

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

პროექტის დასახელება:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ელექტრო და წყალმომარაგების  
სისტემების მუშაობის ანალიზი და მისი ოპტიმალური  
მენეჯმენტის მოდელის შემუშავება

წინამდებარე ნაშრომი წარმოადგენს: სტუ-ში 2011 წელს ჩატარებული სამეცნიერო-თეორიული და გამოყენებითი პროექტების კონკურსში გამარჯვებული პროექტის „საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ელექტრო და წყალმომარაგების სისტემების მუშაობის ანალიზი და მისი ოპტიმალური მენეჯმენტის მოდელის შემუშავება“ ანგარიშს გაწეული სამუშაოების შესახებ.

პროექტის ხელმძღვანელი: დავით ჯაფარიძე -----

შემსრულებლები: თენგიზ მუსელიანი  
ლევან კლიმიაშვილი  
ნუკრი ნაცვლიშვილი  
დემურ ჩომახიძე  
ნანა სამსონია  
ოთარ ყირიმელი  
პაატა მგელაძე

თბილისი – 2012

## ს ა რ ჩ ე ვ ი

შესავალი .....	4
თავი I. სტუ-ის ელექტრომომარაგების სისტემის ტექნიკური რეჟიმების მაჩვენებლების გამოკვლევა-გაზომვა და მომხმარებლების სტრუქტურის დადგენა.....	10
თავი II. სტუ-ის ელექტრომომარაგების ქსელების კომპიუტერული ვერსიის შექმნა.....	18
თავი III. სტუ-ში განთავსებული ელექტროენერჯის მრიცხველების ტექნიკური დიაგნოსტიკა და დანაკარგების განსაზღვრა .....	32
თავი IV. სტუ-ში ენერგოდაზოგვისა და ენერგეტიკული ეფექტიანობის ამაღლების ღონისძიებების შესახებ .....	34
4.1 სტუ-ს ელექტრომომარაგების სქემის ოპტიმიზაციის შედეგად მიღებული ეკონომიის მოცულობის განსაზღვრა .....	34
4.2 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის განათების სისტემის მდგომარეობის ანალიზი და მისი ეფექტურობის ამაღლების ოპტიმალური მოდელის შერჩევა.....	38
თავი V. სტუ-ის ელექტრომომარაგების სისტემაში ელექტროენერჯის დანაკარგების დადგენა .....	47
თავი VI. წყალმომარაგების სისტემების ტექნიკური რეჟიმების მაჩვენებლები, მომხმარებლების სტრუქტურა და რაოდენობა .....	84
თავი VII. წყალმომარაგების ქსელების კომპიუტერული ვერსიის შექმნა.....	89

თავი VIII. სასმელი წყლის დამზარჯი წერტილების და დანადგარების რაოდენობა კორპუსების მიხედვით და მათი ხარჯები .....	90
თავი IX. წყლის მოხმარების ფაქტიური სიდიდეების განსაზღვრა .....	98
თავი X. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგომომარაგების მენეჯმენტის ოპტიმალური მოდელის ფორმირება.....	101
კვლევის შედეგები და რეკომენდაციები .....	122
გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა .....	126

## შესავალი

ცნობილია, რომ ელექტროენერგიით და წყლით უწყვეტი მომარაგება აქტუალურია ნებისმიერი მომხმარებლისათვის ამ პრობლემების წარმატებით გადაწყვეტა ორგანიზაციის საქმიანობის სრულყოფის აუცილებელი წინაპირობაა. იგი შეიძლება მიღწეული იქნეს ელექტროენერგიის და წყლის დანაკარგების შემცირებით, რესურსდამზოვი ღონისძიებების გატარებით, შრომის მაღალი ორგანიზაციით. მისი როლი აქტუალურია არა მარტომატერიალური წარმოების, არამედ სოციალურ სფეროშიც. ამ პრობლემის თანამედროვე მოთხოვნის დონეზე გადაწყვეტა განსაკუთრებული მნიშვნელობას იძენს უმაღლესი სასწავლებლებისათვის, მათ შორის ტექნიკური უნივერსიტეტისათვის, რომელიც ყოველ წლიურად 4 მილიონ კვტ.სთ-მდე ელექტროენერგიას და 159147 კუბ.მეტრ წყალს მოიხმარს. პერსპექტივაში ელექტროენერგიის და წყლის მოხმარება კიდევ უფრო გაიზრდება. აღნიშნულს ემატება ისიც, რომ ტექნიკურ უნივერსიტეტში უკანასკნელ ხანებში ძლიერ გაიზარდა არაწრფივი მომხმარებლების (კომპიუტერები, კლიმატ-კონტროლები, UPS-ები, გამმართველები და სხვა) რიცხვი და შესაბამისად სიმძლავრე, რომლებიც აბინძურებენ ელექტრულ ქსელებს უმაღლესი რიგის ჰარმონიკებით. ამასთან ერთად წყალმომარაგების ქსელები ამორტიზირებულია და მოითხოვს განახლებას. ყოველივე აღნიშნული უარყოფითად მოქმედებს ელექტროენერგიის ხარისხზე, აღრიცხვის წრედებში ჩართული დენის ტრანსფორმატორების მუშაობის სიზუსტეზე და იწვევს ელექტროენერგიისა და წყლის დანაკარგების ზრდას. ამასთან ელექტროენერგიის და წყლის ღირებულების შემცირება სტუ-სათვის წარმოადგენს აქტუალურ ამოცანას. დღეისათვის ტექნიკურ უნივერსიტეტში ენერგოდაზოგვითი ღონისძიებები ტარდება მხოლოდ ელექტროენერგიის და წყლის მოწოდების გრაფიკის რეგულირებით და ქმედითი ზომები არ არის მიღებული მეცნიერული კვლევის საფუძველზე ამ პრობლემის გადასაჭრელად.

პროექტის ძირითადი არსი მდგომარეობს სტუ-ის ელექტრო და წყალმომარაგების სისტემის მუშაობის კომპლექსური შესწავლისა და მეცნიერული ანალიზიდან გამომდინარე იმ ძირითადი პრობლემების დადგენაში, რომელთა გადაწყვეტა უზრუნველყოფს უნივერსიტეტის ელექტრო და წყალმომარაგების სისტემების ეფექტიანობის ამაღლებას და მათ მოხმარებაზე ხარჯების შემცირებას.

საგრანტო პროექტის ავტორების მიერ ჩატარებულია სტუ-ის ელექტრო და წყალმომარაგების სისტემების მუშაობის ანალიზი. შემუშავებულია უნივერსიტეტის ელექტროენერგიაზე და წყალზე მოთხოვნის უზრუნველსაყოფად აუცილებელი გასატარებელი ღონისძიებათა კომპლექსი. ამ მიზნით ჩატარებული იქნა დიდი მოცულობის კვლევითი სამუშაო:

- მოპოვებულია წინა წლებში მოხმარებული ელექტროენერგიის და წყლის რაოდენობის შესახებ ობიექტური მონაცემები;
- კონკრეტული პირობებისათვის განისაზღვრა ენერგეტიკული ეფექტიანობის მაჩვენებლები;
- მეცნიერულად შესწავლილია სტუ-ში ენერგოდაზოგვისა და ენერგეტიკული ეფექტიანობის პოტენციალი;
- შემუშავდა უნივერსიტეტის ენერგოდაზოგვისა და ენერგეტიკული ეფექტიანობის გასაუმჯობესებლად განსახორციელებელი ღონისძიებები.

ჩატარდა სტუ-ის ელექტრო და წყალმეურნეობის ობიექტებზე აუდიტი. ჩატარდა უნივერსიტეტის ელექტრო და წყალმომარაგების სისტემების ტექნიკურ-რეჟიმული მაჩვენებლების გამოკვლევა-გაზომვა. დადგინდა მოხმარების სტრუქტურა. ანალიზის საფუძველზე დაზუსტებული იქნა ელექტრო და წყალმომარაგების სისტემების სქემები და შეიქმნა მათი ელექტრონული ვერსიები.

მთლიანობაში ჩატარდა 6-10 კვ ძაბვის სატრანსფორმატორო პუნქტების ძალოვანი, ძაბვის და დენის ტრანსფორმატორების, ზეთიანი ამომრთველების, კაბელების და სხვა ტექნიკური მოწყობილობების დიაგნოსტიკა.

დადგინდა 6-10 და 0,4 კვ ძაბვის ქსელების რეჟიმური პარამეტრები, მაქსიმალური და მინიმალური დატვირთვების რეჟიმში განისაზღვრება დანაკარგების ოდენობა.

შესრულდა სს „თელასის“ ქსელიდან მიღებული და უნივერსიტეტის ქსელიდან „თელასის“ ქსელში მიწოდებული ელექტროენერჯის საანგარიშგებო აღრიცხვის კვანძების და უნივერსიტეტის ტერიტორიაზე და შენობების იჯარით გაცემულ ნაწილებში განთავსებული სხვადასხვა ფიზიკური და იურიდიული პირების მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის აღრიცხვის კვანძების ტექნიკური დიაგნოსტიკა.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შედგენილია სტუ-ის ელექტროენერგეტიკული პასპორტი, რომელშიც აისახა ელექტროენერჯის მოხმარების ბალანსში მისი გამოყენების ეფექტიანობის მაჩვენებლები, ამ მაჩვენებლების დონე და ცვალებადობის დინამიკა.

სტუ-ის ელექტრო და წყალმომარაგების სისტემების მუშაობის კომპლექსური კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე, შემუშავებულია მენეჯმენტის ოპტიმალური მოდელი, რომელშიც განსაზღვრულია:

- მენეჯმენტის სტრატეგია;
- მენეჯმენტის პოლიტიკა;
- სტრატეგიის რეალიზაციის მექანიზმი;
- ორგანიზაციულ გადაწყვეტილებათა მოდელის გეგმა;

მენეჯმენტის სტრატეგიის ძირითად მიზნად დაისახა სტუ-ის ელექტრო და წყალმომარაგებაში დანახარჯების შემცირება და მომსახურების გაუმჯობესება. მენეჯმენტის პოლიტიკაში ჩამოყალიბდა ის ძირითადი დებულებები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ელექტრო და წყალმომარაგების სისტემების მუშაობის სრულყოფილ მართვას. შემუშავებული იქნა ელექტროენერჯის და წყლის დაზოგვის პროგრამა. განისაზღვრა განათების სისტემაში ეკონომიური ნათურების დანერგვის ეფექტიანობა, დაისახა ელექტრო და წყალმომარაგების სისტემებში დანაკარგების შემცირების კომპლექსური პროგრამა. მენეჯმენტის სტრატეგიით განსაზღვრული

პროგრამის უზრუნველყოფის მიზნით შემუშავებულია სტუ-ს ენერგეტიკული სამსახურის ახალი ოპტიმალური სტრუქტურა.

საგრანტო პროექტი შესრულებულ იქნა სამ ეტაპად.

## I ეტაპი

- სტუ-ის კორპუსების მიხედვით ელექტრო და წყალმომარაგების სისტემების ტექნიკური (ენერგეტიკული) რეჟიმების მაჩვენებლების გამოკვლევა-გაზომვა, მომხმარებლების სტრუქტურის დადგენა, კვლევის შედეგების ანალიზი;
- სტუ-ის ელექტრო და წყალმომარაგების ქსელების კომპიუტერული ვერსიის შექმნა;
- ელექტრომომარაგების მოწყობილობების, ელექტროენერჯის მრიცხველების ტექნიკური დიაგნოსტიკის ჩატარება და დანაკარგების განსაზღვრა;
- სტუ-ის წყალმომარაგების სისტემის სქემის, მომხმარებელთა რაოდენობისა და ძირითადი მახასიათებელი ფაქტიური სიდიდეების მოძიება, დადგენა და ანალიზი;
- სასმელი წყლის დამხარჯი წერტილების და დანადგარების რაოდენობის დადგენა და კორპუსების მიხედვით და მათი ხარჯების შეფასება;
- კორპუსებში წყლის ხარჯების ფაქტიური სიდიდეები, წყალმომომხმარებელი ყოველდღიური ანათვლების საფუძველზე. კალიბრის მიხედვით წყალმომომხმარებლის მაჩვენებლების შეფასება;

## II ეტაპი

- სტუ-ში ენერგოდაზოგვისა და ენერგეტიკული ეფექტიანობის პოტენციალის მეცნიერულად შესწავლა;
- 6-10 კვ ძაბვის ქსელების რეჟიმული პარამეტრების დადგენა მაქსიმალური და მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში. ელექტროენერჯის ფაქტიური და ტექნიკური დანაკარგების დადგენა;
- სტუ-ის ტერიტორიაზე და შენობებში იჯარით გაცემულ ფართობებზე განთავსებული სხვადასხვა იურიდიული პირების მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის აღრიცხვის კვანძების ტექნიკური დიაგნოსტიკა და პასპორტების შედგენა;
- წყლის მოხმარების ფაქტიური რეჟიმის დასადგენად აქტიური ექსპერიმენტის ჩატარება და მაქსიმალური, საშუალო და მინიმალური საათური ხარჯების განსაზღვრა;
- სხვადასხვა კორპუსებში, სანიტარული ხელსაწყოების არამიზნობრივი გამოყენების შედეგად, სასმელი წყლის დანაკარგების ფაქტიური სიდიდის შეფასება;
- სტუ-ის არენდატორების წყლის ხარჯების სიდიდეების შეფასება;

## III ეტაპი

- ენერგოდამზოგი ღონისძიებების დანერგვის შედეგად ელექტროენერჯისა და წყლის არამიზნობრივი ხარჯების შემცირების რაოდენობრივი შეფასება;
- სტუ-ში ელექტროენერჯისა და წყლის გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება და მისი გაუმჯობესებისათვის აუცილებლად განსახორციელებელი გეგმის შემუშავება;
- მეცნიერული კვლევის საფუძველზე ელექტრომომარაგების სისტემის მუშაობის ტექნიკურ-ეკონომიური ეფექტიანობის შეფასება და წამოჭრილი პრობლემების გადასაჭრელად ეფექტური ღონისძიებების დასახვა-განხორციელება;



- სასმელი წყლის გამოყენების ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასება და წყალმომარაგების სისტემის ოპტიმალური მენეჯმენტის დაგეგმვა;
- ტექნიკური მიზნებისათვის ჭაბურღილებით მიღებული წყლის შესაძლო გამოყენების შეფასება;
- სასმელი წყლის რაციონალური მოხმარების და დანაკარგების შემცირების მიზნით გასატარებელ ღონისძიებათა შემუშავება;
- ელექტროენერგეტიკული და წყალმომარაგების პასპორტის შედგენა;
- მიღებული კვლევის შედეგების მიხედვით ელექტროდა წყალმომარაგების მენეჯმენტის ოპტიმალური მოდელის შემუშავება;

დასახული გეგმის სრულყოფილად შესრულების მიზნით გრანტის შემსრულებლები პროფესიონალიზმის გათვალისწინებით გაიყო ორ ჯგუფად. ერთმა ჯგუფმა გამოიკვლია სტუ-ს ელექტრომომარაგების სისტემის მუშაობა ეტაპების მიხედვით განსაზღვრული საკითხები და მეორე ჯგუფმა წყალმომარაგების სისტემის მუშაობა. წინამდებარე ანგარიში აღნიშნულის შესაბამისად არის ჩამოყალიბებული.

## თავი I. სტუ-ის ელექტრომომარაგების სისტემის ტექნიკური რეჟიმების მაჩვენებლების გამოკვლევა-გაზომვა და მომხმარებლების სტრუქტურის დადგენა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი წარმოადგენს ელექტროენერჯის დიდ მომხმარებელს. უნივერსიტეტის სატრანსფორმატორო პარკის დადგმული სიმძლავრეა 7.7 მეგავატი. 2010 წელს მოხმარებული იქნა 4.684.110 კვტ.სთ ელექტროენერჯია, მისმა საფასურმა, 14,89 თეთრი/კვტ.სთ ტარიფით, შეადგინა 692 159 ლარი. 2011 წელს 5121180 კვტ.სთ, თანხით 762544 ლარი. მათ შორის კომერციული ორგანიზაციების მიერ მოხმარებულმა ელექტროენერჯის მოცულობამ 2010 წელს შეადგინა მთელი მოხმარებული ელექტროენერჯის 26 % ანუ 1.214.830 კვტ.სთ, ხოლო 2011 წელს 31 % ანუ 1599960 კვტ.სთ.

აღნიშნულიდან გამომდინარე განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს ელექტრომომარაგების მენეჯმენტის ოპტიმიზაციის პრობლემის გადაწყვეტა, მომხმარებლების ტექნიკური რეჟიმების გამოკვლევა-გაზომვა და სტრუქტურის დადგენა. ამ პრობლემის გადაწყვეტისადმი მიძღვნილიამრავალი სამეცნიერო ნაშრომი [2,3,4,5,6,12,13,14,15,16].

ამ ამოცანების მოთხოვნების დონეზე შესწავლა საშუალებას მოგვცემს სწორად დაიგეგმოს მოხმარების რეჟიმები და შემუშავებული იქნეს ელექტროენერჯის ეკონომიის მეცნიერულად დასაბუთებული პროგრამა. ამ პროგრამის განხორციელებამ უნდა უზრუნველყოს უნივერსიტეტის ელექტრომომარაგების სისტემის ეკონომიკურ რეჟიმში მუშაობა, ეს კი მენეჯმენტის ოპტიმიზაციის მთავარ ამოცანას წარმოადგენს.

დასმული პრობლემების აქტუალობიდან გამომდინარე გრანტის ფარგლებში შემუშავებული იქნა კვლევის მეთოდოლოგია. ამ მეთოდოლოგიის მიხედვით სტუ-ის ელექტრომომარაგების სისტემის ტექნიკური რეჟიმების მაჩვენებლების გამოკვლევა-გაზომვა ჩატარდა ადგილებზე, დეტალურად იქნა შესწავლილი მომხმარებლების სიმძლავრეები, განხორციელდა მომხმარებლების სრული აღწერა, შესწავლილი იქნა

ტექნიკური პარამეტრები. ტექნიკური რეჟიმების გამოკვლევა-გაზომვა წარმართა ექსპერტული შეფასების საუბველზე. გამოყენებული იქნა ექსპერტული შეფასების დელფის [19] მეთოდი.

ამ მეთოდის შესაბამისად გამოიკითხა სასწავლო-სამეცნიერო ლაბორატორიების, დეპარტამენტების, მიმართულებების და დეკანატების ხელმძღვანელები: ლაბორატორიული დანადგარების, კომპიუტერული და სხვა ორგტექნიკის გამოყენების რეჟიმების შესახებ. ცალკე კვლევას დაექვემდებარა სტუ-ის კორპუსების განათების სისტემა. დეტალურად აღიწერა განათების კვანძები, პერიოდული დაკვირვებებით დადგინდა თითოეული განათების წერტილების მუშაობის ხანგრძლივობა და სიმძლავრე. კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენებით შესრულდა კვლევის შედეგების სტატისტიკური დამუშავება. მიღებული ინფორმაციის მიხედვით ჩამოყალიბდა უნივერსიტეტის ელექტროენერჯის მომხმარებლების დადგმული სიმძლავრის სტრუქტურა. დადგინდა თითოეული მოხმარების მუშაობის ტექნიკური რეჟიმები და მოხმარებული ელექტროენერჯის მოცულობა.

გამოირკვა, რომ საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს ჰყავს სამი ტიპის მომხმარებელი: საკუთარი, კომერციული ქვეაბონენტები და სს „თელასის“ აბონენტები. საკუთარი მომხმარებლები მოიცავს სასწავლო-სამეცნიერო ლაბორატორიებს, სასწავლო კაბინეტებს, სასწავლო კორპუსების განათებას და სხვა სათავსოებს. კვლევებით დადასტურებულია სტუ-ის ელექტროენერჯის საკუთარი მომხმარებლების სიმძლავრეების სიდიდეები. რომელიც მოცემულია ცხრილ № 1-ში.

ცხრილი № 1

სტუ-ის საკუთარი მოხმარების დადგმული სიმძლავრეები

№	კორპუსი	აუდიტ.	ლაბ.	კაბინ.	დერეფ.	კომპ.	კონდ.	სხვა	ჯამი
1	I	61,44	68,49	26,21	56,74	288,3	66	1018	1585,18
2	II	17,47	37,56	5,18	57,74	24,6	55,2	720	917,75
3	III	10,68	42,6	9,65	7,06	29,4	14,4	640	753,79
4	IV	11,32	16,46	4,32	11,38	25,8	9,6	270	348,88
5	VI	51,36	41,37	27,6	39,62	177,6	48	293,28	678,83
6	VII	6,62	5,9	1,15	3,46	9,0	6,0	75	107,13
7	VIII	22,68	24,05	10,66	20,16	91,8	40,8	328	538,15
8	IX	5,04	7,92	0,86	2,88	37,8	8,4	10,0	72,9

9	X	14,83	11,66	1,87	20,32	15,6	12,0	274,0	350,28
10	ადმინისტ.	-	2,64	66,22	14,4	91,2	98,4	150	422,86
	<b>სულ</b>	<b>201,44</b>	<b>258,65</b>	<b>153,72</b>	<b>233,76</b>	<b>791,1</b>	<b>358,8</b>	<b>3778,28</b>	<b>5775,75</b>

როგორც წარმოდგენილი №1 ცხრილიდან ჩანს, სტუ-ის საკუთარი მომხმარებლის საერთო დადგმული სიმძლავრე შეადგენს 5775,75 კვტ-ს. საერთო დადგმულ სიმძლავრეში თითოეული კატეგორიის მომხმარებლის დადგმული სიმძლავრის წილი შეადგენს:

1. აუდიტორიების - 3,5 %;
2. ლაბორატორიების - 4,5 %;
3. კაბინეტების - 2,7 %;
4. დერეფნების - 4,0 %;
5. კომპიუტერების - 13,7 %;
6. კონდინციონერების - 6,2 %;
7. სხვა (ჩარხები, საკვლევი დანადგარები) - 65,4 %.

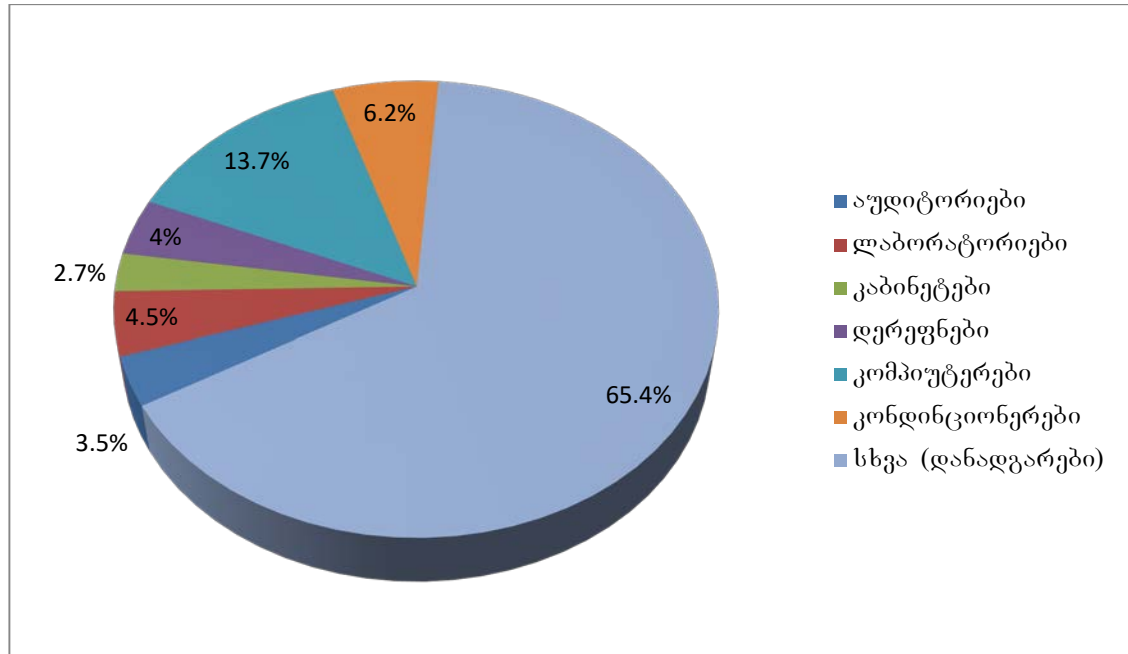
---

სულ 100 %

ცხრილ №1-ში მოყვანილი მონაცემების საფუძველზე შედგენილია სტუ-ის თითოეული კატეგორიის მომხმარებლის დადგმული სიმძლავრის სტრუქტურა, რომელიც მოცემულია ნახაზ № 1-ზე.

ნახაზი №1

სტუ-ის თითოეული კატეგორიის მომხმარებლის დადგმული სიმძლავრის  
სტრუქტურა



ექსპერტული შეფასებით დადგინდა, რომ სასწავლო აუდიტორიების განათების სისტემების მუშაობის ხანგრძლივობა ერთ ცვლაში შეადგენს 2 საათს, ლაბორატორიების სიმძლავრეების გამოყენების საათთა რიცხვია 6, დერეფნების განათების სისტემების 6 საათი, კაბინეტების 8 საათი, კომპიუტერების მუშაობის საშუალო დღიური ხანგრძლივობა 6 საათია, კონდინციონერების 8 საათი 4 თვის განმავლობაში, სხვა დანადგარების 4 საათი.

ცხრილი № 1-ის მონაცემების და ექსპერტული შეფასების მიღებით თითოეული ელექტროენერჯის მომხმარებლის მუშაობის ხანგრძლივობის გათვალისწინებით.

საკუთარი მოხმარების თითოეული კატეგორიის მომხმარებლის მიერ საშუალოდ მოხმარებული ელექტროენერჯია ტოლი იქნება:

1. აუდიტორიების –  $201,44 \text{ კვტ} \times 2 \text{ სთ} \times 26 \text{ დღე} \times 10 \text{ თვე} = 104749 \text{ კვტ.სთ};$
2. ლაბორატორიების -  $258,65 \text{ კვტ} \times 6 \text{ სთ} \times 26 \text{ დღე} \times 10 \text{ თვე} = 403494 \text{ კვტ.სთ};$
3. კაბინეტების –  $153,72 \text{ კვტ} \times 8 \text{ სთ} \times 26 \text{ დღე} \times 11 \text{ თვე} = 350064 \text{ კვტ.სთ};$

4. დერეფნების – 233,76 კვტ X 8 სთ X 26 დღე X 10 თვე = 486221 კვტ.სთ;
5. კომპიუტერების - 791 კვტ X 6 სთ X 26 დღე X 8 თვე = 987168 კვტ.სთ;
6. კონდინციონერების - 358,8 კვტ X 8 სთ X 26 დღე X 4 თვე = 298522 კვტ.სთ;
7. სხვა დანადგარები - 755,6 კვტ X 4 სთ X 26 დღე X 11 თვე = 864406 კვტ.სთ;

---

სულ საკუთარი მომხმარებლები 3 494 614 კვტ.სთ

ჩატარებული ანგარიშებით მიღებული მოხმარებული ელექტროენერჯის რაოდენობა დაახლოებით ტოლია რეალურად მოხმარებული ელექტროენერჯისა (3 494 614 კვტ.სთ  $\approx$  3 469 280 კვტ.სთ)

წლიურად საერთო მოხმარებულ ელექტროენერჯიაში სტუ-ის საკუთარი მოხმარების თითოეული კატეგორიის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯია შეადგენს:

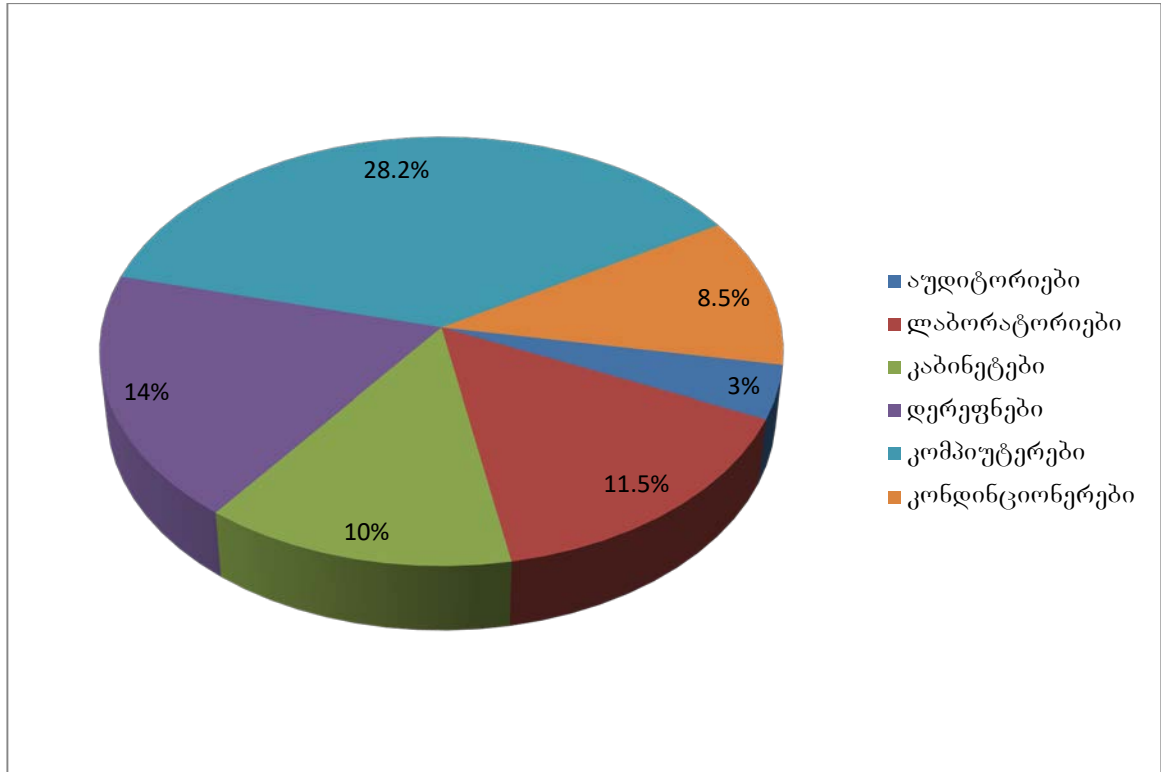
1. აუდიტორიების – 3 %;
2. ლაბორატორიების – 11,5 %;
3. კაბინეტების – 10 %;
4. დერეფნების - 14 %;
5. კომპიუტერების – 28,2 %;
6. კონდინციონერების – 8,5 %;
7. სხვა დანადგარების – 24,8 %.

---

სულ 100 %

ზემოთ მოყვანილი მონაცემების საფუძველზე შედგენილია სტუ-ის საკუთარი მოხმარების თითოეული კატეგორიის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის სტრუქტურა, რომელიც მოცემულია ნახაზ № 2 - ზე.

სტუ-ის საკუთარი მოხმარების თითოეული კატეგორიის მიერ მოხმარებული ელექტროენერგიის სტრუქტურა



როგორც ზემოთ ავლნიშნეთ, სტუ-ის გარდა საკუთარი მოხმარებლებისა ჰყავს კომერციული ქვეაბონენტები, რომელთს ჩამონათვალი და მათ მიერ 2010 წელს მოხმარებული ელექტროენერგიის რაოდენობა მოცემულია ცხრილ № 2 - ში.

ცხრილი № 2

სტუ-ის კომერციული ქვეაბონენტების მიერ მოხმარებული ენერგია 2010 წელს

№	ობიექტის დასახელება	მრიცხველის №	დახარჯული ენერგია, კვტ.სთ	თანხა, ლარი
<b>I კორპუსი</b>				
1	შპს „ამირანი XXI	28885255	29177	4344,45
2	მრეწველ-განვითარება კავკასიაში	28886162	17763	2644,95
3	ი.მ. „ბეჟანიშვილი“	296593	1497	222,9
4.	სტრუქტურული კვლევის	2131421	14284	2126,9

	ცენტრი			
5	ი.მ „ნ.გოგოლაძე“	სიმძლავრით 180	2160	321,65
6	შ.პ.ს „დევედარიანის სკოლა“	სიმძლავრით 1956	12672	1886,85
7	შ.პ.ს. „ტონუსი“	M 128	196800	29303,55
8	შ.პ.შ „მაკოტო“	40436	866	128,95
9	საკანცელარიო მალაზია	233456	347	51,7
10	ი.მ. „ზაალიშვილი“	625341	4149	617,8
11	შ.პ.ს. „ ლიბერო ტური“	121739	6448	960,1
<b>II-VII – X კორპუსები</b>				
12	შ.პ.ს. „ფალავანი“	394822	15099	2248,25
13	სავაჭრო ჯიხური მე-10 კორპ.	სიმძლავრით 175	2100	312,7
14	შ.პ.ს. „მაჭახელა ჯგუფი“	71464706	989	147,25
15	ქსეროქსი II კ.I სართული	0656335	140	20,85
16	კუბლაშვილიდა ადვოკატები	071298040	1651	245,85
17	ი.მ. ზ. რომანიშვილი	სიმძლავრით 175	2100	312,7
<b>III-IV კორპუსები</b>				
18	კაფე „ვილა ძარა“	293647	117180	17448,1
19	შ.პ.ს. „ჯეოპროგრესგრუპი“	36811498	6750	1005,0
20	შ.პ.ს. „მინიტელსი“	0854	850	126,55
21	შ.პ.ს.„ორბი“	00385	385	57,35
<b>V- VIII კორპუსები</b>				
22	შ.პ.ს. „მობიტელი“	სიმძლავრით 1186	14232	2119,15
23	შ.პ.ს. „მიკროლაბი“	სიმძლავრით 280	3360	500,3
24	შ.პ.ს. „მაგთიკომი“	9183802	30847	4593,1
25	შ.პ.ს. „ჯეოსელი“	1017746	38609	5748,9
26	მერიის საციგურაო	866140	115920	17260,5
27	საქართველოს უნივერსიტეტი	085991	62640	9327,1
28	ქართულ-ევროპული უნ-ტი	54119006	17443	2597,25
29	შ.პ.ს. „ტრანსფიბერსერვისი“	სიმძლავრით 168	2016	300,2
<b>VI კორპუსი</b>				
30	შ.პ.ს. „ჯეოსელი“	004038	89137	13272,5
31	შ.პ.ს. „გლობალ ერთი“	0923415	1962	292,15
32	შ.პ.ს. „ტექნიკოსი“	28754419	8396	1250,15
33	კავკასიის უნ-ტი		77400	11524,85
34	შ.პ.ს.„რომპეტროლი-საქართველო“	29672312	81780	12177,0
35	საბილიარდო „უნივერსი“	31066671	15810	2354,1
36	შპს.ს. გამაკრედიტჯგუფი	453467	1296	193,0
37	ავტოსკოლა	სიმძლავრით 105	1260	180,15
38	ქსეროქსი	699860	2458	366,0
39	გადამზადების ცენტრი	30351504	12013	1788,75
40	კაფე,ი.მ.დ.სამუშია“ VI სართ.	სიმძლავრით 112	1344	200,15
41	კაფე IV სართ.	020045	5266	784,1
42	კაფე I სართ.	28885315	3445	512,95
<b>ადმინისტრაციული კორპუსი</b>				
43	შ.პ.ს. „ორი წუთი“	539893	19109	2845,35



44	ინტერნ.დეველ.კომპანი	0183446	44400	6611,15
45	საოფ. მშენებლობა „კრონა“	0429464	17250	2568,55
46	შ.პ.ს. „ბომბორა“	248005	1194	117,8
47	შ.პ.ს. „პლანეტა ფორტე“	სიმძლავრით 85	1020	151,88
სულ			1 214.830	183 133,4

კომერციული ობიექტების საერთო დადგმული სიმძლავრე შეადგენს 452 კვტ-ს. 2010 წელს სს „თელასის“ აბონენტების მიერ მოხმარებული იქნა 1 435 514 კვტ.სთ ელექტროენერგია თანხით 213 748 ლარი. სს „თელასის“ აბონენტების საერთო დადგმული სიმძლავრე შეადგენს 356 კვტ-ს.

## თავი II. სტუ-ის ელექტრომომარაგების ქსელების კომპიუტერული ვერსიის შექმნა

გამოირკვა, რომ სტუ-ის ელექტრომომარაგების ქსელების კომპიუტერული ვერსიის შექმნას წინ უძღოდა დიდი მოცულობის კვლევები. სპეციალისტების მიერ ადგილებზე დეტალურად იქნა შესწავლილი ქსელში შემავალი თითოეული კვანძის ტექნიკური მდგომარეობა. შემოწმდა სატრანსფორმატორო ქვესადგურების მუშაობის საიმედოობა, წარმოჩენილი იქნა პრობლემები და შემუშავებული იქნა მათი გადაწყვეტის ღონისძიებები.

სტუ-ს მომხმარებლების ელენერგიით კვება ხორციელდება ოთხი 6/0,4 კვ ქვესადგურიდან:

- 6/0,4 კვ ქვესადგური №T 136
- 6/0,4 კვ ქვესადგური №A 41
- 6/0,4 კვ ქვესადგური №A 1003
- 6/0,4 კვ ქვესადგური №A 1182

ოთხივე ქვესადგური არის სტუ-ის საკუთრებაში და ექსპლუატაციის სამუშაოებს ასრულებს მისი პერსონალი როგორც 6000 ვ მხარეზე, ისევე 400 ვ მხარეზე. უკეთესი წარმოდგენის შესაქმნელად განვიხილოთ ყველა ქვესადგური ცალცალკე. ამისათვის, პირველ რიგში, აუცილებელია შევადგინოთ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქვესადგურების ელმომარაგების არსებული რეალური ცალხაზოვანი სქემები. ნახ. № 3-ზე მოცემულია 6/0,4 კვ ქვესადგური №T 136-ის რეალური ცალხაზოვანი სქემა.

ნახ. № 3

ქვესადგური № T 136 განლაგებულია სტუ-ის № 1 კორპუსის ტერიტორიაზე. კონსტრუქციულად წარმოადგენს ორსართულიან შენობას. პირველ სართულზე განლაგებულია ოთხი ძალოვანი ტრანსფორმატორი, თითოეული 630 კვა სიმძლავრით. ტრანსფორმატორები განლაგებულია ცალ-ცალკე კამერებში. № 3 ტრანსფორმატორი მწყობრიდან არის გამოსული. პირველ სართულზევე ტრანსფორმატორების უკან შენობაში (ცალკე შესასვლელებით) განლაგებულია 0,4 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობა 0,4 კვ ძაბვაზე. 0,4 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობა შესდგება 9 ცალი ლითონის III B -ის ტიპის კარადებისგან (ცალმხრივი მომსახურებით). ეს გამანაწილებელი მოწყობილობა მიერთებულია და იკვებება №1 და №2 ტრანსფორმატორებიდან. პირველივე სართულზე ცალკე სათავსში და გარეთ კედელზე განლაგებულია ЯБПВУ- 400 ტიპის (4 ცალი), სს „თელასის“ სტანდარტი 1 – ის ტიპის (2 ცალი), ПР-900 ტიპის (1ცალი) ძალოვანი კარადები და 2 ცალი ავტომატური ამომრთველები. ეს მოწყობილობა იკვებება №4 ძალოვან ტრანსფორმატორიდან.

მეორე სართულზე განლაგებულია 6 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობა, რომელიც შედგება ორი სათავსისაგან და წარმოადგენს რკინა-ბეტონის უჯრედებს. ამ უჯრედებში დაყენებულია 6 კვ გამთიშველები და ორ-ორი ცალი ამომრთველი და ძაბვის ტრანსფორმატორები. სათავსის ერთ მხარეზე განლაგებულია შემომყვანი ხაზების უჯრედები (2 ცალი) და ძაბვის ტრანსფორმატორები. სათავსის მეორე მხარეზე განლაგებულია ძალოვანი ტრანსფორმატორების საკომუტაციო აპარატურა- 4 ცალი ნკვ გამთიშველი.

