

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ეკონომიკისა და ბიზნესის ფაკულტეტი



ნიკა ივანიძე

**ელექტროენერჯის წარმოების, განაწილების და მოხმარების  
ანალიზისა და პროგნოზირების ეკონომიკურ-მათემატიკური  
მოდელები**

(საქართველოს მაგალითზე)

მოდული: ეკონომეტრიკა და მათემატიკური ეკონომიკა

ნაშრომი შესრულებულია ეკონომიკის მაგისტრის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელი: იური ანანიაშვილი  
ეკონომიკურ მეცნიერებათა დოქტორი,  
თსუ-ის ეკონომეტრიკის კათედრის  
ხელმძღვანელი, პროფესორი

თბილისი

2019

## ანოტაცია

ელექტროენერჯის ბაზარი პირდაპირი და არაპირდაპირი გზებით ზემოქმედებს ქვეყნის ეკონომიკურ მდგომარეობაზე, როგორც მიკრო ისე მაკრო დონეზე. ეს ბაზარი საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ საქართველოში მნიშვნელოვნად შეიცვალა შიგა და გარე ცვლილებების შედეგად. წინამდებარე ნაშრომი მოიცავს საქართველოს ელექტროენერჯის ბაზრის მდგომარეობის, ტენდენციებისა და პროგნოზების ანალიზს, რომელიც ეყრდნობა თანამედროვე ეკონომეტრიკული და რაოდენობრივი ანალიზის მეთოდებსა და მოდელებს. ნაშრომში განხილულ ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელებში გამოყენებულია ისეთი ეკონომიკური ცვლადები, რომლებიც პირდაპირ თუ არაპირდაპირ არიან დაკავშირებული ელექტროენერჯის ბაზართან. ასეთებია ელექტროენერჯის ფასი, მთლიანი შიგა პროდუქტი, გაცვლითი კურსი, ელექტროენერჯის იმპორტ-ექსპორტი, ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნა, ელექტროენერჯის მიწოდება და სხვა მიკრო და მაკრო მაჩვენებელი. ამ ინდიკატორების განხილვა საშუალებას გვაძლევს, შევისწავლოთ არსებული მდგომარეობა, მიმოვიხილოთ ელექტროენერჯის განვითარების პერიოდები საქართველოში და გამოვავლინოთ პერსპექტივები არსებული მდგომარეობიდან უახლოეს მომავალ პერიოდამდე ანუ განვსაზღვროთ რამდენადაა შესაძლებელი ელექტროენერჯის ბაზრის განვითარება მდგრადი ეკონომიკის შენარჩუნების პირობებში.

ნაშრომი სამი თავისგან შედგება. პირველ თავში დახასიათებულია საქართველოს ელექტროენერჯის ბაზრის სუბიექტები და სტრუქტურა, ბაზრის ფუნქციონირების წესები, მოქმედი ენერგეტიკული ბალანსის სპეციფიკა. აქვე მოცემულია ელექტროენერჯის ბაზრის ფასების ეკონომეტრიკული კვლევა, რომელიც განხორციელდა ბოქს-ჯენკინსის მეთოდის გამოყენებით. მეორე თავში ელექტროენერჯის ბაზრის სხვადასხვა ასპექტის, მათ შორის მოთხოვნისა და მიწოდების, გაანალიზებისა და პროგნოზის გაკეთების მიზნით განხილულია რამდენიმე ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი. ნაშრომის ბოლო მე-3 თავში საქართველოს სიტუაციისთვის შეფასებულია მომხმარებელთა ოპტიმალური ქცევის მოდელი, რომელშიც შინამეურნეობები არჩევენს აკეთებენ ელექტროენერჯისა და ბუნებრივი აირის მოხმარებებს შორის.

## **Annotation**

The electricity market is directly and indirectly affects the country's economic status as micro and macro levels. This market has changed substantially in the aftermath of the collapse of the USSR in Georgia. This paper includes an analysis of the state of the electricity market, trends and forecasts, based on modern econometric and quantitative analysis methods and models. In economic-mathematical models discussed in the work, economic variables are directly or indirectly connected with the electric power market. These include electricity price, gross domestic product, exchange rate, electricity import-export, electricity demand, electricity supply and other micro and macro indicators. Discussing these indicators allows us to study the current situation, review periods of electricity generation in Georgia, and present perspectives from the current state to the nearest future, or to determine how much of the development of the electricity market is maintained in the sustainable economy.

The work consists of three chapters. In the first stage the Georgian Electricity Market subjects and structure, market functioning rules, specifics of the current energy balance. There is also an econometric survey of the energy market price that was implemented using the Box-Jenkins method. In the second chapter, several economic-mathematical models are considered for different aspects of the electricity market, including demand and supply, analyzing and forecasting. In the last chapter of the work, the situation in Georgia is assessed by the optimal behavior model of consumers, where households are choosing between electricity and natural gas consumption.

# სარჩევი

შესავალი .....	5
I თავი .....	7
საქართველოს ელექტროენერჯის ბაზარი.....	7
1.1. ელექტროენერჯის ბაზრის მოკლე ისტორიული მიმოხილვა .....	7
1.2. ელექტროენერჯის ბაზრის სუბიექტები და სტრუქტურა .....	8
1.3. ელექტროენერჯის ბაზრის წესები. ესკო-ს როლი ელექტროენერჯის გადაცემაში .....	16
1.4. საქართველოში მოქმედი ელექტროენერჯეტიკული ბალანსი.....	19
1.5. ელექტროენერჯის ფასების პროგნოზირება .....	20
II თავი.....	37
ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების ცალკეული ასპექტების ეკონომეტრიკული მოდელები.....	37
2.1. ალბათობის წრფივი მოდელი, <i>LPM</i> .....	39
2.2. ჯვარედინი მონაცემების მოდელი დამოუკიდებელი ფიქტიური ცვლადით .....	42
2.3 ელექტროენერჯის ბაზრებზე არსებული სტრუქტურული კავშირის ანალიზი მაკროეკონომიკულ ჭრილში .....	45
2.4. საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების დინამიკის ანალიზი და პროგნოზი .....	49
2.5. პირდაპირი უცხოური ინვესტიციები ელექტროენერჯის წამოებაში და სეზონური ცვლადების ეკონომეტრიკული ანალიზი .....	52
III თავი.....	56
3.1 სამომხმარებლო არჩევანის თეორია ტიპური მომხმარებლის მაგალითზე.....	56
დასკვნა .....	68
გამოყენებული ლიტერატურა.....	70
დანართი.....	72
ტერმინების განმარტებანი:.....	82

## შესავალი

ელექტროენერჯის ბაზარი ნაწილია იმ მასშტაბური ენერჯეტიკის ბაზრისა, რომელიც შესდგება განახლებადი და არაგანახლებადი ენერჯის წყაროებისაგან. განახლებადი ენერჯის წყაროებს მიეკუთვნება ელექტროენერჯიც, რომლის გამომუშავება (გენერაცია) შესაძლებელია, სხვადასხვა საშუალებებით, სადაც გამოიყენება, როგორც ბუნებრივი, ისე არაბუნებრივი რესურსები. საქართველოს შემთხვევაში, ელექტროენერჯის ქსელური გამომუშავება ხდება ჰიდრო, თბო, და ქარის ელექტროსადგურებით, რომელთა შორისაც უდიდესი ხვედრითი წილი ჰიდროელექტროსადგურების პოტენციალზე მოდის.

თუ შევადარებთ საქართველოს ელექტროენერჯის ბაზარს ევროპულ ბაზართან კონუნქტურულ დონეზე, დაახლოებით მსგავს სიტუაციას მივიღებთ, იმ განსხვავებით, რომ ევროპაში ელექტროენერჯიაზე ფასწარმოქმნის მექანიზმი გაცილებით მოქნილია.

აღსანიშნავია, რომ ელექტროენერჯის ბაზარი განიხილება არა იზოლირებულ (დახურულ) ეკონომიკად, არამედ საერთაშორისო ეკონომიკის (ღია) შემადგენელ ნაწილად და წინამდებარე ნაშრომში, საერთაშორისო სატრანზიტო კუთხით განხილულია ის საკითხები, რომლებიც ელექტროენერჯის ექსპორტისა და იმპორტის დინამიკას ეხება. ამასთანავე ვნახავთ, რომ ქვეყნის კეთილდღეობაზე ელექტროენერჯის დაბალი ფასები დადებით გავლენას ახდენს და შეუძლია ეკონომიკური ზრდის პროვოცირება სხვადასხვა პერიოდებისთვის.

გამომდინარე იქიდან, რომ მომავალში განსახორციელებელი პროექტები დიდწილად დამოკიდებულია საბაზრო გარემოზე, შიდა და გარე ეკონომიკურ მოვლენებზე, სასურველია არსებული სიტუაციის პირობებში და ემპირიული ანალიზის საფუძველზე გაკეთდეს პროგნოზი იმ მაკროეკონომიკური ინდიკატორების ქცევის ასახსნელად, რომლებიც ელექტროენერჯის წარმოებაში, განაწილებასა და მოხმარებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ.

ამგვარ ინდიკატორებად შეიძლება მივიჩნიოთ ელექტროენერჯის ფასები, ელექტროენერჯის გამომუშავება, მოთხოვნა-მიწოდების დინამიკის ინდექსები და ის

ინდექსები, რომლებიც პირდაპირ თუ არაპირდაპირ არიან დაკავშირებული ელექტროენერჯის ბაზართან. საკითხის ამგვარი კუთხით განხილვა საშუალებას მოგვცემს, შევისწავლოთ არსებული მდგომარეობა, მიმოვიხილოთ ელექტროენერჯის განვითარების პერიოდები საქართველოში, რომლის საფუძველზეც შევძლებთ დავასკვნათ რა პერსპექტივები აქვს მას არსებული მდგომარეობიდან უახლოეს მომავალ პერიოდამდე და რამდენადაა შესაძლებელი ბაზრის განვითარება მდგრადი ეკონომიკის შენარჩუნების პირობებში.

წინამდებარე ნაშრომის თემატიკა მოიცავს საქართველოს ელექტროენერჯის ბაზრის მდგომარეობის, ტენდენციების და პროგნოზირების ანალიზს, სადაც გამოყენებულია თანამედროვე ეკონომეტრიკული მეთოდები, საკითხის მეცნიერული ფორმით განხილვისა და გაანალიზებისთვის.

დასაწყისშივე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ენერჯის წარმოება და გამოყენება მუდმივად მოითხოვს ბაზრის კონიუნქტურის ცვლილებებზე მორგებას, რათა ქვეყანაში არსებული რესურსები ეკონომიკის ამა თუ იმ სექტორში ოპტიმალურად განაწილდეს. თავისთავად ეკონომიკურ პროცესებზე ზემოქმედებს, როგორც შიგა, ისე გარე ფაქტორები. ამ კუთხით, წინამდებარე ნაშრომში საუბარი დაეთმობა საქართველოს ენერჯობაზარზე მოქმედი სახელმწიფო და კერძო სუბიექტების როლს, როგორც ლოკალურ ისე საერთაშორისო დონეზე.

რაც შეეხება ისტორიულ რაკურსს, საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ საქართველოში ენერჯოსისტემა შიდა და გარე ცვლილებასთან ერთად, სტრუქტურულად მნიშვნელოვნად შეიცვალა, წინამდებარე ნაშრომში კი დახასიათებულია მათი ეფექტები და შედეგები ეკონომიკურ ჭრილში. გარდა ამისა, გამოყენებულია ისეთი ეკონომიკური ცვლადები, როგორცაა: ფასები, მშპ, გაცვლითი კურსები, ელენერჯის იმპორტ-ექსპორტი და სხვა მნიშვნელოვანი მაკროეკონომიკური მაჩვენებლები. დასმულია კითხვები იმის შესახებ, თუ რა გავლენა აქვს ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე ელექტროენერჯის ალტერნატიული მიმწოდებლების წყაროებს, რა პროგნოზებია აღნიშნულ სექტორში მოსალოდნელი და სხვა საინტერესო კითხვები, რომლეთა პასუხის მომზადებაზე ჩატარებულია ეკონომეტრიკული ანალიზი.

# I თავი

## საქართველოს ელექტროენერჯის ბაზარი

### 1.1. ელექტროენერჯის ბაზრის მოკლე ისტორიული მიმოხილვა

საქართველოში ელექტროენერჯის მასშტაბური ათვისება ჯერ კიდევ საბჭოთა კავშირის შექმნის პირველ ხანებში დაიწყო. საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში ეტაპობრივად შენდებოდა ჰიდრო და თბოელექტროსადგურები. ამავე პერიოდში აშენდა კავკასიის რეგიონში უდიდესი ჰიდროელექტროსადგური - ენგურჰესი (1961-1978) რომელიც დღესდღეობით წამყვან როლს თამაშობს საქართველოს ენერჯის სისტემის ფუნქციონირებაში.

საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ, სამწუხაროდ, ჰიდროელექტროსადგურების ნაწილს ფუნქციონირება შეუჩერდა, რომლის მიზეზიც იყო რეგიონში მძიმე სოციალურ-ეკონომიკური ვითარება. მაგრამ გეგმიური ეკონომიკიდან, საბაზრო ეკონომიკაზე გადასვლის შემდგომმა პერიოდმა, მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა ელექტროსისტემის მოდერნიზაციაში; კერძოდ, ახალი პოლიტიკური ძალების სურვილი მიმართული იყო უშუალოდ საზოგადოებრივი მოთხოვნის დაკმაყოფილების პრინციპზე, აქ კი ელექტროენერჯის სექტორის განვითარება, შეიძლება ითქვას, რომ ერთ-ერთი პირველი იყო იმ მოთხოვნებიდან, რომლებიც საქართველოს მოსახლეობას 90-იან წლებში გააჩნდა. ამ პერიოდში თითქმის ყველაზე მაღალი იყო კორუფციის დონე რეგიონში და არც საქართველო იყო გამონაკლისი. ეკონომიკურმა გაჭირვებამ, ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნა კიდევ უფრო დააჩქარა იმ დროს, როცა კერძო საკუთრება ლეგალიზებული გახდა. გაზრდილი ელექტროენერჯის მოთხოვნა და დაბალი შემოსავლების დონე, მოსახლეობაში ბადებდა იმის სურვილს, რომ ფარული გზებით ჰქონოდათ წვდომა უფასო დენზე. ამ მდგომარეობამ კი დააჩქარა პროცესი, შეცვილიყო სახელმწიფოს მმართველობა ახლით და დაწყებულიყო მასშტაბური პროექტები, როგორც ელექტროენერჯის ისე ეკონომიკის სხვა დარგებში.

2003 წლის შემდეგ ჩაიდო ინვესტიციები ჰიდროელექტროსადგურებისა და თბოელექტროსადგურების სწრაფ მოდერნიზებაში, რამაც მნიშვნელოვანი წვლილი

შეიტანა ქვეყნის ეკონომიკურ განვითარებაში. 2003 წლიდან დაწყებულმა ცვლილებებმა დღემდე დატოვა თავისი კვალი, და 2017 წლის მონაცემებით, საქართველოს მასშტაბით, ფუნქციონირებს სულ ხუთი თბოელექტროსადგური, შვიდი მარეგულირებელი და თხუთმეტი სეზონური ჰიდროელექტროსადგური. აგრეთვე 54 მცირე სიმძლავრის ჰესი, რომელიც პირდაპირ ხელს უწყობს ბაზრის სრულყოფას და ელექტროენერჯის ოპტიმალური ფასის არსებობას, ელექტროენერჯიაზე არსებული მოთხოვნის პირობებში.

## 1.2. ელექტროენერჯის ბაზრის სუბიექტები და სტრუქტურა

ისევე როგორც ეკონომიკის სხვადასხვა სექტორის ბაზარს, ელექტროენერჯის ბაზარსაც ახლავს თავისი სუბიექტები, რომელთა ქცევაც განსაზღვრავს ელექტროენერჯის ბაზრის მოთხოვნა-მიწოდების დონეს.

სასურველი დონის მიღწევის შედეგად ყალიბდება გასაყიდი პროდუქტის ფასი, რომელსაც ჩვენ შემთხვევაში ელექტროენერჯის ფასის სახელწოდება აქვს. ეკონომიკური თეორიიდან ცნობილია, რომ თუ ბაზარი სრულიად კონკურენტულია, მაშინ ფასიც ოპტიმალურია, ხოლო თუ სხვა ტიპის სისტემასთან გვაქვს საქმე, როგორცაა მონოპოლია, ოლიგოპოლია, მონოპოლისტური კონკურენცია, მაშინ გვექნება წონასწორულთან შედარებით გაზრდილი ან შემცირებული ფასი, რომელიც მომხმარებლის ან მიმწოდებლის ინტერესებზე სხვადასხვაგვარ დადებით ან უარყოფით გავლენას მოახდენს, იმ პროპორციით რა პროპორციითაც გაინაწილებენ მხარეები საბაზრო ფასის არსებულ დონეს.

1.1 გრაფიკზე მოცემულია ცხრილ 1.1-ის მონაცემების მიხედვით აგებული მოთხოვნა მიწოდების მრუდები, სადაც ჰორიზონტალური ხაზით წარმოდგენილია ელექტროენერჯის ფასები, რომელიც განსაზღვრულია თეთრებში, მოხმარებული კვტ. სთ-ების მიხედვით. ხოლო მოთხოვნის მრუდები კი წარმოდგენილია ვერტიკალური ხაზებით, სადაც ელექტროენერჯის ფიქსირებული რაოდენობის მოხმარების პირობებში განსაზღვრულია კონკურენტული ფასი.

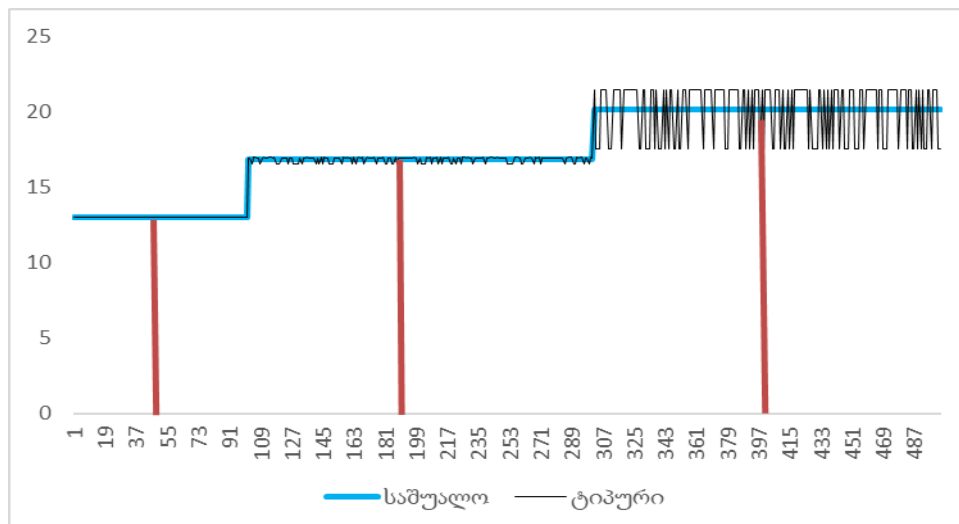
ცხრილი 1.1<sup>1</sup>

კვტ.სთ	კახეთის ენერგოდისტრიბუცია	თელასი	ენერგო პრო ჯორჯია	საშუალო
1-101	12.98	12.98	12.95	12.97
101-301	16.52	16.99	16.93	16.81
301<	17.50	21.48	21.45	20.14

წყარო<sup>2</sup>

გრაფიკი 1.1. (ა, ბ) ელექტროენერგიაზე საქართველოს მაგალითზე ტიპური შინამეურნეობის და მათი ჯამური მოქმედების შედეგად ჩამოყალიბებული ელექტროენერგიის კონკურენტული ფასის იმიტირებული მრუდები:

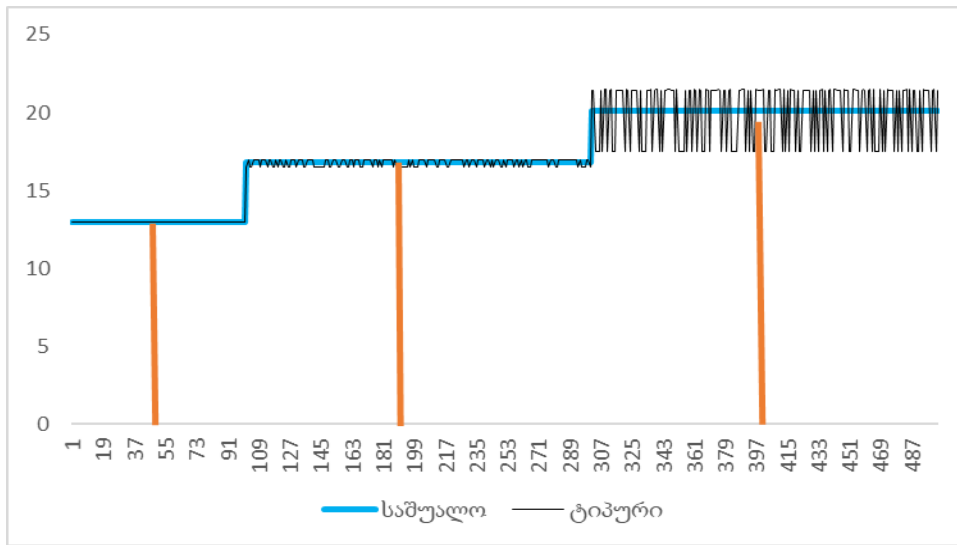
გრაფიკი 1.1 (ა)



<sup>1</sup> ელექტროენერგიის ფასების (თეთრი) განაწილება მომხმარებელთა და მიმწოდებელი კომპანიების მიხედვით

<sup>2</sup> წყარო: [www.tarifebi.ge](http://www.tarifebi.ge) ბოლო განახლება: 6/22/2019

გრაფიკი 1.1 (ბ)



რაც შეეხება შავ კლაკნილ მრუდს, იგი გამოსახავს შემთხვევითი მომხმარებლის მიერ მოხმარებულ ელექტროენერჯის ფასს, რომელიც შემთხვევით შეიძლება რეგისტრირებულიყო სს. „თელასის“ სს. „ენერჯი პრო ჯორჯია“-ს ან სს „კახეთის ენერჯოდისტრიბუციის“ აბონენტად და ესარგებლა იმ ტარიფებით, რომელსაც აწვიდს შესაბამისი კომპანია თავის კლიენტებს.

მიღებული გრაფიკებიდან გამომდინარე ვხედავთ, რომ რაც უფრო მაღალია მოთხოვნილი ელექტროენერჯის მოცულობა, მით მაღალია შემთხვევით კლიენტებს შორის მიღებული ელექტროენერჯის ფასებს შორის სხვაობა, რისი მიზეზიც ისაა, რომ კომპანიები შედარებით განსხვავებულ ფასად ყიდნიან ელექტროენერჯას ვიდრე იმ შემთხვევაში თუ ისინი მაგალითად - 301 კვტ. სთ- ს მოიხმარდნენ თვეში. გამომდინარე აღნიშნული მსჯელობიდან, ელექტროენერჯიაზე კონკურენტული სიტუაცია უფრო იმ მომხმარებელთა სეგმენტზე ნაწილდება, სადაც დანახარჯები ელექტროენერჯიაზე 301კვტ.სთ-ზე დაბალია. მათთვის, ნაკლები ეკონომიკური მნიშვნელობა აქვს იმას, თუ რომელი კომპანიის სერვისით ისარგებლებდნენ, ვიდრე მათთვის, რომლის ყოველთვიური ელექტროენერჯის ხარჯი 301 კვტ. სთ -ს აღემატება.

ელექტროენერჯის წარმოებაში დიდი წილი უჭირავს ჰიდროელექტროსადგურებისა და თბოელექტროსადგურების წლიურ გამომუშავებულ სიმძლავრეს. გამომუშავებული სიმძლავრე ქსელის მეშვეობით გადაეცემა გამანაწილებელ პუნქტებს, შემდეგ ხდება დისპეჩერიზაცია და ელექტროენერჯის გამანაწილებელ კომპანიებზე სასურველი მოცულობის ელექტროენერჯის მიყიდვა. კომპანიები საბოლოო მომხმარებელს აწვდიან მოთხოვნილ ენერჯიას გარკვეული საფასურის სანაცვლოდ, რომელსაც ელექტროენერჯის ფასი<sup>3</sup> ეწოდება.

არსებობს საბითუმო და საცალო ვაჭრობა ელექტროენერჯის ბაზარზე. საბითუმო ვაჭრობაში ელექტროენერჯის მომხმარებლები არიან ე. წ. პირდაპირი მომხმარებლები, რომლებსაც კონკრეტული პერიოდისთვის ელექტროენერჯიაზე ფიქსირებული ოდენობის მოთხოვნა აქვთ. ხოლო საცალო მომხმარებლების როლში კი გვევლინება, ის შინამეურნეობები და ფირმები, რომლებიც ელექტროენერჯის გამანაწილებელი კომპანიების მეშვეობით ღებულობენ სასურველი მოცულობის ელექტროენერჯიას. ცხადია ამ უკანასკნელი შემთხვევისათვის, ელექტროენერჯის საწყის ფასს ემატება გამანაწილებელი ოპერატორების მომსახურების საკომისიო ხარჯი.

აღსანიშნავია, ბაზრის სტრუქტურაში ერთ-ერთი მთავარი მოთამაშის როლი, რომელიც ბაზრის კომერციული ოპერატორის სახელითაა წარმოდგენილი და აწარმოებს მომხმარებლებთან საბალანსო ელექტროენერჯის გადაცემას, მოთხოვნა-მიწოდების ფაქტობრივი მოცულობების შესაბამისად.

გამომდინარე იქიდან, რომ ბაზარზე შეიძლება მყისიერად შეიცვალოს ელექტროენერჯის მოთხოვნის დონე, საჭიროა სპეციალური გამანაწილებელი ხაზის არსებობა, რომელიც დაარეგულირებს ქსელში სიმძლავრეს, ამ უკანასკნელს კი საბალანსო ელექტროენერჯია უზრუნველყოფს.

ვინაიდან ელექტროენერჯის რეგულირება დაკავშირებულია ხარჯებთან, როგორცაა დანადგარების ექსპლუატაციის ხარჯები, მუშახელის ხელფასები და სხვა, ამიტომ საბალანსო ელექტროენერჯის ხარჯები უფრო მაღალია, ვიდრე ხარჯები, რომელიც

---

<sup>3</sup> ელექტროენერჯის საფასო სისტემა, რეგიონებსა და ქვეყნებში განსხვავებულია. არსებობს საათობრივი, დღიური და სხვა სახის საფასო სისტემები.

პირდაპირი მოხმარების შემთხვევაში გვექნებოდა. ელექტროენერჯის ბაზრის სტრუქტურა სქემის სახით მოყვანილია ნაშრომის დანართში. ქვემოთ კი მისი შემადგენელი კომპონენტებიდან ზოგიერთის დინამიკას დავახასიათებთ.

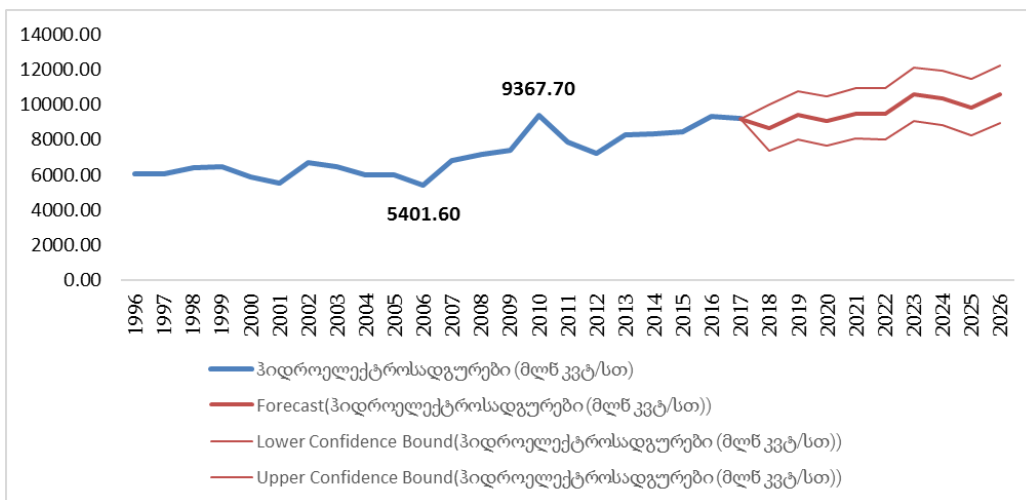
### მარეგულირებელი სადგურები

„საქართველოს ელექტროენერჯეტიკულ ბაზარზე მარეგულირებელი ელექტრო-სადგურები საქმიანობენ საქართველოს ენერჯეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის მიერ გაცემული ლიცენზიით და კომისიის 2008 წლის 4 დეკემბერს დამტკიცებული „ელექტროენერჯის ფასების შესახებ“ №33 დადგენილებით განსაზღვრული ფიქსირებული ფასით.

1.2 გრაფიკზე მოცემულია ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა წლების მიხედვით და გაკეთებულია პროგნოზი მე-7 რიგის მცურავი საშუალოს მიხედვით.

