

# ენერგოაუდიტი

სახელმძღვანელო უმაღლესი სასწავლებლის სტუდენტებისათვის

კ. მელიქიძე

მდგრადი განვითარების და პოლიტიკის ცენტრი

## სარჩევი

### შესავალი

#### თავი 1 – ენერგოაუდიტის მიმოხილვა

- 1.1 ენერგია - მომავალი განვითარების ძირითადი მამოძრავებელი ძალა
- 1.2 ენერგოაუდიტის პროგრამების, მოდელების, პოლიტიკისა და პრაქტიკის მსოფლიო გამოცდილება
- 1.2.1 ენერგოაუდიტის სკანირებული მოდელები
- 1.2.2 ანალიტიკური მოდელები
- 1.3 ენერგოაუდიტის ადგილი ენერგომენეჯმენტის პროგრამაში
- 1.3.1 ენერგომენეჯმენტის პროგრამების გაცნობიერება
- 1.3.2 აუდიტორების გადამზადება და ავტორიზაცია

#### თავი 2 – ენერგოაუდიტის საფუძვლები

- 2.1 ენერგოაუდიტის მიდგომების და მოდელების ძირითადი პრინციპებისაქართველოსათვის
- 2.2 ენერგოაუდიტის პროცედურების სტრუქტურა
- 2.2.1 საფეხური 1 - აუდიტის ინიცირება
- 2.2.2 საფეხური 2 – აუდიტის მომზადება
- 2.2.3 საფეხური 3 - აუდიტის განხორციელება
- 2.2.4. საფეხური 4 – აუდიტის ანგარიში

#### თავი 3 – ენერჯის აღრიცხვა და ანალიზი

- 3.1 ენერგეტიკული ბალანსი
- 3.2 ენერგომონაცემების ანალიზი
- 3.3 ენერჯის მომხმარებელი სისტემები

#### თავი 4 – შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის აუდიტი

- 4.1 საკვანძო ინფორმაცია და მაჩვენებლები შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის ენერგოაუდიტში
- 4.2 შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თბოტექნიკური მახასიათებლების გამოთვლა, ენერგოეფექტურობის გაზრდილი დონით

- 4.3 ზოგადი მოსახრებები შენობის ენერგომომხმარების შესახებ
- 4.3.1 შენობის შემომზადებული კონსტრუქციის გათბობის დატვირთვის შეფასება
- 4.3.2 ფანჯრების გაუმჯობესება
- 4.3.3 ჰაერის ინფილტრაციის შემცირება
- 4.4 ინსტრუქციები შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის აუდიტის ჩასატარებლად

## **თავი 5 – განათების სისტემის აუდიტი**

- 5.1 განათების სისტემის საფუძვლები
- 5.2 ენერგოეფექტური განათების სისტემები
- 5.3 განათების კონტროლი
- 5.3.1 სინათლის ფერადობის წარმოსახვის ინდექსი
- 5.4 განათების სისტემების აუდიტის ჩატარების ინსტრუქციები

## **თავი 6 – გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონირების სისტემების აუდიტი**

- 6.1 გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონირების სისტემების საფუძვლები
- 6.2 გათბობის სისტემების ტიპები და მათი ეფექტურობა
- 6.2.1 ქვაბები
- 6.2.2 ქვაბების თერმული მარგი ქმედების კოეფიციენტი
- 6.2.3 კომბინირებული (კომპლექსური) გათბობის და ცხელწალმომარაგების სისტემები
- 6.2.4 ჰაერის იძულებითი/მექანიკური გათბობის სისტემა
- 6.2.5 გათბობის სხივური სისტემები
- 6.3 გაცივების სისტემები და მათი ეფექტურობა
- 6.3.1 გაცივების სისტემების ტიპები
- 6.4 გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონირების ენერგოაუდიტის ჩატარების ინსტრუქციები

## **თავი 7 – ენერგოაუდიტის ზოგადი საკონტროლო-საზომი ხელსაწყოები**

- 7.1 დიაგნოსტიკა და საკონტროლო გაზომვები
- 7.2 ტემპერატურის გაზომვები
- 7.2.1 კონტაქტური თერმომეტრი
- 7.2.2 ინფრაწითელი თერმომეტრი

- 7.2.3 თერმოგრაფიული კამერა
- 7.2.4 სითბოს გაუნვის დეტექტორი
- 7.2.5 თბოგამტარობის გაზომვა
- 7.3 ჰაერის ინფილტრაციის გაზომვა
- 7.4 წვის სისტემების გაზომვები და შემოწმება
- 7.4.1 ორსატის აპარატი
- 7.4.2 წვის ანალიზატორი
- 7.4.3 აირის ანალიზატორები
- 7.4.4 წვის ეფექტურობის და გარემოსდაცვითი ანალიზატორი
- 7.5 გაზომვის ელექტრული ხელსაწყოები
- 7.5.1 ელექტრული სისტემის მახასიათებლების გაზომვა
- 7.5.2 ქსელური ელექტროვატმეტრები
- 7.5.3 ლუქსმეტრები და ფოტომეტრები
- 7.6 გათბობის, ვენტილაციის და ჰაერის კონდიციონირების სისტემების მახასიათებლების გაზომვა
- 7.6.1 ციფრული თერმომომეტრი
- 7.6.2 მანომეტრები
- 7.6.3 ბრუნვის სიხშირის გაზომვები
- 7.6.4 ცივი და ცხელი წყლის ხარჯის გაზომვა
- 7.6.5 ტენიანობის გაზომვები

## **თავი 8 – ენერგოეკონომიკური ანალიზი**

- 8.1 ენერგოეკონომიკური გამოთვლები
- 8.2 ფულის დროითი ღირებულება

## **თავი 9 – ენერგოაუდიტის ანგარიშის გეგმა**

- 9.1 ანგარიშის დაწერის ზოგადი პუნქტები
- 9.2 ენერგოაუდიტის ანგარიშების სტრუქტურა

### **დანართი 1**

### **დანართი 2**

### **ლიტერატურა**

## შესავალი

ენერგოაუდიტის სახელმძღვანელოს შექმნა საფუძველს უყრის საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში თანამედროვე ენერგოეფექტურობის საკითხების შესწავლას და ენერგეტიკის ფაკულტეტის სასწავლო პროგრამის განახლებას. ეს სახელმძღვანელო შეიქმნა ამერიკის საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს პროგრამის „ახალი ენერგოეფექტური ღონისძიებების და განათების ინიციატივა“ ფარგლებში, რომელსაც “ვინროკ ინთერნეშენელი” ახორცილებს, ხოლო ქვეკონტრაქტორია მდგრადი განვითარების და პოლიტიკის ცენტრი.

დღესდღეობით ენერგოეფექტურობა მხარდაჭერით სარგებლობს განვითარებულ მსოფლიოში, იმ დროს, როდესაც ეს ქვეყნები ებრძვიან ჰავის ცვლილებას, აძლიერებენ ენერგოუსაფრთხოებას და ცდილობენ შეამცირონ დამოკიდებულება წიაღისეულ საწვავზე, რომლის მიწოდება და ფასი განიცდის მკვეთრ ცვლილებებს. ენერგიის მოხმარების შემცირება ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების მხარდაჭერის გზით წარმოადგენს მდგრადი განვითარების ერთ-ერთ უმთავრეს ამოცანას.

