

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

სალომე ლომიძე

საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის ოპტიმალური მოდელირება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფრ ატი

სადოქტორო პროგრამა“ ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი 0405

თბილისი

2015 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის

ელექტროენერგეტიკისა და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ასოცირებული პროფესორი, მაკა გუდიაშვილი

რეცენზენტები:

1. სტუ-ის ბიზნეს ინჟინერინგის ფაკულტეტის საინჟინრო ეკონომიკის დეპარტამენტის უფროსი, პროფესორი ალექსანდრე სიჭინავა

2. ნინო გობალიშვილი, სს საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის ელექტროენერჯის აღრიცხვის კონტროლისა და ბალანსების განყოფილების უფროსის მოადგილე, აკადემიური დოქტორი.

დაცვა შედგება 2015 წლის "-----" ივლისის , ----- საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი VIII, აუდიტორია 123.

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა – სტუ-ს ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი, პროფესორი

გ. ხელიძე

RESUME

The paper presents the optimal modeling of structure of the electricity production capacity.

The work involves an introduction, literature review, three chapters, conclusion, bibliography and appendices.

The first chapter „Georgian energy’s geopolitical place and role in the world economy”, dedicated to the study of the role and geopolitical place of energy.

In today's world started the search of nontraditional, renewable energy efficient use, to switch the scarce energy resources, such as coal, natural gas and oil to renewable sources of energy. In addition, the use of renewable energy to come to the first place due to factors such as the limited supplies of traditional energy resources, global warming and increase in the number of energy customers. Georgia have renewable energy potential and it is one of the richest countries regarding the hydropower and renewable energy sources. The development of energy sector will allow to satisfy the internal demand and become major regional exporter of electricity.

Based on the data of the World Bank, presented indicators of Turkey, Azerbaijan and Europe’s one of the developed countries, Norway, (which corresponds to the amount of the population with Georgia) during 2002-2012 years. Indicators are as follows: production and total consumption of the electricity of by own facilities. production and total consumption of the electricity per capita population. The amount of electricity produced by hydroelectric power and percentage part of total industrial production, as well as carbon dioxide emissions. Georgia’s Geopolitical role and importance show one of the indicators hydropower electricity obtained by using renewable sources. The analysis showed that Georgia exceeds the corresponding figures for Turkey and Azerbaijan, and only a few percentage points lower than in Norway. The geopolitical role of Georgia in the South Caucasus will grow, if it successfully engage in in the world emissions trading system, where low-emission countries can sell their quotas and high-emission countries will purchase it to meet their duties on the reduction of emissions in accordance with the terms of the agreement of „Kyoto Protocol”. Georgia have a good level of carbon dioxide emissions by comparison with Turkey and Azerbaijan. Georgia's geopolitical location, which is situated between the South Caucasus and South-Eastern Europe, will contribute to strengthening the security of energy supply in Georgia.

The second chapter „The modeling of the structure of the electricity production capacity" linked with the Georgian energy strategy with the aim to present a priority for the promotion of public and private investment and technological development in the energy sector. The strategy aims, the need to ensure a production increase up to 14 billion kWh of electricity during the forecast period, in the years 2015-2020. The growing needs of electricity demand is the prospective task on the agenda for the development of energy capacity, which provides him the charges of economic criteria, such as non-renewable energy resources and the level of spending. It is appropriate distant perspective, maintaining the ecological balance of the capital needed for the reasonable volume, etc., represents multicriterial task, that can be solved by building a mathematical model.

According to the data of 2013-2014, the annual output of electricity in Georgia, was 10 billion kWh and if we consider that this amount will remain in the following years, by 2020, we need 4 billion kWh additional energy to reach the projected figure (14 billion kWh). On the basis of the scientific research, developed a model of the electricity production capacity, where optimally allocated capital, labor and financial resources. According the objectives and constraints, the following conditions are satisfied: for the perspective period 2015-2020 should be built hydropower stations with a regulating reservoir - 908 MW with peak load. It is recommended to construct a 20 MW wind energy plant as well (the Gori district project) and 230 MW capacity gas-fired heat power station. 85 MW small hydro power plants should be built to meet the demands of the local regions.

The third section presents „Hydropower plant selection by fuzzy logic". In order to determine which of the medium and large-capacity power plants entered in action, or in an additional 908 MW capacity Hpps will fill the structure, we use the fuzzy logic elements. We make the choices of such criteria, that quantitative values do not possess and we should use linguistic mathematical modeling on the basis of the software package.

The information processed by the computer program on each of the Hpps, with reservoir volume and assessed the environmental impact of each criteria. Each criterion has the quantitative importance and the software package on the basis of the report by entering the characteristics of weight coefficients and their influence on the overall level are built charts and diagrams.

On that basis, have been subjected to economic analysis 15 medium and large plants from presented by the Ministry of Energy 60 perspective HPPs. Special attention was paid power plants, which have a regulating reservoir, because they have the most negative impact on the climate, ecological, geological and social conditions.

For each HPP, calculated the following greenhouse gases emissions, like carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (NO₂). Rated evaluations of investment in hydro power plants, each plant is given to the relevant points, from 1 to 100. Hpps above 20 points is considered to be the object of negative environmental impacts. Each of the power of negative environmental impacts. After evaluation in percentages as follows: the most negative impact makes Khudoni Hpp, the weighted average number - 46.66% and the Nenskra Hpp - 23.63%. Thus, excluded Nenskra and Khudoni power stations, and the desired amount of electricity can be obtained without pain, in particular involuntary resettlement and without compulsory deprivation of private property;

The developed optimal structure of the power energy grid by 2020 will meet the country's electricity needs with considering the economic, environmental and territorial distribution of production capacities.

The results of executed works are given in the conclusion. The annexes include illustration tables.

1. ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა. სადისერტაციო თემა „საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის ოპტიმალური მოდელირება“ თანამედროვე საქართველოსთვის წარმოადგენს ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხს, რადგან ელექტროენერჯის სულ უფრო მზარდი მოთხოვნის პერსპექტიული ამოცანის დასაკმაყოფილებლად დღის წესრიგში დგას ადგილობრივი რესურსების ათვისების ფართომასშტაბიანი საინვესტიციო საქმიანობის წარმართვა. აღსანიშნავია, რომ საქართველო საკუთარი წარმოების სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების მხრივ, საკმაოდ შეზღუდულია და მთლიანად დამოკიდებულია ნავთობპროდუქტებისა და ბუნებრივი აირის იმპორტზე.

სადოქტორო ნაშრომის მიზანია საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში საწარმოო სიმძლავრეების განვითარების ოპტიმალური სტრუქტურის მოდელირება. განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ისეთი ახალი ელექტროსადგურების მოქმედებაში შეყვანას, რომელიც ნაკლებად დააზიანებს და დააბინძურებს გარემოს, ამავედროულად ითვალისწინებს კაპიტალური და საექსპლუატაციო ხარჯების გამართლებულ მოცულობას და მინიმალური დანახარჯებით დააკმაყოფილებს ელექტროენერჯიაზე ქვეყნის გაზრდილ მოთხოვნას, განსაკუთრებით, შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში.

კვლევის მიზანი - უახლესი ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელის გამოყენებით ენერგოპროექტების სარეიტინგო შეფასებების კრიტერიუმების დადგენა და ენერგოპროექტის არჩევის მეთოდის დამუშავება.

მიზნის მისაღწევად და ამოცანის დასაკმაყოფილებლად საჭიროა მეცნიერული კვლევის საფუძველზე დამუშავდეს საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში საწარმოო სიმძლავრეების განვითარების ისეთი მოდელი 2015 - 2020

წლებისთვის, რომელიც უზრუნველყოფს მისდამი წაყენებული ეკონომიკური კრიტერიუმების დაკმაყოფილებას, როგორცაა არაგანახლებადი ენერგორესურსების ხარჯვის მიზანშეწონილი და ოპტიმალური დონე შორეული პერსპექტივის გათვალისწინებით, ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებისთვის საჭირო კაპიტალდაბანდებათა გამართლებული მოცულობა და ა.შ.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. კვლევის ობიექტად შერჩეულია პოტენციური საინვესტიციო ენერგოპროექტები, რომელთა განხორციელებაც შესაძლებელია საქართველოში. საკითხის აქტუალობიდან გამომდინარე, ელექტროენერგეტიკის საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის მოდელირებას ეძღვნება მრავალი მეცნიერის, მათ შორის აკად. ვ. ჭიჭინაძის და საქართველოს ენერგეტიკის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მეცნიერების შრომები. წინამდებარე სადოქტორო ნაშრომში დასმული ამოცანების გადასაწყვეტად გამოყენებულია კვლევის თანამედროვე ფორმები და მიდგომები, კერძოდ, ლინგვისტური უმჯობესობის მათემატიკურ მოდელირების საფუძველზე შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტი. არამკაფიო ლოგიკის თეორიის საფუძველზე შემუშავებული იქნა საქართველოს ელექტროსისტემის საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის ოპტიმიზაციის ალგორითმი. კვლევა ატარებს კომპლექსურ ხასიათს და მასში სრულად აისახა ის ფაქტორები, რაც გავლენას ახდენს ელექტროენერგეტიკის საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის ფორმირებაზე.

ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე:

- გაანალიზებულია საქართველოს ენერგეტიკის გეოპოლიტიკური ადგილი და როლი მსოფლიო ეკონომიკაში. გაკეთებული შედარებითი ანალიზი შემდეგი მაჩვენებლების მიხედვით საქართველოს, თურქეთის, აზერბაიჯანისა და

ნორვეგიისთვის: ელექტროენერჯის საკუთარი საშუალებებით წარმოება და საერთო მოხმარება, ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, ჰიდროსადგურების მიერ გამოშვებული ელექტროენერჯის რაოდენობა ნატურალურ მაჩვენებლებში და პროცენტული რაოდენობა საერთო წარმოებაში, აგრეთვე ნახშირორჟანგის ემისიის რაოდენობა 2002-2012 წლების მიხედვით.

- მეცნიერული კვლევის საფუძველზე დამუშავებულია საქართველოს ელექტროენერჯეტიკის სანარმოო სიმძლავრეების განვითარების ისეთი მოდელი, რომელიც წარმოდგენილი მიზნის ფუნქციისა და შეზღუდვების გათვალისწინებით ოპტიმალურად გაანაწილებს კაპიტალურ, შრომით და ფინანსურ რესურსებს.

- ალტერნატიული ელექტროსადგურის ასარჩევად, რადგან არჩევანი კეთდება ისეთი კრიტერიუმების მიხედვით, რომელთაც ზუსტი რაოდენობრივი მნიშვნელობები არ გააჩნიათ, გამოყენებულია ფაზი-ლოგიკის ელემენტები, კერძოდ, ლინგვისტური უმჯობესობის მათემატიკურ მოდელირების საფუძველზე შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტი.

