

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

სალომე ჯანელიძე

ელექტროენერჯის მწარმოებელ-მომხმარებელთა შორის ვაჭრობის

ეფექტიანი რეგულირება და განვითარების პერსპექტივები

საქართველოში

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა: „ენერჯეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი: 0713

თბილისი

2025 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში  
ენერგეტიკის ფაკულტეტი  
ელექტროენერგეტიკისა და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი მ. ლომსაძე-კუჭავა

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2025 წლის "-----" "-----" "-----" საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტის  
სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი VIII,  
სხდომათა დარბაზი.

მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

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

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი,  
პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

უკანასკნელ წლებში, მსოფლიოს დღის წესრიგში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებულ რისკებსა და მათი შემცირებისთვის აუცილებელ ღონისძიებებს. მსოფლიოს ქვეყნების მიერ პარიზის შეთანხმებით აღებული ვალდებულება 2050 წლისთვის წმინდა ნულოვანი ემისიების მიღწევის თაობაზე, მნიშვნელოვნად ცვლის ენერგეტიკის სექტორის მომავალს და ხაზს უსვამს დეცენტრალიზაციის, დიგიტალიზაციისა და დეკარბონიზაციის აუცილებლობას. შედეგად, განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანი ხდება ენერგეტიკის დარგის გარდაქმნა, მათ შორის, სუფთა ენერჯის, ენერჯის დაზოგვის საშუალებებისა და ელექტროენერჯის განაწილებული წარმოების წახალისება. ამ ტრანსფორმაციის ერთ-ერთი გამოვლინებაა ელექტროენერჯის მწარმოებელ-მომხმარებელთა (პროსუმერებს) შორის თანასწორთა (peer-to-peer, P2P) ვაჭრობა.

ტრადიციულად, ელექტროენერჯის მიწოდება წარმოადგენდა ცალმხრივ პროცესს - საწარმოები გამოიმუშავებდნენ ან/და ყიდულობდნენ ელექტროენერჯიას, რომელსაც შემდგომში აწვდიდნენ საბოლოო მომხმარებლებს ფიქსირებულ ფასად. ტექნოლოგიების განვითარებასა და ენერგეტიკული ტრანზიციის აუცილებლობასთან ერთად, იცვლება აღნიშნული მოდელი და პროსუმერებს უჩნდებათ შესაძლებლობა, ელექტროენერჯის მოხმარებასთან ერთად, თავადაც გაყიდონ გამომუშავებული ელექტროენერჯია. უმეტეს შემთხვევაში, პროსუმერები ელექტროენერჯიას აწარმოებენ მზის ფოტოვოლტური პანელების მეშვეობით და ჭარბი ელექტროენერჯის რეალიზაციას ახდენენ P2P ვაჭრობის მეშვეობით, რომელიც, როგორც წესი, ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის მეშვეობით იმართება. ელექტროენერჯის შემნახველი ბატარეების ხელმისაწვდომობის შემთხვევაში, მწარმოებელ-მომხმარებლებს ასევე შეუძლიათ ენერჯის დაგროვება და შემდგომ გაყიდვა უფრო მაღალ ფასად. ელექტროენერჯის ლოკალურ ბაზრებში მონაწილეობით, მწარმოებელ-მომხმარებლები იღებენ ეკონომიკურ სარგებელს, ამცირებენ ელექტროენერჯის ხარჯებს და ქმნიან შემოსავლების ახალი ნაკადები. ამასთანავე,

ელექტროენერჯის ლოკალური ბაზრები ხელს უწყობს საზოგადოების ჩართულობას და ინვესტიციებს ადგილობრივ ენერგეტიკულ სისტემებში.

2022 წლის 24 თებერვალს დაწყებულმა რუსულმა სამხედრო აგრესიამ უკრაინის წინააღმდეგ უდიდესი გავლენა მოახდინა მსოფლიოს ენერგეტიკულ წყობაზე და კიდევ უფრო დააჩქარა წიაღისეული საწვავების განახლებადი ენერჯით ჩანაცვლების პროცესი. ევროპის კომისიამ დაჩქარებული წესით შეიმუშავა ახალი სტრატეგია REPowerEU, რომლის ერთ-ერთი მთავარი მიზანია, განახლებადი ენერჯის ხელშეწყობა და რუსეთზე ენერგეტიკული დამოკიდებულების შემცირება. აღნიშნული დოკუმენტით გათვალისწინებულია სახლის მზიანი სახურავების ევროპული ინიციატივა, რომლის თანახმად, სახურავებზე მზის ინფრასტრუქტურა სავალდებულო უნდა გახდეს კომერციული და საჯარო შენობებისთვის. ამგვარი ინიციატივები ხელს შეუწყობს მწარმოებელ-მომხმარებლებს შორის ელექტროენერჯით ვაჭრობას, რაც ასევე უზრუნველყოფილი უნდა იყოს სათანადო საკანონმდებლო გარემოთი.

ენერჯის წარმოების, ყიდვა-გაყიდვისა და მოხმარების ტრადიციული მოდელის ცვლილების იდეა ასევე მნიშვნელოვნად განაპირობა ენერგეტიკული სისტემების დიგიტალიზაციამ და განაწილებული წარმოების - გამანაწილებელ ქსელთან მიერთებული, განახლებად ენერჯიებზე მომუშავე ელექტროენერჯის მწარმოებლების - გავრცელებამ. მომხმარებლების მიერ საკუთარი ელექტროენერჯის წარმოებისა და შენახვის მოწყობილობების დამონტაჟება, ე.წ. „ჰკვიან“ მრიცხველებთან ერთად, ხელს უწყობს მომხმარებლების აქტიურ მწარმოებელ-მომხმარებლებად გადაქცევას. ბლოკჩეინის ტექნოლოგიის გაჩენამ კიდევ უფრო შეუწყო ხელი ინოვაციებს ენერგეტიკის სექტორში და შექმნა შესაძლებლობა, მომხმარებლებს შორის ელექტროენერჯით ვაჭრობისა და ლოკალური ელექტროენერგეტიკული ბაზრების განვითარებისთვის. გარდა ამისა, ბლოკჩეინის ტექნოლოგიაზე მომუშავე მიკროქსელების კონცეფცია საშუალებას იძლევა, ცენტრალიზებული ენერგეტიკული სისტემები ჩანაცვლდეს დეცენტრალიზებულით, რაც ხელს შეუწყობს განახლებადი ენერჯის ათვისებას და გააძლიერებს მომხმარებლებს მათთვის მეტი არჩევანისა და გადაწყვეტილების მიღების საშუალების მიცემით.

რამდენიმე წელია, ბლოკჩეინ-ტექნოლოგია იქცა სხვადასხვა დარგისა და სექტორის, მათ შორის, აკადემიის წარმომადგენელთა შორის განხილვის საგნად. თავისი შინაარსით, ბლოკჩეინი წარმოადგენს ტექნოლოგიას, რომელიც ინახავს მონაცემებს მომხმარებლებს შორის განაწილებულ დავთარში და საშუალებას აძლევს მომხმარებლებს, განახორციელონ ერთმანეთს შორის ტრანზაქციები კონსენსუსის მეშვეობით. ტექნოლოგია იყენებს მათემატიკურ ალგორითმებსა და კრიპტოგრაფიულ პროტოკოლებს და მისი ძირითადი უპირატესობაა ბლოკის სახით შენახული ტრანზაქციის შემდგომი ცვლილების პრაქტიკული შეუძლებლობა.

მიუხედავად იმისა, რომ ბლოკჩეინები თავდაპირველად უპირატესად კრიპტოვალუტის წარმოებისთვის („მაინინგისთვის“) გამოიყენებოდა, ტექნოლოგიის გამოყენება შესაძლებელია არაერთი სხვა მიმართულებითაც. ბლოკჩეინ-ტექნოლოგია ენერგეტიკის სექტორში განსაკუთრებულად საყურადღებოა განახლებადი ენერჯის წახალისებისა და მწარმოებელ-მომხმარებელთა შორის ვაჭრობის კუთხით. ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის ათვისებით დაინტერესებული არიან სახელმწიფოები, საერთაშორისო ორგანიზაციები და კერძო პირები. აღნიშნულ ტექნოლოგიას აქვს პოტენციალი, გარდაქმნას არაერთი დარგი, მათ შორის, ენერგეტიკის. ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის ფართოდ ათვისების შემთხვევაში, შესაძლებელია როგორც არსებული ბიზნეს-პროცესების მნიშვნელოვნად გაუმჯობესება, ისე - ახალი ტიპის საქმიანობებისა და ურთიერთობების განვითარება. მიუხედავად აღნიშნული ტექნოლოგიის პოპულარობისა, მისი გამოყენება ენერგეტიკის სექტორში დიდწილად შემოიფარგლება საპილოტე პროგრამებით, ხოლო მისი მარეგულირებელი ჩარჩო განვითარების ადრეულ ეტაპებზეა.

ელექტროენერჯის მიკროწარმოების წახალისების საქართველოში დღეს არსებული ერთადერთი სქემა, ნეტო აღრიცხვა, მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს, ენერჯის განახლებადი წყაროს გამოყენებით გამოიმუშაონ ელექტროენერჯია პირადი მოხმარებისთვის, ჭარბი ელექტროენერჯია კი ქსელს მიაწოდონ. ნეტო აღრიცხვის სისტემა წარმოადგენს არამდგრად პოლიტიკას გრძელვადიან ჭრილში, ვინაიდან იგი ხელს უშლის მწარმოებელ-

მომხმარებლებისთვის სწორი საბაზრო და სასისტემო სიგნალების მიწოდებას. ამასთან, აღნიშნული სისტემა თავის თავში გულისხმობს მომხმარებელთა ჯგუფებს შორის ჯვარედინ სუბსიდირებას და იგი არ არის თავსებადი ე.წ. მეოთხე ენერგეტიკული პაკეტის მოთხოვნებთან, რომელთა ტრანსპოზიციის ვალდებულებაც აქვს საქართველოს. ამ ფონზე, აუცილებელია ახალი მექანიზმების შემუშავება, რომლებიც ეფექტურად წაახალისებს თვითმწარმოებლებს. P2P ვაჭრობის მოდელის გამოყენება ამ მიზნითაც არის შესაძლებელი.

წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომი განიხილავს ჰიპოთეტურ პროექტს დუშეთის მუნიციპალიტეტში, ბაზალეთის ტბის მიმდებარე დასახლებაში, რომლის მიზანია ადგილობრივი P2P ენერგეტიკული ბაზრის ჩამოყალიბება. პროექტი ითვალისწინებს განახლებადი ენერჯის, კერძოდ, მზის, ქარისა და ბიომასის პოტენციალის გამოყენებით, ელექტროენერჯის ლოკალურად წარმოებასა და მწარმოებელ-მომხმარებლებს შორის უშუალო ვაჭრობას. დეცენტრალიზებული ენერჯის წარმოების, შენახვისა და განაწილების ინტეგრაციის გზით, პროექტი იძლევა მოდელს წიაღისეულ საწვავზე დამოკიდებულების შესამცირებლად და რეგიონული ენერგეტიკული მდგრადობის გასაძლიერებლად.

პროექტის მიზანია, ხელი შეუწყოს განახლებადი ენერჯის ათვისებას, შეამციროს ელექტროენერჯის გადაცემის დანაკარგები და გააძლიეროს ადგილობრივი ეკონომიკას მწარმოებელ-მომხმარებლებისთვის ახალი ფინანსური სტიმულების შექმნით. გარდა ამისა, თვითკმარი მიკროქსელის შექმნით, ბაზალეთის პროექტის მიზანია, შეიქმნას მასშტაბირებადი მოდელი საქართველოში დეცენტრალიზებული ენერგეტიკული გადაწყვეტილებებისთვის.

**კვლევის აქტუალობა და პრაქტიკული მნიშვნელობა.** წინამდებარე ნაშრომი იკვლევს მიკროქსელებისა და ბლოკჩეინ ტექნოლოგიის გამოყენების შესაძლებლობებს მწარმოებელ-მომხმარებლებს შორის ადგილობრივი ელექტროენერჯის ბაზრების ორგანიზებისათვის, მათ შორის P2P ვაჭრობის მოდელის დანერგვის გზით. ამასთან, ნაშრომი განიხილავს ამ კონცეფციის განხორციელების პერსპექტივას საქართველოში, კერძოდ, ლოკალური P2P ენერგეტიკული ბაზრის განვითარების შესაძლებლობას.

ენერგეტიკული სისტემების ტრანსფორმაცია გლობალური დეკარბონიზაციის კონტექსტში წარმოადგენს თანამედროვე მსოფლიოს ერთ-ერთ ფუნდამენტურ გამოწვევას. წიაღისეული საწვავიდან განახლებად ენერჯის წყაროებზე ტრანზიცია მანიფესტირდება, როგორც ტექნოლოგიური პარადიგმის ცვლილება, რომელიც მოითხოვს ენერგეტიკული სისტემების ფუნდამენტურ რეკონფიგურაციას.

ციფრული ტრანსფორმაცია ენერგეტიკის სექტორში ქმნის პრეცედენტს ინოვაციური ბიზნეს-მოდელებისა და სავაჭრო მექანიზმების იმპლემენტაციისთვის. ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის ინტეგრაცია ამ კონტექსტში წარმოადგენს კატალიზატორს, რომელიც დააჩქარებს დეცენტრალიზებული ენერგეტიკული სისტემების ევოლუციას. ტექნოლოგიის უნიკალური მახასიათებლები - დეცენტრალიზაცია, გამჭვირვალობა და კონსენსუსის მექანიზმები - უზრუნველყოფს P2P ენერგეტიკული ტრანზაქციების ეფექტიან იმპლემენტაციას.

აღნიშნული ტრანსფორმაციის პრაქტიკული მნიშვნელობა მანიფესტირდება მულტიპლიკაციური ეფექტებით:

1. ენერგეტიკული სისტემის მდგრადობის ინკრემენტული ზრდა დეცენტრალიზებული არქიტექტურის იმპლემენტაციით;
2. ოპერაციული ეფექტიანობის ოპტიმიზაცია ავტომატიზებული „ჭკვიანი“ კონტრაქტების საშუალებით;
3. განახლებადი ენერჯის წყაროების ინტეგრაციის ხელშეწყობა დინამიკური ბალანსირების მექანიზმების გამოყენებით;
4. ენერგეტიკული დემოკრატიზაცია პროსუმერების აქტიური ჩართულობით ენერგეტიკულ ბაზარზე;
5. ეკოლოგიური მდგრადობის უზრუნველყოფა ნახშირბადის ემისიების შემცირებით.

გლობალური ენერგეტიკული ტრანზიციის კონტექსტში, საქართველოს ენერგეტიკული სექტორის მოდერნიზაცია წარმოადგენს სტრატეგიულ იმპერატივს. ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის იმპლემენტაცია ქმნის უნიკალურ

შესაძლებლობას ენერგეტიკული ბაზრის ეფექტიანობის ოპტიმიზაციისთვის და განახლებადი ენერჯის წყაროების აქსელერირებული ინტეგრაციისთვის.

ინოვაციური ტექნოლოგიების სინერგიული ეფექტი - ბლოკჩეინი, „ჭკვიანი“ კონტრაქტები, IoT სენსორები - ქმნის პლატფორმას ენერგეტიკული სექტორის ციფრული ტრანსფორმაციისთვის. აღნიშნული ტრანსფორმაცია ხელს უწყობს:

- ენერგეტიკული ბაზრის ლიბერალიზაციას;
- კონკურენტული გარემოს ფორმირებას;
- ინოვაციური სერვისების განვითარებას;
- ენერგოეფექტურობის ზრდას;
- ინვესტიციების მოზიდვას განახლებადი ენერჯის პროექტებში.

**კვლევის აქტუალობა** აგრეთვე განპირობებულია ევროინტეგრაციის კონტექსტით, სადაც ენერგეტიკული სექტორის მოდერნიზაცია და მეტი განახლებადი ენერჯის ინტეგრაცია წარმოადგენს ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებას.

მიკროქსელებისა და ლოკალური ენერგეტიკული სავაჭრო მოდელების შესწავლა ხელს უწყობს ენერგეტიკული პოლიტიკისა და რეგულირების შესახებ დისკუსიის განვითარებას. ეს კვლევა უზრუნველყოფს ბაზისს, რათა პრაქტიკულად შემოწმდეს, შეფასდეს და დაიხვეწოს ენერგეტიკის სექტორის რეგულირების ის ჩარჩო, რომელიც მიზნად ისახავს დეცენტრალიზებული ენერგეტიკული სისტემების განვითარებას და მდგრადი, ეკონომიკურად სასარგებლო და ეკოლოგიურად მდგრადი ენერგოსისტემის ჩამოყალიბებას საქართველოში.

შესაბამისად, წარმოდგენილი კვლევის აქტუალობა და პრაქტიკული მნიშვნელობა მანიფესტირდება როგორც გლობალურ, ისე ეროვნულ დონეზე, რაც განპირობებულია ენერგეტიკული ტრანზიციის იმპერატივით და ციფრული ტექნოლოგიების ტრანსფორმაციული პოტენციალით.

**კვლევის მიზანი და ამოცანები.** წინამდებარე კვლევის ფუნდამენტურ მიზანს წარმოადგენს თანასწორთა შორის (P2P) ელექტროენერგეტიკული ტრანზაქციების კონცეპტუალური პრინციპების, მათი დანერგვის პოტენციური შედეგების, იმპლემენტაციასთან დაკავშირებული გამოწვევებისა და პერსპექტივების



მულტიფაქტორული ანალიზი, აგრეთვე, აღნიშნული სავაჭრო მოდელის იმპლემენტაციის სტრატეგიული ჩარჩოს ფორმულირება.

**კვლევის სპეციფიკური მიზნები მოიცავს შემდეგ კომპონენტებს:**

ა) P2P ელექტროენერგეტიკული ტრანზაქციების მოდელების სტრუქტურული ელემენტებისა და ოპერაციული მექანიზმების სისტემური ანალიზი, ტექნოლოგიური ინფრასტრუქტურის როლის იდენტიფიცირება მათი ფუნქციონირების უზრუნველყოფაში; დამატებით, მოდელების ეფექტიანობის დეტერმინანტების კვანტიფიკაცია და ოპტიმიზაციის პოტენციალის შეფასება;

ბ) ენერგეტიკული დემოკრატიზაციისა და სისტემური მდგრადობის პერსპექტივიდან, P2P ვაჭრობის კატალიზატორი ფაქტორების იდენტიფიცირება და მათი სინერგიული ეფექტების ემპირიული ვერიფიკაცია; აგრეთვე, სოციო-ეკონომიკური და ეკოლოგიური სარგებლის შეფასება;

გ) დეცენტრალიზებული ენერგეტიკული ბაზრების არქიტექტურის ოპტიმიზაციისთვის, ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის ფუნქციონალური მახასიათებლებისა და მიკროქსელების კონცეპტუალური ჩარჩოს კომპლექსური ანალიზი; მათი ინტეგრაციის პოტენციური სინერგიების იდენტიფიცირება და ეფექტიანობის მეტრიკების განსაზღვრა;

დ) მწარმოებელ-მომხმარებლებს შორის P2P ელექტროენერგეტიკული ტრანზაქციების მოდელის საპილოტე პროექტის კონცეპტუალიზაცია და ბაზალეთის ტბის მიმდებარე ტერიტორიაზე მიკროქსელის იმპლემენტაციის ტექნიკურ-ეკონომიკური პოტენციალის მულტიკრიტერიული შეფასება; ინფრასტრუქტურული მოთხოვნების, ოპერაციული პარამეტრებისა და ეკონომიკური სიცოცხლისუნარიანობის განსაზღვრა;

ე) პოლიტიკისა და ბაზრის არქიტექტურის ოპტიმიზაციისკენ მიმართული რეკომენდაციების ფორმულირება, რომლებიც უზრუნველყოფს საქართველოში P2P ელექტროენერგეტიკული ტრანზაქციების ეფექტიან იმპლემენტაციას; მარეგულირებელი ჩარჩოს მოდიფიკაციის, ინსტიტუციური რეფორმებისა და ტექნოლოგიური ინფრასტრუქტურის განვითარების სტრატეგიული მიმართულებების იდენტიფიცირება.