მწკრივის ტენდენცია შეიცავს ფაქტობრივ და მოსწორებულ საპროგნოზო მონაცემებს. საპროგნოზო მონაცემებიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მწკრივის მონაცემები გაიზრდება მომავალში. ამასთანავე, გრაფიკზე წარმოდგენილი რიცხვები მიუთითებს ფაქტობრივი და საპროგნოზო მონაცემების ექსტრემალურ მნიშვნელობებს.

გრაფიკი: 1.2



აღსანიშნავია, რომ ფაქტობრივი დონეების გლობალური მაქსიმუმის წერტილი 9367,7 მლნ. კვტ/სთ მოთავსებულია საპროგნოზო მნიშვნელობების გადახრებს შორის. ეს უკანასკნელი კი იმას ადასტურებს, რომ მოცემული პროგნოზის საშუალებით შესაძლებელია ობიექტური დასკვნის გაკეთება. ამრიგად, მომავალში უნდა ველოდოთ ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ზრდას.

1996-2017 წლებში ელექტროენერჯის გამომუშავების მინიმუმი მოდის 2005 წელზე და შეადგენს 5401,6 მლნ. კვტ/სთ, ხოლო ამავე წელს საქართველოს ელექტროენერჯის მთლიანმა მოხმარებამ, კი 8337.7 მლნ.კვტ/სთ<sup>4</sup> შეადგინა. გამომდინარე ამ მონაცემებიდან, ამ წელს საქართველომ, დაახლოებით, 2936,1 მლნ.კვტ/სთ ელექტროენერჯია სხვა წყაროებიდან მოიხმარა: მათ შორისაა თბოელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯია და იმპორტირებული ელექტროენერჯია.

აღნიშნული გარემოების გათვალისწინება სასურველია, შემდგომში იმისთვის, რომ მეტი ყურადღება მიექცეს მოთხოვნა-მიწოდების ბალანსის ანალიზს და ყველაფერი გაკეთდეს იმისთვის, რომ მოთხოვნა ადგილობრივი ენერგორესურსებით სრულად (თუ უმეტესწილად მაინც) დაკმაყოფილდეს და არ ჰქონდეს ადგილი მკვეთრ დეფიციტს, როგორც ეს ზემოთ მოყვანილმა გრაფიკმა გვიჩვენა.

### **თბოელექტროსადგურები**

„თბოელექტროსადგურები საქმიანობენ კომისიის მიერ გაცემული ლიცენზიით და ორგანაკვეთიანი ფასით. ისინი ასევე წარმოადგენენ გარანტირებული სიმძლავრის წყაროებს. საქართველოს მთავრობის 2010 წლის 15 ივლისს №193 დადგენილებით განისაზღვრება საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში გარანტირებული სიმძლავრის წყაროები, ამ წყაროების მიერ უზრუნველყოფილი მინიმალურ გარანტირებული სიმძლავრეების ოდენობას და გარანტირებული სიმძლავრით უზრუნველყოფის პერიოდები. თითოეული გარანტირებული სიმძლავრის წყაროსთვის გარანტირებული სიმძლავრის საფასური დადგენილია „ელექტროენერჯის ფასების შესახებ“

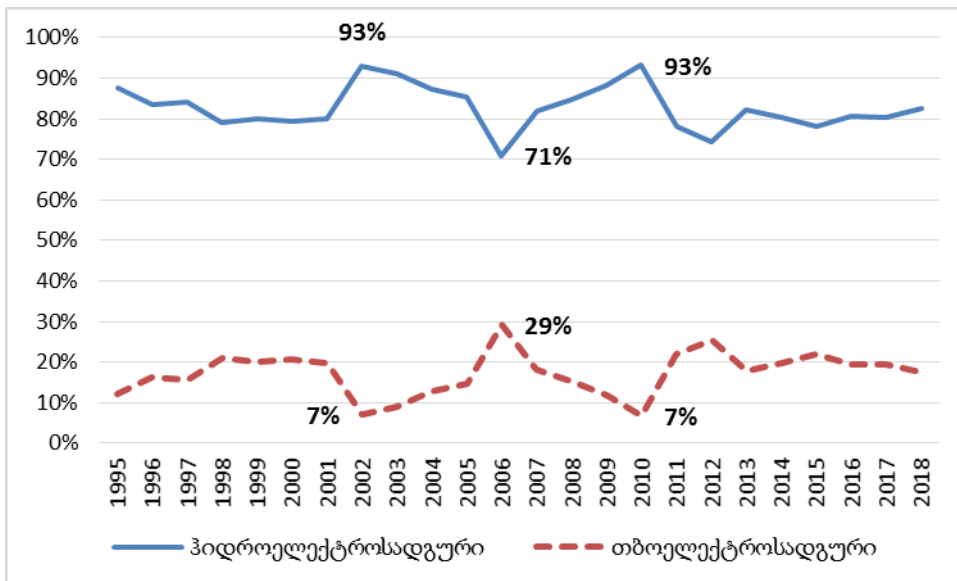
---

<sup>4</sup> წყარო: სს. „საქართველოს სახელმწიფო ენერგოსისტემა“  
[http://www.gse.com.ge/sw/static/file/20051\\_GEO.pdf](http://www.gse.com.ge/sw/static/file/20051_GEO.pdf)

საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის 2008 წლის 4 დეკემბრის №33 დადგენილებით,

თბოელექტროსადგურებისა და ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯის წილი გამოიმუშავებულ ელექტროენერჯიაში წლების მიხედვით მოცემულია 1.3 გრაფიკზე, სადაც მუქი შრიფტით ჩაწერილი რიცხვები გამოსახავს ლოკალური ექსტრემუმის წერტილებს. აღმოჩნდა, რომ 2006 წელს თბოსადგურების წილმა მოცემულ პერიოდში მაქსიმალურ მნიშვნელობას, 29%-ს, მიაღწია, მინიმალური მნიშვნელობა კი 2001 და 2010 წლებში 7% დაფიქსირდა.

გრაფიკი: 1.3



საგულისხმოა ის ფაქტი, რომ თბოსადგურების წილის მოცულობა 2010 წლის შემდეგ, ჯერ გაიზარდა და შემდეგ კი დაიწყო შემცირება. შემცირებული ტენდენცია მიგვითითებს, რომ თბოელექტროსადგურების ფუნქციონირება ზოგადად მომავალი წლებისათვის შედარებით უმნიშვნელო იქნება, ანუ, სხვა თანაბარ პირობებში, მათ მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯია გარკვეული მიზეზების გამო მიზერული იქნება, უფრო ხანგრძლივ პერიოდში კი მთლიანად გაუტოლდება ნულს.

აღნიშნული მსჯელობა არ ნიშნავს იმას, რომ თბოელექტროსადგურები რეალურად მართლაც უფუნქციოდ დარჩება. ამ შემთხვევაში სიტუაციას სხვა თანაბარ პირობებში ვიხილავთ. რაც შეეხება ისეთ გარეგან ფაქტორებს, როგორცაა ბუნებრივი კატასტრო-

ფები, ხელოვნურად ზემოქმედი ფაქტორები და სხვა სახის ცვლილებები, ამ შემთხვევაში მხოლოდ აპრიორ ფაქტორად შეგვიძლია განვიხილოთ დროით მწკრივში და ამის შემდგომ დავახასიათოთ საბოლოო შედეგები.

ელექტროენერჯის ბაზრის სუბიექტების შესახებ ინფორმაცია 2017 წლის მდომარეობით, მოცემულია 1.2 ცხრილში. ცხრილის მონაცემებიდან გამომდინარე, საქართველოს ენერგობაზრისთვის, სხვა თანაბარ პირობებში, საკმარისია მხოლოდ სამი გადამცემი და სამი გამანაწილებელი კომპანიის ფუნქციონირება, თუმცა ბაზრის სრულყოფისათვის და ეკონომიკის განვითარებისათვის უმჯობესია ან პირდაპირი მომხმარებლების რაოდენობის ზრდა არსებული გადამცემი კომპანიების პირობებში, ან ელექტროენერჯის გამანაწილებელი კომპანიების გაზრდა პირდაპირი მომხმარებლების შემცირების ხარჯზე. ელექტროენერჯის სუბიექტების ოპტიმალური რაოდენობით ჩართვა ელექტროენერჯის ბაზარზე მთავარი მიზეზი გახდება იმის, რომ არსებული რესურსები ოპტიმალურად განაწილდეს მთლიანად ეკონომიკაზე და ელექტროენერჯის ფასიც მაქსიმალურად მიუახლოვდეს სრულყოფილი კონკურენციის პირობებში არსებულ ფასს, ვინაიდან ამგვარი ფასი ყველაზე ხელსაყრელი იქნებოდა როგორც მომხმარებლებისთვის, ისე მიმწოდებლებისთვის.

ცხრილი: 1.2<sup>5</sup>

გადამცემი კომპანიები:	პირდაპირი მომხმარებლები:	ელექტროენერჯის განაწილება:
სს "საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა"	შპს "ჯორჯიან უოთერ ენდ ფაუნდ"	სს „ენერგო-პრო ჯორჯია“
შპს „ენერგოტრანსი“	სს "საქართველოს რკინიგზა"	სს „თელასი“
სს გაერთიანებული ენერგეტიკული სისტემა "საქრუსენერგო"	შპს "ჯორჯიან მანგანეზი"	სს „კახეთის ენერგო-დისტრიბუცია“
	შპს "რუსთავის წყალი"	
	შპს "ჯეოფერომეტალი"	

<sup>5</sup> ინფორმაცია ელექტროენერჯის ბაზრის სუბიექტების შესახებ 2017 წლის მდომარეობით

### 1.3. ელექტროენერჯის ბაზრის წესები. ესკო-ს როლი ელექტროენერჯის გადაცემაში

საქართველოს ერთიან ელექტროენერჯეტიკულ სისტემაში საბითუმო ვაჭრობის საგანია ელექტროენერჯია და გარანტირებული სიმძლავრე. საბითუმო ვაჭრობაში მონაწილეობის უფლება აქვთ კვალიფიციურ საწარმოებს, აგრეთვე გადაცემისა და დისპეტჩერიზაციის ლიცენზიატებს შესაბამისი ნორმატიული აქტით დადგენილ შემთხვევებში, ხოლო გარანტირებული სიმძლავრით საბითუმო ვაჭრობაში მონაწილეობის უფლება აქვთ მხოლოდ კვალიფიციურ საწარმოებს. ვაჭრობაში მონაწილედ რეგისტრაციას, სარეგისტრაციო მონაცემებში ცვლილებების შეტანას და რეგისტრაციის გაუქმებას ახდენს ბაზრის ოპერატორი „ელექტროენერჯის (სიმძლავრის) ბაზრის წესებით“.

საბალანსო ელექტროენერჯით ვაჭრობა, ხდება მხოლოდ ბაზრის ოპერატორის მეშვეობით, როგორც პირდაპირი ხელშეკრულებებით, ისე პირდაპირი ხელშეკრულების სტანდარტული პირობებით. ამ მიზნით, ბაზრის ოპერატორი დისპეტჩერიზაციის ლიცენზიანტთან არეგისტრირებს პირდაპირი ხელშეკრულების სტანდარტულ პირობებს საბალანსო ელექტროენერჯის როგორც მყიდველებისათვის, ისე გამყიდველებისათვის.

ბაზრის ოპერატორი საბალანსო ელექტროენერჯიას შეისყიდის ელექტროენერჯის წარმოების ლიცენზიატის, მცირე სიმძლავრის ელექტროსადგურისა და იმპორტიორისაგან. ბაზრის ოპერატორისაგან საბალანსო ელექტროენერჯიას შეისყიდის განაწილების ლიცენზიატი, ამ კანონის 495 მუხლით განსაზღვრული პირი/პირები, პირდაპირი მომხმარებელი, ექსპორტიორი, ელექტროენერჯის მწარმოებელი ელექტროსადგურის საკუთარი მოხმარების ნაწილში, ხოლო ელექტროენერჯის (სიმძლავრის) ტრანზიტის უზრუნველყოფისათვის დანაკარგების დაფარვის მიზნით ელექტროენერჯის შესყიდვის ნაწილში – დისპეტჩერიზაციის ლიცენზიატი. კვალიფიციური საწარმო, რომელიც მიაწვდის ან მიიღებს საბალანსო ელექტროენერჯიას, ითვლება შესაბამისი პირდაპირი ხელშეკრულების მხარედ სტანდარტული პირობებით. ელექტროენერჯეტიკული სის-

ტემის მდგრადობის, უსაფრთხოებისა და საიმედოობის უზრუნველყოფა, ასევე საჭიროების შემთხვევაში ელექტროენერჯის (სიმძლავრის) მიწოდება-მოხმარების დაბალანსება ხორციელდება ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში არსებული გარანტირებული სიმძლავრით.

გარანტირებული სიმძლავრით ვაჭრობა ხდება მხოლოდ ბაზრის ოპერატორის მეშვეობით. ამ მიზნით ბაზრის ოპერატორი დისპეტჩერიზაციის ლიცენზიატთან არეგისტრირებს ხელშეკრულების სტანდარტულ პირობებს როგორც გარანტირებული სიმძლავრის წყაროებისათვის, ისე გარანტირებული სიმძლავრის მყიდველი კვალიფიციური საწარმოებისათვის.

გარანტირებული სიმძლავრის უზრუნველყოფის პირდაპირი ხელშეკრულების სტანდარტულ პირობებს ბაზრის ოპერატორის წინადადების საფუძველზე ამტკიცებს კომისია.

გარანტირებული სიმძლავრის წყარო არის ბაზრის ოპერატორის მიერ დისპეტჩერიზაციის ლიცენზიატთან დარეგისტრირებული შესაბამისი ხელშეკრულების მხარე სტანდარტული პირობებით და იგი ვალდებულია მზადყოფნაში იქონიოს თავის მფლობელობაში არსებული წარმოების საშუალებები გარანტირებული სიმძლავრით უზრუნველყოფისათვის.

პასუხისმგებლობა ელექტროენერგეტიკული სისტემის გარანტირებული სიმძლავრით უზრუნველყოფისათვის ეკისრება შესაბამის გარანტირებული სიმძლავრის წყაროს.

იმპორტის ან ექსპორტის განხორციელება შეუძლია ნებისმიერ პირს; იმპორტისა და ექსპორტის განხორციელება ხდება პირდაპირი ხელშეკრულებებით.

მცირე სიმძლავრის ელექტროსადგური უფლებამოსილია ელექტროენერჯია მიჰყიდოს: ა) კვალიფიციურ საწარმოს; ბ) საცალო მომხმარებელს.

აღრიცხვის სისტემა ელექტროენერჯის გადამცემ ქსელში ელექტროენერჯის დანახარჯს ზუსტად უნდა განსაზღვრავდეს. ელექტროენერჯის დანახარჯი ელექტროენერჯის გადამცემ ქსელში არის ელექტროენერჯის ხარჯი, რომელიც მოიცავს გადაცემის ლიცენზიატის მფლობელობაში მყოფი ქვესადგურის საკუთარ მოხმარებას, მოხმარებას ელექტროგადამცემი ხაზის დაცვის რეჟიმში ჩართვის პერიოდში და

სინქრონიზაციისას აღრიცხული ელექტროენერჯის რაოდენობას, აგრეთვე დანაკარგს ელექტროენერჯის გადამცემ ხაზებში, ძალოვან, ვოლტდამმატებელ და გამზომ ტრანსფორმატორებში, მაკომპენსირებელ კოჭებში, მამუნტირებელ რეაქტორებში, სინქრონულ კომპენსატორებსა და კონდენსატორთა ბატარეებში, აგრეთვე სხვა ტექნიკურ დანაკარგებს ელექტროგადამცემი ხაზის მუშა და უქმი სვლის რეჟიმებში.

აღსანიშნავია, რომ ზემოთმოყვანილი ბაზრის წესები შესაბამისობაშია ევროპული სტანდარტის მიახლოებით 80%-თან ხოლო დანარჩენი 20% მოდერნიზებას საჭიროებს, თუმცა გასათვალისწინებელია ის ფაქტიც, რომ ბაზრის წესების სპეციფიკა დიდწილად თავად რეგიონის გეოგრაფიულ და ეკონომიკურ პირობებზეა დამოკიდებული. ამრიგად, მოცემულ სექტორში განხორციელებული ინვესტირებისთვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს აღნიშნული წესების, ცოდნა.

ელექტროენერჯეტიკული სექტორის კომერციული ოპერატორს იგივე ესკოს შეთავსებული აქვს შემდეგი ფუნქციები: „საბალანსო ელექტროენერჯის (სიმძლავრის) ყიდვა-გაყიდვა (მათ შორის, იმპორტსა და ექსპორტზე საშუალო- და გრძელვადიანი ხელშეკრულებების გაფორმების გზით); გარანტირებული სიმძლავრით ვაჭრობა "ელექტროენერჯეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ" საქართველოს კანონისა და "ელექტროენერჯის (სიმძლავრის) ბაზრის წესების" შესაბამისად; საბითუმო ყიდვა-გაყიდვის შესახებ ერთიანი ბაზის, მათ შორის, აღრიცხვიანობის ერთიანი რეესტრის შექმნა და წარმოება; საქართველოს ერთიან ელექტროენერჯეტიკულ სისტემაში ელექტროენერჯისა და სიმძლავრის მიწოდება-მოხმარების დაგეგმვის მიზნით დისპეტჩერიზაციის ლიცენზიატისათვის შესაბამისი ინფორმაციის წარდგენა; საბითუმო აღრიცხვაში გამოყენებული მრიცხველების ინსპექტირება; ახალი ელექტროსადგურების მშენებლობის ხელშეწყობა; კანონით განსაზღვრული სხვა ფუნქციები.“<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> წყარო: <http://esco.ge/>

#### 1.4. საქართველოში მოქმედი ელექტროენერგეტიკული ბალანსი

საქართველოში ელექტროენერგეტიკულ ბალანსს ადგენენ საერთაშორისო სტანდარტის მიხედვით, სადაც სისტემატიზებულიაა მონაცემები ჩაწერილი. აღნიშნული სტანდარტის შემოღება ამარტივებს ელექტროენერჯის მოძრაობის შესახებ ინფორმაციის აღქმას და ამავე დროს სხვა ქვეყნების ენერგოსისტემასთან შესადარისობას. ბალანსის (იხ. ცხრილი 1.3) მუხლებს კი დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მმართველობითი გადაწყვეტილებების მისაღებად, იქნება ეს სახელმწიფო თუ კერძო სექტორის ინტერესის საგანი.

ცხრილი: 1.3

1	<i>ელექტროენერჯის მთლიანი გამომუშავება: ( 2+3+4 )</i>
2	თბოსადგურები სულ
3	ქარის სადგური
4	ჰესები სულ
5	იმპორტი სულ
6	ტრანზიტის მიზნით საქართველოში შემოსული ელ. ენერჯია
7	<i>სულ რესურსი: ( 1+5+6 )</i>
8	სასადგ. დანაკარგები. და ს/მ
9	<b>ქსელში მიწოდება: 7 – 8</b>
10	მომხმარებლებზე მიწოდება
11	გაჩერებული ელ.სადგურების ს/მ
12	ექსპორტი სულ
13	ტრანზიტის მიზნით საქართველოდან გასული ელ. ენერჯია
14	<i>სულ მოხმარება: ( 10+12+13 )</i>
15	ტრანსპორტირების ხარჯი
16	<b>სულ მოთხოვნა კარგვების გათვალისწინებით: 14-15</b>

ბალანსში მუქი შრიფტით ჩაწერილი მუხლები წარმოადგენენ ძირითად საბალანსო ტოლობის შემადგენელ კრებსით კრედიტისა და დებეტის მუხლებს. ბალანსის განმარტებიდან გამომდინარე, ისინი ერთმანეთს ემთხვევა. ანუ გვაქვს შემდეგი იგივეობა:

ქსელში მიწოდება = სულ მოთხოვნა დანაკარგების გათვალისწინებით.

ჩვენი მიზანია ბალანსში აღნიშნული მუხლების ჩანაწერები დროსა და სივრცეში დავუკავშიროს ისეთ ეკონომიკურ მაჩვენებლებს, როგორცაა მშპ<sup>7</sup>, ფასები, პირდაპირი უცხოური ინვესტიციების ნაკადები, ელექტროენერჯის ექსპორტ-იმპორტის დინამიკა და სხვა მნიშვნელოვანი მაკრო თუ მიკროეკონომიკური ცვლადები.

თუ გადავხედავთ მსოფლიო ქვეყნების ელექტროენერგეტიკული ბალანსის მუხლებს შევნიშნავთ, რომ მათში გამოყენებულია ისეთი მუხლები, რომლებიც აღნიშნულ ბალანსში არ ფიგურირებს, რაც არცაა გასაკვირი. მაგალითისთვის, საქართველოს ბალანსი, რომ შევადაროთ გერმანიის ფედერაციული რესპუბლიკის ბალანსს, ძირეული განსხვავება მუხლების ჩანაწერებს შორის არის ელექტროენერჯის წარმოების დამატებით წყაროები, როგორცაა: ატომური და მზის ენერჯიები<sup>8</sup>.

## 1.5. ელექტროენერჯის ფასების პროგნოზირება

ელექტროენერჯის საფასო სისტემას, სხვადასხვა ქვეყანაში თუ რეგიონში, განსხვავებული კონიუნქტურა ყალიბდება. განსხვავებულია მიმწოდებლებისა და მომხმარებლების სტრუქტურა. ამის გათვალისწინებით, საქართველოს მაგალითზე ელექტროენერჯის ბაზარზე ფასების პროგნოზირებისათვის გამოყენებულია თანამედროვე ეკონომეტრიკის მეთოდები, როგორცაა დროითი მწკრივების ARMA მოდელების შეფასება მეთოდით, რომელიც **ბოქსი-ჯენკისის მეთოდის** სახელწოდებითაა ცნობილი. განხილულია გაუს-მარკოვის დაშვებების შესახებ ჰიპოთეზები,

<sup>7</sup> მშპ შესაძლებელია განხილულ იქნეს სხვადასხვა ფორმით, ნომინალური ან რეალური, ქვეყნის მასშტაბით ან ერთ სულ მოსახლეზე, ეროვნულ ან უცხოურ ვალუტაში. ანალოგიური მიდგომა შეიძლება გავავრცელოთ სხვა დანარჩენ ცვლადებზეც თუ კი ამის ობიექტური მიზეზი იარსებებს.

<sup>8</sup> [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/daten-zu-erneuerbaren-energien/Stromerzeugung\\_2017.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/daten-zu-erneuerbaren-energien/Stromerzeugung_2017.pdf)

შემთხვევითი წევრის განაწილებასთან დაკავშირებით. აღნიშნული, განსაკუთრებით მნიშვნელოვან როლს დროითი მწკრივების ანალიზში ასრულებს, რადგან MA<sup>9</sup> პროცესის შესაფასებლად საჭიროა შემთხვევითმა გადახრებმა დააკმაყოფილოს თეთრი ხმაურის პროცესს თვისებები. ახლავს თან.

რაც შეეხებ ელექტროენერჯის ფასების პროგნოზირების შესახებ სხვადასხვა ავტორთა მიერ ჩატარებულ კვლევებს, გამოვყოფთ რამდენიმეს.

გერმანიის მაგალითზე მოდელირებული ელექტროენერჯის ფასების კვლევა: დოქტ. მიხაელ ებერტის ავტორობით, რომელმაც 2005 წელს, დროითი მწკრივების მეთოდებით (AR, MA, ARMA, GARCH) გამოავლინა საბაზრო ფასების ემპირიული პროგნოზი<sup>10</sup> ბოქსი-ჯენკინსის მეთოდის გამოყენებით, რომელიც ეფუძნება მოდელის იდენტიფიკაციის, პარამეტრების შეფასებისა და პროგნოზის გაკეთებას. (შტუტგარდის უნივერსიტეტი 2005 წ. „Preisprognosen an europäischen Spormärkten für Elektrizität. Michael Ebert“ ).

**ვირლის** ნაშრომში გამოკვლეულია ავსტრიის მაგალითზე ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის პარამეტრები 1982-1987 წლებში, სადაც მან ელექტროენერჯის ფასების პროგნოზის განსაზღვრაში გაითვალისწინა ტექნოლოგიური პროგრესი, სადაც დაკვირვების ობიექტად აიღო ავტომობილების წარმოების მაჩვენებელი. აღმოჩნდა, რომ ტექნოლოგიური პროგრესი საავტომობილო ინდუსტრიაში, ზრდის მოთხოვნას ელექტროენერჯიაზე და სხვა თანაბარ პირობებში ელექტროენერჯის ფასიც იმატებს. Franz Wirl. Energiesparen 1973-1995: Eine Empirische Untersuchung für Österreich.

**ოლივერ ჰერიგს** კვლევაში გამოყენებული აქვს არაპარამეტრული მეთოდები. ენერჯის ბაზრებისთვის ელექტროენერჯის ფასებად აღებული აქვს აქციათა აუქციონური ფასები, ანუ ფასი რომელიც აუქციონის ჩატარების საფუძველზე ყალიბდება. იყენებს ბოქსი-ჯენკინსის მეთოდს, რომელიც ბადეზე ძიების მეთოდოლოგიას ეფუძნება და ამავე დროს განზოგადებულ უმცირეს კვადრატთა მეთოდს. მისი ნაშრომის ორიგინალურობა (ინოვაციური მხარე) ისაა, რომ გამოყენებული აქვს ე.წ

<sup>9</sup> მხურავი საშუალოს პროცესი MA = moving average

<sup>10</sup> <https://d-nb.info/1046833626/34>

მანქანური სწავლება Machine learning და მის საფუძველზე მოდელირებული აქვს, მონაცემთა ერთობლიობები დაკვირვების დიდი რიცხვისთვის, რომელიც ელექტროენერჯის ბაზარზე ფასების დროითი მწკვივის მოდელების შემთხვევითი პარამეტრის მიმართ აქვს მოყვანილი.

რაც შეეხება საქართველოს ელექტროენერჯის ბაზრის ფასების ეკონომეტრიკულ კვლევას, მხოლოდ დღეის მდგომარეობით ფიქსირდება კვლევითი ორგანიზაციების მიერ ჩატარებული გამოკვლევები, რომლებიც ელექტროენერჯის ზოგად ანალიზს მოიცავს და ეკონომეტრიკულ საკითხებს ნაკლებად აქვს ყურადღება დათმობილი.

### საქართველოს და ევროპის ელექტროენერჯის ბაზრების დახასიათება

საქართველოს მაგალითზე, გვაქვს მხოლოდ ერთი დროითი მწკვივი, რომლის მიზეზიც ისაა, რომ ელექტროენერჯიას მხოლოდ ერთი გამანაწილებელი კომპანია (ესკო) ანაწილებს. შესაბამისად, საბალანსო ფასების შესახებ ინფორმაციას მხოლოდ მისი უშუალო შუამდგომლობით ვიღებთ.

ევროპის უმრავლეს ქვეყნებში 2017 წლის მდგომარეობით, საბალანსო ელექტროენერჯის ფასებს რამოდენიმე გამანაწილებელი კომპანია განსაზღვრავს ( **Nord Pool, EEX, EXAA, OMEL, Powernext** ). ამ კომპანიებს ევროპის სხვადასხვა ქვეყანაში, მათ შორის გერმანიაში, აქვთ საკუთარი გამანაწილებელი ხაზები. გამომდინარე ამგვარი ბაზრის სტრუქტურიდან, გვაქვს საბალანსო ელექტროენერჯის იმდენი განსხვავებული ვარიანტი, რამდენი გამანაწილებელი კომპანიაა ბაზარზე ჩართული.

ამასთანავე, მნიშვნელოვანია ის გარემოება, რომ ევროპის ელექტროენერჯის ბაზრის ფასების დროითი მწკვივის ჩანაწერებში ფიგურირებს გაცილებით მეტი ჩანაწერი ვიდრე საქართველოს შემთხვევაში, ამის მიზეზზე კი ისაა, რომ ევროპის უმრავლეს ქვეყნებში, მათ შორის გერმანიაში მოქმედებს საბაზრო ფასების საათობრივი სისტემა, რაც გულისხმობს ყოველ მომდევნო საათში ახალი ფასის განსაზღვრას.

ამრიგად, ერთ წელიწადშიც კი იმდენად დიდი რაოდენობის მონაცემები გროვდება, რომ მიმზიდველი ხდება მათ შესახებ სტატისტიკური კვლევების ჩატარება..

დღესდღეობით საქართველოს შემთხვევაშიც არსებობს საკმარისი რაოდენობის ჩანაწერები, რომ ჩავატაროთ კვლევა, თუმცა მხოლოდ თვიური მონაცემების მიხედვით, რაც შეეხება მონაცემებს წლების მიხედვით, მათთან მიმართებაში სიფრთხილე გვმართებს, რადგან მათ საფუძველზე გაკეთებული დასკვნა ნაკლებად დამაკმაყოფილებელი იქნება მონაცემთა შერჩევის მცირე რაოდენობის გამო. როგორც სტატისტიკის თეორიიდანაა ცნობილი, დაკვირვების მოცულობას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება კოეფიციენტების იდენტიფიკაციის და შეფასების დროს.