- დამუშავებულია კომპიუტერულ პროგრამაში შემავალი ინფორმაცია თითოეული ჰესის წყალსაცავის მოცულობის და გარემოზე ზემოქმედების სხვა კრიტერიუმების მიხედვით.

- განსაზღვრულია ასარჩევი ჰიდროსადგურისთვის დამახასიათებელი კრიტერიუმების ლინგვისტური ტერმები.

- თითოეული ჰიდროსადგურისთვის მარეგულირებელი წყალსაცავის მოცულობის მიხედვით გაანგარიშებულია შემდეგი სათბურის გაზების,

როგორცაა ნახშირორჟანგის (CO₂), მეთანის (CH₄) და აზოტის ქვეჟანგის (NO₂) ემისიები.

შედეგების გამოყენების სფერო. სადისერტაციო ნაშრომში განხორციელებული კვლევის შედეგები ხელს შეუწყობს საქართველოს ენერგეტიკაში სანარმოო სიმძლავრეების განვითარების თემატიკაზე მეცნიერული კვლევების გაღრმავებას. ნაშრომში განხორციელებული კვლევის შედეგები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას საქართველოს ენერგეტიკის სამინისტროსა და სხვა ენერგეტიკული პროფილის დაწესებულებებში. კვლევის შედეგად მიღებული რეკომენდაციების პრაქტიკული დანერგვა ენერგეტიკაში ხელს შეუწყობს სანარმოო სიმძლავრეების ისეთ განვითარებას, რომელიც დააკმაყოფილებს ქვეყნის მოთხოვნილებას ელექტროენერგიაზე ეკოლოგიური და სოციალური პირობების გათვალისწინებით.

დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა. ნაშრომი შედგება 120 გვერდისგან, შემადგენელი კომპონენტებია: შესავალი, ლიტერატურის მიმოხილვა, სამი თავი, 21 ნახაზი, 17 ცხრილი და ორმოცდათერთმეტი დასახელების ქართულ, რუსულ და ინგლისურ ენებზე გამოქვეყნებული ლიტერატურა, აგრეთვე ინტერნეტში მოძიებული მასალა. ნაშრომს თან ერთვის შესაბამისი დასკვნები და დანართი.

ნაშრომის აპრობაცია

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი საკითხები მოხსენებების სახით გაშუქდა საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებზე, თემატურ სემინარებზე და კოლოკვიუმებზე. ნაშრომის ძირითადი ნაწილი გამოქვეყნებულია ჟურნალებში „ბიზნეს-ინჟინერინგი“, „ენერჯია“ და სტუ-ის შრომების კრებული.

საერთაშორისო კონფერენცია

ჰიდროსადგურის ენერგეტიკული ინდიკატორის პროგნოზირება უმცირეს კვადრატთა მეთოდის გამოყენებით (ინგლისურად). საერთაშორისო ეკონომიკური კონფერენცია - IEC 2013 „ეროვნული ეკონომიკის განვითარების მოდელები: გუშინ, დღეს, ხვალ“. ჟურნალი „ბიზნეს ინჟინერინგი“ #4, 2013. გვ. 126-127;

თემატური სემინარები

1. პოლიტიკური ეკონომია და ენერგეტიკის სფეროს ანალიზის მეთოდოლოგიები. სტუ, 2013;
2. საქართველოს ენერგოპოლიტიკა და გლობალური ენერგობალანსი. სტუ, 2014;

კოლოკვიუმები

1. ენერგეტიკა და რეგიონული უსაფრთხოების სქემები. სტუ, 2013;
2. საქართველოს ენერგო გეოპოლიტიკური მომავალი. სტუ, 2014;
3. საქართველოს ელექტროსისტემის სტრუქტურის მოდელირება. სტუ, 2015.

გამოქვეყნებული ნაშრომები

1. საქართველოს ენერგო გეოპოლიტიკური მომავალი ჟურნალი „ბიზნეს-ინჟინერინგი“ #19. 2013;
2. საქართველოს ელექტროსისტემის სტრუქტურის მოდელირება. სტუ-ს შრომების კრებული #4 (494). 2014, გვ. 9-14;
3. ინვესტიციური გადაწყვეტილების მიღება ენერგეტიკაში ფაზი-ლოგიკის გამოყენებით. ჟურნალი „ენერჯია“ #4(72). 2014, გვ. 98-101.

I. ლიტერატურის მიმოხილვა

ლიტერატურის მიმოხილვაში წარმოდგენილია სადისერტაციო ნაშრომში დასმული საკითხის ირგვლივ გამოქვეყნებული შრომები და პუბლიკაციები.

II. შედეგები და მათი განსჯა

სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის შედეგები და მეცნიერული განსჯა წარმოდგენილია სამ თავად;

პირველი თავი - „საქართველოს ენერგეტიკის გეოპოლიტიკური ადგილი და როლი მსოფლიო ეკონომიკაში“, ეძღვნება საქართველოს ენერგეტიკის გეოპოლიტიკური ადგილის და როლის კვლევას. დღევანდელ მსოფლიოში დაწყებულია არატრადიციული, განახლებადი ენერჯის ეფექტურად გამოყენების საშუალებების ძიება, რათა ამოწურვადი ენერგეტიკული რესურსების, როგორცაა ნახშირი, ბუნებრივი გაზი და ნავთობის გამოყენება ენერგეტიკული მიზნებისთვის შეიცვალოს განახლებადი ენერჯის წყაროებით. გარდა ამისა, განახლებადი ენერჯის გამოყენების წინა პლანზე გადმოსვლა გამონვეულია ისეთი ფაქტორებით, როგორცაა ტრადიციული ენერგორესურსების შემლუდული მარაგი, გლობალური დათბობა და ენერჯის მომხმარებელთა რაოდენობის ზრდა. საქართველო განახლებადი ენერჯის პოტენციალის, განსაკუთრებით ჰიდროენერჯის მხრივ ერთ-ერთი უმდიდრესი ქვეყანაა და განახლებადი ენერჯის სექტორის განვითარება საშუალებას მისცემს დააკმაყოფილოს ქვეყნის შიგა მოთხოვნა და ელექტროენერჯის მსხვილ რეგიონულ ექსპორტიორად იქცეს. მსოფლიო ბანკის მონაცემებზე დაყრდნობით გაანალიზებულია საქართველოს, თურქეთის, აზერბაიჯანის და ევროპის ერთ-ერთი განვითარებული ქვეყნის, ნორვეგიის, (რომელიც მოსახლეობის რაოდენობის მხრივ შეესაბამება საქართველოს), 2002-2012 წლების შემდეგი მაჩვენებლები: ელექტროენერჯის საკუთარი საშუალებებით წარმოება და საერთო მოხმარება, ასევე ნაჩვენებია ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე,

ჰიდროსადგურების მიერ გამოშვებული ელექტროენერჯის რაოდენობა ნატურალურ მაჩვენებლებში და პროცენტული რაოდენობა საერთო წარმოებაში, აგრეთვე ნახშირორჟანგის ემისიის რაოდენობა. საქართველოს გეოპოლიტიკური როლის და მნიშვნელობის ერთ ერთი მაჩვენებელია მისი განახლებადი ენერჯის წყაროებით, განსაკუთრებით ჰიდროენერჯის გამოყენებით მიღებული ელექტროენერჯის ხვედრითი წილი საკუთარი საშუალებებით გენერაციის საერთო მოცულობასთან. ანალიზმა აჩვენა, რომ საქართველო მნიშვნელოვნად აჭარბებს თურქეთისა და აზერბაიჯანის ანალოგიურ მაჩვენებლებს და მხოლოდ რამდენიმე პროცენტული პუნქტით ჩამორჩება ნორვეგიას. საქართველოს გეოპოლიტიკური როლი სამხრეთ კავკასიაში გაიზრდება, თუ ის წარმატებით ჩაერთვება ემისიებით ვაჭრობის მსოფლიო სისტემაში, სადაც დაბალი ემისიის მქონე ქვეყნები მიყიდნიან თავის ქვოტებს მაღალი ემისიის მქონე ქვეყნებს, რათა მათ შეასრულონ „კიოტოს ოქმის“ შესაბამისად დადებული ხელშეკრულების პირობები ემისიების შემცირების თაობაზე. საქართველოს ყველაზე კარგი მონაცემები გააჩნია ნახშირორჟანგის ემისიის მიხედვით თურქეთთან და აზერბაიჯანთან შედარებით.

მეორე თავი „ელექტროსისტემის სანარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის მოდელირება“ უკავშირდება საქართველოს ენერჯეტიკული სტრატეგიის მიზანს, რომ საქართველომ უნდა უზრუნველყოს 2015-2020 წლებში ელექტროენერჯის წარმოების გაზრდა 14 მლრდ კვტს-მდე. ელექტროენერჯის სულ უფრო მზარდი მოთხოვნის პერსპექტიული ამოცანის დასაკმაყოფილებლად საქართველოსთვის დღის წესრიგში დგას ენერჯეტიკული სიმძლავრეების ისეთი განვითარება, რომელიც უზრუნველყოფს მისდამი წაყენებული ეკონომიკური კრიტერიუმების დაკმაყოფილებას. აღნიშნული საკითხი წარმოადგენს მრავალკრიტერიუმიან ამოცანას, რომლის