დამატებით ამოცანებად შეიძლება განისაზღვროს:

- P2P ტრანზაქციების მონეტარული და არამონეტარული სარგებლის შეფასება;
- რისკების მენეჯმენტისა და მიტიგაციის სტრატეგიების იდენტიფიცირება;
- სოციალური მიმდებლობის განმსაზღვრელი გარემოებების ანალიზი და საზოგადოებრივი ცნობიერების ამაღლების მეთოდოლოგიური ჩარჩოს ფორმულირება.

**მეცნიერული სიახლე.** წინამდებარე კვლევის ეპისტემოლოგიური ინოვაციურობა გამოიხატება შემდეგი ფუნდამენტური კომპონენტების სინთეზით:

ა) P2P ენერგეტიკული ტრანზაქციების მოდელების კონცეპტუალიზაცია და ოპერაციონალიზაცია საქართველოს ენერგეტიკული სექტორის კონტექსტში;

ბ) ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიისა და მიკროქსელური სისტემების სინერგიული პოტენციალის დეტერმინაცია და ენერგეტიკული ტრანზაქციების ოპტიმიზაცია;

გ) დეცენტრალიზებული ენერგეტიკული ბაზრების არქიტექტურის ინოვაციური კონცეპტუალური ჩარჩოს ფორმულირება;

დ) ენერგეტიკული დემოკრატიზაციის განმსაზღვრელი ფაქტორების იდენტიფიკაცია და მათი კაუზალური მექანიზმების ანალიტიკური დეკომპოზიცია;

ე) მიკროქსელური სისტემების ტექნიკურ-ეკონომიკური პოტენციალის შეფასების მულტიკრიტერიული მეთოდოლოგიის შემუშავება.

კვლევის ფარგლებში განხორციელებული თეორიული და ემპირიული ანალიზი ავლენს შემდეგ ინოვაციურ ასპექტებს:

მიკროქსელური სისტემებისა და ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის სინთეზი უზრუნველყოფს ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების მულტიპარამეტრულ ოპტიმიზაციას დინამიკური ფასწარმოქმნის მექანიზმებისა და მოთხოვნაზე რეაგირების ადაპტიური პროგრამების განხორციელების გზით. აღნიშნული ოპტიმიზაციის პარადიგმა ხელს უწყობს ენერგოეფექტურობის ინკრემენტულ ზრდას, პიკური დატვირთვების მენეჯმენტის ეფექტიანობის ამაღლებასა და ქსელური ოპერაციების ოპტიმალურ კონფიგურაციას.

ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის გამოყენება ენერგეტიკულ სექტორში ემბრიონულ ეტაპზეა და ხასიათდება უმეტესად ექსპერიმენტული ბუნებით. საქართველოს

ენერგეტიკულ სექტორში აღნიშნული ტექნოლოგიის პერსპექტივების ფუნდამენტური კვლევის დეფიციტი აქცენტირებს წინამდებარე კვლევის ეპისტემოლოგიურ მნიშვნელობას.

კვლევის დამატებითი ინოვაციური კონტრიბუციები მოიცავს შემდეგს:

- P2P ენერგეტიკული ტრანზაქციების ავტომატიზებული კლირინგის მექანიზმების კონცეპტუალიზაცია „ჰვიანი“ კონტრაქტების ბაზაზე;
- ენერგეტიკული მედეგობის ინოვაციური მეტრიკების შემუშავება;
- მიკროქსელების ოპერაციული ოპტიმიზაციის ჩარჩოს ფორმულირება;
- დეცენტრალიზებული ენერგეტიკული სისტემების სოციო-ეკონომიკური იმპლიკაციების მულტიფაქტორული ანალიზის მოდელის შემუშავება;
- ბაზალეთის ტბის მიმდებარე ტერიტორიისთვის მიკროქსელისა და ლოკალიზებული ენერგეტიკული ბაზრის პილოტური მოდელის კონცეპტუალიზაცია.

ზემოაღნიშნული ინოვაციური ელემენტების სინთეზი ქმნის მყარ ეპისტემოლოგიურ ბაზისს დეცენტრალიზებული ენერგეტიკული სისტემების შემდგომი კვლევებისა და პრაქტიკული იმპლემენტაციისთვის საქართველოს კონტექსტში.

**კვლევის ძირითადი შედეგები და შედეგების გამოყენების სფერო.** წინამდებარე კვლევა წარმოადგენს მულტიდისციპლინურ ანალიზს, რომელიც ახდენს ენერგეტიკის, ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის, ეკონომიკისა და რეგულირების სფეროების ინტეგრირებას. კვლევის ეპისტემოლოგიური ბაზისი ეფუძნება სამ ფუნდამენტურ კომპონენტს:

### **1. კონცეპტუალური ჩარჩო**

- P2P ენერგეტიკული ტრანზაქციების მოდელების სისტემატიზაცია
- საქართველოს ენერგეტიკული სექტორის სპეციფიკის ინტეგრაცია
- მოდელების ოპერაციონალიზაციის მეთოდოლოგიური ასპექტები

### **2. ტექნოლოგიური სინერგია**

- ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიისა და მიკროქსელური სისტემების ინტეგრაცია
- ოპტიმიზაციის პოტენციალის ანალიზი
- ენერგეტიკული ტრანზაქციების ეფექტიანობის მაქსიმიზაცია

### **3. არქიტექტურული ინოვაცია**

- დეცენტრალიზებული ენერგეტიკული ბაზრების სტრუქტურული მოდელირება
  - სისტემური კომპონენტების ურთიერთკავშირების ანალიზი
  - ოპერაციული ეფექტიანობის პარამეტრების იდენტიფიკაცია
- ემპირიული კვლევის შედეგები.**

#### **ტექნოლოგიური კონვერგენცია**

მიკროქსელური სისტემებისა და ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის სინერგიული ეფექტი გამოიხატება შემდეგ ასპექტებში:

- ენერგოგენერაციისა და მოხმარების დინამიკური ოპტიმიზაცია
- ადაპტიური ფასწარმოქმნის მექანიზმების იმპლემენტაცია
- მოთხოვნაზე რეაგირების სისტემების ეფექტიანობის ზრდა

#### **ინოვაციური კონტრიბუციები**

კვლევის ფარგლებში იდენტიფიცირებულია შემდეგი მნიშვნელოვანი მიღწევები:

1. ჰიბრიდული მიკროქსელის ოპერაციული მოდელი;
2. ბლოკჩეინზე დაფუძნებული P2P ვაჭრობის პლატფორმა
3. მიკროქსელში ენერჯის წარმოების, შენახვისა და მოხმარების ოპტიმიზაციის მეთოდოლოგია;
4. ბიომასისა და განახლებადი ენერჯის ცვალებადი ხასიათის მქონე წყაროების ინტეგრაციის მოდელი;
5. ტრანზაქციების გამჭვირვალობის და უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მექანიზმები;
6. რეგიონული და საერთაშორისო მასშტაბირებადი მოდელი.

**პრაქტიკული აპლიკაცია.** ბაზალეთის ტბის მიმდებარე ტერიტორიაზე პილოტური პროექტის კონცეპტუალიზაცია წარმოადგენს კვლევის პრაქტიკული იმპლემენტაციის მნიშვნელოვან კომპონენტს.

#### **დასკვნები და რეკომენდაციები.**

კვლევის შედეგები დემონსტრირებს მნიშვნელოვან პოტენციალს საქართველოს ენერგეტიკული სექტორის ტრანსფორმაციისთვის.

იდენტიფიცირებული ინოვაციური ელემენტები ქმნის მყარ საფუძველს შემდგომი კვლევებისა და პრაქტიკული იმპლემენტაციისთვის.

რეკომენდებულია:

1. დეტალური საპილოტე პროგრამების ინიციაცია;
2. მარეგულირებელი ჩარჩოს ადაპტაცია;
3. სტეიკჰოლდერებთან აქტიური თანამშრომლობა;
4. ტექნოლოგიური ინფრასტრუქტურის ეტაპობრივი განვითარება.

**სამუშაოს აპრობაცია.** სადისერტაციო ნაშრომის შესრულებისადმი დაყენებული მოთხოვნების შესაბამისად, დისერტაციის თემაზე ჩატარებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტზე 3 კოლოკვიუმი და წინასწარი დაცვა. ასევე კვლევის შედეგები მოხსენებული იქნა ერთ საერთაშორისო კონფერენციაზე.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 5 სტატია. მათ შორის, 1 სტატია გამოქვეყნდა საზღვარგარეთ საერთაშორისო რეფერირებად ჟურნალში.

**დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა.** სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს 147 ნაბეჭდ გვერდს, 11 ცხრილისა და 8 ნახაზის ჩათვლით და შედგება შესავლის, 5 თავის, 32 ქვეთავის, დასკვნისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან.

## ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

ენერგეტიკულ სექტორში დიგიტალიზაცია მნიშვნელოვან როლს ასრულებს დარგის გარდაქმნაში და ქმნის ბაზრის ახალი მოდელებისა და ვაჭრობის შესაძლებლობების საფუძველს. თანამედროვე ტექნოლოგიები, როგორცაა ბლოკჩეინი, ბაზრებზე ინოვაციური შესაძლებლობების შექმნას უწყობს ხელს, ამავდროულად კი ზრდის მომხმარებელთა ჩართულობისა და პროცესების ავტომატიზაციის დონეს. დიგიტალიზაცია ასევე ხელს უწყობს დეცენტრალიზებულ მიდგომებს, რაც ენერგეტიკული რესურსების უფრო ეფექტიანი გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა.