განვიხილოთ ელექტროენერჯის ფასები, 2014-2019 წლების შუალედში, თვეების მიხედვით<sup>11</sup> (იხ. გრაფიკი 1.4). მოცემული მწკრივი წარმოადგენს დროით მწკრივს, დაკვირვების 64 წერტილით. გრაფიკული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მწკრივი ძლიერ რხევას განიცდის და ჰიპოთეზურ დონეზე ჰგავს სტაციონარულ პროცესს, რომლისთვისაც დაკვირვების მნიშვნელობები ერთიმეორეზე ნაკლებადაა დამოკიდებული.

გამომდინარე აქედან, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მწკრივს დროითი ტრენდი არ გააჩნია, ან გააჩნია და იგი არაა მნიშვნელოვანი იმისთვის, რომ მწკრივის სამომავლო დაკვირვების წერტილებზე მოახდინოს მნიშვნელოვანი გავლენა. ამასთან, მოდელიში ტრენდის სტატისტიკური მნიშვნელოვნების ანალიზი მოყვანილია ამ თავის ქვედა ნაწილში.

იმისთვის, რომ შევამოწმოთ ჩვენი მსჯელობა, პირველ რიგში შევამოწმოთ მწკრივი არის თუ არა სტაციონალური<sup>12</sup>, რადგან სტაციონალურობა წარმოადგენს იმის წინაპირობას, თუ რომელი მეთოდი გამოვიყენოთ პროგნოზირებისთვის.

### **სტაციონალურობის შემოწმება დიკი-ფულერის ტესტით ADF**

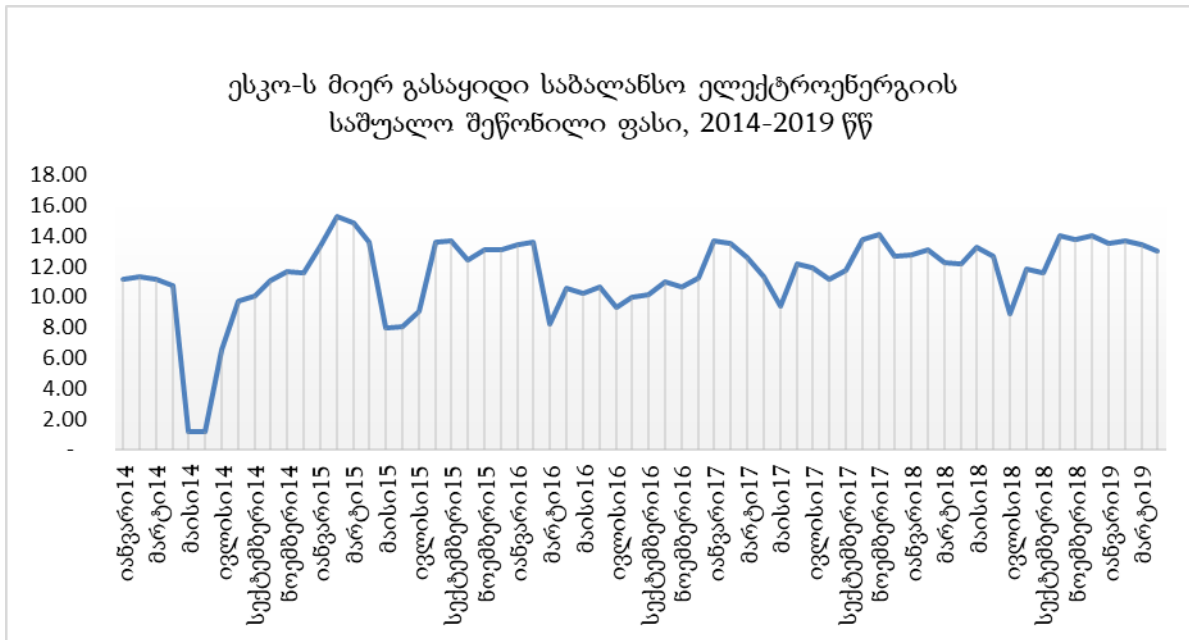
მოცემული ტესტი ამოწმებს ძირითად ჰიპოთეზას იმის შესახებ, არის თუ არა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი დაკვირვების ობიექტებს შორის სიმჭიდროვის ხარისხის მაჩვენებელი. მას მწკრივის ავტოკორელაციის კოეფიციენტი ეწოდება და განიხილება დროითი მწკრივების ერთი და მეტი პერიოდის დაცილების ჩანაწერების

<sup>11</sup> წყარო: <http://esco.ge/ka/electricity/balancing-electricity-price>

<sup>12</sup> არსებობს სტაციონალურობის ვიწრო და ფართო განმარტება, თუმცა მათი საერთო შინაარსიდან გამომდინარე მათ გამოიჯვანას არ შევეცდებით.

კავშირის დასადგენათ. თუ აღმოჩნდა, რომ აღნიშნული კოეფიციენტი ერთთან ახლოსაა, მაშინ ვამბობთ, რომ მწკრივი არასტაციონალურია და გააჩნია დროითი ტრენდი, ხოლო წინააღმდეგ შემთხვევაში გვაქვს სტაციონალური დროითი მწკრივი.

გრაფიკი: 1.4



სტატისტიკური პროგრამის დამხმარებით გამოვიყენებთ ტესტის მოდიფიცირებულ ვარიანტს, რომელიც გაფართოებული დიკი-ფულერის ტესტის სახელწოდებითაა ცნობილი (Augmented Dicky-Fuller est, ADF).

გაფართოებული დიკი-ფულერის ტესტის განტოლებას აქვს შემდეგი ზოგადი სახე:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \delta y_{t-1} + u_t \quad (1.2)$$

სადაც:

$\alpha_0$ : არის თავისუფალი კოეფიციენტი

$\alpha_1$ : არის ტრენდის კოეფიციენტი

$\delta$ : პირველი რიგის ავტოკორელაციის კოეფიციენტისა და ერთის სხვაობა<sup>13</sup>

$y_{t-1}$ : წინა პერიოდის დაკვირვება

<sup>13</sup> აღნიშნული სხვაობა წარმოქმნილია ტესტის მათემატიკური ფორმის მიზეზით, რომელშიც მწკრივის დინამიკური ვარიანტია განხილული და დაკვირვების ობიექტების სხვაობა აიღება.

$u_t$  : შემთხვევითი წევრი, რომელიც თეთრ ხმაურს წარმოადგენს.

მხედველობაში ვღებულობთ იმას, რომ თუ (1.2) განტოლების შემადგენელი ცვლადებიდან, მათ შორის თავისუფალი კოეფიციენტი და ტრენდი, რომელიმე მათგანი ან ორივე არ აღმოჩნდა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი, მაშინ დიკი-ფულერის ტესტი მიიღებს ახალ სახეს, სადაც აღნიშნული ცვლადები გამოტოვებული იქნება და ხელმეორედ შევაფასებთ განახლებულ მოდელს.

ცვლადების ამოღების მთავარ მიზეზად შეიძლება დასახელდეს დაკვირვების ობიექტების სხვაობის ახალ მოდელზე გადასვლა, რომელიც, როგორც წესი, არამნიშვნელოვანს ხდის ტრენდს და თავისუფლებს მოდელს მისგან.

თვდაპირველად, ჩავრთოთ მოდელში თავისუფალი კოეფიციენტი და ტრენდი, რომელიც გვამღებს 1.3 ცხრილში მოცემულ შედეგს.

ცხრილი: 1.3

Null Hypothesis: PREIS has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.505248	0.0493
Test critical values:		
1% level	-4.144584	
5% level	-3.498692	
10% level	-3.178578	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Sample (adjusted): 2 53  
 Included observations: 52 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PREIS(-1)	-0.396768	0.113193	-3.505248	0.0010
C	3.695584	1.225599	3.015328	0.0041
@TREND(1)	0.029941	0.020559	1.456356	0.1517

ტესტის ანალიზის საფუძველზე დგინდება, რომ საბალანსო ელექტროენერჯის დროითი მწკრივი 5%-იანი მნიშვნელოვნების დონით, სტაციონარული მწკრივია, ხოლო 1%-იანი მნიშვნელოვნების დონით, იგი არასტაციონარული გამოდის.

რაც შეეხება, ტრენდის სტატისტიკურ მნიშვნელოვნებას, იგი 10%-იანი მნიშვნელოვნების დონითაც კი არამნიშვნელოვანი აღმოჩნდა. ამასთან, მისი სტანდარტული

შეცდომაც მცირეა, აღნიშნული კიდევ ერთხელ მიგვითითებს, რომ მწკრვში ტრენდის ჩართვას აზრი არ აქვს. გამომდინარე აქედან, გადავიდეთ მოდელზე, რომელიც მხოლოდ თავისუფალ წევრს შეიცავს. ამ შემთხვევაში (1.2) განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \delta y_{t-1} + u_t \quad (1.3)$$

(1.3) განტოლების შედეგები კი მოცემულია ცხრილ 1.4-ში.

ცხრილი: 1.4

Null Hypothesis: PREIS has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.161515	0.0282
Test critical values:		
1% level	-3.562669	
5% level	-2.918778	
10% level	-2.597285	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Sample (adjusted): 2 53

Included observations: 52 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PREIS(-1)	-0.338449	0.107053	-3.161515	0.0027
C	3.835013	1.235475	3.104080	0.0031

ამრიგად დროითი მწკრივი სტაციონალური აღმოჩნდა; ხოლო მასში შემავალი თავისუფალი კოეფიციენტი კი სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი. მისი ნიშანი დადებითია და უდრის 3,83-ს.

ზემოთ მოყვანილმა ანალიზმა, მწკრივის სტაციონალურობა სტატისტიკურად დაადასტურდა, გამომდინარე აქედან, შეგვიძლია გამოვიყენოთ დროითი მწკრივის გავრცელებული პროგნოზირების მეთოდი, რომელიც გამოიყენება სტაციონალური მწკრივების მოდელირებისთვის. არჩევანი გავაკეთოთ როგორც მცურავი საშუალოს მეთოდის ისე ავტორეგრესიული მეთოდის გამოყენებაზე, რომელიც, ზოგად შემთხვევაში, ARMA(p,q) პროცესით აღიწერება და საშუალებას გვაძლევს დროითი მწკრივისთვის დავადგინოთ ახდენს თუ არა მისი ელემენტების მნიშვნელობებზე

გავლენას გარკვეული  $p$  ლაგით დაშორებული დაკვირვებები, ან ადგილი თუ აქვს  $q$  ლაგით დაშორებულ შემთხვევითი პროცესების გავლენას დაკვირვების ობიექტებზე.

საწყის ეტაპზე განვიხილოთ ავტოკორელაციის ფუნქციის ACF და კერძო ავტოკორელაციის ფუნქციის PACF გრაფიკები, რომელთა დახმარებით დავასკვნით, თუ რომელი რიგის ARMA მოდელის არჩევა იქნებოდა საწყის ეტაპზე მიზანშეწონილი. არ დაგვავიწყდეს ის გარემოება, რომ აღნიშნული მაჩვენებლები ეხება ელექტროენერჯის ფასების დროით მწკრივს. მაშ ასე, დავაკვირდეთ ACF ფუნქციის გრაფიკს:

ნახაზი: 1.2

Included observations: 53

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.655	0.655	24.018	0.000
		2	0.266	-0.284	28.061	0.000
		3	0.042	0.008	28.162	0.000
		4	-0.014	0.045	28.173	0.000
		5	-0.048	-0.088	28.313	0.000
		6	-0.105	-0.076	28.994	0.000
		7	-0.169	-0.083	30.806	0.000
		8	-0.183	-0.027	32.976	0.000
		9	-0.145	-0.012	34.369	0.000
		10	-0.016	0.132	34.387	0.000
		11	0.099	0.041	35.074	0.000
		12	0.213	0.154	38.288	0.000

ერთი შეხედვით ვხედავთ, რომ პირველი რიგის ავტოკორელაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობა აღემატება 0,5-ს და მაღალია მის შემდგომი ლაგით დაშორებულ კოეფიციენტების მნიშვნელობებზე, რომლებიც ნელ-ნელა კლებულობს ან მცირედით იზრდება ისე რომ 0,5-ის საზღვარს არ სცილდება. გამომდინარე აქედან შეგვიძლია ვიფიქროთ, რომ პროცესი AR(1) მოდელის თვისებებს შეიცავს. ამასთანავე თუ დავაკვირდებით PACF კერძო ავტოკორელაციის ფუნქციის გრაფიკს, სადაც პირველი რიგის კორელაციის მნიშვნელობა 0,5 ზე მაღალია და დანაჩენები საგრძნობლად ნულის სიახლოვეს ირხევიან, მაშინ შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ პროცესი AR(1) სტაციონარული დროითი მწკრივის სახეს ატარებდეს. ამასთანავე, მოდელი შეიძლება აღიწერებოდეს MA(1) პროცესითაც, გამომდინარე იქიდან, რომ PACF-ს პირველი რიგის

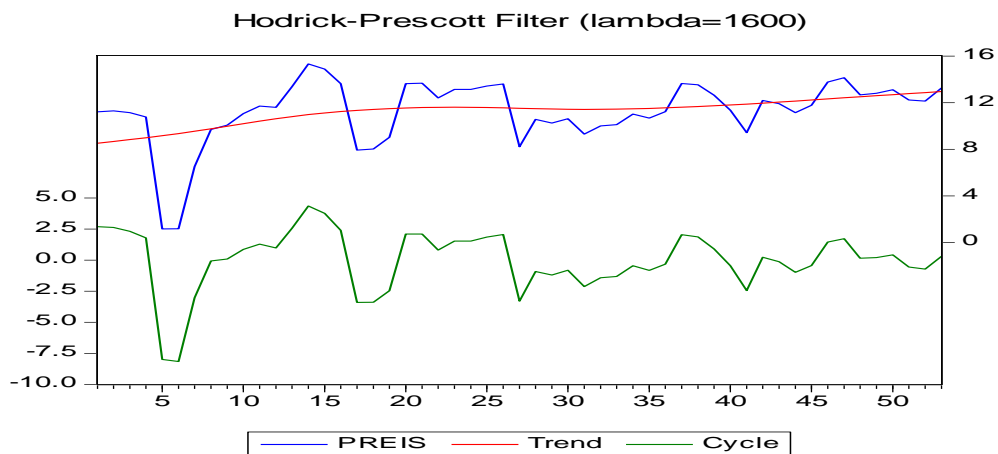
კერძო ავტოკორელაციის მნიშვნელობა ყველა დანარჩენ მნიშვნელობებზე მაღალია, ხოლო შემდგომი ლაგებიდან კოეფიციენტები ნულის სიახლოვეს ვარირებენ.

გამომდინარე ზემოთ მოყვანილი მსჯელობიდან შეგვიძლია გამოვთქვათ ვარაუდი, რომ ამგვარი ტიპის მწკრივებისთვის სასურველია გამოვიყენოთ ავტორეგრესიული მცურავი საშუალოს მოდელი ARMA(1,1) და მის საფუძველზე გავაკეთოთ პროგნოზი.

სანამ საბოლოოდ გადავწყვეტდეთ, რომელ მეთოდს გამოვიყენებთ მწკრივის პროგნოზირებისთვის, დავუბრუნდეთ მწკრივიდან ტრენდის ამოღების საკითხს. ანალიზის მიზანია, რეალურად დავინახოთ აქვს თუ არა ტრენდი მწკრივს, რომლის სტაციონალურობაც დიკი-ფულერის ტესტმა დაგვიდასტურა.

დროით მწკრივებში ტრენდის გამოვლენის უფრო უნივერსალური და ზოგადი მიდგომის - ჰოდრიკ-პრესკოტის ფილტრის - გამოყენება გვიჩვენებს, რომ ელექტროენერჯის ფასებს გარკვეული ტრენდი გააჩნიათ (იხილეთ გრაფიკი 1.5). აღნიშნული ტრენდი ჰოდრიკ-პრესკოტის ფილტრის სახელწოდებას ატარებს (HP Filter) და დაფუძნებულია ტრენდის შემადგენელი კომპონენტის მინიმიზაციის მეთოდზე. ის აგრეთვე შეიცავს  $\lambda$  (ლამბდა) პარამეტრს, რომლის მნიშვნელობაც ჩვენი შემთხვევისთვის აღებულია 1600 -ის ტოლად, რადგან თავად ფილტრის ავტორთა აზრით,  $\lambda$  -ს აღნიშნული მნიშვნელობა, თვიური ან კვარტალური დროითი მწკრივების ანალიზისას ოპტიმალურ ტრენდის გვაძლევს.

გრაფიკი: 1.5



ვინაიდან, ელექტროენერჯის ფასების მწკრივმა დააკმაყოფილა სტაციონარულობის პირობა, ამიტომ, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, შევეცდებით გავაკეთოთ ფასების პროგნოზი მომდევნო პერიოდებისთვის. ამ მიზნით საჭიროა შესაბამისი მოდელის შეფასება. შეფასების პროცესში გამოვიყენებთ ბოქსი-ჯენკინსის მეთოდს. დასაწყისში ამ მეთოდის არსის ილუსტრაციისთვის განვიხილოთ მოდელის შემდეგი თეორიული ფორმა:

$$y_t = \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2} + \varepsilon_t + \alpha_1 \varepsilon_{t-1} + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}$$

ჩავწეროთ ეს მოდელი კომპაქტური სახით:

$$\theta(L)y_t = \alpha(L)\varepsilon_t$$

სადაც

$$\theta(L) = 1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2,$$

$$\alpha(L) = 1 + \alpha_1 L + \alpha_2 L^2$$

აქ  $L$  ლაგის ოპერატორია, რომელიც  $y_t$  და  $\varepsilon_t$  დროითი მწკრივებისთვის შემდეგნაირადაა განსაზღვრული:

$$Ly_t = y_{t-1}$$

$$L\varepsilon_t = \varepsilon_{t-1}$$

$$L^k y_t = y_{t-k}$$

$$L^k \varepsilon_t = \varepsilon_{t-k}$$

ავტოკორელაციის კოეფიციენტების შერჩევითი ანალოგების საპოვნელად გამოვიყენოთ წრფივი კორელაციის კოეფიციენტების გაანგარიშების ფორმულები ARMA(2,2)-ის პირობებში:

$$\hat{\rho}_1 = \frac{\alpha_1 + \alpha_1 \alpha_2}{1 + \alpha_1^2 + \alpha_2^2}$$

$$\hat{\rho}_2 = \frac{\alpha_2}{1 + \alpha_1^2 + \alpha_2^2}$$

შერჩევის საფუძველზე მიღებული გამოთვლების შედეგად მივიღეთ კოეფიციენტების შემდეგი მნიშვნელობები:

$$\hat{\rho}_1 = \text{cor}(y_t, y_{t-1}) = 0.6594$$

$$\hat{\rho}_2 = \text{cor}(y_t, y_{t-2}) = 0.299$$

განტოლებათა სისტემის ამოხსნის შედეგად ვღებულობთ საწყისი კოეფიციენტების მნიშვნელობებს:

$$\alpha'_1 = 0.87323, \quad \alpha'_2 = 0.65545$$

შემოვიღოთ  $Z_t$  პროცესი, რომელიც შემდეგი სახით შეგვიძლია წარმოვადგინოთ:

$$Z_t = \frac{\varepsilon_t}{1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2}$$

გამომდინარე აქედან გვექნება:

$$y_t = (1 + \alpha_1 L + \alpha_2 L^2) Z_t$$

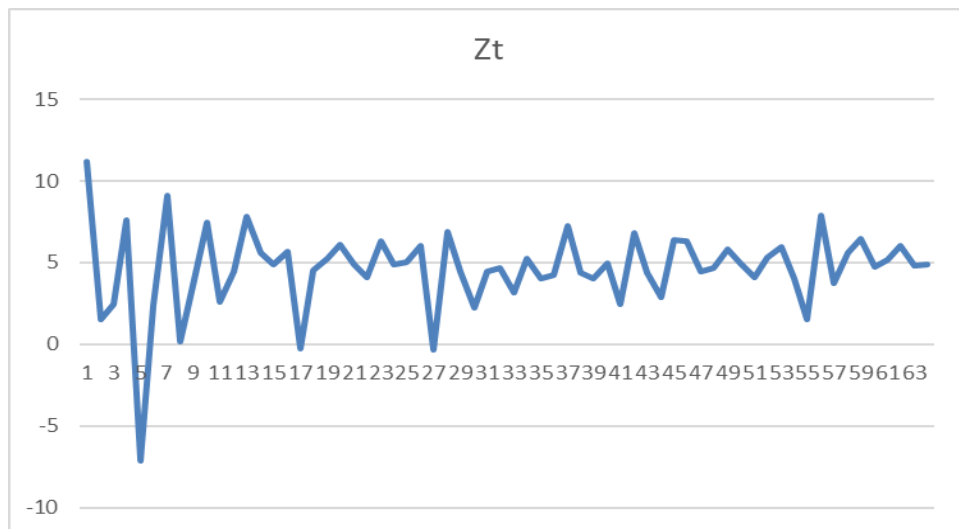
$Z_t$ -ის რეკურენტული ფორმით წარმოდგენა,  $y_t$ ,  $\alpha_1$  და  $\alpha_2$ -ის საშუალებით.

შემდეგნაირად შეიძლება:

$$Z_t = y_t - \alpha_1 Z_{t-1} - \alpha_2 Z_{t-2}$$

$\alpha'_1$  და  $\alpha'_2$  მნიშვნელობების ჩასმით კი მივიღებთ  $Z_t$  - ის რეალიზაციებს, რომელსაც გრაფიკულად შემდეგი ფორმა გააჩნია  $t=1,2,\dots,64$ .

გრაფიკი 1.6

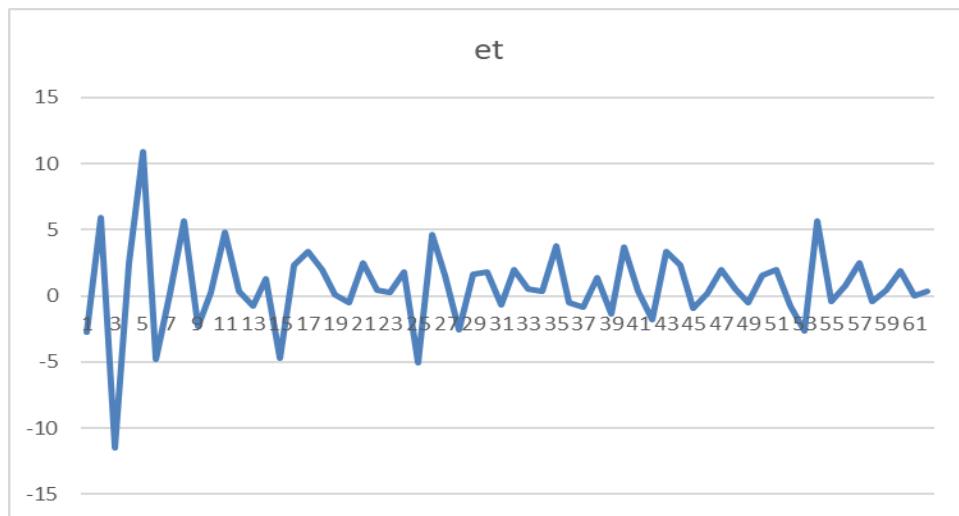


როდესაც უკვე ვიცით  $Z_t$  -ს რეალიზაციები (გრაფიკი 1.6), შეგვიძლია ჩვეულებრივი უმცირეს კვადრატთა მეთოდით (OLS) შევაფასოთ AR(2) პროცესის კოეფიციენტები  $Z_t$  -ს მიმართ. შესაფასებელ განტოლებას ექნება შემდეგი ფორმა:

$$Z_t = \theta_1 Z_{t-1} + \theta_2 Z_{t-2} + e_t$$

ამ უკანასკნელიდან მიღებული ნარჩენობითი  $e_t$  პროცესი, რომელიც გრაფიკულადაა წამოდგენილი (იხ გრაფიკი 1.7), თეთრი ხმაურის პროცესს წააგავს და მისი ავტოკორელაციის კოეფიციენტი ახლოსაა ნულთან.

გრაფიკი 1.7



რაც შეეხება შეფასებულ  $\hat{\theta}_1$  და  $\hat{\theta}_2$  კოეფიციენტებს, მათი მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილ 1.6-ში, საიდანაც გამომდინარეობს, რომ ორივე კოეფიციენტი სტატისტიკურად მნიშვნელოვანია მნიშვნელოვნების ძალიან მაღალი დონით. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ეტაპზე ეს ფაქტი განსაკუთრებულ როლს არ თამაშობს, რადგანაც ჩვენთვის საინტერესო ARMA(2,2) მოდელის შეფასების პროცესი ამით არ სრულდება, უფრო ზუსტად, ეს ყველაფერი პროცესის პირველი ეტაპია, რომელიც შემდგომ დაზუსტებას საჭიროებს. შეფასებების დაზუსტებისათვის გამოიყენება **ბოქსი ჯენკინსის-მიერ შემოთავაზებული ბადეზე ძიების მეთოდი**. გამოთვლებით მტკიცდება, რომ ბადეზე ძიების მეთოდი თვისებრივად მაქსიმალური დასაჯერებლობის ML მეთოდის ანალოგიურია.

ცხრილი 1.6

კოეფიციენტები	მნიშვნელობები	Standard Error	P-value	Lower 95.0%	Upper 95.0%
$\hat{\theta}_1$	0.441781	0.11371	0.0003	0.214	0.669
$\hat{\theta}_2$	0.404309	0.1103	0.0005	0.184	0.625

გამოვიყენოთ ბადეზე ძიების მეთოდი და მისი საშუალებით შევაფასოთ ჩვენთვის საინტერესო ARMA(1,1) მოდელი, რომელიც ACF და PACF ფუნქციების საფუძველზე შევარჩიეთ ელექტროენერჯის ფასების დროით მწკრივისთვის ძირითად საპროგნოზო ვარიანტად.

მოდელს შემდეგი თეორიული ფორმა შეესაბამება:

$$y_t = \theta_1 y_{t-1} + \varepsilon_t + \alpha_1 \varepsilon_{t-1} \quad (1.6)$$

ცვლადების შინაარსი ისეთივეა, რაც ზემოთ გვქონდა აღწერილი. ისევე როგორც ARMA(2,2) მოდელის შემთხვევაში, ამ შემთხვევაშიც ანალოგიურად მოვიქცევით და დასაწყისში გამოვიყენებთ ბოქსი-ჯენკინსის მეთოდს.