ცნობილია, რომ განვითარებულ მსოფლიოში, შენობები ენერგიის ყველაზე დიდი მომხმარებლები არიან.<sup>1</sup> ენერგიის მოხმარების კონტროლი და შემცირება შესაძლებელია ენერგიის მოხმარების ტრენდების შესწავლით, მოწყობილობა-დანადგარების მონიტორინგით და რეგულირებით და ყველაზე ნაკლები ენერგიის მომხმარებელი მოწყობილობა-დანადგარების ანალიზით. ენერგოაუდიტი წარმოადგენს შენობებში ენერგოეფექტურობის შეფასების სისტემურ მექანიზმს. ენერგოაუდიტების მეშვეობით შესაძლებელი ხდება შენობებში ენერგოეფექტური ღონისძიებების განსაზღვრა, ენერგიაზე გადასახადების შემცირება, სათბურის გაზების ემისიის და გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების შემცირების ხელშეწყობა.

საქართველოში შენობების ენერგოაუდიტი დაინერგა “Energy Saving International- AS” (ENSI) ენერგოეფექტურობისა და ენერგობიზნესის განვითარების ნორვეგიული საკონსულტაციო კომპანიის მიერ, რომელიც საქართველოში 2005 წელს საქართველოს ტექნიკური

<sup>1</sup>მაგალითად 2006 წ. შვედეთში შტატებში შენობებზე ენერგიის პირველადი მოხმარების 38.9% მოდიოდა. იხილეთ: [http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/docs/DataBooks/2008\\_BEDB\\_Updated.xls](http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/docs/DataBooks/2008_BEDB_Updated.xls) 1.1.3.

უნივერსიტეტის პროფესორ-მასწავლებელთა ენერგოაუდიტის სფეროში მომზადებისა და სერტიფიკაციის პროგრამის ფარგლებში საქმიანობდა.

საქართველო-ნორვეგიის პროგრამის ფარგლებში უზურველყოფილი იყო ENSI-ის საკვანძო რიცხვების და ეკონომიკური ანგარიშების კომპიუტერული პროგრამების და ასევე შენობებში ენერგოაუდიტის ჩატარების ნიმუშების (შაბლონების) მოწოდება.

ჩვენ მადლობას ვუხდით ბატონ ლუბომირ ჩერვილოვს – ENSI-ის პროექტის უფროს მენეჯერს, რომელიც პასუხისმგებელი იყო საქართველოში საკვანძო რიცხვებისა და ეკონომიკური ანგარიშების კომპიუტერული პროგრამების ტრეინინგის ჩატარებაზე.

ენერგოაუდიტის სახელმძღვანელო შეიქმნა იმ მიზნით, რომ დახმარებოდა პროფესორ-მასწავლებლებს, სტუდენტებს და დარგის პროფესიონალებს გაეგოთ და გამოეყენებინათ ენერგოაუდიტი. წიგნში გაანალიზებულია ენერგოაუდიტის მსოფლიო გამოცდილება, ენეგომომხმარებელი სისტემების და მოწყობილობების ფუნქციონირების ამოსავალი პრინციპები, მითითებულია, როგორ უნდა მოხდეს ამ სისტემების აუდიტი და აღწერილია ენერგოეფექტურობის დანერგვის გზები. სახელმძღვანელოში აგრეთვე აღწერილია ენერგოაუდიტის ხელსაწყოები ადგილზე გაზომვების ჩასატარებლად. სახელმძღვანელოს ავტორი აგრეთვე იძლევა რჩევას უკვე ხსენებული ENSI-ის კომპიუტერული პროგრამის გამოყენების თაობაზე, მესამე დონის - სრული ენერგოაუდიტის ჩასატარებლად. ის აგრეთვე სთავაზობს ენერგოპასპორტის ელექტრონული პროგრამის გამოყენებას შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თბომახასიათებლების შესაფასებლად და შენობის სერტიფიცირებისათვის მათი ენერგიის კუთრი მოხმარების დონის შესაბამისად. ამ კომპიუტერულმა პროგრამებმა გაიარეს გამოცდა საქართველოს კონკრეტულ პირობებში გასული რამდენიმე წლის განმავლობაში და კარგი სახელი დაიმსახურეს.

ავტორი განსაკუთრებულ მადლობას უხდის ჰორსტ მენიგესს, ბუბა ცირეკიძეს, ინგა ფხალაძეს, მარინა ქევანიშვილს და ნინო ლაზაშვილს ვინროკ ინტერნეშენელიდან და გია არაბიძეს, თენგიზ ჯიშკარიანს და ნოდარ ქევნიშვილს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტიდან, ვალერიან მეღიჭიძეს თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტიდან გაწეული დახმარებისათვის.

"თუ გსურთ მიაღწიოთ ერთწლიან კეთილდღეობას, დათესეთ მარცვალი;  
თუ გსურთ მიაღწიოთ ათწლიან კეთილდღეობას, დარგეთ ხეები;  
თუ გსურთ მიაღწიოთ ასწლიან კეთილდღეობას, განათლება შეიტანეთ ხალხში."

ჩინური ანდაზა

## თავი 1 – ენერგოაუდიტის მიმოხილვა

### 1.1 ენერგია - მომავალი განვითარების ძირითადი მამოძრავებელი ძალა

არც ისე დიდი ხნის წინ მსოფლიოში მოხდა ენერგოაუდიტის, როგორც ენერგიის მოხმარების შემცირების საშუალების, აღიარება. ენერგიის ნაკადების სისტემური ანალიზის საფუძველზე, აუდიტი ახდენს ენერგიის დაზოგვისა და მენეჯმენტის შესაძლებლობების დადგენას. მისი საშუალებით აგრეთვე ხდება დანახარჯების შემცირების ღონისძიებების დადგენა შენობებისა და სამრეწველო პროცესებისათვის. ენერგიის მოხმარების შემცირებას გააჩნია უდიდესი მნიშვნელობა სამომავლო მდგრადი განვითარების უზრუნველსაყოფად, რაც დაკავშირებულია ჰავის ცვლილებასთან, გლობალურ დათბობასთან და თანმხლებ პოლიტიკურ არასტაბილურობასთან, ენერგოუსაფრთხოების საკითხებთან და ენერგობაზრებზე ენერგომატარებლების ფასების ცვლილებებთან.

ენერგიის მოხმარებას და მიწოდებას საზოგადოებისათვის ფუნდამენტალური მნიშვნელობა აქვს. შეუფერხებელი ეკონომიკური განვითარება დამოკიდებულია რენტაბელურ, საიმედო და საკმარისი ენერგიის მიწოდებაზე. ამავდროულად, პლანეტაზე მოსახლეობის სწრაფი ზრდის და მასთან დაკავშირებული ენერგიის მოხმარებაზე მზადრი მოთხოვნის გამო, ნავარაუდევია წიაღისეული საწვავის წვით გამოწვეული გარემოს დაბინძურების დონის ზრდაც. ეს კი უბიძგებს გლობალური ჰავის ცვლილებას.

ჩვენი დამოკიდებულება წიაღისეულ საწვავზე დაფუძნებულ ეკონომიკაზე, მისი თანმხლები ბუნებრივ გარემოზე უარყოფითი გავლენით, გადაიქცა პრობლემად, რომელიც განიხილება

გლობალურ დონეზე მეცნიერების, გადაწყვეტილების მიმღები პირების, პოლიტიკოსების და საზოგადოების სხვა უფლებამოსილი გავლენიანი წევრების მიერ. დღეისათვის ეს გადაწყვეტილების მიმღები პირები ცდილობენ მიაღწიონ სტრატეგიულ კონსენსუსს წიაღისეული საწვავის და ენერჯის მოხმარების შესახებ მკაფიო, გასაგები გადაწყვეტილებების საფუძველზე, შესაფერისი პოლიტიკური და მართვის ინსტრუმენტების გამოყენებით. მაგრამ ეს პრობლემა ღრმადაა გადახლართული ეკონომიკური, გარემოსდაცვითი და სოციალური განვითარების საკითხებთან.

