვენებლები ანგარიშის ჩასატარებლად. ამ ქვეთავში ექსტრაპოლაციის საშალებით დაანგარიშებულია როგორც ქარის სადგურების მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულებები, ასევე ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების საპროგნოზო ღირებულებას. საქართველოში ქარის პოტენციალის გათვალისწინებით რეგიონებად, მსოფლიო გამოცდილების მაგალითზე შერჩეულ იქნა ქარის სადგურის სიმძლავრის შესაბამისი ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემები და გამოთვლილია მისი საპროგნოზო ღირებულება.

**ცხრილი. 5. საქართველოს ქარის პოტენციალის გათვალისწინებით საჭირო დამაგროვებელი სადგურის სიმძლავრე, მისი ღირებულება და საერთო ჯამური ღირებულება ქარის სადგურის მშენებლობასთან ერთად**

პროექტის დასახელება	სიმძლავრე(მგვტ) /წლიური საპროგნოზო გამომუშავება (მლნ.კვტ.სთ)	გენერაციის ობიექთან განთავსებული ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემის დადგმული სიმძლავრე (მგვტ)	ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემის საპროგნოზო ღირებულება მითითებულ წელს დოლარი (1 კვტ)	დამაგროვებელი ელექტრო სისტემის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება (მლნ აშშ დოლარი)	ქარის ელექტროსადგურისა და ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემის მშენებლობის ღირებულება ერთად (მლნ აშშ დოლარი)
ფოთი	50 / 110	17	324	5.508	62.028
ჭოროხი	50 / 120	17	324	5.508	62.028
ქუთაისი	100 / 200	33	312	10.296	122.136
მთა-საბუეთი I	150 / 450	50	312	15.6	183.36
მთა-საბუეთი II	600 / 2000	200	324	64.8	743.04
გორი-კასპი	200 / 500	67	324	21.708	247.788
ფარავანი	200 / 500	67	324	21.708	247.788
სამგორი	50 / 130	17	312	5.304	61.224
რუსთავი	50 / 150	17	312	5.304	61.224
<b>ჯამი</b>	<b>1450 / 4160</b>				<b>1790.616</b>

ქარის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა მაღალი ეფექტიანობით ხასიათდება და მათი საშუალებით სისტემაში შესვლა თავის მხრივ გამორიცხავს სიხშირის არასტაბილურობას, საშუალებას იძლევა სარეზერვო ელექტროენერჯის წყაროების შექმნისა და პიკურ დატვირთვების დროს იმპორტირებული ელექტროენერჯის შემცირების, ყველაზე სწრაფი და საიმედო ელექტროენერჯის გამომუშავების. რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია შესაძლებელი ხდება ქარის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილის ზრდა დაახლოებით 15-20%-ის ფარგლებში. ფორმულა 2-ის მიხედვით შესრულებულია ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების პროგნოზული მაჩვენებლები. ანგარიშის შედეგები მცემულია ცხრილ -6 ში.

ცხრილ 6-ში მოცემული ეკონომიკური მაჩვენებლებით მტკიცდება, რომ ქარის ენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა აუცილებელი და მომგებიანია.

**ცხრილი 6. წდშ-ის ცვალებადობის დინამიკა, ქარის ელექტროენერჯის სადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა**

პერიოდი	ფოთ- ის ქარის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	ჭოროხ- ის ქარის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	ქუთაის- ის ქარის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)
2025	-10.12	-9.92	
2026	-6.99	-5.99	-12.10
2027	-2.19	-2.09	-7.80
2028	-0.74	-0.54	-2.19
2029	1.15	1.50	0.52
2030	2.69	2.79	1.84
2031	3.67	3.57	3.49
2032			4.69
პერიოდი	ფარავან-ის ქარის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	სამგორ- ის ქარის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	რუსთავ- ის ქარის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)
2025	-11.92		
2026	-7.99	-6.99	-6.69
2027	-3.09	-3.09	-2.79
2028	-1.54	-0.34	-0.04
2029	1.90	1.80	2.10
2030	3.79	2.99	3.29
2031	6.57	3.77	4.07
2032		5.07	5.37