ჩაწეროთ  $Z_t$  პროცესი შემდეგი სახით:

$$\begin{aligned} Z_1 &= y_1, \\ Z_t &= y_t - \alpha_1 Z_{t-1} \\ \hat{\rho}_1 &= \frac{\alpha_1}{1 + \alpha_1^2} \end{aligned}$$

ნარჩენების მნიშვნელობების გამოსათვლელად ვისარგებლოთ შემეგი გამოსახულებით:

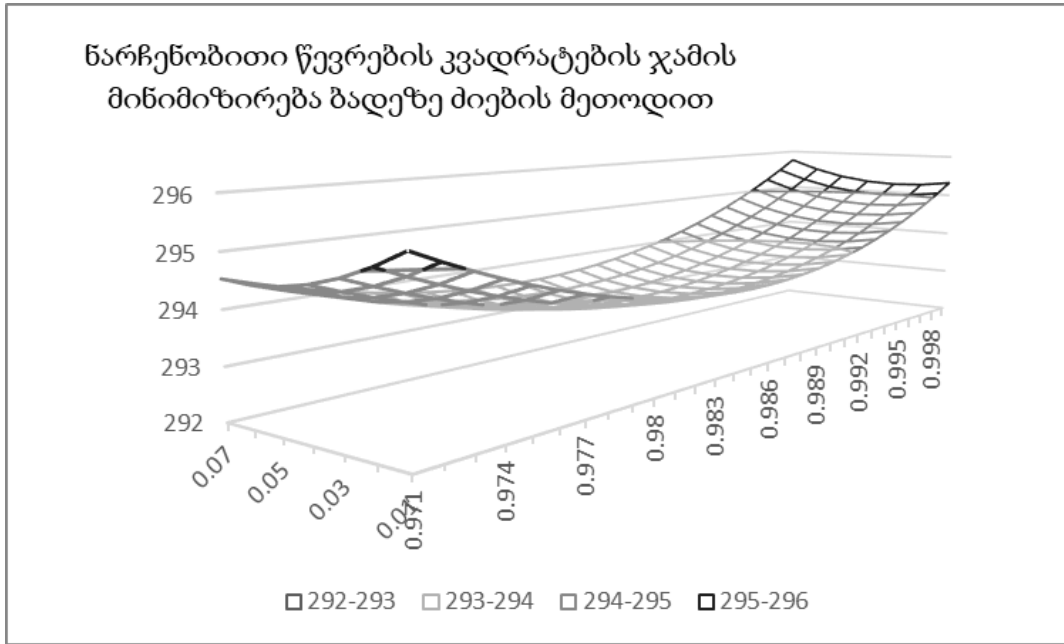
$$Z_t - \theta_1 Z_{t-1} = e_t$$

გამოვიყენოთ ბადეზე ძიების მეთოდი და შევარჩიოთ  $\alpha_1$  და  $\theta_1$  კოეფიციენტის ისეთი მნიშვნელობები რომელთათვისაც

$$\sum e_t^2 \rightarrow \min.$$

მივიღებთ ქვემოთ მოყვანილ გრაფიკულ სურათს გრაფიკი 1.8, რომელიც აგებულია Excel 2019 პროგრამის გამოყენებით:

გრაფიკი 1.8:



საბოლოოდ დავადგენთ, რომ

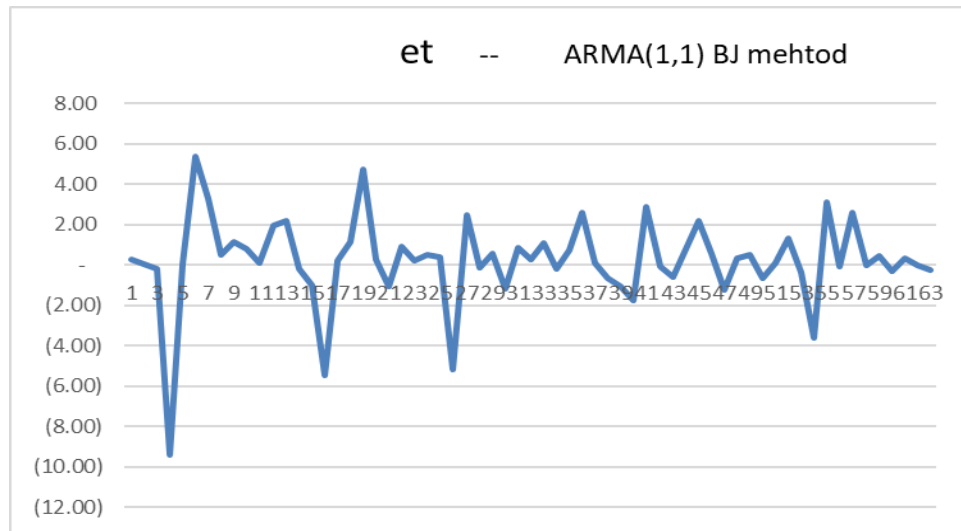
$$\alpha_1^* \approx 0,04, \quad \theta_1^* \approx 0,984.$$

ამ სიტუაციაში:

$$\sum e_t^2 \rightarrow 293,4.$$

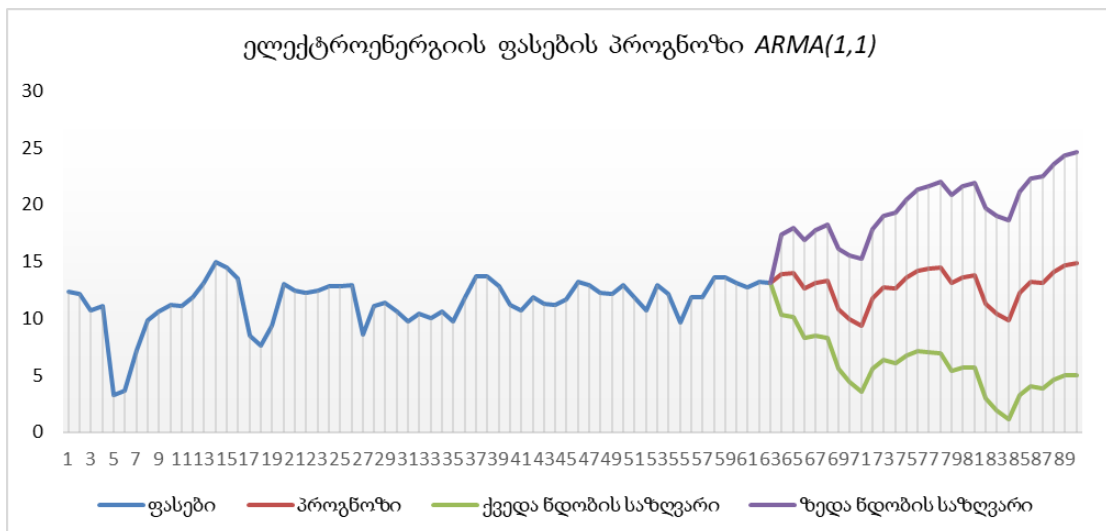
ჩვენ მიერ მიღებულ ARMA(1,1)-ის  $e_t$  ნარჩენობით წევრებს დაახლოებით თეთრი ხმაურის მსგავსი ქცევა ახასიათებს, რაც იმაზე მიგვითითებს, რომ აღნიშნული მოდელის საფუძველზე შესაძლებელია ელექტროენერჯის დროითი მწკრივის მოდელირება და მომავალში განვითარების ტრაექტორიის განჭვრეტა (პროგნოზი) იხ. გრაფიკი 1.9.

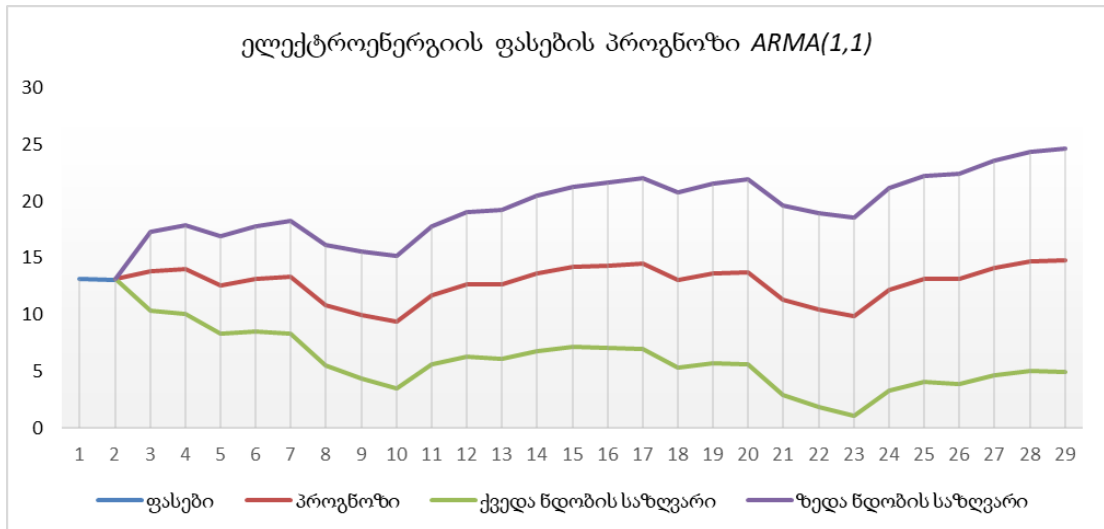
გრაფიკი 1.9:



ამ სახით შეფასებული ARMA(1,1) მოდელით გაკეთებული პროგნოზების გრაფიკული ინტერპრეტაცია ქვემოთაა მოცემული(იხ. გრაფიკი 1.10). რაც შეეხება პროგნოზის რიცხვით მნიშვნელობებს, წარმოდგენილია ცხრილ 1.7-ში.

გრაფიკი 1.10





ცხრილი: 1.7

პერიოდი	საპროგნოზო მნიშვნელობები ARMA(1,1)	პროგნოზის ქვედა ზღვარი ARMA(1,1)	პროგნოზის ზედა ზღვარი ARMA(1,1)
აპრილი 2019	13.15	13.15	13.15
მაისი 2019	13.86	10.36	17.36
ივნისი 2019	14.01	10.10	17.93
ივლისი 2019	12.60	8.31	16.90
აგვისტო 2019	13.14	8.50	17.78
სექტემბერი 2019	13.30	8.34	18.27
ოქტომბერი 2019	10.83	5.56	16.11
ნოემბერი 2019	9.96	4.40	15.53
დეკემბერი 2019	9.39	3.55	15.23
იანვარი 2020	11.74	5.63	17.84

1.10 გრაფიკის და 1.7 ცხრილის მონაცემების მიხედვით, ARMA(1,1)-ით მიღებული პროგნოზი გვიჩვენებს, რომ მომდევნო ერთი წლის მანძილზე ელექტროენერჯის საშუალოთვიური ფასები, წინა წლის საშუალოთვიურ ფასებთან შედარებით დაახლოებით 11%-ით მოიმატებს.

ეკონომიკური თვალსაზრისით. საინტერესოა დავადგინოთ, რა გავლენა ექნება ფასების ცვლილებას საქართველოს მოსახლეობის ცხოვრების დონეზე მომდევნო 12 თვის საპროგნოზო მონაცემების მიხედვით. ეფექტის გამოსავლენად საჭიროა ვიცოდეთ მომდევნო წელს, როგორ გაიზრდება ფასების დონე თვითურად, ან რა დოზით ექნება ადგილი ინფლაციას ასევე რა ცვლილებებია მოსალოდნელი 2018 წლის ბოლოს დაქირავებით დასაქმებულთა საშუალოთვიურ ნომინალური ხელფასებში. (იხილეთ 1.8 ცხრილი):

ცხრილი: 1.8.

პერიოდი	დაქირავებით დასაქმებულთა საშუალო თვიური ნომინალური ხელფასი (ლარი)
2017* <sup>14</sup>	988
2018 საპროგნოზო	1036
პროგნოზის ზედა ზღვარი	1137
პროგნოზის ქვედა ზღვარი	935

1.8 ცხრილის მონაცემებიდან გამომდინარეობს, რომ საშუალოთვიური ნომინალური ხელფასი მომდევნო წელს დაახლოებით 4,9%-ით გაიზრდება 1994-2017\* წლების საშუალო მაჩვენებელთან შედარებით. რაც შეეხება სამომხმარებლო ფასების დონეს (2010წ=100) სხვა თანაბარ პირობებში მისი წინა წლის 2017-2016წწ. საშუალოთვიური ფასების დონე 2018-2019 წწ-ში მიახლოებით 23%-ით გაიზრდება, ხოლო ინფლაციის საშუალოთვიური დონე მოსალოდნელია, რომ სხვა თანაბარ პირობებში 3,1% ით გაიზარდოს.

მოცემული ანალიზით ვლინდება, რომ თუ ფასების დონის ზრდას თან მოჰყვა ხელფასების დონის ზრდა, რეალურად ელექტროენერჯის ფასების გაიაფებას უნდა ველოდოთ უახლოს წლებში; ხოლო თუ ნომინალური ხელფასის დონე პროგნოზის მნიშვნელობას გაუტოლდება, მაშინ ელექტროენერჯის ფასი მოსახლეობას დაახლოებით 6%-ით გაუძვირდება (11% - 4,9%  $\approx$  6%). გამომდინარე აქედან, სასურველი იქნება, რომ დაიწყოს ახალი ჰესების მშენებლობა, ან ხელფასების დონის ზრდა, რათა არ მოხდეს ფასის გაძვირება.

<sup>14</sup> 2017 წლის მონაცემი წარმოადგენს საპროგნოზო მონაცემს და ჩართულია მწკრივის საშუალო მნიშვნელობის გაანგარიშებაში

## II თავი

### ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების ცალკეული ასპექტების ეკონომეტრიკული მოდელები

ელექტროენერჯის წარმოებაში დიდი როლი უჭირავს ჰიდროელექტროსადგურებისა და თბოსადგურების მიერ გამომუშავებულ ელექტროენერჯიას, თუმცა მიუხედავად მათი დიდი წილისა მთლიან წარმოებაში, თბოსადგურების ფუნქციონირებას არანაკლები ყურადღება ექცევა სახელმწიფოს მხრიდან.

აღსანიშნავია, რომ საქართველოში თბოსადგურების წილი 2017 წლის მდგომარეობით ელექტროენერჯის წარმოებაში დაახლოებით 20%-ს, ხოლო ჰესების წილი კი 80%-ს შეადგენდა<sup>15</sup>, ამ თანაფარდობის მიუხედავად, სახელმწიფო მიმდინარე მდგომარეობით ძირითადად ორიენტირებულია საბიუჯეტო თუ სხვა სახის სახსრები თბოელექტროსადგურების გამართულად ფუნქციონირებას მოახმაროს. ამის ობიექტური მიზეზი ისაა, რომ თბოსადგურები ჰესებისაგან განსხვავებით, ელექტროენერჯის მიწოდების მდგრადობით გამოირჩევიან; გამომდინარე აქედან, სახელმწიფომ შეიძლება ისინი განიხილოს, როგორც ერთგვარ ენერგოუსაფრთხოების გარანტიად, რაც ითვალისწინებს ჰესების დეფიციტურ გამომუშავების დროს ელექტროენერჯის მიწოდების უზრუნველყოფას. ანუ გამოდის, რომ თბოსადგურების ამუშავება ძირითადად გამოწვეულია ჭარბი მოთხოვნისა და შემცირებული მიწოდების შედეგად წარმოქმნილი ელექტროენერჯის დეფიციტით.

მიუხედავად ზემოთ მოყვანილი მსჯელობისა, საჭიროა გავყვეთ ლოგიკას ბოლომდე და გლობალურ ჭრილში განვიხილოთ აღნიშნული საკითხი. როდესაც გვაქვს ჭარბი მოთხოვნა, მაშინ სახელმწიფომ ელექტროენერჯის იმპორტი უნდა განახორციელოს, ხოლო ჭარბი მიწოდების შემთხვევაში იგი ბაზარზე ელექტროენერჯის ექსპორტიორად უნდა მოგვევლინოს.

---

<sup>15</sup> წყარო: [www.esco.ge](http://www.esco.ge)

აღსანიშნავია, რომ მოთხოვნა-მიწოდების დისბალანსი, შეიძლება გამოწვეული იყოს ბუნებრივი ან ხელოვნური მიზეზებით. ბუნებრივ მიზეზებად შეიძლება განვიხილოთ მოსახლეობის ზრდა, მდინარეების წყლის ტევადობის ცვლილება, სეზონურობა, ამინდის ცვლილება და სხვა დანარჩენი ფაქტორები, ხოლო ხელოვნური მიზეზების კატეგორიაში განიხილება: ინვესტირება კონკრეტულ პროექტებში, სარეაბილიტაციო სამუშაოების წარმოება, სისტემის მოდერნიზება და დანარჩენი კატეგორიები.

ამგვარი კლასიფიკაციის მხედველობაში მიღებით, შეგვიძლია ერთმანეთს დავუკავშიროთ მიკრო, მაკრო და გლობალური ცვლილებების გამომწვევი ცვლადები, რომლებიც პირდაპირი თუ არაპირდაპირი გზით გავლენას ახდენენ პროდუქტების მოთხოვნა-მიწოდების ბალანსზე, ჩვენ შემთხვევაში კი ელექტროენერჯის დისტრიბუციაზე.

აგრეთვე შეგვიძლია ერთმანეთთან დავაკავშიროთ ელექტროენერჯის ფასების დონის ცვლილება რეგიონში, სახელმწიფო და საერთაშორისო დონის რეგულაციების ეფექტები ელექტროენერჯის ბაზრებზე. გამომდინარე იქიდან, სახელმწიფოს რა მოდელი აქვს ელექტროენერჯის ბაზრის წინაშე არჩეული, შეიძლება მისი პოლიტიკა აღმოჩნდეს ლიბერალური ან პროტექციონისტული რეგულაციების მხარდამჭერი.

ამ თავში განვიხილავთ თბოელექტროსადგურების, ჰიდროელექტროსადგურების, მშპ-ის, წმინდა იმპორტის, ფასების და სხვა ცვლადების ურთიერთდამოკიდებულებას, მათ მნიშვნელოვნებას და ეკონომეტრიკული ანალიზის საფუძველზე გავაკეთებთ დასკვნას.

თითოეულ მოდელს ახლავს წინასწარ შერჩეული ცვლადები, სადაც დამოკიდებული ცვლადის როლში განიხილება ცვლადი, რომლის ახსნასაც ცდილობს მოდელი, ხოლო დამოუკიდებელი ცვლადების როლში განიხილება ცვლადები, რომელთა საფუძველზეც უნდა აიხსნას დამოკიდებული ცვლადი. ამრიგად თითოეულ მოდელში დამოკიდებული ცვლადის როლში აღებულია  $y_t$  ან  $y_i$  სიმბოლო, სადაც  $t$ -ინდექსი აღნიშნავს დროს, ხოლო  $i$  ინდექსით მოცემულია ჯვარედინი მონაცემების დაკვირვების

ნომერი. ანალოგიური ახსნა აქვთ დამოუკიდებელი ცვლადებს, რომლებსაც სიმბოლოებით:  $x_t$  და  $x_i$  გამოვსახავთ.

## 2.1. ალბათობის წრფივი მოდელი, *LPM*

სანამ უშუალოდ აღნიშნულ მოდელს განვიხილავდეთ, უპირველეს ყოვლისა ყურადღება უნდა გავამახვილოთ იმ გარემოებაზე, რომ ელექტროენერჯის მოთხოვნა-მიწოდების სქემაში ექსპორტ-იმპორტის მოცულობა მნიშვნელოვან როლს თამაშობს. გამომდინარე აქედან, მისი დინამიკის შესწავლა ეკონომიკური თვალსაზრისით საინტერესოა, განსაკუთრებით მაშინ, თუ მას დავუკავშირებთ ამხსნელ ცვლადებს. ამ ქვეთავში ყურადღებას გავამახვილებთ ბინარულ მოდელზე.

დამოკიდებულ ცვლადად განვიხილავთ ელექტროენერჯის წმინდა იმპორტს, რომელიც ქვეყანაში შემოსული და ქვეყნიდან გასული ელექტროენერჯის მოცულობის სხვაობის ტოლია. თუ წმინდა იმპორტი დადებითია ეს ნიშნავს, რომ ქვეყანაში ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნა უფრო მეტად არის გაზრდილი, ვიდრე მიწოდება. ხოლო საწინააღმდეგო შემთხვევა გვაქვს წმინდა ექსპორტთან დაკავშირებით. ანუ როდესაც საუბარია ელექტროენერჯის ექსპორტზე, მაშინ ქვეყნიდან გადის ელექტროენერჯია და ექსპორტის ზრდა მინუსით დაფიქსირდება ელექტროენერჯის ბალანსში, ხოლო იმპორტის ზრდა - პლუსით.

ექსპორტი  $\uparrow$  (-)

იმპორტი  $\uparrow$  (+)

**შერჩევა:** შერჩევა მოიცავს 1999 – 2018 პერიოდის კვარტალურ მონაცემებს. დაკვირვებათა რაოდენობა: 20.

რეგრესიის განტოლებაში გამოყენებული ცვლადების ეკონომიკური შინაარსი:

$y_t$  - ელექტროენერჯის წმინდა იმპორტი. მონაცემები წარმოდგებილია ბინარული ფორმით. მონაცემის მნიშვნელობა როდესაც 1-ის ტოლია, ნიშნავს რომ ქვეყანაში შემოედინება იმაზე უფრო მეტი ელექტროენერჯია, ვიდრე გაედინება. როდესაც ცვლადი

0-ის ტოლია მაშინ გვაქვს საპირისპირო შემთხვევა ანუ ქვეყნიდან გაედინება უფრო მეტი ელექტროენერგია;

$x_{t1}$  = TBO - თბოელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია.

ერთეული: მლნ.კვტ/სთ;

$x_{t2}$  = HIDRO - ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერ-

გია. ერთეული: მლნ.კვტ/სთ;

$x_{t3}$  = MANUFACT\_IND: - დამამუშავებელი მრეწველობა<sup>16</sup>. ერთეული: მლნ. ლარი

$x_{t4}$  = EXCHANGE\_RATE - გაცვლითი კურსი, აშშ დოლარი/ლარი, პერიოდის საშუალო.

მოდელის თეორიული ფორმა:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + u \quad (2.1)$$

სტატისტიკური პროგრამა Eviews -ის დახმარებით მოცემული მოდელიდან მივიღეთ საშედეგო მაჩვენებლები. დავახასიათოთ თითოეული მათგანის დანიშნულება და დავაკავშიროთ ისინი რეალურ ეკონომიკასთან.

გვაქვს მოდელის ორი სახე: მოდელი თავისუფალი წევრით და მოდელი თავისუფალი წევრის გარეშე:

LPM მოდელი თავისუფალი წევრით:

$$y_t = 2,424 - 0,0005X_1 - 0,0002X_2 + 0,0002X_3 + 0,809X_4 + u \quad (2.2)$$

ცხრილი 2.1 (ა)

სტანდარტული შეცდომა	თავისუფალი წევრი	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
S.e	1.3962	0.0002	0.0003	0.0001	0.3037
P-value	0.1031	0.0177	0.4252	0.1002	0.0176

LPM მოდელი თავისუფალი წევრის გარეშე:

<sup>16</sup> განმარტება იხილეთ დანართში.

$$y_t = -0,0002X_1 - 0,0001X_2 + 0,000X_3 + 1,0006X_4 + u \quad (2.2 \beta)$$

ცხრილი 2.1 (ბ)

სტანდარტული შეცდომა	თავისუფალი წევრი	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
S.e	-	0.0001	0.0002	0.0001	0.3002
P-value	-	0.0307	0.4761	0.6829	0.0042

დავაკვირდეთ 2.1 (ა და ბ) ცხრილებს, მათში ნათლად ჩანს, რომ თბო- და ჰიდროელექტროსადგურების და დამამუშავებელი მრეწველობის ცვლადების სტანდარტული შეცდომები შედარებით მცირეა, ვიდრე დანარჩენი ცვლადების. ეს იმაზე მიგვითითებს, რომ ისინი მცირე გადახრებით ხასიათდებიან. თბოელექტროსადგურების შემთხვევისთვის ეს იმას ნიშნავს, რომ 5%-ანი მნიშვნელოვნების დონის გათვალისწინებით, ალბათობა იმისა, რომ შემთხვევით აღებული თბოსადგურების გამომუშავება გავლენას ახდენს წმინდა იმპორტის მოცულობაზე 95%-ზე მაღალია.

აგრეთვე შეგვიძლია შევამოწმოთ დამოუკიდებელ ცვლადებს შორის გვაქვს თუ არა მულტიკოლინარობის პრობლემა. აღნიშნული პრობლემის შემთხვევაში ჩვენ მიერ მიღებული დასკვნა ეჭვქვეშ დადგებოდა.

კორელაციური ანალიზით აღმოჩნდა, რომ წრფივი კორელაციის კოეფიციენტი მეზობელ ცვლადებს შორის, სტატისტიკურად არ აღმოჩნდა საგანგაშო (მეტი 0,8-ზე). იხილეთ ქვემოთ მოცემული კორელაციური ცხრილი 2.2, საიდანაც ცხადად ჩანს, რომ მულტიკოლინარობის პრობლემა გამორიცხულია. შეგახსენებთ, რომ მულტიკოლინარობის არსებობისას შეფასებები არასაიმედო ხდება.

ცხრილი 2.2. LPM მოდელის ცვლადების კორელაციური მატრიცა

	NET_IMPORT	TBO	HIDRO	MANUFACT_IND	EXCHANGE_RATE
NET_IMPORT	1				
TBO	0.11	1			
HIDRO	-0.29	0.37	1		
MANUFACT_IND	-0.08	0.68	<b>0.89</b>	1	
EXCHANGE_RATE	0.38	0.17	0.37	0.36	1

ანალიზიდან გამომდინარე, მულტიკოლინიარობა ცვლადებს შორის 95% შემთხვევაში არ გამოვლინდა, მხოლოდ ჰიდროელექტროსადგურებსა და დამამუშავებულ მწრეწველობაში წარმოებულ პროდუქციას შორის პირდაპირი კავშირი ძლიერია, რაზეც მიუთითებს კორელაციის მაღალი მაჩვენებელი 0,89, თუმცა ეს ფაქტი საგანგაშო არაა, რადგან მხოლოდ ერთი ფაქტორის მჭიდრო კავშირი მეორე ფაქტორთან მთლიანობაში მოდელის კოეფიციენტების შეფასებებზე დიდ გავლენას ვერ მოახდენს.

აღსანიშნავია, რომ როდესაც ქვეყანაში ჰიდროელექტროსადგურები ვერ აწარმოებენ საჭირო ოდენობის ელექტროენერგიას, აუცილებელი ხდება თბოელექტროსადგურების ამუშავება და ამასთანავე, იმპორტის მოცულობის გაზრდა. უფრო ზოგადი მსჯელობით, თუ კი თბოელექტროსადგურები სრული დატვირთვით იმუშავებენ, ეს გარკვეული პროცენტით გამოიწვევს ელექტროენერგიის იმპორტის შემცირებას, თუმცა მინც ექნება იმპორტის ზრდას ადგილი, რადგან თბოსადგურების ჩართვა ნიშანია იმისა, რომ ქვეყანაში არასაკმარისი ელექტროენერგია იწარმოება და საჭიროა ჭარბი მოთხოვნის იმპორტით დაკმაყოფილება.

## 2.2. ჯვარედინი მონაცემების მოდელი დამოუკიდებელი ფიქტიური ცვლადით

სანამ მომდევნო მოდელის აგებას და მის ეკონომეტრიკულ გამოკვლევას შევუდგებით, აღვნიშნავთ, რომ შემთხვევით შერჩევაში გამოყენებულია, როგორც მარეგულირებელი ასევე სეზონური ჰესების მონაცემები.

მოდელში შემავალ ცვლადებს შემდეგი ეკონომიკური შინაარსი აქვს:

$y_t$  = ჰიდროელექტროსადგურების საშუალოწლიური გამომუშავების ნატურალური (ელიერის) ლოგარითმი. ერთეული: მლნ.კვტ/სთ;

$x_{t1}$  = INSTALLED\_CAPACITY - ჰიდროელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრე წარმოდგენილი ლოგარითმული ფორმით. ერთეული: მეგავატი<sup>17</sup>;

$x_{t2}$  = AGE-ჰიდროელექტროსადგურების წლოვანება აშენებიდან 2017 წლამდე.<sup>18</sup> ერთეული: წელი;

$x_{t3}$ =PROPERTY\_FORM - ჰიდროელექტროსადგურების საკუთრების ფორმა 2017 წლამდე. ერთეული: ფიქტიური ცვლადი, რომელიც იღებს მნიშვნელობას 1, თუ მისი საკუთრების ფორმაა შეზღუდული პასუხისმგებლობის საზოგადოება (შპს), ხოლო 0, თუ მისი საკუთრების ფორმაა სააქციო საზოგადოება<sup>19</sup>.

ქვემოთმოყვანილი მოდელის აგების მიზანია დაავადგინოთ, არსებობს თუ არა განსახილველ დამოკიდებულ და დამოუკიდებელ ცვლადებს შორის სტატისტიკური კავშირი და იმის დადგენა, რამდენად მნიშვნელოვანია ის ეკონომიკური თვალსაზრისით და რამდენად გვექნება შესაძლებლობა, მის საფუძველზე გავაკეთოთ პროგნოზი.

ვიზუალური ანალიზისა და ტექნიკური გამარტივების მიზნით დავუშვათ, რომ რეგრესიის განტოლების თეორიული ფორმა წარმოდგენილია (2.4) განტოლებით:

$$y_t = \beta_1 x_{t1} + \beta_2 x_{t2} + \beta_3 x_{t3} + u_t . \quad (2.4)$$

პროგრამა Eviews-ის ბაზაზე შევავასეთ რეგრესიის განტოლება (2.4). შეფასებულ ვარიანტს შეესაბამება (2.5) განტოლება. დაწვრილებითი (სრული) ინფორმაცია (2.5)-ის შესახებ მოცემულია ცხრილ 2.4-ში.

$$\hat{y}_i = 0,8667x_{i1} + 0,0263x_{i2} + 0,6757x_{i3} \quad i = \overline{1,22} . \quad (2.5)$$

**მეთოდი:** უმცირეს კვადრატთა მეთოდი;

**შერჩევა:** შერჩევა მოიცავს 2017 წლის მონაცემებს.

**დაკვირვებათა რაოდენობა:** 22.

<sup>17</sup> 1 (მეგავატი) = 10<sup>6</sup> (ვატი)

<sup>18</sup> 2017 წელს აშენებულ ჰიდროელექტროსადგურებს მინიჭებული აქვთ ერთი წელი, რადგან რამოდენიმე განტოლების აგების სპეციფიკიდან გამომდინარე წლოვანების გაანგარიშების შესაბამისი სვეტის ჩანაწერში უნდა მონაწილეობდეს დაკვირვებების მხოლოდ მთელი ნაწილები.

<sup>19</sup> სააქციო საზოგადოების ტიპის საკუთრების ფორმის ჰიდროელექტროსადგურების კაპიტალის უმეტესი წილის მფლობელია სს ენერგო პრო ჯორჯია.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
INSTALLED_CAPACITY	0.866677	0.176303	4.915845	0.0001
AGE	0.026322	0.010779	2.441890	0.0246
PROPERTY_FORM	0.675697	0.746462	0.905199	0.3767
R-squared	0.355382	Mean dependent var		5.168736
Adjusted R-squared	0.287527	S.D. dependent var		1.355503
S.E. of regression	1.144154	Akaike info criterion		3.233332
Sum squared resid	24.87268	Schwarz criterion		3.382111
Log likelihood	-32.56665	Hannan-Quinn criter.		3.268380
Durbin-Watson stat	1.001376			

ამ ინფორმაციიდან ვიგებთ, რომ მოცემული მოდელის კოეფიციენტებიდან სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი მხოლოდ ჰიდროელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრის და მათი წლოვანების ცვლადების კოეფიციენტებია.