გადაწყვეტა შესაძლებელია მათემატიკური მოდელის აგებით. განვიხილოთ ერთწლიან მონაკვეთებად დაყოფილი $T=5$ წლიანი პერიოდი (2015-2020 წ.წ.), ნებისმიერ t წელს ძირითადი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები: წლიურად გამომუშავებული ელექტროენერგია (W), ერთდროული კაპიტალური ხარჯები (K), წლიური შემოსავალი (X) სხვადასხვა ენერგეტიკული ობიექტებისთვის იქნება შესაბამისად: მცირე i -ური ჰესებისათვის ($i=1,2,\dots,n$) - $w_{1i}; K_{1i}; x_{1i}$; დიდი j -ური ჰესებისათვის ($j=1,2,\dots,m$) - $w_{2j}; K_{2j}; x_{2j}$; ქვანახშირზე მომუშავე e -ური თესებისათვის ($e=1,2,\dots,L$) - $w_{3e}; K_{3e}; x_{3e}$; მაზუთზე მომუშავე b -ური თესებისათვის ($b=1,2,\dots,B$) - $w_{4b}; K_{4b}; x_{4b}$; ბუნებრივ აირზე მომუშავე c -ური თესებისათვის ($c=1,2,\dots,C$) - $w_{5c}; K_{5c}; x_{5c}$; ქარის ენერგიაზე მომუშავე q -ური ენერგეტიკული ობიექტებისათვის ($q=1,2,\dots,Q$) - $w_{6q}; K_{6q}; x_{6q}$; მოცემული ეკონომიკური მაჩვენებლები (w, k, x) ცვლადი სიდიდეებია დროში და მათი აღნიშვნა შეიძლება a ასოთი, რომელიც აკმაყოფილებს პირობას: $a=1$, როცა $T \geq T^0$, რაც ნიშნავს იმას, რომ ნებისმიერი ახალი ენერგეტიკული ობიექტის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია აღირიცხება მხოლოდ ექსპლუატაციაში გაშვების მომენტიდან. ჰესების საერთო გარანტირებული სიმძლავრე აღვნიშნოთ P_1 -ით, თესებისათვის P_2 -ით, არატრადიციულ ენერჯის წყაროზე მომუშავე ელექტროსადგურებისთვის P_3 -ით, გარანტირებული საერთო მაქსიმალური სიმძლავრე P_0 -ით, ელექტროენერჯის წარმოების წლიური მოცულობა W_0 -ით, ელექტროსადგურების მშენებლობისათვის განკუთვნილი ჯამური დანახარჯები D_1 -ით, წლიური საექსპლუატაციო ხარჯები - D_2 -ით. შემოტანილი კოეფიციენტების გარანტირებული სიმძლავრის, შესაბამისად ჰესებისა და თესებისათვის ($a_{1i}, a_{1j}, a_{1e}, a_{1b}, a_{1c}, a_{1q}$), ელექტროენერჯის წლიური წარმოების ($a_{2i}, a_{2j}, a_{2e}, a_{2b}, a_{2c}, a_{2q}$), კაპიტალური დაბანდების ($a_{3i}, a_{3j}, a_{3e}, a_{3b}, a_{3c}$,

a_{3q}) და წლიური საექსპლუატაციო ხარჯების (a_{4i}, a_{4j}, a_{4e}, a_{4b}, a_{4c}, a_{4q}), საფუძველზე მოვითხოვთ შემდეგი პირობების შესრულება:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n a_{1i} P_1 + \sum_{j=1}^m a_{1j} P_1 + \sum_{e=1}^L a_{1e} P_2 + \sum_{b=1}^B a_{1b} P_2 + \sum_{c=1}^C a_{1c} P_2 + \sum_{q=1}^Q a_{1q} P_3 &\geq P_0 \\ \sum_{i=1}^n a_{2i} P_1 + \sum_{j=1}^m a_{2j} P_1 + \sum_{e=1}^L a_{2e} P_2 + \sum_{b=1}^B a_{2b} P_2 + \sum_{c=1}^C a_{2c} P_2 + \sum_{q=1}^Q a_{2q} P_3 &\geq W_0 \\ \sum_{i=1}^n a_{3i} P_1 + \sum_{j=1}^m a_{3j} P_1 + \sum_{e=1}^L a_{3e} P_2 + \sum_{b=1}^B a_{3b} P_2 + \sum_{c=1}^C a_{3c} P_2 + \sum_{q=1}^Q a_{3q} P_3 &\leq D_1 \\ \sum_{i=1}^n a_{4i} P_1 + \sum_{j=1}^m a_{4j} P_1 + \sum_{e=1}^L a_{4e} P_2 + \sum_{b=1}^B a_{4b} P_2 + \sum_{c=1}^C a_{4c} P_2 + \sum_{q=1}^Q a_{4q} P_3 &\leq D_2 \quad (1) \end{aligned}$$

ასეთ პირობებში შეიძლება ნებისმიერი ტიპის ელექტროსადგურის აშენება, მაგრამ ჩვენ მათ შორის უნდა მოვძებნოთ ყველაზე მეტად ოპტიმალური ვარიანტები. ოპტიმალურობის კრიტერიუმად მიღებულია მოცემული ელექტროსადგურების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ჯამური დანახარჯების მინიმიზაცია. ამოცანის მიზნობრივი ფუნქცია არის მაქსიმალური მოგების მიღება. ჩვენი მიზანია, რომ გარემოზე მინიმალური ზიანის მიყენების და ქვეყნის ეკონომიკური მდგომარეობის გათვალისწინებით ენერგეტიკული სიმძლავრეებიდან შევარჩიოთ ისეთი ობიექტები, რომლებიც დააკმაყოფილებს ამოცანის მიზანს. აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ მთელი რიგი შეზღუდვებიც:

ფინანსური შეზღუდვა. პერსპექტიულ პერიოდში ძირითადი საწარმოო საშუალებებისთვის გამოყოფილი ინვესტიციები წინასწარ განსაზღვრული სიდიდეა. ამიტომ ნებისმიერ t წელს და ნებისმიერი რაოდენობის სიმძლავრეების შესაქმნელად დახარჯული თანხა არ უნდა აღემატებოდეს მშენებლობისათვის გამოყოფილი ჯამური კაპიტალური დაბანდების $K^T (D_1+D_2)$ სიდიდეს.

ეკოლოგიური შეზღუდვა. რადგანაც არაგანახლებად ენერგიებზე მომუშავე სადგურები გარემოს დაბინძურებას იწვევს, ჩვენ უნდა შევარჩიოთ ორგანულ

სათბობზე მომუშავე ისეთი ელექტროსადგურები, რომელთა მუშაობის შედეგად გაფრქვეული მავნე ნივთიერებები იქნება მინიმალური.

საქართველოს ენერგეტიკის საწარმოო სიმძლავრეების გამოყენების ოპტიმიზაციის ამოცანა დავიყვნოთ სამ ძირითად მიმართულებამდე:

1. მოინახოს მაგენერირებელი სიმძლავრეების ისეთი სპექტრი, რომლის დროსაც ამ სიმძლავრეების ჯამი იქნება მაქსიმუმი იმ შეზღუდვების პირობებში, რომლებსაც ითვალისწინებს შემუშავებული მათემატიკური მოდელი;
2. გამომუშავებული ელექტროენერჯის მაქსიმიზაცია ასევე შეზღუდვების პირობების დაურღვევლად;
3. წინასწარ განსაზღვრული სიმძლავრეებისა და ენერჯის მიღება მინიმალური კაპიტალური ხარჯების დროს.

ჩვენი ამოცანის მიზანი დაიყვანება შემდეგი ფუნქციის მინიმიზაციაზე:

$$F = \sum_{i=1}^n a_{3i} P_1 + \sum_{j=1}^m a_{3j} P_1 + \sum_{e=1}^L a_{3e} P_2 + \sum_{b=1}^B a_{3b} P_2 + \sum_{c=1}^C a_{3c} P_2 + \sum_{q=1}^Q a_{3q} P_3 + \sum_{i=1}^n a_{4i} P_1 + \sum_{j=1}^m a_{4j} P_1 + \sum_{l=1}^L a_{4l} P_2 + \sum_{b=1}^B a_{4b} P_2 + \sum_{c=1}^C a_{4c} P_2 + \sum_{q=1}^Q a_{4q} P_3 \rightarrow \min \quad (2)$$

ამოცანის მიზნობრივი ფუნქციიდან გამომდინარე, გასათვალისწინებელია მთელი რიგი შემზღუდავი ფაქტორები, კერძოდ: ჰიდროელექტროსადგური წლის განმავლობაში მუშაობს 3000 საათს. თბოსადგური – მისი სათბობით შეზღუდავი მომარაგების პირობებში 4500-6500 საათს, მაგრამ იმპორტირებული ძვირადღირებული ტრადიციული სათბობის გამოყენება 4500 საათზე მეტი დროის განმავლობაში ეკონომიკურად მიზანშეუწონელია. ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგური მუშაობს 3000 საათს. საქართველოს რელიეფი იმდენად მრავალფეროვანია, რომ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ღირებულება დადგმული სიმძლავრის ერთეულზე მერყეობს ძალიან დიდ დიაპაზონში,

საერთაშორისო ნორმებით გათვალისწინებული სიმძლავრის ერთეულზე მოსული კაპიტალური ხარჯები მცირე ჰიდროსადგურებისათვის არის 3500 ლარი/კვტ, საშუალო და დიდი სიმძლავრის ჰესებისთვის 1000 ლარი/კვტ, ქვანახშირზე და მანეთზე მომუშავე თბოსადგურებისათვის 2500 ლარი/კვტ, აირტურბინული ელექტროსადგურისათვის 2300 ლარი/კვტ, ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურისათვის 3500 ლარი/კვტ, რადგან მასში შედის ელექტროგადამცემი ხაზების ღირებულებაც. საექსპლუატაციო და ენერგორესურსებზე დახარჯული თანხა ჰესებისათვის შეადგენს 70 ლარი/კვტ, ტრადიციულ სათბობზე მომუშავე თესებისათვის 370 ლარი/კვტ, ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებისთვის 100 ლარი/კვტ. როგორც უკვე იქნა აღნიშნული, საქართველოს ენერჯეტიკის სამინისტროს მიერ შემუშავებული კონცეფციის თანახმად, საჭირო ელექტროენერჯიის რაოდენობა, რომელიც 2020 წლისათვის უნდა მივიღოთ 14 მლრდ კვტს-ის ტოლია, ხოლო ინვესტირებისთვის საჭირო კაპიტალი შესაძლოა მოვიზიდოთ საპარტნიორო და თანაინვესტირების ფონდებიდან, რომელთა ბიუჯეტი სავარაუდოდ შეადგენს 2 მილიარდ აშშ დოლარს. საპროგნოზო პერიოდში (2020 წლისათვის) ვივარაუდოთ რომ მშენებლობისათვის განკუთვნილი ჯამური დანახარჯები (D_1) იქნება 2 მლრდ ლარი, წლიური საექსპლუატაციო ხარჯები (D_2) კი - 200 მლნ ლარი. ამიტომ $D_1 \leq 2$ მლრდ ლარი; $D_2 \leq 200$ მლნ ლარი. წარმოდგენილი მიზნის ფუნქციის (2) საფუძველზე, როდესაც ადგილი აქვს (1) შეზღუდვებს, მივიღებთ:

$$3500 \varphi_{1i} + 1000 \varphi_{2j} + 2500 \varphi_{3e} + 2300 \varphi_{4b} + 3500 \varphi_{5c} + 3500 \varphi_{6q} \leq 2 \text{ მლრდ ლარი};$$

$$70 \varphi_{1i} + 70 \varphi_{2j} + 370 \varphi_{3e} + 370 \varphi_{4b} + 370 \varphi_{5c} + 100 \varphi_{6q} \leq 200 \text{ მლნ ლარი};$$

$$3000 \varphi_{1i} + 3000 \varphi_{2j} + 4500 \varphi_{3e} + 4500 \varphi_{4b} + 4500 \varphi_{5c} + 3000 \varphi_{6q} \geq 14 \text{ მლრდ კვტს.}$$

მოდელის ამოხსნის შემდეგ გვაქვს სურთი: 85 მგვტ + 908 მგვტ + 0 + 0 + 230 + 20 მგვტ = 1243 მგვტ, ხოლო $\varphi_3 = \varphi_4 = 0$;

წარმოდგენილი მიზნის ფუნქციისა და შეზღუდვების გათვალისწინებით კმაყოფილდება შემდეგი პირობები: $P_1 + P_2 + P_3 \geq 1,2 \cdot 10^6$; $3500P_1 + 1000P_2 + 2300P_3 \leq D_1$; $70P_1 + 70P_2 + 370P_3 \leq D_2$; $3000P_1 + 3000P_2 + 4500P_3 \geq 4 \cdot 10^9$;

ეს ნიშნავს, რომ ნახშირზე და მათზე მომუშავე თესვის აშენება მოცემული კაპიტალური და საექსპლუატაციო ხარჯების და ეკოლოგიური შეზღუდვების პირობებში მიზანშეწონილი არ არის. მცირე ჰესები უნდა აშენდეს 85 მგვტ სიმძლავრით, რომლებიც დააკმაყოფილებენ ადგილობრივ მოთხოვნას რეგიონებში(იხ.ცხრ.1).