რაც შეეხება გლობალური ენერჯის მოხმარების გაზრდილ მოთხოვნას, ნათელი ხდება, რომ ენერჯის მოხმარების ტრადიციული მიდგომიდან აქცენტი ინოვაციურ მიდგომაზე უნდა იყოს გადატანილი. ამ გადასვლის მიღწევა შესაძლებელია რამდენიმე განსხვავებული მიდგომის საფუძველზე, როგორცაა ისეთი ტექნოლოგიების დანერგვა, რომელიც მოიხმარს ნაკლებ ენერჯიას წარმოებული პროდუქციის ერთეულზე, პროექტირება ენერჯის დანაკარგების მინიმიზაციის გათვალისწინებით, ისეთი “სუფთა ენერჯის” წყაროების ათვისება, როგორცაა ქარი ან მცირე ჰიდროენერჯეტიკა.

არსებობს რეგიონალური და გლობალური ინიციატივების მთელი რიგი, რომელიც ცდილობს, ხელი შეუწყოს გადასვლას მეტი ენერგოეფექტურობისაკენ წიაღისეულ საწვავზე დამოკიდებულების შემცირებასთან ერთად. კიოტოს ოქმი ამის ერთ-ერთი მაგალითია. ევროკომისია მოითხოვს ევროკავშირის წევრი ქვეყნებისაგან შეიმუშავონ უფრო მდგრადი ეროვნული ენერგეტიკული პოლიტიკა, მიაქციონ მეტი ყურადღება ენერგოუსაფრთხოების დონის ამაღლებას.

ევროკავშირი ენერგოაუდიტებს ენერგოეფექტურობის პოლიტიკის გატარების მნიშვნელოვან საშუალებად განიხილავს. აუდიტი შესაბამისობაშია თანამეგობრობის ენერგეტიკულ სტრატეგიასთან და მრავალ წევრ ქვეყანას წარმატებული ენერგოეფექტურობის პროგრამის სქემები გააჩნია. ევროკავშირის ენერგოეფექტურობის სტრატეგია განიხილავს ენერგოაუდიტს იმ ღონისძიებების რიცხვში, რომელიც წევრმა ქვეყნებმა უნდა განიხილონ. დამატებით, მრავალი სხვა შემოთავაზებული ღონისძიება მჭიდროდაა დაკავშირებული ენერგოაუდიტთან, მ.შ. გრძელვადიანი შეთანხმებები ენერჯის კონსერვაციის თაობაზე, ენერგო სერტიფიცირება, მესამე მხარის დაფინანსება და ა.შ. საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტო განიხილავს ენერგოაუდიტს, როგორც ენერჯის საბოლოო



მოხმარების ეფექტურობის ამაღლების საშუალებას მიმართულს კიოტოს ოქმის მიზნების მიღწევაზე. ევროკავშირის ბევრმა წევრმა ქვეყანამ უკვე დანერგა წარმატებული აუდიტორული სქემები.

მდგრად ენერგეტიკულ პოლიტიკაზე აღებული გეზი მოითხოვს ენერგოეფექტურობაზე ორიენტაციას, განახლებადი ენერგორესურსების გამოყენებას, შესაბამის ენერგომენეჯმენტს. დღესდღეობით მსოფლიოს მასშტაბით არსებობს ენერჯის დეფიციტი და ენერჯის ფასი განუწყვეტლივ მატულობს. მრავალ ქვეყანაში, სადაც მოხდა შესაბამისი საკანონმდებლო ბაზის შექმნა, განსაკუთრებით კი განვითარებულ ქვეყნებში, ბიზნესისა და წარმოების წარმომადგენლები გამოდიან უფრო ეფექტური ენერგომენეჯმენტის მოთხოვნით. მაგალითად, ისეთი ეროვნული პოლიტიკის გატარებით, რომელიც წახალისებს ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების დანერგვას, მოხერხდა წარმოების პროცესებში მოხმარებული ენერჯის ფასის შემცირება. ნაკლები ენერჯის დანახარჯებით მეტი პროდუქციის წარმოების გზით, მოხდა პროდუქციის კონკურენტუნარიანობის გაზრდა. განვითარებულ ქვეყნებში, ისეთი წამახალისებელი მექანიზმები, როგორცაა შედავათიანი სესხები, სუბსიდიები და საკრედიტო ხაზები ხელს უწყობს ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებისა და პროდუქციის უფრო სწრაფ დანერგვას.

ევროკავშირის სამოქმედო გეგმა ევროკავშირის სამეზობლო პოლიტიკის ფარგლებში იძლევა საქართველოში ახალი პარტნიორობის და თანამშრომლობის განვითარების შესაძლებლობას განახლებადი ენერჯის დანერგვის და ენერგოეფექტურობის ინიციატივების რეალიზაციის მიზნით. ევროკავშირის სამოქმედო გეგმა საქართველოსთვის გამოყოფს რიგ პრიორიტეტებს, რომლებიც შეესაბამება ევროკავშირის 2002/91/ C დირექტივის, მე-3 და მე-8 ნაწილებს. აქ განსაზღვრულია ენერჯის დაზოგვისა და ენერგოეფექტურობის საკითხები: *“მდგრადი განვითარების წახალისება გარემოს დაცვის ხათვლით”* (3) ასევე *“INOGATE-ის (ევროკომისიის ენერგეტიკული პროგრამა) პროგრამის მიერ განსაზღვრული რეგიონული ენერჯის საკითხებზე თანამშრომლობის გაგრძელება, გაზრდილი ენერგოეფექტურობის მისაღწევად”*(8). (European, 2004, p.41)

პარტნიორი ქვეყნებისათვის, პროგრამა INOGATE-ის მთავარი მიზანია სამშენებლო სექტორში ენერჯის მოხმარების შემცირების უზრუნველყოფა ენერგოეფექტურობის ხელშეწყობით და დანერგვით. ეს სტრატეგია მკაფიოდ აღიარებს სახელმწიფო უსაფრთხოების პრიორიტეტს, რომელსაც საქართველოს მთავრობა განიხილავს საკუთარი პოლიტიკური კურსის განუყოფელ ნაწილად, განსაკუთრებით 2008 წლის აგვისტოს რუსეთის აგრესიის შემდეგ. საქართველოს სჭირდება ახალი ენერგეტიკული სტრატეგია, რომელიც ენერგოეფექტურობის და ენერჯის დაზოგვის გზით ყურადღებას ამახვილებს ენერჯის მოხმარების შემცირებაზე და არა ენერჯის მიწოდების გაზრდაზე. ამ მიზნის მისაღწევად, INOGATE-ის პროგრამის ფარგლებში, საქართველოსათვის განსაზღვრული ერთ-ერთი ქმედება, შენობების ენერგოაუდიტს ითვალისწინებს.

ენერგოეფექტურობის ექსპერტები და გადაწყვეტილების მიმღები პირები მთელი მსოფლიოდან აღიარებენ ენერგო აუდიტის ჩატარების მნიშვნელობას და უპირატესობას, შენობებში ენერჯის დაზოგვის რეალიზაციისათვის. ენერგოაუდიტის ჩატარების მთავარი მიზანია ენერგოეფექტურობის რენტაბელური ინვესტიციების და ისეთი პრაქტიკული რეკომენდაციების განსაზღვრა, რომელიც ხელს შეუწყობს ენერჯის დაზოგვას პროცესების, საქმიანობის და ღონისძიებების დახვეწის გზით. ენერგოაუდიტი განსაზღვრავს ენერჯის მოხმარების საბაზო დონეს და შეუძლია იმ არეების მითითება, რომელიც უპირველეს ყურადღებას მოითხოვს. ამ ინფორმაციაზე დაყრდნობით შენობის მეპატრონეებსა და მაცხოვრებლებს შეუძლიათ თავის სასარგებლოდ გამოიყენონ შენობის ენერჯის მოხმარების შემცირების მარტივი მეთოდები. საზოგადოდ ბევრად უფრო ადვილია და იაფი ენერგოეფექტურობის რეალიზაცია სამშენებლო სექტორში, ვიდრე ნებისმიერ სხვაში. შენობის ენერგოაუდიტის ჩატარება იძლევა მაღალი საინვესტიციო უკუგების გამოვლენის საშუალებას.