უნდა აღინიშნოს მეორე სართულზე ასასვლელი კიბეების და კორიდორის სივიწროვე. (ნორმების დარღვევით). 630 კვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორებს გავლილი აქვთ ნორმატიული სამსახურის ვადა – 25 წელიწადი. 6 კვა გამანაწილებელი მოწყობილობა ფიზიკურად გაცვეთილია და მორალულად დაძველებული. ამ თაობის მოწყობილობა არა თუ არ იწარმოება და შეუძლებელია მათი კომპლექტაცია სათადარიგო ნაწილებით, არამედ ისინი არ შეესაძლებიან არსებულ ნორმების მოთხოვნებს. 0,4 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობა III B -ის

ტიპის კარადების საკომუტაციო აპარატურა (გამთიშველები, ამომრთველები), ასევე არის მოძველებული, ამჟამად არ ხდება ამ კონსტრუქციის ამომრთველების წარმოება და ისინი არ შეესაბამებიან თანამედროვე ნორმატიულ მოთხოვნებს. საჭიროა მათი შეცვლა მოდულის ტიპის („ლეგრანი“, „მოლერი“) ან BA ტიპის ამომრთველებით. 0,4 კვა გამანაწილებელი ძალოვანი ЯБПВУ- 400 ტიპის ყუთები, ПР-900 ტიპის კარადა და 2 ცალი ავტომატური ამომრთველი შეიძლება შეცვლილი იყოს ერთი კომპაქტური კარადით ან გამანაწილებელი ШО -ის ტიპის კარადებით. განსაკუთრებულად მოწესრიგებას მოითხოვს 0,4 კვ საკაბელო ქსელი, რომელიც ჩამოკიდულია (გაყვანილიც არ არის) კედელზე „კონებით“, სადაც დარღვეულია როგორც ტექნიკური ნორმები (მანძილი კაბელებს შორის, მოლუნვის რადიუსი, გაყვანილობის ხერხი და სამაგრები), ასევე ხანძარსაწინააღმდეგო ნორმები. ეს ყველაფერი ნათლად ასახულია ქვემოთ მოცემულ ფოტოებზე:







ნახ. № 4 –ზე მოცემულია 6/0,4 კვ ქვესადგური № A 41–ის რეალური ცალხაზოვანი სქემა.

ნახ. № 4

ქვესადგური № A 41 განლაგებულია სტუ-ის მეშვიდე კორპუსის ეზოში. კონსტრუქტიულად წარმოადგენს ცალკემდგომ ერთ სართულიან შენობას. 6 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობა განთავსებულია ცალკე სათავსოში და წარმოადგენს რკინა-ბეტონის უჯრედებს. შედგება 5 უჯრედისგან – ორი სახაზო უჯრედი, ორი ტრანსფორმატორის უჯრედი და ერთი ცარიელი სარეზერვო. სახაზო უჯრედები დაკომპლექტებულია ძველი ტიპის გამთიშველებით, ხოლო სატრანსფორმატორო უჯრედები – ისეთივე გამთიშველებით და დნობადი მცველებით. ძალოვანი ტრანსფორმატორები – ორი ცალი 800–800 კვა სიმძლავრის (ზეთით გაცივების) განლაგებულია ცალ-ცალკე კამერებში. ტრანსფორმატორები ექსპლუატაციაში არიან 1968 წლიდან – ანუ გასული აქვთ სამსახურის ვადა. ტრანსფორმატორის შესაკეთებლად გამორიცხულია სათადარიგო ნაწილების შექმნა, ეს მოწყობილობა იყო დამზადებული პოლონეთში. 0,4 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობა განლაგებულია ცალკე სათავსოებში და შესდგება IIIO - 70 ის ტიპის კარადებისგან გამთიშველით და დნობადი მცველებით. საკომუტაციო მოწყობილობა ამორტიზირებულია და მოითხოვს შეცვლას.

ნახ. № 5 –ში მოცემულია 6/0,4 კვ ქვესადგური № A 1182 –ის და № A 1003 –ის რეალური ცალხაზოვანი სქემები.

ნახ. № 5

ქვესადგური № A1182 განლაგებულია სტუ-ის მერვე კორპუსის შენობაში. კონსტრუქციულად წარმოადგენს ჩაშენებული ტიპის ქვესადგურს. ეს არის კომპლექტური „სამრეწველოს“ ტიპის ქვესადგური YBH - ტიპის 6კვ კარადებით, 1000 კვა სიმძლავრის ძალოვანი ტრანსფორმატორებით და KH - ის ტიპის 0,4 კვ კარადებით, დაკომპლექტურებული ABM ავტომატური ამომრთველებით.

№ 2 ძალოვანი ტრანსფორმატორის 6 კვ YBH - ტიპის კარადაზე კუსტარულად მიშენებულია KCO – 272 ტიპის კარადა ზეთიანი ამომრთველით. KCO – 272 ტიპის კარადაზე ასევე კუსტარული შესრულებით (ნორმების დარღვევით) დაყენებულია 6 კვ ძაბვის ტრანსფორმატორი ΠΚΤ –6 ტიპის დნობადი მცველით. 6 კვ მხარეზე ძალოვანი ტრანსფორმატორები არიან დაპარალელებული კაბელით. 6კვ და 0,4 კვ მოწყობილობების საკომუტაციო აპარატები არიან ამორტიზირებული და დღევანდელი დღისათვის არ ხდება მათი წარმოება. 0,4 კვ ავტომატური ამომრთველები შეიძლება შეიცვალოს (შეკეთების შემთხვევაში) მოდულური ტიპის ამომრთველებით.

ქვესადგური № A 1003 განლაგებულია სტუ-ის ადმინისტრაციული კორპუსის უკან და კონსტრუქციულად წარმოადგენს ცალკემდგომ ერთ სართულიან შენობას. 6 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობა განთავსებულია ცალკე სათავსოში შესდგება კომპლექტური სტაციონალური ცალმხრივი მომსახურების KCO – 272 და KCO – 366 ტიპის კარადებისაგან – სულ 6 კარადაა. KCO – 272 ტიპის კარადებში დაყენებულია BMΓ – 10 ტიპის ზეთიანი ამომრთველები, რომლებიც 2000 წლიდან მოხსნილი არიან წარმოებიდან. შესაძლებელია და საჭიროა ამ კარადების რეტროფიტი – შეკეთება და ზეთიანი ამომრთველების შეცვლა ვაკუუმური ამომრთველებით. ასევე შეიცვლება კარადების რელეური მოწყობილობა. KCO – 366 ტიპის კარადებში დაყენებულია 10 კვ გამთიშველები, დატვირთვის BHP – 10 ტიპის ამომრთველები და 6 კვ დნობადი მცველები. ცალკე სათავსოებში დაყენებულია 2 ცალი ძალოვანი ტრანსფორმატორი ზეთით გაცივების სისტემით. საჭიროა ზეთის ლაბორატორიული სინჯების გაკეთება და მისი ხარისხის შემოწმება.



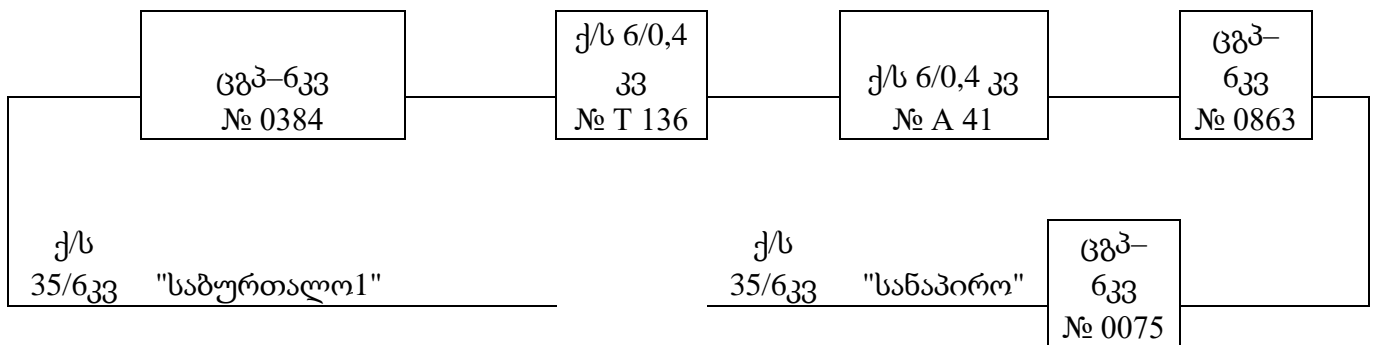
0,4 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობა განლაგებულია ცალკე სათავსებში და შესდგება IIIO - 70 ის ტიპის კარადებისგან, რომლებიც არიან დაკომპლექტებული ავტომატური ამომრთველებით, ასევე გამთიშველებით და დნობადი მცველებით. ამ ტიპის ავტომატური ამომრთველები დღეისათვის აღარ გამოიშვება – მოხსნილი არიან წარმოებიდან. საკომუტაციო აპარატურა მოითხოვს შეკეთებას და შეცვლას.

აღნიშნულთან ერთად მკაფიოდ უნდა განისაზღვროს სტუ-ის ელექტრომომარაგების სისტემის იურიდიული სტატუსი და დადგინდეს კომერციული და სხვა ორგანიზაციების უნივერსიტეტის საკუთრებაში არსებული ქვესადგურებიდან ელექტრომომარაგების კანონიერება და ეკონომიკური ეფექტიანობა.

ამ მხრივ დღეისათვის სტუ-ში შექმნილია შემდეგი მდგომარეობა:

ქვესადგური № T 136 მთლიანობაში (6კვ – დ.გ.მ, 4 ცალი ძალოვანი ტრანსფორმატორები, 0,4 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობები და ცალცალკეთ დაყენებული აპარატები და ყუთები) წარმოადგენს სტუ-ის საკუთრებას და სტუ-ის პერსონალი აწარმოებს მის ექსპლოატაციას.

ქვესადგურის 6 კვ ძაბვის საკაბელო ქსელი წარმოადგენს ქალაქის ქსელის ნაწილს და არის სს „თელასის“ ოპერატიულ მართვაში, რაც ჩანს შემდეგი სქემატური კავშირიდან ( სს „თელასის“ მონაცემებიდან):



ამ სქემიდან ნათლად ჩანს, რომ ფუნქციონალურად ქვესადგურები № T 136 და № A 41 არის სს „თელასის“ 6 კვ ქსელის ნაწილი. ამ სქემიდან ასევე ჩანს, რომ ელექტრომომარაგების ტექნიკური ზღვარი გადის ქვესადგურის 0,4 კვ

მოწყობილობების მხარეზე, ხოლო იურიდიულათ ზღვარი გადის ქვესადგურის 6 კვ მხარეზე.

ამავე დროს ქვესადგურში განცალკევებულია მომხმარებლების ელექტრომომარაგება:

- ✓ ტრანსფორმატორი № 3 კვებავს 0,4 კვ ძაბვის სს „თელასის“ აბონენტებს, ამავე დროს მათი დატვირთვით გამოწვეული 6 კვ ქსელსა და ძალოვან ტრანსფორმატორში ელექტრო ენერჯის დანაკარგებს და საექსპლუატაციო ხარჯებს ანაზღაურებს სტუ.
- ✓ ტრანსფორმატორები № 1 და №2 კვებავს 0,4 კვ ძაბვის სტუ-ის მომხმარებლებს და ამავე დროს ვერ უზრუნველყოფს 6 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობების ექსპლუატაციას და ოპერატიულ მართვას.
- ✓ 0,4 კვ ძაბვის სს „თელასის“ აბონენტების მკვებავი საკაბელო ხაზებში და საკომუტაციო აპარატები არის კომერციული ორგანიზაციების საკუთრება, ხოლო ექსპლუატაციას უწევს სტუ-ს მომსახურე პერსონალი, სათანადო ხარჯებს უწევს სტუ.

ქვესადგური № A 41 მთლიანობაში (6კვ – დგმ, 2 ცალი ძალოვანი ტრანსფორმატორები, 0,4 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობა) წარმოადგენს სტუ-ს საკუთრებას და სტუ-ს პერსონალი აწარმოებს მათ ექსპლუატაციას. ისევე როგორც ქვესადგური № T 136 – ის შემთხვევაში, აქაც 6 კვსაკაბელო ქსელი, ძალოვანი ტრანსფორმატორები არიან სს „თელასის“ ოპერატიულ მართვაში და არიან სს „თელასის“ 6 კვ ქსელის ნაწილი.

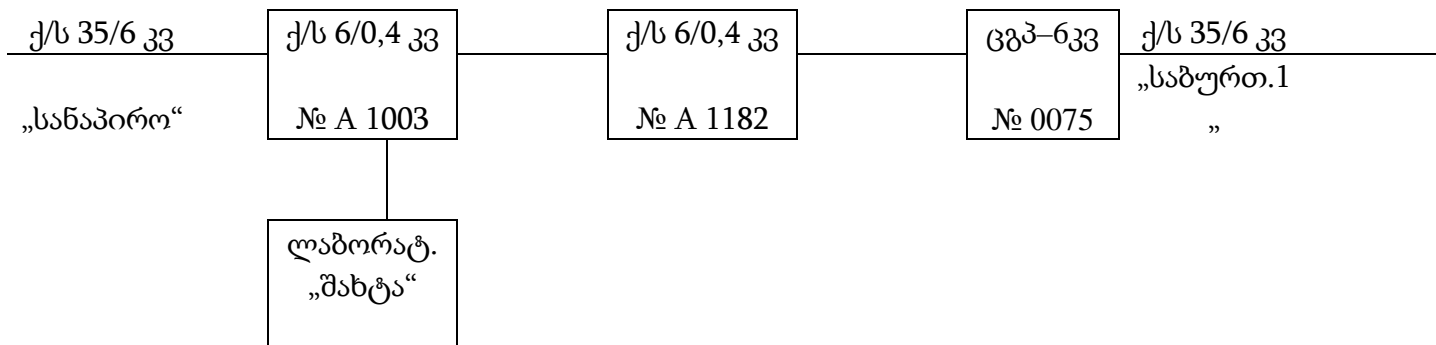
აქაც ელექტრომომარაგების ტექნიკური ზღვარი გადის ქვესადგურის 0,4 კვ მოწყობილობის მხარეზე, ხოლო იურიდიულად საკუთრების ზღვარი გადის ქვესადგურის 6 კვ მხარეზე. ამავე დროს ქვესადგურებში განცალკევებულია მომხმარებლების ელექტრომომარაგება:

- ✓ ტრანსფორმატორი № 1 კვებავს 0,4 კვ ძაბვის სტუ-ს მომხმარებელს და ამავე დროს ვერ უზრუნველყოფს 6 კვ ქსელის ექსპლუატაციას და ოპერატიულ მართვას.

- ✓ ტრანსფორმატორი № 2 კვებავს 0,4 კვ ძაბვის სს „თელასის“ აბონენტებს, ამავე დროს მათი დატვირთვით გამოწვეული 6 კვ ქსელში და ძალოვან ტრანსფორმატორში ელენერგიის დანაკარგებს და საექსპლუატაციო ხარჯებს ანაზღაურებს სტუ.

ქვესადგური № A 1182 მთლიანობაში (6 კვ – გამანაწილებელი მოწყობილობა, ძალოვანი ტრანსფორმატორები, 0,4 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობა) წარმოადგენს სტუ–ის საკუთრებას და სტუ–ის პერსონალი აწარმოებს მათ ექსპლუატაციას.

ქვესადგურის 6 კვ ძაბვის საკაბელო ქსელი წარმოადგენს ქალაქის ქსელის ნაწილს და არის სს „თელასის“ ოპერატიულ მართვაში, რაც ჩანს შემდეგი სქემატიური კავშირებიდან (სს „თელასის“ მონაცემებიდან):



ამ სქემიდან ჩანს, რომ ქვესადგურები № A 1003 და № A 1182 ფუნქციონალურად არის სს „თელასის“ 6 კვ ქსელის ნაწილი, მაგრამ არის სტუ–ის საკუთრება. ამ ქვესადგურის 0,4 კვმხარეზე ხორციელდება როგორც სტუ–ის აბონენტები, ასევე სს „თელასის“ – კომერციული ორგანიზაციები, ელენერგიის განცალკევებული აღრიცხვის კვანძებით.

ის კომერციული ორგანიზაციები, იურიდიული პირები, რომლებიც არ ირიცხებიან სს „თელასის“ აბონენტებათ, ელმომარაგებას ახორციელებენ სტუ–ის 0,4 კვ გამანაწილებელი ქსელიდან. ამ ორგანიზაციების ელმომარაგების შემთხვევაში ადგილი აქვს კანონის დარღვევას:

- ✓ სტუ-ს არ აქვს ლიცენზია და უფლება აწარმოოს დისტრიბუცია, ელექტროენერჯის გაყიდვაზე;
- ✓ კომერციული ორგანიზაციები არ იხდიან „დ.ღ.გ“ – ის თანხას;
- ✓ სს „თელასის“ არ უხდის სტუ-ს დანაკარგების და საექსპლუატაციო ხარჯების თანხას;

ჩატარებული კვლევების შედეგად გამოირკვა, რომ ელექტრომომარაგების ტექნიკური ზღვარი გადის ქვესადგურების 0,4 კვ მხარეზე, ხოლო საკუთრების იურიდიული ზღვარი გადის ქვესადგურის 6 კვ მხარეზე. რადგან 0,4 კვ ძაბვის მომხმარებლები არ არიან განცალკევებული (სტუ, სს „თელასის“, კომერციული ორგანიზაციები) შეუძლებელია გამოყოფილი იყოს სათანადო ელექტროენერჯის დანაკარგების სიდიდეები და სათანადო ხარჯები. ანალოგიურად საექსპლუატაციო ხარჯები. აღრიცხვის კვანძების განცალკევება არ წყვეტს ამ პრობლემას და ართულებს კომერციულ ანგარიშსწორებას სს „თელასის“, სტუ-ის, და კომერციულ იურიდიულად ცალკე ორგანიზაციების შორის.

ქვესადგური № A 1003 მთლიანობაში (6 კვ – გამანაწილებელი მოწყობილობა, ძალოვანი ტრანსფორმატორები, 0,4 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობა) წარმოადგენს სტუ-ის საკუთრებას და სტუ-ს პერსონალი აწარმოებს მათ ექსპლუატაციას.

ამ ქვესადგურში მდგომარეობა ანალოგიურია № A 1182 ქვესადგურის:

- ✓ 0,4 კვ ძაბვის მხარეზე სს „თელასის“ აბონენტები და სტუ-ს მომხმარებლები არ არიან განცალკევებული;
- ✓ ფუნქციონალურად და ოპერატიულ მართვით 6 კვ მოწყობილობა არის სს „თელასის“ განკარგულებაში, ხოლო იურიდიულად არის სტუ-ს საკუთრება;
- ✓ სს „თელასის“ სტუ-ს და ცალკეულ იურიდიულ კომერციული ორგანიზაციის შორის დახარჯული ელენერჯის ღირებულების ანგარიშსწორებისას ირღვევა საქართველოს კანონმდებლობა;
- ✓ ელენერჯის დანაკარგების ღირებულების და საექსპლუატაციო ხარჯების დაფარვას აწარმოებს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

- ✓ პრობლემას არ წყვეტს განცალკევებული აღრიცხვის კვანძების დაყენება ერთ წყაროდან კვების შემთხვევაში;

ამასთანავე გამოკვლევებით დადგინდა, რომ სანაპიროს ქვესადგურში დადგმული სტუ-ს საანგარიშწორებო მრიცხველთან ჩართული დენის ტრანსფორმატორები, მათი დიდი კოეფიციენტის გამო (240/5) ღამის საათებასა და დასვენების დღეებში საკმარისი სიზუსტით ვერ აღრიცხავენ სტუ-ს მიერ მოხმარებულ ელექტროენერგიას, რადგან დენის ტრანსფორმატორები ნორმალურად მუშაობენ 20-120 % დატვირთვის დენის ფარგლებში. ღამის საათებში სტუ-ს დატვირთვის დენი კი შეადგენს ნომინალური დატვირთვის დენის 5 %-ზე ნაკლებს.

არსებული პრობლემების გადასაწყვეტად საჭიროა სასწრაფოდ მიღებული იყოს და განხორციელდეს ტექნიკური გადაწყვეტილებები და ორგანიზაციული ღონისძიებები თითოეულ ქვესადგურში.

ტექნიკური გადაწყვეტილების ერთ-ერთი ვარიანტი არის ძალოვანი ტრანსფორმატორებისა და 6 კვ ქსელის სს „თელასისათვის“, როგორც სადისტრიბუციო კომპანიისათვის საკუთრებაში და საექსპლუატაციოდ გადაცემა. საკუთრებაში გადაცემის ანგარიშსწორება შესაძლებელია მოხდეს მოხმარებული ელენერგიის ღირებულებით. მეორე ვარიანტი – ახალი 6/0,4 კვ ქვესადგურების მშენებლობა სს „თელასის“ საკუთრებაში. ორგანიზაციული ღონისძიებები – განცალკევდეს და მოეწყოს ელენერგიის აღრიცხვის კვანძები 0,4 კვ აბონენტებისათვის (სს „თელასის, სტუ, კომერციული ობიექტები) მოწესრიგდეს 0,4 კვ საკაბელო ქსელი.

ტექნიკური გადაწყვეტილების ვარიანტი იგივეა რაც ქ/ს №T 136 – სთვის – ძალოვანი ტრანსფორმატორების და 6 კვ ქსელის საკუთრებაში და საექსპლუატაციოდ გადაცემა სს „თელასისათვის“, როგორც სადისტრიბუციო კომპანიისათვის. საკუთრებაში გადაცემის ანგარიშსწორება – მოხმარებული ელენერგიის საფასურის ხარჯზე. ორგანიზაციული ღონისძიებები – 0,4 კვ გამანაწილებელი მოწყობილობების განცალკევება აღრიცხვის კვანძების მოწყობით მესაკუთრეების (აბონენტების) მიხედვით.

ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ ქვესადგურების სს „თელასზე“ გადაცემის შემთხვევაში გაუარესდება უნივერსიტეტის ფუნქციონირების პროცესი. რადგან ავარიის შემთხვევაში, თუ ამჟამად უნივერსიტეტის ენერგეტიკული სამსახური დროულად ახდენს ავარიის ლიკვიდაციასა და შესაბამის გადართვებს, სს „თელასზე“ გადაცემის შემთხვევაში ამავე ოპერაციას დასჭიდება მინიმუმ 3-4 საათი, რადგან უნივერსიტეტის ენერგოსამსახურს არა აქვს უფლება შევიდეს სს „თელასის“ კუთვნილ ობიექტებზე.

საბოლოოდ შეიძლება ჩამოყალიბდეს შემდეგი ვარიანტი:

1. უნივერსიტეტის ნორმალურად ფუნქციონირებისათვის ენერგო მეურნეობა აუცილებლად უნდა დარჩეს უნივერსიტეტის ბალანსზე, რათა ნებისმიერ დროს შეეძლოს ქვესადგურში შესვლა;
2. ენერგეტიკული სამსახურის თანამშრომლებს, რომელთა კისერზეა უნივერსიტეტის ნორმალური ფუნქციონირება, რომელთა სამუშაო საფრთხის შემცველია, ხოლო სამუშაო საათები არანორმირებული და განისაზღვრება დილის 9 საათიდან საღამოს 10 საათამდე მიეცეთ შესაბამისი ანაზღაურება (მაგალითად, მთავარი ენერგეტიკოსის ხელფასი 0,5 საშტატო ერთეულზე 200 ლარია, ელმონტიორების მთელ განაკვეთზე 264 ლარი, მაშინ როცა რიგითი კონსულტანტების ხელფასი 1000 ლარზე მეტია).
3. წვრილი კომერციული ობიექტების ელექტროენერგიის საფასური განივთებული იყოს იჯარის თანხაში.
4. ყველა მსხვილი კომერციული ობიექტი გახდეს „თელასის“ აბონენტი და „თელასის“ სხვა აბონენტებთან ერთად ჩამოშორდეს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.  
წინააღმდეგ შემთხვევაში:
  - ა) „თელასის“ აბონენტების კომერციული ობიექტების მომსახურეობისათვის თითოეულ დახარჯულ კილოვატსაათზე „თელასმა“ სტუ-ს ენერგოსამსახურს გადაუხადოს მინიმუმ 2,0-2,5 თეთრი/კვტ.სთ-ზე. ამ შემთხვევაში ენერგეტიკული სამსახურის მხრიდან ავარიების აღსადგენად მიღებული იქნება მოხმარებული ელექტროენერგიის პროპორციული წილობრივი მონაწილეობა.

ბ) „თელასის“ აბონენტების მიერ დახარჯულ ელექტროენერგიას დაემატოს 5% დანაკარგები და ამის შემდეგ გამოაკლდეს ტექნიკური უნივერსიტეტის საანგარიშო მრიცხველის ჩვენებას.

### თავი III. სტუ-ში განთავსებული ელექტროენერჯის მრიცხველების ტექნიკური დიაგნოსტიკა და დანაკარგების განსაზღვრა

გრანტის ფარგლებში ჩატარდა ელექტროენერჯის მსხვილი მომხმარებლების კომერციული ობიექტების მრიცხველების დიაგნოსტიკა მათი სწორად მუშაობის შემოწმების მიზნით.

მრიცხველების შემოწმება ჩატარდა ცნობილი მეთოდოლოგიით [8,9].

აქტიური ენერჯის ერთფაზა და სამფაზა მრიცხველების შემოწმება მოხდა დატვირთვის ქვეშ. მრიცხველების შემოწმების მეთოდის მიხედვით შემოწმების თანმიმდევრობა ასეთია: პირველ რიგში უნდა განისაზღვროს ქსელში გამავალი სიმძლავრე. ამისათვის ვიღებთ დენის მარწუხს და მისი საშუალებით ვზომავთ ფაზებში გამავალ დენებს და ძაბვებს. ამავდროულად მეორე დამკვირვებელი წამზომით აფიქსირებდა დროს და ითვლის მრიცხველის დისკოს გარკვეულ ბრუნვათა რიცხვს რა დრო დასჭირდება, ამის შემდეგ ვსაზღვრავთ ქსელში გამავალ სიმძლავრეს ფორმულით:

$$P_{ქს} = U \cdot I_{საშ} \cdot \cos\phi, \text{ კვტ} \quad (1)$$

სადაც  $U$  არის ქსელში ძაბვის მნიშვნელობა კილოვოლტებში. ერთფაზა მრიცხველისათვის  $U=U_{ფ} = 0,22\text{კვ}$ , ხოლო სამფაზა მრიცხველისათვის  $U = 3U_{ფ} = 0,66 \text{ კვ}$ ;  $I$  – არის ფაზებში გამავალი დენების საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა ამპერებში;  $\cos\phi$  – არის სიმძლავრის კოეფიციენტი, რომელიც იზომება ფაზომეტრით.

მრიცხველის მიერ აღრიცხული სიმძლავრე განისაზღვრება ფორმულით:

$$P_{მრ} = \frac{3600 \cdot n \cdot K}{N \cdot t} \quad (2)$$

სადაც 3600 – არის საათში წამების რაოდენობა;  $n$  - არის მრიცხველის დისკოს ბრუნვათა რიცხვი;  $K$  - დენის ტრანსფორმატორის კოეფიციენტი;  $N$  – მრიცხველის მუდმივაა, ბრ/კვტ.სთ, იგი გვიჩვენებს, თუ რამდენი ბრუნა უნდა გააკეთოს მრიცხველის დისკომ 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის დახარჯვისას;  $t$  - არის დრო წამებში, რომელიც საჭიროა დისკოს  $n$  რაოდენობის ბრუნვის გასაკეთებლად.



თუ (1) და (2) გამოსახულებების მიხედვით მიღებული მნიშვნელობები ერთმანეთს ემთხვევა, მაშინ მრიცხველი სწორად მუშაობს.

გაზომვები ჩავატარეთ შემდეგი თანმიმდევრობით:

ქსელში გამავალი სიმძლავრის ( $P_{ქს}$ ) განსაზღვრისათვის დენის მარჯუხის საშუალებით ვზომავდით ფაზებში გამავალ  $I_A$ ,  $I_B$  და  $I_C$  დენებს. შემდეგ ვსაზღვრავდით მათ საშუალო არითმეტიკულს. მიღებულ მნიშვნელობას ვამრავლებდით ძაბვის სიდიდესა და სიმძლავრის კოეფიციენტზე. შედეგები შევიტანეთ ცხრილ № 3 - ში.

მრიცხველის მიერ აღრიცხული სიმძლავრის გასაზომად ვაკვირდებოდით მრიცხველის დისკოს ბრუნვას, ვაფიქსირებდით რამდენი  $t$  წამი სჭირდებოდა  $n$  რაოდენობის ბრუნვის შესრულებას. მიღებულ მონაცემებს, ასევე მრიცხველის მუდმივას  $N$  - ისა და დენის ტრანსფორმატორის კოეფიციენტის  $K$ -ს მნიშვნელობები შეგვექონა (2) გამოსახულებაში და ვსაზღვრავდით  $P_{გზ}$ -ის მნიშვნელობებს. ამის შემდეგ განისაზღვრებოდა გაზომვის ცდომილება ფორმულით:

$$\gamma = (|P_{გზ} - P_{ქს}|) \times 100 / P_{ქს} \quad (3)$$

კომერციული ობიექტების მრიცხველების შემოწმების შედეგები მოყვანილია ცხრილ № 3 - ში.

სულ შემოწმებული იქნა 19 ობიექტი. როგორც ცხრილი № 3 – დან ჩანს, მრიცხველები ნორმალურად მუშაობენ, მათი ცდომილება დასაშვებ ფარგლებშია (ნაკლებია 5 %-ზე). გამონაკლისს წარმოადგენს მე-6, მე-14 და მე-15 პოზიციები, სადაც ცდომილება დდასაშვებზე მეტია. ეს გამოწვეულია იმით, რომ საზომი ხელსაწყოები მცირე სიმძლავრეების გაზომვისას ნაკლებად მგრძნობიარენი არიან.

## თავი.IV სტუ-ში ენერგოდაზოგვისა და ენერგეტიკული ეფექტიანობის ამაღლების ღონისძიებების შესახებ

### IV.I სტუ-ს ელექტრომომარაგების სქემის ოპტიმიზაციის შედეგად მიღებული ეკონომიის მოცულობის განსაზღვრა

დასმული პრობლემების გადაწყვეტის მიზნით გრანტის შემსრულებლების მიერ ჩატარდა დიდი მოცულობის კვლევითი სამუშაო. დადგინდა, რომ სტუ-ში ენერგოდაზოგვისა და ენერგეტიკული ეფექტიანობის ამაღლების მნიშვნელოვანი პოტენციალი არსებობს. ელექტრომომარაგების სისტემაში თანამედროვე მოწყობილობების დანერგვით, არსებული სქემების უნივერსიტეტისათვის მისაღები სქემების შეცვლით, კომერციული და სხვა ორგანიზაციებისათვის ელექტრომომარაგების შეწყვეტით, ელექტრომომარაგების შიდა ქსელების მოწესრიგებით და სასწავლო კორპუსებში გათბობის მიზნით დამატებითი ელექტროგამახურებელი ხელსაწყოების ჩართვის თავიდან ასაცილებლად ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით მიღწეული იქნება ელექტროენერჯის ხარჯის არსებითი შემცირება. ენერგოეფექტურობის ამაღლების საქმეში განსაკუთრებული როლის შესრულება შეუძლია განათების სისტემაში ამჟამად მოქმედი ნათურების ეკონომიური ნათურებით შეცვლას.

როგორც, სტუ-ს ელექტრომომარაგების სისტემის მუშაობის ანალიზმა გვიჩვენა, მიუხედავად იმისა, რომ ამ ეტაპზე ძირითადად უზრუნველყოფილია სასწავლო და ადმინისტრაციული კორპუსების, ასევე კომერციული ობიექტების ელექტრომომარაგების უწყვეტობა, თუ კომპლექსურად შევაფასებთ ამ მხრივ არსებულ ვითარებას, ელექტრომოწყობილობების სიძველის გამო ელექტრომომარაგების საიმედოობის დონე შემცირების ტენდენციით ხასიათდება. სტუ-ს ბალანსზე არსებული ტრანსფორმატორები და ელექტრომოწყობილობები ფიზიკურად გაცვეთილია და მორალურად დამძველებული და მოითხოვს სასწრაფო შეკეთებას, ამასთან ზოგიერთი მათგანის შეკეთება შეუძლებელია, ამიტომ საჭიროა მათი თანამედროვე აპარატურით და მოწყობილობით შეცვლა. სისტემაში არსებული 10 ტრანსფორმატორიდან მწყობრიდან გამოსულია მხოლოდ ერთი

ტრანსფორმატორი, რომელიც გასარემონტებელია, ხოლო დანარჩენი ცხრა ამჟამად ჩართულია სისტემაში, მაგრამ ამ ტრანსფორმატორებს გავლილი აქვთ ნორმატიული სამსახურის ვადა – 25 წელიწადი და ნებისმიერ დროს შეიძლება გამოვიდნენ მწყობრიდან.

ჩატარებული ანალიზი ეხება იმ შემთხვევას, როდესაც სტუ-ს ელექტრომომარაგება ხდება არსებული სქემით, არსებული სქემით წარმოებს აგრეთვე კომერციული ორგანიზაციების და სს „თელასის“ აბონენტების ელექტრომომარაგება, ისე რომ ტექნიკური უნივერსიტეტს არაფერი სარგებელი არ აქვს. პირიქით უნივერსიტეტს ეწერება დამატებითი ხარჯები ელექტროენერჯის დანაკარგების სახით და ელექტრომომარაგების მოწყობილობა-დანადგარების მომსახურების ხარჯების სახით, რაც ყოველად გაუმართლებელია. შექმნილი ვითარებიდან სამი გამოსავალი არსებობს:

- I. ტექნიკური უნივერსიტეტის საკუთრებაში დარჩეს არსებული ელექტრომომარაგების სისტემა და მას ჩამოშორდეს ყველა კომერციული ობიექტი და სს „თელასის“ აბონენტი და ჩატარდეს მისი სრული რეაბილიტაცია.
- II. ვინაიდან I, II, VII, X სასწავლო კორპუსების მკვებავი სატრანსფორმატორო ქვესადგურები ემსახურებიან სს „თელასის“ აბონენტების დიდ რაოდენობას და სტუ-ს ელექტროენერჯის მიწოდება აღირიცხება სატრანსფორმატორო ქვესადგურების დაბალი ძაბვის მხრიდან, ქვესადგურები მთლიანად გადაეცეს სს „თელასს“ და III, IV, VI, VIII და IX სასწავლო კორპუსების მკვებავ სატრანსფორმატორო ქვესადგურებიდან გაითიშოს ყველა კომერციული ობიექტი და სს „თელასის“ აბონენტები.
- III. სტუ-ს ელექტრომომარაგების გარე სისტემა, მასში შემავალი სატრანსფორმატორო ქვესადგურებით და საკაბელო ხაზების მთლიანად, უსასყიდლოდ გადაეცეს სს „თელასს“ და უნივერსიტეტის ელექტრომომარაგება განხორციელდეს სატრანსფორმატორო ქვესადგურების დაბალი ძაბვის მხრიდან.

ენერგოდაზოგვის მაქსიმალური ეფექტის დადგენის მიზნით ჩატარებულია ზემოთ მოყვანილი, სტუ-ს ელექტრომომარაგების სამი ვარიანტის შედარებითი ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი, ირკვევა რომ I ვარიანტის შემთხვევაში სტუ-მ

უნდა მოახდინოს არსებული ელექტრომომარაგების სისტემის სრული ტექნიკური გადართობა, მოძველებული მოწყობილობები და აპარატურა უნდა შეიცვალოს თანამედროვე მოწყობილობით და აპარატურით. უნდა ჩატარდეს სატრანსფორმატორო ქვესადგურების კაპიტალური რემონტი. ამ სამუშაოების ჩატარება დაკავშირებულია დიდ ხარჯებთან და დროსთან. სტუ-ის ბუღალტერიაში არსებული მონაცემებით, მოწყობილობა-დანადგარების საკასპორტო პარამეტრების და მათი საბაზრო ფასების გათვალისწინებით შედგენილია სტუ-ის ელექტრომომარაგების სისტემის განახლებისათვის აუცილებელი ხარჯების ანგარიშის ცხრილები № 4, 5,6.

ცხრილი № 4

სტუ-ს ბალანსზე არსებული ტრანსფორმატორები

№	ტრანსფორ- მატორის ტიპი	რ-ბა	საბაზრო ღირებ. (ლარი)	ნარჩენი ღირებ. (ლარი)	ახლის ღირებ. (ლარი)	ექსპლოატ. შესვლის თარიღი (წ)	ტექნიკური მდგომა- რეობა
1	TM - 630/6	1	0	300	12000	1980	გამოსულია მწყობრიდან
2	TM - 630/6	4	14000	1200	48000	1980	ამორტიზი- რებულია
3	TM - 1000/6	1	4200	500	20000	1982	ამორტიზი- რებულია
4	TC3 - 1000/6	2	800	1170	40000	2000	მუშა
5	POL - 800/6	1	3400	450	15000	1968	მუშა
6	TM - 160/6	1	1000	200	4000	1981	მუშა
	სულ	10	23400	3820	139000		

ცხრილი № 5

სტუ-ს ბალანსზე არსებული კაბელები

№	კაბელის ტიპი	კაბელის სიგრძე (მეტრში)	კაბელის კვეთი მმ <sup>2</sup>	ნარჩენი ღირებ. (ლარი)	ახლის ღირებ. 1მ (ლარი)	ახლის ღირებ. (ლარი)
1	ACB-6	1400	3x240	8400	100	140000
2	ACB-6	210	3x185	840	80	16800
3	ACB-6	250	3x185	1000	80	20000
4	ACB-6	280	3x185	1120	80	22400
	სულ			11360	340	199200

ცხრილი № 6

ელექტრომომარაგების სისტემაში ტრანსფორმატორების და კაბელების  
განახლებისათვის აუცილებელი ხარჯები

№	ტრანსფორ- მატორის და კაბელის ტიპი	ტრანსფორ. რაოდენობა და კაბელის სიგრძე (მ)	ზეთიანი ტრანსფორ. ღირებ. (ლარი)	უზეთო ტრანსფორ. ღირებ. (ლარი)	ტრანსფორ. მონტაჟის ხარჯები (ლარი)	კაბელის ღირებ. (ლარი)	კაბელის მონტაჟის ხარჯები (ლარი)
1	TM - 630/6	6	89100	138880	9900		
2	TM - 1000/6	1	18150	27850	1650		
3	ACB-6 3x240	1400				140000	42000
4	ACB-6 3x185	740				59200	22200
	სულ		107250	166730	11550	199200	64200

როგორც ცხრილი № 4, № 5 და № 6-დან ჩანს სტუ-ს ელექტრომომარაგების სისტემა ცუდ მდგომარეობაშია, 2009-2010 წლებში გახშირდა ავარიები, სათანადო მოწყობილობების არ ქონის გამო სტუ-ს დაზიანებული მოწყობილობების და

კაბელების შესაკეთებლად მოუწია სს „თელასი“-დან და სხვა კომპანიებიდან სპეციალისტების დაქირავება, ამან გამოიწვია ხარჯების გაზრდა და 2009-2010 წლებში რემონტის ხარჯებმა შეადგინა 58899 ლარი. სტუ-ს რემონტზე დახარჯულ ყოველწლიურ ხარჯებს ემატება სტუ-ს ენერგეტიკული სამსახურის ხარჯები, ხელფასების სახით და დანაკარგების ხარჯები.

#### IV.II საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის განათების სისტემის მდგომარეობის ანალიზი და მისი ეფექტურობის ამაღლების ოპტიმალური მოდელის შერჩევა

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ამჟამად საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტის განათებისათვის დამონტაჟებულია 20944 ცალი სხვადასხვა ტიპის ნათურა, ძირითადად, 18834 ცალი ლუმინესცენციური ნათურა: მათ შორის 17116 ცალი 40 ვატიანი ЛТБ-40 ტიპის ნათურა (საერთო სიმძლავრით  $17116 \times 0,04 = 684,64$  კვტ), 1718 ცალი 18 ვატიანი ЛТБ-18 ტიპის ნათურა (საერთო სიმძლავრით  $1718 \times 0,018 = 30,92$  კვტ). გარდა ლუმინესცენციური ნათურების, ასევე დაყენებულია 2022 ვარვარების ნათურა საშუალო სიმძლავრით 100 ვტ (მათი საერთო სიმძლავრე შეადგენს  $2022 \times 0,1 = 202,2$  კვტ) და 88 ცალი 500 ვატიანი პროექტორები (საერთო სიმძლავრით  $88 \times 0,5 = 44$  კვტ). ჯამში განათებისათვის საჭირო დადგმული სიმძლავრე შეადგენს:

$$684,64 + 30,92 + 202,2 + 44 = 961,7 \text{ კვტ-ს.}$$

სტუ-ს ლაბორატორიებში, დერეფნებში, სასწავლო და ადმინისტრაციულ კორპუსებში ელექტროგანათების სისტემის მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმებიდან გამომდინარე, აუცილებელია გამოთვლილ იქნეს თითოეული მათგანის განათების სისტემის საშუალო წლიური დატვირთვა. მიღებული მონაცემების დაჯამების შემდეგ დადგინდება სტუ-ს განათების სისტემის საშუალო წლიური დატვირთვა. სტუ-ის განათების სისტემის საშუალო წლიური დატვირთვა მოცემულია ცხრილ № 7-ში.