ცხრ.1

| | მცირეჰესი | დადგმული სიმძლავრე, მგვტ |
|----|-----------------|--------------------------|
| 1 | ლუხუნიძესი 1 | 10.8 |
| 2 | ლუხუნიძესი 2 | 12 |
| 3 | ლუხუნიძესი 3 | 7.5 |
| 4 | ნაბელაძესი | 1.9 |
| 5 | კინტიშაძესი | 5 |
| 6 | სხალთაძესი | 9.8 |
| 7 | არაკალიძესი | 8.8 |
| 8 | ოქროპილაურიძესი | 1.8 |
| 9 | გოგინაურიძესი | 1.8 |
| 10 | ყაზბეგიძესი | 5 |
| 11 | დებედაძესი | 2.5 |
| 12 | ფშაველაძესი | 1.9 |
| 13 | კასლეფიძესი 1 | 8.1 |
| 14 | კასლეფიძესი 2 | 8.1 |
| | ჯამი | 85 |

პერსპექტიულ პერიოდში უნდა აშენდეს მარეგულირებელი წყალსაცავის მქონე ჰიდროსადგურები - 908 მგვტ სიმძლავრით, რომლებიც პიკურ დატვირთვაზე იმუშავენ. ასევე მიზანშეწონილია აშენდეს ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგური 20 მგვტ და ბუნებრივ აირზე მომუშავე თბოსადგური 230 მგვტ სიმძლავრით. თუ შევამოწმებთ შეზღუდვებს კაპიტალურ დაბანდებებზე, როცა $D_1 \leq 2$ მლრდ ლარზე, მივიღებთ: $85000 \cdot 3500 + 908000 \cdot 1000 + 230000 \cdot 2300 + 20000 \cdot 3500 \leq 2$ მლრდ ლარი. 1,8 მლრდ ლარი ≤ 2 მლრდ ლარი. ეს პირობა შესრულებულია. გადავიდეთ შემდეგ

შეზღუდვაზე, რომელიც წლიურ საექსპლუატაციო ხარჯებს ეხება, იგი არ უნდა აღემატებოდეს 200 მლნ ლარს: $85000*70+908000*70+230000*370+20*100 \leq 200$ მლნ ლარი. 156 მლნ ლარი \leq 200 მლნ ლარი. ეს პირობაც შესრულებულია. ასეთი კაპიტალური დაბანდებების დროს დამატებითი სიმძლავრეების მიერ მიღებული ენერჯია ტოლია: $85000*3000+908000*3000+230000*4500+20000*3000= 4$ მლრდ კვტსთ.

მესამე თავში წარმოდგენილია „ჰიდროელექტროსადგურის არჩევა ფაზი-ლოგიკის გამოყენებით“. იმისათვის, რათა განვსაზღვროთ, თუ რომელი საშუალო და დიდი სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურები შევიდნენ მოქმედებაში, ანუ რომელი დამატებითი 908 მვტ სიმძლავრით შეივსოს ელექტროსისტემის სიმძლავრეების სტრუქტურა, გამოყენებულია ფაზი-ლოგიკის ელემენტები, რადგან არჩევანი კეთდება ისეთი კრიტერიუმების მიხედვით, რომელთა ზუსტი რაოდენობრივი მნიშვნელობები არ გააჩნიათ და გამოვიყენოთ ლინგვისტური უმჯობესობის მათემატიკურ მოდელირების საფუძველზე შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტი. ამგვარად, დამუშავდა კომპიუტერულ პროგრამაში შემავალი ინფორმაცია თითოეული ჰესის წყალსაცავის მოცულობის და გარემოზე ზემოქმედების სხვა კრიტერიუმების მიხედვით. აღნიშნულის საფუძველზე, ტექნიკურ-ეკონომიკურ ანალიზს დაექვემდებარა საქართველოს ენერჯეტიკის სამინისტროს მიერ წარმოდგენილი პერსპექტივაში ასაშენებელი 60-მდე ჰიდროელექტროსადგურიდან 15 საშუალო და დიდი ჰესი. განსაკუთრებული ყურადღების ქვეშ მოექცა ის ჰესები, რომელთაც გააჩნიათ მარეგულირებელი წყალსაცავი, რადგან ისინი ახდენენ ყველაზე უარყოფით ზემოქმედებას კლიმატზე, ეკოლოგიურ, გეოლოგიურ და სოციალურ პირობებზე. განსახილველი პერსპექტიული ჰიდროელექტროსადგურები რანჟირებულია 6 მახასიათებლის

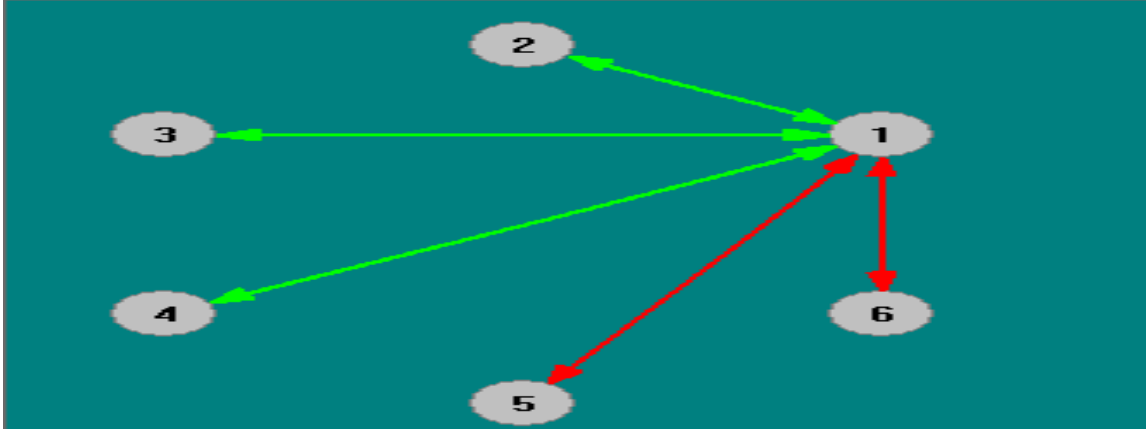
(ცვლადის) მიხედვით, მათ შორის ტექნიკური, ეკონომიკური, სოციალური და ეკოლოგიური მახასიათებლები (ცვლადები).

1. ინვესტირება ელექტროსადგურის მშენებლობაში (ძირითადი მიზანი);
2. კაპიტალური ხარჯები;
3. მიმდინარე (საექსპლუატაციო) ხარჯები;
4. CO₂ ემისიები;
5. ელექტროსადგურის ფუნქციონირების ვადა;
6. ავტომატიზაციის ხარისხი.

კომპიუტერული პროგრამის მატრიცის შევსება (იხ.ნახ.1) საშუალებას იძლევა დადგინდეს სავარაუდო კავშირი ამ ცვლადებს შორის, მაგალითად, რაც უფრო მეტია ელექტროსადგურის ექსპლუატაციის ვადა და ავტომატიზაციის ხარისხი, მით უფრო დიდია დაინტერესება ინვესტორის მხრიდან (მათ შორის დადებითი ურთიერთკავშირია, აღნიშნულია წითელი ხაზით), ხოლო რაც უფრო მეტია გასაწევი კაპიტალური და მიმდინარე ხარჯები და CO₂ ემისიები, ინვესტორის ინტერესი მცირდება და შესაბამისად, ამ ცვლადებს შორის უარყოფითი კავშირია (მწვანე ხაზი) (იხ.ნახ.2).

| | inv. in a PP | cap. cost | oper. cost | CO2 emissions | oper. per. | auto. oper. |
|---------------|--------------|-----------|------------|---------------|------------|-------------|
| inv. in a PP | ? | - | - | - | + | + |
| cap. cost | - | ? | 0 | 0 | 0 | 0 |
| oper. cost | - | ? | ? | 0 | ? | 0 |
| CO2 emissions | - | ? | ? | ? | ? | 0 |
| oper. per. | + | ? | ? | ? | ? | ? |
| auto. oper. | + | ? | ? | ? | ? | ? |

ნახ. 1. კომპიუტერული პროგრამის მატრიცა



ნახ. 2. სავარაუდო კავშირი ცვლადებს შორის

გამოთვლების სიზუსტის გაზრდის მიზნით საბოლოო გადაწყვეტილების მიღებისთვის შემოვიტანეთ დამატებითი კრიტერიუმები, რის შემდეგაც განისაზღვრა საინვესტიციო პროექტების სარეიტინგო შეფასებაზე ამ მახასიათებლების გავლენის ელემენტები, მიკუთვნების ფუნქციები, წონითი კოეფიციენტები და წესები. შემსვლელი ინფორმაციის დამუშავებისა (ფაზიფიკაცია) დასაბოლოო შედეგის (დეფაზიფიკაცია) მიღების მიზნით აგებულია არამკაფიო მოდელირების ალგორითმი. განვიხილოთ ყველა საანგარიშო კრიტერიუმის ბუნება. შემოვიღოთ შემდეგნაირი აღნიშვნები და გაავანალიზოთ წარმოდგენილი კრიტერიუმების ხასიათი. x_n - ით აღნიშნოთ კრიტერიუმები, რომლებიც ამა თუ იმ ხარისხში შეიცავს განუზღვრელობის და/ან სუბიექტივიზმის ელემენტებს, ე.წ. განუზღვრელი კრიტერიუმები. განუზღვრელი კრიტერიუმები სიმრავლეს ასეთი სახე აქვს: $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$.