4.3 ქვეთავში შეფასებულია საქართველოს წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების პროგნოზული ეფექტიანობა. ცხრილ 7-ში მოცემულია საქართველოს 20 წლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროსადგურის მიერ ელექტროენერჯის წარმოების პოტენციალი. წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ფართოდ გახდა გამოყენებადი ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების განთავსება, რაც ამცირებს ელექტროენერჯის გადაცემის დანაკარგებს და ხარჯებს. დასმული ამოცანის გადაწყვეტის განსაკუთრებულად აქტუალობას განაპირობებს ის ფაქტი, რომ ჰიდროენერჯეტიკა მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე მზარდი დარგია. ზოგიერთ ქვეყანაში ჰიდროენერჯის წილი ელექტროენერჯის მთლიან გამომუშავებაში თითქმის 90-95% შეადგენს. საქართველოშიც

ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის მოცულობა 80%-ია და სამომავლოდ გათვალისწინებულია ჰიდროენერჯეტიკის განვითარება. ამჟამად წყლის ჩამოდინებაზე მომუშაველი ელექტროსადგურების რაოდენობა 60-ს აღემატება. ქვეყანაში ელექტროენერჯის წარმოებაში წყლის მოდინებაზე მომუშავე ჰიდრო ენერჯის გამოყენების თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე გადაწყვეტის მიზნით სიღრმისეულად იქნა შესწავლილი და მეცნიერულად გაანალიზებული წყლის მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროენერჯეტიკის განვითარებაში ინვესტიციების ეფექტიანობის შეფასების მეთოდები. ამის საფუძველზე შემუშავებულია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასების ეკონომეტრიკული მოდელი. საქართველოს ელექტროენერჯის წარმოების მიხედვით შერჩეულ იქნა წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე 20 ჰიდროელექტროსადგური რომელთა ექსპლუატაციაში შესვლა დაგეგმილია 2024-2027 წლებში. ჰიდროლოგიური შეფასებით მოცემულია წყლის ხარჯის ათვისება ჰიდროელექტროსადგურებში, მასზე დაყრდნობით დადგინდა თუ კონკრეტული სადგურები როგორ იყენებენ წყლის ხარჯს. რამდენიმე სადგურის მაგალითზე დადგინდა, რომ უხვ წყლიანობის პერიოდში სხვადასხვა მიზეზების გათვალისწინებით ვერ ხდება საპროგნოზო ელექტროენერჯის გამომუშავება და სხვაობა დაახლოებით 8-10%-მდე მერყეობს. აღნიშნული შეიძლება გავრცელდეს არაუხვწყლიანობის პერდიოში სხვადასხვა ფაქტორების გათვალისწინებით. მსოფლიო გამცდილების მაგალითზე შერჩეულ იქნა ჰიდროელექტროსადგურის სიმძლავრის შესაბამისი დამაგროვებელი ელექტროსადგური და გამოყებულია მისი საპროგნოზო ღირებულება. შესწავლილია მითითებული ელექტროსადგურის ექსპლუატაციის რეჟიმები, დადგენილია ელექტროენერჯის წლიური გამომუშავების მოცულობა, შეფასებულია მის ოპერატიული რეზერვში გამოყენების პერსპექტივა, სეზონურობის თვისებურება.

წყლის მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებისთვის გამოყენებულია ეკონომეტრიკული მოდელი. როდესაც ჰიდრო ელექტროსადგურებში ხდება დამაგროვებლის დანერგვა, რაც განაპირობებს



გამომუშავებული ელექტროენერჯის ზრდასა და გამომუშავებულ ელექტროენერჯის საჭიროებისამებრ გამოიყენებას ოპერატიულ რეზერვად.

**ცხრილი 7. საქართველოს ჰიდრო პოტენციალის გათვალისწინებით საჭირო დამაგროვებელი სადგურის სიმძლავრე, მისი ღირებულება და საერთო ჯამური ღირებულება ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობასთან ერთად**