ენერგომენეჯმენტის მომსახურებებზე მოთხოვნა სწრაფად იზრდება. ენერგოაუდიტის ჩატარებაში სულ უფრო მეტი ადამიანი ერთვება. ენერგოაუდიტი, რომელსაც ასევე უწოდებენ ტექნიკურ-ეკონომიკურ კვლევას, ან ტექნიკური დახმარების ანგარიშს, ჩვეულებრივ საჭიროა

ტექნიკურად სიცოცხლისუნარიანი და რენტაბელური ენერგეტიკული პროექტების გამოსავლენად, რომლებიც ენერჯის მოხმარების და საოპერაციო ხარჯების შემცირებას გამოიწვევს. ენერგოაუდიტები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ შენობებში ენერჯის კონსერვაციის შესაძლებლობების დადგენაში. მიუხედავად იმისა, რომ ენერგოაუდიტი პრობლემის გადაჭრის საბოლოო პასუხს ვერ იძლევა, მას ენერჯის დაზოგვის არსებული პოტენციალის განსაზღვრის საშუალება გააჩნია და ხელს უწყობს კომპანიებს, მიზანმიმართულად იმუშაონ ამ მიმართულებით.

ამჟამად, დასავლეთის ქვეყნებში ბევრი დიდი ენერგომომხმარებელი, აფორმებს ხელშეკრულებას ენერგომომსახურების მიმწოდებლებთან ენერგოპროექტების განხორციელებაზე. ასეთი შეთანხმება იწვევს ენერჯის გამოყენების საბაზო დონის დადგენას და პროექტის განხორციელების შედეგად მიღებული დანაზოგის მოცულობის განსაზღვრას. ზუსტი და სრული ენერგოაუდიტები აუცილებელია კონტრაქტით გათვალისწინებული მიზნების მიღწევისას, პროექტის წარმატების შესაფასებლად და დასამტკიცებლად.

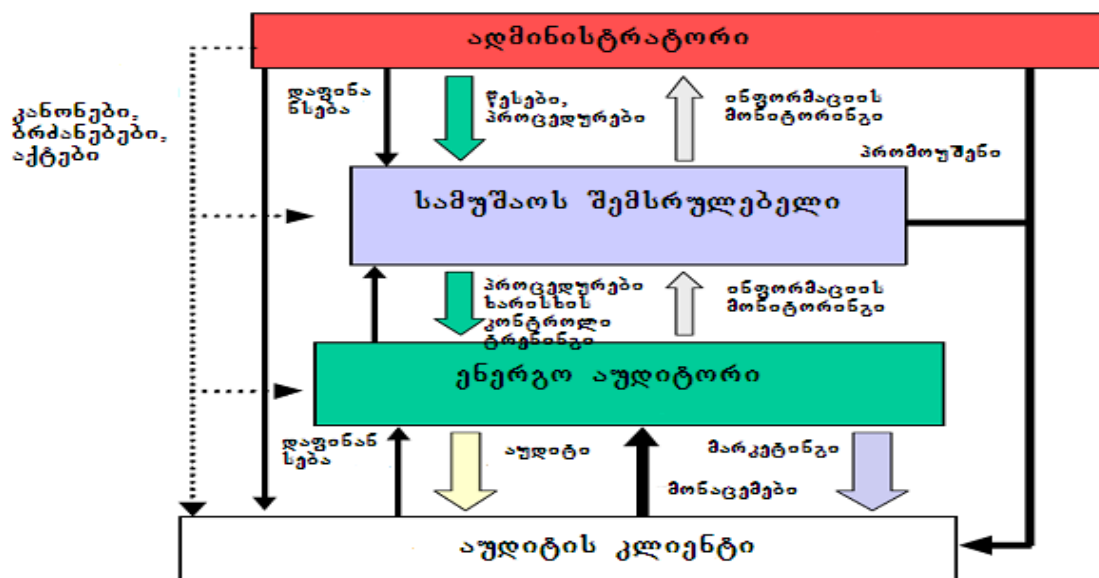
## 1.2 ენერგოაუდიტის პროგრამების, მოდულების, პოლიტიკისა და პრაქტიკის მსოფლიო გამოცდილება

განვითარებულ ქვეყნებში არსებობს არც ისე დიდი ხნის წინ დაწყებული, განახლებული ან დაგეგმილი ენერგოაუდიტის პროგრამების და მათთან დაკავშირებული დონისძიებების მთელი რიგი. ეს პროგრამები ჩვეულებრივ ეფუძნება სამ მთავარ მიდგომას ენერგოაუდიტის მიმართ, რაც შესაბამისად იწვევს ტერმინოლოგიის დაზუსტების აუცილებლობას: რას წარმოადგენს ენერგოაუდიტის პროგრამა, რაც წარმოადგენს ენერგოაუდიტებთან დაკავშირებული სხვა პროგრამა და რა არის აუდიტური საქმიანობა, როგორც ასეთი.

ენერგოაუდიტის პროგრამები წარმოადგენს ენერგოეფექტურობის პროგრამების ქვეჯგუფს. ეს და სხვა ენერგოეფექტურობის პროგრამები, სადაც ენერგოაუდიტი მნიშვნელოვან როლს თამაშობს, საკმაოდ კარგადაა წარმოდგენილი ევროკავშირის წევრ ქვეყნებში და ნორვეგიაში. თუმცა ზოგიერთი ასეთი პროგრამა არ იძლევა სრულ წარმოდგენას საქმიანობის მოცულობასა და სფეროზე, ენერგოაუდიტის ზოგიერთი დონეები ასე თუ ისე წარმოდგენილია ყველა ქვეყანაში (Väisänen).

სხვადასხვა ლიტერატურულ წყაროებში წარმოდგენილია ენერგოაუდიტის პროგრამების წამყვანი მოთამაშეების და მასხასიათებლების საკმაოდ მსგავსი მთელი რიგი ვერსიები. აქ წარმოდგენილია ერთ-ერთი მათგანი, რომელიც მოყვანილია “ენერგოაუდიტის, პროგრამების სქემების და ადმინისტრაციული პროცედურების სახელმძღვანელოში”, რომელიც შემუშავებულია SAVE პროგრამის მიერ (SAVE).<sup>2</sup>

ენერგოაუდიტის პროგრამაში ყოველთვის ოთხი მთავარი მოთამაშეა წარმოდგენილი: ადმინისტრატორი, სამუშაოს შემსრულებელი, ენერგოაუდიტორი და აუდიტის კლიენტი. ამ მოთამაშეების როლების განსაზღვრა ყოველთვის შესაძლებელია, თუმცა მკაფიო საზღვრის გავლება იმ დავალებებს შორის, რომელსაც ისინი ასრულებენ შეიძლება ვერ მოხერხდეს. ენერგოაუდიტის პროგრამის მთავარი მოქმედი პირები და მათი როლები წარმოდგენილია ნახატზე 1.1.