1. რომელი ელექტროსადგურიდან ხდება უფრო მეტი სათბურის გაზების ემისია $[x_1]$? საგულისხმოა, რომ ჰიდროელექტროსადგურებსაც გააჩნიათ ე.წ. გლობალური დათბობის პოტენციალი, ნახშირორჟანგი და მსგავსი სათბურის გაზები ძირითადად ორგანული სათბობის წვის პროცესში წარმოიქმნება, მაგრამ მათი წარმოშობის მნიშვნელოვან წყაროდ შესაძლებელია დიდი მოცულობის წყალსაცავების მქონე

ჰიდროელექტროსადგურებიც იქცეს აქ დალექილი მცენარეული და ორგანული ნივთიერებების ნარჩენების გამო. ისე, რომ ჰიდროელექტროსადგურებს თავისი საკუთარი გლობალური დათბობის პოტენციალი (GWP) გააჩნიათ. ამგვარად, რაც უფრო დიდია წყალსაცავი, მით უფრო არაეკოლოგიურია ჰესი.

2. რომელ ელექტროსადგურს აქვს მეტი ზემოქმედება გეოლოგიურ პირობებზე [x2]? იგულისხმება, რომ რეზერვუარის შექმნის შემდეგ ხმელეთი გარდაქმნება ჭარბტენიან ტერიტორიადა. დატბორილი ტერიტორიების კატეგორიაში განიხილება რეზერვუარები ჰიდროენერჯის წარმოებისათვის, რომლებშიც ადგილი აქვს წყლის ფართობის მნიშვნელოვან ცვლილებებს წყლის დონის რეგულირების შედეგად. ხმელეთის ტერიტორიების ჭარბტენიან ტერიტორიებად გარდაქმნა, ზოგადად, მოიცავს ტყიანი, სახნავი, სათიბი და დასახლებული ტერიტორიების გარდაქმნას ჭარბტენიან ტერიტორიებად. შესაბამისად, წყალსაცავის მშენებლობა არის ხმელეთის გარდაქმნა ჭარბტენიან ტერიტორიადა. გარდა ამისა, სამშენებლო ოპერაციებმა შესაძლოა გაზარდოს მენყერისა და ეროზიის გაჩენის საშიშროება.
3. რომელ ელექტროსადგურს აქვს მეტი ზემოქმედება სოციალურ-ეკონომიკურ გარემოზე [x3]? არანებაყოფლობითი განსახლება, ანუ მიწის დაკავების აუცილებლობასთან დაკავშირებული სოციალური ზემოქმედება რომელსაც უწოდებენ „ფიზიკურ და ეკონომიკურ ადგილმონაცვლეობას“ - როცა ზოგიერთი ჰიდროსადგურის წყალსაცავისა და ინფრასტრუქტურის მშენებლობა გამოიწვევს მწვავე სოციალურ ზემოქმედებას ადგილობრივ მოსახლეობაზე: მიწის კერძო ნაკვეთების, მათზე განლაგებული უძრავი ქონების, ერთნაირი და მრავალნაირი კულტურების და შემოსავლის წყაროს კარგვას. ჰიდროკომპლექსის გავლენის დაქვემდებარებული

ტერიტორიების არეალში ხვდება სოფლები, საფლავეები, ისტორიული ნაგებობები და ეკლესიები.

- რომელ ელექტროსადგურს აქვს მეტი ზემოქმედება ადგილობრივ კლიმატურ პირობებზე [x4]? არსებობს საფრთხე იმისა, რომ კაშხალი და წყალსაცავი მოახდენს ზემოქმედებას ადგილობრივ კლიმატურ პირობებზე – ანუ გამოწვევს მიკროკლიმატურ ცვლილებას. ის, თუ რამდენად მნიშვნელოვანი იქნება ეს ცვლილება, დამოკიდებულია წყალსაცავის ზედაპირის ფართობზე, მის ტევადობაზე და მოცემულ არეალში გაბატონებულ (ჩვეულებრივ) კლიმატურ პირობებზე. ჩვეულებრივ, მზის გამოსხივებისაგან წყალსაცავის მიერ ზაფხულობით მიღებული სითბური ენერგია იწვევს ტენდენციას უფრო რბილი, ზომიერი კლიმატური პირობებისაკენ. ეს კი, თავის მხრივ, ხდება გაზრდილი ტენიანობის, ზამთრის მომატებული საშუალო ტემპერატურისა და უფრო გრილი ზაფხულის მიზეზი.
- რომელ ელექტროსადგურს აქვს მეტი ზემოქმედება ფლორასა და ხმელეთის ფაუნაზე [x5]? ჰიდროსადგურის მშენებლობისას მცენარეული საფარი, ცხოველთა და ფრინველთა სახეობები კაშხლის უბანზე, მის გარშემო, და აგრეთვე სამშენებლო მოედნებზე ნადგურდება სამშენებლო სამუშაოების დროს. გარდა ამისა, გასათვალისწინებელია ელექტროგადამცემი ხაზების ნეგატიური გარემოსდაცვითი ზემოქმედება, რომელიც გამოწვეულია ხაზებსა და კაბელებში გატარებული დენის მიერ ელექტრომაგნიტური ველის შექმნით, და ამის შედეგად, ინდუცირებული ეფექტით.

აღნიშნულის საფუძველზე, გაანგარიშებულია ალტერნატიული ჰესების სათბურის გაზების, ნახშირორჟანგის (CO₂), მეთანის (CH₄) და აზოტის ქვეჟანგის (NO₂) ემისიები, ტ CO₂-ის ეკვივალენტი/წელიწადში.

ხუდონჰესი. დასატბორი ხმელეთის ფართობი 528 ჰა-ს შეადგენს. წყალსაცავიდან CO₂-ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$CO_{2emissionsWW\ flood} = P \bullet E(CO_2)_{diff} \bullet A_{flood, total\ surface}$$

სადაც: CO_{2emissionsWW flood} არის CO₂-ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან, კგCO₂/წ; P - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის); E(CO₂)_{diff} - საშუალო დღიური დიფუზიური ემისიები, კგ(CO₂)/(ჰა*დღე); დონე I მიდგომის შემთხვევაში გამოყენებულია CO₂-ის ემისიის დადგენილი ფაქტორი წლის იმ პერიოდისთვის, როდესაც წყლის ზედაპირი არ არის დაფარული ყინულით. ეს კოეფიციენტი ხუდონის ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის უდრის 9.3 კგ(CO₂)/(ჰა*დღე). A_{flood, total surface} - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, რომელიც მოიცავს დატბორილი ხმელეთის, ტბისა და მდინარის ფართობს ჰა-ში. ხუდონის ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 528 ჰექტარია და მოიცავს ტყეებს, სახნავ მიწებს, მდელოებსა და მდინარეს.

CO_{2emissionsWW flood} = 365 (დღე) • 9,3 კგ(CO₂)/(ჰა*დღე) • 528 (ჰა) = 1.79*10⁶ კგ(CO₂)/წ. მაშასადამე, ხუდონჰესის შემთხვევაში CO₂-ის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან შეადგენს დაახლოებით 1 800 ტ-ს. წყალსაცავიდან CH₄-ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება ფორმულა:

$$CH_{4emissionsWW\ flood} = P \bullet E(CH_4)_{diff} \bullet A_{flood, total\ surface} + P \bullet E(CH_4)_{bubble} \bullet A_{flood, total\ surface}$$

სადაც: CH_{4emissionsWW flood} არის CH₄-ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან, კგ(CH₄)/წ; P - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის); E(CH₄)_{diff} - საშუალო დღიური დიფუზიური ემისიები კგ(CH₄)/(ჰა*დღე). კოეფიციენტი 0.2 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს ხუდონის ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ყინულით

დაუფარავ პერიოდში; $E(\text{CH}_4)_{\text{bubble}}$ - საშუალო ბუშტუკოვანი ემისიები, კგ CH_4 / (ჰა*დღე). კოეფიციენტი 0.14 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს ხულონის ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ყინულით დაუფარავ პერიოდში; $A_{\text{flood, total surface}}$ - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, ჰა-ში. ხულონის ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 528 ჰექტარია; $\text{CH}_4_{\text{emissionsWW flood}} = 365 \text{ (დღ)} \bullet 0.2 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/(\text{ჰა}\cdot\text{დღე}) \bullet 528 \text{ (ჰა)} + 365 \text{ (დღ)} \bullet 0.14 \text{ კგ}(\text{CH}_4) / (\text{ჰა}\cdot\text{დღე}) \bullet 528 \text{ (ჰა)} = 65,5 \cdot 10^3 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/\text{წ}$;

აღსანიშნავია, რომ „კიოტოს ოქმი“ განიხილავს შემდეგ სათბურის გაზებს: ნახშირორჟანგი (CO_2); ჰიდროფტორნახშირბადები (HFC); მეთანი (CH_4); პერფტორნახშირბადები (PFC); აზოტის ქვეყანგი (N_2O); გოგირდის ჰექსაფტორიდი (SF_6). მეთანი 21-ჯერ, ხოლო აზოტის ქვეყანგი 310-ჯერ უფრო ძლიერი სათბურის გაზია, ვიდრე ნახშირორჟანგი. SF_6 , ასევე HFC -ებისა და FC -ების ჯგუფები ძალიან მაღალი სათბურის ეფექტის მქონე სამრეწველო გაზებია. ემისიების შეფასებისა და აღრიცხვის უნიფიცირებისათვის ემისიის ერთეულად არჩეულია სათბურის გაზის ის რაოდენობა, რომლის სათბური ეფექტი ერთი ტონა ნახშირორჟანგის სათბურის ეფექტის ტოლია. ამ ერთეულს ეწოდება 1 ტონა ნახშირორჟანგის ეკვივალენტი (tCO_2eq). ამიტომ ხულონჰესიდან მეთანის ემისია გადავიყვანოთ ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში: $65,5 \cdot 10^3 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/\text{წ} \cdot 21 = 1376021 \text{ კგ}(\text{CO}_2) / \text{წ} \approx 1,4 \cdot 10^6 \text{ კგ}(\text{CO}_2)/\text{წ}$, ანუ 1 400 ტ. ვინაიდან I დონის მიდგომისათვის საჭირო IPCC-ის მიერ დადგენილი ემისიის კოეფიციენტი ამ გაზისათვის არ არსებობს, ამიტომ, წყალსაცავიდან NO_2 -ის წლიური ემისია ნულის ტოლად იქნა მიჩნეული. მაშასადამე, წყალსაცავიდან ნახშირორჟანგის (CO_2), მეთანისა (CH_4) და აზოტის ქვეყანგის (NO_2) ჯამური ყოველწლიური ემისია ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში შეადგენს $1\ 800 + 1\ 400 + 0,0 = 3\ 200$ ტ-ს.