თანამედროვე ტენდენციების ფონზე, მომხმარებელთა მზარდი რაოდენობა ხდება პროსუმერი. ეს ცვალებადი როლი ქმნის ბაზარზე ურთიერთობების ახალი ფორმატების შექმნის საჭიროებას. P2P ვაჭრობა, როგორც ინოვაციური მიდგომა, პროსუმერებს საშუალებას აძლევს, უშუალოდ ივაჭრონ ელექტროენერგიით, თავიდან აიცილონ შუამავალი რგოლი და გაზარდონ პროცესის გამჭვირვალობა.

საერთაშორისო გამოცდილება აჩვენებს, რომ P2P ვაჭრობის რეგულირებისთვის საჭიროა მოქნილი მიდგომა, რომელიც უზრუნველყოფს ინოვაციების წახალისებას, ბაზრის სტაბილურობასა და მომხმარებელთა უფლებების დაცვას. ამგვარი რეგულირება უზრუნველყოფს არამხოლოდ ბაზრის ეფექტიან ფუნქციონირებას, არამედ - ენერგეტიკული სისტემის მდგრად განვითარებასაც.

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება 5 თავისაგან, რომელიც დაყოფილია 32 ქვეთავად. პირველ თავში, ქსელის მოწყობა P2P ვაჭრობის უზრუნველსაყოფად, განხილულია P2P ვაჭრობის ქსელის მოწყობის კონცეფცია და მისი მნიშვნელობა თანამედროვე ენერგეტიკულ სექტორში. P2P ქსელები დეცენტრალიზებულ სისტემას წარმოადგენს, რომელიც აერთიანებს ენერჯის მწარმოებლებსა და მომხმარებლებს, უზრუნველყოფს მათ შორის პირდაპირი ვაჭრობის შესაძლებლობას და, ამავდროულად, ამცირებს ცენტრალური სისტემაზე დამოკიდებულებას.

მიკროქსელები P2P ვაჭრობის ერთ-ერთი საფუძველია. იგი ხელს უწყობს მომხმარებლებს, გახდნენ უფრო აქტიურები და მართონ ენერჯის მოხმარება. მიკროქსელები განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია განახლებადი ენერჯის წყაროების პენეტრაციის ზრდისთვის. მათი მეშვეობით შესაძლებელია ენერჯის ტრანსპორტირების დანაკარგების შემცირება და ქსელის საიმედოობის გაძლიერება, რაც ხელს უწყობს ენერგეტიკული სისტემის მდგრად განვითარებას. შესაბამისად, მიკროქსელები უზრუნველყოფს დეცენტრალიზებული ქვესისტემის შექმნას, რომელიც აერთიანებს გენერაციას, მოხმარებასა და ენერჯის შენახვას.

ამ თავში ასევე განხილულია P2P ვაჭრობის ორგანიზების მოთხოვნები და საჭიროებები. P2P ქსელი მოიცავს ვირტუალურ და ფიზიკურ ფენებს, რომელთა დახმარებით ბაზრის მონაწილეები უზრუნველყოფენ ვაჭრობასა და ელექტროენერჯის ტრანსპორტირებას. ვირტუალური ფენა ქმნის უსაფრთხო გარემოს ტრანზაქციებისთვის, ხოლო ფიზიკური ფენა პასუხისმგებელია ენერჯის გადაცემაზე მწარმოებლიდან მომხმარებლამდე.

ტექნოლოგიური თვალსაზრისით, მიკროქსელები მოითხოვს თანამედროვე აღრიცხვის სისტემებს, როგორებიცაა „ჰკვიანი“ მრიცხველები. აღნიშნული სისტემები რეალურ დროში აწვდიან მომხმარებლებს ინფორმაციას წარმოებისა და მოხმარების შესახებ, რაც ზრდის სისტემის გამჭვირვალობასა და ეფექტიანობას.

ამავე თავში განხილულია ენერჯის შენახვის სისტემების, მათ შორის ბატარეების, როლი მიკროქსელების ფუნქციონირებაში. ეს ტექნოლოგიები უზრუნველყოფს განახლებადი ენერჯის სისტემის დაბალანსებას, დისპეტჩირებადობას და ელექტროენერჯის უწყვეტ მიწოდებას, განსაკუთრებით იმ შემთხვევებში, როდესაც განახლებადი ენერჯის წყაროები ვერ აკმაყოფილებს შესაბამის მომენტში არსებულ მოთხოვნას.

დასასრულ, თავში განხილულია P2P ქსელების ტექნოლოგიური სტანდარტები და მათთან დაკავშირებული გამოწვევები, რაც აუცილებელია ბაზრის სტაბილურობისთვის და სამართლიანი პირობების შესაქმნელად.

**მეორე თავში, ბლოკჩეინ-ტექნოლოგია,** განხილულია ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის ენერგეტიკულ სექტორში გამოყენების პოტენციალი და მისი დანერგვის სარგებელი. ბლოკჩეინ-ტექნოლოგია ქმნის ახალ შესაძლებლობებს

ენერგიით ვაჭრობისთვის, უზრუნველყოფს მონაცემთა უსაფრთხოებას და ხელს უწყობს პროცესების ავტომატიზაციას.

ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის ძირითადი მახასიათებელია ტრანზაქციების მონაცემების ჯაჭვისებრი შენახვა, რაც უზრუნველყოფს მათი შეცვლის შეუძლებლობას. ეს ტექნოლოგია განსაკუთრებით აქტუალურია „ჭკვიანი“ კონტრაქტების გამოსაყენებლად, რომლებიც ავტომატურად აღსრულდება მხარეთა შორის შეთანხმების საფუძველზე.

ენერგეტიკის სექტორში ბლოკჩეინის დანერგვა ხელს უწყობს განახლებადი ენერჯის წარმოებას და მისი წარმოშობის სერტიფიკატების გამჭვირვალობას. ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა, მოხდეს ენერჯის წყაროს დადასტურება და სერტიფიცირება, რაც მომხმარებელთა ნდობას ზრდის.

ბლოკჩეინის გამოყენების ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულებაა P2P ვაჭრობა, რომელიც მწარმოებელ-მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს, მართონ შესასყიდი ან/და გასაყიდი ელექტროენერჯის ფასი და მოცულობა. პლატფორმაზე, სადაც ვაჭრობა ხორციელდება, თითოეულ მომხმარებელს აქვს ვირტუალური ანგარიში და „ჭკვიანი“ კონტრაქტების გამოყენებით უზრუნველყოფილია ტრანზაქციის გამჭვირვალობა.

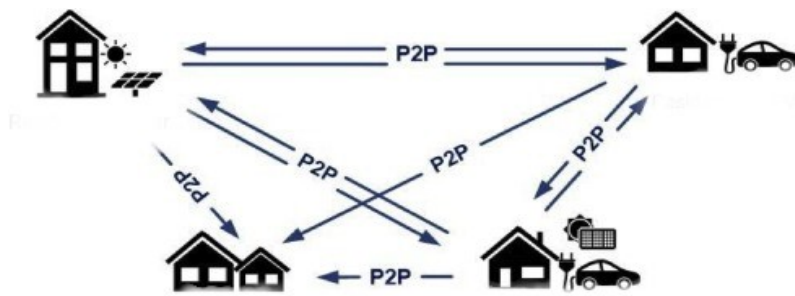
მიკროქსელებში ბლოკჩეინის გამოყენება კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი მიმართულებაა, რომელიც უზრუნველყოფს ლოკალური ქსელების ეფექტიან მართვას. „ჭკვიანი“ კონტრაქტები ავტომატურად არეგულირებს ენერჯის წარმოებასა და მოხმარებას, რაც ხელს უწყობს ქსელის დაბალანსებას და მომხმარებლებისთვის მოქნილობის მინიჭებას.

ამავდროულად, ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის დანერგვას ენერგეტიკის სექტორში ახლავს გარკვეული გამოწვევები, მათ შორის, მარეგულირებელი და ტექნოლოგიური ბარიერები, რომლებიც საჭიროებს ეტაპობრივ გადაწყვეტას.

**მესამე თავში, ელექტროენერჯის P2P ბაზრები,** განხილულია ელექტროენერჯის P2P ბაზრების არსი, მათი მექანიზმები და საერთაშორისო გამოცდილება. P2P ბაზარი წარმოადგენს ვირტუალურ სავაჭრო სივრცეს, სადაც მწარმოებელ-მომხმარებლებს შეუძლიათ ერთმანეთს შორის ივაჭრონ



ელექტროენერგიით. ამგვარი დეცენტრალიზებული მოდელი ხელს უწყობს მომხმარებელთა გაძლიერებასა და ენერგოდამოუკიდებლობას.



ნახაზი 1. თანასწორთა შორის ვაჭრობა (Liu, 2019).

ლოკალური ვაჭრობა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ადგილობრივი ეკონომიკის გაძლიერებაში. P2P ვაჭრობით მომხმარებლები ამცირებენ ელექტროენერგიის ხარჯებს, ხოლო ენერგეტიკული რესურსების მიმოცვლა ლოკალური საზოგადოების ფარგლებში ზრდის ენერგეტიკულ უსაფრთხოებას. P2P ბაზრის წარმატებული ფუნქციონირებისთვის აუცილებელია ეფექტური ფასწარმოქმნის მექანიზმებისა და ფინანსური სტიმულების შექმნა. P2P ვაჭრობაში ფასწარმოქმნისთვის ხშირად გამოიყენება ორმაგი აუქციონი, რომლის მეშვეობითაც ყიდვისა და გაყიდვის განაცხადების გადაკვეთის წერტილი განსაზღვრავს ბაზრის ფასს.

საერთაშორისო გამოცდილება აჩვენებს, რომ P2P ბაზრები არაერთ ქვეყანაში გამოიყენება. მაგალითად, ბრუკლინის მიკროქსელებში (აშშ) მომხმარებლები მონაწილეობენ ბაზარზე, სადაც მზის ენერგიით ვაჭრობა ხორციელდება ორმაგი აუქციონის მოდელით. კანადაში GridExchange პროექტი აერთიანებს 21 ოჯახს, რომლებიც ვაჭრობენ მზის ენერგიით, ხოლო ტაილანდში P2P ვაჭრობის 8 საპილოტე პროექტი განხორციელდა.