აღსანიშნავია, რომ ჰიდროელექტროსადგურების საკუთრების ფორმის ფიქტიური ცვლადი სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანია, თუმცა დეტერმინაციის კოეფიციენტის დაბალი მაჩვენებელი მიგვანიშნებს იმაზე, რომ მოდელის წრფივი ფორმა ან არასწორად არის შერჩეული, ან მასში გათვალისწინებული არ არის ისეთი მნიშვნელოვანი ცვლადები, როგორცაა მოსახლეობის რიცხოვნობა, შემოსავლები, მშპ ერთ სულზე და დანარჩენი.

მთლიანობაში მოდელის საფუძველზე ვასკვნით: ჰიდროელექტროსადგურების მიერ ელექტროენერჯის საშუალოწლიურ გამოშვებაში საკუთრების ფორმა არ თამაშობს მნიშვნელოვან როლს, გაცილებით მნიშვნელოვანია მათი წლოვანება და დადგმული სიმძლავრე. ამასთან, დადგმული სიმძლავრის საშუალო გავლენა დამოკიდებულ ცვლადზე რამდენადმე მაღალია წლოვანების გავლენაზე. ეს უკანასკნელი კი ვფიქრობ, ინტუიციურ დასკვნებთანაც და ეკონომიკურ თეორიასთანაც შესაბამისობაშია.

ცხრილი 2. 3: ფიქტიურცვლადიანი მოდელის აღწერილობითი სტატისტიკა.

	ANNUAL_PRODUC	INSTALLED_CAPACITY	AGE	PROPERTY_FORM
Mean	5.169	4.217	45.045	0.409
Median	5.233	4.292	56.5	0
Maximum	8.187	7.170	85	1
Minimum	1.163	2.64	1	0
Std. Dev.	1.355	1.118	28.186	0
Skewness	-0.749	0.638	-0.521	0.37

Kurtosis	5.414	3.349	1.834	1.138
Jarque-Bera	7.397	1.606	2.241	3.684
Probability	0.025	0.448	0.326	0.159
Sum	113.712	92.766	991	9
Sum Sq. Dev.	38.585	26.254	16682.95	5.318
Observations	22	22	22	22

### 2.3 ელექტროენერჯის ბაზრებზე არსებული სტრუქტურული კავშირის ანალიზი მაკროეკონომიკულ ჭრილში

მოდელი, რომელზეც საუბარი ქვემოთ გვექნება უკვე განხილული მოდელებისგან განსხვავებით შეიცავს რამდენადმე მეტ დაკვირვების ობიექტს. წარმოდგენილია დროითი მწკრივი, რომლის თეორიული მოდელის ფორმა წრფივი სახისაა და არ შეიცავს თავისუფალ წევრს<sup>20</sup>.

$$y_t = \beta_1 x_{t1} + \beta_2 x_{t2} + u_t . \quad (2.6)$$

რეგრესიის ცვლადების შინაარსი:

$y_t$  - ორას ორმოცდაოთი დასახელების საქონელის<sup>21</sup> წმინდა იმპორტის წილი საქართველოს მთლიან წმინდა იმპორტში.

$x_{t1}$  = DEMANDSTAND - ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნა დანაკარგების გათვალისწინებით. ერთეული: სტანტარტიზებული მასშტაბი.

$x_{t2}$  = CPI - სამომხმარებლო ფასების ინდექსი საქართველოში (2010 წლის საშუალო = 100) ერთეული: არითმეტიკული წილადი.

რეგრესიის შეფასებულ განტოლებას კოეფიციენტების გათვალისწინებით შემდეგი პარამეტრული სახე ექნება:

$$\hat{y}_t = 0,0029x_{t1} + 0,0009x_{t2} \quad t = \overline{1,132} \quad (2.7)$$

**მეთოდი:** უმცირეს კვადრატთა მეთოდი;

<sup>21</sup> საქონელში მოცემულია ის მოწყობილობები, რომლებიც დამზადებულია საზღვარგარეთ და მოიხმარენ ელექტროენერჯიას.

შერჩევა: შერჩევა განხორციელდა 2007M01-2017M12 პერიოდში და მოიცავს თვიურ მონაცემებს.

დაკვირვებათა რაოდენობა: 132;

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DEMANDSTAND	0.002926	0.001379	2.122190	0.0357
CPI	0.000918	1.30E-05	70.50814	0.0000
R-squared	0.463068	Mean dependent var		0.096412
Adjusted R-squared	0.458938	S.D. dependent var		0.021461
S.E. of regression	0.015786	Akaike info criterion		-5.444375
Sum squared resid	0.032395	Schwarz criterion		-5.400696
Log likelihood	361.3288	Hannan-Quinn criter.		-5.426626
Durbin-Watson stat	0.993169			

#### აღწერილობითი სტატისტიკა

	PROPORTION	DEMANDSTAND	CPI
Mean	0.096	0	105.255
Median	0.099	0.006	107.094
Maximum	0.146	3.128	127.044
Minimum	0.043	-1.904	80.96
Std. Dev.	0.021	1.004	11.694
Skewness	-0.135	0.378	-0.319
Kurtosis	2.693	3.083	2.291
Jarque-Bera	0.921	3.184	5.007
Probability	0.631	0.204	0.082
Sum	12.726	0	13893.72
Sum Sq. Dev.	0.06	132	17914.6
Observations	132	132	132

ვიდრე მოცემული მოდელის შესახებ ეკონომიკურ დასკვნებს გავაკეთებდეთ, გადავამოწმოთ, რამდენად სწორადაა მისი მათემატიკური ფორმა სპეციფირებული, რადგან მასში შემავალი დამოუკიდებელი და დამოკიდებული ცვლადები ძალზედ განსხვავდება ერთმანეთისგან, როგორც ეკონომიკური შინაარსით, ისე ტექნიკური თვალსაზრისით. გამომდინარე აქედან, შევეცადოთ შესაბამისი ეკონომეტრიკული ტესტის გამოყენებით შევამოწმოთ მოდელი მისი მათემატიკური ფორმის შერჩევის სისწორეზე, ჩვენ შემთხვევაში ყურადღება გამახვილებულია წრფივ და არაწრფივ ალტერნატიული მოდელების სტატისტიკურად მისაღებ შერჩევაზე, რისთვისაც გამოვიყენოთ რამსეის ტესტი.

რამსეის ტესტი ანუ იგივე რეგრესიის განტოლების შეცდომის ტესტი ამოწმებს მოდელის სპეციფიკაციის სისწორეს წრფივი რეგრესიასთან მიმართებაში. ზოგადად ამ ტესტის გამოყენებით შეგვიძლია დავადგინოთ, აქვს თუ არა გავლენა დამოუკიდებელი ცვლადების არაწრფივ კომბინაციებს დამოკიდებულ ცვლადზე. თუ აღმოჩნდება, რომ არაწრფივ კომბინაციებს აქვთ დამოკიდებულ ცვლადზე გავლენა, მაშინ წრფივი კომბინაციების მოდელის სპეციფიკაციის სისწორეში ეჭვი უნდა შევიტანოთ, ხოლო საპირისპირო შემთხვევაში, ეჭვის შეტანის საფუძველი არ გვექნება.

ამასთანავე, უნდა აღინიშნოს, რომ რამსეის ტესტის ჩატარების შემდეგ, შეიძლება დავასახელოთ რეგრესიის სპეციფიკაციის გამომწვევი იმგვარი მიზეზები, როგორცაა: მნიშვნელოვანი დამოუკიდებელი ცვლადების გაუთვალისწინებლობა მოდელში<sup>22</sup>, სტრუქტურული ცვლილებები, ჰომოსკედასტურობა და ა. შ.

ჩამოვყალიბოთ რამსეის ტესტის ჰიპოთეზები:

**H<sub>0</sub>**: არაწრფივი მოდელის კოეფიციენტები ნულის ტოლია (წრფივობის პირობა)

**H<sub>1</sub>**: არაწრფივი მოდელის კოეფიციენტებიდან ერთი მაინც განსხვავებულია ნულისგან

რამსეის ტესტში გამოვლენილი შედეგების საფუძველზე (იხ. ცხრილი 2.7 და 2.8) შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ნულოვანი ჰიპოთეზის უარყოფის საფუძველი არ გვაქვს. მაშასადამე, მოდელის წრფივი ფორმა მისაღებია, იმის მიუხედავად, რომ თავდაპირველ მოდელში არსებული დეტერმინაციის კოეფიციენტი შედარებით დაბალია. ისიც აღსანიშნავია, რომ ზოგადად რამსეის ტესტი არ იძლევა მოდელის არაწრფივი ფორმის ზუსტი განსაზღვრის საშუალებას, თუმცა პრაქტიკოსი ეკონომისტები ხშირად მიმართავენ მას.

**Ramsey RESET Test**

F-statistic	5.752510	Prob. F(6,124)	0.0000
Log likelihood ratio	32.41498	Prob. Chi-Square(6)	0.0000

<sup>22</sup> ეკონომეტრიკის თეორიიდან ცნობილია, რომ არსებითი ცვლადების ჩაურთველობა მოდელში იწვევს კოეფიციენტების გადაადგილებას და მათი სტანდარტული შეცდომების არაკორექტულობას (კოეფიციენტების სტანდარტული შეცდომები რაოდენობრივად მცირე გამოდის). გამომდინარე აქედან, მოდელზე ჩატარებული სპეციფიკაციის ტესტების გამოყენება არარელევანტური იქნება.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DEMANDSTAND	-0.958660	4.700033	-0.203969	0.8387
CPI	-0.300609	1.474623	-0.203855	0.8388
FITTED^2	23263.40	101369.8	0.229490	0.8189
FITTED^3	-671321.9	2647077.	-0.253609	0.8002
FITTED^4	10105812	36618931	0.275972	0.7830
FITTED^5	-83780005	2.83E+08	-0.295937	0.7678
FITTED^6	3.63E+08	1.16E+09	0.313085	0.7547
FITTED^7	-6.44E+08	1.97E+09	-0.327207	0.7441
R-squared	0.579980	Mean dependent var		0.096412
Adjusted R-squared	0.556269	S.D. dependent var		0.021461
S.E. of regression	0.014296	Akaike info criterion		-5.599034
Sum squared resid	0.025341	Schwarz criterion		-5.424319
Log likelihood	377.5362	Hannan-Quinn criter.		-5.528038
Durbin-Watson stat	1.300019			

მოდელის სრულფასოვნად შესამოწმებლად საჭიროა შევამოწმოთ აქვს თუ არა დაკვირვების თითოეულ ნომერში შემთხვევით შემადგენლს ერთიდაიგივე დისპერსია. ამისთვის დაგვჭირდება შევამოწმოთ ჰეტეროსკედასტურობის პრობლემა, ვინაიდან მისი არსებობის შემთხვევაში მოდელზე გაკეთებული დაკვნები არარეალისტური ხდება.

მაშ ასე, აღნიშნულის შესამოწმებლად გამოვიყენებთ უაიტის ტესტს, რადგან ჩვენს მოდელში ცვლადთა რაოდენობა არ აღემატება ორს და ამასთანავე ეს ტესტი ერთ-ერთი კარგად სპეციფიცირებული ტესტია ჰეტეროსკედასტურობის სხვა დანარჩენ ტესტებთან შედარებით. ამიტომ ქვემოთ აღვწერთ და გავაანალიზებთ მის შედეგებს მოცემულ მოდელზე.

ტესტის ჩასატარებლად დამოკიდებული ცვლადის როლში გვაქვს ნარჩენობითი გადახრების კვადრატები, რომლის მიმართაც ხდება პარამეტრების ოპტიმიზირება. დამოკიდებული ცვლადია  $e_t^2 := (y_t - \hat{y}_t)^2$ . შესაფასებელი განტოლებას კი შემდეგი სახე აქვს:

$$e_t^2 = \gamma_0 + \gamma_1 x_{t1}^2 + \gamma_2 x_{t1} x_{t2} + \gamma_3 x_{t2}^2 + v_t \quad (2.8)$$

ტესტის შედეგები წარმოდგენილია 2.4-ცხრილში:

ცხრილი 2.4

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.775083	Prob. F(3,128)	0.5100
Obs*R-squared	2.355131	Prob. Chi-Square(3)	0.5020
Scaled explained SS	2.769753	Prob. Chi-Square(3)	0.4285

უაიტის ტესტის განტოლებით გამოთვლილი კოეფიციენტები სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანია (იხ. ცხრილი 2.5). ნარჩენობითი წევრებისადმი აგებული F სტატისტიკაც არ არის მნიშვნელოვანი. გამომდინარე აქედან, ვასკვნიტ, რომ მოდელში ჰეტეროსკედასტურობის პრობლემა არ გამოვლინდა. ეს უკანასკნელი კი დადებითად აისახება ჩვენ მიერ გაკეთებულ დასკვნების სიზუსტეზე.

ცხრილი; 2.5

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000444	0.000246	1.804316	0.0735
DEMANDSTAND^2	-3.60E-05	2.53E-05	-1.423926	0.1569
DEMANDSTAND*CPI	5.31E-07	5.09E-07	1.043824	0.2985
CPI^2	-1.49E-08	2.15E-08	-0.695243	0.4882
R-squared	0.017842	Mean dependent var		0.000245
Adjusted R-squared	-0.005177	S.D. dependent var		0.000384
S.E. of regression	0.000385	Akaike info criterion		-12.85879
Sum squared resid	1.89E-05	Schwarz criterion		-12.77143
Log likelihood	852.6799	Hannan-Quinn criter.		-12.82329
F-statistic	0.775083	Durbin-Watson stat		1.413196
Prob(F-statistic)	0.509970			

გამომდინარე შედეგებიდან საზღვარგარეთიდან შემოტანილი ელექტროენერჯის მოხმარების პროდუქტების ზრდა დამოკიდებულია უფრო მეტად ქვეყანაში არსებული სამომხმარებლო ფასების ინდექსის ზრდაზე, ვიდრე თავად ელექტროენერჯის მოხმარებაზე.

**2.4. საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების დინამიკის ანალიზი და პროგნოზი**

ელექტროენერჯის წარმოება დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, მათ შორისაა: ბუნებრივი და ხელოვნური ფაქტორები. ამ შემთხვევაში ყურადღებას გავამახვილებთ იმ

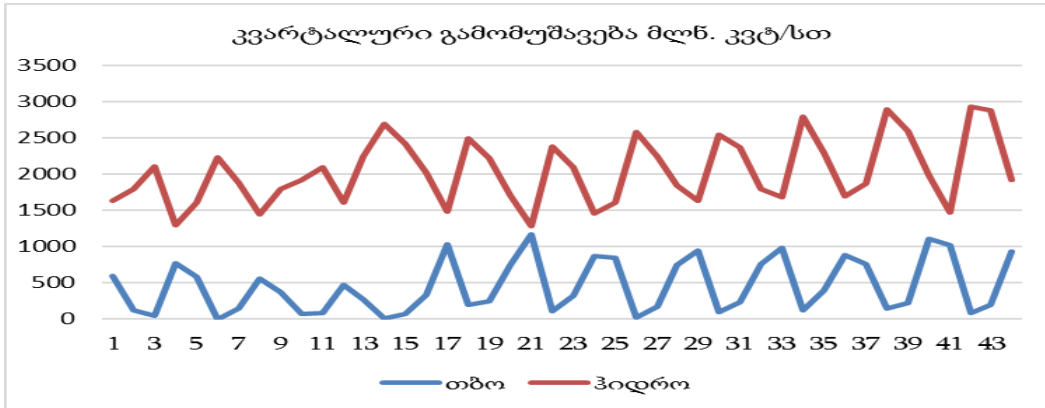
ბუნებრივ მოვლენაზე რასაც სეზონურობა ეწოდება. ამ უკანასკნელს ელექტროენერჯის წარმოებაში მნიშვნელოვანი წვლილი აქვს. საქართველოში მდინარეების ჩამოდინება გაზაფხული - ზაფხულის პერიოდში უფრო მეტი მოცულობით ხასათდება, ვიდრე შემოდგომა - ზამთრის პერიოდებში. ამრიგად, ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯაც შესაბამისად მაღალია გაზაფხული-ზაფხულის თვეებში, ხოლო შემოდგომა-ზამთრის თვეებში კი შედარებით მცირე.

ეს მოვლენა ვიზუალურად ნათლად ჩანს ჰიდროელექტროსადგურებისა (გრაფიკი. 2.2) და თბოელექტროსადგურების (გრაფიკი 2.3) კვარტალური მონაცემების დინამიკაში, სადაც ფაქტობრივი მონაცემები მოიცავს 2007-2017 წლების პერიოდს.

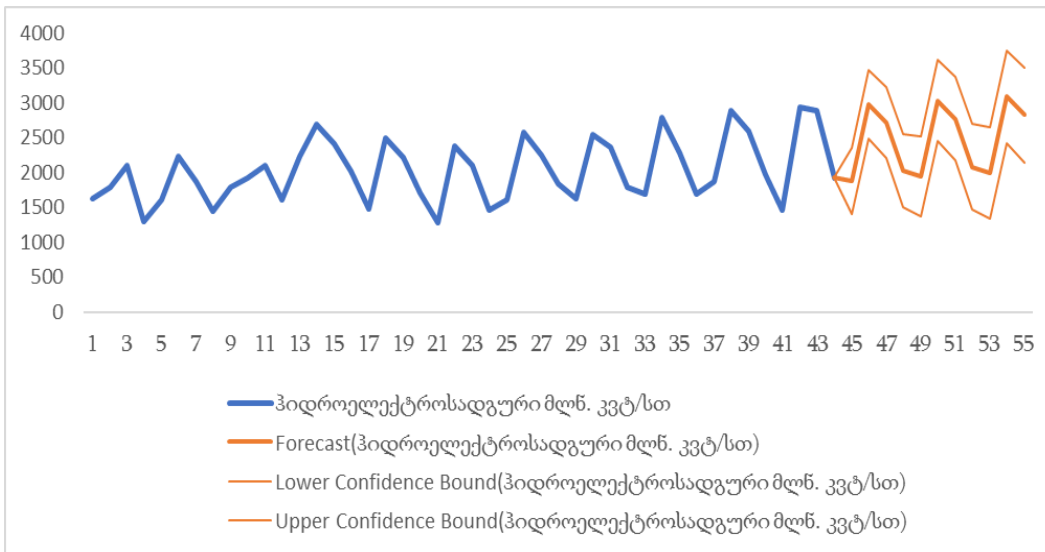
გრაფიკული ანალიზი ცხადყოფს ელექტროენერჯის გამომუშავების კვარტალურ სეზონურობას. მაშასადამე, ასეთი ცვლადები ან სეზონურად უნდა მოსწოდდეს, ან მოდელის აგებისას მასში დამოუკიდებელი ცვლადის სახით, ჩართული უნდა იყოს სეზონურობის ფაქტორი. ჩვენ შემთხვევაში; ჰესების გამომუშავება, როგორც მოსალოდნელი იყო, ყოველ მეორე კვარტალში მაღალია, ხოლო თესებისა - დაბალი. თესებისა და ჰესების კვარტალურ გამომუშავებას შორის კორელაციის კოეფიციენტი უარყოფითია და შეადგენს -0.75. ძლიერი უარყოფითი დამოკიდებულების დაფიქსირება ამ ორ ცვლადს შორის შესაძლებელია 2.1 გრაფიკზე, სადაც ჰესების დაბალ გამომუშავებას შეესაბამება თესების მაღალი გამომუშავება, ხოლო მაღალს პირიქით დაბალი.

სეზონური მახასიათელის მქონე ცვლადების პროგნოზის ასაგებად გამოყენებულია დროითი მწკრივების დამახასიათებელი მეთოდოლოგია, რომელიც სპეციალურად შემუშავებულ პარამატრებს ეფუძნება. ზემოთ მოყვანილ 2.2 და 2.3 გრაფიკებზე პროგნოზი გაანგარიშებულია 95%-იანი ნდობის ალბათობის სიზუსტით. პროგნოზის გასაკეთებლად გამოყენებული ემპირიულ კვარტალურ მონაცემთა რაოდენობა 44-ს შეადგენს. ორივე გრაფიკზე ნაჩვენებია პროგნოზით გათვალისწინებული ტენდენცია 2018 წლის პირველი კვარტლის შემდეგ. სადაც ზედა და ქვედა საზღვრები პროგნოზის შეცდომის არსებობის შუალედს განსაზღვრავს.

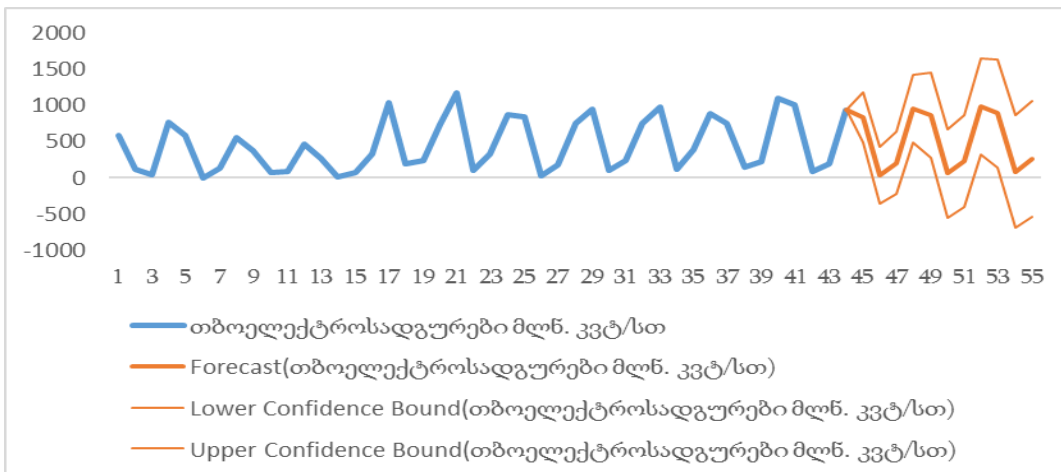
გრაფიკი 2.1



გრაფიკი: 2.2



გრაფიკი: 2.3



მოცემული გრაფიკებიდან ირკვევა, რომ მომავალში 95% სიზუსტის ალბათობით უნდა ველოდოდთ ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამოშვებული ელექტროენერჯის რაოდენობის ზრდას, ხოლო თბოელექტროსადგურების მიერ გამოშვებული ელექტროენერჯის კლებას.

საქართველოში ელექტროენერჯის ბაზარზე არსებულ რეალურ სიტუაციას თუ გავითვალისწინებთ, აღნიშნული პროგნოზის შედეგების შესრულება დადებითად იმოქმედებს ქვეყნის ეკონომიკაზე, რადგან ჰიდროელექტროსადგურების მიერ წარმოებული მეტი ელექტროენერჯია ელექტროენერჯიაზე არსებულ ჯამურ ჭარბ მოთხოვნას შეამცირებს. შესაბამისად, შემცირდება იმის ალბათობა, რომ თბოელექტროსადგურებმა დიდი დატვირთვით შეასრულონ სტაბილიზატორის როლი ქვეყნის ენერჯეტიკის სისტემაში.

როგორც ანალიზმა გვიჩვენა, მომავალში თბოელექტროსადგურების შემცირებული წილი შეამცირებს ელექტროენერჯის იმპორტს საქართველოში და ქვეყანა გახდება ენერგოდამოუკიდებელი, რაც ნამდვილად წინ გადადგმული ნაბიჯი იქნება თითოეული მოქალაქის საკეთილდღეოდ.

## 2.5. პირდაპირი უცხოური ინვესტიციები ელექტროენერჯის წამოებაში და სეზონური ცვლადების ეკონომეტრიკული ანალიზი

ჩატარებულ ანალიზს შეგვიძლია დავუმატოთ კიდევ ერთი ეკონომეტრიკული მოდელი და სასურველი ცვლადების მიმართ ავაგოთ წრფივი, თავისუფალი ცვლადის შემცველი მოდელი.

რეგრესიის წრფის განტოლების თეორიული ფორმა მოცემულია (2.9) განტოლებით:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t1} + \beta_2 x_{t2} + \beta_3 x_{t3} + \beta_4 x_{t4} + u_t \quad (2.9)$$

სადაც

$y_t$  - მთლიანი შიგა პროდუქტი ერთ სულ მოსახლეზე. ერთეული: აშშ დოლარი მიმდინარე ფასებში;

$x_{t1}$ =HIDRO - ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯია. ერთეული: მლნ.კვტ/სთ;

$x_{t2}$ =TBO - თბოელექტროსადგურების მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯია. ერთეული: მლნ.კვტ/სთ;

$x_{t3}$ =FDI\_IN\_ELECTRICITY - პირდაპირი უცხოური ინვესტიციების ოდენობა ელექტროენერჯიის სექტორში. ერთეული: ათასი აშშ დოლარი;

$x_{t4}$ =SEASONAL - სეზონური ცვლადი, რომელიც შეადგენს თბოელექტროსადგურებისა და ჰიდროელექტროსადგურების სეზონური კომპონენტების ალგებრულ ჯამს. ერთეული: განყენებული სიდიდე.

შეფასებული მოდელის რეგრესიის განტოლებას აქვს სახე:

$$\hat{y}_t = -297,48 + 0,4353x_{t1} + 0,4172x_{t2} + 0,001x_{t3} - 0,1144x_{t4} \quad t = \overline{1,44} \quad (2.10)$$

მოდელის საშედეგო მაჩვენებლები წარმოდგენილია 2.13-ცხრილში. ამ მონაცემების საფუძველზე ჩვეულებისამებრ, გავაკეთებთ მოდელში შემავალი ცვლადების სტატისტიკური და ეკონომიკური მნიშვნელოვნების ანალიზს.

**მეთოდი:** უმცირეს კვადრატთა მეთოდი

**შერჩევა:** მოიცავს 2007-2017 პერიოდის კვარტალურ მონაცემებს.

**დაკვირვებათა რაოდენობა:** 44

ცხრილი: 2.5

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
HIDRO	0.435275	0.058499	7.440719	0.0000
TBO	0.417151	0.073264	5.693795	0.0000
FDI_IN_ELECTRISITY	0.001014	0.000403	2.515496	0.0161
SEASONAL	-0.114364	0.065248	-1.752776	0.0875
C	-297.4812	145.5494	-2.043850	0.0478
R-squared	0.608024	Mean dependent var		819.9024
Adjusted R-squared	0.567821	S.D. dependent var		167.0518
S.E. of regression	109.8203	Akaike info criterion		12.34221
Sum squared resid	470359.5	Schwarz criterion		12.54496
Log likelihood	-266.5287	Hannan-Quinn criter.		12.41740
F-statistic	15.12398	Durbin-Watson stat		1.547275
Prob(F-statistic)	0.000000			

2.5 ცხრილი გვიჩვენებს, რომ მოდელში შემავალი დამოუკიდებელი ცვლადებიდან სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი მხოლოდ შემდეგი დამოუკიდებელი ცვლადებია: ჰიდროელექტროსადგურების წარმოება, თბოელექტროსადგურების წარმოება და პირდაპირი უცხოური ინვესტიციების ცვლადები, რომლებიც აკმაყოფილებენ 95%-იან საიმედოობის დონეს.

რაც შეეება სეზონურ ცვლადს, ის მნიშვნელოვნებას ინარჩუნებს მხოლოდ 90%-იან საიმედოობის დონეზე. აღსანიშნავია, რომ მნიშვნელოვანის როლში წარმოგვიდგება ასევე თავისუფალი წევრიც, რომელსაც სხვა თანაბარ პირობებში გარკვეული სტატისტიკური და ეკონომიკური შინაარსი გააჩნია. თუ მხედველობაში არ მივიღებთ იმ ფაქტს, რომ დარბინ-უოტსენის სტატისტიკის მნიშვნელობა განუსაზღვრელობის ზონაშია და ავტოკორელაციის არსებობის ან არარსებობის შესახებ რაიმეს გადაჭრით თქმა შეუძლებელია, მაშინ მთლიანობაში, დანარჩენი სტატისტიკური მახასიათებლები ნორმის ფარგლებშია მოთავსებული და შეფასებული მოდელი ქვემოთ მოყვანილი დასკვნების საშუალებას გვაძლევს.

აღმოჩნდა, რომ ჰიდრო და თბოელექტროსადგურების ასი ერთეულით გაზრდა, ამ შემთხვევაში ელექტროენერჯის ასი მილიონი კვტ/სთ-ით მატება, გამოიწვევს ერთ სულ მოსახლეზე მშპ-ს დაახლოებით 88 აშშ დოლარით ზრდას. მხოლოდ ჰიდროელექტროსადგურების შემთხვევაში 0,435 აშშ დოლარით გაიზრდება მშპ, ხოლო ათასი მლნ კვტ/სთ ზრდა მოგვცემს მშპ-ს 435 აშშ დოლარით ზრდას; თბოელექტროსადგურების შემთხვევაში ზრდა ოდნავ მცირეა: 0,417 აშშ დოლარი ერთეულ გამომუშავებაზე, ხოლო 417 აშშ დოლარი - ათას ერთეულზე. მიუხედავად იმისა, რომ თბო და ჰიდრო-ელექტროსადგურების გამომუშავებას შორის კავშირი მკაცრად უარყოფითია, ისინი ცალ-ცალკე დადებითად მოქმედებენ მშპ-ს ზრდაზე, აღნიშნული გარემოების გათვალისწინებით, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ცრუ რეგრესიას<sup>23</sup> ადგილი არ ექნება, რაც განპირობებულია დამოუკიდებელი და დამოკიდებული ცვლადების საერთო

---

<sup>23</sup> აღსანიშნავია, რომ პრაქტიკულ ეკონომეტრიკულ კვლევებში აღნიშნული პრობლემა ხშირად წარმოიქმნება, რომლის გადაჭრასაც სპეციალური მეთოდებით ახდენენ, კერძოდ ათავისუფლებენ მოდელს საერთო ტრენდისგან და განიხილავენ დეტრენდირებულ მოდელს.