ნენსკრაჰესი. დასატბორი ხმელეთის ფართობი 370 ჰა-ს შეადგენს. $CO_{2emissionsWW\ flood} = 365 \text{ (დღე)} \bullet 9,3 \text{ კგ}(CO_2)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 370 \text{ (ჰა)} = 1\,255\,965 \text{ კგ}(CO_2)/\text{წ.}$; ე.ი. დაახლოებით 1 256 ტ. $CH_{4emissionsWW\ flood} = 365 \text{ (დღე)} \bullet 0,2 \text{ კგ}(CH_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 370 \text{ (ჰა)} + 365 \text{ (დღე)} \bullet 0,14 \text{ კგ}(CH_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 370 \text{ (ჰა)} = 45\,917 \text{ კგ}(CH_4)/\text{წ.}$ გადავიყვანოთ ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში: $45\,917 \text{ კგ}(CH_4)/\text{წ.} \cdot 21 = 964\,257 \text{ კგ}(CO_2)/\text{წ.} \approx 0,9 \cdot 10^6 \text{ კგ}(CO_2)/\text{წ.}$, დაახლოებით 964 ტ. ჯამური ყოველწლიური ემისია ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში შეადგენს $1\,256 + 964 + 0,0 = 2\,220$ ტ-ს.

კირნათიჰესი. ტერიტორიის ფართობი 140 ჰექტარია. $CO_{2emissionsWW\ flood} = 365 \text{ (დღე)} \bullet 9,3 \text{ კგ}(CO_2)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 140 \text{ (ჰა)} = 475\,230 \text{ კგ}(CO_2)/\text{წ.}$, დაახლოებით 475 ტ. $CH_{4emissionsWW\ flood} = 365 \text{ (დღე)} \bullet 0,2 \text{ კგ}(CH_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 140 \text{ (ჰა)} + 365 \text{ (დღე)} \bullet 0,14 \text{ კგ}(CH_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 140 \text{ (ჰა)} = 17\,374 \text{ კგ}(CH_4)/\text{წ.}$ გადავიყვანოთ ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში: $17\,374 \text{ კგ}(CH_4)/\text{წ.} \cdot 21 = 364\,854 \text{ კგ}(CO_2)/\text{წ.} \approx 0,3 \cdot 10^6 \text{ კგ}(CO_2)/\text{წ.}$, დაახლოებით 365 ტ. წყალსაცავიდან NO_2 -ის წლიური ემისია ნულის ტოლად იქნა მიჩნეული. ჯამური ყოველწლიური ემისია ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში შეადგენს $475 + 365 + 0,0 = 840$ ტ-ს.

აბულიჰესი. დასატბორი ხმელეთის ფართობი 100 ჰა-ს შეადგენს. $CO_{2emissionsWW\ flood} = 365 \text{ (დღე)} \bullet 9,3 \text{ კგ}(CO_2)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 100 \text{ (ჰა)} = 339\,450 \text{ კგ}(CO_2)/\text{წ.}$, დაახლოებით 339 ტ. $CH_{4emissionsWW\ flood} = 365 \text{ (დღე)} \bullet 0,2 \text{ კგ}(CH_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 100 \text{ (ჰა)} + 365 \text{ (დღე)} \bullet 0,14 \text{ კგ}(CH_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 100 \text{ (ჰა)} = 12\,410 \text{ კგ}(CH_4)/\text{წ.}$ ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში: $12\,410 \text{ კგ}(CH_4)/\text{წ.} \cdot 21 = 260\,610 \text{ კგ}(CO_2)/\text{წ.} \approx 0,2 \cdot 10^6 \text{ კგ}(CO_2)/\text{წ.}$, დაახლოებით 261 ტ. NO_2 -ის წლიური ემისია ნულის ტოლად იქნა მიჩნეული. ჯამური ყოველწლიური ემისია ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში შეადგენს $339 + 261 + 0,0 = 600$ ტ-ს.

შუახევიჰესი. დასატბორი ხმელეთის ფართობი 17 ჰა-ს შეადგენს. $CO_{2emissionsWW\ flood} = 365 \text{ (დღე)} \bullet 9,3 \text{ კგ}(CO_2)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 17 \text{ (ჰა)} = 57\,707 \text{ კგ}(CO_2)/\text{წ.}$, დაახლოებით 58

ტ. $CH_4_{emissionsWW\ flood} = 365 \text{ (დღ)} \bullet 0.2 \text{ კგ(CH}_4\text{)/(ჰა*დღე)} \bullet 17 \text{ (ჰა)} + 365 \text{ (დღ)} \bullet 0.14 \text{ კგ(CH}_4\text{)/(ჰა*დღე)} \bullet 17 \text{ (ჰა)} = 2\ 110 \text{ კგ(CH}_4\text{)/წ.}$ გადავიყვანოთ ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში: $2\ 110 \text{ კგ(CH}_4\text{)/წ} * 21 = 44\ 304 \text{ კგ(CO}_2\text{)/წ} \approx 0,04 * 10^6 \text{ კგ(CO}_2\text{)/წ.}$ მაშასადამე, შუახვევიჰესის შემთხვევაში მეთანის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან, გამოხატული CO₂-ის ეკვივალენტში, შეადგენს 44 ტ-ს. NO₂-ის წლიური ემისია ნულის ტოლად იქნა მიჩნეული. ჯამური ყოველწლიური ემისია ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში შეადგენს $58 + 44 + 0,0 = 102 \text{ ტ-ს.}$

ფარავანიჰესი. დასატბორი ხმელეთის ფართობი 0,5 ჰა-ს შეადგენს. $CO_{2emissionsWW\ flood} = 365 \text{ (დღე)} \bullet 9,3 \text{ კგ(CO}_2\text{)/(ჰა*დღე)} \bullet 0,5 \text{ (ჰა)} = 1\ 697 \text{ კგ(CO}_2\text{)/წ.}$, დაახლოებით 2 ტ. $CH_4_{emissionsWW\ flood} = 365 \text{ (დღ)} \bullet 0.2 \text{ კგ(CH}_4\text{)/(ჰა*დღე)} \bullet 0,5 \text{ (ჰა)} + 365 \text{ (დღ)} \bullet 0.14 \text{ კგ(CH}_4\text{)/(ჰა*დღე)} \bullet 0,5 \text{ (ჰა)} = 62 \text{ კგ(CH}_4\text{)/წ.}$ გადავიყვანოთ ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში: $62 \text{ კგ(CH}_4\text{)/წ} * 21 = 1\ 303 \text{ კგ(CO}_2\text{)/წ} \approx 1,3 * 10^3 \text{ კგ(CO}_2\text{)/წ.}$, დაახლოებით 1 ტ. NO₂-ის წლიური ემისია ნულის ტოლად იქნა მიჩნეული. ჯამური ყოველწლიური ემისია ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში შეადგენს $2 + 1 + 0,0 = 3 \text{ ტ-ს.}$

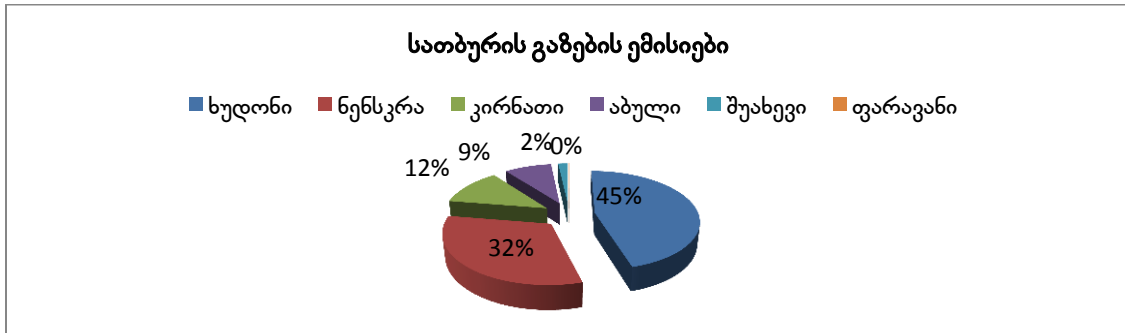
მტკვარიჰესის წყალსაცავის დასატბორი ფართობი (0,00005 ჰა) უმნიშვნელოა, ამიტომ მასზე სათბურის გაზების ემისიებს არ განვიხილავთ (იხ.ცხრ.2).

ცხრ.2

| | ჰესის დასახელება საშუალო და დიდი ჰესი | ჰესის დადგმული სიმძლავრე, მგტ | წყლის რეგენერუარის მოცულობა, მლნ. მ ³ | დასატბორი ხმელეთის ფართობი, ჰა | CO ₂ -ის ემისიები, ტ | CH ₄ -ის ემისიები, ტ | NO ₂ -ის ემისიები, ტ | ემისიების ჯამი, ტ CO ₂ -ის ეკვ/წ |
|----|---------------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| 1 | კირნათიჰესი | 51.2 | 5 | 140 | 475 | 365 | 0,0 | 840 |
| 2 | ხელვაჩაურიჰესი 1 | 47.4 | მოლინებაზე | - | - | - | 0,0 | |
| 3 | ხელვაჩაურიჰესი 2 | 28.9 | მოლინებაზე | - | - | - | 0,0 | |
| 4 | დარიალიჰესი | 108 | მოლინებაზე | - | - | - | 0,0 | |
| 5 | ხობიჰესი 1 | 60 | მოლინებაზე | - | - | - | 0,0 | |
| 6 | ხობიჰესი 2 | 55 | მოლინებაზე | - | - | - | 0,0 | |
| 7 | მტკვარიჰესი | 43 | - | 0,00005 | - | - | 0,0 | - |
| 8 | ფარავანიჰესი | 85 | - | 0,5 | 2 | 1 | 0,0 | 3 |
| 9 | შუახვევიჰესი | 175 | 0,6 | 17 | 58 | 44 | 0,0 | 102 |
| 10 | კორამხეთიჰესი | 150 | მოლინებაზე | - | - | - | 0,0 | |
| 11 | ხერთვისიჰესი | 65 | მოლინებაზე | - | - | - | 0,0 | |
| 12 | აბულიჰესი | 22.2 | 7,9 | 100 | 339 | 261 | 0,0 | 600 |

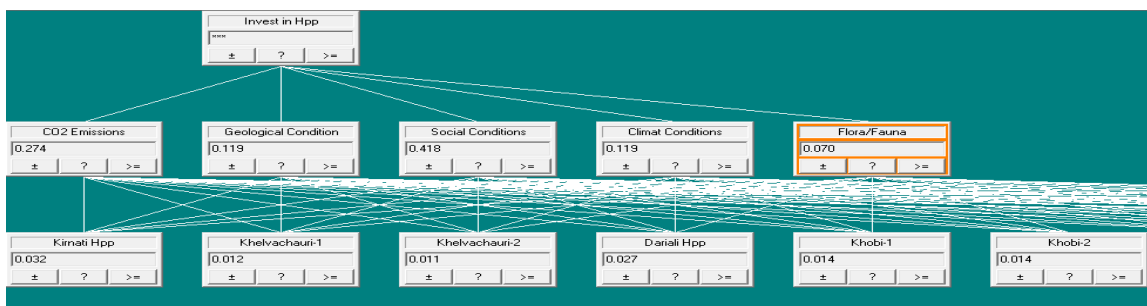
| | | | | | | | | |
|----|-----------|------|------------|-----|------|------|-----|------|
| 13 | დარჩიპესი | 16.9 | მოლინებაზე | - | - | - | 0,0 | |
| 14 | ხედონი | 702 | 364,5 | 528 | 1800 | 1400 | 0,0 | 3168 |
| 15 | ნენსკრა | 300 | 200 | 370 | 1256 | 964 | 0,0 | 2220 |

როგორც მე-3 ნახაზიდან ჩანს, სათბურის გაზების ყველაზე დიდი ხვედრითი წილი, 45% მოდის ხედონის ჰესის და 32% ნენსკრა ჰესის წილად.