ცხრილი № 7

სტუ-ს	ნათური ს ტიპები	ნათური ს რ-ბა	ნათურის სიმძლავრ ე (ვატი)	დადგმულ ი სიმძლავრე (კვტ)	საათები ს რ-ბა დღეში	დღეები ს რ-ბა თვეში	თვეები ს რ-ბა წელში	მოხმ. ელ- ენერგია ა კვტ/სთ	მოხმ. ელ ენერგია ლარებში ი
დერეფნები	ЛТБ-40	4702	40	188,1	9	25	11	465498	69312,6
ლაბორატო - რიები	Б 220-100	2022	100	202,2	4	20	10	161760	24086,1
აუდიტო- რიები	ЛТБ-40	12414	40	496,6	3	25	10	372420	55453,3
ადმ კორპუსი	ЛТБ-20	1718	18	30,92	9	25	12	83495	12432,4
გარე განათება	PH 225- 500	88	500	44	10	30	12	158400	23585,8
სულ		20944		961,7				1241573	184870,2

როგორც ცხრილი № 7 დან ჩანს ამჟამად სტუ-ს განათების სისტემის საშუალო წლიური მოხმარებული ელექტროენერგია 1 241 573 კვტ/სთ-ს შეადგენს, თანხით 184 870 ლარს, ხოლო იმ შემთხვევაში თუ სტუ გადავა ორცვლიან სწავლებაზე, მაშინ ელექტროენერგიის მოხმარება საკმაოდ გაიზრდება. ორცვლიანი სწავლების შემთხვევაში სტუ-ს განათების სისტემის საშუალო წლიური დატვირთვა მოცემულია ცხრილ №8-ში.

ცხრილი № 8

ორცვლიანი სწავლის შემთხვევაში სტუ-ს განათების სისტემის საშუალო წლიური დატვირთვა

სტუ-ს	ნათურის ტიპები	ნათურის რ-ბა	ნათურის სიმძლავრე (ვატი)	დადგმულ სიმძლავრე (კვტ)	სათები რ-ბა დღეში	დღეები რ-ბა თვეში	თვეები რ-ბა წელში	მოხმ. ელ- ენერგია კვტ/სთ	მოხმ. ელ- ენერგია ლარებში
დერეფნები	ЛТБ-40	4702	40	188,1	12	25	11	620664	92416,9
ლაბორატორიები	Б 220-100	2022	100	202,2	4	20	10	161760	24086,1
აუდიტორიები	ЛТБ-40	12414	40	496,6	6	25	10	744840	110906,7
ადმ კორპუსი	ЛТБ-20	1718	18	30,92	9	25	12	83495	12432,4
გარე განათება	PH 225- 500	88	500	44	10	30	12	158400	23585,8
სულ		20944		961,8				1769159	263428

ორცვლიანი სწავლის შემთხვევაში სტუ-ს განათების სისტემის საშუალო წლიური მოხმარებული ენერგია შეადგენს 1 769 159 კვტ/სთ-ს, თანხით 263 428 ლარს. ეს ნიშნავს, რომ 42,5 % გაიზრდება სტუ-ს განათების სისტემის მოხმარებული ელექტროენერჯის მოცულობა.

როგორც სტუ-ს განათების სისტემის მუშაობის ანალიზით ირკვევა უნივერსიტეტის ელგანათებაში არსებული პრობლემების გადაწყვეტისათვის აუცილებელია მნიშვნელოვნად გავზარდოთ განათების დანადგარებში ელენერჯის გამოყენების ეფექტიანობა. არსებული პრობლემების გადაწყვეტა დაიყვანება ოთხი ძირითადი ამოცანის გადაწყვეტამდე:

1. განათების საშუალებების სრულყოფა, სინათლის პროგრესიული წყაროების გამოყენების ხარჯზე;
2. განათების ხერხების სრულყოფა, განათების ნორმირებისა და პროექტირებაში ახალი პრინციპების დანერგვის ხარჯზე;
3. განათების სისტემის ექსპლოატაციის გაუმჯობესება;



4. სინათლის ენერგოდამზოვი წყაროების გამოყენებისათვის ელენერგის მომხმარებლების სტიმულირება;

ამ ჩამოთვლილი ამოცანებიდან ელენერგის ეკონომია წარმოადგენს ყველაზე მნიშვნელოვანს, რადგანაც იგი ქმნის ბაზას ყველა სხვა ამოცანის გადასაწყვეტად და ამ ამოცანის გადაწყვეტა აუცილებელია მოხდეს 2 ეტაპად:

1. განათების დანადგარებში სანათების შეცვლა თანამედროვე ეკონომიური სანათებით, ამიტომ განათების ახალი დანადგარების ან მოქმედის რეკონსტრუქციის დროს სინათლის წყაროების შერჩევა უნდა განხორციელდეს როგორც წესი ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზის საფუძველზე. მითუმეტეს, რომ მოსალოდნელია ტარიფების ზრდის ტემპის წინსწრება განათების ტექნიკის პროდუქციის ფასებთან შედარებით.

2. განათების დანადგარებში განათების წყაროების მაღალ ინტენსიური ენერგოეფექტური სანათების დამუშავება, ათვისება და გამოყენება. განათების სისტემაში ეფექტური სანათების გამოყენების შემთხვევაში ელენერგიაზე დანახარჯები შეიძლება შემცირდეს ორჯერ და უფრო მეტადაც. ამ მნიშვნელოვან ამოცანის გადაწყვეტის ძირითადი მიმართულება მდგომარეობს განათების საშუალებებისა და მეთოდების სრულყოფაში და განათების ხელსაწყოების ექსპლოატაციის გაუმჯობესებაში.

განათების საშუალებების სრულყოფა მოიცავს პირველ რიგში მუშაობას ისეთ პრობლემებს, როგორცაა:

1. მარგი ქმედების კოეფიციენტის ამაღლება;
2. სამსახურის პროცესში სინათლის წყაროებში სინათლის ნაკადების სტაბილიზაცია;
3. განათების ხელსაწყოების ეფექტური განათება-განაწილებით დამუშავება, წარმოება და გამოყენება;
4. ექსპლოატაციის პერიოდში განათების ხელსაწყოების სტაბილიზაცია;

ზემოთ ჩამოყალიბებული პრინციპების გათვალისწინებით გაანალიზებულია სტუ-ს სასწავლო და ადმინისტრაციული კორპუსების განათებაში გამოყენებული სინათლის წყაროების ეფექტიანობის მაჩვენებლები. მსოფლიო პრაქტიკაში [20,21,22,23,24] გამოყენებული თანამედროვე ეკონომიური სანათების ძირითადი მახასიათებლები მოცემულია ცხრილ №9-ში.

ცხრილი №9

სინათლის წყაროების ძირითადი მახასიათებლები

ნათურის დასახელება	ნათურის ტიპი	ნათურის სიმძლავრე (ვტ)	ნათურის გამძლეობა (სთ)	განათების ნაკადი (ლმ)	განათების ეფექტურობა (ლმ/ვტ)
ვარვარა	Б 220-100	100	1000	1380	13,8
მეტალოჰალოგენური	SON-T	120	16000	6200	52
ნატრიუმის	ДHa3	70	5000	4200	60
ლუმინესცენციური	ЛТБ	40	8000-15000	2200	55
ეკო	SM-20	20	10000-15000	1280	64

როგორც ცხრილი №9-დან ჩანს, ძირითადი მახასიათებლების მიხედვით ყველაზე მაღალი განათების ეფექტურობა აქვს SM-20 ტიპის სანათს. ელექტროენერჯის ეკონომიის თვალსაზრისით ჩატარებულია ცხრილ №9-ში მოცემული ტიპის სანათების შედარებითი ანალიზი. ანალიზის შედეგები შეტანილია ცხრილ №10-ში.

ცხრილი №10

ელექტროენერჯის ეკონომიის თვალსაზრისით უფრო ეფექტური განათების

წყაროებზე გადასვლის შედარება

სინათლის წყაროს შეცვლა	ელენერჯის დაზოგვა %
SON-T - Б 220-100	70-75
ДHa3 - Б 220-100	80-85

ЛТБ- Б 220-100	85–90
SM- Б 220-100	90–95
ДHa3 -SON-T	40-45
ЛТБ-SON-T	30-35
SON-T - SM	80-85
ДHa3 - ЛТБ	10-15
SM-ДHa3	70-75
SM-ЛТБ	70-80

ცხრილ №10–ში მოცემული მონაცემებიდან ჩანს, რომ ყველაზე დიდ ეკონომიას იძლევა განათების სისტემაში SM-20 ტიპის სანათების გამოყენება.

უნივერსიტეტის განათების სისტემაში გამოყენებული ლუმინესცენციური ЛТБ ტიპის სანათების SM-20 ტიპის სანათებით შეცვლის ტექნიკურ–ეკონომიკური ანგარიშის ჩატარების მიზნით შედგენილია ამ ორი სახის სანათის ტექნიკურ–ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარების ცხრილი №11.

ცხრილი №11

ნათურების ტექნიკურ–ეკონომიკური ეფექტის ანგარიში

ვარვარა Б 220-100	ლუმინესცენციური ЛТБ	ეკო SM-20
$P_1=100$ ვტ	$P_1=40$ ვტ	$P_2=20$ ვტ
$F=1380$ ლმ	$F=2200$ ლმ	$F=1200$ ლმ
$T=1000$ სთ	$T=8000-15000$ სთ	$T=10000-15000$ სთ

ცხრილი №11-ში მოცემული მონაცემების საფუძველზე [25] მოყვანილი მეთოდოლოგიით გამოთვლილია ერთ სანათზე ელენერგის წლიური ეკონომია. ფორმულას ექნება შემდეგი სახე:

$$E_{წლ} = Q * (P_1 - P_2 * A) * T \quad (4)$$

სადაც, Q – ელექტროენერგის ტარიფია;

P<sub>1</sub> – ლუმინესცენციური ნათურის სიმძლავრეა;

P<sub>2</sub> – ეკო ნათურის სიმძლავრეა;

A – დანაკარგების კოეფიციენტი;

T – საშუალოდ დატვირთვის საათებია წელიწადში;

სტუ-ს ენერგეტიკულ სამსახურში აღებული მონაცემების საფუძველზე ვიცით რომ სტუ სს „თელასას“ მოხმარებულ 1 კვტ/სთ ელენერგიაზე უხდის 0,1489 ლარს. ნათურების სიმძლავრეები კი მოცემულია ცხრილ № 16-ში. ხოლო სტუ-ს ლაბორატორიებში, დერეფნებში, სასწავლო და ადმინისტრაციულ კორპუსებში ელექტროგანათების სისტემის მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმებიდან და ნათურების განსხვავებული ტიპებიდან გამომდინარე, არსებული მონაცემების № 1 გამოსახულებაში ჩასმით მივიღებთ სტუ-ს სისტემაში არსებული სხვადასხვა ტიპის ერთ სანათზე ელ ენერგის წლიურ ეკონომიის რამდენიმე ფორმულას, რომელთაც ექნება შემდეგი სახეები:

გამოსახულება (5) გვიჩვენა, რომ სტუ-ს დერეფნებში არსებული ЛТБ-40 ტიპის ნათურების SM-20 ტიპის ნათურებით ჩანაცვლების შემთხვევაში, ერთ სანათზე ელ ენერგის წლიურ ეკონომიას მოვიგებთ 24,3 ლარს, ხოლო ორცვლიანი სწავლების შემთხვევაში 30,4 ლარს.

$$E_{წლ} = 0,1489 * (0,08 - 0,02 * 1,1) * 2475 = 24,3 \quad (5)$$

$$E_{წლ} = 0,1489 * (0,08 - 0,02 * 1,1) * 3300 = 30,4 \quad (5.1)$$

გამოსახულება (6) გვიჩვენა, რომ სტუ-ს ლაბორატორიებში არსებული Б 220-100 ტიპის ნათურების SM-20 ტიპის ნათურებით ჩანაცვლების შემთხვევაში, ერთ სანათზე ელ ენერგის წლიურ ეკონომიას მოვიგებთ 10,4 ლარს.

$$E_{წლ} = 0,1489 * (0,1 - 0,02 * 1,1) * 800 = 10,4 \quad (6)$$

გამოსახულება (7) გვიჩვენა, რომ სტუ-ს აუდიტორიუმში არსებული ЛТБ-40 ტიპის ნათურების SM-20 ტიპის ნათურებით ჩანაცვლების შემთხვევაში, ერთ სანათზე ელენერჯის წლიურ ეკონომიას მოვიგებთ 7,3 ლარს, ხოლო ორცვლიანი სწავლების შემთხვევაში 14,7 ლარს.

$$E_{\text{წლ}} = 0,1489 * (0,08 - 0,02 * 1,1) * 750 = 7,3 \quad (7)$$

$$E_{\text{წლ}} = 0,1489 * (0,08 - 0,02 * 1,1) * 1500 = 14,7 \quad (7.1)$$

გამოსახულება (8) გვიჩვენა, რომ სტუ-ს ადმინისტრაციულ კორპუსში არსებული ЛТБ-18 ტიპის ნათურების SM-20 ტიპის ნათურებით ჩანაცვლების შემთხვევაში, ერთ სანათზე ელენერჯის წლიურ ეკონომიას მოვიგებთ 23 ლარს.

$$E_{\text{წლ}} = 0,1489 * (0,072 - 0,02 * 1,1) * 2700 = 23 \quad (8)$$

გამოსახულება (9) გვიჩვენა, რომ სტუ-ს გარე განათების სისტემაში არსებული PH 225-500 ტიპის ნათურების SM-150 ტიპის ნათურებით ჩანაცვლების შემთხვევაში, ერთ სანათზე ელენერჯის წლიურ ეკონომიას მოვიგებთ 206,4 ლარს.

$$E_{\text{წლ}} = 0,1489 * (0,5 - 0,15 * 1,1) * 3600 = 206,4 \quad (9)$$

გამოსახულება № 6,7,8,9 და 10 ამოხსნის შემდეგ მივიღეთ რომ, 11100 ცალი სანათის შეცვლის შემთხვევაში სტუ-ს განათების სისტემაში ელენერჯის ყოველწლიური ხარჯების ეკონომია იქნება 151522 ლარი, 1017611 კვტ.სთ. (ორცვლიანი სწავლების შემთხვევაში 211795 ლარს, 1422399 კვტ/სთ) რაც სტუ-ს მოხმარების 30 % შეადგენს.

უნივერსიტეტს შეუძლია ელენერჯის მოხმარების მინიშვნელოვანი შემცირება, განათების სისტემაში არსებულ ლუმინესცენციური ЛТБ ტიპის სანათებს SM-20 ტიპის სანათებით შეცვლით. ამ ღონისძიების გასატარებლად სტუ-ს სჭირდება დიდი რაოდენობის ინვესტიცია, ინვესტიციების მოცულობის ანგარიში მოცემულია ცხრილ № 12-ში.

ცხრილი № 12

სტუ-ს განათების სისტემაში ინვესტიციის ეტაპოვრივად  
განხორციელების ანგარიში

სტუ-ს	სანათის რ-ბა	ნათურის ღირებულ. მონტაჟის ხარჯების ჩთვლით (ლარებში)	ეკონომიკურ ი ნათურებით არსებულის შეცვლის საერთო ღირებულება  სულ (ლარებში)	მოხმარებული  ელენერგისღირებულება ში მიღებული  ეკონომიაწელიწ. (ლარებში)	დახარჯული  ინვესტიციის  გამოსყიდვის ვადა (თვეებში)
დერეფნები	2352	10	23520	57129	4-5
აუდიტორიები	6208	10	62080	45311	16-17
ლაბორატორიები	2022	10	20220	21029	11-12
ადმინისტრაციულ ი კორპუსი	430	10	4300	9890	05-6
გარე განათება	88	30	26400	18163	17-18
სულ	11100		136520	151522	10-11

## თავი V. სტუ-ის ელექტრომომარაგების სისტემაში ელექტროენერჯის დანაკარგების დადგენა

ელექტრული ენერჯის გადაცემის დროს ელექტრული წრედის თითოეულ ელემენტში ადგილი აქვს ენერჯის დანაკარგებს. ქსელის სხვადასხვა ელემენტებში დანაკარგების მდგენელების შესწავლისა და დანაკარგების შემცირების ამა თუ იმ ღონისძიებების ჩატარების საჭიროების შეფასებისათვის პირველ რიგში სრულდება ელექტროენერჯის დანაკარგების სტრუქტურის ანალიზი.

სტუ-ის ელექტროსისტემის ადგილზე შესწავლის შედეგად დადგინდა რომ სტუ I, II, VII და X კორპუსების მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის აღრიცხვა ხდება დაბალი ძაბვის მხარეს, რადგან სტუ სს „თელასთან“ მაღალი ძაბვის ტარიფით ახორციელებს ანგარიშსწორებას, ამიტომ სს „თელასი“ დანაკარგების სახით სტუ-ს მოხმარებული ელექტროენერჯის 3% უმატებს. არსებული მდგომარეობა მოცემულია ცხრილ №13-ში.

ცხრილი №13

I, II, VII და X კორპუსების მოხმარებული ელექტროენერჯია და დანაკარგები 2011 წელს

მაჩვენებლები	კვტ.სთ	ლარები
შემოდინება	1472426	219244
მათ შორის:		
სტუ	1428253	212667
%	3	3
დანაკარგები	44173	6577

სტუ-ს III-IV, VI, VIII, IX და ადმინისტრაციულ კორპუსების ელექტროენერჯის დანაკარგების დასადგენად საჭირო გახდა მეცნიერული კვლევის ჩატარება. ელექტროენერჯის დანაკარგების ანგარიში ჩატარებულია ცნობილი

მეთოდოლოგიით [17], ტრანსფორმატორებში ელექტროენერჯის დანაკარგების გამოსათვლელ ფორმულას აქვს სახე:

$$\Delta W_{ტრ} = \Delta P_{უ.ს} \times T_{წლ} + \Delta P_{მ.შ} \times K^2_{დატ} \times T_{დატ} \quad (10)$$

სადაც,  $\Delta P_{უ.ს}$  – უქმი სვლის დანაკარგებია;

$T_{წლ}$  – უქმი სვლის წლიურ საათთა რიცხვია;

$\Delta P_{მ.შ}$  – მოკლე შერთვის დანაკარგებია;

$T_{დატ}$  – დატვირთვის წლიურ საათთა რიცხვია;

$K^2_{დატ}$  – დატვირთვის კოეფიციენტი;

$$K_{დატ} = S_{დატ} / S_{ნომ.ტრ} \quad (10.1)$$

$$S_{დატ} = P_{დ-ლ} / \cos\phi \quad (10.2)$$

ხაზებში ელექტროენერჯის დანაკარგები გამოითვლება:

$$\Delta W_{ხაზ} = 3Y^2 \times Z_0 \ell 10^{-3} \times t \quad (11)$$

სადაც,  $Z_0$  – კაბელის აქტიური წინაღობაა;

$\ell$  – სადენის სიგრძეა;

$t$  – დატვირთვის საათთა რიცხვია;

$Y$  – დატვირთვის დენია;

$$Y_{დ-ლ. საშ} = P_{დ-ლ} / \sqrt{3}U \quad (11.1)$$

ამ მეთოდოლოგიის და გამოსახულება №10 და №11 შესაბამისად მკვებავ ხაზებში და ტრანსფორმატორებში დანაკარგების გამოთვლისათვის აუცილებელი საწყისი მონაცემები შეტანილია ცხრილ №14–ში და №15–ში.

ცხრილი №14

მკვებავ ხაზებში და ტრანსფორმატორებში დანაკარგების გამოთვლისთვის აუცილებელი საწყისი მონაცემები



ელექტროენერჯის მომხმარებელი ობიექტები	I სასწავლო კორპ.	II, VII, X სასწავლო კორპ.	III, IV ,VI, VIII, IX, სასწავლო დაადმინისტრაციულ კორპუსები
ტრანსფორმატორის სიმძლავრე კვა-ში	630	630	1000
კაბელის სიგრძე მეტრებში	210	250	1400
კაბელის კვეთი მმ <sup>2</sup>	ACB-6 3x185	ACB-6 3x185	ACB-6 3x240
აქტიური წინაღობა ომებში	0,169	0,169	0,14
უქმი სვლის წლიური საათთა რიცხვი	8760	8760	8760
უქმი სვლის დანაკარგები (კვტ)	1,05	1,05	1,55
დატვირთვის წლიური საათთა რიცხვი	8000	8000	8000
მოკლე შერთვის დანაკარგები (კვტ)	7,6	7,6	10,8

ცხრილი № 15

მკვებავ ხაზებში და ტრანსფორმატორებში დანაკარგებისგამოთვლისათვის  
აუცილებელი საშუალო დატვირთვების საწყისი მონაცემები

2011 წელი	III, IV, VI, VIII, IX დაადმკორპუსები				
	Wწლიური (კვტ.სთ)	Wთვიური (კვტ.სთ)	Wდღე-ღამური (კვტ.სთ)	P დღიური (კვტ)	Yდღე- ღამური (ამპერი)
მკვებავხაზებში	4463877	371990	12400	517	52
ტრანსფორმატორებში	3606110	300509	10017	417	42

როგორც ცხრილი № 15-დან ჩანს მკვებავ ხაზებში და ტრანსფორმატორებში დატვირთვები განსხვავდება, ეს განსხვავება გამოწვეულია იმ ფაქტით, რომ სტუ-ს მკვებავი ხაზები გარდა სტუ-ს სასწავლო კორპუსებისა და კომერციული ობიექტებისა, კიდევ კვებავს სს „თელასის“ აბონენტებს. ამ მონაცემების № 10 და №11 გამოსახულებაში ჩასმით მივიღებთ მკვებავ ხაზებში და ტრანსფორმატორებში დანაკარგებს.

$$\Delta W_{\text{უ.ს } 1000\text{ტრ}} = 1,55 \times 8760 = 13\,578 \quad \text{კვტ.სთ}$$

$$\Delta W_{\text{უ.ს } 630\text{ტრ}} = 1,05 \times 8760 = 9\,198 \quad \text{კვტ.სთ}$$

რადგან III, IV, VI, VIII, IX დაადმკორპუსების ელექტრომომარაგების სიტემის ქვესადგურში უქმი სვლით მუშაობს ორი 630 კვა და ორი 1000 კვა ტრანსფორმატორი, ამიტომ უქმი სვლის დანაკარგები ჯამში შეადგენს:

$$13578 \times 2 + 9198 \times 2 = 45552 \quad \text{კვტ.სთ}$$

მოკლე შერთვის დანაკარგების სიდიდე ტოლი იქნება

$$\Delta W_{\text{მ.შ } 630\text{ტრ}} = 7,6 \times 6000 \times K_{\text{დატ}}^2$$

$$K_{\text{დატ}} = 417 / \cos\phi / 1000 = 0,74$$

$\cos\phi$ -ს მნიშვნელობა აღებულია სტუ-ში მოქმედ SCADA-ს სისტემის მონაცემების საფუძველზე  $\cos\phi=0,9$ . ფორმულა №3-ში სათანადო მონაცემების ჩასმით მივიღებთ:

$$\Delta W_{\text{მ.შ } 630\text{ტრ}} = 7,6 \times 8000 \times 0,55 = 33\,440 \quad \text{კვტ.სთ}$$

როგორც ვხედავთ, ტრანსფორმატორების უქმი სვლის და მოკლე შერთვის დანაკარგებმა შეადგინა:

$$\Delta W_{ტრ} = 45552 + 33440 = 78992 \text{ კვტ.სთ}$$

ხოლო მკვებავ ხაზებში დანაკარგები შეადგენს:

$$\Delta W_{ხაზ} = 3 \times 52^2 \times 0,196 \times 10^{-3} \times 8760$$

$$\Delta W_{ხაზ} = 13\,927 \text{ კვტ.სთ}$$

მკვებავ ხაზებში და ტრანსფორმატორებში დანაკარგებმა შეადგინა 92 919 კვტ.სთ. ამას კიდევ ემატება რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგებით გამოწვეული აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები, რომლის სიდიდე იანგარიშება [17] ნაშრომში მოცემული მეთოდოლოგიით. ანგარიში წარმოებს შემდეგი თანმიმდევრობით.

საწყის ეტაპზე იანგარიშება ქსელის რეაქტიული სიმძლავრის ეკონომიკური ექვივალენტი. ვინაიდან ცნობილია ელექტრომომარაგების სქემა, იგი განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_{\text{Q}} = 2 Q_{\text{r}} \quad (12)$$

სადაც  $Q$  - რეაქტიული სიმძლავრის საერთო მოხმარების მოცულობაა;

$r$  - გარე ქსელის დაყვანილი წინაღობა;

გამოსახულება №3-ის გათვალისწინებით რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგებით გამოწვეული აქტიური სიმძლავრის დანაკარგების სიდიდე გამოითვლება შემდეგი გამოსახულებით:

$$\Delta P_{\text{Q}} = K_{\text{Q}} \times \Delta Q \quad (13)$$

სადაც  $\Delta Q$  - რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგებია;

SCADA-ს მონაცემების მიხედვით:

$$Q_{\text{წლიური}} = 1\,457\,508 \text{ კვარ.სთ}$$

$$\Delta Q = 60\,132 \text{ კვარ.სთ}$$

[17] ნაშრომის დანახმად:  $K_{\text{Q}} = 0.15$  და აქედან გამომდინარე:

$$\Delta P_{\text{Q}} = 0,15 \times 60132 = 9020 \text{ კვტ.სთ}$$

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ III, IV, VI, VIII, IX და ადმინისტრაციული კორპუსების მკვებავ ხაზებში და ტრანსფორმატორებში

რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგებით გამოწვეული აქტიური სიმძლავრის დანაკარგებმა შეადგინა აქტიური სიმძლავრის დანაკარგების 9,7 % და ჯამში აქტიური სიმძლავრის დანაკარგებმა შეადგინა  $92919 + 9020 = 101939$  კვტ.სთ. აქედან გამომდინარე I, II, VII და X კორპუსების აქტიური დანაკარგები გაიზრდება  $44173 / 100 \times 9,7 = 4285$  კვტ.სთ-ით და ჯამში იქნება  $44173 + 4285 = 48431$  კვტ.სთ.

სტუ-ს ბალანსზე არსებული მკვებავი ხაზების და ტრანსფორმატორების სიმძლავრის დანაკარგებმა შეადგინა  $101939 + 48431 = 150370$  კვტ.სთ, რაც მის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის  $3\ 521\ 220$  კვტ.სთ-ის 4,3 % შეადგინა, ხოლო მთლიანი შემოდინების (სტუ-ს სასწავლო კორპუსები+კომერციული ობიექტები)  $5\ 121\ 180$  კვტ.სთ-ს 2,9 %-ი.

დანაკარგების ანაგარიშის შედეგებით მიღებული მონაცემების საფუძველზე შედგენილია ცხრილი № 16, რომელშიც მოცემულია სტუ-ს სასწავლო კორპუსების მკვებავ ხაზებში და ტრანსფორმატორებში არსებული დანაკარგები.

ცხრილი № 16

სტუ-ს სასწავლო კორპუსების მკვებავ ხაზებში და ტრანსფორმატორებში არსებული დანაკარგები

2011 წელი	კვტ.სთ	ლარი
<b>შემოდინება</b>	<b>5 121 180</b>	<b>762 544</b>
მათ შორის:		
<b>კომერციული ობიექტები</b>	<b>1 599 960</b>	<b>238 156</b>
%	31,2	31,2
<b>სტუ-ს სასწავლო კორპუსები</b>	<b>3 370 850</b>	<b>501 920</b>
%	65,9	65,9
მათ შორის:		
<b>I, II, VII და X კორპუსები</b>	<b>1 423 995</b>	<b>212 033</b>
%	27,9	27,9
<b>III-IV, VI, VIII, IX და ადმკორპუსები</b>	<b>1 946 855</b>	<b>289 887</b>
%	38,0	38,0
<b>დანაკარგები</b>	<b>150 370</b>	<b>22 390</b>
%	2,9	2,9
მათ შორის:		

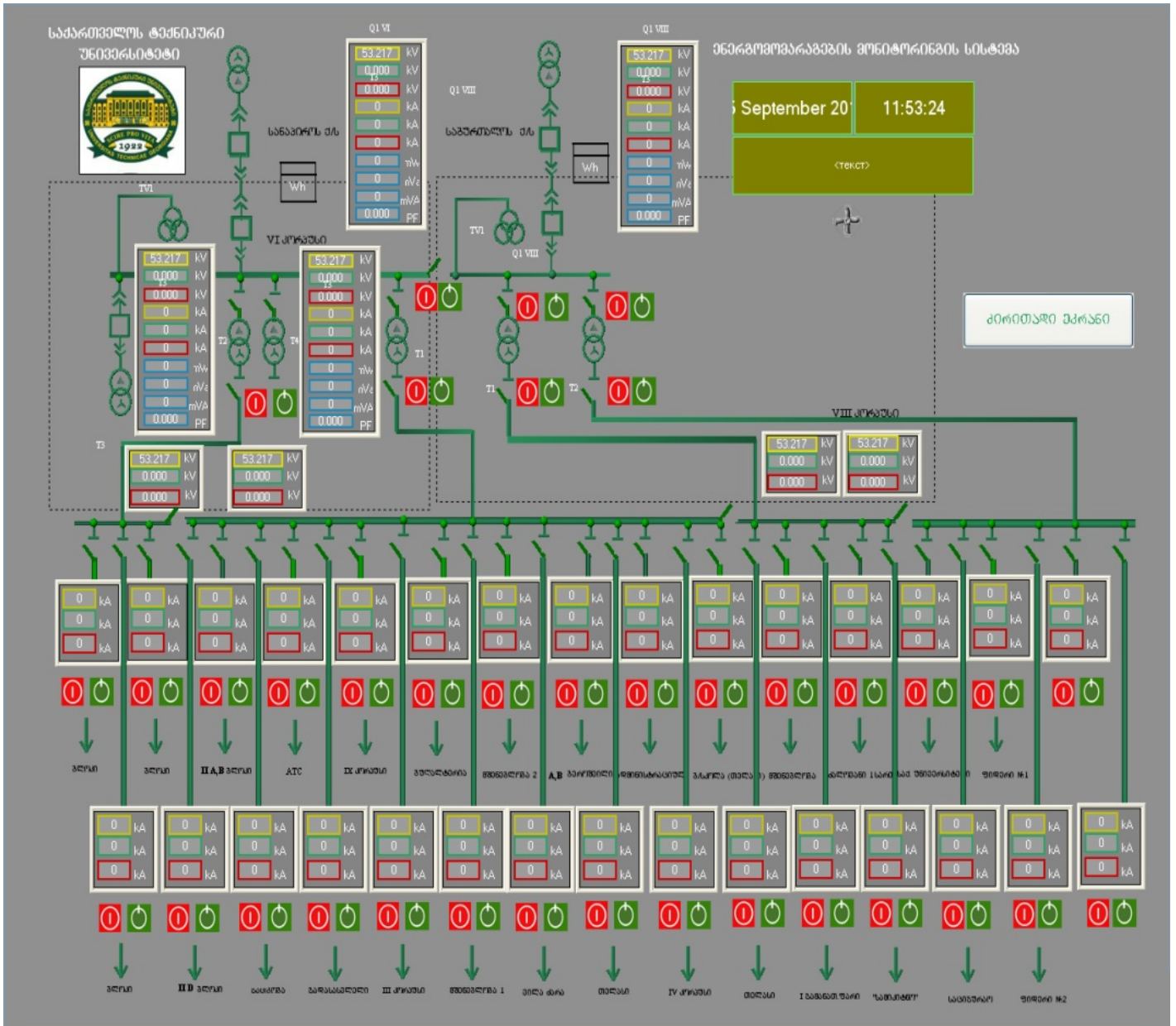
I, II, VII და X კორპუსების მკვებავ ხაზებში ტრანსფორმატორებში	48431	7 211
%	0,9	0,9
III-IV, VI, VIII, IX და ადამკორპუსების მკვებავ ხაზებში და ტრანსფორმატორებში	101 939	15 179
%	2,0	2,0

ზემოთ ჩატარებული დანაკარგების ანგარიშის შედეგების დაზუსტების მიზნით გაანალიზებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ელექტროენერჯის მოხმარების მონიტორინგის სისტემა „SCADA“-ს ერთწლიანი მუშაობის შედეგები.

დღეისათვის ელექტროენერჯის მსხვილ მოხმარებელში აღრიცხვის პრობლემის გადაწყვეტა დაკავშირებულია ელექტროენერჯის მოხმარების კონტროლისა და აღრიცხვის ავტომატიზირებული სისტემის შექმნასთან, რომელსაც მინიმუმამდე დაჰყავს ადამიანის ჩარევა გაზომვის სისტემებში. ამ სისტემის შექმნის მიზანია მინიმალური საწყისი ფულადი დანახარჯებით ელექტროენერჯისა და აქედან გამომდინარე ფინანსების მუდმივი ეკონომია.

მსოფლიო გამოცდილება აჩვენებს, რომ ენერგომოხმარების მონიტორინგის კომპიუტერული სისტემის გამოყენებით მიიღწევა საშუალოდ ელექტროენერჯის წლიური მოხმარების 15-30 %-ის ეკონომია, ხოლო მის შექმნაზე დახარჯული თანხა ანაზღაურდება 2-3 კვარტლის განმავლობაში.

ამ მიზნით საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში შეიქმნა და დამონტაჟებულ იქნა ელექტრომომარაგების მონიტორინგის თანამედროვე კომპიუტერული SCADA-ს სისტემა, რომელიც ავტომატურ და უწყვეტ რეჟიმში აკონტროლებს არა მხოლოდ დახარჯული ელექტროენერჯის რაოდენობას, არამედ აკონტროლებს, კომპიუტერის ეკრანზე გამოაქვს და მონაცემთა ბაზაში აგროვებს ელექტროენერჯის კიდევ თერთმეტი პარამეტრის: ხაზური და ფაზური ძაბვების, დენების, აქტიური, რექტიული და სრული სიმძლავრეების, სიხშირის, სიმძლავრის კოეფიციენტის, ძაბვისა და დენის ჰარმონიკებისა და არაწრფივი დამახინჯების კოეფიციენტის მნიშვნელობებს. როგორც დაბალი ისე მაღალი ძაბვის მხარეს, რის საფუძველზეც განისაზღვრა დანაკარგების სიდიდეები.



აღნიშნული მონიტორინგის სისტემა გამოიყენება არა მარტო სტუ-ის ელექტრომომარაგების მონიტორინგისათვის, არამედ ინფორმატიკის, ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სტუდენტების, მაგისტრანტების, დოქტორანტებისა და პროფესორ-მასწავლებლების მიერ სასწავლო და სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების შესრულებისას. ნახ 6

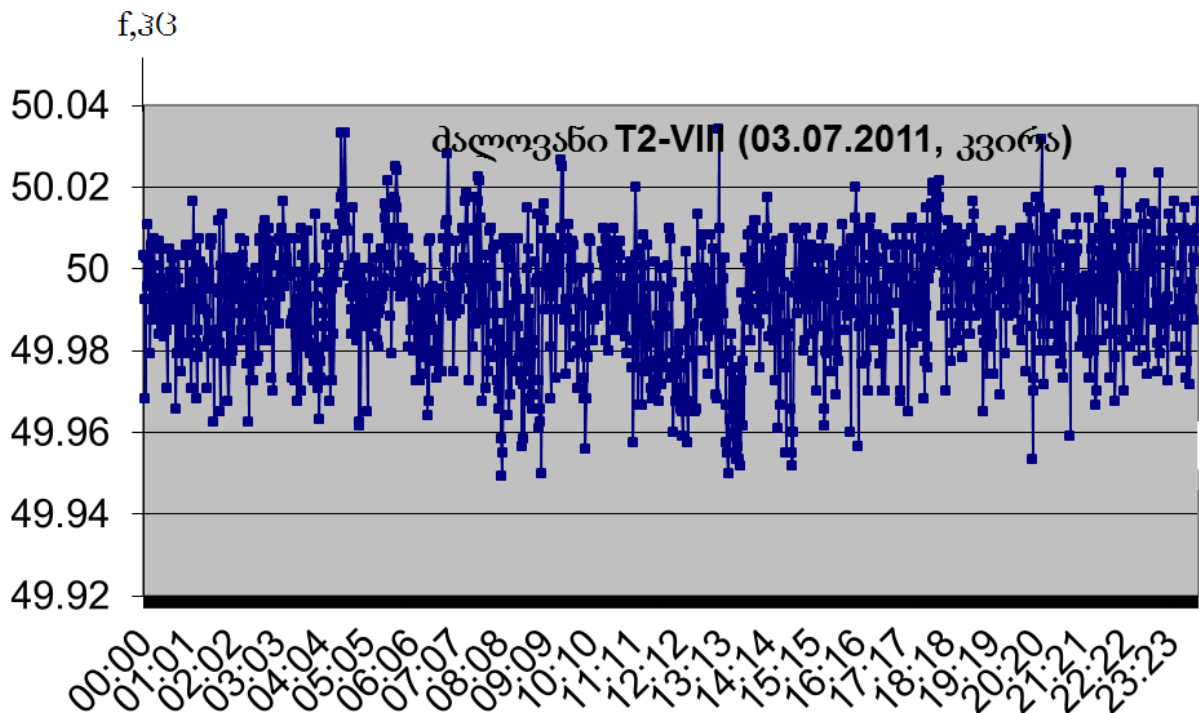
ელექტრომომარაგების მონიტორინგისათვის, არამედ ინფორმატიკის, ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სტუდენტების,

მაგისტრანტების, დოქტორანტებისა და პროფესორ-მასწავლებლების მიერ სასწავლო და სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების შესრულებისას. (ნახ 6)

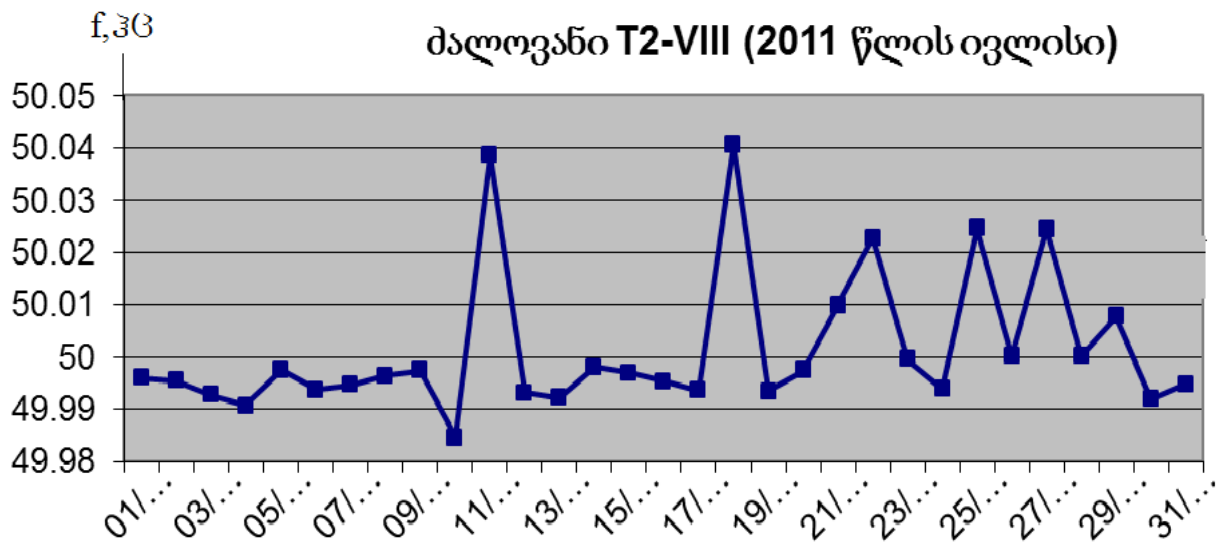
ნახ. 6-ზე წარმოდგენილია მონიტორინგის სისტემის მონიტორზე გამოსახული ძირითადი ეკრანი, საიდანაც ხდება დაკვირვება ცალკეულ ფიდერებზე.