ტრენდის არსებობით. გამომდინარე, აქედან ორივე მაჩვენებელი ეკონომიკურად მნიშვნელოვანია, რადგან მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვთ ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებაში.

ჩატარებული კვლევით მიხედვით, ელექტროენერჯის მიმწოდებელი სადგურების (თბო- და ჰიდროელექტროსადგურები ) გამომუშავება და ელექტროენერჯეტიკის სექტორში პირდაპირი უცხოური ინვესტიციების მოზიდვა ფუნდამენტური პირობაა მშპ-ის მაღალი ზრდის ტემპის მისაღწევად. გამომდინარე აქედან, სახელმწიფო პოლიტიკა ამ სექტორში მაქსიმალურად აქტიურად უნდა გატარდეს ელექტროენერჯის ბაზრის ზრდის მიმართულებით, რათა სწაფად განვითარდეს ეკონომიკა.

## III თავი

### 3.1 სამომხმარებლო არჩევანის თეორია ტიპური მომხმარებლის მაგალითზე

მოცემულ თავში მოდელირებულია საქართველოს ორი მსხვილი ელექტროენერჯის გადამცემი კომპანიის, სს „ენერჯო პრო ჯორჯიას“ და სს „თელასის“ პირობითი მომხმარებლის (შინამეურნეობის) ოპტიმალური არჩევანი ელექტროენერჯიასა და ბუნებრივი აირის მოხმარებას შორის.

2018 წლის ელექტროენერჯისა და ბუნებრივი აირის საშუალო სამომხმარებლო ფასების მდგომარეობის მიხედვით, შეგვიძლია მათემატიკურად ჩავწეროთ ტიპური მომხმარებლის მოთხოვნა ელექტროენერჯიასა და ბუნებრივ აირზე, კონკრეტული ფასების პირობებში. აგრეთვე, ავაგოთ საბიუჯეტო შეზღუდვის წრფე და სარგებლიანობის ფუნქციის ფორმის გათვალისწინებით გრაფიკზე დავიტანოთ შესაბამისი განურჩევლობის მრუდები. ოპტიმალური წერტილის საპოვნელად საკმარისი იქნება მათი შეხების წერტილის კოორდინატების პოვნა.

საქართველოს მაგალითზე, საქსტატისა და პროექტის - „სახელმწიფო სოციალური დახმარების პროგრამის მონაწილეობითი მონიტორინგი“ ინფორმაციით<sup>24</sup>, აღვწერთ ტიპური მომხმარებლის ამოცანას, სადაც გავითვალისწინებთ საქართველოში არსებული ოჯახების კლასებისთვის საარსებო მინიმუმისა და ხარჯების სეზონურ მონაცემებს.

3.1 ცხრილში მოყვანილია მონაცემები ერთსულიანი, ორსულიანი, სამსულიანი და საშუალო ოჯახის დანახარჯების შესახებ, სადაც ელექტროენერჯის ხარჯები განსაზღვრულია, როგორც საარსებო მინიმუმის 5%.

---

<sup>24</sup> <http://www.nplg.gov.ge/gsd/cgi-bin/library.exe?e=d-01000-00---off-0ekonomik--00-1----0-10-0---0---0prompt-10---4-----0-11--11-ka-50---20-about---00-3-1-00-0-0-11-1-0utfZz-8-00&cl=CL4.2&d=HASH014ebeaa5baa19523e4c4b12.9&gt=1>

ცხრილი 3.1

ოჯახის ტიპი	საარსებო მინიმუმი ლარი		ელექტროენერჯის ხარჯი, ლარი	
	ზამთარი	ზაფხული	ზამთარი	ზაფხული
ერთსულიანი	155.11	156.93	7.76	7.85
ორსულიანი	248.17	251.08	12.41	12.55
სამსულიანი	279.19	282.47	13.96	14.12
ოთხსულიანი	310.21	313.85	15.51	15.69
ხუთსულიანი	348.99	353.08	17.45	17.65
ექვსსულიანი და მეტი	412.58	417.42	20.63	20.87

მოცემული 5%-იანი პროპორცია აღებულია პროექტის - „სახელმწიფო სოციალური დახმარების პროგრამის მონაწილეობითი მონიტორინგი“ ფარგლებში განხორციელებული კვლევის საფუძველზე, სადაც კომუნალური ხარჯების წილის მიახლოებითი პროპორცია გამოიყენება ელექტროენერჯის ხარჯების წილის გამოსათვლელად.

უნდა აღვნიშნოთ, რომ შინამეურნეობების შესახებ ინფორმაცია, ელექტროენერჯის მოხმარებასთან დაკავშირებით, პრაქტიკულად რთული მოსაპოვებელია და დაკავშირებულია დიდ დანახარჯებთან, განსაკუთრებით ისეთი ქვეყნებისათვის, როგორცაა საქართველო, სადაც 2018 წლის მდომარეობით, ჯერ კიდევ არ არის საკმარისი პირობები აღნიშნულ სფეროში საფუძვლიანი სტატისტიკური კვლევების ჩასატარებლად. ამრიგად, მოცემული პროპორცია შეიძლება არაზუსტი იყოს შინამეურნეობათა იმ ჯგუფებისათვის, რომელთა შემოსავლები საარსებო მინიმუმს რამდენჯერმე აღემატება. ჩვენ შემთხვევაში კი განვიხილავთ იმ ოჯახებს, რომელთა შემოსავლები საარსებო მინიმუმის სიახლოვესაა. ვინაიდან კვლევა ძირითადად ეხება დაბალი სოციალური ფენის შინამეურნეობათა ქცევას, მისი განზოგადება მთლიანად მოსახლეობის ყველა ფენის წარმომადგენლის ქცევაზე არარელევანტური იქნებოდა.

კვლევაში ვითვალისწინებთ აგრეთვე ელექტროენერჯის სეზონურ მოხმარებას, რაც იმას გულისხმობს, რომ მომხმარებლები წელიწადის სხვადასხვა დროს,

განსხვავებული მოხმარების დონეს ირჩევენ, ეს უკანასკნელი კი ელექტროენერჯის მოხმარების შემთხვევაში გავლენას ახდენს ელექტროენერჯის სარეალიზაციო ფასზე.

დავაკვირდეთ 3.1 გრაფიკს, სადაც ნათლად დავინახავთ სიტუაციას, ელექტროენერჯის ბაზარზე განსხვავებული რაოდენობის სიმძლავრის მოხმარების შემთხვევაში, როგორ ცვლილებას განიცდის ელექტროენერჯის საბაზრო ფასი<sup>25</sup>:

გრაფიკი 3.1



ორდინატა ღერძზე წარმოდგენილია ელექტროენერჯის ფასი თეთრებში, ხოლო აბცისათა ღერძზე მისი რაოდენობები. გრაფიკის ამგვარი ფორმა იმაზე მიგვითითებს, რომ სხვადასხვა ელექტროენერჯის რაოდენობას განსხვავებული ფასები შეესაბამება. კერძოდ, მაღალ მოხმარებას მაღალი ფასი შეესაბამება, მაგრამ მოხმარებული ელექტროენერჯის რაოდენობის ცვლილებისას, მათზე ფასები დისკრეტულად იცვლება და არა მუდმივად, რომლის მიზეზიც გახლავთ საქართველოს ენერჯოსისტემის საფასო პოლიტიკა, რომელიც ეფუძნება ფასების სეგმენტიზაციას. სხვაგვარად, რომ ვთქვათ, საქმე გვაქვს იმგვარ ფასისმიერ დისკრიმინაციასთან, რომელიც მომხმარებელთა განსხვავებულ ჯგუფებს, განსხვავებულ ფასს სთავაზობს. თუმცა, აღნიშნული არ უნდა გავიგოთ საზოგადოებისთვის არასასურველ ეკონომიკურ ქცევით მოვლენად, რომელიც მომხმარებლებს არ აძლევს სტიმულს მეტი ენერჯია მოიხმარონ, იმის

<sup>25</sup> ფასები მოყვანილია ელექტროენერჯის სადისტრიბუციო კომპანია თელასის 2018 წლის მონაცემების მიხედვით.

გათვალისწინებით, რომ ელექტროენერგია ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტს წარმოადგენს და მისი დამაბინძურებელი ეფექტები გარემოში მინიმალურია.

საგულისხმოა ის გარემოება, რომ მოცემული მდგომარეობით საქართველოს ელექტროენერგიის ბაზრის კონიუნქტურა იმგვარადაა მოწყობილი, რომ ელექტროენერგიის მიწოდება სრულიად არაელასტიკურია მოთხოვნის მიმართ, რაც გულისხმობს, მოთხოვნის ცვლილებისას ელექტროენერგიის მიწოდების ავტომატურ ცვლილებას რაგინდ მცირე პერიოდებშიც კი.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, საჭიროა ბაზარმა მოთხოვნა-მიწოდებას შორის არსებული ბალანსი შეუფერხებლად უზრუნველყოს. ამრიგად, ბაზარი მოითხოვს მეტ დანახარჯებს კონკრეტული მოხმარების რაოდენობისთვის და ვლებულობთ მიწოდების მრუდს, რომელიც სეგმენტთა სხვადასხვა დონეზე მუდმივია (იხილეთ გრაფიკი 3.1).

ზემოთ მოყვანილი დაშვებების გათვალისწინებით და 3.2 ცხრილის მონაცემების საფუძველზე ავაგებთ მომხმარებლის ოპტიმალური არჩევანის შესაბამის მრუდებს, სადისტრიბუციო კომპანიების - სს „თელასი“ და სს „ენერგო პრო ჯორჯია“ - ფასების მაგალითზე.

ცხრილი: 3.2

კომპანია	საყოფაცხოვრებო სამომხმარებლო ფასები <sup>26</sup>		გაზის ფასი
	0-101 კვტ/სთ	101-301 კვტ/სთ	
სს „თელასი“	0,14544	0,18556	0,53
სს „ენერგო პრო ჯორჯია“	0,14237	0,18213	

თავდაპირველად ავაგოთ საბიუჯეტო შეზღუდვა

$$x_1 p_1 + x_2 p_2 \leq E, \quad (3.1)$$

რომელშიც წარმოდგენილ სიდიდეებს შემდეგი ეკონომიკური შინაარსი გააჩნია:

$x_1$  - ბუნებრივი აირის მოხმარება ( მ<sup>3</sup> );

$x_2$  - ელექტროენერგიის მოხმარება ( კვტ/სთ );

$p_1$  - ბუნებრივი აირის ფასი ( ლარი );

$p_2$  - ელექტროენერგიის ფასი ( ლარი ).

<sup>26</sup> ფასები მოცემულია დღგ-ს ჩათვლით.

E - თვიურ დანახარჯია ელექტროენერჯისა და ბუნებრივი აირის მოხმარებაზე. იგი შეესაბამება საშუალო მომხმარებლის ზღვრულ მდომარეობას, რომელის დროსაც მომხმარებელი მზადაა მოიხმაროს იმ მოცულობის ელექტროენერჯია, რომელიც არ გადააჭარბებს 101 კვტ/სთ-ს. ჩვენ შემთხვევაში E-ს მაქსიმალური მნიშვნელობა ჯამში მიახლოებით 14,38 ლარს გვადლევს და ამ მნიშვნელობის პირობებში, ვაგებთ მომხმარებლის ოპტიმალური არჩევანის მოდელს.

აღსანიშნავია, რომ თუკი მოხმარებული გადაწყვეტდა მოეხმარა უფრო ცოტა რაოდენობის ელექტროენერჯია ვიდრე 101 კვტ. საათია, მაშინ ცხადია ის უფრო ნაკლებ სახსრებს გამოყოფდა მის მოსახმარებლად, ხოლო ნაკლები სახსრები კი გვადლევს E-ს ახალ შემცირებულ მნიშვნელობას, რომელსაც ოპტიმიზაციის ამოცანის შედეგებზე შეუძლია მოახდინოს გავლენა.

ამ გარემოების გათვალისწინებით, ჩვენ ფიქსირებულად ვღებულობთ E -ს, როგორც ზღვრული მომხმარებლის შემოსავალს, რომელიც უნდა დაიხარჯოს კომუნალურ გადასახადებზე, ჩვენ შემთხვევაში მისი ნაწილი ელექტროენერჯიაზე, ნაწილი კი ბუნებრივი აირის მოხმარებაზე.

ელექტროენერჯის მოხმარების ნაკლებობის პიოზა 101 კვტ/სთ-ზე ეხება დაბალი შემოსავლების მქონე ოჯახებს, რომლებიც 2017 წლის მდგომარეობით, სადისტრიბუციო კომპანიების ფასების გათვალისწინებით, მოიხმარენ 101 კვტ.სთ-ზე ნაკლებ ელექტროენერჯიას. იხილეთ ცხრილი 3.3:

ცხრილი: 3.3

	თელასი კვტ/სთ		ენერგო პრო ჯორჯია კვტ/სთ	
	ზამთარი	ზაფხული	ზამთარი	ზაფხული
ერთსულიანი	51.55	51.66	52.66	52.77
ორსულიანი	82.48	82.65	84.26	84.43
სამსულიანი	92.79	92.98	94.80	94.99
საშუალო ოჯახი	97.63	97.83	99.74	99.94

თუ დავუშვებთ, რომ მომხმარებელს შეუძლია მაქსიმუმ 14,38 ლარი დახარჯოს თითოეულ პროდუქტზე, ჩვენ შემთხვევაში ელექტროენერჯიაზე ან ბუნებრივ აირზე,

მაშინ აღნიშნული ოდენობის ბიუჯეტის პირობებში შეგვიძლია განვსაზღვროთ ზღვრული მომხმარებლის<sup>27</sup> ოპტიმალური არჩევანი, რომელმაც უნდა მიიღოს გარკვეული სარგებელი ორივე პროდუქტის მოხმარებიდან, თუმცა რომელს მიენიჭება უპირატესობა მათ შორის, ზოგადად, რთული გასარკვევია, რადგან არჩევანი დამოკიდებულია სიტუაციებზე, რის მიხედვითაც შეიძლება შეიცვალოს მომხმარებლის უპირატესობები პროდუქტების მიმართ.

გამომდინარე აქედან, სარგებლიანობის ფუნქციის ზუსტი ფორმის განსაზღვრა ასეთ სიტუაციაში შეუძლებელია. მიუხედავად ამისა, ჩვენ შეგვიძლია დავეყრდნოთ ეკონომიკურ თეორიას და ავირჩიოთ სარგებლიანობის ფუნქცია იმგვარი ფორმით, რომ პრეფერენციები თითოეული მომენტისთვის თანაბარი იყოს. ჩავთვალოთ, რომ თითოეული პროდუქტი ტიპური მომხმარებლისთვის თანაბარსარგებლიანს წარმოადგენდეს. ეს უკანსკნელი იმის საშუალებას გვაძლევს, რომ სარგებლიანობის ფუნქცია მათემატიკურად შემდეგნაირად გამოვსახოთ:

$$U(x_1, x_2) = x_1 x_2 . \quad (3.2)$$

(3.2) ფუნქციაში, ფაქტორების ნებისმიერი კომბინაცია მოგვცემს ფუნქციის შესაბამის მნიშვნელობებს, ხოლო ფუნქციის თვისებიდან გამომდინარე, თუკი რომელიმე ფაქტორი ნულის ტოლი აღმოჩნდება, მაშინ თავად ფუნქციაც ნულოვანი გახდება.

აღნიშნული თვისება კარგად ასახავს რეალური მომხმარებლის წინაშე წარმოქმნილ სიტუაციას. უფრო მეტიც, (3.2) ფუნქცია, თვისებრივად წარმოადგენს კობ-დუგლასის ფუნქციის კერძო შემთხვევას, სადაც ფაქტორების მიმართ ელასტიკურობის კოეფიციენტები ერთის ტოლია თითოეული ფაქტორისთვის, რადგან ისინი ერთ ხარისხში არიან აყვანილნი.

ჩვენი მიზანია ვიპოვოთ ის წერტილი, რომლისთვისაც ელექტროენერჯისა და ბუნებრივი აირის მოხმარება მოცემული შეზღუდვის პირობებში მაქსიმალურ სარგებელს მოუტანს მომხმარებელს.

<sup>27</sup> მოიხმარს ზუსტად 101 კვტ/სთ ელექტროენერჯის თვიურად

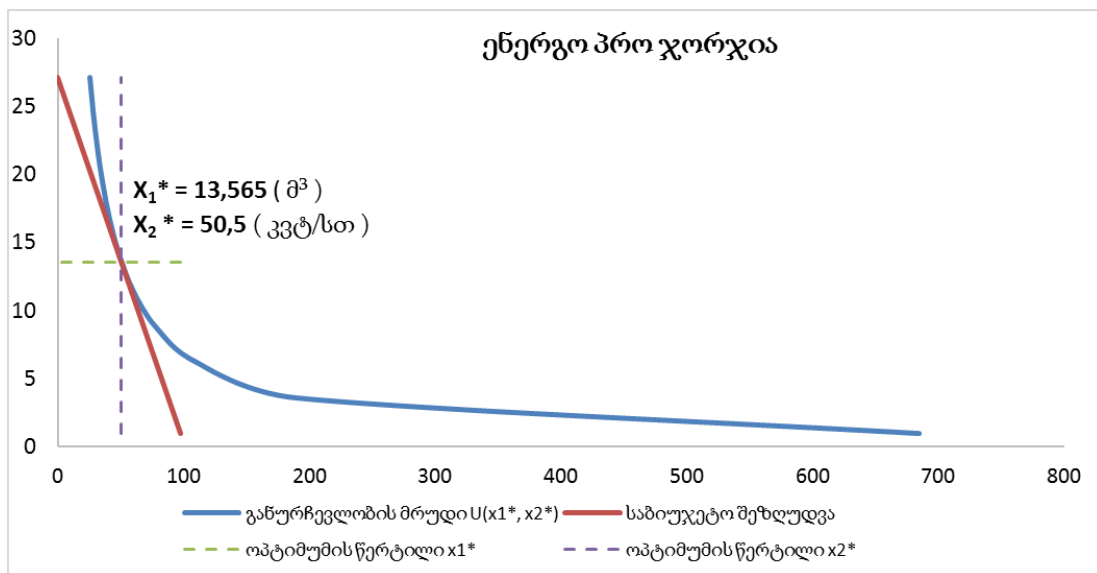
ლაგრანჟის მამრავლთა მეთოდის გამოყენებით, შეგვიძლია მიზნის ფუნქციად ავირჩიოთ სარგებლიანობის ფუნქციის მაქსიმიზაცია, ხოლო შეზღუდვად საბიუჯეტო წრფის განტოლება.

ამოხნის შედეგად გვექნება რამოდენიმე შემთხვევა განსხვავებული ფასების პირობებში. ამავე დროს, ბუნებრივი აირის ფასი კონკრეტული შინამეურნეობის მიერ გაწეული მოხმარების ზრდის მიუხედავად უცვლელია<sup>28</sup>.

თუ მომხმარებელი მოიხმარდა 101-დან 301-მდე კვტ/სთ ელექტროენერგიას, მაშინ ოპტიმალური მოხმარების წერტილს ექნებოდა 3.2 გრაფიკზე გამოსახული მდებარეობა შესაბამისი კოორდინატებით. ამ უკანასკნელ შემთხვევისთვის კი ცხადია მომხმარებელი ახალ საბიუჯეტო შეზღუდვის წრფეზე იმოძრაებდა.

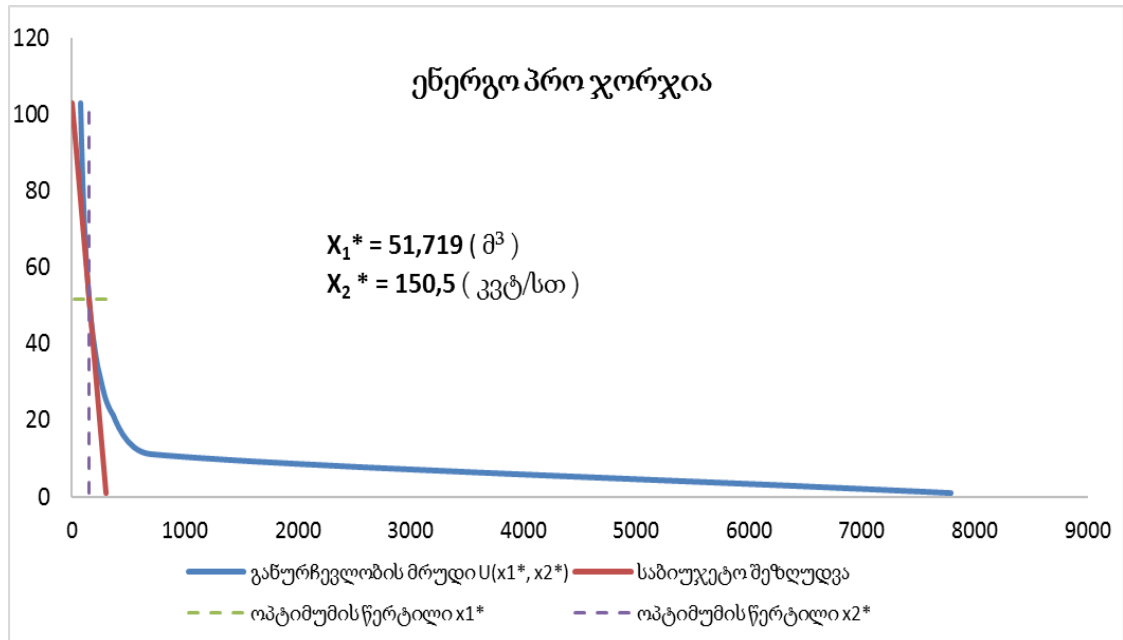
ეკონომიკური ანალიზი ცხადყოფს, რომ მომხმარებელს შეუძლია ნებისმიერ შემთხვევაში მიაღწიოს სარგებლიანობის მაქსიმალურ დონეს, თუ მომხმარებელი გადაწყვეტს მოიხმაროს შესაბამისი რაოდენობის ელექტროენერგია და ბუნებრივ აირი.

გრაფიკი: 3.1



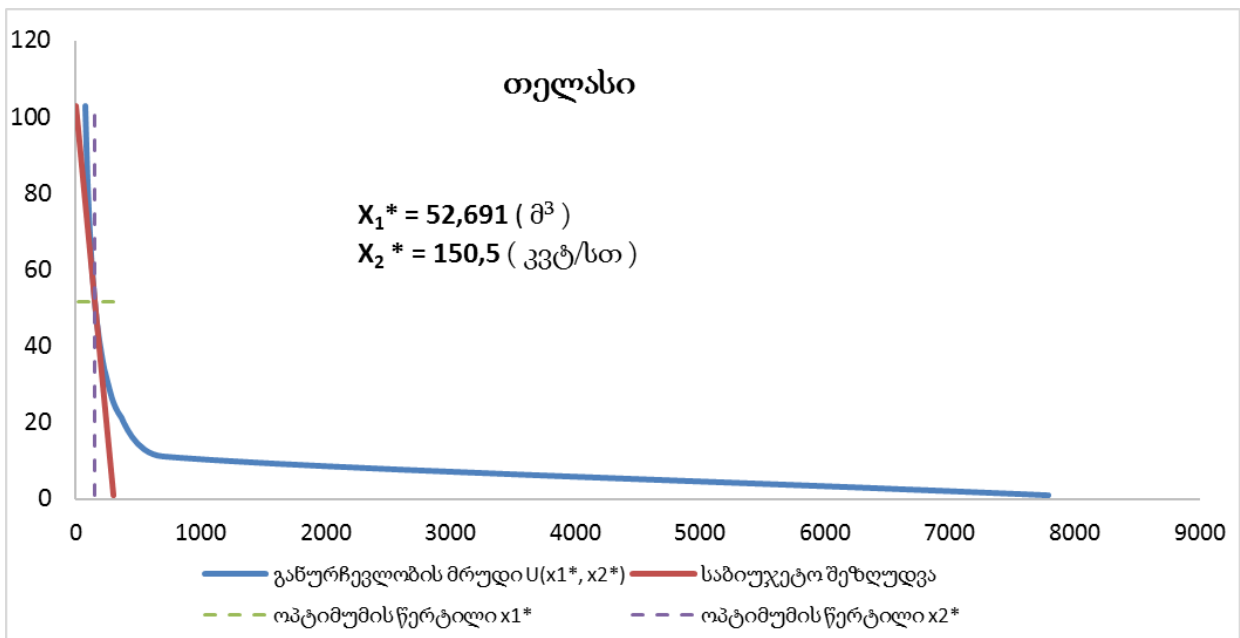
<sup>28</sup> საქართველოს კანონმდებლობით გაზის ფასი სამომხმარებლო აბონენტებზე უცვლელია

გრაფიკი: 3.2



მსგავსი სიტუაცია გვექნებოდა სს „თელასის“ ფასის შემთხვევაშიც, თუმცა რადგან მისი მომხმარებლები ელექტროენერგიას შედარებით მაღალ ფასად ყიდულობენ, ამიტომ მომხმარებელს შეეძლებოდა ესარგებლა იმავე ოდენობის ელექტროენერგიის მოხმარებით თუკი იგი ბიუჯეტს გაზრდიდა, რასაც, ამავე დროს შედეგად მოყვებოდა ბუნებრივი აირის მოხმარების გაზრდაც 1 მ<sup>3</sup> მოცულობით (იხ. 3.3 გრაფიკი).

გრაფიკი: 3.3



გამომდინარე აქედან, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ თუ ზღვრული მომხმარებელი გაზრდის საკუთარ შემოსავალს ერთი ლარით, მაშინ მას შეუძლია დამატებითი სარგებელი მიიღოს ბუნებრივი აირის მოხმარებიდანაც, რათა დააბალანსოს საკუთარი უპირატესობები ორივე პროდუქტის მოხმარებას შორის.

საინტერესოა, განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც მომხმარებლისთვის პროდუქტების უპირატესობები განსხვავდება ერთმანეთისგან. მაგალითისთვის, შეგვიძლია მოვიყვანოთ შინამეურნეობა, რომელიც სამომხმარებლო გადაწყვეტილებაში უპირატესობას ელექტროენერგიას უფრო მეტად ანიჭებს, ვიდრე ბუნებრივ აირს.

ზოგადად, ელექტროენერგიისადმი უპირატესობის მინიჭება გლობალიზაციისა და ეკოლოგიური კლიმატის გათვალისწინებით ხდება, რადგან მისი მოხმარება, როგორც ეს შესავალ ნაწილში აღვნიშნეთ, გარემოსთვის ნაკლები ზიანის მომტანია. ცნობისთვის, ევროკავშირის განვითარებული ქვეყნები ძირითადად ელექტროენერგიის მომხმარებლები არიან. თუ ენერჯის მოხმარებას გადავხედავთ, სტატისტიკურად მსოფლიოს ქვეყნებში მისი მოხმარება დღითიდღე იზრდება<sup>29</sup>.

აღნიშნულის გათვალისწინებით განვიხილოთ მომხმარებლის სარგებლიანობის ფუნქციის შემდეგი ვარიანტი:

$$U(x_1, x_2) = x_1^{0.2} x_2^{0.8} \quad (3.3)$$

მოცემულ შემთხვევაში ოპტიმალური არჩევანი გულისხმობს, რომ მომხმარებელი მოიხმარდა 21,1 მ<sup>3</sup> ბუნებრივ აირსა და 240,8 კვტ/სთ ელექტროენერგიას იმ დროს, როცა მისი შემოსავალი გაუტოლდებოდა ზღვრულ ნიშნულს, 55,8 ლარს.

მომხმარებლის ოპტიმალური არჩევანის თეორიულ ანალიზს შეუძლია მოლოდინები შექმნას ეკონომიკაში, როგორც მიკრო- ისე მაკროდონეზე. მაგრამ გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ ანალიზის შედეგები, ერთი მხრივ, სასარგებლო და მნიშვნელოვანია, თუმცა, მეორე მხრივ, ეფუძნება მრავალ დაშვებასა და ერთი ტიპური შინამეურნეობის ქცევის მთელ ეკონომიკაზე განზოგადებას.