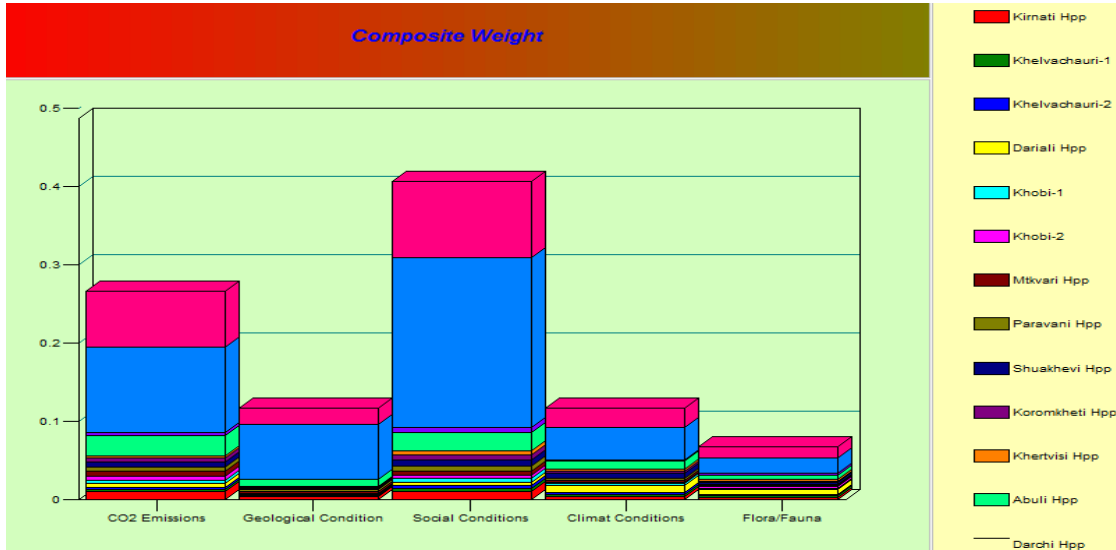
ნახ. 3. ალტერნატიული ჰესების სათბურის გაზების ემისიები პროცენტულ მაჩვენებლებში

ამგვარად, კომპიუტერულ პროგრამაში დამუშავდა შემავალი ინფორმაცია თითოეული ჰესის წყალსაცავის მოცულობის და გარემოზე ზემოქმედების სხვა კრიტერიუმების მიხედვით. თითოეული კრიტერიუმისთვის შესაბამისი რაოდენობრივი მნიშვნელობის მინიჭების შემდეგ, აგებულია დიაგრამა, სადაც პირველი რიგი გამოსახავს ძირითად მიზანს, მეორე - კრიტერიუმების საშუალო შენონილ მნიშვნელობებს, ხოლო მესამე - ალტერნატიულ ელექტროსადგურებს (იხ. ნახ.4).

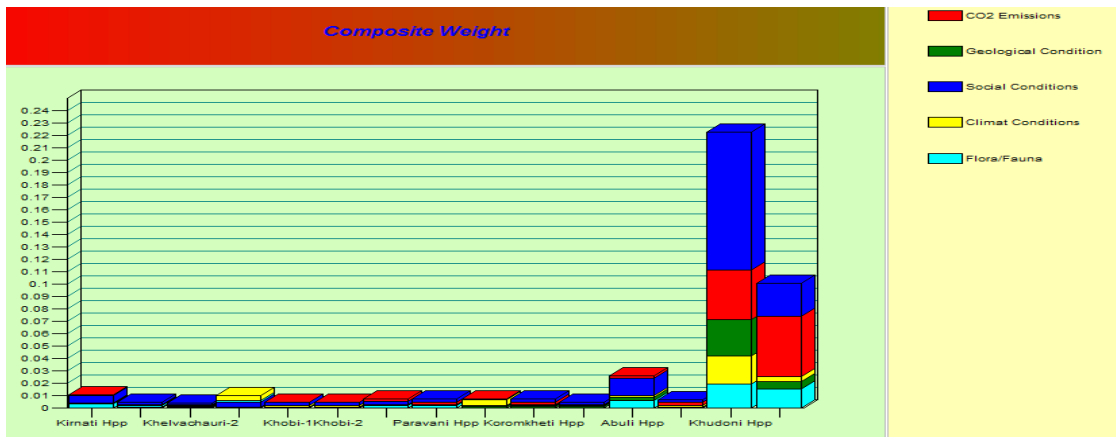


ნახ. 4. კომპიუტერული პროგრამის დიაგრამა, ინვესტირების პროცესი

პროგრამული პაკეტის ბაზაზე შესრულებული ანგარიშის მიხედვით შემსვლელი მახასიათებლების წონითი კოეფიციენტების და საერთო მახასიათებლებზე მათი გავლენის დონის შესაბამისად აგებულია გრაფიკები.

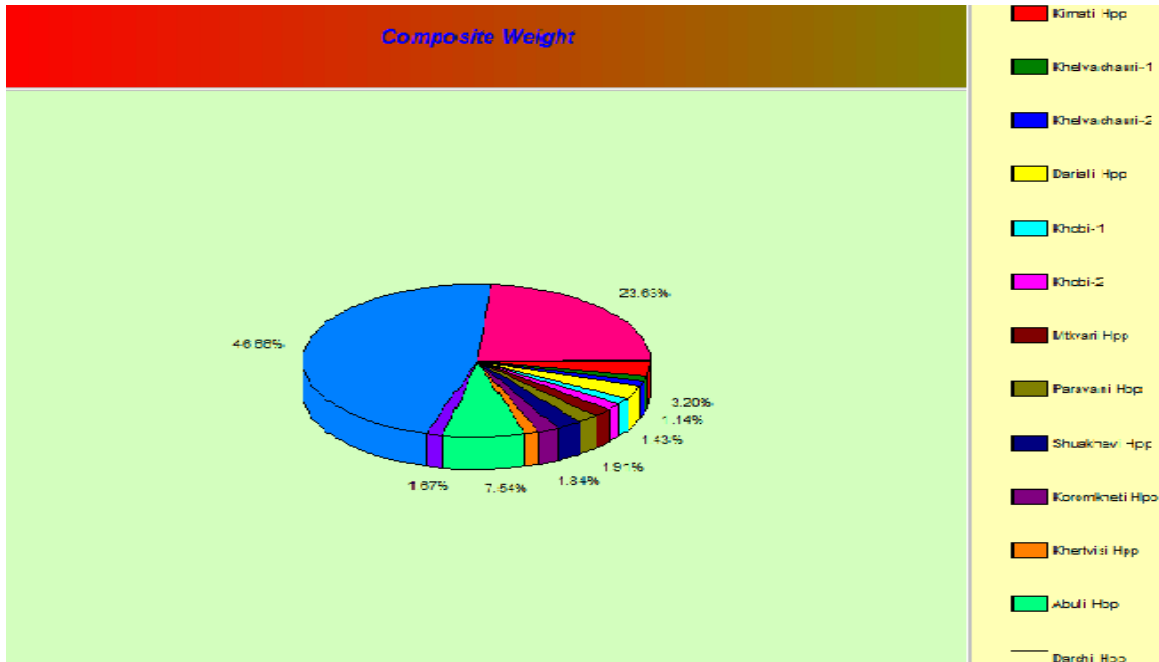


ნახ. 5. თითოეულ კრიტერიუმში ალტერნატიული ჰესის წილობრივი მონაწილეობა



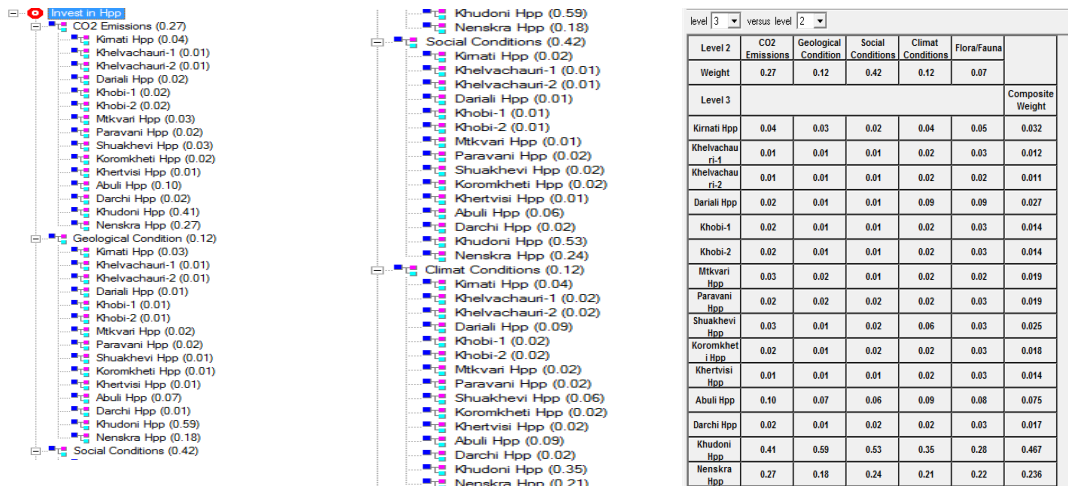
ნახ. 6. თითოეული ჰესის გარემოზე ზემოქმედების დონე

თითოეული ელექტროსადგურის გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების პროცენტული წილი შემდეგნაირად განაწილდა: ყველაზე უარყოფით ზემოქმედებას ახდენს ხუდონი, საშუალო შეწონილი რაოდენობა - 46,66% და ნენსკრა - 23,63%.