შიდა ქსელებში ექსპერიმენტული კვლევებისათვის ავირჩიე სამი ტიპის მომხმარებელი: ერთი სასწავლო კორპუსი - VIII სასწავლო კორპუსის ძალური ტრანსფორმატორის გამოსასვლელი; მეორე - საკუთარი დაბალი ძაბვის მომხმარებელი - ადმინისტრაციული კორპუსი; დიდი სიმძლავრის კომერციული მომხმარებელი - სს „თელასის“ აბონენტი, კვების ობიექტი თაღლაურა. მონაცემები აღებულია ზაფხულისა (ივლისის თვე) და გვიანი შემოდგომის (ნოემბრის თვე) პერიოდები, სამუშაო (ხუთშაბათი) და არასამუშაო (კვირა) დღეებში.

ყველა მომხმარებლისათვის საერთო პარამეტრს წარმოადგენს სიხშირე, რადგან ყველა მომხმარებლის ელექტრომომარაგება ხდება ერთი და იგივე (სანაპიროს) ქვესადგურიდან, ამიტომ პარამეტრების განხილვა დავიწყეთ სიხშირით. ნახ 7

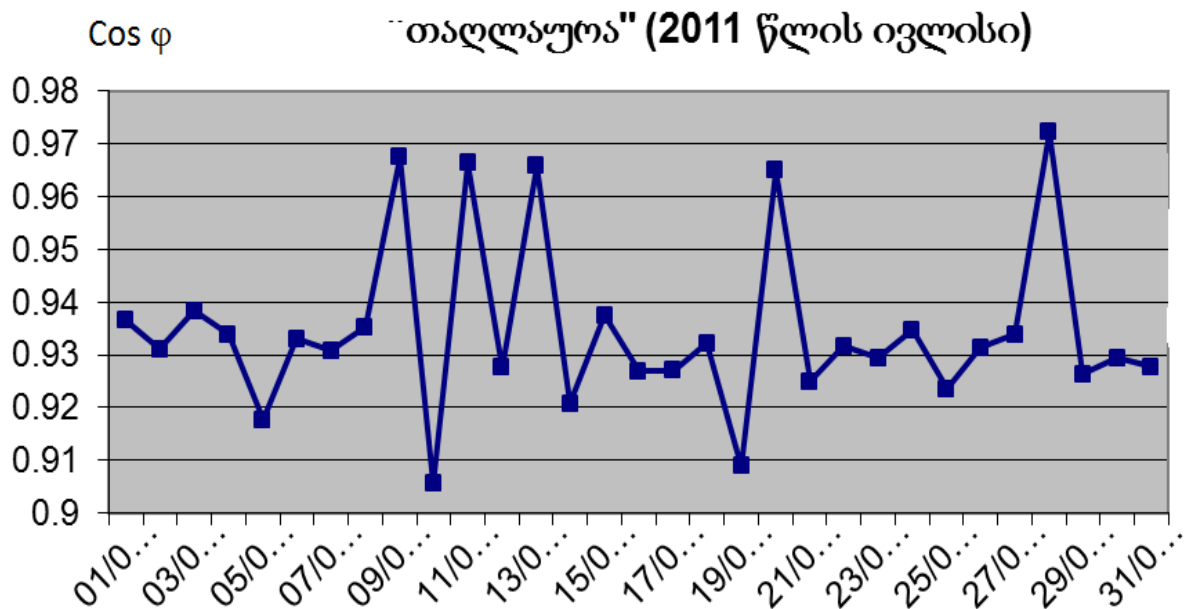
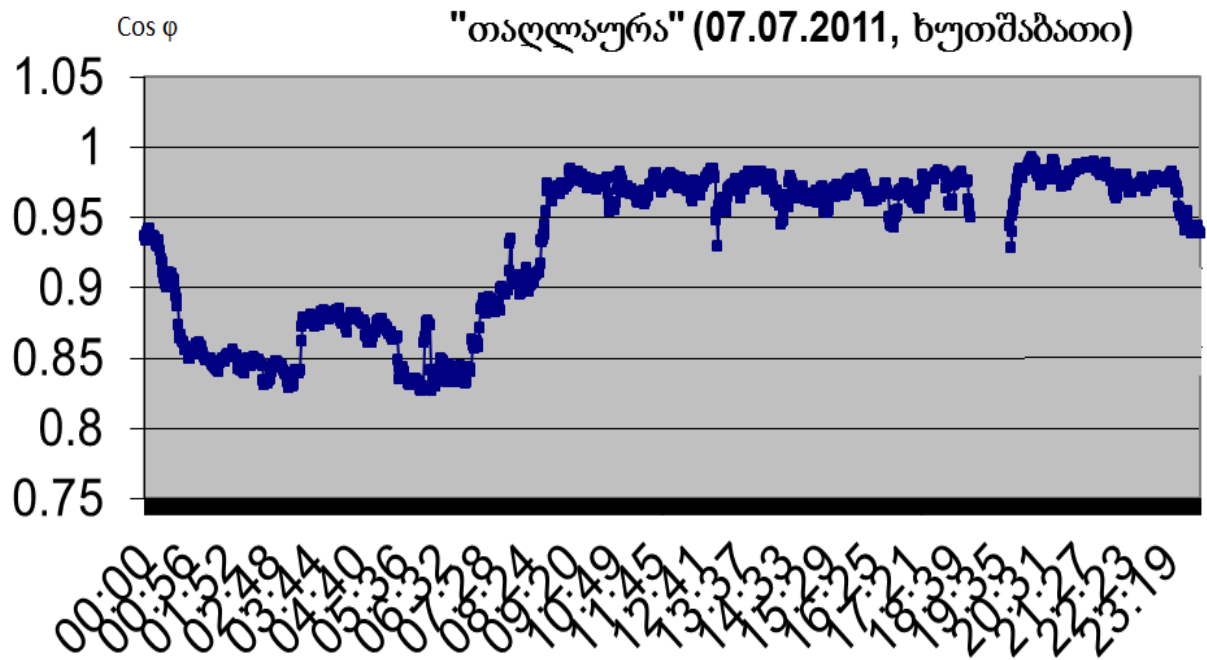


ნახ. 7-ზე წარმოდგენილია VIII სასწავლო კორპუსის ძალური ტრანსფორმატორიდან გამომავალი ქსელის სიხშირის საათური ცვლილების გრაფიკი, ხოლო ნახ. 8-ზე ნაჩვენებია სიხშირის საშუალო მნიშვნელობები დღისა და თვის განმავლობაში. როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, მოცემულ პერიოდებში ქსელის სიხშირე დასაშვებ ფარგლებშია. დანარჩენი მომხმარებლების სიხშირეც ამ პერიოდში ანალოგიურია. ნახ. 8



ელექტროენერჯის ეკონომიურად მოხმარების თვალსაზრისით ძალზედ მნიშვნელოვანია ისეთი პარამეტრის მნიშვნელობა, როგორცაა სიმძლავრის კოეფიციენტი ( $\cos \phi$ ). ამ პარამეტრის მნიშვნელობა ნორმალურ პირობებში უნდა იყოს 0,95-ზე ზევით. ნახ.9-ზე წარმოდგენილია „თალლაურას“ მიერ გამოყენებული დანადგარების სიმძლავრის კოეფიციენტის ცვლილების გრაფიკი. აღნიშნული ობიექტი ჩართული გამახურებელი დანადგარების (რომელთა  $\cos\phi=1$ ) თანდათანობით გამორთვას იწყებს ღამის 11-12 საათიდან, რაც კარგად ჩანს გრაფიკიდან. ამ დროს ჩართული რჩება მხოლოდ მაცივრები და განათება, რომელთა სიმძლავრის კოეფიციენტი 0,8-0,85-ია. დილიდ რვა საათიდან ირთვება გამახურებელი დანადგარები და ამ ობიექტის ჯამური სიმძლავრის კოეფიციენტიც უახლოვდება 1-ს. ნახ.9



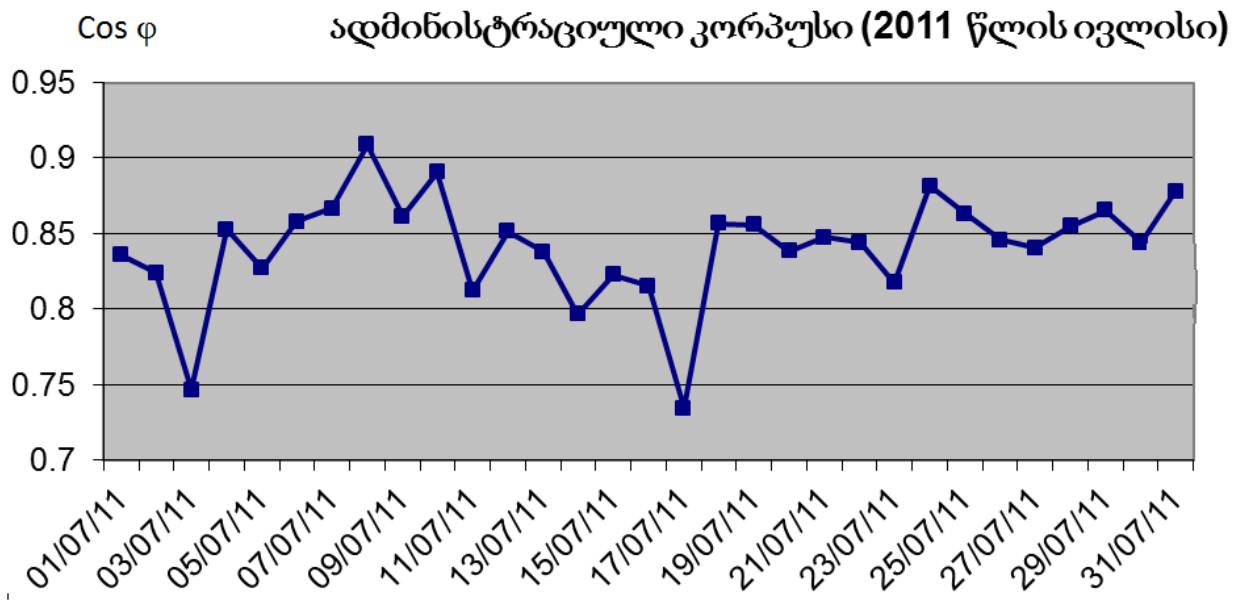


ნახ.10-ზე წარმოდგენილია „თალლაურას“ სიმძლავრის საშუალო კოეფიციენტის მნიშვნელობები ერთი თვის განმავლობაში დღეების მიხედვით.

როგორც ამ გრაფიკიდან ჩანს, სიმძლავრის კოეფიციენტის მნიშვნელობა არ ეცემა 0,9-ს ქვემოთ, რას საკმაოდ დადებით მნიშვნელობად მიიჩნევა. აქედან

გამომდინარე ობიექტი „თაღლაურას“ რექტიული სიმძლავრის კომპენსაცია აუცილებლობას არ წარმოადგენს.

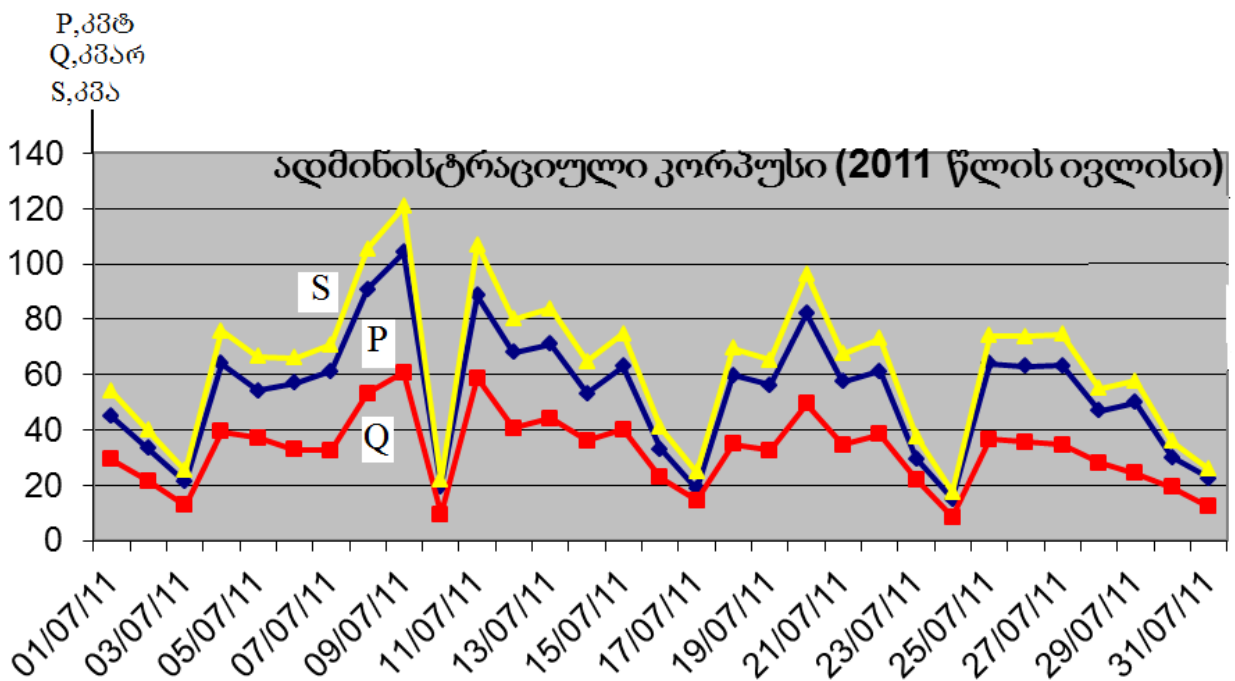
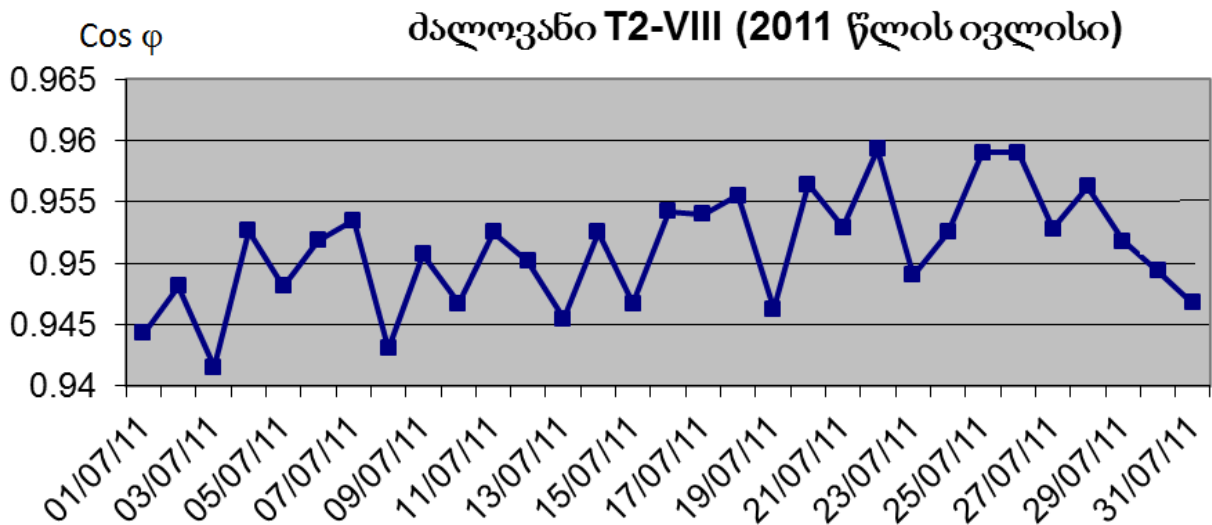
ნახ.11-ზე წარმოდგენილია ადმინისტრაციული კორპუსის მიერ მოხმარებული ელექტროენერგიის საშუალო დღიური სიმძლავრის კოეფიციენტი ერთი თვის განმავლობაში. ნახ.11



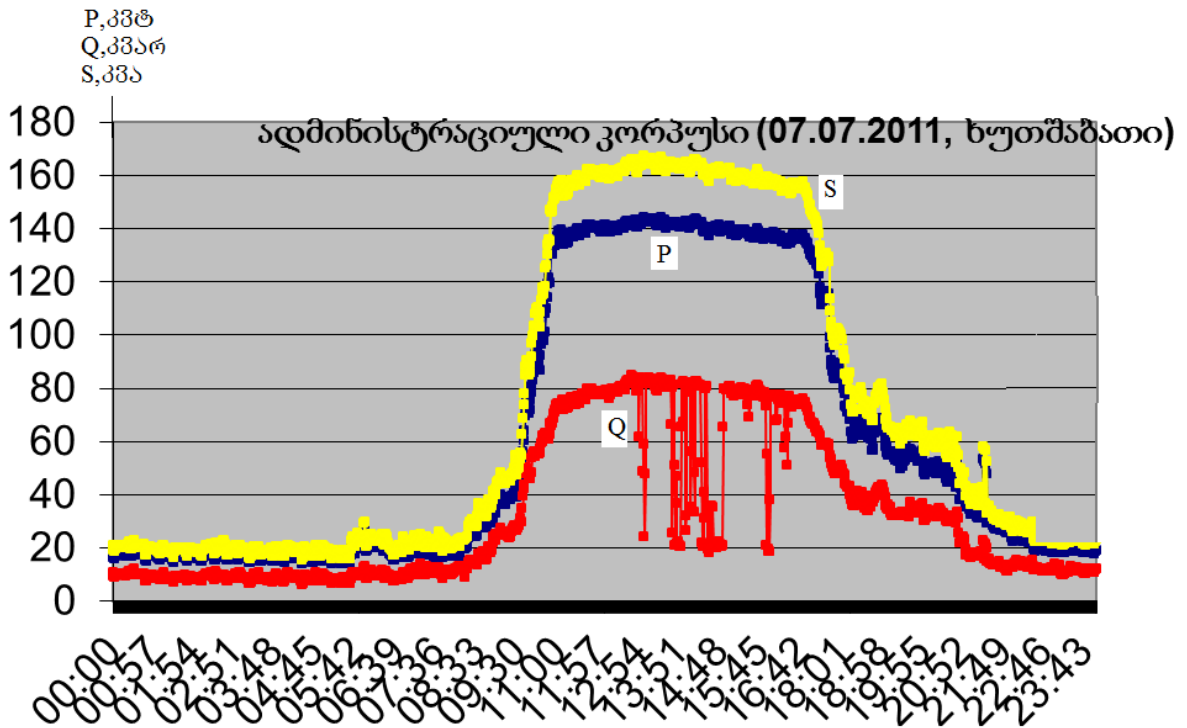
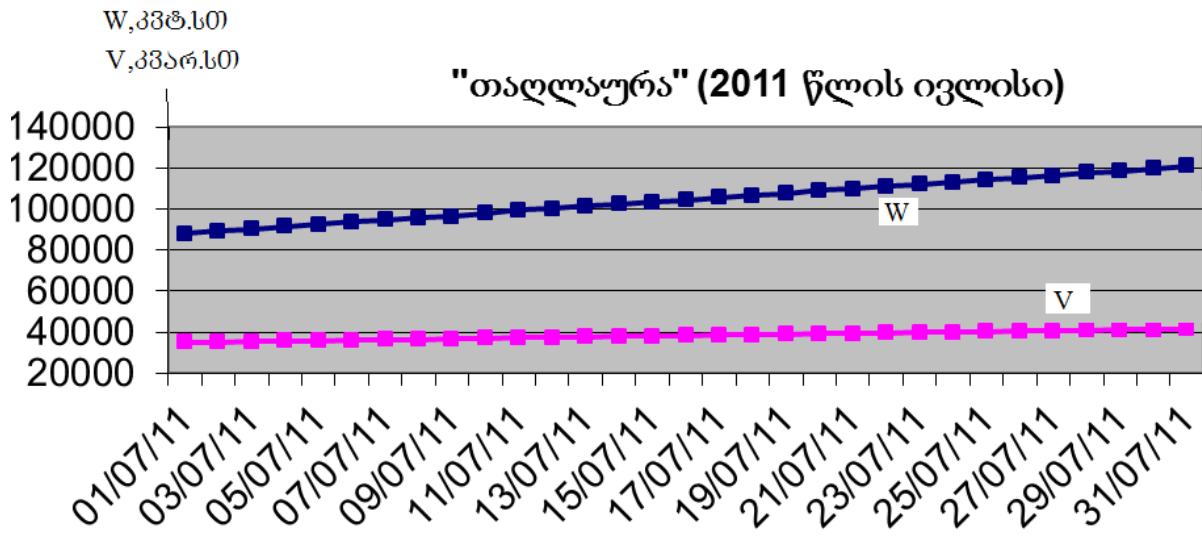
როგორც ამ გრაფიკიდან ჩანს, ადმინისტრაციული კორპუსის სიმძლავრის კოეფიციენტი დაბალია. ეს განპირობებულია იმით, რომ ადმინისტრაციულ კორპუსი დატვირთულია კომპიუტერული ტექნიკითა და კლიმატ-კონტროლებით, რომელთა სიმძლავრის კოეფიციენტი 0,85-ზე დაბალია. სიმძლავრის კოეფიციენტის მინიმალური მნიშვნელობები არის დასვენების დღეებში, რომლის დროსაც ზოგიერთ ადგილებში ჩართულია მხოლოდ განათება. სანათების სიმძლავრის კოეფიციენტი კი 0,7-0,75-ია.

ნახ.12-ზე წარმოდგენილია VIII სასწავლო კორპუსის ჯამური სიმძლავრის კოეფიციენტი, რომელიც საკმაოდ მაღალია. რადგან მასზე ჩართულია მაღალი სიმძლავრის კოეფიციენტის მქონე ობიექტი - თაღლაურა. ასევე VIII სასწავლო კორპუსში გვაქვს კომპიუტერული დატვირთვა ტევადური ხასიათის რეაქტიული ენერჯითა და სტამბისა და ლიფტების ძრავები, ლუმინესცენციური განათების დროსელები, ასევე ელექტროტექნიკური ლაბორატორიების ძრავები ინდუქციური ხასიათის რეაქტიული

ენერგიით. ტევადური და ინდუქციური ხასიათის რეაქტიული ენერგიები ერთმანეთს აკომპენსირებენ, რის გამოც მიიღება მაღალი სიმძლავრის კოეფიციენტი. ნახ.12. ნახ.13

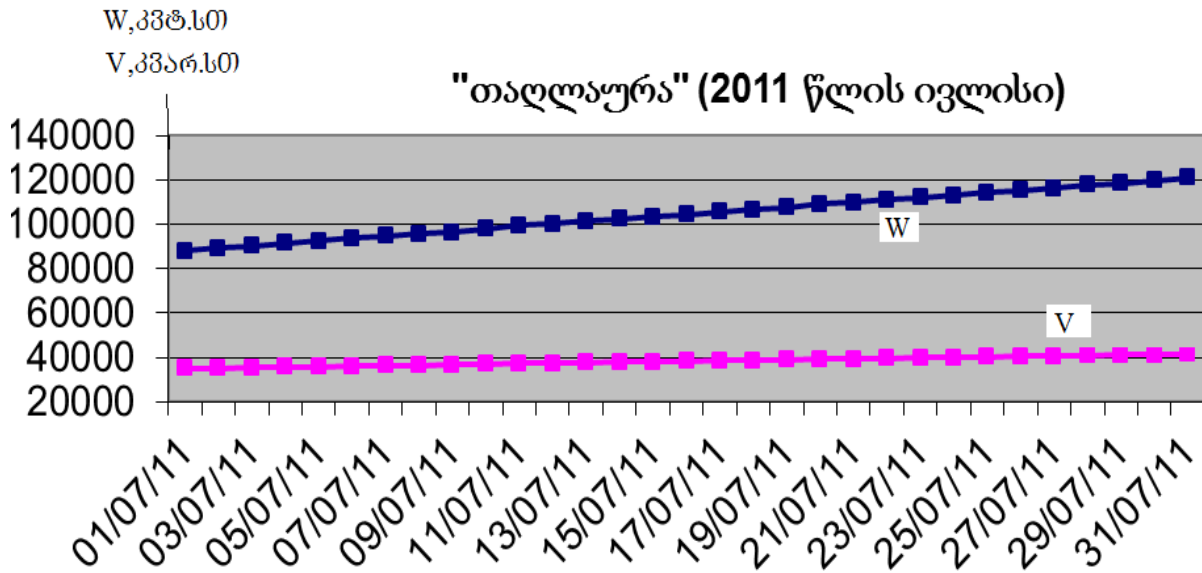


რაც შეეხება სიმძლავრეებს: ადმინისტრაციულ კორპუსში აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების მნიშვნელობები ერთმანეთისაგან სიდიდით დიდად არ განსხვავდებიან (ნახ. 13), რაც განაპირობებს სიმძლავრის მნიშვნელობა გაცილებით ნაკლებია, რაც განაპირობებს მაღალ სიმძლავრის კოეფიციენტს (ნახ.14) ნახ.14 და ნახ.15



ნახ. 15-ზე წარმოდგენილია ადმინისტრაციულ კორპუსში მოთხოვნილი სიმძლავრის დინამიკა სამუშაო საათების მიხედვით. როგორც ცნობილია ადმინისტრაციულ კორპუსში მუშაობა იწყება დილის 9 საათი და 30 წუთიდან და მთავრდება 17 საათზე, რაც კარგად ჩანს მოთხოვნილი სიმძლავრის დინამიკიდან. სამუშაო საათებში ადმინისტრაციული კორპუსის მოთხოვნილი სიმძლავრე შეადგენს

160 კვტ-ზე მეტს. ბოლოს ჩვენთვის ყველაზე უფრო საინტერესოა მონიტორინგის სისტემა, როგორც მოხმარებული ელექტროენერჯის აღრიცხვის კონტროლის საშუალება. ნახ.16



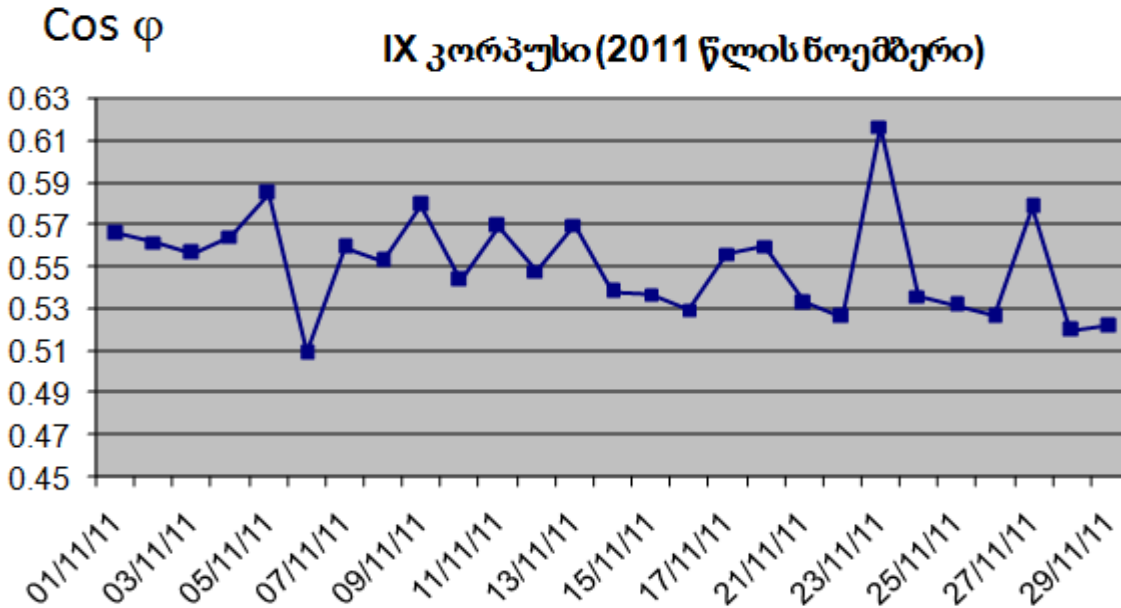
ნახ.16 - დან ჩანს, რომ „თაღლაურას“ მიერ ივლისის თვის დასაწყისისათვის მონიტორინგის სისტემის აღრიცხვის დაწყებიდან დახარჯული იყო 87 000 კვტ.სთ ელექტროენერჯია, ხოლო ერთი თვის ბოლოს დაფიქსირდა 120 000 კვტ.სთ ანუ ერთი თვის განმავლობაში მის მიერ მოხმარებული იქნა 33 000 კვტ.სთ ელექტროენერჯია. როგორც ზემოთ აღნიშნეთ „თაღლაურა“ წარმოადგენს სს „თელასის“ აბონენტს, რომლის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯია აკლდება ტექნიკურ უნივერსიტეტს „თელასმა“ ჩამოაკლო 33 300 კვტ.სთ ელექტროენერჯია. განსხვავება 300 კვტ.სთ დაკავშირებულია მონაცემების აღების დროში სხვაობის გამო.

აქედან გამომდინარე მონიტორინგის სისტემის აღრიცხვის კვანძები მაღალი სიზუსტით მუშაობენ.

ჩვენთვის მეტად საინტერესოა VI და IX კორპუსების დატვირტვების ხასიათი და მისგან გამომდინარე შედეგები. რადგან ამ კორპუსების ძირითად დატვირტვას წარმოადგენს კომპიუტერული ტექნიკა, რომლის დატვირტვას აქვს ტევადური

ხასიათი და როგორც პრაქტიკა ადასტურებს ეს დატვირთვა აუარესებს ელექტროენერჯის ხარისხს.

ნახ.17-ზე წარმოდგენილია IX სასწავლო კორპუსის სიმძლავრის კოეფიციენტის ცვლილების გრაფიკი. ნახ.17



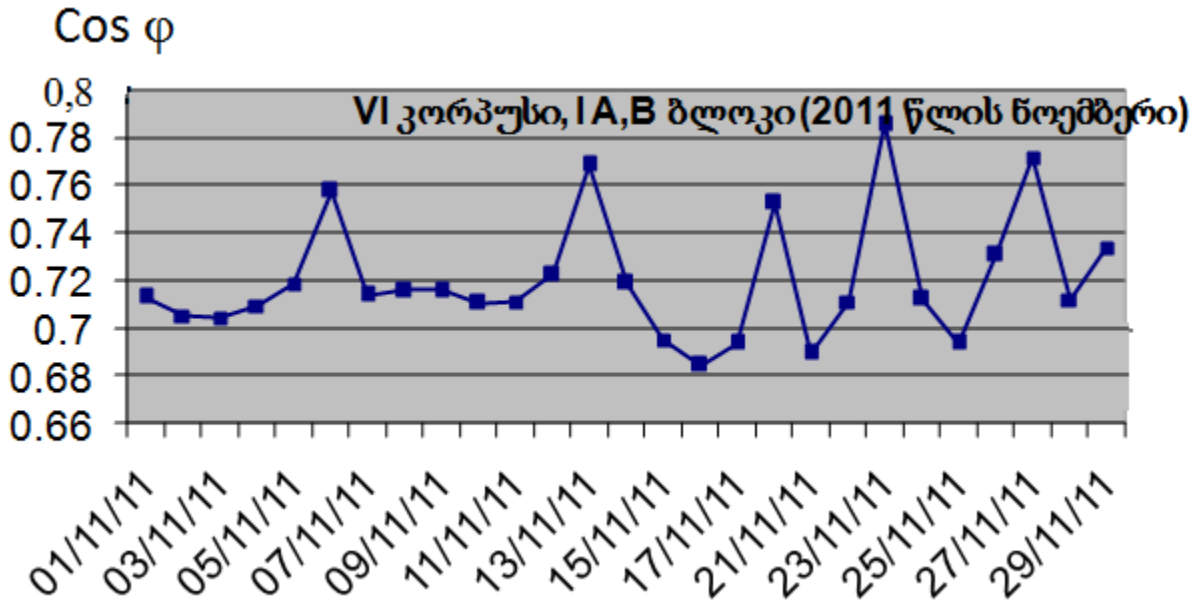
წარმოდგენილი გრაფიკიდან ჩანს, რომ ამ კორპუსის სიმძლავრის კოეფიციენტი იცვლება 0,51-0,62 ფარგლებში, რაც ძალზედ დაბალი მაჩვენებელია. საქმე იმაშია, რომ ამ კორპუსის ძირითად დატვირთვის წარმოდგენს ინფორმატიკის ფაკულტეტის კომპიუტერული კლასი რომლის დატვირთვა ტევადური ხასიათისაა და მცირე ჯამური სიმძლავრის ლუმინესცენციური განათებები, რომლის დატვირთვის ხასიათი ინდუქციურია. მათი რეაქტიული სიმძლავრეების კომპენსაციის შემდეგ დარჩა საკმაოდ დიდი სიდიდის დატვირთვის ტევადური ხასიათი, რაც კარგად ჩანს ცხრილი 17-ის მონაცემების რეაქტიული სიმძლავრის (Q) სვეტიდან მისი უარყოფითი ნიშნით.

ცხრილი №17

IX სასწავლო კორპუსის სიმძლავრეებისა და სიმძლავრის კოეფიციენტის ცვლილების მონაცემები

თარიღი	P, კვტ	Q, კვარ	S, კვა	cosφ
01/11/11	10.35783	-11.8892	19.88403	0.565848
02/11/11	9.802774	-12.1141	19.32157	0.561625
03/11/11	9.353529	-12.5884	18.65565	0.55644
04/11/11	9.144905	-12.1592	18.70311	0.564413
05/11/11	7.455994	-10.5683	15.19089	0.584866
06/11/11	6.628907	-8.63006	12.97984	0.509
07/11/11	10.76926	-12.7875	21.31266	0.559293
08/11/11	11.11996	-14.5042	22.48862	0.552814
09/11/11	12.15819	-13.8323	22.69355	0.579305
10/11/11	11.38564	-14.7488	23.07613	0.543751
11/11/11	12.30817	-14.6506	24.16824	0.569413
12/11/11	8.982347	-12.9111	18.75594	0.547698
13/11/11	7.257542	-13.0019	16.6802	0.569799
14/11/11	13.60461	-15.7875	27.45877	0.537914
15/11/11	12.87981	-16.5161	26.53855	0.536682
16/11/11	13.59146	-18.614	28.72987	0.529509
17/11/11	15.36569	-18.9049	30.77202	0.556048
18/11/11	9.361618	-12.4627	18.27375	0.559803
21/11/11	14.41849	-20.3598	31.90354	0.532854
22/11/11	13.00786	-16.2305	27.19524	0.526319
23/11/11	11.44291	-14.6108	21.22908	0.616668
24/11/11	13.7381	-17.3246	28.20373	0.535864
25/11/11	13.04123	-17.5518	27.55941	0.531551
26/11/11	12.39406	-16.7632	25.66263	0.526522
27/11/11	10.56181	-13.987	20.59674	0.578624
28/11/11	13.77395	-18.0905	30.025	0.519858
29/11/11	11.46468	-16.4907	24.65681	0.52189

ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ დაბალია VI კორპუსის I A-B ბლოკის სიმძლავრის კოეფიციენტის მნიშვნელობებიც, რომელიც წარმოდგენილია ნახ.18-ზე. ამ შემთხვევაში სიმძლავრის კოეფიციენტი იცვლება 0,68-0,78-ის ფარგლებში. ნახ.18



ცხრილი 18-ში მოცემულია VI კორპუსის I A-B ბლოკის ელექტროენერჯის პარამეტრების ცვლილებები. ცხრილი 17 და ცხრილი 18-ის მონაცემებიდან შეიძლება გამოვყოთ დამახინჯების სიმძლავრეები.

VI კორპუსის I და ბლოკების მკვებავი ფიდერით ელექტროენერჯიას იღებს, როგორც ტევადური ხასიათის რეაქტიული დატვირთვის მქონე კომპიუტერული მოწყობილობები ასევე დიდი რაოდენობის ინდუქციური ხასიათის რეაქტიული სიმძლავრის მქონე ლუმინესცენცეური განათებები და ლოფტებისა და ბენზინგასამართი სადგურის ელექტროძრავები. როგორც ცხრილი 18-დან ჩანს, რეაქტიული სიმძლავრის ხასიათი ცვალებადია.

ცხრილი 18

VI კორპუსის I A-B ბლოკის სიმძლავრეებისა და სიმძლავრის კოეფიციენტის ცვლილების მონაცემები

თარიღი	P, კვტ	Q, კვარ	S, კვა	cosφ
01/11/11	30.43211	2.993355	42.94205	0.71306
02/11/11	27.45639	1.000519	40.01787	0.704864
03/11/11	27.21107	0.134941	38.75309	0.703993
04/11/11	28.9558	1.266921	41.51695	0.709023
05/11/11	25.6644	0.537473	35.43726	0.718434
06/11/11	16.7375	-1.51512	21.30699	0.757426



07/11/11	35.4633	2.530544	50.75389	0.713845
08/11/11	35.91815	1.536088	50.367	0.715742
09/11/11	37.06407	0.075726	51.61204	0.715684
10/11/11	35.25131	1.733133	49.3452	0.710551
11/11/11	35.5542	1.094765	49.96261	0.710897
12/11/11	28.59388	-2.19468	39.14059	0.722445
13/11/11	19.46035	-1.61753	24.15795	0.768348
14/11/11	38.24366	0.48003	53.35181	0.718546
15/11/11	33.23365	0.593683	48.02574	0.694786
16/11/11	36.95287	1.01373	54.13845	0.684359
17/11/11	39.41456	1.070708	55.56178	0.693541
18/11/11	23.38832	-1.49889	30.68628	0.752514
21/11/11	35.74244	3.096582	52.09149	0.689273
22/11/11	29.42199	2.699941	42.60879	0.710777
23/11/11	14.15394	0.066823	17.96183	0.785441
24/11/11	28.25986	4.189	40.4961	0.711886
25/11/11	29.63691	3.136023	43.08619	0.693537
26/11/11	24.67369	1.106866	33.83128	0.730848
27/11/11	13.93873	0.702738	18.24004	0.771249
28/11/11	31.12277	4.8627	46.16076	0.711594
29/11/11	23.32433	2.144947	33.33028	0.733564

როგორი კავშირია სიმძლავრეებს შორის? მაგალითად, თუ ცხრილი 18-დან ავიღებთ 2011 წლის 1 ნოემბერის აქტიური (P=30,43 კვტ), რეაქტიული (Q=2,99 კვარ) და სრული (S=42,94 კვა) სიმძლავრეების მნიშვნელობებს, დავინახავთ რომ დარღვეულია სინუსოიდური დენის შემთხვევაში ამ სიმძლავრეებს შორის არსებული კავშირის მიმართულება, კერძოდ

$$S = \sqrt{30,43^2 + 2,99^2} = 30,58 \neq 42,94 \text{ კვა.}$$

30,58 კვა სრული სიმძლავრის დროს 380 ვ ძაბვის შემთხვევაში ქსელში გამავალი დენის საშუალო მნიშვნელობა ტოლი იქნება:

$$I_{საშ.} = 30580 / 1,73 \cdot 380 = 46,5 \text{ ა}$$

ხოლო 42,94 კვა სრული სიმძლავრის დროს:

$$I_{საშ.} = 42940 / 1,73 \cdot 380 = 65,32 \text{ ა}$$

ანუ დენებს შორის სხვაობამ შეადგინა  $65,32 - 46,5 = 18,8$  ა. თითოეულ ფაზაში გამავალი დენი ტოლია  $18,8 : 3 = 6,27$  ა. დანაკარგები ელექტრულ ქსელებში კი დენის კვადრატის პროპორციულია.

აქედან გამომდინარე ვასკვნით, რომ კომპიუტერულ დატვირთვას აქვს არა მარტო ტევადური ხასიათი, არამედ თავისი მრავალმრიცხოვანი ელექტრონული ელემენტებით შეაქვს არასინუსოიდური დენებისათვის დამახასიათებელი დამახინჯებანი ელექტრულ ქსელებში, რაც თავის მხრივ ზრდის ელექტროენერჯის დამათებით დანაკარგებს.

არასინუსოიდურ რეჟიმებში ელექტროენერჯისა და სიმძლავრის დამატებითი დანაკარგების შეფასებისათვის კვლევის ობიექტებს წარმოადგენენ ელექტრული წრედის ცლკული ელემენტები. დენისა და ძაბვის სინუსოიდური მრუდეების დამახინჯების წყაროები მოიძებნებიან საკვლევ ქსელებში ელექტროენერჯის ხარისხის გაზომვის შედეგების მიხედვით.

ასეთი გაზომვების შედეგები წარმოდგინდება ცხრილურ ან გრაფიკულ სახეში, რომლებიც საშუალებას იძლევიან შევაფასოთ ელექტროენერჯის ხარისხის ცვლილების კანონზომიერებანი, გამომავლინოთ სისტემის ფრაგმენტები, რომლებშიც სინუსოიდურობის დამახინჯება მნიშვნელოვანია და მაშასადამე, დამატებითი დანაკარგები არსებითი იქნება.