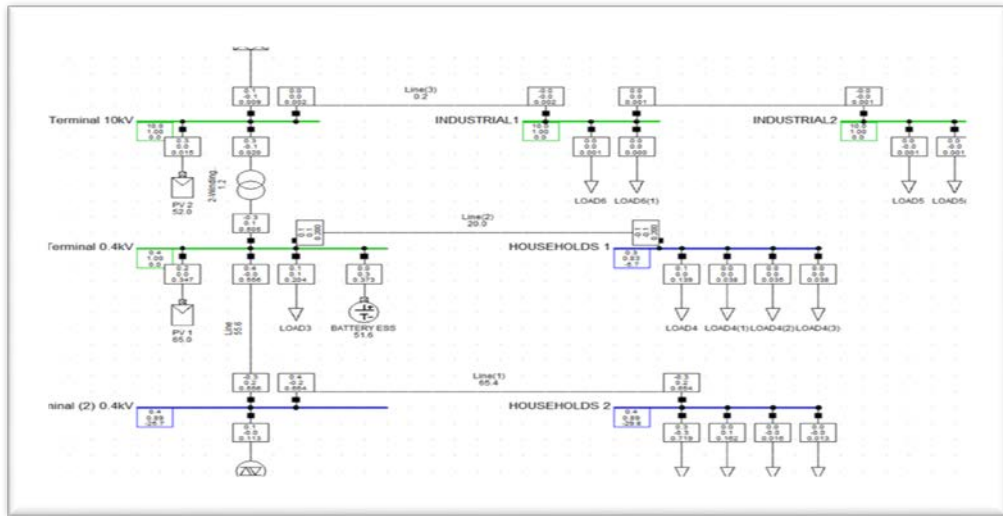
ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ელექტროენერგიის P2P ბაზრები წარმოადგენს ელექტროენერგეტიკის სექტორის დეცენტრალიზაციისა და მომხმარებელთა გაძლიერების მნიშვნელოვან ინსტრუმენტს. მიუხედავად არსებული გამოწვევებისა, საერთაშორისო გამოცდილება მიუთითებს, რომ P2P ბაზრები ხელს უწყობს ინოვაციური ენერგეტიკული მოდელების განვითარებას და ეფექტიანი, მდგრადი ენერგეტიკული სისტემის შექმნას.

მეოთხე თავი, ელექტროენერგიით P2P ვაჭრობის პოტენციალი საქართველოში, შეეხება საქართველოში P2P ვაჭრობის განვითარების პოტენციალს, მის ხელშემწყობ პოლიტიკასა და პრაქტიკულ მაგალითს – ბაზალეთის ტბის მიმდებარედ P2P ვაჭრობის საპილოტე პროექტს.

საქართველოს კონტექსტში, ბაზალეთის ტბის მიმდებარე ტერიტორიას ახასიათებს მზისა და ქარის ენერჯის ხელსაყრელი პოტენციალი და, ამავდროულად, ხელმისაწვდომია სასოფლო-სამეურნეო ბიომასა ელექტროენერჯისა და თბური ენერჯის წარმოებისთვის. გარდა ამისა, ბაზალეთის ტბის მიმდებარედ უკვე არსებული ენერგეტიკული ინფრასტრუქტურა ამარტივებს დეცენტრალიზებული მიკროქსელის ერთიან ქსელთან ინტეგრაციის პროცესს და ინარჩუნებს მოქნილობას, საჭიროების შემთხვევაში, იმუშაოს დამოუკიდებელ (კუნძულოვან) რეჟიმში. ტერიტორიის თბილისთან სიახლოვე და არსებული საკომუნიკაციო ინფრასტრუქტურა ხელს შეუწყობს ტექნოლოგიებისა და ექსპერტიზის მარტივ ტრანსპორტირებას. აღსანიშნავია, რომ დასახლებაში უკვე დანერგილია თანამედროვე ენერგეტიკული ტექნოლოგიები, მათ შორის, მზისა და ქარის ელექტროსადგურები, ბიომასაზე დაფუძნებული სისტემები და ნეტო აღრიცხვა, რაც მიუთითებს ახალი ინიციატივებისთვის მომხმარებლების მზაობაზე.

პროექტის ძირითადი მიზნებია: ადგილობრივი ენერგეტიკული ბაზრის შექმნა, რომელიც ხელს შეუწყობს განახლებადი ენერჯის ათვისებას და ეკონომიკურ სტიმულირებას; ნახშირბადის ემისიების შემცირება, რაც ქვეყნის კლიმატური მიზნების მიღწევაში წვლილს შეიტანს; მასშტაბირებადი მოდელის განვითარება, რომლის გამოყენება შესაძლებელი იქნება სხვა რეგიონებში; ადგილობრივი ენერგეტიკული დამოუკიდებლობის გაზრდა, რაც ქვეყნის ენერგეტიკულ უსაფრთხოებას გააძლიერებს. P2P ვაჭრობა არამხოლოდ გაზრდის განახლებადი ენერჯის ეკონომიკურ ეფექტიანობას, არამედ, ასევე ხელს შეუწყობს ენერგეტიკული ცნობიერების ამაღლებას და ტექნოლოგიური ინოვაციების გავრცელებას. ამგვარად, ბაზალეთის პროექტი „სათამაშო მოედნის“ (sandbox) ფუნქციას შეასრულებს, რაც ხელს შეუწყობს ინოვაციური, მდგრადი

ენერგეტიკული გადაწყვეტილებების დანერგვას, ენერგოუსაფრთხოებისა და გარემოსდაცვითი მიზნების მიღწევას.



ნახაზი 2. მიკროქსელის პროტოტიპი.

პროექტის ფარგლებში, დაგეგმილია მზისა და ქარის ენერჯის გამოყენებით ელექტროენერჯის წარმოება. ამასთან, ვინაიდან ენერჯის აღნიშნული წყაროები არადისპეტკირებადია, მათი დაბალანსება მოხდება ბიომასის ელექტროსადგურის მეშვეობით, რომელიც ასევე გამოიყენება ელექტროენერჯის წარმოების საბაზისო წყაროდ. პროექტის ფარგლებში ასევე გათვალისწინებული ელექტროენერჯის შემნახველი სისტემების გამოყენება. მიკროქსელის ფუნქციონირება შესაძლებელი იქნება როგორც ცენტრალურ ქსელთან დაკავშირებულ, ისე - კუნძულოვან რეჟიმში, რაც საშუალებას მისცემს ადგილობრივ მოსახლეობას, ელექტროენერჯიაზე უწყვეტი წვდომა ჰქონდეთ. პროექტის ტექნიკური მახასიათებლებია:

- **ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნა:** ბაზალეთის ტბის მიმდებარე ტერიტორიაზე საყოფაცხოვრებო მომხმარებლები (184 მომხმარებელი) წლიურად მოიხმარენ 232,392 კვტ.სთ, ხოლო არასაყოფაცხოვრებო (19 მომხმარებელი) მომხმარებლები - 353,780 კვტ.სთ-ს.
- **მზის ენერჯია:** პროექტი ითვალისწინებს 568 კვტ სიმძლავრის მზის ფოტოვოლტური პანელების დამონტაჟებას, რაც უზრუნველყოფს წლიურ გამომუშავებას 738,400 კვტ.სთ-ის ოდენობით.

- **ქარის ენერჯია:** ბაზალეთის მიმდებარე ტერიტორიაზე ქარის ენერჯიის რესურსი ზომიერია (საშუალო სიჩქარე 3.88 მ/წმ), ამიტომ პროექტი ითვალისწინებს მცირე ქარის ტურბინების (2 x 50 კვტ) გამოყენებას. სავარაუდო წლიური გამომუშავებაა 131,400 კვტ.სთ, რაც ხელს შეუწყობს მზის ენერჯიის ცვალებადობის კომპენსირებას.
- **ბიომასის ენერჯია:** ბიომასა წარმოადგენს დისპეტჩირებადი ენერჯიის წყაროს, რომელიც დააკომპენსირებს მზისა და ქარის სისტემების ცვალებადობას. განსაკუთრებით ღამის საათებში. ბიომასის კომბინირებული ციკლის ელექტროსადგური 500 კვტ სიმძლავრით უზრუნველყოფს წლიურ გამომუშავებას 3,942,000 კვტ.სთ-ს და თბურ ენერჯიას, რომელიც გამოიყენება გათბობის სისტემებისთვის
- **შემნახველი ბატარეები:** სისტემაში გათვალისწინებულია 130 კვტ/350 კვტ.სთ სიმძლავრის შემნახველი ბატარეების ინტეგრირება, რომელიც ხელს უწყობს ენერჯიის მიწოდების საიმედოობას, პიკური მოთხოვნის დაკმაყოფილებას და სასისტემო მომსახურებების გაწევას.
- **ენერჯიის მართვის სისტემა (EMS):** EMS უზრუნველყოფს ენერჯიის წარმოების, შენახვისა და მოხმარების ოპტიმალურ მართვას. სისტემა რეალურ დროში აგროვებს მონაცემებს და ანაწილებს ენერჯიას მოთხოვნის შესაბამისად, ამცირებს ქსელზე დამოკიდებულებას, აძლიერებს ბატარეების საოპერაციო რეჟიმების ეფექტურობას და ინტეგრირდება P2P სავაჭრო პლატფორმასთან გამჭვირვალე ტრანზაქციებისთვის. EMS ასევე მართავს ენერჯიის გადადინებებს ცენტრალურ ქსელთან კავშირისას და ადაპტირებადია ახალი რესურსების ინტეგრაციისთვის.