<sup>2</sup>“The Guidebook for Energy Audits, Programme Schemes and Administrative Procedures”

**ნახ. 1.1:**ენერგოაუდიტის პროგრამის მთავარი მოქმედი პირები და მათი როლები  
წყარო:SAVE, p. 15

ენერგოაუდიტის პროგრამა ახდენს ზემოთ მოყვანილი მახასიათებლების რეალიზაციას. ასევე იგი:

- დახმარებას უწევს ეროვნული ენერგოეფექტურობის და მართვის პოლიტიკას;
- განსაზღვრავს მის ამოცანას, როგორც ენერჯის დაზოგვის შესაძლებლობებზე ყურადღების გამახვილებას;
- გააჩნია ბიუჯეტი და სტრუქტურირებული სუბსიდირების/ფინანსირების პროცედურა ;
- გააჩნია „საზოგადოების კეთილდღეობისათვის” საყოველთაოდ მისაღები მიზნები.

ადმინისტრატორი პასუხისმგებელია ეროვნული, ან რეგიონალური ენერგოპოლიტიკის, ან მისი ნაწილის გატარებაზე და ჩვეულებრივ ცენტრალური, ან რეგიონალური ადმინისტრაციის წარმომადგენელია. იგი ნიშნავს სამუშაოს შემსრულებელს, რომელიც ზრუნავს პროგრამაში ყოველდღიური საქმიანობების განხორციელებაზე. სამუშაოს შემსრულებელი, ჩვეულებრივ, არის არამომგებიანი ორგანიზაცია, რომელიც ადმინისტრატორს აუდიტორული პროგრამის შემუშავებაში უწევს დახმარებას, ახორციელებს შედეგების მონიტორინგს, აუდიტორებს აწვდის რჩევებს და ახდენს მათ გადამზადებას, ზრუნავს ხარისხის კონტროლსა და ინფორმაციის გაცვლაზე ადმინისტრატორსა და აუდიტორებს შორის. ენერგოაუდიტორი, ჩვეულებრივ, ენერჯის საბოლოო მოხმარების საკითხებში ტექნიკურ ექსპერტს წარმოადგენს, რომელიც ფაქტობრივ აუდიტს ახორციელებს. ენერგოაუდიტორი შეიძლება იყოს სერტიფიცირებული, ან სამუშაოს შემსრულებელის მიერ აუდიტის ჩასატარებლად უფლებამოსილი და გაწვრთნილი. ის პასუხისმგებელია ენერგოაუდიტების მარკეტინგზე.

მსოფლიო გამოცდილება ცხადყოფს, რომ ტერმინი „ენერგოაუდიტი” და აუდიტორული საქმიანობების სახეობები განსხვავდება ქვეყნების მიხედვით. ტერმინი „ენერგოაუდიტი”, პრინციპში, კარგად არის ცნობილი და ფართოდ გამოიყენება. მიუხედავად ამისა, ენერგოაუდიტი წარმოადგენს არა მარტო ზოგად ტერმინს, რომელიც

გამოიყენება პროფესიულ საქმიანობაში, არამედ მოიცავს მნიშვნელობების ფართო სპექტრს. შესაბამისად ენერგოაუდიტის განმარტება განსხვავდება ქვენების მიხედვით. ყველაზე სრულყოფილი ენერგოაუდიტის განმარტების მოძიება შესაძლებელია შემდეგი სათაურების ქვეშ: „შეფასება“, „მიმოხილვა“, „კვლევა“, ასევე „შემოწმება“ და „ანალიზი“. რამდენიმე ასეთი განმარტება მოცემულია ქვემოთ, ჩანართი 1-ში.

### **ჩანართი 1**

#### **ენერგოაუდიტის განმარტებები:**

შენობების, საწარმოო პროცესების და სისტემების ენერჯის ნაკადების შემოწმება, მიმოხილვა და ანალიზი შესასწავლი სისტემის ენერგო დინამიკის გაგების მიზნით.

- საყოფაცხოვრებო და ბიზნეს სექტორში ენერჯის მოხმარების შეფასება, ენერჯის შესაძლო დაზოგვის გზების განსაზღვრის მიზნით (The American Heritage).

- ენერჯის მოხმარების ტექნიკური შემოწმება, როგორც სახლებში, ასევე ქარხნებში, მოხმარების შეფასების და მონიტორინგის მიზნით (Dictionary.com).

- ენერჯის მოხმარების შემოწმება შენობაში, ან ორგანიზაციაში, ენერჯის გამოყენების მაქსიმალური ეფექტურობის მისაღწევად (Energy Audit Completed).

- ორგანიზაციაში ეფექტურობის უზრუნველსაყოფად და დანაკარგების შესამცირებლად ენერჯის წყაროების და მოხმარების განხილვა, შემოწმება და შეფასება (Energy Audit: Definition).

- ფორმალური შემოწმების პროცესი, რომელიც მოიცავს ობიექტზე ყოველი ენერგომოწმებლობის განსაზღვრას, მათი ენერგომოხმარების დონის და 24 საათის განმავლობაში მათი მუშაობის საათების რაოდენობის განსაზღვრას (Energy Audit Definition).

- შენობების, საწარმოო პროცესების და სისტემების ენერჯის ნაკადების შემოწმება, მიმოხილვა და ანალიზი შესასწავლი სისტემის ენერგო დინამიკის გაგების მიზნით (B. F. Environmental).

არსებობს გარკვეული მოთხოვნები, რომელთა შესრულებაც სავალდებულოა, რათა დაწესდეს შეზღუდვები იმ საქმიანობის მიმართ, რასაც შეიძლება ეწოდოს ენერგოაუდიტი. ენერგოაუდიტად წოდებული სამუშაო მეთოდის მიმართ მთავარ მოთხოვნებს წარმოადგენს ის, რომ აუდიტი უნდა მოიცავდეს შემდეგ პროცედურებს:

- მიმდინარე ენერგომოხმარების შეფასებას;
- ენერჯის დაზოგვის შესაძლებლობების განსაზღვრას;
- ანგარიშს.

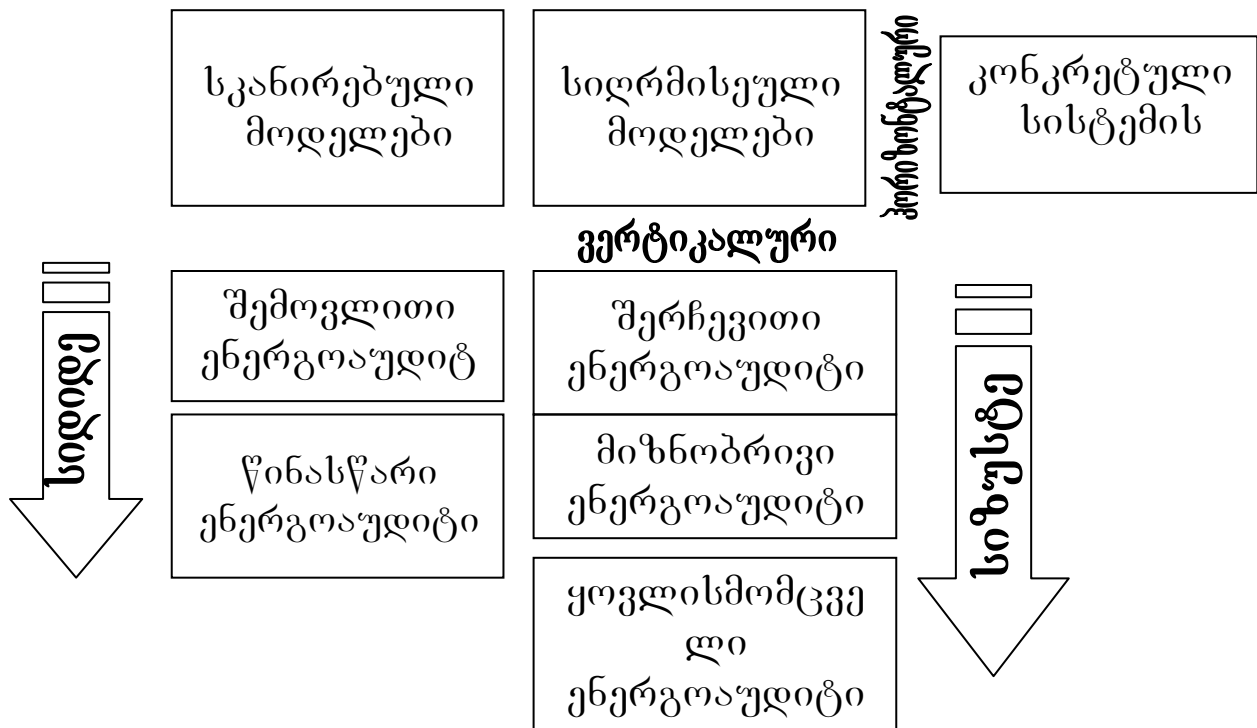
თუ ერთ-ერთი ეს ელემენტი გამოტოვებულია, ეს აქტივობა არის არა ენერგოაუდიტი, არამედ სხვა რაიმე სახის შეფასება, ან საკონსულტაციო სამუშაო (SAVE, p.7)