არასინუსოიდური დენის დამახინჯების სიმძლავრე განისაზღვრება ფორმულით:

$$T = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} \quad (14)$$

მოცემულ შემთხვევაში დამახინჯების სიმძლავრე ტოლია:

$$T = \sqrt{42,94^2 - 30,58^2} = 30,14 \text{ კვა}$$

დამახინჯების სიმძლავრე გამოწვეულია დენისა და ძაბვის სინუსოიდის ფორმის დამახინჯებით.

ცხრილი 19-ში წარმოდგენილია VI კორპუსის II A-B ბლოკის მკვებავი ფიდერის პარამეტრების მონაცემები. ამ ფიდერით კვებას იღებს კომპიუტერების კლასები და ინდუქციური ხასიათის მცირე ჯამური რეაქტიული სიმძლავრის მქონე ლუმინესცენციური განათება. რეაქტიული სიმძლავრეების გაკომპენსირების შემდეგ დარჩა მხოლოდ ტევადური ტვირთი, მაგრამ შემცირდა დამახინჯების სიმძლავრე. მაგალითად, 2011 წლის 15 ნოემბრის მონაცემებით აქტიური სიმძლავრე ტოლია 52,407 კვტ, რეაქტიული - 14,015 კვარ, ხოლო სრული 54,900 კვა.

სინუსოიდური დენის შემთხვევაში სრული სიმძლავრის გასაანგარიშებელი ფორმულის თანახმად

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{52,407^2 + 14,015^2} = 54,248 \text{ კვა}$$

ხოლო დამახინჯების სიმძლავრე ტოლია:

$$T = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} = \sqrt{54,9^2 - 54,248^2} = 8,43 \text{ კვა}$$

ე.ი როცა ქსელში არის მხოლოდ ტევადური, ხასიათის დატვირთვა, მაშინ მცირდება დამახინჯების სიმძლავრე და სიმძლავრის კოეფიციენტის სიდიდე დამოკიდებულია მხოლოდ რეაქტიული სიმძლავრეზე.

ცხრილი 19

VI კორპუსის II A-B ბლოკის სიმძლავრეებისა და სიმძლავრის კოეფიციენტის ცვლილების მონაცემები

თარიღი	P, კვტ	Q, კვარ	S, კვა	cosφ
01/11/11	38.63855	-14.1225	41.92595	0.936201
02/11/11	38.3999	-14.5303	41.79457	0.933137
03/11/11	37.68996	-14.4988	41.11367	0.93129
04/11/11	39.15637	-14.9121	42.53933	0.933821
05/11/11	27.85709	-11.6112	30.67428	0.92367
06/11/11	11.0217	-6.36491	12.82487	0.894868
07/11/11	50.56218	-19.1685	54.61139	0.935315
08/11/11	49.20145	-19.5075	53.41231	0.93035
09/11/11	51.57706	-20.1679	55.87192	0.934082
10/11/11	52.41603	-20.6896	56.81878	0.932855
11/11/11	56.68221	-18.4976	60.14867	0.952475
12/11/11	40.94282	-11.6978	43.26572	0.94875
13/11/11	16.60156	-6.86865	18.35123	0.969869
14/11/11	62.55505	-17.278	65.53271	0.958859
15/11/11	52.40783	-14.0151	54.90046	0.957346
16/11/11	54.84787	-14.1804	57.32849	0.958928
17/11/11	52.80586	-15.1745	55.26801	0.960527
18/11/11	33.05451	-4.91077	33.93153	0.977143
21/11/11	60.77804	-16.8025	63.76441	0.953576
22/11/11	50.17652	-11.558	52.04079	0.966472
23/11/11	24.42563	-3.60677	25.03886	0.979515
24/11/11	48.7026	-10.8296	50.57672	0.967564
25/11/11	46.53638	-10.9153	48.36698	0.962433
26/11/11	39.23077	-7.56107	40.57035	0.965728
27/11/11	22.95222	-4.36438	23.69842	0.971829
28/11/11	51.48793	-12.0708	53.47025	0.965014

ჩვენს წინაშე დაისვა საკითხი. როგორ დამოკიდებულებაშია ერთმანეთთან ქსელში გამავალი დენი და დამახინჯების სიმძლავრე?

ამ მიზნით მონიტორინგის სისტემის საარქივო მასალებიდან მოთხოვნილი აქტიური სიმძლავრის სიდიდის ზრდის მიხედვით მოვახდინეთ დამახინჯების სიმძლავრის გაანგარიშება როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი რეაქტიული სიმძლავრის შემთხვევაში. გაანგარიშების შედეგები მოყვანილია ცხრილ 20-ში.

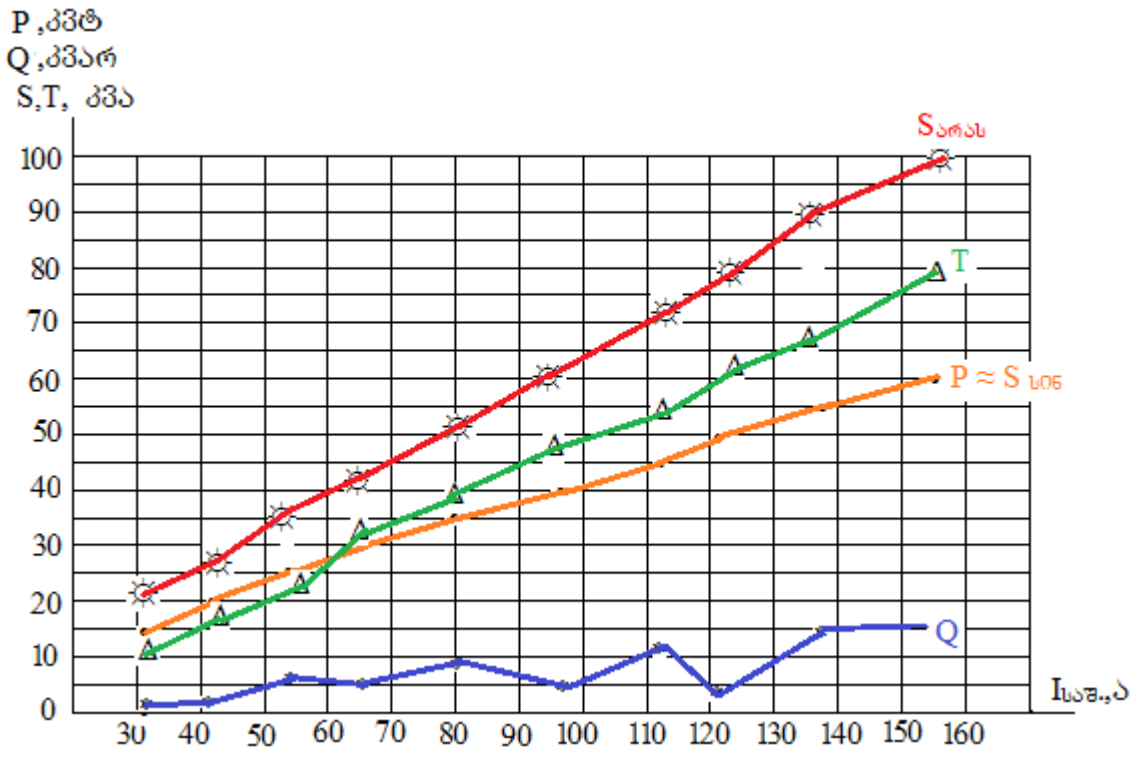
ცხრილი 20

VI სასწავლო კორპუსის I A და B ბლოკების სამუშაო დღის დატვირთვა

№	U <sub>საშ.</sub> ვ	I <sub>საშ.</sub> ა	P, ვტ	Q, ვარ	S <sub>არასინ.</sub> ვა	S <sub>სინ.</sub> ვა	T, ვა	Cosφ, არასინ Scada	Cosφ, <sub>სინ.</sub> გაანგარ.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>დადებითი რეაქტიული სიმძლავრის შემთხვევაში</b>									
1	371	155	60000	16600	99870	62254	78090	0,60	0,963
2	371	136,6	55000	14380	87830	56849	66950	0,63	0,967
3	373	121	50000	3000	79100	50090	61200	0,63	0,99
4	369	111,8	45000	12300	71480	46651	54160	0,64	0,964
5	370	96,6	40000	4220	62070	40222	47300	0,65	0,994
6	377	79,8	35000	8730	52100	36072	37600	0,65	0,97
7	370	66	30000	4960	43200	30407	30700	0,64	0,987
8	372	54,3	25000	6000	34920	25710	23600	0,65	0,97
9	375	41,7	20000	1500	26950	20056	18000	0,72	0,997
10	370	30,6	15000	1110	19590	15041	12500	0,67	0,997
<b>საშ.</b>	<b>372</b>	<b>89,3</b>	<b>37500</b>	<b>72800</b>	<b>57740</b>	<b>38335,2</b>	<b>43010</b>	<b>0,65</b>	<b>0,977</b>
<b>უარყოფითი რეაქტიული სიმძლავრის შემთხვევაში</b>									
1	372	111,3	45000	-460	71980	45002	56000	0,62	0,99
2	371	96,0	40400	-300	62110	40401	47000	0,64	0,99
3	368	80,7	35400	-466	51670	35403	37600	0,67	0,99
4	370	67,2	32200	-2464	43000	32294	30500	0,69	0,99
5	373	56,1	25200	-6076	35460	25922	25600	0,688	0,97
6	373	45,1	20380	-5820	29600	21195	20600	0,71	0,96
7	379	31,4	15100	-1760	20690	15202	14000	0,74	0,99
<b>სულ</b>	<b>372</b>	<b>69,7</b>	<b>30526</b>	<b>-2478</b>	<b>44930</b>	<b>30774</b>	<b>33043</b>	<b>0,68</b>	<b>0,983</b>

ამ ცხრილის მიხედვით ნახ-19-ზე აგებულია აქტიური, რეაქტიული, სრული და დამახინჯების სიმძლავრის დენის საშუალო მნიშვნელობაზე დამოკიდებულება დადებითი რეაქტიული სიმძლავრის შემთხვევაში, შესაბამისად:  $P = f(I_{საშ})$ ;  $Q = f(I_{საშ})$ ;

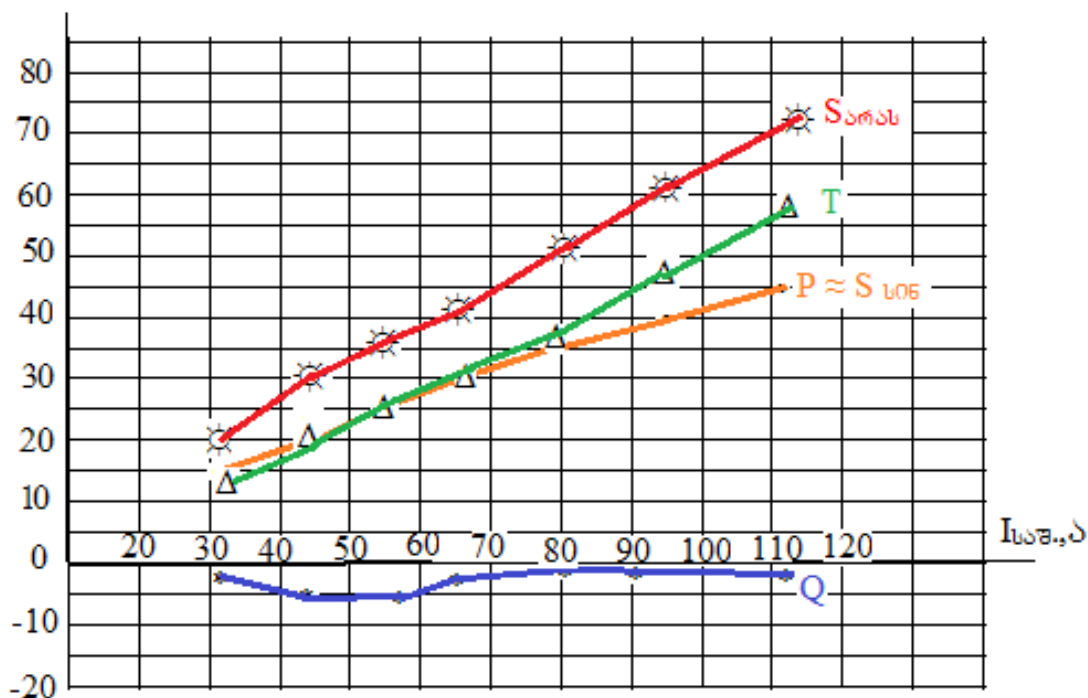
$S_{არას.} = f(I_{საშ.})$ ;  $T = f(I_{საშ.})$ , ხოლო ნახ.20-ზე იგივე დამოკიდებულებანი უარყოფითი რეაქტიული სიმძლავრის შემთხვევაში. ნახ.19



როგორც ნახ.19 და ნახ.20 დან ჩანს, როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი რეაქტიული სიმძლავრის შემთხვევაში დენის საშუალო მნიშვნელობის გაზრდით ყველა სახის სიმძლავრე, გარდა რეაქტიულისა, იზრდება. რეაქტიული სიმძლავრე ხან ზრდადია და ხან კლებადი, მაგრამ მისი მნიშვნელობა სხვა სიმძლავრეებთან შედარებით იმდენად მცირეა, რომ არსებითად ვერ ცვლის სრულ სიმძლავრეს. დამახინჯების სიმძლავრის გაზრდით შესაბამისად იზრდება ელექტროენერჯის დანაკარგები და უარესდება ელექტროენერჯის ხარისხი. რაც განაპირობებს დაბალი სიმძლავრის კოეფიციენტს (ცხრილი 20, სვეტი 9).

ნახ.19 და ნახ.20-ზე ნაჩვენები არ არის ცხრილში მოცემული აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების შესაბამისი სრული სიმძლავრე, რადგან თუ ერთმანეთს შევადარებთ ცხრილი 20-ის მე-4 და მე-7 სვეტების მონაცემებს, ისინი ერთმანეთისაგან დიდად არ განსხვავდებიან. ანუ რეაქტიული სიმძლავრე იმდენად მცირეა, რომ სრული სიმძლავრე  $S_{სიბ}$  თავისი მნიშვნელობით იგი აქტიური სიმძლავრის თითქმის ტოლია და შესაბამისი სიმძლავრის კოეფიციენტიც მაღალია.

P, კვტ  
 Q, კვარ  
 S, T, კვპ



ცხრილი 20-ის მონაცემების ანალიზის საფუძველზე ასევე შეიძლება დავასკვნათ, რომ VI სასწავლო კორპუსში მოთხოვნილი რეაქტიული სიმძლავრის სიდიდე არსებით გავლენას ვერ ახდენს ამ კორპუსის სიმძლავრის კოეფიციენტზე და ელექტროენერჯის დანაკარგები ძირითადად გამოწვეულია VI და ამ კორპუსის კომპიუტერული დატვირთვით გამოწვეული ელექტროენერჯის ხარისხის გაუარესებით და დამახინჯების სიმძლავრის შემოტანით.

მაგალითისათვის მოვიყვანოთ, თუ რა ეკონომიური ეფექტი გააჩნია და სიმძლავრის კოეფიციენტის ამაღლებას. მაგალითად, 2011 წლის ნოემბრის თვეში VI კორპუსის I A-B ბლოკის მიერ, რომლის სიმძლავრის კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობაა  $\cos\varphi=0,71$  მოხმარებული იქნა 18801 კვტ.სთ აქტიური ელექტროენერჯია. აღნიშნული სიდიდის აქტიური ელექტროენერჯია ქსელიდან მოითხოვს სრული სიმძლავრის შესაბამის ენერჯიას:

$$18801/0,71 = 26480 \text{ კვტ.სთ}$$

თუ ჩავთვლით, რომ აღნიშნული ბლოკი დღეში საშუალოდ ჩართულია 12 საათის განმავლობაში, მაშინ ერთ თვეში ბლოკი ჩართული იქნება  $30 \times 12 = 360$  სთ-ის განმავლობაში. ერთ საათში მოთხოვნილი სრული სიმძლავრე ტოლი იქნება:

$$S = 26480/360 = 73,5 \text{ კვა}$$

380 ვ ხაზური ძაბვის შემთხვევაში ამ მოთხოვნილ სრულ სიმძლავრეს შეესაბამება ხაზური დენის საშუალო მნიშვნელობა:

$$I_{საშ1} = 73500/\sqrt{3} \cdot 380 = 111,56 \text{ ა}$$

თუ ტექნიკური ღონისძიებების შედეგად სიმძლავრის კოეფიციენტის აწევა 0,71-დან 0,95-მდე, მაშინ აღნიშნული სიდიდის აქტიური ენერგია ქსელიდან მოითხოვს სრულ სიმძლავრის შესაბამის ენერგიას:

$$18801/0,95 = 19790 \text{ კვა.სთ.}$$

ერთი თვის განმავლობაში საშუალოდ 12 საათის ჩართვის ხანგრძლივობით საათში მოთხოვნილი სრული სიმძლავრე იქნება:

$$19790/360 = 55 \text{ კვა}$$

380 ვ ხაზური ძაბვის შემთხვევაში, ამ მოთხოვნილ სიმძლავრეს შეესაბამება ხაზური დენის საშუალო მნიშვნელობა:

$$I_{საშ2} = 55000/\sqrt{3} \cdot 380 = 83,7 \text{ ა}$$

საშუალო დენების სხვაობამ შეადგინა:

$$\Delta I_{საშ} = 111,56 - 83,7 = 27,86 \text{ ა}$$

თითოეულ ფაზაში გამავალი დამატებითი დენი ტოლია:

$$27,86/3 = 9,3 \text{ ა}$$

ე.ი 9,3 ა სიდიდის დენი არის თითოეულ ფაზაში დამატებითი დანაკარგების გამომწვევი. დანაკარგების სიდიდე კი დამოკიდებულია ამ დამატებითი დენის სიდიდის კვადრატზე და იმ ელემენტის წინაღობაზე, რომელშიც გადის აღნიშნული სიდიდის დენი.

ადმინისტრაციული კორპუსის მიერ ნომბრის თვეში მოხმარებული იქნა 36734 კვტ.სთ ელექტროენერგია. ანალოგიური გაანგარიშებით მივიღეთ, რომ ამ კორპუსის სიმძლავრის კოეფიციენტის 0,89-დან 0,95-მდე გაუჯობესების შემთხვევაში ქსელში

გამავალი დენების სხვაობა შეადგენს 11 ა-ს. თითოეულ ფაზაში გამავალი დამატებითი დენი ტოლია 3,67 ა.

განვსაზღვროთ აღნისნული სიდიდის დენებით გამოწვეული დანაკარგები კაბელებსა და ტრანსფორმატორში.

VI სასწავლო კორპუსის I A-B ბლოკი იკვებება 120 მ სიგრძის ალუმინის ძარღვიანი 150 მმ<sup>2</sup> კვეთის კაბელით, რომლის ერთი ძარღვის წინაღობა ცნობარების მიხედვით არის  $R_0 = 0,21$  ომი/კმ. აქედან გამომდინარე 120 მ კაბელის ერთი ძარღვის წინაღობაა  $R = 0,0252$  ომი.

აღნიშნული კაბელის ძარღვში  $\cos\varphi_1 = 0,71$ -ის ტოლი სიმძლავრის კოეფიციენტის დროს, როცა ერთ ძარღვში ანუ ერთ ფაზაში გადის  $I_1 = I_{\Sigma 1}/3 = 111,56/3 = 37,19$  ა დენი, აქტიური სიმძლავრის ენერჯის დანაკარგი  $t = 1$  სთ-ის განმავლობაში იქნება:

$$\Delta W_1 = I_1^2 \cdot R \cdot t = 37,19^2 \cdot 0,0252 \cdot 1 = 34,85 \text{ ვტ.სთ} = 0,03485 \text{ კვტ.სთ}$$

რადგან მივიღებთ, რომ I A-B ბლოკი დღეში საშუალოდ ჩართულია 12 საათს, ხოლო თვეში 360 საათს, ამიტომ ერთი წლის განმავლობაში კაბელის ერთ ფაზაში აქტიური სიმძლავრის ენერჯის დანაკარგი იქნება:

$$\Delta W_{\text{წლ1}} = \Delta W_1 \cdot 360 \text{ სთ} \cdot 12 \text{ თვე} = 0,03485 \cdot 360 \cdot 12 = 166,3 \text{ კვტ.სთ}$$

სამივე ფაზაში დანაკარგები ტოლი იქნება:

$$\Delta W_{\text{წლ1}\Sigma} = \Delta W_{\text{წლ1}} \cdot 3 = 166,3 \cdot 3 = 499 \text{ კვტ.სთ}$$

თუ ტექნიკური საშუალებებით მოვახდინეთ სიმძლავრის კოეფიციენტის ამარღებას  $\cos\varphi_2 = 0,95$ -მდე, მაშინ კაბელის ერთ ფაზაში გაივლის  $I_2 = I_{\Sigma 2}/3 = 83,7/3 = 27,9$  ა. ამ შემთხვევაში იგივე სიდიდის წინაღობაზე აქტიური სიმძლავრის ენერჯის დანაკარგი ერთი საათის განმავლობაში იქნება:

$$\Delta W_2 = I_2^2 \cdot R \cdot t = 27,9^2 \cdot 0,0252 \cdot 1 = 19,62 \text{ ვტ.სთ} = 0,01962 \text{ კვტ.სთ}$$

ერთი წლის განმავლობაში კაბელის ერთ ფაზაში აქტიური სიმძლავრის ენერჯის დანაკარგი იქნება:

$$\Delta W_{\text{წლ2}} = \Delta W_2 \cdot 360 \text{ სთ} \cdot 12 \text{ თვე} = 0,01962 \cdot 360 \cdot 12 = 84,76 \text{ კვტ.სთ}$$

სამივე ფაზაში დანაკარგები ტოლი იქნება:

$$\Delta W_{\text{წლ2}\Sigma} = \Delta W_{\text{წლ2}} \cdot 3 = 84,76 \cdot 3 = 254,28 \text{ კვტ.სთ}$$



ე.ი ელექტროენერჯის დანაკარგი I A-B კორპუსის კაბელებში ერთი წლის განმავლობაში ტოლია:

$$\Delta W_{\text{წლ. კაბ.}} = \Delta W_1 - \Delta W_2 = 499 - 254,28 = 244,72 \text{ კვტ.სთ}$$

**დანაკარგები ტრანსფორმატორში.** VI სასწავლო კორპუსის I A-B ბლოკი იკვებება 1000 კვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორიდან, რომლის მოკლედ შერთვის დანაკარგი შეადგენს 11 კვტ-ს.

აღნიშნული ტრანსფორმატორის ერთ გრაგნილში  $\cos\varphi_1 = 0,71$ -ის ტოლი სიმძლავრის კოეფიციენტის დროს გადის  $I_{\text{საშ.1}} = 111,56$  ა დენი. ამ დენით გამოწვეული სიმძლავრის დანაკარგი ტოლი იქნება:

$$\Delta P_{1\text{ტრ}} = \Delta P_{\text{გ.შ.}} \cdot I_{\text{საშ.1}}/I_6 = 11 \cdot 111,56/1521 = 0,807 \text{ კვტ}$$

ერთი წლის განმავლობაში ამ სიმძლავრის მიერ გამოწვეული ელექტროენერჯის დანაკარგი ტოლი იქნება:

$$\Delta W_{\text{ტრ.წლ.1}} = \Delta P_{1\text{ტრ}} \cdot 360 \cdot 12 = 0,807 \cdot 360 \cdot 12 = 3486,24 \text{ კვტ.სთ}$$

სიმძლავრის კოეფიციენტის  $\cos\varphi_2 = 0,95$  - მდე ამალღების დროს:

$$\Delta P_{2\text{ტრ}} = \Delta P_{\text{გ.შ.}} \cdot I_{\text{საშ.2}}/I_6 = 11 \cdot 83,7/1521 = 0,605 \text{ კვტ}$$

ხოლო ელექტროენერჯის დანაკარგი ტოლი იქნება:

$$\Delta W_{\text{ტრ.წლ.2}} = \Delta P_{2\text{ტრ}} \cdot 360 \cdot 12 = 0,605 \cdot 360 \cdot 12 = 2613,6 \text{ კვტ.სთ}$$

ანუ დამახინჯებისა და რეაქტიული სიმძლავრით გამოწვეული დანაკარგი ტოლი იქნება:

$$\Delta W_{\text{ტრ.წლ.}} = \Delta W_{\text{ტრ.წლ.1}} - \Delta W_{\text{ტრ.წლ.2}} = 3486,24 - 2613,6 = 872,64 \text{ კვტ.სთ}$$

საბოლოოდ VI კორპუსის I A-B ბლოკის მიერ დამახინჯებისა და რეაქტიული სიმძლავრით გამოწვეული ელექტროენერჯის დანაკარგები ტოლია:

$$\Delta W = \Delta W_{\text{წლ. კაბ.}} + \Delta W_{\text{ტრ.წლ.}} = 244,72 + 872,64 = 1117,36 \text{ კვტ.სთ}$$

ჩვენს მიერ ელექტროენერჯის დანაკარგების დაწვრილებითი გამოკვლევები ჩატარებული იქნა VI სასწავლო კორპუსის იმ ბლოკის ელექტრომომარაგებაზე, სადაც განლაგებულია სხვადასხვა სახის ელექტროენერჯის მიმღებები: კომპიუტერული კლასები, ლიფტის ელექტროძრავები, კლიმატკონტროლები. ამ ელექტრომომხმარებლების რეაქტიული დატვირთვა არის როგორც ტევადური, ასევე

ინდუქციური ხასიათის. ამ ბლოკის ზოგიერთი ელექტრომომხმარებელი არის უმაღლესი რიგის ჰარმონიკების წყარო, რომლებიც აუარესებენ ელექტროენერჯის ხარისხს.

**ტრანსფორმატორის უქმი სვლის დანაკარგები.** საერთო დანაკარგების განსაზღვრის მიზნით საჭირო შეიქმნა შეჯამებული SCADA-ს სისტემის კონტროლ ქვეშ მყოფი ტრანსფორმატორების უქმი სვლის სიმძლავრეები.

SCADA-ს სისტემის კონტროლ ქვეშ იმყოფება 2 ცალი 1000 კვა და 1 ცალი 630 კვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორები, რომელთა საპასპორტო ჯამური უქმი სვლის სიმძლავრეა 6,450 კვტ. თუ გავითვალისწინებთ რომ ტრანსფორმატორები მოძველებულია, მაშინ უქმი სვლის დანაკარგები უფრო მეტი იქნება.

2011 წლის 21 ნოემბრიდან ზამთრის დადგომასთან დაკავშირებით ქსელში მუდმივად ჩართული იქნა სამივე ტრანსფორმატორი. საპასპორტო მონაცემების მიხედვით სამივე ტრანსფორმატორის უქმი სვლის დანაკარგები ერთ თვეში შეადგენს:

$$\Delta W_{\text{უ.ს.}} = 6,45 \text{ კვტ} \times 24 \text{ სთ} \times 30 \text{ დღ.} = 4644 \text{ კვტ.სთ}$$

**ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის დანაკარგები.** ტრანსფორმატორის უქმი სვლის დანაკარგებს ემატება მოკლე შერთვის დანაკარგები, რომლის სიდიდე დამოკიდებულია დატვირთვაზე და განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Delta W_{\text{ა.შ.}} = \Delta P_{\text{ა.შ.}} \cdot K_{\text{დ}} \cdot t,$$

სადაც  $K_{\text{დ}} = I_2/I_6$  - არის ტრანსფორმატორის დატვირთვის კოეფიციენტი;  $t$  - არის ტრანსფორმატორზე დატვირთვის ჩართვის ხანგრძლივობა სთ;  $\Delta P_{\text{ა.შ.}}$  - არის ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის სიმძლავრის დანაკარგები. 1000 კვა ტრანსფორმატორისათვის იგი ტოლია 11 კვტ, ხოლო 630 კვა ტრანსფორმატორებისათვის 7,3 კვტ. რადგანაც ტრანსფორმატორის დატვირთვა ჩვენს შემთხვევაში ცვალებადია და ამიტომ უქმი სვლის დანაკარგებთან შედარებით მწელია დატვირთვის დანაკარგების ზუსტი განსაზღვრა.

**საერთო დანაკარგები.** ჩვენთვის უფრო საინტერესოა SCADA-ს სისტემის კონტროლ ქვეშ მყოფი ელექტრომომღებების საერთო დანაკარგების სიდიდე და პროცენტული რაოდენობა.

პირველ რიგში მიზნად დავისახეთ სანაპიროს ქვესადგურში დაყენებული სტუ-ის საანაგრიშო მრიცხველის მიერ აღრიცხულ, ქვესადგურიდან გაცემულ და სტუ-ის № 1003 და № 1182 სატრანსფორმატორო ჯიხურებში დაყენებული ტრანსფორმატორებიდან გამომავალ ელექტროენერგიებს შორის თანაფარდობის დადგენა. რითაც განისაზღვრებოდა მაღალი, 6 კვ ძაბვის კაბელებსა და ტრანსფორმატორებში ელექტროენერგიის ფაქტიური და ტექნიკური დანაკარგები.

საერთო დანაკარგები განვსაზღვრეთ ორი ხერხით:

I ხერხით დანაკარგები განვსაზღვრეთ შემდეგნაირად:

მონიტორინგის ჩატარებისათვის შერჩეული იქნა № 1003 და № 1182 სატრანსფორმატორო ჯიხურები. № 1003 სატრანსფორმატორო ჯიხურიდან კვებას იღებს სტუ-ის ადმინისტრაციული, III, IV, VI, IX სასწავლო კორპუსები, მათ ტერიტორიაზე განლაგებული კომერციული ობიექტები და სს „თელასის“ სამი აბონენტი: მაღალი ძაბვის მომხმარებელი შპს „კომფორტი-50“, დაბალი ძაბვის მომხმარებლები: კავკასიის ბიზნეს-სკოლა და სს „თელასის“ სხვა აბონენტები. № 1182 სატრანსფორმატორო ჯიხურიდან კვებას იღებს სტუ-ის VIII სასწავლო კორპუსი, სტუ-ის ქვეაბონენტი საქართველოს უნივერსიტეტი, VIII სასწავლო კორპუსის ტერიტორიაზე განლაგებული კომერციული ობიექტები და სს „თელასის“ აბონენტები: შპს „თაღლაურა“ და ვახუშტის ხიდის ობიექტები. გამოკვლევების ჩატარებისათვის 2015 წლის 15 ივლისის 12<sup>00</sup> საათზე დაფიქსირებული იქნა ქვემოთ ჩამოთვლილი მრიცხველების ჩვენებები:

1. სანაპიროს ქვესადგურში № 17 ფიდერზე დაყენებული №01049553 მრიცხველის ჩვენება – 8650,78. აღნიშნული მრიცხველის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტია 4800. ამ მრიცხველის ჩვენების მიხედვით ახდენს სტუ ანგარიშსწორებას სს „თელასთან“.
2. ვახუშტის ხიდის მიმდებარე ტერიტორიაზე მიმავალი მაღალი ძაბვის გამანაწილებელ კარადაში დადგმული მრიცხველის ჩვენება-2000,16,

ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი 1200. ამ მრიცხველის მიერ მოხმარებული ელექტროენერგია აკლდება ტექნიკური უნივერსიტეტის ხარჯებს.

3. VIII კორპუსის ძალური ტრანსფორმატორის გამოსასვლელზე დაყენებული SCADA-ს სისტემის მრიცხველის ჩვენება-564185, ტრანსფორმაციის კოეფიციენტით-1.
4. VI კორპუსის № 1 630 კვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორის გამოსასვლელზე დაყენებული SCADA-ს სისტემის მრიცხველის ჩვენება-75652, ტრანსფორმაციის კოეფიციენტით-1.
5. VI კორპუსის № 2 1000 კვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორის გამოსასვლელზე დაყენებული SCADA-ს სისტემის მრიცხველის ჩვენება-125487, ტრანსფორმაციის კოეფიციენტით-1.

2011 წლის 22 ივლისის 12<sup>00</sup> საათზე დაფიქსირებული იქნა ზემოთ მოყვანილი მრიცხველების ჩვენებები და განსაზღვრული იქნა დახარჯული ელექტროენერგიის რაოდენობები:

1. სანაპიროს ქვესადგურში მრიცხველის ჩვენება იყო - 8667,34. ამ მრიცხველის ჩვენების მიხედვით ერთი კვირის განმავლობაში დარიცხულმა ელექტროენერგიამ შეადგინა:  $(8667,34 - 8650,78) \times 4800 = 79488$  კვტ.სთ;
2. ვახუშტის ხიდისაკენ მიმავალი ელექტროენერგიის მრიცხველის ჩვენებაა - 2012,58. ამ მრიცხველის მიერ აღრიცხული ელექტროენერგია შეადგენს:  $(2012,58 - 2000,16) \times 1200 = 14904$  კვტ.სთ;
3. VIII კორპუსის ძალური ტრანსფორმატორის გამოსასვლელზე დაყენებული SCADA-ს სისტემის მრიცხველის ჩვენებაა - 584212. დახარჯული ელექტროენერგიის რაოდენობაა:  $584212 - 564185 = 20027$  კვტ.სთ;
4. VI კორპუსის № 1 ტრანსფორმატორის გამოსასვლელზე დაყენებული SCADA-ს სისტემის მრიცხველის ჩვენებაა - 114152. დახარჯული ელექტროენერგიის რაოდენობაა:  $80574 - 75652 = 4922$  კვტ.სთ;

5. VI კორპუსის № 2 ტრანსფორმატორის გამოსასვლელზე დაყენებული SCADA-ს სისტემის მრიცხველის ჩვენებაა - 584212. დახარჯული ელექტროენერგიის რაოდენობაა:  $163987 - 125487 = 38500$  კვტ.სთ;

ამრიგად, სტუ-ის ტერიტორიაზე განლაგებული ძალოვანი ტრანსფორმატორების გამოსასვლელებზე მოხმარებული ელექტროენერგიის ჯამური რაოდენობა შეადგენს:

$$14904 + 20027 + 4922 + 38500 = 78353 \text{ კვტ.სთ}$$

სანაპიროს ქვესადგურში დაყენებული საანგარიშსწორებო მრიცხველის მიერ აღრიცხულ ელექტროენერგიასა და ტრანსფორმატორების გამოსასვლელებზე ჯამურ ელექტროენერგიებს შორის სხვაობა, ანუ რაც იგივეა, დანაკარგები საკაბელო ხაზებსა და ძალურ ტრანსფორმატორებში შეადგენს:

$$79488 - 78353 = 1135 \text{ კვტ.სთ}$$

პროცენტებში გამოსახული დანაკარგები შეადგენს:

$$1135 \times 100 / 79488 = 1,43 \%$$

II ხერხი. ამ ხერხით დანაკარგების განსაზღვრისათვის დაკვირვება დავიწყეთ 2011 წლის 21 ნოემბრიდან, რადგან ამ დღიდან აცივების გამო ელექტროენერგიის მოხმარება ძალიან გაიზარდა.

1. 2011 წლის 21 ნოემბერს 12 საათზე დავაფიქსირეთ SCADA-ს სისტემის ჩვენება, რომელიც შეადგენდა 750 405 კვტ.სთ -ს. ასევე ავიღეთ იმავე სისტემის ჩვენება 2012 წლის 5 იანვარს. იგი შეადგენდა 1 449 724 კვტ.სთ. ანუ 45 დღის განმავლობაში მათმა სხვაობამ შეადგინა:

$$1\,449\,724 - 750\,405 = 699\,319 \text{ კვტ.სთ}$$

1. ნოემბერ-დეკემბერში „თელასის“ მიერ სტუ-ის დაერიცხა SCADA-ს სისტემის კონტროლ ქვეშ მყოფი ელექტრომიმღებების მიერ 60 დღის განმავლობაში მოხმარებული ელექტროენერგიის რაოდენობა 743436 კვტ.სთ. ამ დარიცხულმა ელექტროენერგიას დაემატა „თელასის“ აბონენტების ხარჯები, რომელიც გამოაკლდა სტუ-ის, მაგრამ SCADA-ს სისტემამ აღრიცხა:

$$743436 + 22154 + 78579 + 79501 + 24881 = 948551 \text{ კვტ.სთ.}$$

ანუ 45 დღეში მოხმარებული ელექტროენერჯის რაოდენობა იქნება:

$$948551 \times 45/60 = 711\,413 \text{ კვტ.სთ}$$

2. დანაკარგების რაოდენობა შეადგენს:

$$711413 - 699319 = 12094 \text{ კვტ.სთ}$$

ანუ პროცენტებში გამოსახული იქნება:

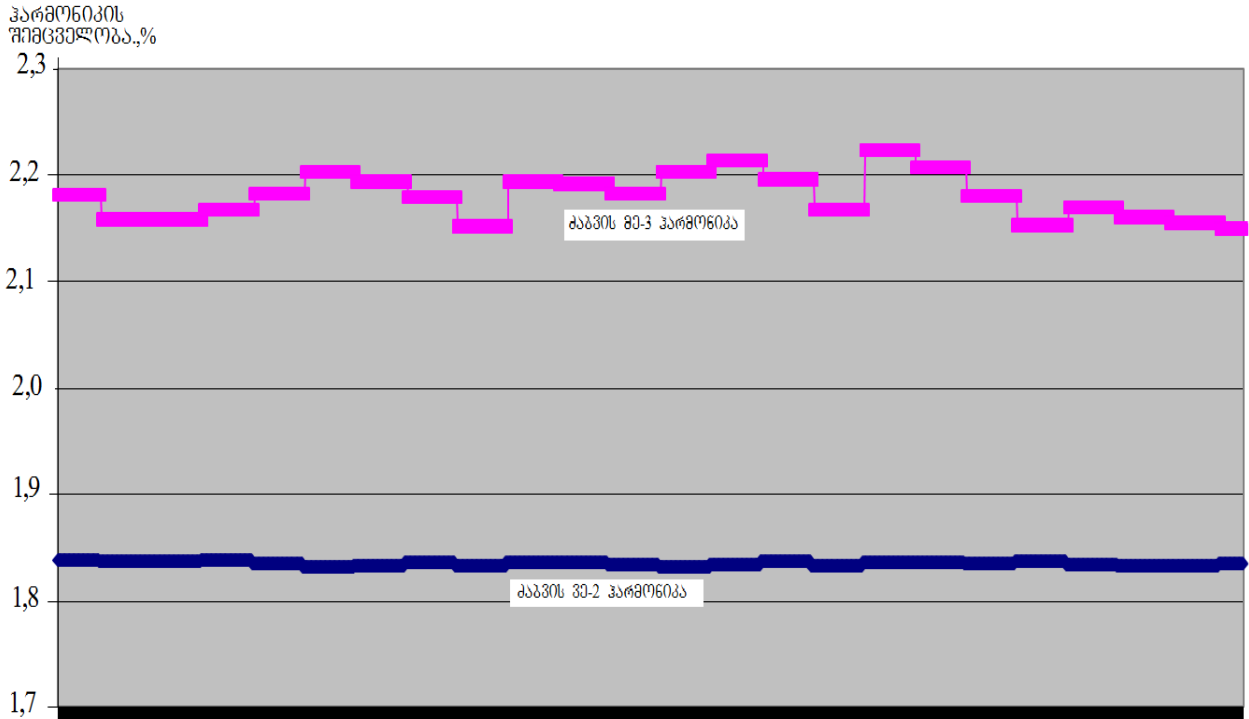
$$\gamma = 12094 \times 100 / 711413 = 1,7 \%$$

სხვადასხვა დროსა და სხვადასხვა მეთოდით განსაზღვრული დანაკარგები თითმის ერთნაირია და რაც ყველაზე მთავარია იგი ნაკლებია მიღებულ დასაშვებ ნორმაზე, ანუ 5 % - ზე.