P2P სავაჭრო მექანიზმი პროექტისთვის მნიშვნელოვან და ინოვაციურ მიდგომას წარმოადგენს. თითოეული მონაწილე დაკავშირებული იქნება როგორც ფიზიკურად, მიკროქსელით, ისე - ვირტუალურად, საინფორმაციო ქსელის გამოყენებითა და „ჭკვიანი“ მრიცხველების მეშვეობით. პროექტში, ნებადართული ბლოკჩეინის გამოყენებით, სავაჭრო პლატფორმა მოემსახურება მხოლოდ წინასწარ განსაზღვრულ და სანდო მონაწილეებს. ასეთი პლატფორმა გამოირჩევა ტრანზაქციების სისწრაფითა და უსაფრთხოების მაღალი დონით, რაც P2P

ვაჭრობისთვის აუცილებელია. ბლოკჩეინი უზრუნველყოფს მომხმარებლების საიმედოობის გარანტიას, რაც გამორიცხავს მონაცემთა ფალსიფიკაციისა და გაუმართავი ტრანზაქციების რისკს.

მომხმარებლებს, რომლებსაც აქვთ ჭარბი ენერჯია, შეუძლიათ განათავსონ გაყიდვის შეთავაზებები პლატფორმაზე. გამყიდველი განსაზღვრავს შესათავაზებელ ფასს კვტ.სთ-ზე და, ასევე, ვაჭრობის გარკვეულ პირობებს, რაც პლატფორმას აძლევს მოქნილობისა და ინდივიდუალური საჭიროებების დაკმაყოფილების საშუალებას. თავის მხრივ, მომხმარებლებს, რომლებსაც ესაჭიროებათ ენერჯია, შეუძლიათ დაათვალიერონ შეთავაზებები, სადაც მიეთითება რეალურ დროში არსებული ინფორმაცია ფასთან, ხელმისაწვდომ ენერჯიასთან და სხვა მნიშვნელოვან მონაცემებთან დაკავშირებით. შესაძლებელია ვაჭრობის სრულად ავტომატიზაცია EMS-ის მეშვეობით.

P2P ვაჭრობის პლატფორმა შეიქმნება მარტივი და ინტუიციური ინტერფეისით, რომელიც მომხმარებლებს საშუალებას მისცემს, ეფექტურად მართონ თავიანთი ენერგეტიკული აქტივები და განახორციელონ ოპტიმალური ტრანზაქციები. ეს მოიცავს რეალურ დროში მონაცემების მიწოდებას მომხმარებლების ენერგეტიკულ მდგომარეობასთან დაკავშირებით, რაც გულისხმობს წარმოების, მოხმარებისა და ენერგეტიკული ბალანსის ძირითადი მონაცემების ჩვენებას.

ვაჭრობა წარმართება დინამიკური ფასების მოდელის საფუძველზე, რომელიც ასახავს ლოკალურ ბაზარზე არსებულ მოთხოვნასა და მიწოდებას. ორმაგი აუქციონის ფორმატში ყიდვისა და გაყიდვის განაცხადების გადაკვეთის წერტილით განისაზღვრება ბაზრის ფასი. ეს მეთოდი ხელს უწყობს სამართლიანი ფასების ფორმირებას, რაც წახალისებს ენერჯიის დაზოგვას და სანდო ურთიერთობებს მწარმოებელ-მომხმარებლებს შორის.

შეთავაზებული მექანიზმი ასევე მოიცავს შეტყობინებების სისტემას, რომელიც მომხმარებლებს დროულად მიაწვდის ინფორმაციას კრიტიკულ მოვლენებზე, როგორცაა ფასების ცვლილება ან ბატარეებში შენახული ენერჯიის დაბალი დონე. შეტყობინებების სისტემა უზრუნველყოფს ენერგეტიკული ხარჯების ეფექტურად მართვის რჩევებსაც.

ბლოკჩეინის მეშვეობით, თითოეული ტრანზაქცია განთავსდება უსაფრთხო, დაშიფრულ და გამჭვირვალე ჩანაწერებში. „ჭკვიანი“ კონტრაქტები უზრუნველყოფს ავტომატური ანგარიშსწორებისა და გადახდის პროცესს, რაც შეამცირებს ადმინისტრაციულ ხარჯებს და ხელს შეუწყობს ვაჭრობის სისწრაფეს. ტრანზაქციების წარმატებით დასრულების შემდეგ, სისტემის "ჭკვიანი" მრიცხველები გამოიყენებს შესაბამის მონაცემებს მიწოდების დასადასტურებლად და ფინანსური ანგარიშსწორებისთვის. გარდა ამისა, სავაჭრო მექანიზმი აღჭურვილი იქნება ტოკენიზაციის ფუნქციით, რაც ტრანზაქციებს კიდევ უფრო გაამარტივებს. თითოეული ტოკენი წარმოადგენს 1 კვტ.სთ ელექტროენერგიას, რაც ციფრული საფულეების მეშვეობით, ტრანზაქციების ხელსაყრელობას უზრუნველყოფს.

მიკროქსელის პროექტი ბაზალეთის ტბის მიმდებარედ მოითხოვს კაპიტალურ ინვესტიციებს, რაც მოიცავს „ჭკვიანი“ მრიცხველების მონტაჟს, ქსელის მოდერნიზაციას, სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნასა და პროექტირების ხარჯებს. ეს კომპონენტები აუცილებელია ენერჯის წარმოებისა და მოხმარების ზუსტი აღრიცხვისთვის, რაც უზრუნველყოფს P2P ვაჭრობის გამჭვირვალობასა და ეფექტურობას. „ჭკვიანი“ მრიცხველები და პროგრამული უზრუნველყოფა შესაძლებელს ხდის ტრანზაქციების რეალურ დროში მართვას და მოხმარებლებს შორის ენერჯის გაცვლას, რაც თანამედროვე ენერგეტიკული ბაზრების უმნიშვნელოვანესი ელემენტია.

ენერჯის დანაკარგების შემცირება პროექტის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ეკონომიკური სარგებელია, რომელიც მიიღწევა ადგილობრივი მიწოდებისა და მოხმარების მოდელის გამოყენებით. ლოკალური ენერჯის წარმოება ამცირებს გადაცემის მანძილს და, შესაბამისად, ტექნიკურ დანაკარგებს. „ჭკვიანი“ ტექნოლოგიების დანერგვა და რეალურ დროში მონაცემების გამოყენება არამხოლოდ ამცირებს დანაკარგებს, არამედ უზრუნველყოფს ენერჯის უფრო ეფექტურ მართვასაც.

ეკონომიკური ანალიზის მიხედვით, პროექტს აქვს დადებითი წმინდა მიმდინარე ღირებულება (NPV) და შიდა უკუგების ნორმა (IRR), რაც მიუთითებს მის საინვესტიციო მიმზიდველობაზე. კაპიტალური ხარჯების მიუხედავად,

გრძელვადიან პერსპექტივაში ოპერაციული ეფექტურობის ზრდა და P2P ვაჭრობიდან მიღებული შემოსავლები ხელს უწყობს პროექტის ფინანსურ მდგრადობას.

პროექტი ასევე მოიტანს არაპირდაპირ სარგებელს, როგორცაა ახალი სამუშაო ადგილების შექმნა და ინოვაციების წახალისება. განახლებადი ენერჯის წყაროების ინტეგრაცია შეამცირებს გარემოზე ზემოქმედებას და გაზრდის რეგიონის ენერგეტიკულ დამოუკიდებლობას. ეს პროექტი, თავისი ტექნოლოგიური და ფინანსური მიდგომებით, წარმოადგენს მნიშვნელოვან შესაძლებლობას, ხელი შეუწყოს საქართველოს ენერგეტიკული სექტორის მოდერნიზაციასა და მდგრად განვითარებას.

**მეხუთე თავი, რეკომენდაციები საქართველოში P2P ვაჭრობის ხელშესაწყობად,** შეეხება განსახორციელებელ ღონისძიებებს, წარმატების კრიტიკულ ფაქტორებსა და მოსალოდნელ შედეგებს. კერძოდ, ბაზალეთის ტბის ელექტროენერჯის ლოკალურად ვაჭრობის მოდელის წარმატებით განხორციელება და მისი შემდგომი მასშტაბირება დამოკიდებულია რამდენიმე ისეთ ფაქტორზე. როგორცაა ადგილობრივი მხარდაჭერა, ფინანსური უზრუნველყოფა და ტექნიკური მზადყოფნა.

პროექტის მხარდაჭერისთვის აუცილებელია ადგილობრივი მუნიციპალიტეტების აქტიური ჩართულობა, რათა უზრუნველყოფილი იყოს ნებართვები მოპოვება, რესურსებსა და ინფრასტრუქტურაზე ხელმისაწვდომობა. ასევე, ადგილობრივი მოსახლეობის ინფორმირება და მათი მზადყოფნა გადამწყვეტია. უნდა განხორციელდეს ეფექტური საკომუნიკაციო კამპანიები, რომლებიც აუხსნის მომხმარებლებს დეცენტრალიზებული ენერჯის სისტემის სარგებელს. ადგილობრივი ბიზნესის დაინტერესება ასევე მნიშვნელოვანი ფაქტორია, რადგან ბიზნესის ჩართულობას შეუძლია ახალ ეკონომიკურ შესაძლებლობებზე წვდომის გაღრმავება და პროექტისთვის ფინანსური მხარდაჭერის გაწევა.

ფინანსური მდგრადობის უზრუნველსაყოფად, საჭირო იქნება როგორც ადგილობრივი, ასევე - საერთაშორისო დონორების მხარდაჭერა. სამთავრობო პროგრამები, სუბსიდიები და გრანტები ამ პროექტისთვის საწყისი ინვესტიციების

მობილიზებას გაამარტივებს. ასევე დიდი მნიშვნელობა აქვს კერძო ინვესტორების ჩართულობას, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც საპილოტე პროექტები წარმატებით განხორციელდება და ინვესტორებისთვის მიმზიდველ შედეგებს გამოავლენს.