<sup>29</sup> [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity\\_production,\\_consumption\\_and\\_market\\_overview](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_production,_consumption_and_market_overview)

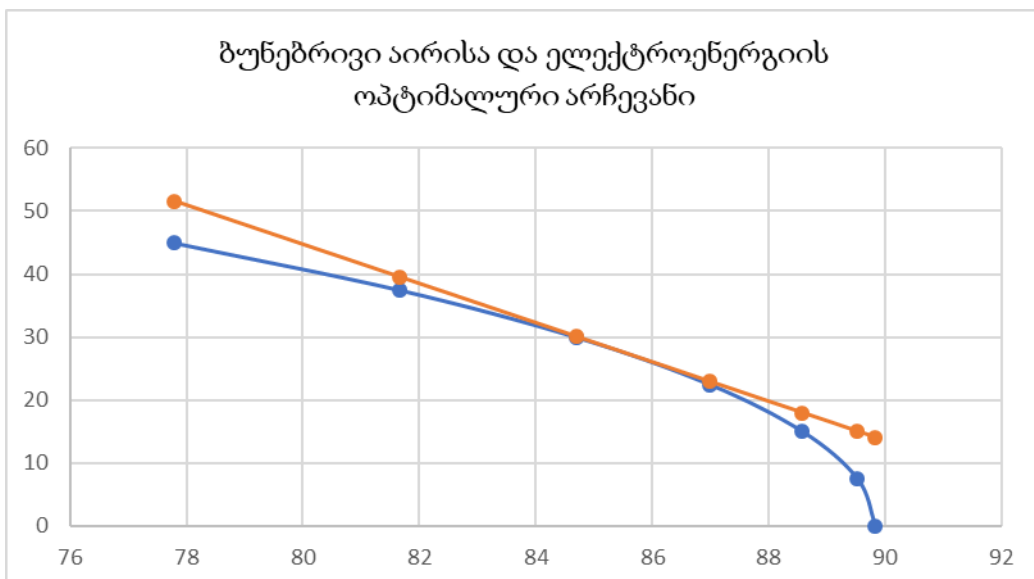
აღნიშნულის გამო, გამორიცხული არაა, რომ მოდელის დასკვნები აცდეს რეალურ ეკონომიკურ სურათს. მაგალითად, ზემოთ განხილულ მოდელში გამოყენებულ იქნა დაშვება იმის შესახებ, რომ შინამეურნეობა რაციონალურია და პროდუქტებს შორის არჩევანს უპირატესობებისა და ალტერნატიული დანახარჯის საფუძველზე აკეთებს. თუმცა, რეალობაში ადამიანთა ნაწილი რაციონალურობით, ნაწილი კი არარაციონალური ქცევით ხასიათდება. ამის გათვალისწინება მნიშვნელოვნად ართულებს ანალიზს.

ადიტიური მოდელი არჩევანის ოპტიმიზაციის მაგალითზე, განისაზღვრება შემდეგი სისტემის სახით:

$$\begin{cases} x_1 p_1 + x_2 p_2 = M \\ x_1^2 + x_2^2 \rightarrow \max \end{cases} \quad (3.2)$$

სადაც, M არის ბიუჯეტი, რომელიც იხარჯება ელექტროენერგიასა და გაზის მოხმარებაზე. საშუალო მოხმარებლისთვის დავუშვათ, რომ M=50 (ლარი) მაშინ 3.2 სისტემის ამოხსნის შედეგად მივიღებთ, ოპტიმალურ რაოდენობებს ელექტროენერგიისა და ბუნებრივი აირის მოცულობებისთვის. აღნიშული სიტუაცია შესაძლებელია გამოვსახოთ გრაფიკულად:

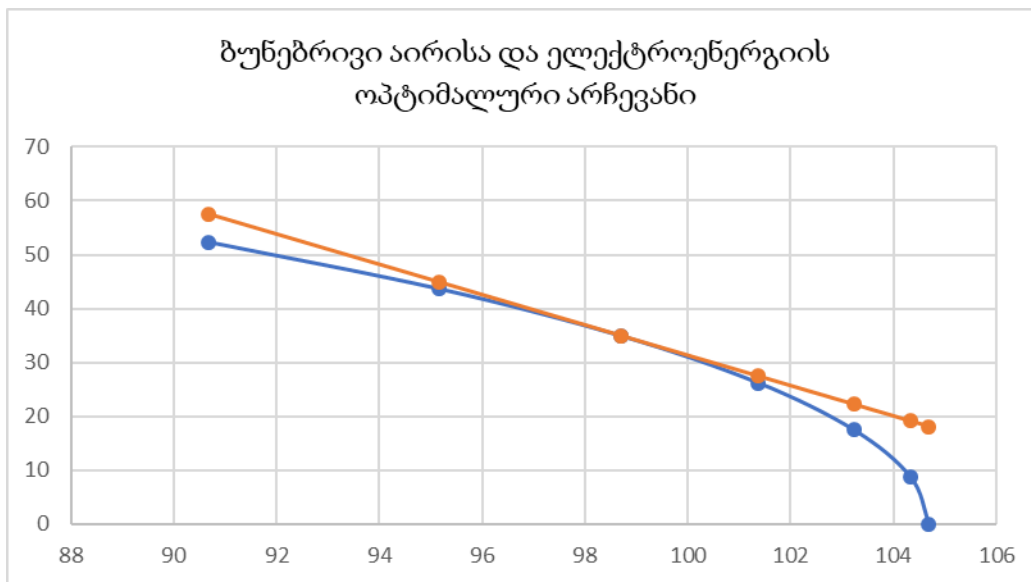
გრაფიკი: 3.4



3.4 გრაფიკის მიხედვით ოპტიმალური აირჩევანი მიიღწევა იმ შემთხვევაში, როდესაც მომხმარებელი მოიხმარს: 85 მ<sup>3</sup> ბუნებრივ აირს 0,53 თეთრად და ელექტროენერგიას 27 კვტს-ს თვეში, იმ დროს როდესაც ის ის მთლიანობაში ხარჯავს 50 ლარს ორივე კომუნალურ გადასახადზე.

იმ შემთხვევაში თუ ბუნებრივი აირის ფასი იქნებოდა 0,45 თეთრი, ხოლო ელექტროენერგიის ფასი შემცირებოდა 0.16 თეთრამდე მაშინ, იმავე შემოსავლის პირობებში მომხმარებელი შეძლებდა მოეხმარა 98 მ<sup>3</sup> ბუნებრივი აირი და 35 კვტსთ ელექტროენერგია და ამით ის მიაღწევდა მაქსიმალურ სარგებელს. 3.5 გრაფიკზე წრფისა და მრუდის შეხების წერტილი წარმოადგენს მრუდის მხებს, რომელიც მრუდის უკიდურეს მაქსიმალურ სარგებლის მდგომარეობას გამოსახავს.

გრაფიკი: 3.5



აღსანიშნავია, რომ ადიტიურ მოდელში მულტიპლიკაციური და ხარისხოვანი მოდელისგან განსხვავებით ოპტიმალური არჩევანის თეორია უფრო ახლოსაა რეალურ მდგომარეობასთან რადგან ელექტროენერგია და გაზი ერთმანეთის სრული შემცვლელელები არ არიან, არამედ ისინი ერთმანეთის გარკვეულწილად შემავსებლებიც და საერთო სარგებლის განმსაზღვრელი კომპონენტებია, რომლებიც ადიტიურ მოდელში დაშვებას იმის შესახებ, რომ მოდელში რომელიმე ფაქტორი ნულის ტოლი

შეიძლება იყოს, ჩვენ შემთხვევაში ელექტროენერჯის ან ბუნებრივი აირის მოხმარება, იგი ამ დაშვებას ითვალისწინებს, რასაც ვერ ვიტყვით მულტიპლიკაციურ მოდელზე, სადაც საერთო სარგებლიანობის დონე ცალსახად დამოკიდებულია რომელიმე ფაქტორის მნიშვნელობაზე იმგვარად, რომ ერთის ნულთან ტოლობით სარგებლიანობის ფუნქცია მთლიანად ნულოვანი ხდება, რაც რეალურ მდგომარეობისგან შორსაა.

## დასკვნა

წინამდებარე ნაშრომში მოყვანილმა ანალიზმა, ვფიქრობ საინტერესო კუთხით დაგვანახა საქართველოს ელექტროენერჯის ბაზარზე განვითარებული მოვლენების ურთიერთკავშირი ბაზრის სექტორებსა და სუბიექტებს შორის, ასევე ისეთ ცვლადებს შორის, როგორცაა მშპ, პირდაპირი უცხოური ინვესტიციები, ელექტროენერჯის წლიური საბალანსო ჩანაწერები.

მიუხედავად იმისა, რომ ეკონომიკური ცვლადების დაკვირვების რაოდენობა ზოგიერთ შემთხვევაში არ იძლეოდა სასურველი მეთოდებით გათვლების ჩატარების შესაძლებლობას, ვფიქრობ, რომ მოყვანილი მათემატიკური აპარატის სპეციფიკაციამ გარკვეულწილად საშუალება მოგვცა იმ მიზნისთვის მიგვეღწია, რომელიც ელექტროენერჯიაზე ფასის პროგნოზირებაში გამოიხატება.

პირველ თავში, ელექტროენერჯის მიწოდების მრუდებიდან ვნახეთ, რომ სხვადასხვა ელექტროგამანაწილებელი კომპანიის ფასებს შორის სხვაობა მით განსხვავებულია, რაც მეტ ელექტროენერჯიას მოიხმარენ აბონენტები. გამომდინარე ბაზრის კონინტურიდან, მომხმარებლები, რომლებიც 301 კვტ.სთ ელექტროენერჯიას მოიხმარენ თვეში, მათთვის ეკონომიკური მნიშვნელობა ენიჭება იმას, თუ რომელი გამანაწილებელი კომპანიის აბონემენტად დარეგისტრირდება. სხვა თანაბარ პირობებში, ARMA(1,1) მოდელის მიხედვით, ელექტროენერჯის ფასების საშუალოწლიურ ზრდას 10-12% ფარგლებში უნდა ველოდოთ. რაც შეეხება ჰიდრო და თბოელექტროსადგურების მშენებლობის პერსპექტივებს, სახელმწიფომ უმჯობესია მეტი რესურსი დაუთმოს ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობას, რადგან თბოელექტროსადგურების განვითარება არაპერსპექტიულია და საშუალოვადიან პერიოდში, ჰესებისგან განსხვავებით, დადმავალი ტენდენცია აქვს. რაც შეეხება საზღვარგარეთიდან იმპორტირებულ ელექტროენერჯის მოხმარების პროდუქტების ზრდას, იგი დამოკიდებულია უფრო მეტად ქვეყანაში არსებული სამომხმარებლო ფასების ინდექსის ზრდაზე, ვიდრე თავად ელექტროენერჯის მოხმარებაზე.

ჩატარებული კვლევის მიხედვით, აღმოჩნდა, რომ ელექტროენერჯის მიმწოდებელი სადგურების (თბო- და ჰიდროელექტროსადგურები) გამომუშავება და ელექტროენერჯეტიკის სექტორში პირდაპირი უცხოური ინვესტიციების მოზიდვა ფუნდამენტური პირობაა მშპ-ის მაღალი ზრდის ტემპის მისაღწევად. გამომდინარე აქედან, სახელმწიფო პოლიტიკა ამ სექტორში მაქსიმალურად აქტიურად უნდა გატარდეს ელექტროენერჯის ბაზრის ზრდის მიმართულებით, რათა სწაფად განვითარდეს ეკონომიკა. ჰიდროელექტროსადგურების მიერ ელექტროენერჯის საშუალოწლიურ გამოშვებაში საკუთრების ფორმა არ თამაშობს მნიშვნელოვან როლს, გაცილებით მნიშვნელოვანია მათი წლოვანება და დადგმული სიმძლავრე.

დასასრულს, უნდა აღვნიშნოთ, რომ შინამეურნეობებისთვის ელექტროენერჯის და ბუნებრივი აირის პროპორცია დაახლოებით მუდმივია და მასზე ნაკლებად ზემოქმედებს ისეთი ფაქტორები, როგორცაა ელექტროენერჯის ფასები და ოჯახის სულადობა.

## გამოყენებული ლიტერატურა

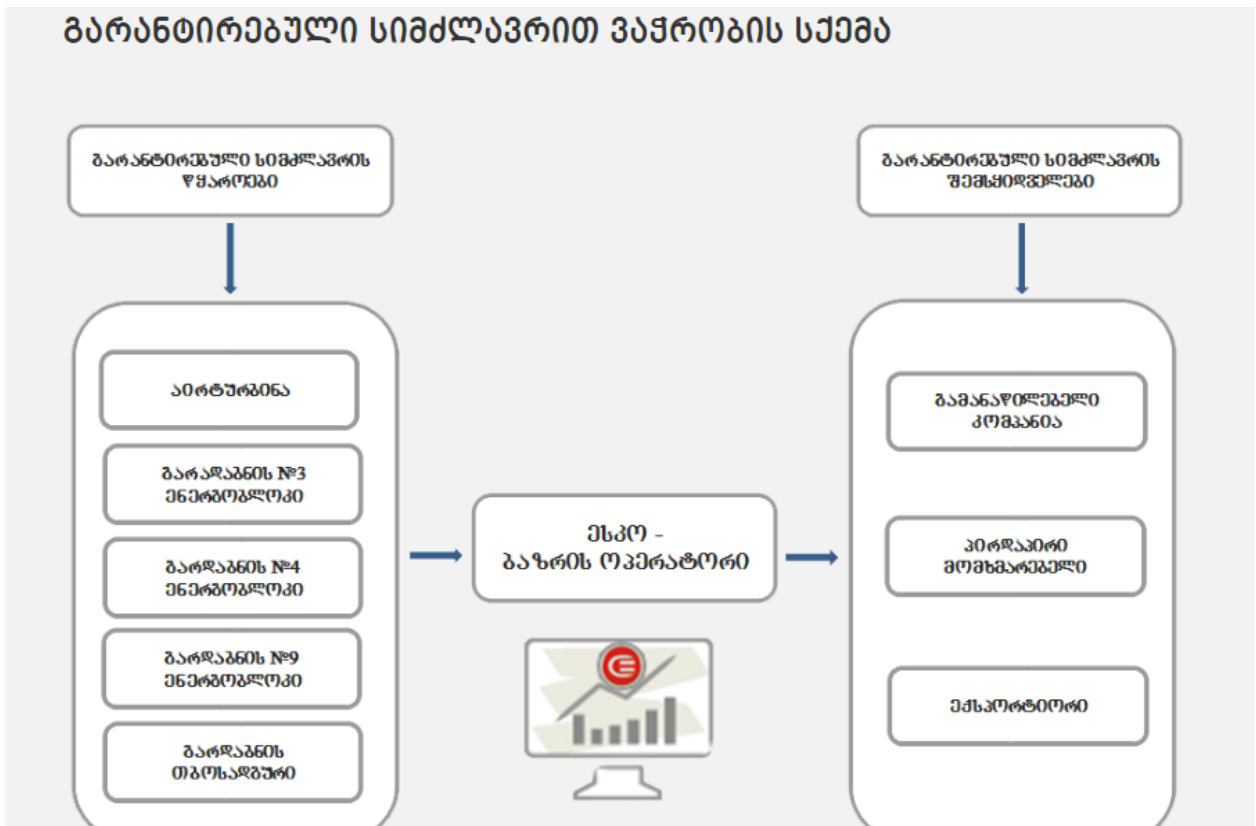
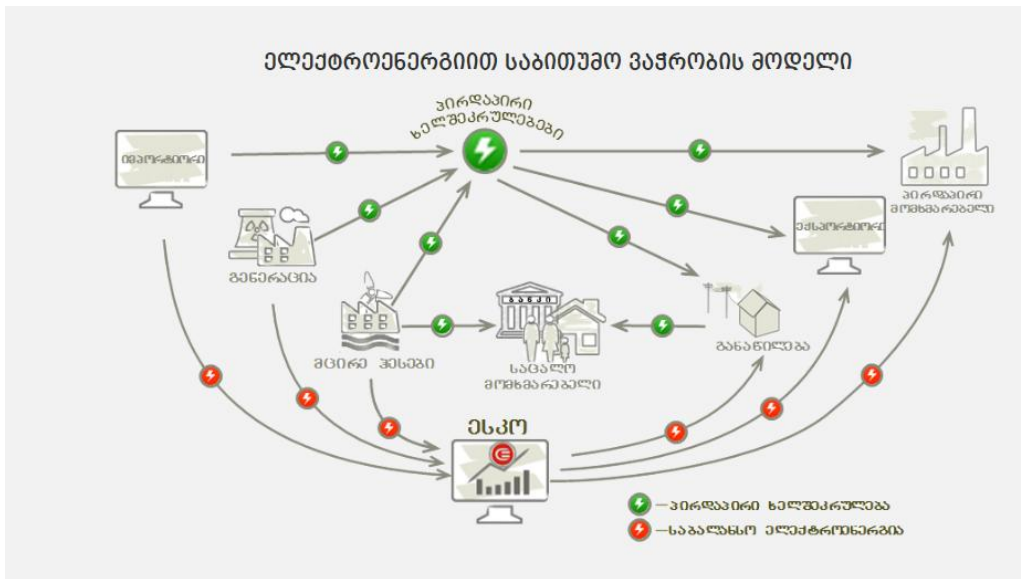
1. იური ანანიაშვილი. ეკონომეტრიკა. თბილისი, მერიდიანი, 2012.
2. ღია ეკონომიკის მაკროეკონომიკა. ლექციების კურსი მაგისტრანტებისთვის. მაკროეკონომიკის კათედრა თსუ 2018 წ
3. ჯეფრი მ. ვულდრიჯი შესავალი ეკონომეტრიკაში 2016 მე-5 გამოცემა
4. Franz Wirl. Energiesparen 1973-1995: Eine Empirische Untersuchung fuer Oesterreich.
5. Oliver Heering, Prof.Dr. Katharina Morik. Preis- und Trendvorhersagen auf Energiemarktdaten. Dortmund, 4. September, Technische Universitaet Dortmund, 2009
6. Michael Ebert. Preisprognosen an europäischen Spotmärkten für Elektrizität. Universität Stuttgart, 27. Mai.2005
7. Centere for Energy Policy and Economics Swiss Federal Institutes of Tegnology. Kostenstruktur und Kosteneffizienz der Schweizer Wasserkraft. 1. Dezember 2014. Bundesamt fuer Energie BFE.
8. Dietmar Grichnik und Karin Vortmeyer. Ökonomische Analyse des Energiehandels am Beispiel der European Energy Exchange. Hagen, 2002.
9. Wolfgang Buchholz Jochen Habermann, Wolfgang Mauch, Thomas Staudacher. Die Zukunft der Energiemaerkte Oekonomische Analyse und Bewertung von Potenzialen Handlungsmoeglichkeiten. Muenchen, Ifo Institut, 2012.

## განოყენებული ინტერნეტრესურსები:

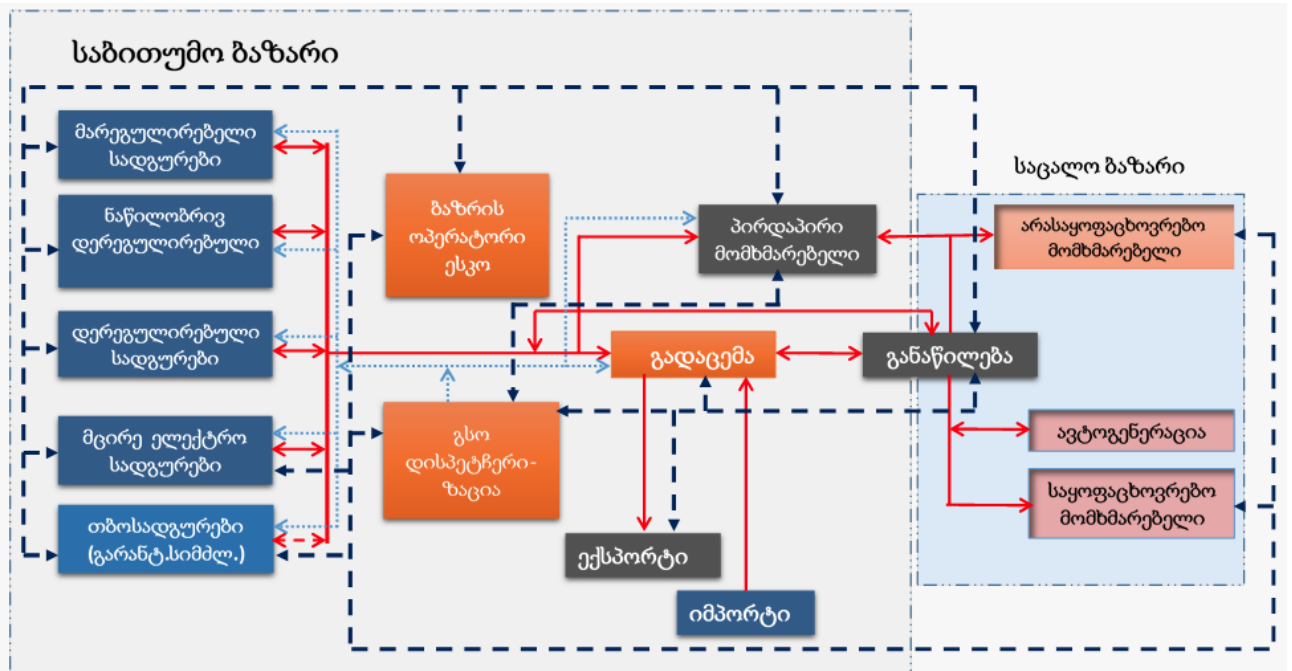
1. <http://www.energy.gov.ge/>
2. <http://www.gnerc.org/>
3. <http://www.energo-pro.ge/ka/>
4. <http://esco.ge/>
5. <http://www.telasi.ge/>
6. <http://www.gse.com.ge/chvens-shesakheb/ras-vsakmianobt>
7. <http://www.sakrusenergo.ge/new/>

8. [http://energotrans.com.ge/?page\\_id=65](http://energotrans.com.ge/?page_id=65)
9. <https://www.uibk.ac.at/econometrics/einf/01p.pdf>
10. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/report\\_ecofys2016.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/report_ecofys2016.pdf)
11. <https://d-nb.info/1046833626/34>

# დანართი



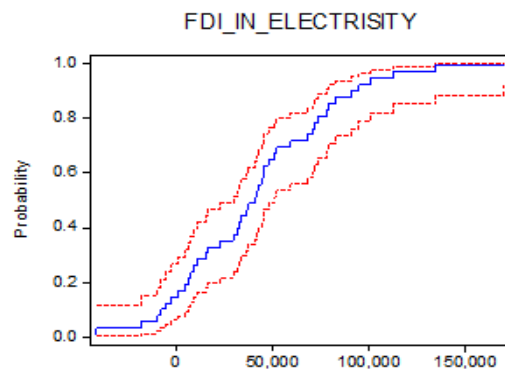
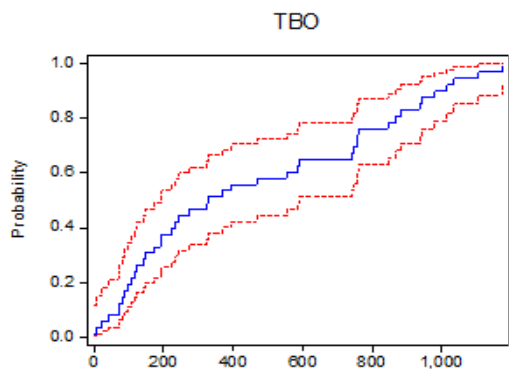
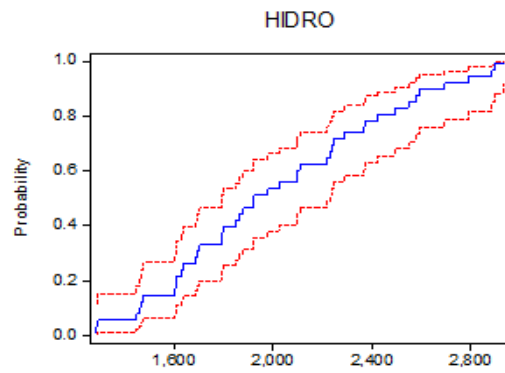
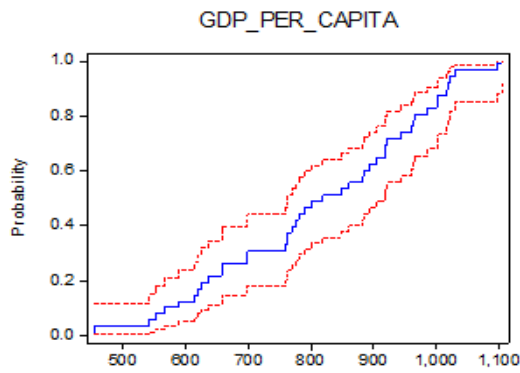
ელექტროენერგის ბაზრის სტრუქტურა

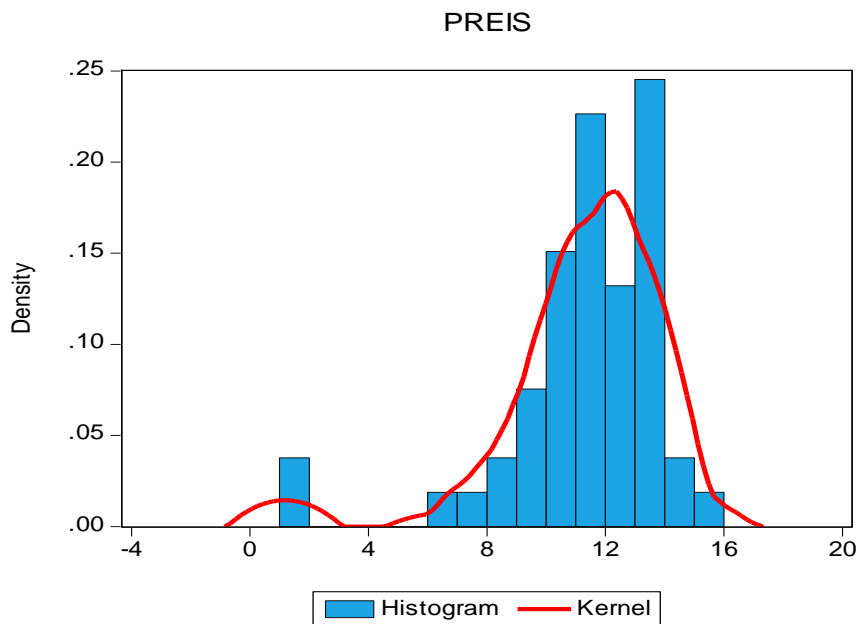


შერჩევამი გამოყენებული მონაცემები

დასახელება	საკუთრების ფორმა	დადგმული სიმძლავრე ( მგვტ )	მხარე
ენგურჰესი	სახელმწიფო	1300	აფხაზეთი
ვარდნილჰესი I	სახელმწიფო	220	აფხაზეთი
ვარდნილჰესი I II III IV	სახელმწიფო	120	აფხაზეთი
აწჰესი	კერძო	16	ბათუმის მუნიციპალიტეტი
ზაჰესი	კერძო	36,8	თბილისი
ორთაჭალაჰესი	კერძო	18	თბილისი
შაორჰესი	კერძო	38,4	ტყიბულის მუნიციპალიტეტი
ჟინვალჰესი	კერძო	130	დაბა ჟინვალი
ბჟუჟაჰესი	კერძო	12,2	ოზურგეთის მუნიციპალიტეტი
მევრულჰესი	კერძო	80	თერჯოლის მუნიციპალიტეტი
ვარციხეჰესი 1,2,3	კერძო	80	თერჯოლის

და 4			მუნიციპალიტეტი
გუმათჰესი 1 და 2	კერძო	66,8	წყალტუბოს მუნიციპალიტეტი
ხრამჰესი 2	კერძო	110	წალკის მუნიციპალიტეტი
ბახვიჰესი 3	კერძო	10	ოზურგეთის მუნიციპალიტეტი
საცხენისჰესი	კერძო	14	გარდაბნის მუნიციპალიტეტი
ჩითახევჰესი	კერძო	21	ბორჯომის მუნიციპალიტეტი