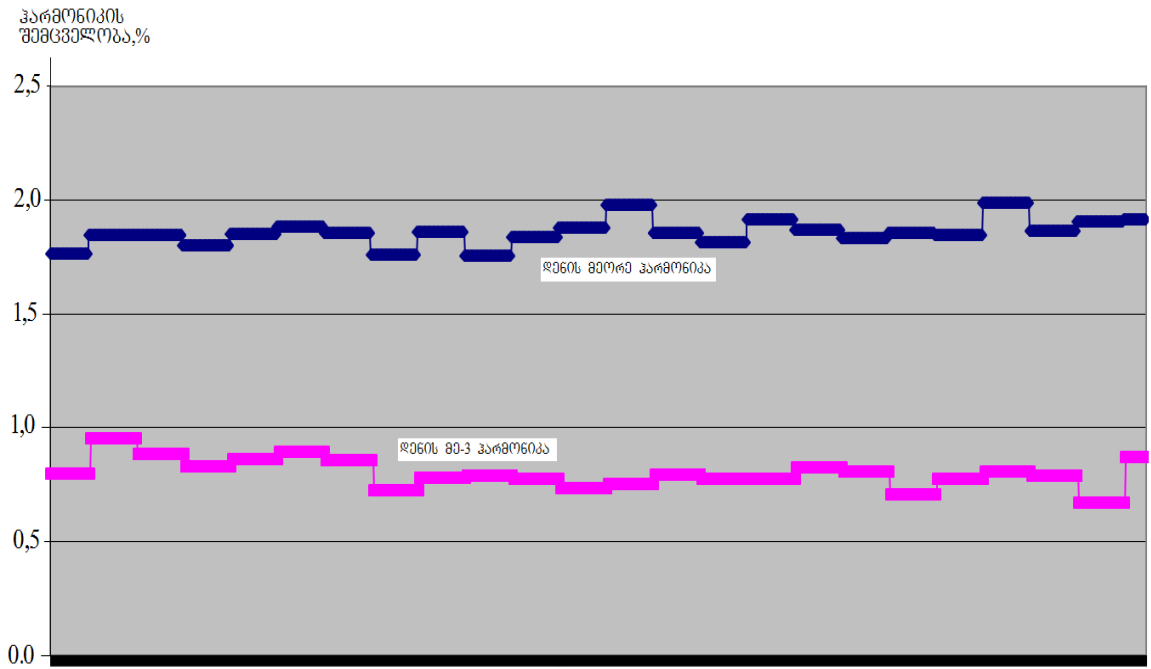
აქედან ვაკეთებთ დასკვნას, რომ ტექნიკური უნივერსიტეტის მასშტაბით აღრიცხული ელექტროენერჯის დანაკარგები მიღებულ ნორმაზე ბევრად ნაკლებია. დანაკარგების ასეთი დაბალი დონე მიღწეული იქნა აღრიცხვის სისტემის მოწესრიგებითა და ტრანსფორმატორების მუშაობის რეჟიმების შერჩევით. დადგენილია, რომ ტრანსფორმატორს ოპტიმალური დანაკარგები გააჩნია, თუ იგი მუშაობს ნომინალური დატვირთვით.

ასევე შესაძლებელია, დანაკარგების ასეთი დაბალი დონე განპირობებული იყოს სანაპიროს ქვესადგურში დაყენებული სტუ-ის საანგარიშო, ევროალფა-ს ტიპის ელექტრონული მრიცხველით. როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, ელექტრონული მრიცხველები აღრიცხავენ პირველი ჰარმონიკის შესაბამის მოხმარებულ ელექტროენერჯიას. ელექტროენერჯეტიკულ სისტემებში უმაღლესი რიგის ჰარმონიკების გამოვლენა (რაც საკმაოდ აა სტუ-ის ქსელებში) კი იწვევს გაზომვის ცდომილების გაზრდას. აღნიშნული საკითხი შესაძლებელია შემდგომი კვლევის საგანი იყოს. ჰარმონიკების შემცველობა „სანაპიროს“ ქვესადგურიდან შემომავალი კაბელის ძაბვასა და დენზე.

ჩვენთვის მეტად საინტერესო იყო შეგვემოწმებინა სს „თელასიდან“ მიწოდებული ელექტროენერჯის ხარისხი, რის საშუალებასაც გვაძლევს SCADA-ს სისტემა. ამ მიზნით 2011 წლის 29 დეკემბერს SCADA-ს სისტემიდან ამოვიღეთ ND-20 ბლოკის მონაცემები, რომელიც აფიქსირებს ჰარმონიკების შემცველობის პროცენტს ნახ.21 და ნახ.22-ზე წარმოდგენილია შესაბამისად ძაბვისა და დენის მე-2 და მე-3 რიგის ჰარმონიკების შემცველობა 6 კვ ძაბვის მხარეს. ნახ.21 და ნახ.22



ნა

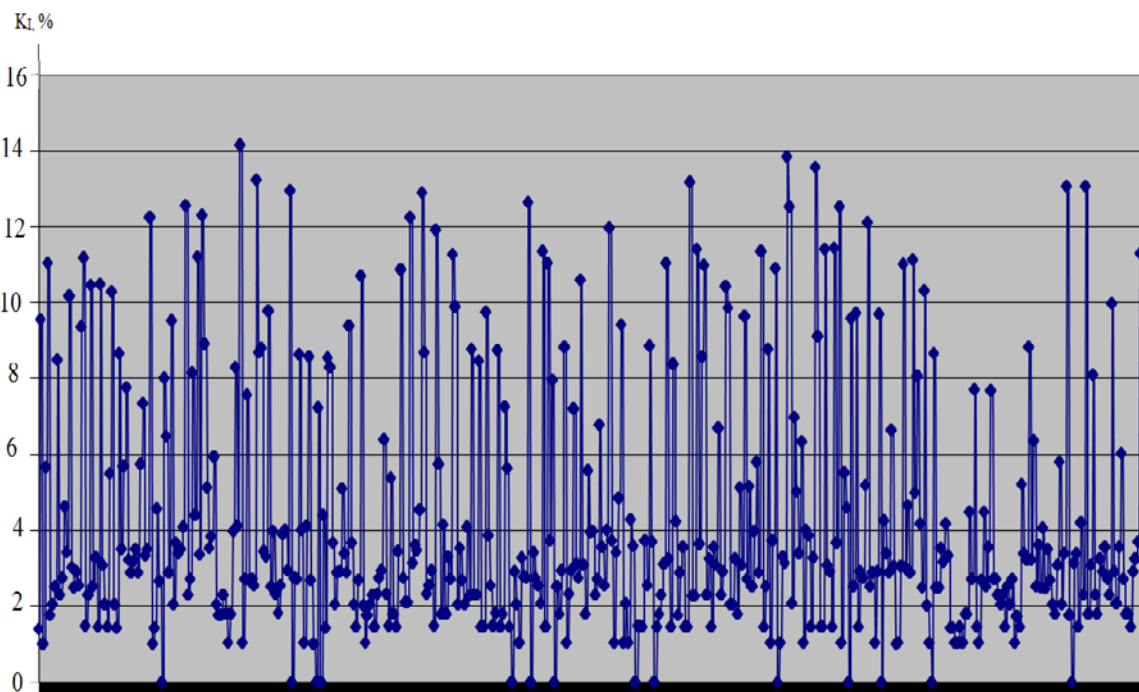
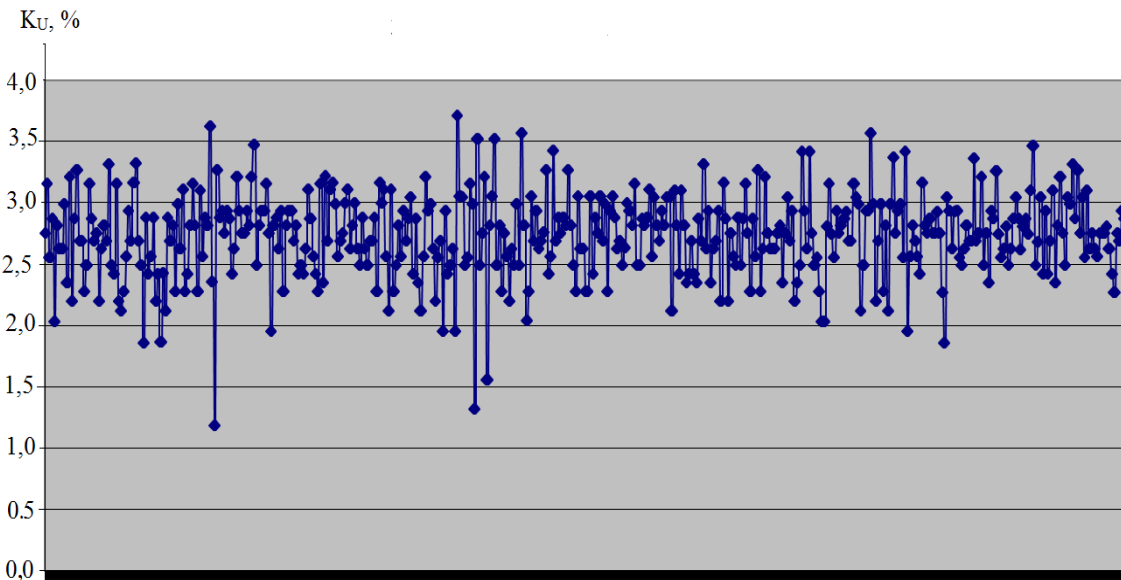


გოსტ 13109-97 – „საერთო დანიშნულების ელექტრომომარაგების სისტემებში ელექტროენერჯის ხარისხის ნორმები“ მოცემულია ძაბვის მეორე და მესამე რიგის ჰარმონიკების შემცველობის პროცენტი. კერძოდ, 0,38 კვ ძაბვის ქსელებში დასაშვები ნორმაა 2 %, ხოლო 6 კვ ძაბვის ქსელებში-1,5 %. იგივე სტანდარტის თანახმად მესამე რიგის ჰარმონიკის დასაშვები ნორმაა: 0,38 კვ ძაბვის ქსელებში - 5 %, ხოლო 6 კვ ძაბვის ქსელებში - 3 %. როგორც ნახ.22-დან ჩანს ძაბვის მეორე რიგის ჰარმონიკის მაქსიმალური შემცველობა 1,84 % რაც დასაშვებია 0,38 კვ ქსელებისათვის, ხოლო დაუშვებელია 6 კვ ქსელებისათვის. აღნიშნული ჰარმონიკის შემცველობა აღებულია სწორედ 6 კვ მხარეს. ე.ი შემომავალი ელექტროენერჯის ხარისხი არადაამაკმაყოფილებელია. მესამე ჰარმონიკის შემცველობა დასაშვებ ნორმებშია, რადგან მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა 2,22 %-ია.

ნახ.22-დან ჩანს, რომ დენის მეორე რიგის ჰარმონიკების შემცველობის მაქსიმალური სიდიდეა 2,0 %, ხოლო მესამე რიგის ჰარმონიკისა - 0,95 %. ზემოთ მოყვანილ გოსტ-ში დენის ჰარმონიკების შემცველობის ნორმები დადგენილი არ არის. იმავე გოსტ-ის მიხედვით ძაბვის დამახინჯების კოეფიციენტის ნორმირებული მნიშვნელობაა 0,38 კვ ქსელებისათვის 8 %, ხოლო მაქსიმალური მნიშვნელობა - 12 %.



6 კვ ქსელებისათვის ნორმირებული მნიშვნელობაა 5 %, ხოლო მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობა - 8%. ნახ.23 და ნახ.24



როგორც ნახ.23-დან ჩანს, ძაბვის დამახინჯების კოეფიციენტის მაქსიმალური მნიშვნელობა 3,51 %-ია, რაც დასაშვებ ფარგლებშია.

რაც შეეხება დენის დამახინჯების კოეფიციენტს, როგორც ნახ.24-დან ჩანს მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა 14,16 %-ია რაც არც თუ კარგი მაჩვენებელია.

ჩვენს მიერ ასევე შემოწმებული იქნა სიმძლავრის კოეფიციენტის მნიშვნელობა 6 კვ ძაბვის ანუ საანგარიშო მრიცხველის მხარეს რომლის **სიდიდე არის**

### **დენის უმაღლესი რიგის ჰარმონიკების შემცირების ხერხები.**

სპეციალისტების მიერ დამუშავებულია მრავალი ტექნიკური საშუალება, რომლებიც აუმჯობესებენ ელექტროენერჯის ხარისხს ძაბვისა და დენის არასინუსოიდურობის მაჩვენებლების მიხედვით.

დენის მაღალსიხშირული მდგენელების შემცირების ტექნიკური საშუალებები შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად:

1. განსაკუთრებული კონსტრუქციის ელექტრული მანქანები, რომლებიც ამცირებენ დენისა და ძაბვის უმაღლესი რიგის ჰარმონიკების და ზრუდავენ მათ გავრცელებას ქსელში;
2. შესავალი ძაბვის ინვერტორებში განედურ-იმპულსური მოდულაციის გამოყენება;
3. გამმართველის ფაზათა რიცხვის გაზრდა;
4. მფილტრავ-მაკომპენსირებელი მოწყობილობების გამოყენება;
5. 10/0,4 კვ სამფაზა ტრანსფორმატორების გამოყენება, რომლის გრაგნილები შეერთებულია „სამკუთხედი-ვარსკვლავზე“ საშუალებას იძლევა შევზღუდოთ სამის ჯერადი ჰარმონიკების გავრცელება ტრანსფორმატორის სამკუთხედად შეერთებული გრაგნილებს იქით. ეს მეთოდი პრაქტიკაში ხშირად გამოიყენება, მაგრამ ყოველთვის დიდი წარმატება არ მოაქვს [9,18]. პირველადი გრაგნილების მხარეს ნეიტრალის გამტარის არ არსებობა გამორიცხავს ძაბვის ვარდნას ნეიტრალზე, მაგრამ ეს მტკიცდება ნაწილობრივ არის სწორი.
6. სამის ჯერადი დაბალანსებული ჰარმონიკები ტრანსფორმატორის გულარის ღეროებში აღძრავენ შესაბამის მაგნიტურ ნაკადებს. თუ ეს ნაკადები ტოლია და ფაზით თანხვდენილი, მაშინ პირველად გრაგნილში აღძრული ძაბვევი გაკომპენსირებული იქნება.

7. ტრანსფორმატორების გრაგნილების მსგავს შეერთებას მივყავართ იმასთან, რომ ნულოვანი თანმიმდევრობის (სამის ჯერადი) ჰარმონიკები არ ვრცელდებიან 6 კვ ელექტრულ ქსელში, ამასთანავე 0,38 კვ ქსელში მაღალსიხშირული დენების არსებობის გამო ზარალი არ მცირდება.
8. რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსატორების გამოყენება. რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსატორები წარმოადგენენ ელექტრომოწყობილობებს, რომლებიც ამცირებენ სრული სიმძლავრის მნიშვნელობებს. რეაქტიული სიმძლავრის ბუნებიდან გამომდინარე იგი შეიძლება იყოს როგორც ინდუქციური ხასიათის (ინდუქციური რეაქტორი) სიმძლავრის ტევადური მდგენელის კომპენსაციისათვის, ასევე ტევადური (კონდენსატორის ბატარეა) სიმძლავრის ინდუქციური მდგენელის კომპენსაციისათვის.

## თავი VI. წყალმომარაგების სისტემების ტექნიკური რეჟიმების მაჩვენებლები, მომხმარებლების სტრუქტურა და რაოდენობა

სასმელი წყლის მოხმარების რეჟიმების დასადგენად უპირველესად საჭიროა განისაზღვროს ძირითადი მომხმარებლების სახეები და რაოდენობა, კორპუსებში ყოფნის დრო, კორპუსებში არსებული სანიტარული ხელსაწყოების რაოდენობა, მომხმარებელთა და სანიტარულ ხელსაწყოთა თანაფარდობა, ფაქტიური დაწნევის სიდიდეები და სხვ.

სტუ-ს სამეურნეო და სტუდენტთა და პროფესორ-მასწავლებელთა ელექტრონული აღრიცხვის სამსახურების თანამშრომლების დახმარებით წყლის მომხმარებელთა დღეღამური რაოდენობის განსაზღვრისათვის დადგინდა კორპუსებში (ფაკულტეტების მიხედვით) სტუდენტების, პროფესორ-მასწავლებლებისა და დამხმარე პერსონალის (კომენდანტი, დამლაგებელი, ასენიზატორი, მუშა) რაოდენობა, (იხ. ცხრილი 21.) ამასთან ერთად ამოიკრიფა აკადემიური ჯგუფების რაოდენობის ცვალებადობა, დღეღამის სხვადასხვა საათებში (8 ივნისის 2011 წ.) კორპუსების მიხედვით, რომელიც იძლევა წყლის საათური მოხმარების რეჟიმის საერთო სურათს (იხ. ცხრილი 22). კორპუსების საერთო ფართზე მოსული მომხმარებელთა ხვედრითი სიდიდის შესაფასებლად ცხრილში 23 წარმოდგენილია კორპუსების სართულიანობა და ფართობები.

ცხრილი 21

სტუ-ს წყლის მომხმარებელთა დღეღამური რაოდენობა, კორპუსების  
მიხედვით

კორპუსი, №	ფაკულტეტი	სტუდენ ტი	პროფესორ- მასწავლებ ლი	დამხმა რე პერსონ ალი	ჯამი	შენიშვნა
I	სამშენებლო,	1129	155	24	3835	
	სატრანსპორტო,	1859	206			
	არქიტექტურა	375	87			
II	ქიმიის, მეტალურგიის	884	183	8	1075	
III	სამთო	541	103	12	656	
IV				5		
VI	ბიზნეს	4065	313	23	8164	
	ინჟინერინგი ინფორმატიკის	3423	340			

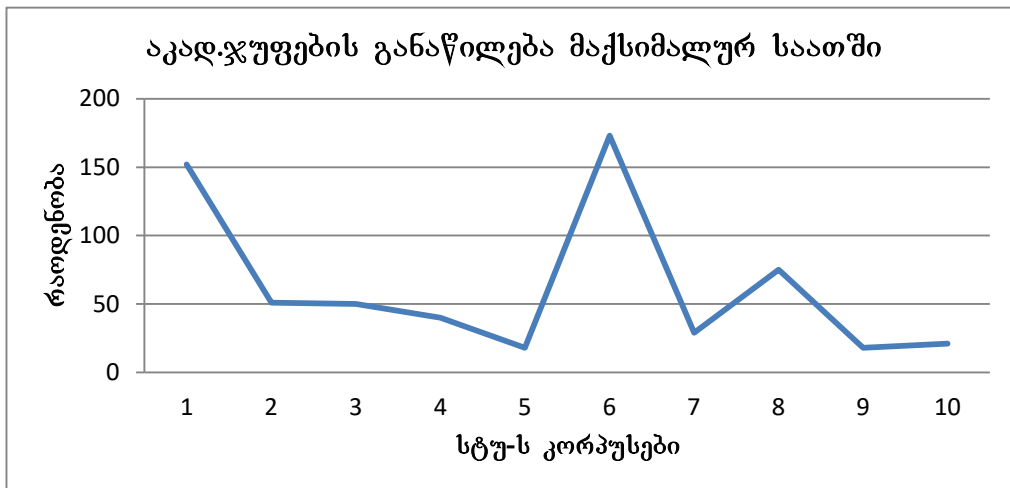
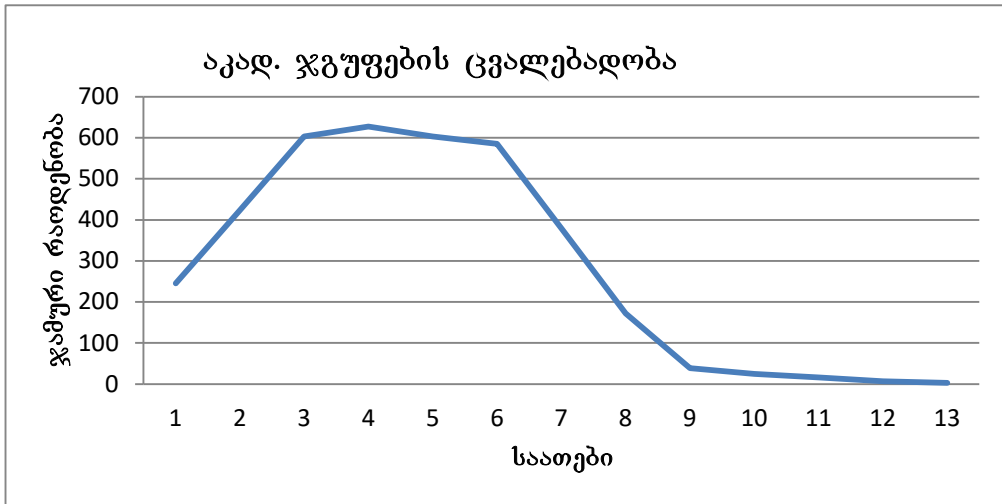
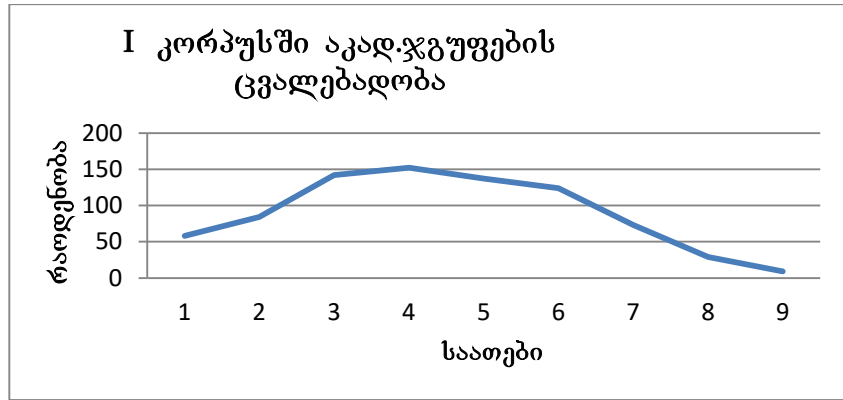
VII				4	4	
VIII	ენერგეტიკის	1711	154	12	1877	
IX				8	8	მათ შორის: 4 სპორტდარბაზში
X				6	6	
ადმინისტრ.კორპუსი				10	10	
მუშა				5	5	
სულ		13987	1541	112	15640	მათ შორის: 17- ასენიზატორი14 - კომენდანტი

ცხრილი 22

აკადემიური ჯგუფების რაოდენობის ცვალებადობა  
საათების მიხედვით

კორპუსი \ საათი	I	C	II	III	IV	VI	VII	VIII	IX	X	სულ
1	58		16	19	3	96	9	30	9	5	245
2	84	32	42	42	12	118	10	55	10	18	423
3	142	49	52	44	16	163	26	72	17	22	603
4	152	51	50	40	18	173	29	75	18	21	627
5	137	51	39	42	22	178	25	69	16	24	603
6	124	93	27	34	14	168	19	68	20	18	585
7	73	82	16	28	13	95	6	45	14	7	379
8	29	19	8	8	10	72	6	10	7	3	172
9	9		2	3	5	17		3			39
10					1	22		2			25
11						16					16
12						7					7
13						3					3
სულ	808	377	252	260	114	1128	130	429	111	118	3727

საილუსტრაციოდ აკადემიური ჯგუფების განაწილება წარმოდგენილია გრაფიკებზე (სურ 25): I კორპუსისათვის, ყველა კორპუსში და მაქსიმალურ საათში.



სურ.25 აკადემიური ჯგუფების რაოდენობების ცვალებადობა

როგორც გრაფიკებიდან ჩანს, კონკრეტული კორპუსების აკადემიური ჯგუფების საათობრივ რაოდენობათა ცვლილებები იდენტური ხასიათისაა, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ წყლის მოხმარების რეჟიმის ხასიათიც ანალოგიური იქნება. ყველაზე დიდი რაოდენობა ჯგუფებისა მოდის მე-4 და მე-5 საათებში, რაც მოსალოდნელი იყო. შესაბამისად წყლის მაქსიმალური მოხმარების სიდიდეც ამ საათებში იქნება. ვფიქრობთ, საჭიროა სანტექნიკური ხელსაწყოებისა და დანადგარების მომსახურე პერსონალმა სწორედ ამ საათებისათვის გააქტიუროს საქმიანობა, რათა დამხარჯი წერტილები დიად არ იქნას დატოვებული და არარაციონალურ წყლის ხარჯვას არ ჰქონდეს ადგილი. კორპუსებში საათების მიხედვით აკადემიური ჯგუფების ჯამურ ცვალებადობის გრაფიკზე აშკარად გამოკვეთილია VI და I კორპუსები, სადაც სხვებთან შედარებით მნიშვნელოვნად დიდი წყლის ხარჯებია მოსალოდნელი. ამასთან, გასარკვევია რატომაა I-ელ კორპუსში უფრო მეტი ხარჯი VI კორპუსთან შედარებით, სადაც მომხმარებელთა რაოდენობა უფრო მეტია. აკადემიურ ჯგუფებში სტუდენტთა რაოდენობა ფაკულტეტების და კორპუსების მიხედვით შემდგენაირადაა განაწილებული: იხ. ცხრილი 23. სტუდენტთა ლექციებზე დასწრება 2010-2011 სასწავლო წელს საშუალოდ ყველა ფაკულტეტზე 80 % -ს შეადგენდა. ცხრილში 23 მოყვანილია წყლის ხარჯის სავარაუდო სიდიდეები მ<sup>3</sup>/დღ ნორმატიული სიდიდეების შესაბამისად.

ცხრილი 23

კორპუსის №	ფაკულტეტი	ჯგუფის რაოდენობა	სტუდენტების საშ. რიცხვი ჯგუფში	დამსწრე სტუდენტთა რაოდენობა (80%)	წყლის სავარაუდო ხარჯი, მ <sup>3</sup> /დღ (ნორმა-20 ლ)
I	სამშენებლო, სატრანსპორტო	808	3.7	2390	47.8
C	არქიტექტურა	377	1.0	300	6.0
II	ქიმია, მეტალურგია	252 118 130	1.76	707	14.14

III IV	სამთო, გეოლოგიური	260 114	1.92	574	11.47
VI	ინფორმატიკა, ბიზნეს-ინჟინერინგი	1128 111	6.04	5987	119.7
VIII	ენერგეტიკის	429	3.99	1369	27.38
სულ		3727	3.8	11330	226.6

მიღებული სიდიდეები არ შეესაბამება წყლის დარიცხულ ფაქტიურ ხარჯებს.



## თავი VII. წყალმომარაგების ქსელების კომპიუტერული ვერსიის შექმნა

წყალმომარაგების გარე ქსელების კომპიუტერული ვერსიის შესაქმნელად არავითარი წინაპირობა არ არსებობდა. უნივერსიტეტში მიწისქვეშა კომუნიკაციების ნახაზები არსად არ მოიძებნა. ძირითადად მოგვიხდა სტუ-ს წყალმომარაგების სამეურნეო სამსახურის უფროსის ბ-ნ დ. ქვარცხავას ზეპირი ინფორმაციით დაკმაყოფილება და ინტერნეტის მეშვეობით ქ.თბილისის გეგმაზე მისი გადატანა. მიღებული მასალის გადამოწმებამ ცხადყო მისი სარწმუნოება და პრაქტიკაში გამოყენების შესაძლებლობა. უნდა აღინიშნოს, რომ გეგმაზე გატარებული მილსადენების სიგრძეების ცდომილებამ პრაქტიკულად არ გადააჭარბა 10%-ს. იხ. აგებული ნახაზები №26 და №27. აღნიშნულთან ერთად მოძიებული იქნა სასწავლო კორპუსების გეგმები სართულების მიხედვით. ნახაზებიდან განსაზღვრული სხვადასხვა დიამეტრის წყალსადენების სიგრძეები მოცემულია ქვემოთ ცხრილში 24.

ცხრილი 24

სტუ-ს კორპუსებში წყალსადენის ეზოს ქსელის სიგრძეები დიამეტრების მიხედვით, მ.

150 მმ	100 მმ	80 მმ	50 მმ	40 მმ	25 მმ	20 მმ	15 მმ
I კორპუსი							
	290		122	156		20	69
II, VII და X კორპუსები							
		102	216	44			
III, IV, VI, ადმ, VIII და IX კორპუსები							
175	371	252	418	32	30		
სულ							
175	661	354	756	232	30	20	69

ეზოს ქსელის მთლიანი სიგრძე - 2297 მ-ია.

**თავი VIII. სასმელი წყლის დამხარჯი წერტილების და დანადგარების  
რაოდენობა კორპუსების მიხედვით და მათი ხარჯები**

დამხარჯი წერტილების საერთო რაოდენობა ბოლო წლებში სასწავლო კორპუსებში უმნიშვნელოდ შეიცვალა. იხ. ცხრილი 24.აქ მოყვანილია სანიტარული ხელსაწყოების რაოდენობები სახეობების მიხედვით, მაგრამ შეიცვალა და გაახლდა მათი მნიშვნელოვანი რაოდენობა I-ლ, მე-VI, ადმინისტრაციულ და მე-III და მე-IV-ე კორპუსებში.

ცხრილი 25

სტუ-ს კორპუსებში სანტექნიკური მოწყობილობების რაოდენობა

№	კორპუსები	ნიუარა ან ონკანი	ჩამრეცხი ავზები			შხაპის ბადე
			ავტომატური		ინდივიდუალური	
			რაოდ	მოცულობა		
I წყალმზომი						
1	I	155	34	2.72	10	
II წყალმზომი 75 მმ						
2	II	400	8	0.64	6	
3	III	69	10	0.8	12	
4	X	31	-	-	24	
5	VI	36	23	1.84	8	
6	ადმ. კორპ	42	30	2.4	8	2
7	III	19	18	1.44	-	-
8	IV	21	20	1.6	2	-
9	VII	27	10	0.8	2	-
10	VIII	49	37	2.96	12	-
11	IX	22	7	0.56	20	2
სულ		771	197	15.76	104	4

გამოცვლის მიუხედავად დამხარჯი წერტილები ტუალეტებში, (განსაკუთრებით I-ლ, მე-VI, მე-IV და მე-III კორპუსებში) ხშირად უმიზნოდ გაღებულ მდგომარეობაშია დატოვებული და ადგილი აქვს მნიშვნელოვანი სიდიდის დანაკარგებს. მიუხედავად სანტექნიკური მოწყობილობებისა და მილსადენების გამოსაცვლელად ჩატარებული მნიშვნელოვანი სამუშაოებისა I-ლ, მე-VI და III-IV კორპუსებში, დღეისათვის მაინც ადგილი აქვს სასამელი წყლის უმიზნო ხარჯვას. სამწუხაროდ უნდა აღინიშნოს, რომ რიგ სანტექნიკურ კვანძებში

მოგლუჯილია ფასონური ნაწილები, ვენტილის თავები, ჩამრეცხი ავზები და სხვ. იხ. ფოტო.

საერთოდ უნდა აღინიშნოს, რომ სამუშაოთა ჩატარებისათვის სატენდერო კონკურსში გამარჯვებული ორგანიზაცია, ცდილობს შეიძინოს იაფი და ნაკლებ მდგრადი მასალა, რომლის მწყობრიდან გამოსვლა შედარებით ნაკლებ დროში ხდება. ჩამკეტი და დამხარჯი არმატურის მწყობრიდან გამოსვლა კი იწვევს წყლის დიდ დანაკარგებს. მარტივი გათვლებით ერთ დაზიანებულ ონკანს მოაქვს სასმელი წყლის დანაკარგი საშუალოდ 0,05-0,1 ლ/წმ, ანუ 4320-8640 ლ/დღ, რაც ფინანსურად თვეში 570 – დან 1140 ლარამდე მერყეობს.

### წყლის ხარჯების სიდიდეები.

წყლის ხარჯების შეფასებისათვის დადგინდა დაწინეების საშუალო სიდიდეები კორპუსების შემყვან მილსადენებზე, როგორც ძირითადად აკმაყოფილებდნენ ნორმატიულ მოთხოვნებს და მათი ცვალებადობა იყო 3-5 ბარის ფარგლებში.

ჩვეულებრივ წყლის ხარჯების დადგენისას მიმართავენ ორ ძირითად ხერხს: 1. როცა ხარჯების გაზომვას აწარმოებენ წყალსაზომების მეშვეობით (დროის გარკვეული მონაკვეთებისათვის მათი გამართული მუშაობისას), და 2. ნორმატიულ და საცნობარო ლიტერატურაში არსებული სიდიდეების მიხედვით, მომხმარებელთა და წყალდამხარჯი წერტილების რაოდენობის გათვალისწინებით.

სტუ-ის სასწავლო და ადმინისტრაციულ კორპუსებში წყალსადენის შემყვანებზე დამონტაჟებულია ოთხი 75 (80)მმ-იანი დიამეტრის წყალსაზომები.

თუ შევაფასებთ სტუ-ს წყალმომარაგების საექსპლუატაციო ტექნიკურ განყოფილებაში არსებულ ცხრილში 4 მოყვანილ სანიტარული ხელსაწყოების რაოდენობას, ბუნებრივად შეიძლება წარმოიშვას კითხვა- რატომაა ოთხივე წყალსაზომი ერთიდაიგივე კალიბრის (80 მმ), როდესაც თითოეული მათგანი სრულიად განსხვავებული რაოდენობის წყალდამხარჯი წერტილებს ემსახურება? (შედარებისათვის VI-ე კორპუსთან წყალმომარაგების ემსახურება 67 წერტილს, ხოლო მეოთხე წყალმომარაგების 350 წერტილს). აქ უნდა აღინიშნოს ამ კალიბრის წყალმომარაგების ტექნიკური მახასიათებლებია: ნომინალური საათური ხარჯი 45 მ<sup>3</sup>, მაქსიმალური დღეღამური დატვირთვა 500 მ<sup>3</sup>. განაზომის ზედა ზღვარია 80

მ<sup>3</sup>/სთ-ში, ქვედა ზღვარი 6 მ<sup>3</sup>/სთ-ში. ამ ზღვრებში ანათვლების ცდომილება არ აღემატება 2-3%-ს. თუმცა უფრო ნაკლები ან მეტი ხარჯების შემთხვევაში საჭიროა გამოიცვალოს წყალსაზომის კალიბრი.

დამონტაჟებული წყალმზომების რაოდენობისა და სტუ-ში სასწავლო პროცესისა და ზოგადად სამუშაოს ხანგრძლიობის (დღელამეში საშუალოდ 8 საათი) მიხედვით შესაძლებელია დადგინდეს მაქსიმალური ხარჯი თვეში, რომელიც არ უნდა აღემატებოდეს

$$Q_1=(500 \times 4 \times 30)/3=20000 \text{ მ}^3/\text{თვე}$$

მიზანშეწონილად მიგვაჩნია აღინიშნოს, რომ ზოგადად თვეში დახარჯული წყლის რაოდენობის გამოთვლისას მხედველობაშია მისაღები არასამუშაო დღეების რაოდენობა, რომელი სეზონის თვეა და სხვა ფაქტორები.

სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად უმაღლესი სასწავლებლებისათვის წყლის ხარჯის ნორმა მაქსიმალური დღელამური მოხმარებისას 20 ლიტრია 1 მოსწავლესა და 1 მასწავლებელზე. (საშუალო დღელამური მოხმარებისას–17,2ლ) იმ შემთხვევაში, როდესაც სტუ-ს სტუდენტების, პროფესორ-მასწავლებელთა, დამხმარე პერსონალის და გარეშე პირთა საერთო რაოდენობა წლის განმავლობაში საშუალოდ 17000 კაცია/დღეში, მაშინ მაქსიმალური თვიური ხარჯი შეადგენს

$$Q_2=(20 \times 17000 \times 30)/1000=10200 \text{ მ}^3/\text{თვე}$$

ბუნებრივია მიღებული სიდიდე არ ასახავს ფაქტიური წყლის დანაკარგებისა და უონვების მოცულობებს. თეორიულად თუ ჩავთვლით, რომ უონვებისა და დანაკარგების საერთო რაოდენობა არ აღემატება 50%-ს, მაშინ აღნიშნული ხარჯი მიახლოებით იქნება 20000 მ<sup>3</sup>/თვეში.

კორპუსებთან წყალსადენის შემყვანის გამტარუნარიანობის გათვალისწინებით - დიამეტრებისა და მათში წყლის დინების სიჩქარის ( $V=1,0 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ ) მიხედვით, ხარჯების განსაზღვრის შემთხვევაში მივიღებთ ოთხივე შემყვანისათვის

$$Q_3=31104 \text{ მ}^3/\text{თვეში}$$

ამრიგად, ყველა პირველადი მონაცემის უტყუარობის შემთხვევაში სტუ-ს საერთო ხარჯი თვეში უნდა მერყეობდეს 20-32 ათ. მ<sup>3</sup>-მდე თვეში.

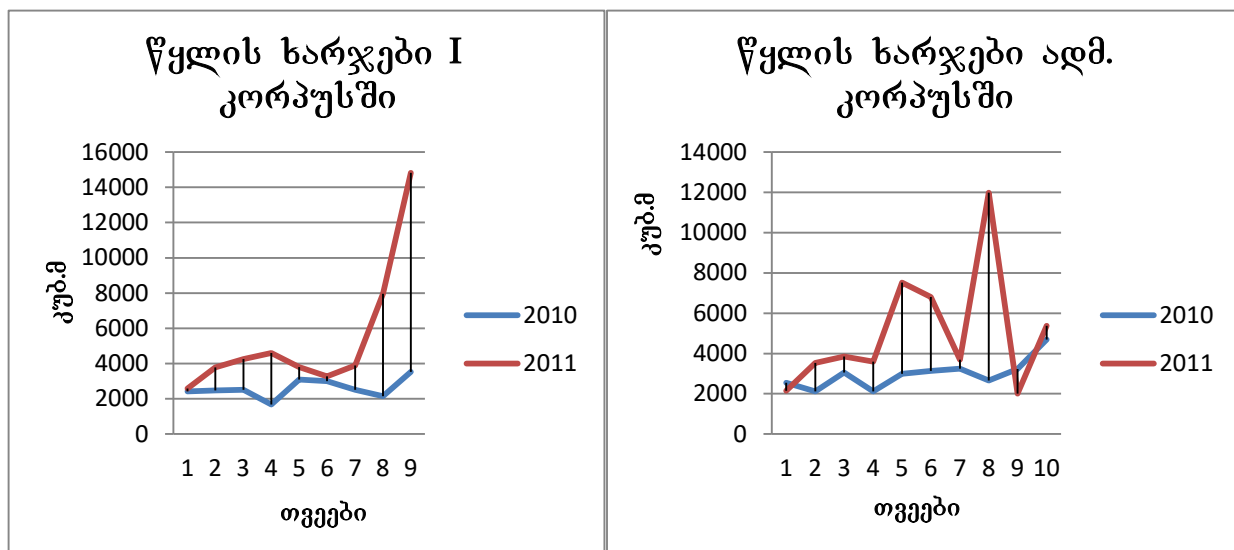
ცხრილში 26 მოყვანილია (შედარებისათვის) კორპუსების და 2010-2011 წლის თვეების მიხედვით წყლის ხარჯის სიდიდეები მ<sup>3</sup>-ში.