დასახელება	დადგმული სიმძლავრე / გამომუშავებული საპროგნოზო ( მლნ.კვტ.სთ)	გენერაციის ობიექტთან განთავსებული დამაგროვებელი სადგურის დადგმული სიმძლავრე (მგვტ)	ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების საპროგნოზო ღირებულება მითითებულ წელს დოლარი (1 კვტ)	ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება (მლნ აშშ დოლარი)	წყლის მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურისა და დამაგროვებელი ელექტროსადგურების მშენებლობის ღირებულება ერთად (მლნ აშშ დოლარი)
ჯონოულა 2	32 / 129	43	335	14.4	50.44
გუბაზეული ჰესი	6 / 27	9	335	3.0	9.77
ბახვი ჰესი 2	36 / 123	41	335	13.7	54.27
სორგიეთი 1	15 / 68	23	335	7.7	24.60
სორგიეთი 2	16 / 73	24	335	8.0	26.06
ონი 1	122 / 441	147	324	47.6	181.11
ონი 2	84 / 339	113	324	36.6	128.52
ნატანები 3	9 / 64	21	324	6.8	16.65
ბაისუბანი	5 / 31	10	324	3.2	8.71
ახალსოფელი ჰესი	5 / 27	9	324	2.9	8.39
ძეგვი ჰესი	16 / 82	27	324	8.7	26.25
კამარა ჰესი	13 / 64	21	324	6.8	21.03
ბახვი ჰესი 1	12 / 50	17	324	5.5	18.64
ალპანა ჰესი	55 / 253	84	324	27.2	87.39
ხანი ჰესი	6 / 29	10	324	3.2	9.80
ხრამი ჰესი 7	3 / 19	6	324	1.9	5.23
ტეხურის კასკადი	112 / 650	217	324	70.3	192.85
ნატანები 2	10 / 70	23	312	7.2	17.81
მტკვარი კასკადი 4	78 / 615	205	312	64.0	146.88
ნატანები 1	6 / 40	13	300	3.9	10.10
<b>ჯამი</b>	<b>641 / 3194</b>				<b>1044.51</b>

საშალეა ეძლევა ჰესს აითვისოს წყლის სრული რაოდენობა, რა რაოდენობის ათვისებასაც შეძლებს გენერატორი. შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა მაღალი ეფექტიანობით ხასიათდება და

მათი საშუალებით სისტემაში შესვლა თავის მხრივ გამოიცხავს სიხშირის არასტაბილურობას, საშუალებას იძლევა სარეზერვო ელექტროენერჯის წყაროების შექმნისა და პიკურ დატვირთვების დროს იმპორტირებული ელექტროენერჯის შემცირების, ყველაზე სწრაფი და საიმედო ელექტროენერჯის გამომუშავების. რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია შესაძლებელი ხდება წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილის ზრდა დაახლოებით 8-10%-ის ფარგლებში.

ფორმულა 5-ის მიხედვით შესრულებულია წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების პროგნოზული მაჩვენებლები. ანგარიშის შედეგები მცემულია ცხრილ -8 ში.

**ცხრილი 8. წდშ-ის ცვალებადობის დინამიკა, მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა**

პერიოდი	ნატანები 3 ჰიდროელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	ბაისუზნის ჰიდროელექტროსადგური ს წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	ახალსოფლის ჰიდროელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)
2025	-6.9945	-6.4945	-5.9945
2026	-4.1933	-3.6933	-3.1933
2027	-1.7428	-1.2428	-0.7428
2028	-0.8428	-0.3428	-0.3572
2029	-0.1428	0.3572	0.6572
2030	0.8686	1.3686	1.0686
2031	1.5686	2.0686	2.0686
2032	2.2686	2.7686	2.9686
პერიოდი	ძეგვის ჰიდროელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	კამარა ჰიდროელექტროსადგური ს წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	ბახვი 1 ჰიდროელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)
2025	-5.9592	-4.9961	-4.7818
2026	-3.9972	-2.2095	-3.4238
2027	-1.5466	-1.2851	-1.4993
2028	-0.7714	-0.7136	-0.7136

2029	-0.5495	-0.2067	0.2067
2030	1.8947	0.5490	0.7633
2031	2.3843	0.8347	1.4061
2032	2.8843	1.2219	1.9061

ცხრილ 8-ში ასახული მონაცემების ანალიზით ირკვევა, რომ წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა ეფექტიანია და ამ პროექტის განხორციელება დიდ სარგებელს მოუტანს საქართველოს ელექტროენერჯეტიკას.

### დასკვნები და რეკომენდაციები

- მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების საერთაშორისო გამოცდილების, მეცნიერული ანალიზისა და საქართველოში ამ მიმართულებით არსებული პოტენციალის სიღრმისეული შესწავლის საფუძველზე განისაზღვრა დასმული პრობლემის აქტუალობა და დაისახა მისი გადაწყვეტის გზები;
- მზის, ქარისა და წყლის მოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების ეფექტიანობის მეცნიერული კვლევების შედეგების, მსოფლიოში აპრობირებული მეთოდების, საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების სპეციფიკის გათვალისწინებით, შემუშავებულია მითითებულ ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელი და ამ მოდელის მიხედვით ეფექტიანობის შეფასების ანგარიშის ალგორითმი, რომლის მიხედვითაც დაანგარიშებულია მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის მაჩვენებლები.