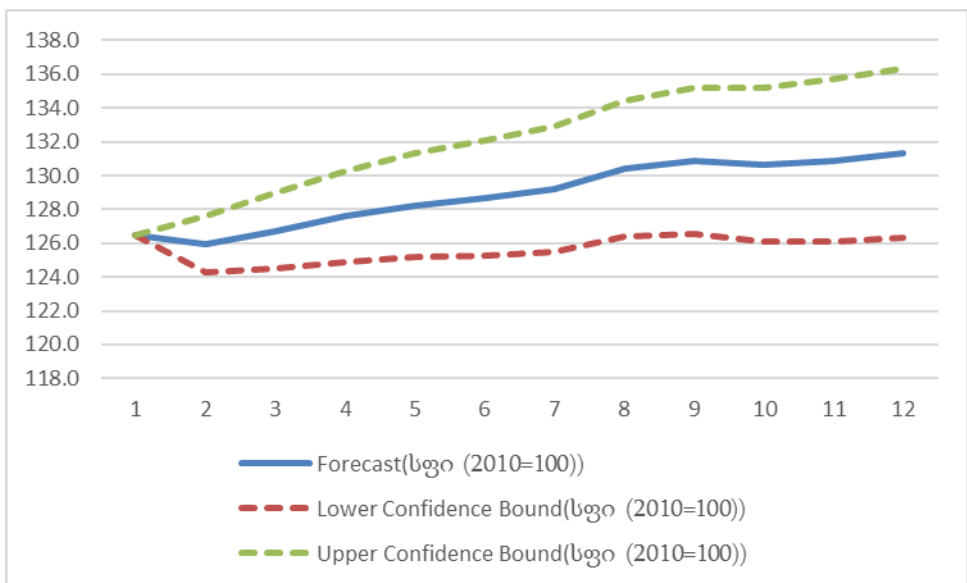




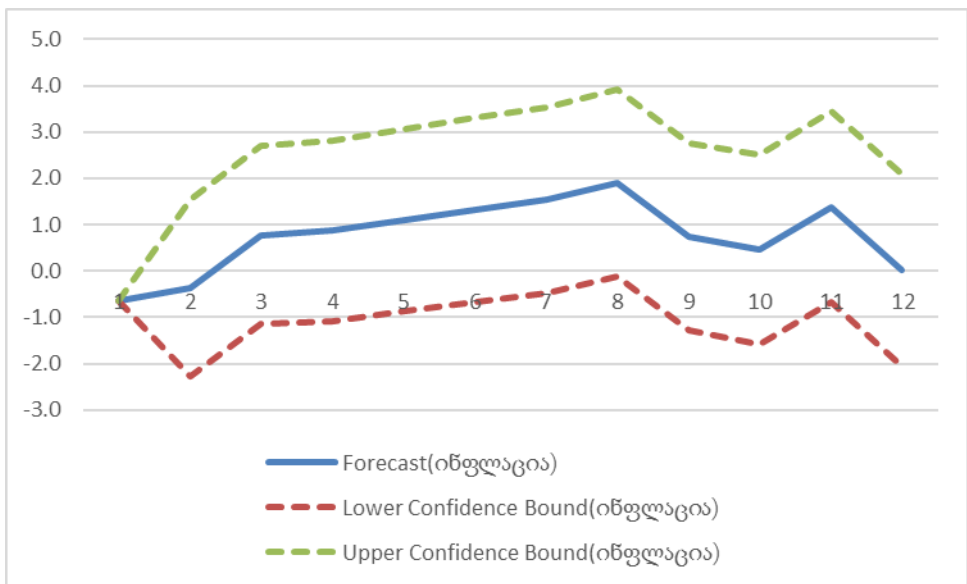
Forecast(სფი (2010=100))	Lower Confidence Bound(სფი (2010=100))	Upper Confidence Bound(სფი (2010=100))
126.4	126.4	126.4
125.9	124.3	127.6
126.7	124.5	128.9
127.6	124.9	130.3
128.2	125.2	131.3
128.7	125.3	132.1
129.2	125.5	132.9
130.4	126.4	134.4
130.9	126.6	135.2
130.7	126.1	135.2
130.9	126.1	135.7
131.3	126.3	136.4

Forecast(ინფლაცია)	Lower Confidence Bound(ინფლაცია)	Upper Confidence Bound(ინფლაცია)
-0.6	-0.6	-0.6
-0.4	-2.3	1.6
0.8	-1.2	2.7
0.9	-1.1	2.8
1.1	-0.9	3.1
1.3	-0.7	3.3
1.5	-0.5	3.5

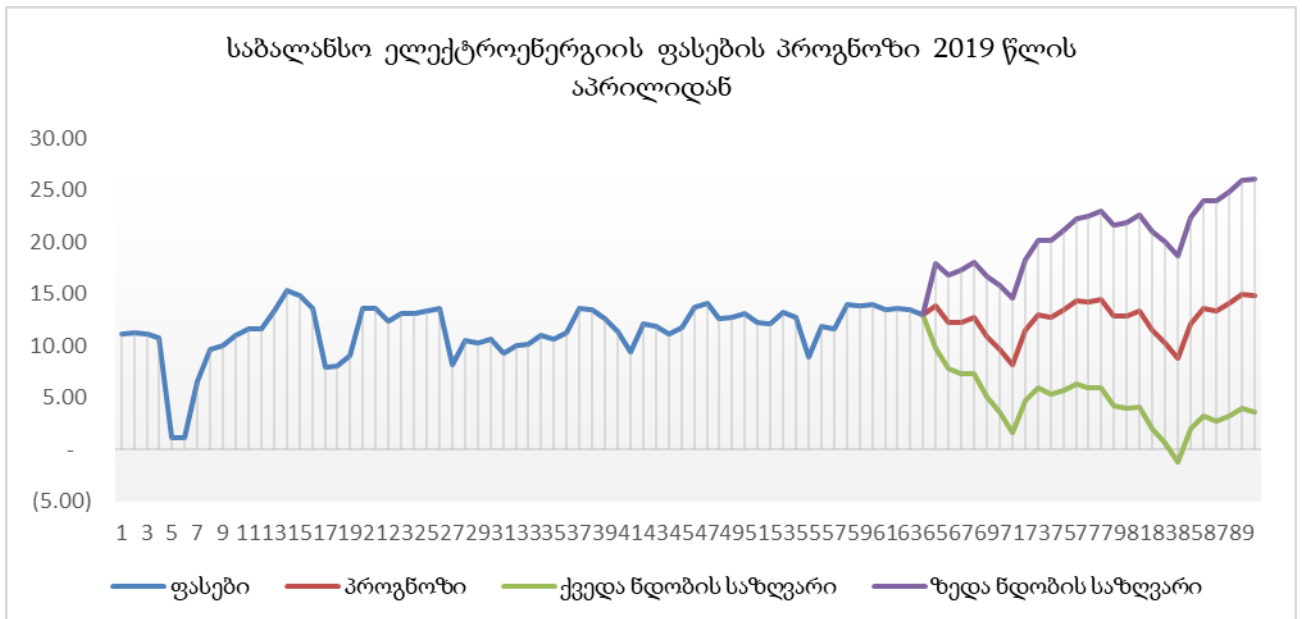
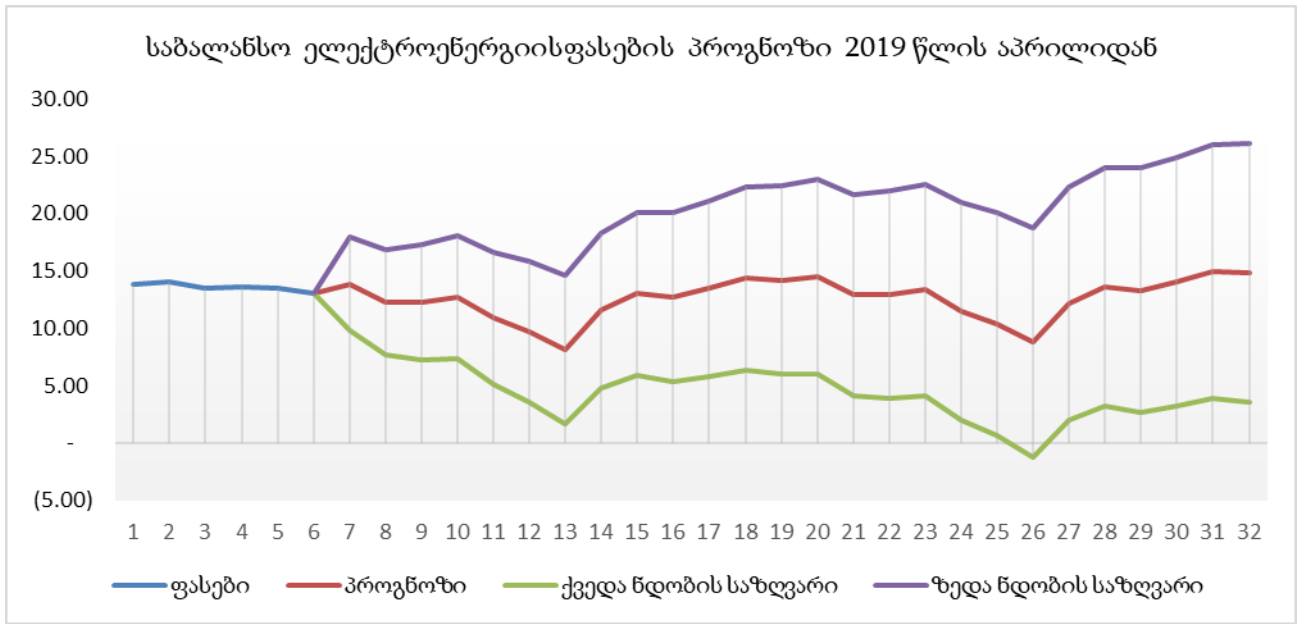
1.9	-0.1	3.9
0.7	-1.3	2.8
0.5	-1.6	2.5
1.4	-0.7	3.4
0.0	-2.0	2.1



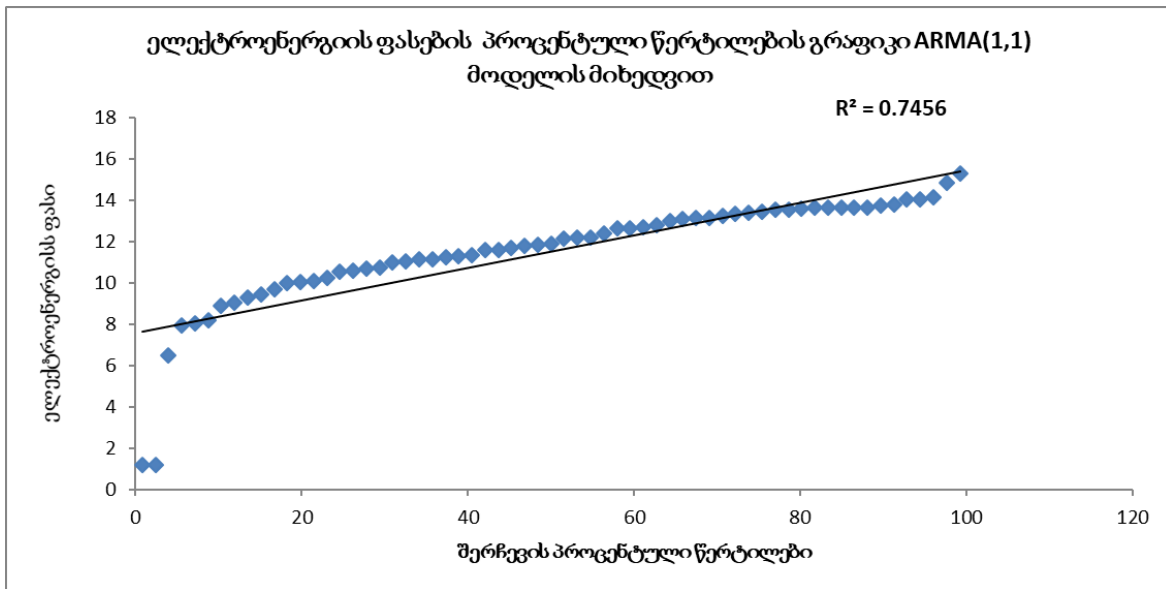
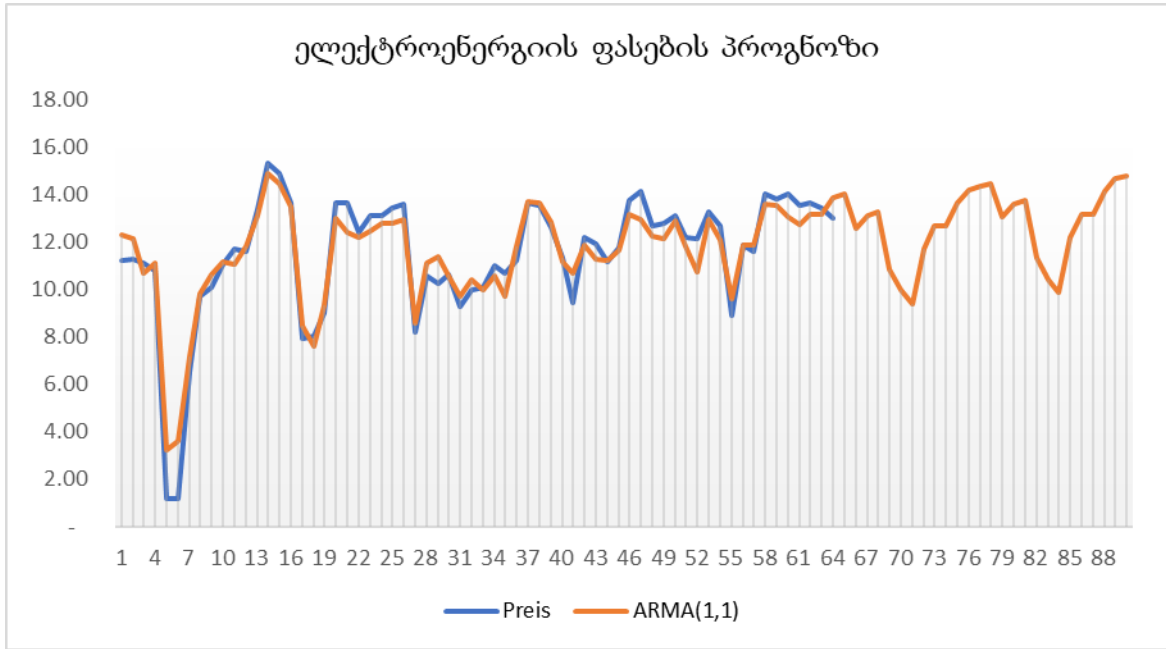
გრაფიკი:1.5

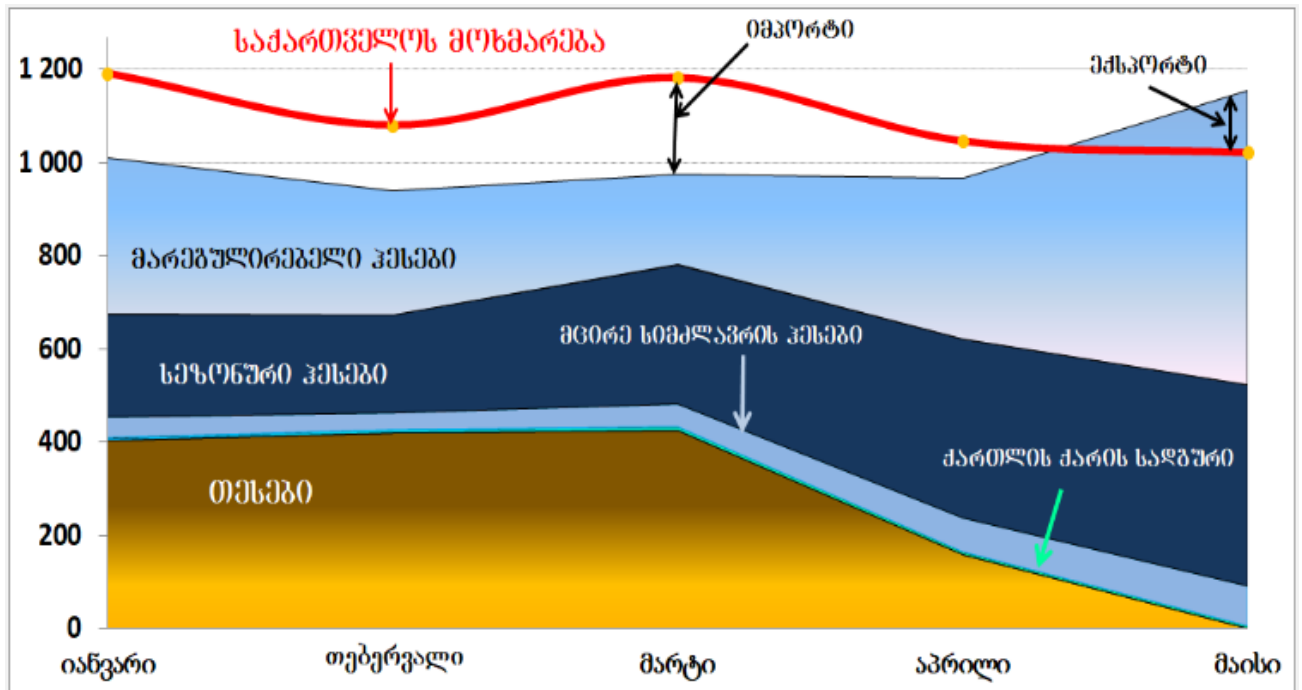
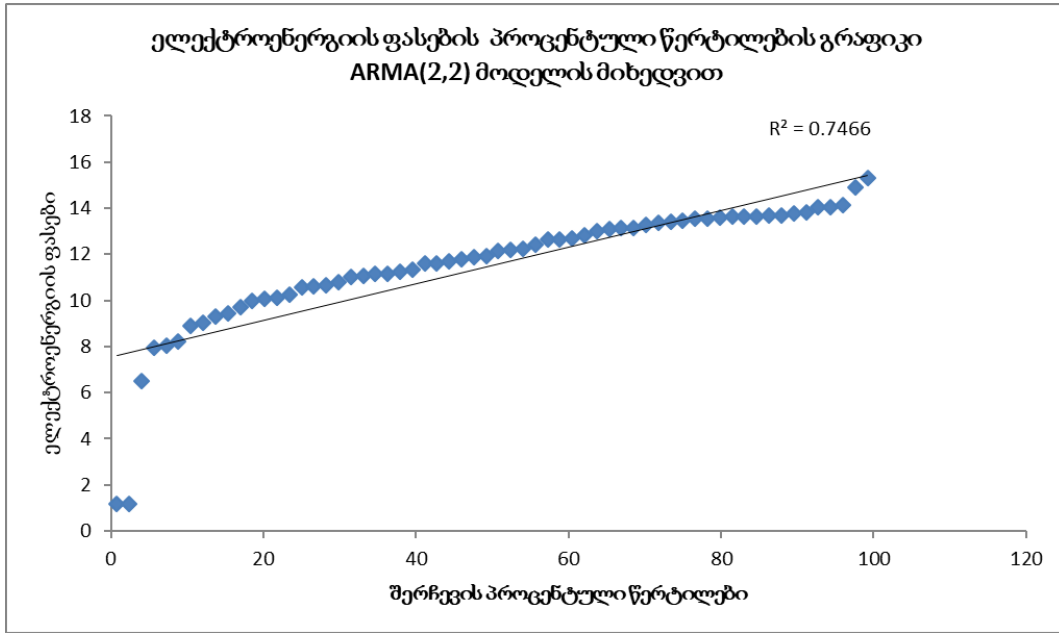


გრაფიკი: 1.6

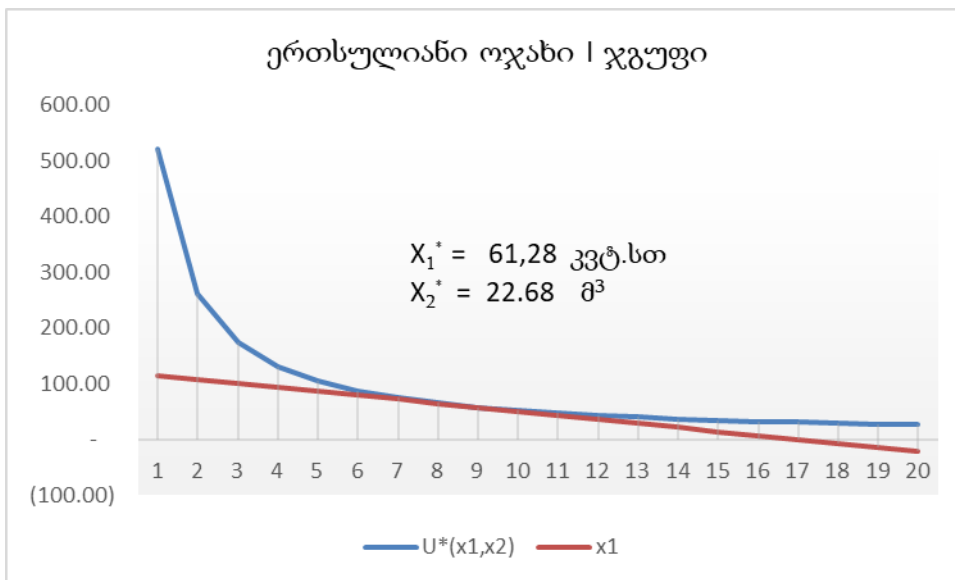
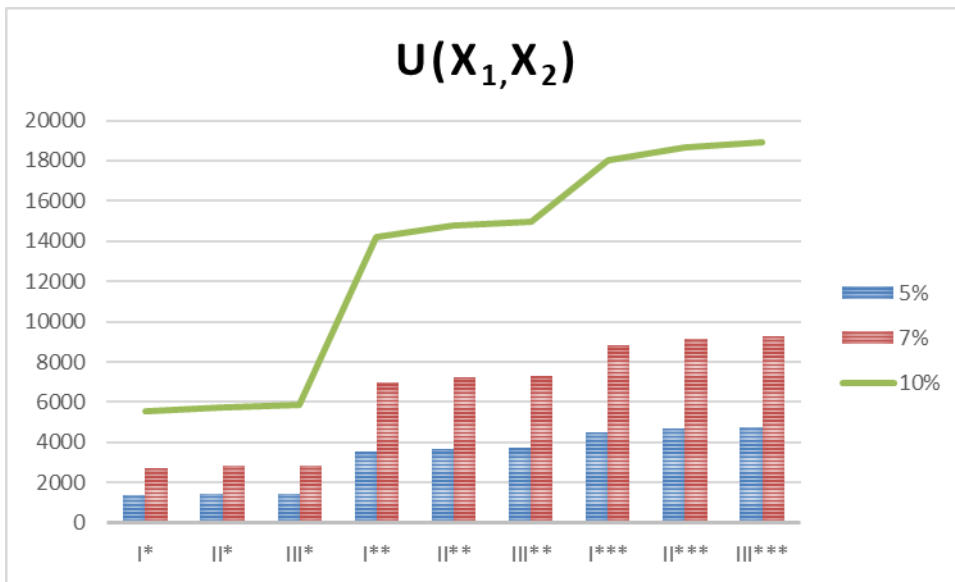


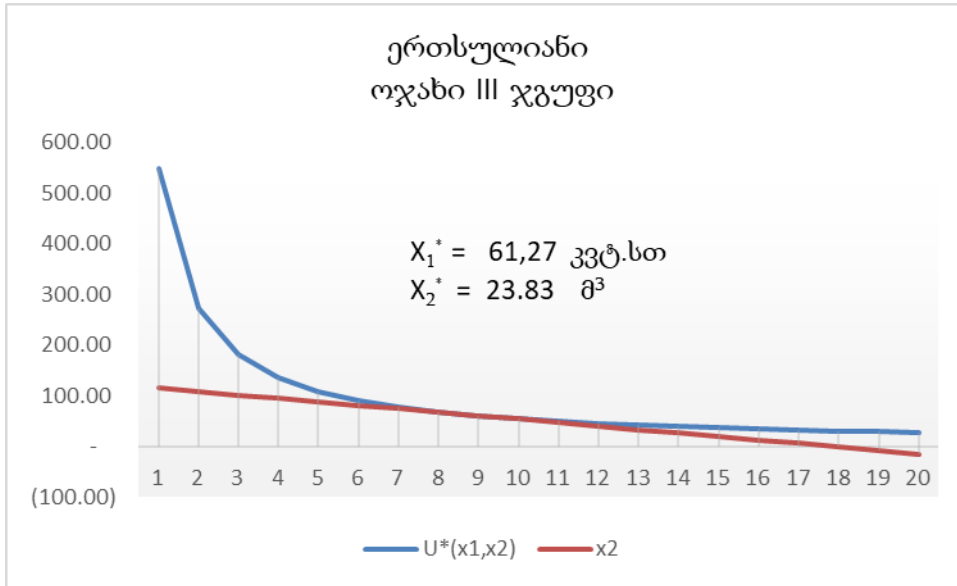
ARMA(1,1) მოდელის შედეგები:





წყარო: <https://esco.ge/ka/energobalansi/by-year-1>





შემოსავალი	ერთსულიანი			ორსულიანი			სამსულიანი		
	I <sup>30*</sup>	II*	III*	I**	II**	III**	I***	II***	III***
5%	1,389.9 6	1,440. 6	1,459.9 3	3,558.3	3,687.7	3,737.4	4,503.5	4,667.4	4,730.2
7%	2,724.3 2	2,823. 5	2,861.5	6,974.3	7,228.2	7,325.3	8,826.8	9,148.2	9,271.1
10%	5,559.8 4	5,762. 2	5,839.7	14,233. 2	14,751. 5	14,949. 7	18,013. 9	18,669. 9	18,920. 7

<sup>30</sup> ბუნებრივი გაზის საყოფაცხოვრებო მომხმარებელთა ჯგუფი. წყარო: [www.geostat.ge](http://www.geostat.ge)

### **ტერმინების განმარტებანი<sup>31</sup>:**

**პირდაპირი მომხმარებელი** – პირი, რომელიც ელექტროენერგიას (სიმძლავრეს) იღებს წარმოების, გადაცემის ან განაწილების ლიცენზიატის კუთვნილი ქსელიდან ელექტროენერგიის (სიმძლავრის) ბაზრის წესებით დადგენილი პირობების დაკმაყოფილების შემთხვევაში, ხოლო ბუნებრივ გაზს – ტრანსპორტირების სისტემიდან, და რომელიც არ არის განაწილების ლიცენზიატი.

**მცირე სიმძლავრის ელექტროსადგური** – ელექტროსადგური, რომლის საპროექტო სიმძლავრე არ აღემატება 13 მეგავატს. ამასთანავე, ამ ტერმინით, კონტექსტიდან გამომდინარე, აღინიშნება პირი, რომელიც ფლობს და ექსპლუატაციას უწევს აღნიშნულ ელექტროსადგურს;

**საცალო მომხმარებელი** – პირი, რომელიც ელექტროენერგიას (სიმძლავრეს) იღებს წარმოების, გადაცემის ან განაწილების ქსელიდან, ხოლო ბუნებრივ გაზს – განაწილების ლიცენზიატის ქსელიდან, მოიხმარს მხოლოდ საკუთარი საჭიროებისათვის და არ არის პირდაპირი მომხმარებელი.

**მომხმარებელი** – პირდაპირი მომხმარებელი ან საცალო მომხმარებელი, აგრეთვე პირი, რომელიც წყალმომარაგების სისტემიდან მოიხმარს სასმელ წყალს მხოლოდ საკუთარი საჭიროებისათვის;

**პირდაპირი ხელშეკრულება** – ელექტროენერგიის შესყიდვის შესახებ ორმხრივი ხელშეკრულება ელექტროენერგიის საბითუმო მყიდველსა და გამყიდველს (კვალიფიციურ საწარმოებს) შორის, რომლის მიხედვით განისაზღვრება შესასყიდი ელექტროენერგიისა და სიმძლავრის რაოდენობა, ფასი, ვადა, პირობები და ხარისხობრივი მაჩვენებლები და რომელიც სათანადო წესით რეგისტრირებულია დისპეტჩერიზაციის ლიცენზიატის მიერ;

---

<sup>31</sup> წყარო: საქართველოს კანონი ელექტროენერგეტიკის და ბუნებრივი გაზის შესახებ

**საბალანსო ელექტროენერგია** – კვალიფიციური საწარმოების მიერ შესყიდული ან/და გაყიდული ელექტროენერგია (სიმძლავრე), რომლითაც ხდება მყიდველთა და გამყიდველთა ფაქტობრივი საჭიროების დაკმაყოფილება, მათ შორის, პირდაპირი ხელშეკრულებებით გათვალისწინებული ელექტროენერგიის სახელშეკრულებო მოცულობების დაბალანსება.

**გარანტირებული სიმძლავრე** – გარანტირებული სიმძლავრის წყაროების მიერ უზრუნველყოფილი სიმძლავრე, რომელიც ემსახურება ქვეყნის ერთიანი ელექტროენერგეტიკული სისტემის მდგრადობას, უსაფრთხო და საიმედო ფუნქციონირებას და რომლის ოდენობასაც თითოეული გარანტირებული სიმძლავრის წყაროსთვის განსაზღვრავს საქართველოს მთავრობა.

**კვალიფიციური საწარმო** – წარმოებისა და განაწილების ლიცენზიატები, პირდაპირი მომხმარებელი, იმპორტიორი, ექსპორტიორი, ელექტროენერგეტიკული ბაზრის ოპერატორი, მცირე სიმძლავრის ელექტროსადგური, რომლებიც ამ კანონისა და „ელექტროენერგიის (სიმძლავრის) ბაზრის წესების“ შესაბამისად, უფლებამოსილი არიან, მონაწილეობა მიიღონ ელექტროენერგიით (სიმძლავრით) საბითუმო ვაჭრობაში.

**ელექტროენერგეტიკული ბაზრის ოპერატორი** – სააქციო საზოგადოება „ელექტროენერგეტიკული სისტემის კომერციული ოპერატორი“ ან მისი უფლებამონაცვლე, რომელიც კვალიფიციური საწარმოების მოთხოვნათა დაკმაყოფილების (დაბალანსების) მიზნით ყიდულობს და ყიდის საბალანსო ელექტროენერგიასა და გარანტირებულ სიმძლავრეს, აგრეთვე ასრულებს ამ კანონით გათვალისწინებულ ფუნქციებს საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილი წესით.

**მიკროსიმძლავრის ელექტროსადგური** – საცალო მომხმარებლის მფლობელობაში არსებული განახლებადი ენერგიის წყარო, რომელიც მიერთებულია ელექტროენერგიის გამანაწილებელ ქსელთან საცალო მომხმარებლის მიერ ელექტროენერგიის მოხმარების ადგილას და რომლის სიმძლავრე არ აღემატება 100 კილოვატს.