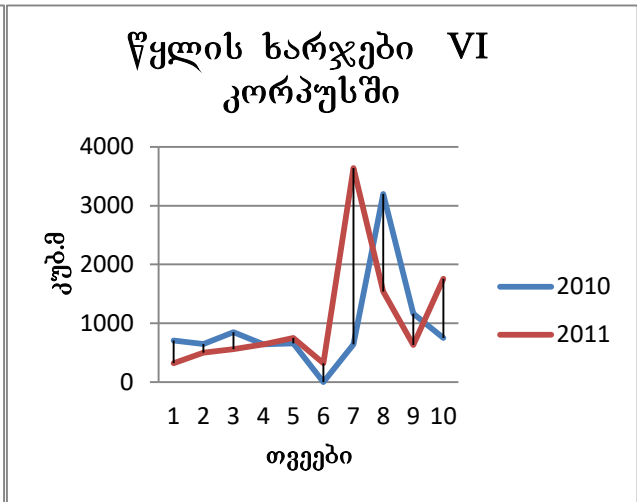
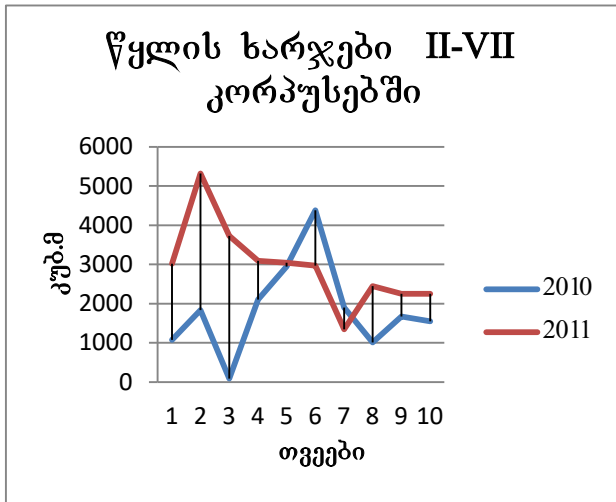
2010 -2011 წლის სტუ-ს ხარჯები სასმელ წყალზე კორპუსების მიხედვით,კუბ.მ

ცხრილი 26

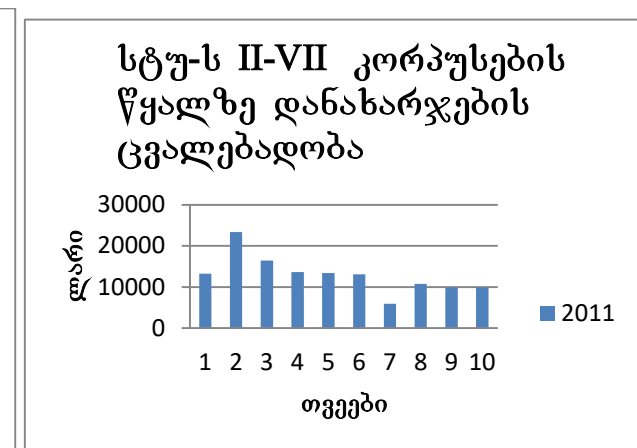
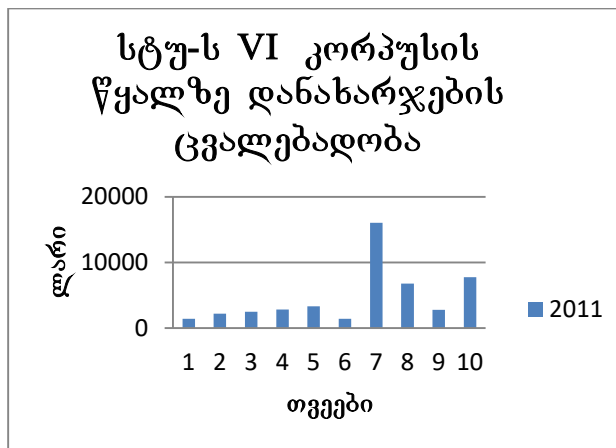
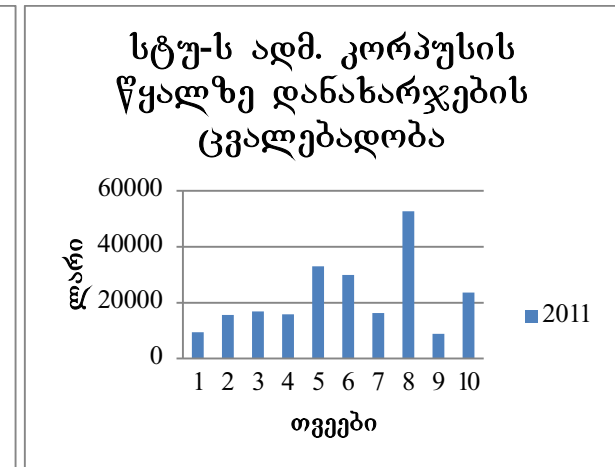
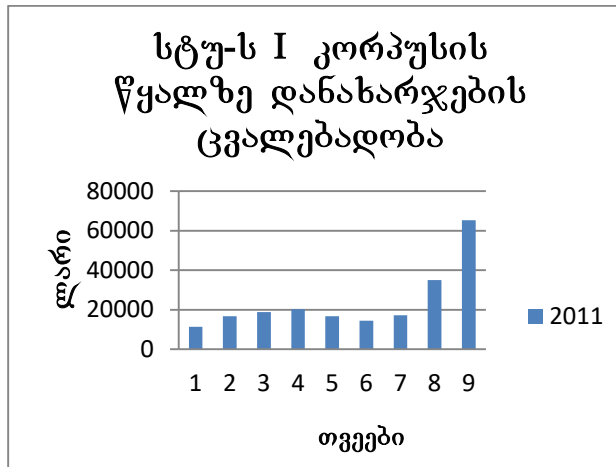
თვეები	I კორპუსი		ადმინის. კორპუსი		II – VII კორპუსი		VI კორპუსი	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
იანვარი	2425	2580	2546	2152	1073	3014	707	320
თებერვალი	2474	3778	2122	3537	1837	5316	648	501
მარტი	2518	4262	3063	3845	91	3729	848	562
აპრილი	1680	4594	2123	3599	2100	3092	641	640
მაისი	3096	3810	2995	7514	2943	3040	658	752
ივნისი	2996	3283	3134	6806	4384	2965	-	320
ივლისი	2508	3895	3251	3691	1900	1341	642	3639
აგვისტო	2158	7953	2663	11983	1007	2448	3201	1541
სექტემბერი	3535	14826	3225	2002	1670	2251	1166	630
ოქტომბერი	2603		4699	5373	1551	2251	750	1758
ნოემბერი	3161		4132		2828		600	
დეკემბერი	2190		3820		4250		638	

სასმელი წყლის ფაქტიური მოხმარების ანალიზისათვის აღსანიშნავია, რომ წყლის ხარჯები 2011 წელს თითქმის ყველა თვეში (გამონაკლისია VI კორპუსი) აჭარბებს წინა წლის მონაცემებს. იხ. გრაფიკები სურ.28, სადაც 9 და 10 თვის მონაცემებია აღეჭვლილი. (ცვალებადობა მოცემულია მ<sup>3</sup>-ში). 2008-2011 წლებში დარიცხული წყლის რაოდენობათა ცვალებადობები მოყვანილია ცხრილში 27. ხოლო ჯამური სიდიდეები კი ცხრილში 28.





სურ. 28 სტუ-ს კორპუსების წელის დანახარჯები 2010-11 წლების 9-10 თვეში, კუბ.მ-ში,



სურ.291 სტუ-ს კორპუსების წელის დანახარჯები 2011 წლის 9-10 თვეში, ლარებში

სტუ-ს კორპუსებზე დარიცხული წყლის ხარჯები 2008-20011 წლებში, ლარი

ცხრილი 27

თვეები	I კორპუსი				ადმ. კორპუსი				II-VII კორპუსები				VI კორპუსი			
	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
იანვარი	5016	9948.4	10670	11352	75600.8	63452.4	11202.4	9468.8	5535.2	4752	4721.2	13261.6	3674	4316.4	3110.8	1408
თებერვალი	3256	7365.6	10885.6	16623.2	69009.6	59298.8	9336.8	15562.8	2904	15052.4	8082.8	23390.4	6718.8	6974	2851.2	2204.4
მარტი	4422	5627.6	11079.2	18752.8	79684	25080	13477.2	16918	2912.8	3700.4	400.4	16407.6	3185.6	7290.8	3731.2	2472.8
აპრილი	6600	3528.8	7392	20213.6	47841.2	29814.4	9341.2	15835.6	8148.8	4457.2	9240	13604.8	3366	1584	2820.4	2816
მაისი	14080	5764	13622.4	16764	27544	34148.4	13178	33061.6	9790	6666	12949.2	13376	6991.6	1936	2895.2	3308.8
ივნისი	14080	8060.8	13182.4	14445.2	18273.2	25775.2	13789.6	29946.4	9354.4	6947.6	19289.6	13046	7040	3031.6		1408
ივლისი	14080	9737.2	11035.2	17138	27143.6	58647.6	14304.4	16240.4	14432	2970	8360	5900.4	9231.2	6274.4	2824.8	16011.6
აგვისტო	14401.2	9680	9495.2	34993.2	22523.6	17666	11717.2	52725.2	14154.8	6459.2	4430.8	10771.2	11545.6	4514.4	14084.4	6780.4
სექტემბერი	13930.4	9468.8	15554	65234.4	34029.6	38024.8	14190	8808.8	8835.2	4342.8	7348	9904.4	12091.2	4514.4	5130.4	2772
ოქტომბერი	14080	11048.4	11453.2		34817.2	36185.6	20675.6	23641.2	6177.6		6824.4	9904.4	19905.6	4514.4	3300	7735.2
ნოემბერი	17534	11660	13908.4		24292.4	28824.4	18180.8		5284.4	3656.4	12443.2		12232	4514.4	2640	
დეკემბერი	7700	9614	9636		23157.2	14911.6	16808		4004	4224	18700		7779.2	5649.6	2807.2	
ჯამი	129179.6	101503.6	137913.6	215516.4	483916.4	431829.2	166201.2	222208.8	91533.2	63228.0	112789.6	129566.8	103760.8	55114.4	46195.6	46917.2

სასმელი წყლის ჯამური დანახარჯები სტუ-ში 2008-2011 წლების 9 თვეში, ლარი

ცხრილი 28

წლები თვეები	2008.0	2009	2010	2011.0
იანვარი	89826	82469	29704.4	35490
თებერვალი	81888.4	88691	31156.4	57781
მარტი	90204.4	41699	28688	54551
აპრილი	65956	39384	28793.6	52470
მაისი	58405.6	48514	42644.8	66510
ივნისი	48747.6	43815	46261.6	58846
ივლისი	64886.8	77629	36524.4	55290
აგვისტო	62625.2	38320	39727.6	105270
სექტემბერი	68886.4	56351	42222.4	86720
ჯამი	631426	516872	325723.2	572928

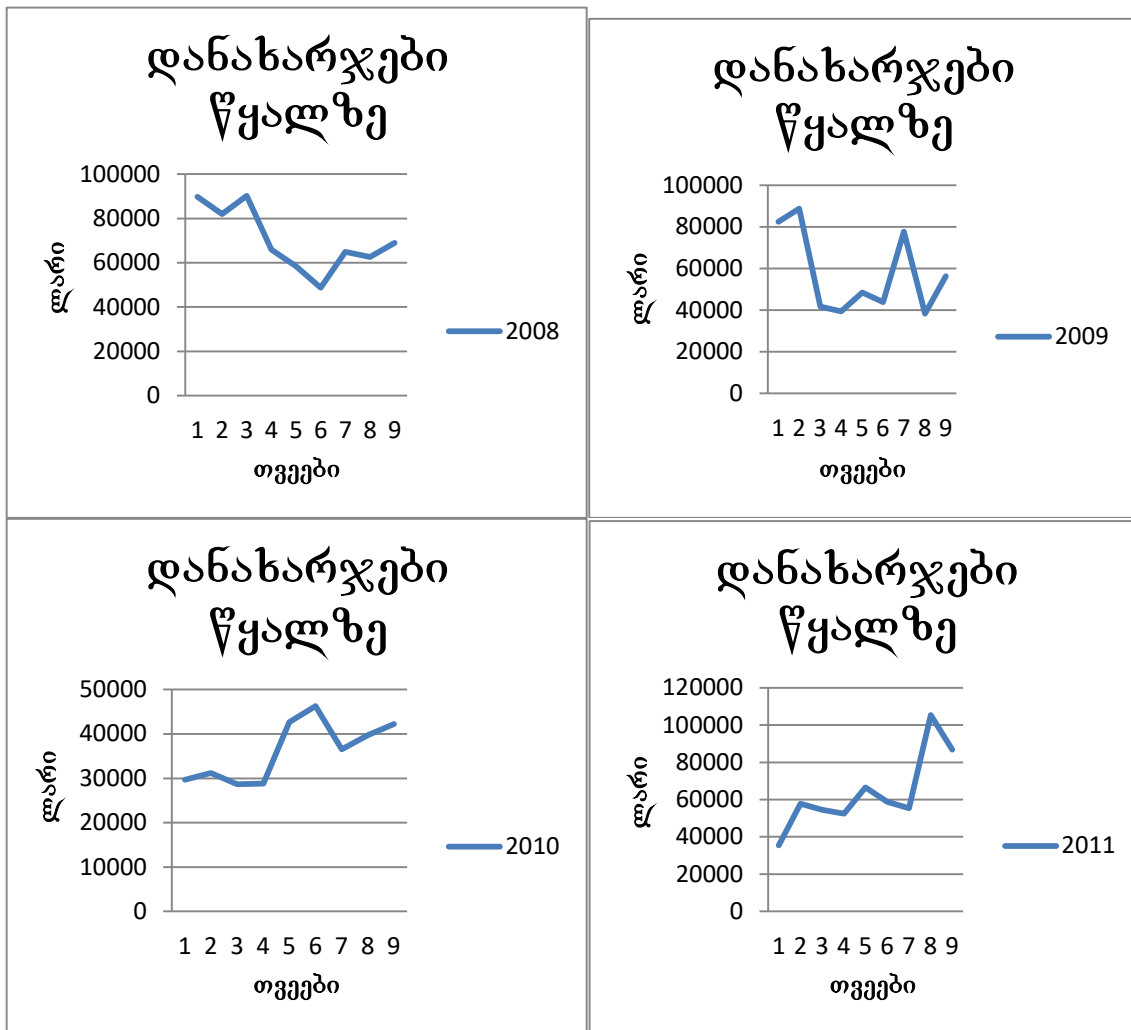
2010 - 11 წლების 9 თვის სასმელი წყლის ხარჯების (მ<sup>3</sup> და ლარებში) სიდიდეების ჯამურმა სხვაობამ შეადგინა 247205 ლარი. (ცხრილი 29).

ცხრილი 29

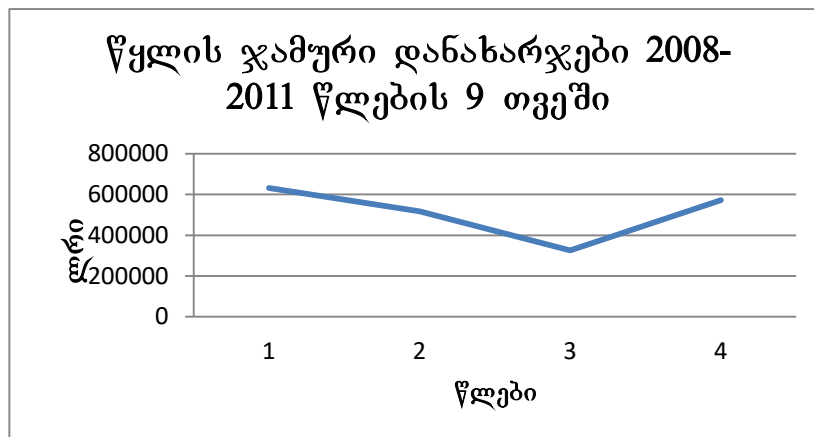
	2010 წელი, მ <sup>3</sup>	2010 წელი, ლარი	2011 წელი, მ <sup>3</sup>	2011 წელი, ლარი	სხვაობა, მ <sup>3</sup>	სხვაობა, ლარი
I კორპუსი	23390	102916	48981	215516.4	25591	112600.4
ადმ. კორპუსი	29821	131212.4	50502	222208.8	20681	90996.4
II-VII კორპუსები	18556	81646.4	29447	129566.8	10891	47920.4
VI კორპუსი	9261	40748.4	10663	46917.2	1402	6168.8
	81028	356523.2	139593	614209.2	58565	257686

საილუსტრაციოდ სასმელი წყალზე დანახარჯების სიდიდეების ცვალებადობა 2008-2011 წლების 9 თვეში, მ<sup>3</sup>-სა და ლარებში წარმოდგენილია გრაფიკებზე (სურ.28,29).





სურ.28 სტუს წელის დანახარჯები 2008-2011 წლების 9 თვეში, ლარი



სურ.29 სტუ-ს წელის ჯამური დანახარჯები 2008-2011 წლების 9 თვეში, კვ

## თავი IX. წყლის მოხმარების ფაქტიური სიდიდეების განსაზღვრა

ხარჯების დასაზუსტებლად, კორპუსების შემყვან მილსადენებზე არსებულ წყალსაზომებზე ჩატარებულ იქნა ყოველსაათური და დღელამური ხარჯების აღრიცხვა-ანალიზი. მიღებული სიდიდეები შედარებულ იქნა წინა წლებში ჩატარებულ ექსპერიმენტის მასალებს. მაგალითისათვის I კორპუსის წყალსაზომზე აღებული საკონტროლო მონაცემები წარმოდგენილია ცხრილში 28.

ცხრილი 28

I კორპუსის დღელამური ხარჯები წყალსაზომზე აღებული ანათვლების შესაბამისად

თარიღი	საათი	ანათვალი	დღელამური ხარჯი	
13.06.11	14-30	837511		ორშაბათი
14.06.11	12-45	838885	165,8	
14.06.11	14-30	839169		სამშაბათი
15.06.11	11-55	840497	175,6	
15.06.11	14-30	840925		ოთხშაბათი
16.06.11	14-30	842588	166,3	ხუთშაბათი
17.06.11	14-30	844481	189,3	პარასკევი
17.06.11	19-00	844733		
18.06.11	12-20	845539		შაბათი
21.06.11	10-00	850356		სამშაბათი
21.06.11	12-00	850676	171,2	
22.06.11	09-50	851780		ოთხშაბათი

თუ ჩაეთლით მიღებულ სიდიდეებს საშუალო სიდიდეებად თვის განმავლობაში გვექნება ხარჯი 5200,0 მ<sup>3</sup>-ზე მეტი, რაც განსხვავებულია ცხრილ 28-ში მოყვანილ სიდიდესთან 3283მ<sup>3</sup> შედარებით.

### სასმელი წყლის დანაკარგების ფაქტიური დანაკარგების სიდიდის შეფასება

კორპუსების სანიტარულ კვანძებში დამხარჯი წერტილებიდან ჟონვების სიდიდის შეფასების მიზნით შემოვლილი იქნა და ვიზუალურად შეფასდასასმელი წყლის ფაქტიური დანაკარგი.

მაგალითად I - კორპუსში დამონტაჟებული 116 პირსაბანიდან 8 გაუქმებული იყო, დაზიანებული იყო და ჟონავდა 7 ონკანი, რომელთაგან 3

საერთოდ არ იკეტებოდა. დანაკარგის მინიმალური საერთო სიდიდე დაახლოებით 0,3 ლ/წმ, რაც თვეში 400 კუბ.მ-ზე მეტია. (1760 ლარი) ასეთივე დანაკარგებს აქვს ადგილი VI კორპუსში, III და IV კორპუსებში და სხვა კორპუსებშიც.

### **არენდატორების წყლის ხარჯის შეფასება**

სტუ-ს სასმელი წყლის კომერციული მომხმარებლების რაოდენობა 2011 წლისათვის 16 ობიექტს შეადგენს. მათი უმრავლესობა თვეში 1-დან 4 მ<sup>3</sup> სასმელ წყალს მოიხმარს, რაც დღეღამეში 33-დან 133 ლიტრამდეა. კომერციული ობიექტების მთლიანი ხარჯი თვეში საშუალოდ 40-დან 100 მ<sup>3</sup>-მდეა (უმნიშვნელო სიდიდეა და სისტემატიურ მონიტორინგს საჭიროებს).

### **ტექნიკური მიზნებისათვის ჭაბურღილებით მიღებული წყლის შესაძლო გამოყენების შეფასება**

წინადადება საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ადმინისტრაციული და მიმდებარე კორპუსების ტექნიკური წყლით მომარაგებისათვის საბურთალოს ტერასის გრუნტის წყლების გამოყენების შესახებ, ისახავდა ბუნებრივი წყლების რესურსების გამონახვის ამოცანას. ავტორები აღნიშნავენ, რომ წინადადების ფინანსური და ეკონომიკური მხარე მათ კომპეტენციას სცილდება.

იმ შემთხვევაში, თუ III, IV კორპუსების ეზოში მოეწეობა ჭები ტექნიკური წყლის მისაღებად, გათვალისწინებული უნდა იყოს მილსადენების მოწყობა, მათი სავარაუდო დაშორებით II კორპუსამდე 981 მ და VI კორპუსამდე 260 მ, ამასთან ერთად მანძილი I-დან II კორპუსამდე არანაკლებ 70 მ. ტექნიკური წყლის სავარაუდო საჭირო წარმადობა უნდა იყოს არანაკლებ 10 ლ/წმ-სა, რომლის შესაბამისი მილსადენის დიამეტრი უნდა იყოს არანაკლები 100 მმ. ჭაბურღილების მოწყობა, სატუმბო აგრეგატების სათავის მოწყობა და დამონტაჟება, მილსადენების სისტემის გაყვანა, მათი ექსპლუატაცია, მნიშვნელოვან თანხებთანაა დაკავშირებული. გადასახადი ტექნიკური წყლის მოპოვებასა და გამოყენებაზე მართალია მცირეა სასამელი წყლის გადასახადთან მიმართებით, მაგრამ გადასახადი წყალარინებაზე იმავე სიდიდისა იქნება. მას დაემატება ელექტროენერჯის ხარჯი ტუმბოების მუშაობისათვის.

მიუხედავად საბურთალოს ტერასის გრუნტის წყლებით სტუ-ს ადმინისტრაციული და მიმდებარე კორპუსების ტექნიკური წყლით მომარაგების შესახებ წინადადებების მრავალი დადებითი მხარისა, თავად ავტორები აღნიშნავენ მისი განხორციელების ტექნიკური სირთულეებისა და სუსტი მხარეების შესახებ. წინადადების ეკონომიკური ეფექტიანობა ნაკლებ საგარაუდოა.

## თავი X. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგომომარაგების მენეჯმენტის ოპტიმალური მოდელის ფორმირება

ზემოთ მოყვანილი კვლევების შედეგების მიხედვით სტუ-ს საბოლოო ელექტრომომარაგების მენეჯმენტის მოდელი შეიძლება ფორმირებული იყოს შემდეგი სახით:

1. ელექტრომომარაგების ოპტიმალური სქემის მიხედვით მართვის უზრუნველყოფა;
2. განათების სისტემის განახლება და მართვის ავტომატიზაცია;
3. საშუალოვადიანი საპროგნოზო პარამეტრების მიხედვით ელექტრომომარაგების განხორციელება და საბიუჯეტო ხარჯების მართვა;
4. ენერგომომარაგების სისტემის მართვის ოპტიმალური სტრუქტურის დანერგვა და მენეჯმენტის განხორციელება;

ელექტრომომარაგების ოპტიმალური მენეჯმენტი მოიცავს ჩამოთვლილი საკითხების ერთიან მართვას.

ჩატარებული კვლევებით დადგენილია, რომ სტუ-ს ელექტრომომარაგებისათვის ეკონომიკური და ტექნიკური თვალსაზრისით ყველაზე ეფექტურია გარე ელექტრომომარაგების ქსელის და სატრანსფორმატორო ქვესადგურების სს „თელასისათვის“ გადაცემა და ენერგეტიკული სამსახურის მთელი ძალისხმევის შიგა ელექტრომომარაგების სისტემის ეფექტიანობის ამაღლებისკენ მიმართვა. შიგა ქსელები ისეთნაირად უნდა იქნეს რეკონსტრუირებული, რომ მინიმალური დანაკარგებით შესაძლებელი გახდეს უნივერსიტეტის უწყვეტი ელექტროენერგიით მომარაგების უზრუნველყოფა. ამ ამოცანის გადასაწყვეტად აუცილებელია I, II, VII, X კორპუსების და III, IV, VI, VIII, IX სასწავლო კორპუსების ზონაში მოეწყოს მართვის პულტები, „SKADA“-ს სისტემა უნდა მოეწყოს ენერგეტიკის სამსახურის განლაგების ადგილზე. ამ ტექნიკური ღონისძიებების გატარება ენერგეტიკოსებს საშუალებას მისცემს აკონტროლონ ელექტრომომარაგების რეჟიმები, აქტიური და რეაქტიული ელენერგიების დანაკარგები, მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე ენერგეტიკის

სამსახურს საშუალება მიეცემა დროულად მიიღოს ეფექტური ზომები წამოჭრილი პრობლემების გადასაჭრელად და მიაღწიოს ელექტროენერჯის მაქსიმალურ ეკონომიას და ოპერატიულად მართოს ელექტრომომარაგების პროცესი. ელექტრომომარაგების მენეჯმენტში განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს განათების სისტემის მართვას და მასზე დანახარჯების ოპტიმიზაციას, ამისათვის სტუ-ში შესაძლებლად მოკლე ვადაში უნდა განხორციელდეს ამ სისტემის განახლება. არსებული სანათების ეკონომიკური სანათებით შეცვლა, მისი მუშაობის რეჟიმების მართვის პულტიდან ავტომატური მართვა. სტუ-ს ელექტროენერჯის მართვას უნდა დაექვემდებაროს ელექტროენერჯის მოთხოვნის საპროგნოზო პარამეტრები. ელექტროენერჯის მოთხოვნის საშუალოვადიანი პროგნოზი განხორციელებულია მრავალფაქტორიანი მეთოდის გამოყენებით. [1,7]

ანალიზი გვიჩვენებს, [7] რომ სტუ-ს ელექტროენერჯის მოხმარების ზრდის ძირითადად ფაქტორს წარმოადგენს კომპიუტერული ტექნიკის და სხვა ორგტექნიკის მიერ ელექტროენერჯის მოხმარების ზრდის ტენდენცია. ხოლო ელექტროენერჯის მოხმარებას ამცირებს ბუნებრივი გაზის გათბობისათვის მოხმარებას და ქ.თბილისში საშუალო წლიური ტემპერატურის სიდიდის ზრდა.

ჩატარებული ანალიზიდან გამომდინარე სტუ-ს ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის საშუალოვადიანი პროგნოზირების ზოგადი მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელსაქვს სახე:

$$y = a_1x_1 - a_2x_2 + a_3x_3 - a_4x_4 + b \quad (15)$$

სადაც,  $x_1$ –კომპიუტერული ტექნიკის და სხვა ორგტექნიკის, სასწავლო და სამეცნიერო ლაბორატორიებში თანამედროვე ელექტროტექვადი ლაბორატორიული მოწყობილობების ფართოდ გამოყენების შედეგად ელექტროენერჯის მოხმარების ზრდის ფაქტორი;

$x_2$ –სასწავლო და ადმინისტრაციული კორპუსების გათბობისათვის ბუნებრივი გაზის გამოყენების ზრდის ფაქტორი;

$x_3$ –ფიქტიური ცვლადების ფაქტორია;

X4–ქ.თბილისში საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვალებადობის ფაქტორია;

a1, a2, a3 და a4—რეგრესის კოეფიციენტებია;

b – თავისუფალი წევრია;

უმცირეს კვადრატთა მეთოდის გამოყენებით მიღებულია რეგრესის კოეფიციენტების და თავისუფალი წევრის შემდეგი მნიშვნელობები:

$$a_1 = -342983; a_2 = -0,57917; a_3 = -0,24505;$$

$$a_4 = 705743,3; b = 8491863; \quad (16)$$

რეგრესის კოეფიციენტების და თავისუფალი წევრების (15) გამოსახულებაში ჩასმით მივიღებთ სტუ–ს ელექტროენერგიაზე მოთხოვნების საშუალოვადიანი საპროგნოზო მრავალფაქტორიან მათემატიკურ მოდელს:

$$Y = -342983 X_1 - (-0,57917) X_2 + (-0,24505) X_3 - 705743,3 X_4 + 8491863 \quad (17)$$

მიღებული მოდელის მართებულობის შესაფასებლად არსებული მონაცემები შედარებულია საპროგნოზო მონაცემებთან. ანგარიშის შედეგები მოცემულია ცხრილი № 29–ში.

ცხრილი № 29

სტუ-ს ელექტროენერგიის მოხმარების არსებული მონაცემების და საპროგნოზო მონაცემების შედარებითი ანგარიში

წელი	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
ელენერგიის ფაქტიური მოხმარება	3,73	3,92	3,69	3,13	3,99	4,42	3,24	3,47	3,52
პროგნოზი	3,74	3,75	3,66	3,57	3,7	4,42	3,55	3,45	3,42
გადახრა (აბსოლიტური)	0,01	-0,17	-0,03	0,44	-0,29	0	0,31	-0,02	-0,10

როგორც ცხრილი № 29-ის მონაცემები გვიჩვენებს მიღებული საპროგნოზო მოდელით საკმარისად მაღალი სიზუსტით არის შესაძლებელი განხორციელებული იქნეს სტუ-ს ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის საშუალოვადიანი (2012–2015 წწ) პროგნოზირება.

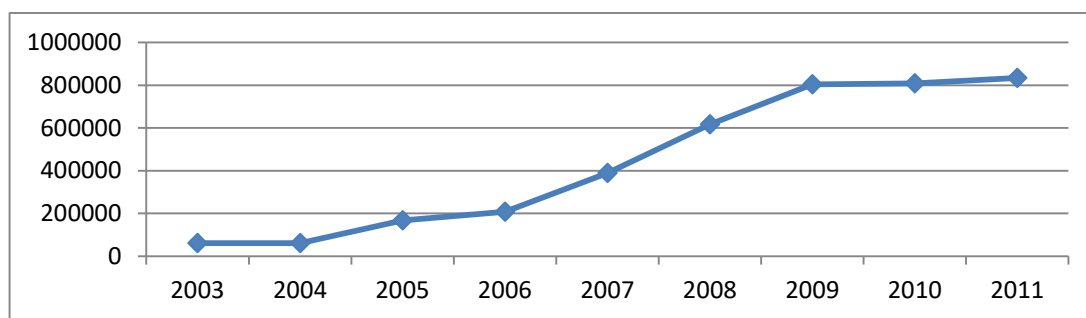
იმისათვის, რომ სტუ-ს ელექტროენერგია მოთხოვნის (2012–2015 წწ) პროგნოზი განვახორციელოთ აუცილებელია ჩატარდეს მოთხოვნის სიდიდეზე მოქმედი ფაქტორების საშუალოვადიანი (2012–2015 წწ) პროგნოზირება.

როგორც კორელაციურმა ანალიზმა აჩვენა სტუ-ს ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის მოცულობაზე არსებით გავლენას ახდენს კომპიუტერული ტექნიკის და სხვა ორგტექნიკის, სასწავლო და სამეცნიერო ლაბორატორიების ელექტროენერგიის ზრდის ტენდენცია. სტუ-ში (2003–2011 წწ) აღნიშნული ორგტექნიკის მიერ ელექტროენერგიის მოხმარების დინამიკა მოცემულია ცხრილი № 30-ში.

ცხრილი № 30

წელი	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
ელ.ენერგიის მოხმარება კვტ.სთ	60480	60480	167268	207660	389316	616524	803460	808536	834213

სტუ-ში ორგტექნიკის ელექტროენერგიის მოთხოვნის საშუალოვადიანი პროგნოზირების მათემატიკური მოდელის შესარჩევად ცხრილი №30-ში მოცემული მონაცემებით აგებულ იქნა ორგტექნიკის მიერ (2003–2011 წწ) ელექტროენერგიის მოხმარების გრაფიკი. (იხ.ნახ №30)





ნახ №30. სტუ–ში ორგტექნიკის მიერ ელექტროენერჯის მოთხოვნის ზრდის დინამიკა.

ნახ №30–ის შესაბამისად სტუ–ში ორგტექნიკის და ლაბორატორიული ელექტრომომწოდებლობების ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის (2012–2015 წწ) პროგნოზირება შესაძლებელია განხორციელდეს ლოგისტიკური ფუნქციით. ამ ფუნქციას ექნება შემდეგი სახე:

$$Y = \frac{c}{(1 + e^{at-b})} \quad (18)$$

სადაც  $t$ -დროის მაჩვენებელია წლებში;

$a$  – რეგრესის კოეფიციენტი;

$b$  და  $c$  – თავისუფალი წევრები;

უმცირეს კვადრატთა მეთოდის და კომპიუტერული პროგრამა Excel-ის გამოყენებით ჩატარებული გამოთვლების შედეგად მივიღებთ რეგრესის კოეფიციენტის და თავისუფალი წევრების შემდეგ მნიშვნელობებს:

$$a=0.868744; \quad b=-4.061737; \quad c=853806; \quad (19)$$

(19) გამოსახულების და (18) ფორმულაში ჩასმით მივიღებთ სტუ–ში ორგტექნიკის და ლაბორატორიული ელექტრომომწოდებლობების ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის (2012–2015 წწ) პროგნოზირების მათემატიკურ მოდელს:

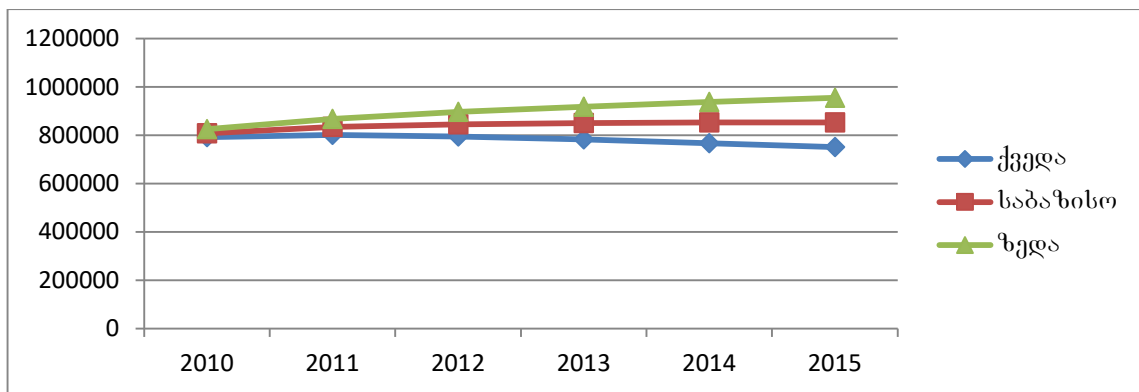
$$Y = \frac{853806}{(1 + e^{0.868744t-4.06737})} \quad (20)$$

გამოსახულება (20)–ში დროის მონაცემების ჩასმით მივიღებთ კომპიუტერული ტექნიკის და სხვა ორგტექნიკის, სასწავლო და სამეცნიერო ლაბორატორიების მიერ ელექტროენერჯის მოთხოვნის (2012–2015 წწ) საპროგნოზო პარამეტრებს. მიღებული შედეგები შეტანილია ცხრილი №31–ში.

ცხრილი №31

წელი	2012	2013	2014	2015	ზღვრები
ორგტექნიკის ელექტრო-ენერგიაზე	896205	918314	937561	955567	ზედა
მოთხოვნის პროგნოზი	845476	850291	852328	853185	საბაზისო
კვტ.სთ	794747	782268	767095	750803	ქვედა

ცხრილი №31-ში მონაცემების მიხედვით აგებულია სტუ-ს კომპიუტერული ტექნიკის და სხვა ორგტექნიკის, სასწავლო და სამეცნიერო ლაბორატორიების მიერ ელექტროენერგიის მოთხოვნის გრაფიკი. (იხ.ნახ №31)



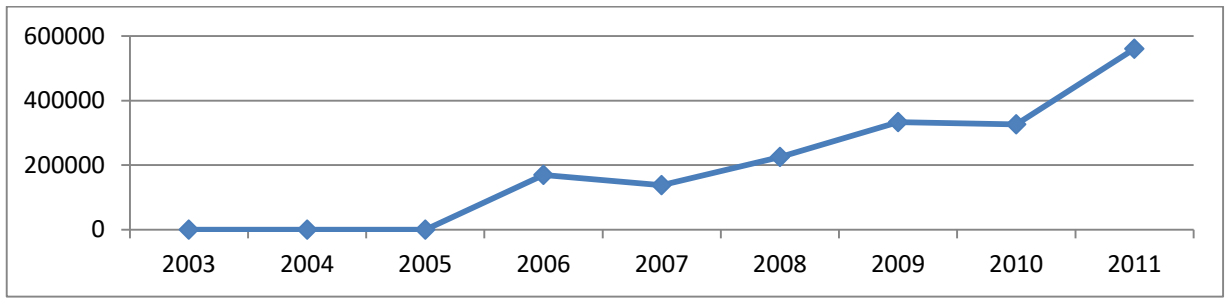
ნახ. №31. სტუ-ს კომპიუტერული ტექნიკის და სხვა ორგტექნიკის, სასწავლო და სამეცნიერო ლაბორატორიების მიერ ელექტროენერგიის (2012-2015 წწ) მოთხოვნის დინამიკა და პროგნოზი.

სტუ-ს ბუნებრივ გაზზე მოთხოვნის პროგნოზირებისათვის საწყისი მონაცემები აღებულია უნივერსიტეტის თმომარაგების სამსახურის და ბუღალტერიის მონაცემებიდან, რომელიც შეტანილია ცხრილი №32-ში.

ცხრილი №32

წელი	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
გაზის მოხმარება მ <sup>3</sup> -ში	0	0	0	170164	137753	225438	332988	326192	560446

ცხრილი № 32-ში მოცემული მონაცემებით აგებულ იქნა ბუნებრივი გაზის (2003–2011 წწ) მოხმარების გრაფიკი. (იხ.ნახ №32)



ნახ №32. სტუ-ში ბუნებრივი გაზის მოთხოვნის ზრდის დინამიკა.

სტუ-ში ბუნებრივ გაზზე მოთხოვნის (2012–2015წწ) პროგნოზირებისათვის საჭირო საწყისი მონაცემები შეტანილია ცხრილ №33–ში და ცხრილ №34–ში.

ცხრილი №33

კორპუსები	I	II	III-IV	VI	VII	VIII	IX	X	აღმ.
ფართი მ²	35619	9805	15208	26648	2617	13478	4111	7731	8208
მოცულობა მ³	142476	39220	60832	85274	10468	43130	13155	24739	32832

ცხრილი №34

სასწავლო კორპუსები	მოსმარებული გაზის ხარჯი მ³-ში		კორპუსის მოცულობა მ³	საშუალო წლიური ხვედრითი ხარჯი მ³ ფართობზე მ³-ში
	2009 წელი	2010 წელი		
VI	159210	125460	85274	1,7
VIII	80547	75506	43130	1,8

ზემოთ მოყვანილი საწყისი მონაცემების აუცილებლობა განპირობებულია იმ ფაქტით, რომ 2009-2010 წლებში სტუ-ში სტაბილურად მუშაობდა VI და VIII კორპუსებში გათბობის სისტემები და ამ კორპუსებში გათბობისათვის დახარჯული ბუნებრივი გაზის მოცულობის საფუძველზე განისაზღვრა გასათბობი ობიექტის 1მ<sup>3</sup> მოცულობაზე გათბობისათვის საჭირო გაზის საშუალო წლიური ხვედრითი ხარჯი, რომელმაც შეადგინა 1,75 მ<sup>3</sup> 1მ<sup>3</sup> შენობია მოცულობაზე. ამ ორი წლის მონაცემების შედარებით ირკვევა 2009 წელს 2010 წელთან შედარებით კლიმატური პირობების გამო გაცილებით მეტი გაზი დაიხარჯა გათბობაზე. სწორედ ამიტომ ჩვენს მიერ შემოღებული იქნა საშუალო წლიური შეწონილი გაზის ხარჯი 1მ<sup>3</sup> შენობის მოცულობაზე, რომელმაც შეადგინა 1,7 მ<sup>3</sup>. აღნიშნულის საფუძველზე განისაზღვრა 2011წლის 1 იანვრიდან გაზის დამატებითი ხარჯი II-III-IV სასწავლო კორპუსებში 170088 მ<sup>3</sup>-ის ტოლი. I კორპუსში კი 64166 მ<sup>3</sup>-ის ტოლი. 2011 წლის ბოლოსთვის ჩვენი ვარაუდით უნდა დამთავრდეს I კორპუსის გათბობის სისტემის მოწყობა, რაც 2012 წელს დამატებით გამოიწვევს 148920 მ<sup>3</sup> ბუნებრივი გაზის ხარჯს. ხოლო 2012 წლის ბოლოსთვის უნდა დამთავრდეს სტუ-ს ყველა დანარჩენი სასწავლო კორპუსის გათბობის სისტემის მოწყობა, რაც 2013 წელს დამატებით გამოიწვევს 65675 მ<sup>3</sup> ბუნებრივი გაზის ხარჯს.

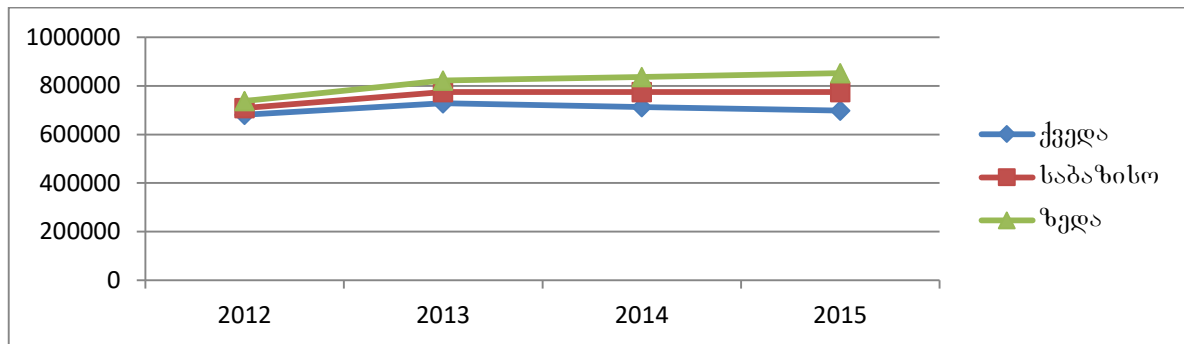
ზემოთ მოყვანილი ფაქტების გათვალისწინებით გაზის მოხმარების (2012-2015 წწ) მოთხოვნის საპროგნოზო მაჩვენებლები დადგენილია გამოთანაბრების მეთოდით, განსაზღვრულია ქვედა და ზედა ზღვრები. ანგარიშის შედეგები შეტანილია ცხრილი №35-ში.