ანგარიშით მიღებული შედეგების ანალიზით დადგენილია ეფექტიანობის რეალური მაჩვენებლები;

- საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის მოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დასანერგად ოპტიმალური ტიპების შერჩევის მიზნით სიღრმისეულად არის შესწავლილი ამ დამაგროვებლების წარმოების უკანასკნელი 10 წლის განმავლობაში და მათი გამოყენების საერთაშორისო გამოცდილება. დადგენილია თითოეული დამაგროვებლის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები, პროგნოზულად გაანალიზებულია ამ მაჩვენებლების ცვალებადობის დინამიკა. ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზის საფუძველზე შერჩეულია ქვეყანაში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე სტრატეგიული გეგმით განსაზღვრული ასაშენებელ ელექტროსადგურებზე ტექნიკური და ეკონომიკური მაჩვენებლების მიხედვით საქართველოში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემები;
- მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურების უკანასკნელი 10 წლის ექსპლუატაციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ანალიზისა და ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელით გათვალისწინებულ ფაქტორების შედარებითი ანალიზით დადგენილია ანგარიშისთვის აუცილებელი საწყისი ინფორმაციის ნუსხა. ამ ინფორმაციის მოსაძიებლად ჩატარდა დიდი მოცულობის კვლევითი სამუშაო. შედეგად დაზუსტდა საინფორმაციო პარამეტრების სიდიდეები;
- შეფასდა საქართველოში ენერჯეტიკის განვითარების სტრატეგიული გეგმით გათვალისწინებული მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის მოსალოდნელი წარმოების პოტენციალი, თითოეული ასაშენებელი სადგურისათვის შეირჩა დასანერგი ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ტიპები, მათი დანერგვისთვის აუცილებელი ინვესტიციების მოცულობები. შეფასებულია

მშენებლობის დიდებულებები დამაგროვებლებით და დამაგროვებლების გარეშე;

- ქვეყანაში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებისთვის აუცილებელი საწყისი ინფორმაციისა და ამ სადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვისთვის ინვესტიციების მოცულობების გათვალისწინება. ეფექტიანობის ანგარიშის ალგორითმითა და კომპიუტერული პროგრამა ექსელის მეშვეობით დაანგარიშებულია თითოეულ ელექტროსადგურში ელექტროენერჯის დამაგროვებლის გამოყენების ეფექტიანობა. შესრულებულია დამაგროვებლებისა და მათ გარეშე ეფექტიანობის შედარებით იანალიზი და ნაჩვენებია დამაგროვებლების დანერგვით მაღალი ეფექტიანობა;
- ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგენილია, რომ საქართველოში ენერჯეტიკის განვითარების სტრატეგიული გეგმის მიხედვით გათვალისწინებული მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის შედეგად რეგულირებადი ელექტროენერჯის წარმოება გაიზრდება მილიარდ კვტ.სთ-ზე მეტად წელიწადში. მთლიანად აღნიშნული სადგურები ექსპლუატაციაში შესვლის შემდეგ გამოიმუშავენ 9 მილიარდ 300 მილიონ კვტ.სთ-ს. ელექტროსისტემას მიეცემა საშუალება ოპერატიული რეზერვი გაზარდოს 3 მილიარდი კვტ.სთ-ით;
- კვლევის შედეგების ეკონომიკურმა ანალიზმა აჩვენა, რომ საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის შედეგად მზის ელექტროსადგურებზე ელექტროენერჯის წარმოება მომგებიანია 4 წლის ექსპლუატაციის შემდეგ, ანალოგიური შედეგია ქარის ელექტროსადგურებში, წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში კი ელექტროენერჯის წარმოება მომგებიანია 5 წლის შემდეგ პერიოდში;

- ჩატარებული კვლევების ანალიზიდან გამომდინარე მიგვაჩნია, რომ საქართველოში ყველა ახალ მშენებარე ელექტროსადგურში გარდა მარეგულირებელი ელექტროსადგურებისა უნდა დაინერგოს ელექტროენერჯის დამაგროვებლების თანამედროვე სისტემები;
- კომპლექსური კვლევითი სამუშაოები უნდა ჩატარდეს საქართველოს ელექტროსისტემაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების შესაძლებლობების გამოსავლენად. კვლევების შედეგების მიხედვით შემუშავებული უნდა იქნეს ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის პროგრამა. ამ პროგრამის განხორციელების უზრუნველყოფა პირველი რიგის ამოცანად უნდა ჩაითვალოს ენერგეტიკის დარგის ხელმძღვანელებისთვის;