სხვადასხვა ევროპულ ქვეყანაში ენერგოაუდიტის ექსპერტებმა განსაზღვრეს ენერგოაუდიტის ჩატარების რამდენიმე განსხვავებული გზა, მაგრამ ყველა მათგანი აკმაყოფილებს „მოდელის“ კრიტერიუმებს. მოდელში განსაზღვრულია ენერგოაუდიტის *ფაქტობრივი ჩარჩო, საფუძვლიანობა და მიზანი*. აღნიშნული მიზანი შეიძლება იყოს ან შესაძლო ენერგოდაზოგვის სფეროების სკანირება, ან ინდივიდუალური ენერგოდაზოგვი ღონისძიებების დეტალური ანალიზი.

აუდიტის სისრულე დაკავშირებულია აუდიტის მოდელთან და, ჩვეულებრივ, პირდაპირ კავშირშია პროექტზე დახარჯულ დროსთან და ხარჯებთან. ენერგოაუდიტმა შეიძლება სხვადასხვა გზით მოიცვას ობიექტი, ან შენობა – აუდიტის *მოქმედების სფერო* შეიძლება განსხვავებული იყოს. „ყველაზე ვიწრო“ მნიშვნელობით ენერგოაუდიტი ჩვეულებრივ მოიცავს მხოლოდ ერთ კონკრეტულ სისტემას (ან პროცესს) და „ყველაზე ფართო“ მნიშვნელობით კი – ყველაფერს, რაც ობიექტის შიგნით იმყოფება. მოდელი ჩვეულებრივ წარმოადგენს სტანდარტს, საზოგადოდ ცნობილი პროცედურებით და დირექტივებით.

ენერგოაუდიტის სხვადასხვა მოდელები, მათი მიზნის შესაბამისად, დაყოფილია ორ ძირითად ჯგუფად: *სკანირებული (ზედაპირული) ენერგოაუდიტის მოდელები* და *ენერგოაუდიტის ანალიტიკური, სიღრმისეული მოდელები* (SAVE, Väisänen). ამ ორი ჯგუფის ფარგლებში გამოიყოფა სხვადასხვა მოდელები მათი შინაარსისა და სისრულის მიხედვით.

ნახ. 1.2 –ზეწარმოდგენილია სხვადასხვა ენერგოაუდიტის ძირითადი მოდელები



ნახ. 1.2: ენერგოაუდიტის ძირითადი მოდელები  
წყარო: SAVE, p.28

1.2.1 ენერგოაუდიტის სკანირებული მოდელები

ენერგოაუდიტის სკანირებული მოდელების ძირითად მიზანს წარმოადგენს იმ სფეროების გამოვლენა, სადაც შეიძლება არსებობდეს ენერგიის დაზოგვის შესაძლებლობები და ასევე ენერგიის დაზოგვის ყველაზე რენტაბელური და მარტივი ღონისძიებების მითითება, რომელიც მენეჯმენტის გაუმჯობესების ხარჯზე შეიძლება იყოს მიღწეული. სკანირებული აუდიტები არ უღრმავდება მინიშნებული სფეროების მომგებიანობას, ან შემოთავაზებული ღონისძიებების დეტალებს. სკანირებული აუდიტის ანგარიშში კლიენტს სარეალიზაციოდ მიეწოდება მხოლოდ რამოდენიმე შემოთავაზება. ამის მიზეზია უაღრესად შეზღუდული ბიუჯეტი, რომელიც სრული ანალიზის, გამოთვლების და გაზომვების შესაძლებლობას არ იძლევა.



სკანირების აუდიტზე დახარჯული დრო დამოკიდებულია ობიექტზე და მის ზომაზე. თუმცა უშუალოდ აუდიტზე, როგორც ასეთზე, დახარჯული დრო არ წარმოადგენს კრიტერიუმს, რომელიც განსაზღვრავს აუდიტის მოდელს: იქნება ეს სკანირებული აუდიტი, თუ რომელიმე სხვა ძირითადი ვარიანტი (მაგალითად, სიღრმისეული აუდიტი). აშკარაა, რომმცირე ზომის ობიექტის აუდიტი მნიშვნელოვნად განსხვავდება დიდი, ინდუსტრიული ობიექტის აუდიტისგან. ამიტომ სკანირებული აუდიტის ხანგრძლივობა შეიძლება რამდენიმე საათიდან მთელ კვირამდე მერყეობდეს, დამოკიდებული ობიექტის ზომაზე.

### *შემოვლითი ენერგოაუდიტი*

შემოვლითი ენერგოაუდიტი წარმოადგენს სკანირებულ მოდელს, რომელიც ჩვეულებრივ გამოიყენება ობიექტზე, სადაც ენერჯის მოხმარების სისტემები საკმაოდ მარტივია და ენერჯის დაზოგვის პოტენციური ღონისძიებების შესაძლო სფეროების წინასწარ განსაზღვრა საკმაოდ ადვილია (მაგალითად, საცხოვრებელი სახლი). აღნიშნული მოდელის გამოყენება, ასევე, შეიძლება მცირე და საშუალო ზომის ინდუსტრიული ობიექტებისათვის, თუ წარმოების პროცესები, პირველადი და მეორადი ენერგონაკადების თვალსაზრისით, განსაკუთრებული სირთულით არ გამოირჩევა.

შემოვლითი ენერგოაუდიტი (SAVE, p.29):

- იძლევა ზოგად წარმოდგენას ობიექტზე ენერჯის გამოყენების შესახებ;
- მიაჩვენებს ყველაზე აშკარა ენერგოდაზოგვას;
- წარმოადგენს ენერგოდაზოგვის აშკარა პოტენციალის მიახლოებით შეფასებას;
- როგორც მინიმუმ, ადგენს მარტივ და მოკლე დოკუმენტაციას;
- მიაჩვენებს შემდგომი ნაბიჯების საჭიროებაზე (დამატებითი, „მეორე ეტაპის“ აუდიტები)
- შეიძლება მოიცავდეს მარტივ გამოთვლებს; და
- შეიძლება წარმოადგინოს ენერჯის მოხმარების ორგანიზაციის მიახლოებითი სქემა.

ენერგოაუდიტის ამ ტიპის მოჩვენებითმა სიმარტივემ შეცდომაში არ უნდა შეგვიყვანოს. ის მაინც მოითხოვს ძალიან გამოცდილი აუდიტორის ჩართვას, თუ რაიმე შედეგის მოლოდინი არსებობს.