ცხრილი №35

სტუ-ს ბუნებრივი გაზის მოთხოვნის პროგნოზი

წელი	2012	2013	2014	2015	ზღვრები
ბუნებრივი გაზის	737741	821543	837044	852545	ზედა
მოთხოვნის პროგნოზი	709366	775041	775041	775041	საბაზისო
მ <sup>3</sup> -ში	680991	728539	713038	697537	ქვედა

ცხრილი № 35-ში მოყვანილი მონაცემების მიხედვით აგებულია სტუ-ის ბუნებრივი გაზის მოთხოვნის გრაფიკი. (იხ.ნახ №33)



ნახ. №33.სტუ-ს ბუნებრივი გაზის (2012-2015 წწ) მოთხოვნის დინამიკა და პროგნოზი.

ნახ №33-ის შესაბამისად სტუ-ში ბუნებრივი გაზის მოთხოვნის (2012–2015 წწ) პროგნოზირება შესაძლებელია განხორციელდეს ლოგისტიკური ფუნქციით. ამ ფუნქციას ექნება შემდეგი სახე:

$$Y = \frac{c}{(1 + e^{a_1 t + a_2 t^2 + b})} \quad (21)$$

$a_1$  და  $a_2$ -- რეგრესის კოეფიციენტებია;

$b$  და  $c$  --თავისუფალი წევრებია;

$t$ --დროის მაჩვენებელია წლებში;

უმცირეს კვადრატთა მეთოდის და კომპიუტერული პროგრამა Excel-ის გამოყენებით ჩატარებული გამოთვლების შედეგად მოვიღებთ რეგრესის კოეფიციენტის და თავისუფალი წევრების შემდეგ მნიშვნელობებს:

$$a_1=0,427027; a_2=0.00359553; b=-3.41035; c=962170; \quad (22)$$

(22) გამოსახულების და (14) ფორმულაში ჩასმით მივიღებთ სტუ-ში ბუნებრივი გაზზე მოთხოვნის (2012–2015 წწ) პროგნოზირების მათემატიკურ მოდელს:

$$Y = 962170 / (1 + e^{0,427027t + 0,00359553t^2 - 3,41035}) \quad (23)$$

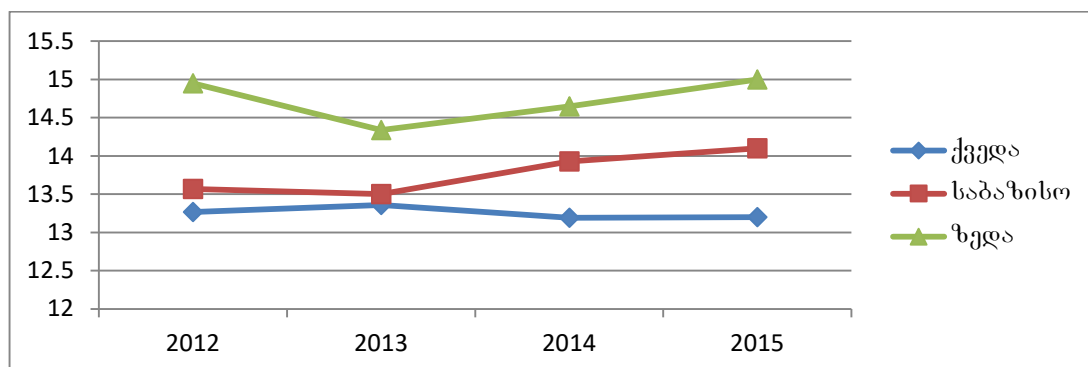
თბილისში საშუალო წლიური ტემპერატურის პროგნოზირება შესრულებულია [1] ნაშრომში მოყვანილი მონაცემების შესაბამისად და მისი მნიშვნელობები ზედა და ქვედა ზღვრების ჩვენებით მოცემულია ცხრილი №36-ში.

ცხრილი №36

ქ.თბილის საშუალო წლიური ტემპერატურა

წელი	2012	2013	2014	2015	95% ინტერვალი
საშუალო წლიური ტემპერატურა გრადუსებში	14,95	14,34	14,65	15	ზედა
	13,57	13,501	13,928	14,1	საბაზისო
	13,265	13,36	13,19	13,2	ქვედა

ცხრილი № 36-ში მონაცემების მიხედვით აგებულია ქ.თბილის საშუალო წლიური ტემპერატურის გრაფიკი. (იხ.ნახ №34)



ნახ. № 34. ქ.თბილის საშუალო წლიური ტემპერატურის (2012-2015 წწ) დინამიკა და პროგნოზი.

ცხრილი №29, 31, 35 და 36 ის მონაცემების (17) გამოსახულებაში ჩასმით და სათანადო გამოთვლების ჩატარების შედეგად მივიღებთ სტუ-ს ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის (2012-2015 წწ) საპროგნოზო პარამეტრებს. საპროგნოზო პარამეტრები შეტანილია ცხრილი №37-ში.

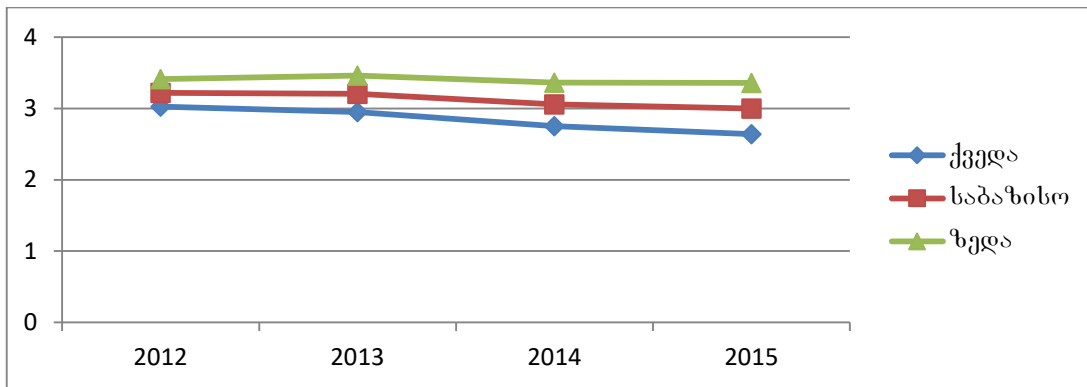
ცხრილი №37

სტუ-ს ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის პროგნოზი

(კვტ.სთ)

წელი	2012	2013	2014	2015	ზღვრები
სტუ-ს ელ.ენერჯის მოთხოვნის პროგნოზი მლ.კვტ.სთ	3,41	3,46	3,36	3,36	ზედა
	3,22	3,2	3,1	3,0	საბაზისო
	3,03	2,95	2,75	2,64	ქვედა

ცხრილი № 37-ში მონაცემების მიხედვით აგებულია სტუ-ს ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის (2012–2015 წწ) დინამიკის და პროგნოზის გრაფიკი. (იხ.ნახ №35)



ნახ. №35. სტუ-ს ელექტროენერჯის (2012-2015 წწ) მოთხოვნის დინამიკა და პროგნოზი.

სტუ-ს ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის (2012–2015 წწ) თვეების მიხედვით პროგნოზირებისათვის გაანალიზებული იქნა (2003–2011 წწ) თვეების მიხედვით ელექტროენერჯის მოხმარების დინამიკა და თითოეული თვის მოხმარების წილი განისაზღვრა პროცენტებში მთლიან მოხმარებასთან მიმართებაში. ანალიზის შედეგები ასახულია ცხრილი №38-ში.

ცხრილი №38

სტუ-ს ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის (2012–2015 წწ) თითოეული თვის მოხმარების წილი პროცენტებში

თვე	პროცენტული მოხმარება
იანვარი	12,2
თებერვალი	12,0
მარტი	12,7
აპრილი	9,2
მაისი	6,3
ივნისი	5,1
ივლისი	5,3
აგვისტო	3,9
სექტემბერი	4,1
ოქტომბერი	6,1
ნოემბერი	10,1
დეკემბერი	13,0

ცხრილი №38 ის მონაცემების და სტუ-ს ელექტროენერგიაზე (2012-2015 წწ) მოთხოვნის საშუალოვადიან საპროგნოზო პარამეტრების შესაბამისად მივიღებთ (2012-2015 წწ) მოთხოვნის საშუალოვადიან პროგნოზს თვეების მიხედვით. რომელიც ასახულია ცხრილი №39-ში.

ცხრილი №39

სტუ-ს ელენერგიაზე (2012-2015 წწ) მოთხოვნის პროგნოზი თვეების მიხედვით  
(კვტ.სთ)

თვე	2012	2013	2014	2015
იანვარი	392786	390930	372877	365738
თებერვალი	386347	384522	366764	359742
მარტი	408884	406952	388158	380727
აპრილი	296199	294800	281186	275802
მაისი	202832	201874	192551	188864
ივნისი	164197	163422	155875	152890



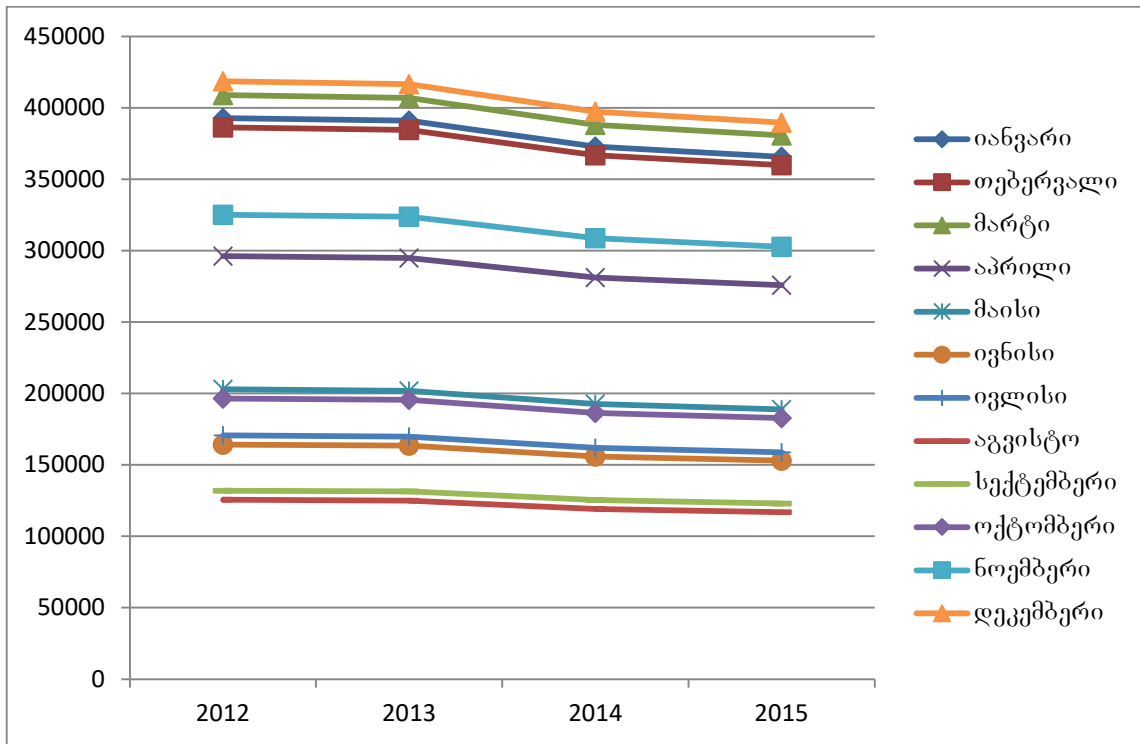
ივლისი	170636	169830	161987	158886
აგვისტო	125563	124970	119198	116916
სექტემბერი	132002	131378	125311	122912
ოქტომბერი	196393	195465	186438	182869
ნოემბერი	325175	323639	308693	302783
დეკემბერი	418542	416565	397328	389720

ცხრილი №39–ში მონაცემების მიხედვით აგებულია თვეების მიხედვით სტუ–ს ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის დინამიკის და პროგნოზის გრაფიკები. (იხ.ნახ №36)



ნახ. №36. თვეების მიხედვით სტუ–ს ელექტროენერგიაზე (2012-2015 წწ) მოთხოვნის დინამიკა და პროგნოზი.

ცხრილი №39–ის მონაცემების მიხედვით შესრულებულია აგრეთვე სტუ–ს ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის (2012–2015 წწ) ცალკეული თვეების მიხედვით დინამიკის და პროგნოზის გრაფიკები. (იხ.ნახ №37)



ნახ. ნახ. №37. სტუ-ს ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის (2012-2015 წწ) თვეების მიხედვით დინამიკა და პროგნოზი.

ნახ. №36-ში და ნახ. №37-ში მოცემული გრაფიკებიდან გამომდინარე მაქსიმალური დამაჯერებლობის მეთოდის და კომპიუტერული პროგრამის Excel-ის გამოყენებით მიღებულია 92-95 %-იანი სიზუსტით სტუ-ს ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის (2012-2015 წწ) პროგნოზირების და თვეების მიხედვით მოთხოვნის (2012-2015 წწ) პროგნოზირების გამარტივებული მოდელები. მოცემული გამოსახულებები მოცემულია ცხრილი №40-ში.

ცხრილი №40

სტუ-ს ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის (2012-2015 წწ) პროგნოზირების და თვეების მიხედვით მოთხოვნის (2012-2015 წწ) პროგნოზირების გამარტივებული მოდელები

<p>სტუ-ს ელ.ენერგიაზე მოთხოვნის (2010-2015 წწ) პროგნოზირების გამარტივებული მათემატიკური მოდელი</p>		$y = -0,076t + 3,32$
--	--	----------------------

სტუ-ს ელ.ენერგიაზე მოთხოვნის (2010–2015 წწ) პროგნოზირების გამარტივებული მათემატიკური მოდელები თვეების მიხედვით	იანვარი	$y = -0,009t + 0,405$
	თებერვალი	$y = -0,009t + 0,398$
	მარტი	$y = -0,010t + 0,422$
	აპრილი	$y = -0,007t + 0,305$
	მაისი	$y = -0,005t + 0,209$
	ივნისი	$y = -0,004t + 0,169$
	ივლისი	$y = -0,004t + 0,176$
	აგვისტო	$y = -0,003t + 0,129$
	სექტემბერი	$y = -0,003t + 0,136$
	ოქტომბერი	$y = -0,005t + 0,202$
	ნოემბერი	$y = -0,008t + 0,335$
	დეკემბერი	$y = -0,010t + 0,432$

სადაც  $t$  დროის მაჩვენებელია წლებში;

ათვის ნულოვან წერტილად მიღებულია 2011 წელი;

სტუ-ს ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის საპროგნოზო პარამეტრების შესაბამისად ელექტროენერგიის შესყიდვაზე საბიუჯეტო ხარჯების ოპტიმალურად დაგეგმის უზრუნველსაყოფად განისაზღვრა სტუ-ში (2012–2015 წწ) თვეების მიხედვით ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის დასაკმაყოფილებლად საჭირო ელექტროენერგიის შესყიდვაზე საბიუჯეტო ხარჯების მოცულობები. ანგარიშის შედეგები მოცემულია ცხრილი №41-ში.

ცხრილი №41

წლების მიხედვით სტუ-ს ელექტროენერგიის შესყიდვაზე საბიუჯეტო ხარჯების მოთხოვნის პროგნოზი (ლარებში)

წელი	2012	2013	2014	2015	ზღვრები
სტუ-ს ელ.ენერგიის მოთხოვნის პროგნოზი ლარებში	508156	515297	500602	499946	ზედა
	479392	477127	455093	446380	საბაზისო
	450629	438957	409584	392814	ქვედა

განისაზღვრა თვეების მიხედვით სტუ-ის ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის დასაკმაყოფილებლად ელექტროენერგიის შესყიდვაზე საჭირო საბიუჯეტო ხარჯების მოცულობები. ანგარიშის შედეგები მოცემულია ცხრილი №42-ში.

ცხრილი №42

თვეების მიხედვით სტუ-ს ელექტროენერგიის შესყიდვაზე საბიუჯეტო ხარჯების მოთხოვნის პროგნოზი

(ლარებში)

თვე	2012	2013	2014	2015
იანვარი	58486	58210	55521	54458
თებერვალი	57527	57255	54611	53566
მარტი	60883	60595	57797	56690
აპრილი	44104	43896	41869	41067
მაისი	30202	30059	28671	28122
ივნისი	24449	24333	23210	22765
ივლისი	25408	25288	24120	23658,12
აგვისტო	18696	18608	17749	17409
სექტემბერი	19655	19562	18659	18302
ოქტომბერი	29243	29105	27761	27229
ნოემბერი	48419	48190	45964	45084
დეკემბერი	62321	62027	59162	58029

შენიშვნა: საბიუჯეტო ხარჯების მოცულობები განსაზღვრულია იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველოს მთავრობასა და ინტერრაოეს შორის 2007 წლის ივნისში დადებული მემორანდუმის მიხედვით ქ.თბილისში ელექტროენერგიაზე ამჟამად არსებული ტარიფები 2015 წლამდეარ შეიცვლება.

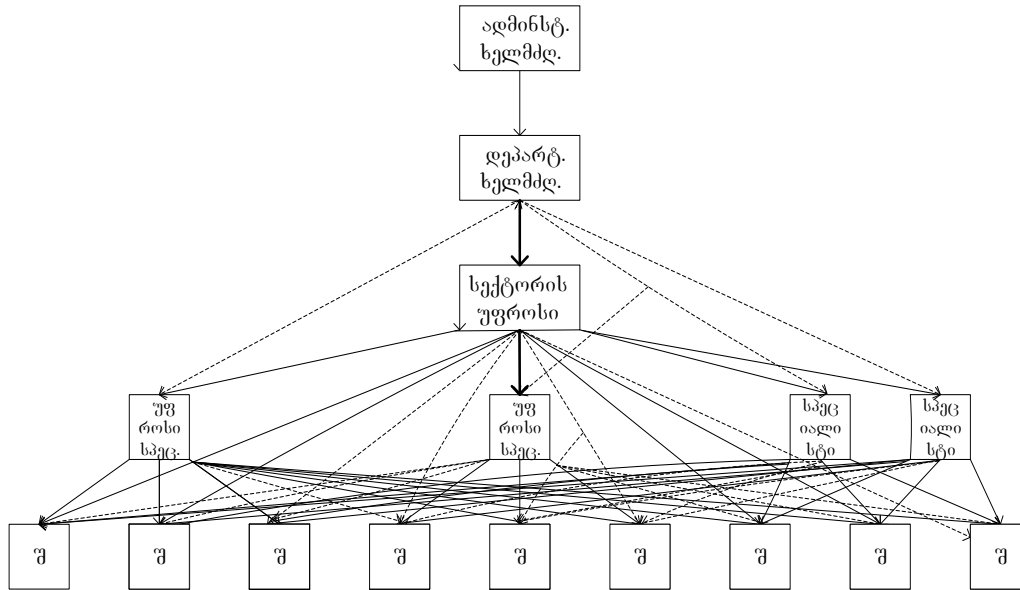
სტუ-ის წყალმომარაგების მენეჯმენტის მთავარი ამოცანად მიგვაჩნია:

- ✓ წყლის არამიზნობრივი ხარჯების შესამცირებლად სასმელი წყლის მოხმარების მაქსიმუმის საათებში (დღის 12-15 სთ) წყლის დამხარჯი წერტილების სისტემატური დათვალიერება, შემოწმება და გამოვლენილი პრობლემების გადასაწყვეტად ოპერატიული ზომების მიღება;
- ✓ წყალმომარაგების ანათველის სისტემატური აღება დღეღამური და თვიური ხარჯების შეფასება;
- ✓ სისტემატურად (თვეში ერთხელ მაინც) წყლის დანაკარგების სიღიდის შეფასება კორპუსების მიხედვით;
- ✓ წყლის ხარჯვის მონიტორინგის ელექტრონული სისტემით აღრიცხული ყოველდღიური მონაცემების ანალიზი და წამოჭრილი პრობლემების ოპერატიული გადაწყვეტა;

სტუ-ის ენერგომომარაგების ოპტიმალური მენეჯმენტის განსახორციელებლად უნდა შეიქმნას ენერგეტიკული სამსახური ოპტიმალური სტრუქტურით, ამ სამსახურის მეშვეობით უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ზემოთ ჩამოთვლილი საკითხების გეგმაზომიერი და მიზანმიმართული შესრულება, მართვის ფუნქციების (დაგეგმვა, ორგანიზაცია, მოტივაცია, კოორდინაცია და კონტროლი) განხორციელება.

ამჟამად, სტუ-ში ენერგომომარაგების მენეჯმენტი ხორციელდება არა ერთიანი სისტემით. ენერგომომარაგების სისტემაში ცალკეულ სექტორებზე მიმაგრებულნი არიან უფროსი სპეციალისტები და მათვე ევალებათ ამ სექტორების მართვა. მართვის სტრუქტურა ატარებს წმინდა ფუნქციონალურ ფორმას, რაც ნიშნავს, რომ დეპარტამენტის ხელმძღვანელს და სექტორის უფროსს საშუალება აქვთ მისცენ განკარგვები ნებისმიერ შემსრულებელს, ერთდროულად შეიძლება შემსრულებელმა მითითება მიიღოს რამოდენიმე ხელმძღვანელიდან, რაც აღრვეს განკარგვების ერთიანობას და ერთპიროვნული ხელმძღვანელობის

პრინციპს და ამცირებს მუშაობაზე პასუხისმგებლობას, რადგან მუშა-  
მოსამსახურემ არ იცის რომელი ხელმძღვანელის დავალება შეასრულოს პირველ  
რიგში. ამჟამად არსებული მართვის სქემას აქვს ნახაზს № 38-ზე მოცემული სახე:



ნახ. № 38. სტუ-ში ენერგომომარაგების მართვის მოქმედი სისტემა.

განსაკუთრებით ხაზი უნდა გაესვას იმ ფაქტს, რომ სტუ-ში არ არის მკაფიოდ  
გაწერილი უყველა თანამშრომლის უფლება-მოვალეობა, მათი შერჩევა ხდება  
სუბიექტური მოსაზრების საფუძველზე. მეცნიერულად არ არის შესწავლილი  
ენერგომომარაგების სისტემაში შესრულებული სამუშაოების შრომა-ტევადობა, არ  
არის განსაზღვრული კადრების რიცხოვანობის შერჩევის ნორმატივები, შექმნილი  
მდგომარეობა იწვევს საბიუჯეტო ხარჯების დაუსაბუთებელ ხარჯვას. ცხრილ №  
43 - ში მოცემულია სტუ-ს ენერგომომარაგების სისტემაში დასაქმებულ მუშა-  
მოსამსახურეთა რაოდენობის და შრომის ანაზღაურების ხარჯების ანალიზი.

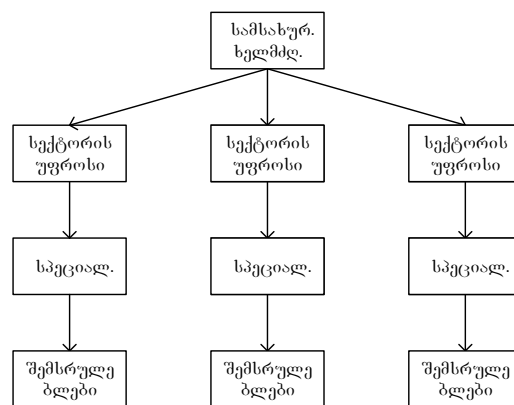
ცხრილი № 43

მართვის მოქმედ სისტემაში დასაქმებულ მუშა-მოსამსახურეთა რაოდენობა და  
შრომის ანაზღაურების ხარჯების ანალიზი

სექტორი	მუდმივად დასაქმებულთა რ-ბა	სეზონურად დასაქმებულთა რ-ბა	მუდმივად დასაქმებულთა ხელფასი (ლარი)	სეზონურად დასაქმებულთა ხელფასი (ლარი)	სულ ხარჯები (ლარი)
ელმომარაგების, წყალმომარაგების და გათბობის სისტემების მუშაობის მართვა	5		30 000		30 000
ელმომარაგების სისტემაში	11		41 520		41520
წყალმომარაგება სისტემაში	20	2	72 000	3 200	75 200
გათბობის სისტემაში	5	6	27 960	13 170	41130
სულ	41	8	171 480	16 370	187 850

ანალიზიდან ირკვევა, რომ სტუ-ს ენერგომომარაგების სისტემის თითოეულ სექტორში შრომატევადობასთან შედარებით გაცილებით მეტი ადამიანია დასაქმებული.

ჩვენი აზრით ისეთი ენერგომომარაგების სისტემის მართვისათვის, როგორც გააჩნია სტუ-ს, ყველაზე ოპტიმალურია მართვის ხაზოვანი სტრუქტურა, რომელსაც გრაფიკულად აქვს ნახაზს № 39-ზე მოცემული სახე:



ნახ. № 39. სტუ-ში ენერგომომარაგების ოპტიმალური მართვის სისტემა.

მართვის სტრუქტურაში კავშირების ხაზოვანი ფორმის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ყოველი კოლექტივის სათავეში დგას ხელმძღვანელი, რომელიც ექვემდებარება ზემდგომ ხელმძღვანელს. ქვეშევრდომი ასრულებს მხოლოდ მისი უშუალო ხელმძღვანელის განკარგულებებს. ზემდგომ ხელმძღვანელს არ აქვს უფლება განკარგულებებ გასცეს მათი უშუალო უფროსის გვერდის ავლით.

მართვის ხაზოვანი სტრუქტურის ღირსებებია:

- ორგანიზაციის სტრუქტურის ქვედანაყოფების შორის მკაფიო და მარტივი ურთიერკავშირების დამყარება;
- ქვეშევრდომების მიერ შეთანხმებული და ერთმანეთთან დაკავშირებული დავალებების და განკარგულებების მიღება;
- მუშაობის შედეგებზე თითოეული ხელმძღვანელის სრული პასუხისმგებლობა;
- ზემოდან ქვემოთ განკარგვების ერთიანობის უზრუნველყოფა;

ჩატარებული ანალიზის შედეგად, ჩვენს მიერ განსაზღვრულია შრომატევადობის მიხედვით ენერგომომარაგების სისტემაში მუშა-მოსამსახურეთა ოპტიმალური რაოდენობა და შრომის ანაზღაურების ხარჯები. ანგარიშის შედეგები შეტანილია ცხრილ № 44 –ში.

ცხრილი № 44

ოპტიმალურ მართვის სისტემაში მუშა-მოსამსახურეთა რაოდენობა და შრომის ანაზღაურების ხარჯები

სექტორი	მუდმივად დასაქმებულთა რ-ბა	სეზონურად დასაქმებულთა რ-ბა	მუდმივად დასაქმებულთა ხელფასი (ლარი)	სეზონურად დასაქმებულთა ხელფასი (ლარი)	სულ ხარჯები (ლარი)
სამსახურის ხელმძღვანელი	1		2 100		2 100
ელმომარაგების, წყალმომარაგების დაგატობის სისტემების მუშაობის მართვა	6		43 200		43 200
ელმომარაგების სისტემა	6		28 800		28 800
წყალმომარაგების სისტემა	14		67 200		67 200



გათბობის სისტემა	2	6	9 600	14 400	24 000
სულ	29	6	148 800	14 400	165 300

მართვის შეთავაზებული სქემის მიხედვით მუშა-მოსამსახურეთა რაოდენობა 41-დან 29-მდე უნდა შემცირდეს და ყოველწლიურ შრომის ანაზღაურების ხარჯებში ეკონომია 22 550 ლარით იქნება. ასეთი სახით ენერგომომარაგების სისტემის მართვა მნიშვნელოვნად გაზრდის სისტემაში დასაქმებულთა პასუხისმგებლობის, მმართველობითი გადაწყვეტილებების ოპერატიულობასა და მათ დროულ შესრულებას. მიგვაჩნია, რომ სტუ-ს ენერგომომარაგების სისტემაში დაგეგმილი ხარჯების ეკონომიის შესაბამისად უნდა დაინერგოს თანამშრომელთა წახალისების სისტემა. რაც მთავარია მკაფიოდ უნდა განისაზღვროს თითოეული თანამშრომლის უფლება-მოვალეობა და პასუხისმგებლობის საკითხები.

## კვლევის შედეგები და რეკომენდაციები

1. სტუ-ს ელექტრომომარაგების სისტემის მუშაობის კომპლექსური შესწავლისა და მეცნიერული ანალიზიდან გამომდინარე დადგენილია ის ძირითადი პრობლემები, რომელთა გადაწყვეტა უზრუნველყოფს უნივერსიტეტის ელექტრომომარაგების სისტემის ეფექტურობის ამაღლებას და მის მოხმარებაზე ხარჯების შემცირებას.
2. ელექტრომომარაგების სისტემის ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლების კვლევის საფუძველზე შემუშავებულია სტუ-ს ელექტრომომარაგების სისტემის ოპტიმალური სქემა.
3. შემუშავებულია სტუ-ს ადმინისტრაციული და სასწავლო კორპუსების განათების არსებული სისტემის განახლების სამწლიანი პროგრამა. მეცნიერულად დასაბუთებულია, რომ ამ პროგრამის დანერგვით სტუ მიიღებს მნიშვნელოვან ტექნიკო-ეკონომიკურ ეფექტს.
4. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მიერ (2003-20011) წლებში ელექტროენერჯის მოხმარების შესახებ სტატისტიკური მონაცემების ანალიზის საფუძველზე, ელექტროენერჯის მოთხოვნაზე მოქმედი ფაქტორების გათვალისწინებით, მიღებულია უნივერსიტეტის ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის პროგნოზირების მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელი. ამ მოდელის საფუძველზე განხორციელებულია (2012-2015) წლებში ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის პროგნოზი და პროგნოზული პარამეტრების ბაზაზე დადგენილია პროგნოზირების გამარტივებული ზოგადი მათემატიკური მოდელები როგორც წლიურ ისე ყოველთვიურ ჭრილში. პროგნოზით განსაზღვრული პარამეტრების მიხედვით შესრულებულია (2012–2015 წწ) სტუ-ში ელექტროენერჯის შესყიდვაზე ყოველთვიური საჭირო საბიუჯეტო ხარჯების პროგნოზი.

5. მენეჯმენტის სტრატეგიით განსაზღვრული პროგრამის უზრუნველსაყოფად ფორმირებულია სტუ-ს ენერგომომარაგების მენეჯმენტის ოპტიმალური მოდელი და ჩამოყალიბებულია სტუ-ს ელენგეტიკული სამსახურის ახალი ოპტიმალური სტრუქტურა.
6. სტუ-ს წყალმომარაგების სისტემის (კორპუსების მომსახურე წყალმომხმარებლის შესაბამისად) მაჩვენებლების დასადგენად განისაზღვრა მომხმარებელთა სტრუქტურა და ჩატარდა მისი ანალიზი.
7. აგებულია აკადემიკური ჯგუფების საათობრივ რაოდენობათა ცვლილებების გრაფიკები. ჯგუფების მაქსიმალური რაოდენობა მოდის მე-4 და მე-5 საათებში. რაოდენობათა მიხედვით გამოკვეთილია VI და I კორპუსებში. I-ლ კორპუსში ჯგუფების სიმცირის მიუხედავად უფრო მეტი ხარჯია, ვიდრე მე-VI კორპუსში.
8. დადგენილია მილსადენების ტრასა და შეიქმნა წყალმომარაგების ეზოს ქსელის მოხაზულობის კომპიუტერული ვერსია, დიამეტრებისა და სიგრძეების ჩვენებით.
9. დაზუსტებულია კორპუსებში სასმელი წყლის დამხარჯი წერტილების რაოდენობა და ადგილმდებარეობა.
10. შესწავლილია წყალმომარაგების ტექნიკური მახასიათებლები და მათი შესაბამისობა არსებულ სტანდარტებთან.
11. გამოირკვა, რომ 2011 წლის 9 თვის მონაცემებით მნიშვნელოვნად გაიზარდა წყლის დარიცხული რაოდენობა წინა წყლის შესაბამის თვეების ხარჯებთან შედარებით. ამოვარდნილი რიცხვია VI კორპუსის ხარჯი (16011,6 ლარი) ივლისის თვეში. 2011 წლის მხოლოდ 9 თვეში გადახარჯვამ შეადგინა 247205 ლარი.

ჩატარებული კვლევების შედეგებიდან გამომდინარე შემუშავებულია სტუ-ს ენერგორესურსებით სრულყოფილი მომარაგების და მისი მენეჯმენტის ოპტიმიზაციის უზრუნველსაყოფად განსახორციელებელი პრაქტიკული რეკომენდაციები. კერძოდ:

- ✓ სტუ-ის ელექტრომომარაგება შეიძლება განხორციელდეს ორი ვარიანტით:
  1. გარე ელექტრომომარაგების ქსელები უნდა გადასცეს სს „თელასს“ და ენერგეტიკული სამსახურის ძირითადი ძალისხმევა უნდა მიემართოს შიგა ელექტროქსელების მოწესრიგებას.
  2. ტექნიკური უნივერსიტეტის საკუთრებაში დარჩეს არსებული ელექტრომომარაგების სისტემა და მას ჩამოშორდეს ყველა კომერციული ობიექტი და სს „თელასის“ აბონენტი და ჩატარდეს მისი სრული რეაბილიტაცია.
- ✓ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს უნივერსიტეტის განათების სისტემის განახლებას. არსებული სანათების ეკონომიური სანათებით შეცვლას.
- ✓ სტუ-ს ელექტრომომარაგების სისტემის მუშაობაზე მუდმივი მონიტორინგის განხორციელების მიზნით ენერგეტიკის სამსახურის ოფისში უნდა განლაგდეს „SCADA“-ს მუშაობის მართვის სისტემა, ეს სისტემა უნდა მოეწყოს I, II, VII და X კორპუსებისათვისაც. უნივერსიტეტში უნდა დამონტაჟდეს ელექტრომომარაგების მონიტორინგის თანამედროვე სისტემა III, IV, VI, VIII, IX და ადმინისტრაციული კორპუსებისათვის ადმინისტრაციის შენობაში. I, II, VII და X კორპუსებისათვის I-სასწავლო კორპუსში.
- ✓ წყლის ხარჯვის აღრიცხვიანობის სრულყოფილად წარმართვისათვის, ხარჯებისა და დანაკარგების, ტექნიკური მაჩვენებლების ცვლილებების შეფასებისათვის, საჭიროა ყოველწლიურად შეივსოს საპასპორტო მონაცემები აღნიშნული ფორმების შევსების საფუძვლებზე.

- ✓ წყლის არამიზნობრივი ხარჯების შემცირების მიზნით, სასმელი წყლის მოხმარების მაქსიმალურ საათებში (დღის 12-15 სთ). დათვალეირებული და შემოწმებული უნდა იქმნას დამხარჯი წერტილები.
- ✓ გამოიცვალოს დამხარჯი და ჩამკეტი არმატურა უფრო მაღალხარისხოვანი ონკანებით და ვენტილებით.
- ✓ სისტემატიურად დაზუსტდეს წყალმომის ანათვლები და შეფასდეს დღეღამური და თვიური ხარჯები.
- ✓ აღრიცხული უნდა იქნეს ჩატარებული სარემონტო-სარეაბილიტაციო სამუშაოები.
- ✓ სისტემატიურად (თვეში ორჯერ მაინც) შეფასდეს წყლის დანაკარგების სიდიდე კორპუსების მიხედვით.
- ✓ ხარჯების შეფასებისათვის და შესაბამისი ღონისძიებების ჩატარების მიზნით, აუცილებელია დაინერგოს აღრიცხვის მონიტორინგის ელექტრონული სისტემა.

ჩატარებული კვლევის შედეგების პრაქტიკაში დანერგვა მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს სტუს-ის ელექტროენერგიით მომარაგების საიმედოობას, უზრუნველყოფს ელექტროენერგიის შესყიდვაზე ხარჯების მნიშვნელოვან შემცირებას და არსებითად გააუმჯობესებს ელექტრომომარაგების სისტემის მართვას.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. ჯაფარიძე დ, მალრაძე თ. საქართველოში ელექტროენერჯის მოთხოვნის საშუალოვადიანი პროგნოზირება მრავალფაქტორული მოდელის დამოყენებით. „საქართველოს ეკონომიკა“. №3 (136). 2009 წ.
2. გ. არაბიძე, მ. გუდიაშვილი, თ. ჯიშკარიანი, ო. კილურაძე, ი. ლომსაძე. ენერგოაუდიტი სამრეწველო სექტორში.
3. თ. მიქიაშვილი. ენერგოაუდიტი. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ თბილისი 2010 წ.
4. ენერგეტიკული მენეჯმენტის საფუძვლები. ენერგეტიკული რესურსების კვლევისა და განვითარების მართვა (EIE). ენერგოდაზოგვის ეროვნულ ცენტრში (NECC). ანკარა, თურქეთი. 2008 წ.
5. თრონდ დაჰლსვენი, გიორგი აბულაშვილი, ხათუნა სიჭინავა. შენობების ენერგოაუდიტი. ENSI-ის მეთოდები და ინსტრუმენტები. 2010 წ.
6. გ. არაბიძე, მ. გუდიაშვილი, თ. ჯიშკარიანი. ენერგომენეჯმენტის პრინციპები. სახელმძღვანელო. 2011 წ.
7. ჯაფარიძე დ, ჩომახიძე დ, სამსონია ნ, მალრაძე თ, გიორგიშვილი ნ. საგრანტო ნაშრომი: „ქვეყნის ენერგეტიკული ბალანსის საშუალოვადიანი პროგნოზირების ალგორითმის შემუშავება, ამის საფუძველზე საქართველოს ენერგეტიკული საშუალოვადიანი პროგნოზური ბალანსის შედგენა და მრავალფაქტორიანი მოდელის გამოყენებით სტუ-ის ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის საშუალოვადიანი საპროგნოზო პარამეტრების განსაზღვრა“. 2010 წ.
8. თ. მუსელიანი, მ ქობალია. ელექტრომომწოდებლობათა ტექნიკური დიაგნოსტიკა. ნაწილი I. ელექტრომომწოდებლობათა ელემენტებისა და აღრიცხვის კვანძების დიაგნოსტიკა. თბილისი. 2009 წ.
9. თ. მუსელიანი, მ ქობალია. რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია გამანაწილებელ ქსელებში. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი. 2009 წელი.

10. ნ. ნაცვლიშვილი, ლ. კლიმაშვილი, მ. ნაცვლიშვილი, დ. გურგენიძე. წყალმომარაგებისა და წყალარინების საფუძვლები. თბილისი. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2009 წ.
11. ნ. ნაცვლიშვილი, ლ. კლიმაშვილი, მ. ნაცვლიშვილი. „შენობების საინჟინრო აღჭურვა“. თბილისი. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2011 წ.
12. Цигельман И. Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий. 2010г.
13. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий  
Автор: Ус А.Г., Ермилов Л.И. Год издания: 2002
14. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий  
Автор: Сибикин Ю.Д. Год: 2006
15. Ламакин Г.Н Основы менеджмента в электроэнергетике. 2006 г.
16. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Жуков В.В., Молодюк В.В. Менеджмент и маркетинг в электроэнергетике. 2007 г.
17. Зельцбург. А. М. Экономика электроснабжения промышленных предприятий.  
Издательство „ высшая школа“ москва. 1972 г.
18. Хомицкий С.В. Щунтов А.В. Системы диспетчерского управления сбора данных.  
Мир компьютерной автоматизации. 2007 г.
19. <http://forca.com.ua/info/spravka/tehniczeskie-harakteristiki-rtutnyh-lamp-vysokogo-davleniya-drl-drlf-drv.html>
20. <http://www.rif.su/article/23>
21. <http://forca.com.ua/info/spravka/tehniczeskie-harakteristiki-natrievyh-lamp-dnat-dnamt-dnaz.html>
22. <http://cxem.net/sprav/sprav115.php>
23. <http://www.oooaladin.ru/tex.php>
24. [http://www.pda.coolreferat.com/Анализ\\_энергоэффективности\\_системы\\_освещения\\_учебных\\_помещений\\_корпуса\\_Т\\_І\\_этаж\\_часть=1](http://www.pda.coolreferat.com/Анализ_энергоэффективности_системы_освещения_учебных_помещений_корпуса_Т_І_этаж_часть=1)