### გამოქვეყნებული ნაშრომების სია:

1. ჯაფარიძე დ., ლუდუმიძე გ. საქართველოს მცირე სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურებისთვის დამაგროვებლების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება და დანერგვა ელექტროსისტემაში. III საერთაშორისო კონფერენციის - „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“ - შრომები, „ენერჯია“, 2021, №2(98), გვ. 189-195.
2. ლუდუმიძე გ. ჯაფარიძე დ. ქარის ენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელის შემუშავება და აპრობაცია საქართველოში. სტუ-ის შრომები, 2022, №2(524), გვ. 66-80.
3. Ghudumidze G., Japaridze D. Assessing the Efficiency of Solar Energy Development in Georgia and Ways to Increase It. Proceedings of International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies Dedicated to The 100<sup>th</sup> Anniversary of „Georgian Technical University“, Tbilisi, July 2022, pp. 291-300.
4. ლუდუმიძე გ. ქარის ელექტროენერჯის გამოყენების შეფასება და მისი ამალგების გზები. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, 2023, №1(741), გვ. 34-46.

## Abstract

The dissertation is devoted to the evaluation of the effectiveness of the introduction of electricity storage stations. Due to the relevance of solving the problem at the level of modern requirements, the practice of using electricity accumulators in energy has been studied in depth. Energy efficiency assessment methods are analyzed. According to the results of scientific studies, it is established that electricity accumulators should be introduced, considering that electricity accumulators have not been implemented in Georgia's electric power industry at all. Based on the results of the in-depth study of the experience of the world practice and taking into account the complex specifics of the country's electric power, the optimal econometric model for the evaluation of the effectiveness of the introduction of accumulators and the algorithm of its effectiveness report have been developed. The compatibility of electricity produced in solar, wind and run-off power plants with the electrical system and the problems associated with this process are investigated. The conducted studies show that fully utilizing the potential of solar and wind energy of Georgia is connected with a number of difficulties. First of all, this process is accompanied by changes in the frequency of electricity depending on the weather and time and its impact on the stability of the electrical system, which seriously reduces the efficiency of the development of solar and wind energy. In addition to this, the consumption is increasing significantly. In order to solve these difficulties, one of the determining factors for increasing the efficiency of the development of solar, wind and hydroelectric power plants is considered to be the widespread introduction of modern electricity collection systems in this field. In order to substantiate the implementation of electricity storage systems in solar, wind and water-based power plants, a unified methodology of optimal models of the efficiency of the implementation of electricity storage systems in the energy sector has been formed. This method has been tested in solar, wind and hydroelectric power plants. As a result of the evaluation of the technical-economic effectiveness of the universal implementation of accumulators in the conditions of full utilization of the potential in this type of stations, it is determined that the introduction of accumulators in solar, wind and water runoff power stations in Georgia is effective and the prospects of introduction of accumulator systems are substantiated.

Based on the analysis of the results of the research, it is substantiated that the study-solution of the given task with the proposed methodology ensures the balancing of electricity supply and demand in Kvetana, the development of the construction of power plants powered by renewable sources, frequency balancing, creating more comfort for consumers, increasing electrical stability, and creating a source of electricity reserve.

Dissertation thesis consists of chapter IV.

**In chapter I**, the world practice of using electric energy storage systems in electric power generation is analyzed. The problems in the energy sector of Georgia in this direction are shown. Taking into account the world's best experience of solving this task, the need to introduce electricity storage systems in solar, wind and solar power plants in Georgia is substantiated.

**In Chapter II**, the optimal econometric model for the evaluation of the effectiveness of the introduction of electricity collection systems in solar, wind and hydroelectric power

plants is given, and the algorithm of the efficiency evaluation report for each type of power plant is developed.

**In Chapter III**, based on the research in Sigismund, the methodology of electricity collection systems in Georgian solar, wind and hydroelectric power plants is established. Based on the comparative technical-economic analysis based on the world experience in this direction, the type of electricity collectors with the best indicators has been selected.

**In Chapter IV**, the approbation of the introduction of electricity storage systems in solar, wind and hydropower plants is given. For which the necessary initial information for the report is sought, the effectiveness of the introduction of electricity collection systems in each type of power plant is evaluated through the algorithm of the efficiency report and the computer program Excel. The energy potential of the power plants to be built, provided for in the development plan of the Georgian energy system, is determined, and the overall efficiency is summarized comprehensively, taking into account the technical and economic indicators.

According to the results of the research on the topic of the dissertation, conclusions and recommendations have been formulated, the implementation of which in practice will bring great benefits to the electric power industry of Georgia and the country's economy.