ტექნიკური მზადყოფნის უზრუნველყოფა გადამწყვეტი მნიშვნელობისაა. საჭიროა ენერგეტიკული ინფრასტრუქტურის მოდერნიზაცია დეცენტრალიზებული ვაჭრობის განსახორციელებლად. ამასთან, ტექნიკური პერსონალის მომზადება ხელს შეუწყობს სისტემის გამართულ ფუნქციონირებას. უნდა შეიქმნას ტრენინგ-პროგრამები, რომლებიც ხელს შეუწყობს „ჭკვიანი“ მრიცხველებისა და თანამედროვე ენერგეტიკული სისტემების ინსტალაციასა და მომსახურებას. სტანდარტიზებული მიდგომების დანერგვა გაამარტივებს სისტემის მასშტაბირებას სხვა რეგიონებში.

საქართველოში P2P ვაჭრობის მხარდასაჭერად საჭიროა არაერთი ღონისძიების განხორციელება, მათ შორის:

ა) აუცილებელია ინოვაციური მარეგულირებელი ჩარჩოს შექმნა, რაც მოიცავს ცვლილებებს ენერგეტიკულ და საგადასახადო კანონმდებლობაში და ახალი კანონქვემდებარე სამართლებრივი აქტების დამტკიცებას. კანონმდებლობა უნდა მოიცავდეს მიკროქსელებისა და P2P ვაჭრობის დეტალურ რეგულირებას, რაც უზრუნველყოფს მომხმარებლის უფლებების დაცვას და მათ სრულ ჩართულობას ელექტროენერჯის როგორც ლოკალურ, ისე - ეროვნულ ბაზრებზე. აუცილებელია სათანადო ტექნიკური სტანდარტებისა და პროტოკოლების ამოქმედება, რომელიც უზრუნველყოფს მიკროქსელის გამართულ მუშაობასა და ერთიან ქსელთან ურთიერთოპერირებას. „მარეგულირებლის სათამაშო მოედნების“ დანერგვა ხელს შეუწყობს ახალი მოდელების გამოცდასა და დახვეწას.

ბ) კანონმდებლობამ უნდა დაუშვას საცალო მომხმარებლების მიერ ელექტროენერჯის შესყიდვა რეალურ დროში არსებულ, ცვალებად ფასად. ასევე, მიზანშეწონილია P2P ვაჭრობაში განხორციელებული ტრანზაქციების გადასახადებისგან გათავისუფლება.

გ) მიზანშეწონილია ეკონომიკურად სამართლიანი ქსელური ტარიფების დანერგვა, რაც ლოკალურ პროსუმერებს ეკონომიკური სარგებლის მიღების



შესაძლებლობას მისცემს. ამასთანავე, მიკროქსელებით ადგილობრივად განაწილებულ ელექტროენერგიაზე ტარიფი უნდა განისაზღვროს მიკროქსელის ოპერატორისა და ადგილობრივი საზოგადოების მიერ, საჭიროების შემთხვევაში - მარეგულირებლის ჩართულობით.

დ) აუცილებელია ელექტროენერგის შემნახველი ბატარეების ქსელთან მიერთებისა და ექსპლუატაციის წესის მოწესრიგება კანონმდებლობით. ელექტროენერგის შემნახველი სისტემებისა და მათი ქსელთან ინტეგრაციის რეგულირება უნდა მოხდეს ევროპული დირექტივების ტრანსპოზიციით, რაც დეცენტრალიზებული ეკოსისტემის განვითარებას ხელს შეუწყობს.

ე) აუცილებელია კონკურენტული ბაზრების განვითარება და სათანადო პირობების შექმნა საბითუმო და საცალო ბაზრებზე რეალური ფასების ჩამოყალიბებისთვის, ასევე, სუბსიდირებული ტარიფების ჩანაცვლება, რაც P2P ვაჭრობას უფრო ეფექტურსა და მიმზიდველს გახდის.

ვ) მიზანშეწონილია ტარიფის „მწვანე“ კომპონენტის დანერგვა, რაც უზრუნველყოფს განახლებადი ენერჯის მწარმოებლების დამატებით წახალისებასა და P2P ვაჭრობის განვითარების ხელშეწყობას.

ენერგეტიკული საზოგადოების მხარდაჭერა და ადგილობრივ თემებთან თანამშრომლობა პროექტის წარმატების ერთ-ერთ მთავარ ფაქტორად რჩება. უნდა განხორციელდეს ცნობიერების ამაღლება, რომელიც ადგილობრივ მოსახლეობას გაუზიარებს ინფორმირებულობას იმ სარგებლის შესახებ, რაც ენერჯის ლოკალურ წარმოებასა და მოხმარებას უკავშირდება.

P2P ვაჭრობის მოდელი ხელს შეუწყობს არამხოლოდ განახლებადი ენერჯის გამოყენების ზრდას, არამედ რეგიონული ეკონომიკური განვითარებისა და ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესებასაც. პროექტი საშუალებას მისცემს ადგილობრივ მომხმარებლებს, უშუალოდ ივაჭრონ ლოკალურად წარმოებული ელექტროენერჯით, რაც შეამცირებს დანაკარგებს და გაზრდის ადგილობრივი ენერგეტიკული დამოუკიდებლობის დონეს.

## დასკვნა

საქართველოში P2P ელექტროენერგიით ვაჭრობის მოდელის დანერგვის შესაძლებლობების კვლევამ აჩვენა, რომ ეს ინოვაციური მიდგომა წარმოადგენს მნიშვნელოვან ნაბიჯს ქვეყნის ენერგეტიკული სექტორის მოდერნიზაციისა და დემოკრატიზაციის გზაზე.

P2P ელექტროენერგიით ვაჭრობის მოდელი ეფუძნება თანამედროვე ტექნოლოგიურ გადაწყვეტებს, რომელთა შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიას. ეს უკანასკნელი უზრუნველყოფს ტრანზაქციების გამჭვირვალობას, უსაფრთხოებასა და ავტომატიზაციას „ჭკვიანი“ კონტრაქტების მეშვეობით. ტექნოლოგიური ინფრასტრუქტურა ასევე მოიცავს „ჭკვიან“ მრიცხველებს, მიკროქსელებსა და ენერჯის მართვის თანამედროვე სისტემებს, რომლებიც ერთობლიობაში ქმნის მოქნილ და ეფექტურ პლატფორმას ენერგიით ვაჭრობისთვის.

ენერჯის დემოკრატიზაციის კუთხით, P2P ვაჭრობა წარმოადგენს მნიშვნელოვან ინსტრუმენტს, რომელიც საშუალებას აძლევს მოქალაქეებს, გახდნენ აქტიური მონაწილეები ენერგეტიკულ ბაზარზე. ეს ხელს უწყობს დეცენტრალიზებული ენერგოსისტემის ჩამოყალიბებას, სადაც მწარმოებელ-მომხმარებლებს (პროსუმერებს) შეუძლიათ არამხოლოდ საკუთარი მოხმარებისთვის აწარმოონ ენერჯია, არამედ, ასევე მიაწოდონ ჭარბი ენერჯია სხვა მომხმარებლებს.

ბაზალეთის ტბის მიმდებარე ტერიტორიაზე საპილოტე პროექტის მოდელირება წარმოადგენს ჰიპოთეტურ სატესტო პლატფორმას, რომელიც განიხილავს P2P ვაჭრობის მოდელის გამოყენების შესაძლებლობებს. პროექტი მიზნად ისახავს მიკროქსელების კონცეფციის სიცოცხლისუნარიანობის შეფასებას საქართველოს პირობებში და იმ ადაპტაციების გამოვლენას, რომლებიც საჭიროა ადგილობრივ კონტექსტთან სრული თავსებადობისთვის. მიკროქსელის მოდელი განიხილება, როგორც საშუალება ენერჯის ლოკალური წარმოების, განაწილებისა და მოხმარების ოპტიმიზაციისთვის, რაც ამცირებს დანაკარგებს და ზრდის სისტემის ეფექტურობას.

ბაზალეთის ტბის მიმდებარედ ელექტროენერგიით ლოკალური ვაჭრობის პროექტის ეკონომიკური ანალიზი აჩვენებს მის პოტენციურ მდგრადობას და ფინანსურ სიცოცხლისუნარიანობას. მოდელირება ხაზს უსვამს, რომ პროექტის ეკონომიკური ეფექტურობა შეიძლება გამოიხატოს შემდეგი პოზიტიური შედეგებით:

- ა) საინვესტიციო დანახარჯების ამოღების გონივრული პერიოდი, რომელიც დამახასიათებელია მსგავსი ტიპის ენერგეტიკული პროექტებისთვის;
- ბ) ენერჯის გადაცემის დანაკარგების მნიშვნელოვნად შემცირება, რაც პირდაპირ პოზიტიურ გავლენას ახდენს ოპერაციულ ხარჯებზე;
- გ) ენერგეტიკული დანახარჯების შემცირება მონაწილე შინამეურნეობებისთვის, რაც ზრდის მომხმარებელთა ეკონომიურ სარგებელს;
- დ) პროექტის შიდა უკუგების ნორმა (IRR) მიუთითებს ინვესტორებისთვის მის ფინანსურ მიმზიდველობაზე;
- ე) დადებითი წმინდა მიმდინარე ღირებულება (NPV).

ბაზალეთის ტბის მიმდებარედ მოდელირებული პროექტის ეკონომიკური და ტექნიკური მდგრადობა ხაზს უსვამს დეცენტრალიზებული ენერგოსისტემების ინტეგრაციის პოტენციალს საქართველოს ენერგეტიკულ ლანდშაფტში. ანალიზმა აჩვენა, რომ განახლებადი ენერჯის წყაროების, როგორცაა მზის და ბიომასის, კომბინაცია მნიშვნელოვნად ზრდის ოპერაციულ ეფექტურობას და ამცირებს ხარჯებს. მზის ენერჯია უზრუნველყოფს სტაბილურ გენერაციას დღის საათებში, ხოლო ქარისა და ბიომასის ენერჯია, ენერჯის შემნახველ სისტემასთან ერთად, უზრუნველყოფს უწყვეტ მიწოდებას დღე-ღამის განმავლობაში. ამასთან, ბიომასის ინტეგრაცია უზრუნველყოფს გათბობის სისტემის ოპერირებას, ხელს უწყობს ენერჯის საბაზისო გენერაციის სტაბილურობას და ამავდროულად აუმჯობესებს რეგიონში ნარჩენების მართვის პროცესს, რაც ემსახურება როგორც ენერგეტიკულ, ისე - გარემოსდაცვით მიზნებს.