ნახ. 7. თითოეული ჰესის გარემოზე უარყოფითი გემოქმედების პროცენტული წილი

გადაწყვეტილების ხის საშუალებით (იხ.ნახ.8) წარმოდგენილია მთელი პროცესი, სადაც ჩანს თითოეული ელექტროსადგურის პარამეტრები და მათი კრიტერიუმების საშუალო შენონილი მნიშვნელობები. საინვესტიციო ჰიდროელექტროსადგურების რეიტინგული შეფასებების გათვალისწინებით, თითოეულ ელექტროსადგურს მინიჭებული აქვს შესაბამისი ქულა, 1-დან 100 მდე, სადაც 20 ქულის შემთ ელექტროსადგური ითვლება გარემოზე უარყოფითი გემოქმედების ობიექტად.



ნახ.8. გადანაცვებების ხე, საკვანძო მომენტები (Milestones)

ამრიგად, გამოირიცხა ხულონის და ნენსკრას ჰიდროელექტროსადგურები, ხოლო ელექტროენერჯის სასურველი რაოდენობის მიღება შესაძლებელია უმტკივნეულოდ, კერძოდ არანებაყოფლობითი განსახლების და კერძო საკუთრების იძულებითი წესით ჩამორთმევის გარეშე;

ცხრ.3

| | საშუალო დადიიპესი | დადგმული სიმძლავრე, მგვტ | წყლის რეზერვუარის მოცულობა მლნ. მ ³ | დასატბორი ტერიტორია, ჰა | მინიჭებული ქულა (1-100) |
|----|-------------------|--------------------------|--|-------------------------|-------------------------|
| 1 | კირნათიპესი | 51.2 | 5 | 140 | 3,2 |
| 2 | ხელვაჩაურიპესი 1 | 47.4 | მოლინებაზე | - | 1,2 |
| 3 | ხელვაჩაურიპესი 2 | 28.9 | მოლინებაზე | - | 1,1 |
| 4 | დარილიპესი | 108 | მოლინებაზე | - | 2,7 |
| 5 | ხობიპესი 1 | 60 | მოლინებაზე | - | 1,4 |
| 6 | ხობიპესი 2 | 55 | მოლინებაზე | - | 1,4 |
| 7 | მტკვარიპესი | 43 | - | 0,5 | 1,9 |
| 8 | ფარავანიპესი | 85 | - | 0,5 | 1,9 |
| 9 | შუხევიპესი | 175 | 0,6 | 17 | 2,5 |
| 10 | კორომხეთიპესი | 150 | მოლინებაზე | - | 1,8 |
| 11 | ხერთვისიპესი | 65 | მოლინებაზე | - | 1,4 |
| 12 | აბულიპესი | 22.2 | 7,9 | 100 | 7,5 |
| 13 | დარჩიპესი | 16.9 | მოლინებაზე | - | 1,7 |
| 14 | ხულონი | 702 | 364,5 | 5,2 | 46 |
| 15 | ნენსკრა | 300 | 200 | 3,7 | 23 |
| | ჯამი | 908 | | | |

საბოლოოდ, 2013-2014 წლების მონაცემებით წლიური გამომუშავება 10 მლრდ კვტს-ს შეადგენდა და იმის გათვალისწინებით, რომ ეს მაჩვენებელი მომდევნო წლებშიც შენარჩუნდება, 2020 წლისათვის ჩვენ გვჭირდება დამატებით არანაკლებ 4 მლრდ კვტს ენერჯია, რომ გავიდეთ საპროგნოზო მაჩვენებელზე (14 მლრდ კვტს). კვლევის შედეგად დადგენილია, რომ პერსპექტიულ 2015-2020 წლების პერიოდში უნდა აშენდეს მარეგულირებელი წყალსაცავის მქონე ჰიდროსადგურები - 908 მგვტ სიმძლავრით, რომლებიც პიკურ დატვირთვაზე იმუშავებს. ასევე მიზანშეწონილია აშენდეს 20 მგვტ ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგური და ბუნებრივ აირზე მომუშავე თბოსადგური 230 მგვტ სიმძლავრით. მცირე ჰესები უნდა აშენდეს 85 მგვტ

სიმძლავრით, რომლებიც დააკმაყოფილებენ ადგილობრივ მოთხოვნას რეგიონებში. ე.ი. 2020 წლისათვის საქართველოს ელექტროსისტემის ოპტიმალური სტრუქტურა უზრუნველყოფს ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნილების დაკმაყოფილებას ქვეყნის ეკონომიკური მდგომარეობის, გარემოს დაცვის და საწარმოო სიმძლავრეების ტერიტორიული განაწილების გათვალისწინებით.

3.დასკვნა

1. გაანალიზებულია საქართველოს ენერჯეტიკის გეოპოლიტიკური ადგილი და როლი მსოფლიო ეკონომიკაში.
2. მსოფლიო ბანკის მონაცემებზე დაყრდნობით ჩატარებულია საქართველოს, თურქეთის, აზერბაიჯანის და ევროპის ერთ-ერთი განვითარებული ქვეყნის, ნორვეგიის, (რომელიც მოსახლეობის რაოდენობის მხრივ შეესაბამება საქართველოს), 2002-2012 წლების შემდეგი მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზი: ელექტროენერჯიის საკუთარი საშუალებებით წარმოება და საერთო მოხმარება, ელექტროენერჯიის წარმოებისა და მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, ჰიდროსადგურების მიერ გამოშვებული ელექტროენერჯიის რაოდენობა ნატურალურ მაჩვენებლებში და პროცენტული რაოდენობა საერთო წარმოებაში, ნახშირორჟანგის ემისიის რაოდენობა.
3. საქართველოს გეოპოლიტიკური როლის და მნიშვნელობის ერთ ერთი მაჩვენებელია მისი განახლებადი ენერჯიის წყაროებით, განსაკუთრებით ჰიდროენერჯიის გამოყენებით მიღებული ელექტროენერჯიის ხვედრითი წილი საკუთარი საშუალებებით გენერაციის საერთო მოცულობასთან. ანალიზმა აჩვენა, რომ საქართველო მნიშვნელოვნად აჭარბებს თურქეთისა და აზერბაიჯანის ანალოგიურ მაჩვენებლებს და მხოლოდ რამდენიმე

პროცენტული პუნქტით ჩამორჩება ნორვეგიას. საქართველოს გეოპოლიტიკური როლი სამხრეთ კავკასიაში გაიზრდება, თუ ის წარმატებით ჩაერთვება ემისიებით ვაჭრობის მსოფლიო სისტემაში, სადაც დაბალი ემისიის მქონე ქვეყნები მიყიდნიან თავის ქვოტებს მაღალი ემისიის მქონე ქვეყნებს, რათა მათ შეასრულონ „კიოტოს ოქმის“ შესაბამისად დადებული ხელშეკრულების პირობები ემისიების შემცირების თაობაზე. საქართველოს ყველაზე კარგი მონაცემები გააჩნია ნახშირორჟანგის ემისიის მიხედვით თურქეთთან და აზერბაიჯანთან შედარებით.

4. მეცნიერული კვლევის საფუძველზე დამუშავებულია საქართველოს ელექტროენერგეტიკის სანარმოო სიმძლვრეების განვითარების ისეთი მოდელი, რომელიც წარმოდგენილი მიზნის ფუნქციისა და შეზღუდვების გათვალისწინებით ოპტიმალურად გაანაწილებს კაპიტალურ, შრომით და ფინანსურ რესურსებს.
5. ალტერნატიული ელექტროსადგურის ასარჩევად, რადგან არჩევანი კეთდება ისეთი კრიტერიუმების მიხედვით, რომელთაც ზუსტი რაოდენობრივი მნიშვნელობები არ გააჩნიათ, გამოყენებულია ფაზი-ლოგიკის ელემენტები, კერძოდ, ლინგვისტური უმჯობესობის მათემატიკურ მოდელირების საფუძველზე შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტი.
6. დამუშავებულია კომპიუტერულ პროგრამაში შემავალი ინფორმაცია თითოეული ჰესის წყალსაცავის მოცულობის და გარემოზე ზემოქმედების სხვა კრიტერიუმების მიხედვით. თითოეული კრიტერიუმისთვის შესაბამისი რაოდენობრივი მნიშვნელობის მინიჭების შემდეგ, პროგრამული პაკეტის ბაზაზე შესრულებული ანგარიშის მიხედვით შემსვლელი მახასიათებლების

წონითი კოეფიციენტების და საერთო მახასიათებლებზე მათი გავლენის დონის შესაბამისად აგებულია გრაფიკები და დიაგრამები.

7. განსაზღვრულია ასარჩევი ჰიდროსადგურისთვის დამახასიათებელი კრიტერიუმების ლინგვისტური ტერმები.
8. თითოეული ჰიდროსადგურისთვის მარეგულირებელი წყალსაცავის მოცულობის მიხედვით გაანგარიშებულია შემდეგი სათბურის გაზების, როგორცაა ნახშირორჟანგის (CO_2), მეთანის (CH_4) და აზოტის ქვეჟანგის (NO_2) ემისიები.
9. შერჩეულია 2015-2020 წლებში საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში განსახორციელებელი ინვესტიციების ოპტიმალური რაოდენობა.
10. დადგენილია, რომ საქართველოს ენერგეტიკის სამინისტროს მიერ გამოცხადებულ ვადებში, შერჩეული ოპტიმალური საინვესტიციო პროექტების აშენება და ექსპლუატაციაში შეყვანა უზრუნველყოფს ქვეყანის საექსპორტო ენერგო პოტენციალის მნიშვნელოვან გაუმჯობესებას და დააჩქარებს ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებას.
11. ელექტრო ენერგეტიკაში სანარმოო სიმძლავრეების ოპტიმალური სტრუქტურის შერჩევის მათემატიკური მოდელი წარმატებით შეიძლება გამოყენებული იქნეს მომავალში.
12. ანალიზის შედეგად დადასტურებულია, რომ საბოლოო მიზნის მიღწევა, საქართველომ 2020 წლისთვის მოახდინოს 14 მლრდ კვტსთ ელექტროენერჯის გენერაცია, შესაძლებელია უმტკივნეულოდ, კერძოდ არანებაყოფლობითი განსახლების და კერძო საკუთრების იძულებითი წესით ჩამორთმევის გარეშე.