ჩვეულებრივ, აუდიტისათვის განკუთვნილი დრო მკვეთრად შეზღუდულია, აუდიტორი ხშირად განიცდის კლიენტის ზეწოლას, რომელსაც შეიძლება წარმოდგენაც კი არ ჰქონდეს, რას უნდა მოელოდოს აუდიტისაგან. შესაბამისად აუდიტორის გამოცდილება და წინდახედულობა უადრესად მნიშვნელოვანია. აუდიტორი იძულებულია დროული გადაწყვეტილება მიიღოს იმაზე, თუ რა არის მნიშვნელოვანი, ან მომგებიანი და რა – არა და წარუდგინოს კლიენტს ხარისხიანი ანგარიში.

### *წინასწარი ენერგოაუდიტი*

დიდი სამრეწველო ობიექტისათვის სკანირებული ენერგოაუდიტის მოდელს „წინასწარი ენერგო აუდიტი“ ეწოდება. მიუხედავად იმისა, რომ „წინასწარი ენერგოაუდიტი“ შესაძლებელია იმავე მიზანს ისახავდეს, რაც შემოვლითი ენერგოაუდიტი, ის განსხვავებულ მიდგომას მოითხოვს, რაც არსებული ობიექტის ზომითა და ტიპით არის განპირობებული. ასეთი აუდიტის ჩატარება ინდივიდუალური ექსპერტის შესაძლებლობებს სცდება და ექსპერტთა გუნდის მიერ უნდა ჩატარდეს. ექსპერტთა ასეთ გუნდს უნდა გააჩნდეს როგორც საკუთრივ აუდიტის ჩატარების პროცედურების გამოცდილება, ასევე წარმოების პროცესების ცოდნა. დამატებით წინასწარი ენერგოაუდიტი მოითხოვს ობიექტის ტექნიკური პერსონალის აქტიურ და დაინტერესებულ თანამონაწილეობას.

„წინასწარი ენერგოაუდიტი“ (SAVE, p.30):

- ტარდება ენერგოაუდიტის გუნდის მიერ, რომლის შემადგენლობაში შედიან მექანიკური და ელექტროსისტემების, ენერგომოხმარების პროცესების ექსპერტები;
- მოითხოვს კლიენტის ორგანიზაციის მხრიდან მკაცრი ვალდებულებების აღებას;
- ადგენს მთლიანი ენერჯის მთლიანი გამოყენების დეტალურ სქემას;
- მიაწოდებს იმ სფეროებზე, სადაც საჭიროა დამატებითი „მეორე ეტაპის“ აუდიტები დამათი რეალიზაციის გზებზე;
- მიუთითებს ყველაზე აშკარა ენერგოდაზოგვას; და
- ენერჯის დეტალურ სქემის ანგარიშგება სრულია, მაგრამ რეკომენდაციები - მოკლე.

## 1.2.2 ანალიტიკური მოდელები

ენერგოაუდიტის ანალიტიკური მოდელები, მოქმედების სფეროს მიხედვით შეიძლება დაიყოს „ჰორიზონტალურ“ და „ვერტიკალურ“ მოდელებად. როგორც ვერტიკალური, ისე ჰორიზონტალური მოდელი ყოველთვის იწყება სკანირებული ტიპის საქმიანობით, თუ საკუთრივ სკანირებული აუდიტი წინასწარ არ იყო ჩატარებული. აუდიტის „ჰორიზონტალური“ მოდელი წარმოდგენილია **კონკრეტული სისტემის ენერგოაუდიტით**, რომელიც ერთადერთი ასეთი ტიპის ენერგოაუდიტია. ის ფარავს მხოლოდ ერთ სისტემას, მექანიზმს ან პროცესს და რეალურ სიტუაციაში უგულებელყოფს შენობისა ან ადგილმდებარეობის დანარჩენ ნაწილს. ის აგრეთვე შეიძლება მოიცავდეს რამდენიმე ობიექტს, თუ მათ მსგავსი მიზნობრივი მახასიათებლები გააჩნიათ. სამი „ვერტიკალური“ ანალიტიკური ენერგოაუდიტი, მოიცავს მთლიან ობიექტს, მაგრამ ეს მოდელები განსხვავდება აუდიტორული სამუშოს საფუძვლიანობით, როგორც ეს ქვემოთაა განხილული.

SAVE -პროექტის საბოლოო ანგარიში განსაზღვრავს ამ აუდიტებს როგორც (SAVE, p. 31):

„ვერტიკალური“ ანალიტიკური მოდელის პირველი ვარიანტი არის **შერჩევითი ენერგოაუდიტი**, სადაც სამუშაოს შემსრულებელი განსაზღვრავს მხოლოდ ზოგად ამოცანებს და ინსტრუქციებს და აუდიტორი თითქმის მთლიანად თავისუფალია აუდიტის ჩასატარებელი სფეროების არჩევაში. მეორე ვარიანტი გულისხმობს სამუშაოს შემსრულებლის მიერ აუდიტის მოქმედების სფეროსა და საფუძვლიანობაზე დეტალური ინსტრუქციების მომზადებას - აღნიშნულ მოდელს შეიძლება **მიზნობრივი ენერგოაუდიტი** ეწოდოს. მესამე ვარიანტია **სრული ენერგოაუდიტი**, სადაც ინსტრუქციები იმდენად დეტალურია, რამდენადაც ეს საერთოდ შესაძლებელია საკუთრივ აუდიტორული საქმიანობის არსისთვის საფრთხის შექმნის გარეშე. სრული და შერჩევითი ენერგოაუდიტები მკაფიოდ განსხვავდება იმის ხარჯზე, რომ სრულ ენერგოაუდიტში სამუშაოს მიზანი არის ცალსახად დაკონკრეტებული და აუდიტორს რომელიმე არსებული სისტემის აუდიტიდან ამოღების კარგად დასაბუთებული მიზეზები უნდა გააჩნდეს.

### *კონკრეტული სისტემის ენერგოაუდიტი*

კონკრეტული სისტემის ენერგოაუდიტის მიზანია ერთი კონკრეტული სისტემის, მექანიზმის, პროცესის და ა.შ. ენერგოდაზოგვის

პოტენციალის მოძიება. იმის გამო, რომ ის ჩვეულებრივ ხორციელდება ასეთ სისტემაზე სპეციალიზებული აუდიტორის(ბის) მიერ, მისი შედეგი შესაძლებელია საშუალოზე უკეთესი იყოს. კონკრეტული სისტემის ენერგო აუდიტი:

- ტარდება სისტემის ექსპერტების მიერ;
- ახდენს მკაცრ კონცენტრაციას ერთ გარკვეულ სისტემაზე, ხოლო დანარჩენი სისტემები უგულებელყოფილია;
- ობიექტის სრული ენერჯის გამოყენებაზე კომენტარი არ კეთდება;
- ახორციელებს სისტემის დეტალურ აღწერას;
- მიუთითებს დაზოგვის ყველა მომგებიან ღონისძიებას, კონკრეტულ სისტემასთან დაკავშირებული ალტერნატიული ვარიანტებით;
- შეიძლება მოიცავდეს სისტემის მოწყობილობების მდგომარეობის შეფასებას;
- ამზადებს დეტალურ ანგარიშს კონკრეტულ სისტემაზე და მის ენერგოეფექტურობაზე (SAVE, p. 32).