ამგვარი ჰიბრიდული მიდგომა უზრუნველყოფს სისტემის მდგრადობას სეზონური და დღეღამური ცვალებადობის დაბალანსების გზით, რაც ხელს უწყობს უწყვეტ ენერგომომარაგებას და მაღალი საიმედოობის დონეს. გარდა

ამისა, პროექტი იყენებს P2P ვაჭრობის პლატფორმას, რომელიც ხელს უწყობს ენერჯის სხვადასხვა წყაროებიდან მიღებული რესურსებისთვის ეფექტური ფასწარმოქმნის პროცესს და აუმჯობესებს როგორც ბაზრის ფუნქციონირებას, ისე - მომხმარებელთა ჩართულობას.

პოლიტიკისა და ბაზრის დიზაინის მიმართულებით, აუცილებელია შემუშავდეს ყოვლისმომცველი მიდგომა, რომელიც მოიცავს საკანონმდებლო და ტექნიკური ჩარჩოების მოწესრიგებას. პირველ რიგში, აუცილებელია სამართლებრივი ბაზის შექმნა, რომელიც ხელს შეუწყობს P2P ვაჭრობის მოდელის დანერგვას და უზრუნველყოფს ყველა მონაწილე მხარის უფლებების დაცვას. გარდა ამისა, ტარიფების მოქნილი სისტემის ფორმირება ხელს შეუწყობს როგორც მწარმოებელ-მომხმარებლების (პროსუმერების) აქტიურ ჩართულობას, ისე - ბაზრის გრძელვადიან მდგრადობას.

ტექნიკური თვალსაზრისით, საჭიროა განისაზღვროს ქსელის ინტეგრაციის სტანდარტები და უსაფრთხოების ნორმები, რათა უზრუნველყოფილ იქნეს სისტემის საიმედოობა და ეფექტურობა. ამასთან, განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს პროსუმერების ინტერესების გათვალისწინებას ბაზრის დიზაინში, რაც მათ საშუალებას მისცემს, აქტიურად იმოქმედონ როგორც მწარმოებლებმა, ისე - მომხმარებლებმა.

ბაზალეთის საპილოტე პროექტი მიუთითებს, რომ ადგილობრივი თემების ჩართულობა წარმოადგენს წარმატების ძირითად ფაქტორს. მომხმარებელთა განათლება და ცნობიერების ამაღლება მოდელის სარგებლის შესახებ განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია. ტექნოლოგიური ინფრასტრუქტურის განვითარება ეტაპობრივად უნდა მოხდეს, რაც შესაძლებელს გახდის მოდელის მასშტაბირებასა და ფართოდ დანერგვას.

ელექტროენერჯით P2P ვაჭრობის მოდელირება და ბაზალეთის საპილოტე პროექტის ანალიზი ტექნიკურად მნიშვნელოვანია რამდენიმე მიზეზის გამო. კვლევამ წარმოადგინა ინოვაციური მიდგომები, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც პრაქტიკულ, ისე - სტრატეგიულ დონეზე საქართველოს ენერჯეტიკულ სექტორში.

პირველ რიგში, ტექნოლოგიურმა ინოვაციებმა და მათმა პრაქტიკულმა მოდელირებამ, შეიძლება, მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანოს დეცენტრალიზებული ენერგოსისტემების განვითარებაში. კვლევა ასახავს, როგორ შეიძლება განახლებადი ენერჯის სხვადასხვა წყაროს (მზის, ბიომასის და ენერჯის შენახვის სისტემების) სინერჯული გამოყენებით გაიზარდოს სისტემის საიმედოობა და შემცირდეს საოპერაციო ხარჯები. ტექნიკური მოდელირება ასევე ხელს შეუწყობს ენერჯეტიკული გენერაციისა და მოხმარების დაბალანსების პროცესის უკეთ გააზრებას.

ამასთან, კვლევა აფასებს P2P ვაჭრობის პლატფორმის პოტენციალს. ასეთი პლატფორმა მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს, მონაწილეობა მიიღონ ენერჯეტიკულ ბაზარზე არა მხოლოდ მომხმარებლის, არამედ მწარმოებლის როლშიც, რაც ავითარებს ლოკალურ P2P ბაზარს და ხელს უწყობს მის მოქნილობას. პლატფორმის გამოყენება ხელს უწყობს ეფექტურ ფასწარმოქმნას და წყვეტს ბაზრის ფუნქციონირებასთან დაკავშირებულ ზოგიერთ ტექნიკურ გამოწვევას, როგორცაა წარმოების სიჭარბე ან დეფიციტი.

დამატებით, კვლევის ფარგლებში განხორციელდა ენერჯეტიკული ინფრასტრუქტურის განვითარებასთან დაკავშირებული ტექნიკური გამოწვევების იდენტიფიცირება. განისაზღვრა ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებები, რომლებიც უზრუნველყოფს სისტემის სტაბილურობას, საიმედოობას და უსაფრთხოებას.

კვლევის ფარგლებში წარმოდგენილი მიდგომები და ტექნიკური შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს არამარტო საქართველოს რეგიონებში, არამედ მსგავს გლობალურ კონტექსტში, სადაც განახლებადი ენერჯის წყაროების ინტეგრაცია და დეცენტრალიზებული ენერგოსისტემები მნიშვნელოვანი გამოწვევაა.

## გამოქვეყნებული ნაშრომების სია:

1. Janelidze S. The Potential for Peer-To-Peer Electricity Trading in Georgia. „International Journal of Innovative Technologies in Social Science“, 2024, №4(44), pp. 1-5.
2. ჯანელიძე ს. ბლოკჩეინი და მისი გამოყენება ენერგეტიკის სექტორში. „ენერჯია“, 2024, №2(110), გვ. 83-89.
3. Ломсадзе-Кучава М., Церетели Т., Джanelidze С. Принципы блокчейн на в энергетике и определение эффективности инвестиции с учетом условия окружающей среды. „ქართველი მეცნიერები“, 2024, ტ.6, №1, გვ. 1-6.
4. ლომსაძე-კუჭავა მ., გიორგაძე ხ., ჯანელიძე ს. საინვესტიციო პროექტები, განვითარების ფაზები და საინვესტიციო აქტივობა. „ქართველი მეცნიერები“, 2024, ტ.5, №2, გვ. 16-24.
5. Ломсадзе-Кучава М., Джanelidze С. Опыт Торговли P2P И Тенденции Развития По Всему Миру. Proceedings of XII International Scientific and Practical Conference – Modern Directions of Scientific Research Development. Chicago, USA, 2022, pp. 793-801.

## Abstract

The dissertation explores the potential for implementing peer-to-peer (P2P) electricity trading, which aims to support the decentralization of Georgia's energy system and establish a regulatory framework necessary for sustainable development. The research is based on global trends, which include the decarbonization of energy systems, digitalization and the promotion of local energy markets.

Traditional energy models, which provide for the unilateral supply of electricity to consumers, no longer meet modern demands. Technological advancements and the availability of renewable energy sources offer new opportunities, allowing consumers to become producer-consumers ("prosumers") and actively participate in energy markets. This decentralized approach combines local resources, increases the efficiency of the energy system and reduces transmission losses.

Technological foundations such as blockchain and "smart" technologies are of particular importance for the development of decentralized models. Blockchain technology, which uses digital protocols, ensures the automation, transparency and security of transactions. "Smart" meters and artificial intelligence allow prosumers to optimize their own production and consumption, promote competition in the market and the energy independence of the local community. The P2P trading model offers new opportunities for sustainable development for the Georgian energy sector, which will strengthen energy security and facilitate fulfillment of global climate commitments.

The study aims to conduct an in-depth research of the implementation of the P2P electricity trading model in Georgia, especially in the area surrounding Lake Bazaleti, based on a pilot project that involves testing the concept of microgrids and the formation of a local energy market. The project combines the use of solar, wind and biomass energy, as well as electricity storage batteries, which will allow producers and consumers to trade electricity directly with each other. The study explores the synergistic potential of blockchain and microgrid systems, which will optimize energy generation, storage and consumption. The integration of blockchain technology in the project will ensure the automation of the trading process and transparency of transactions. Technological innovations, such as "smart" contracts and automated pricing, will increase market flexibility and operational efficiency. In addition, the model is compatible with European energy strategies, which aim to promote energy independence and the transition to renewable energy.

The P2P model also contributes to energy security. When consumers generate and purchase electricity locally, their dependence on the central system decreases, which increases the resilience of the local system and reduces the technical, financial and geopolitical risks associated with supply. The pilot project envisages the active involvement of the local population, which will contribute to the local economy and the creation of additional sources of income for "prosumers". The use of an energy management system will allow consumers to offer ancillary services to the local and central electricity grids through demand response, which will increase grid stability and efficiency of electricity consumption.

The pilot project emphasizes active local community involvement, boosting the regional economy and creating additional income streams for prosumers. Energy management

systems allow participants to provide ancillary services to local and central grids, improving stability and efficiency.

The development of decentralized energy models requires the establishment of a regulatory framework for P2P trading and the adaptation of existing legislation. The study considers international practices and Georgia's specific context, providing recommendations for creating a suitable legal and technological framework for the market. Regulations should ensure the protection of consumer rights while creating appropriate economic incentives for renewable energy adoption.

Based on international experience, the dissertation presents best practices and potential challenges. The research combines a literature review with technical, financial, and legal analyses to assess the socio-economic impact of the P2P model. The findings indicate that, with the right regulatory framework in place, the P2P trading model can provide significant support for Georgia's energy transition, strengthen local energy communities, and contribute to achieving sustainable development goals.

The study advances the knowledge of decentralized energy systems and offers practical recommendations to Georgian policymakers. The proposed framework will not only support the achievement of the country's sustainable energy goals but also enhance public engagement mechanisms and ensure energy accessibility for all stakeholders.