### *შერჩევითი ენერგოაუდიტი*

შერჩევითი ენერგოაუდიტის დროს აუდიტორს უფრო მეტი მოქნილობის საშუალება აქვს. პრინციპში, მას თვითონ შეუძლია შეარჩიოს მიდგომის დონე, რადგანაც ამ დროს მხოლოდ ზოგადი მითითებები არსებობს. აქაც აუდიტის რეალური შედეგი დიდწილად დამოკიდებულია აუდიტორის პირად თვისებებზე – გამოცდილებასა და შრომისუნარიანობაზე. შედეგად ამან შეიძლება მიგვიყვანოს უაღრესად რენტაბელურ გადაწყვეტილებამდე, ან პირიქით, გადატვირთოს კლიენტი ბევრი ძვირადღირებული, უსარგებლო ღონისძიებით (თუმცა ეს უკიდურესობას წარმოადგენს). ამის მოხდენის უფრო დიდი შესაძლებლობა არსებობს, თუ აუდიტორი დაკავშირებულია განსაზღვრულ მეწარმესთან ან მომწოდებელთან და მოქმედებს მათი ინტერესების ხელშეწყობის მიზნით, როდესაც მხარს უჭერს ამა თუ იმ კონკრეტულ სისტემას თუ პროდუქტს.

შერჩევითი ენერგოაუდიტი (როგორც იგი უმთავრესად გამოიყენება პრაქტიკაში):

- აძლევს აუდიტორს თავისუფლებას შეარჩიოს ის ტექნიკური სისტემები და უბნები, სადაც აუდიტი უნდა ჩატარდეს;
- მოიძიებს, უმთავრესად, ძირითად ენერგოდამზოგ ღონისძიებებს და ყურადღებას არ აქცევს შედარებით ნაკლებად მნიშვნელოვანს;
- მიაჩნის ყველაზე აშკარა დამზოგ ღონისძიებებზე;

- სავარაუდოდ, უგულებელყოფს იმ დამზოგ ღონისძიებებს, რომლებიც უფრო დეტალურ ანალიზს მოითხოვს; და
- ჩეულებრივ ამზადებს ანგარიშს, რომელიც მოძიებული ენერგოდამზოგი ღონისძიებების წარმოდგენის ნაწილში საკმაოდ დეტალურია (SAVE, p. 32).

*მიზნობრივი ენერგოაუდიტი*

წინა აუდიტისაგან განსხვავებით, მიზნობრივი ენერგოაუდიტისამუშაოს შემსრულებლისმიერ მოცემული დეტალური ინსტრუქციებით ფარგლებში მიმდინარეობს. ამ შემთხვევაში იმ სისტემების უმეტესობა, რომელთაც აუდიტი უნდა ჩაუტარდეთ, წინასწარ არის ცნობილი, შედეგად, მიზნობრივი ენერგოაუდიტისაკმაოდ დაბალანსებულია. მეორე მხრივ, ის ყველაზე კარგად მუშაობს მეტნაკლებად სტანდარტულ (შედარებით მცირე) სისტემებთან და ნაკლებად ეფექტურია დიდი სამრეწველო საწარმოების შემთხვევაში, იქ სადაც ბევრი სხვადასხვა პროცესები, მექანიზმები, ნაკადები და ა.შ. გვხვდება.

*მიზნობრივი ენერგოაუდიტი:*

- მოიცავს დეტალურ ინსტრუქციებს;
- გამოირიცხავს გარკვეულ სფეროებს – შერჩევა ხორციელდება სამუშაოს შემსრულებლისმიერ;
- აღგენს მოხმარების დეტალურ სქემას;
- მოიცავს ენერგოდამზოგისა და ინვესტიციების დეტალურ გამოთვლებს; და
- ამზადებს სტანდარტულ ანგარიშს (SAVE, p. 33).

*ყოვლისმომცველი ენერგოაუდიტი*

ასეთ აუდიტს დაერქვა “ყოვლისმომცველი” იმის გამო, რომ ჩეულებრივ მისი ჩატარების შედეგად არ უნდა დარჩეს არც ერთი დაუფარავი სფერო. შეიძლება გამოირიცხოს მხოლოდ უაღრესად უმნიშვნელო მექანიკური და ელექტროსისტემები, პროცესების მომარაგების სისტემები, ენერჯის გამოყენების პროცესები და ა.შ. ის მიმართულია ყველა შესაძლებელი მომგებიანი ენერჯის დამზოგი შესაძლებლობის გამოვლენაზე. ეს აგრეთვე გულისხმობს იმას, რომ აუდიტორებს შეუძლიათ თვითონ შეარჩიონ საკუთარი სამუშაო გრაფიკი ყველაზე რენტაბელური გადაწყვეტილებების მისაღებად.

ყოვლისმომცველი ენერგოაუდიტი:

- კომენტარს უკეთებს ინსტრუქციებით განსაზღვრულ ენერჯის გამომყენებელ ყველა სისტემას - მიუხედავად იმისა, ენერგოდაზოგვის შესაძლებლობები გამოვლენილია, თუ არა;
- მიანიშნებს ყველა მომგებიან ენერგოდაზოგვის ღონისძიებაზე (მომგებიანობის კრიტერიუმები წინასწარ არის დადგენილი პროგრამის ინსტრუქციებში);
- მოიცავს ენერჯის დაზოგვის და ინვესტიციების ღირებულებების დეტალურ გაანგარიშებას;
- ამზადებს მოხმარების დეტალურ სქემას;
- წარადგენს ენერჯის დაზოგვის ალტერნატიულ ღონისძიებებს; და
- ანგარიშში წარმოადგენს ენერჯის მოხმარების პროფილს (პარამეტრების ერთობლიობას) და ბალანსს (SAVE, p. 34).

ზემოთ აღწერილი აუდიტები ასახავს აუდიტისადმი ევროპულ მიდგომას. ამერიკის შეერთებულ შტატებში ენერგოაუდიტში, ანალიზის დონეების მიხედვით, ძირითადად, მოდელების სამი სახე გამოიყენება. აღნიშნული დონეებია: *წინასწარი აუდიტის მოდელი, ზოგადი აუდიტის მოდელი და ინვესტიციის ღონის (ყოვლისმომცველი) აუდიტის მოდელი* (Thumann & Younger, 2003, CORE, 2006).

*წინასწარ* (სკანირებულ) *აუდიტს*, სხვაგვარად, მარტივ, შერჩევით ან შემოვლით აუდიტს უწოდებენ. სკანირებული, ან შემოვლითი აუდიტი წარმოადგენს აუდიტის ყველაზე მარტივ სახეს, რომელიც ეფუძნება ობიექტის შემოვლას ენერჯის გამომყენებელი სისტემების გაცნობის მიზნით. იგი მოიცავს მინიმალურ ინტერვიუებს ობიექტის მომსახურე პერსონალთან, შენობის კომუნალური გადასახადების ქვითრების და სხვა ოპერატიული მონაცემების მიმოხილვას ენერჯის გამოყენების რაოდენობის ტენდენციების ანალიზის მიზნით. ტიპურად, ამ დროს გამოიკვეთება მხოლოდ უმთავრესი პრობლემური სფეროები. გამოსასწორებელი ღონისძიებები ზოგადად აღიწერება, წარმოდგენილია მათი რეალიზაციის დანახარჯების, პოტენციური დანაზოგების, მარტივი ამოგების პერიოდის სწრაფი შეფასებები. ხდება სამომავლო უფრო დეტალური აუდიტისათვის ინფორმაციის შეგროვება, თუ დანაზოგის არსებული პოტენციული ამას ამართლებს.

ზოგადი აუდიტი, ასევე ცნობილია როგორც მინი აუდიტი, ობიექტის ენერგოაუდიტი, სტანდარტული ან ობიექტის მთლიანი ენერგოაუდიტი. ის წარმოადგენს ზემოთ აღწერილი წინასწარი აუდიტის გავრცობას და ახდენს ენერგიის გამოყენების და დანაკარგების რაოდენობის დადგენას მოწყობილობა-დანადგარების, სისტემების, ფუნქციონალური მახასიათებლების უფრო დეტალური აღწერისა და ანალიზის გზით. გროვდება და მოწმდება 12-36-თვიანი პერიოდის კომუნალური გადასახადების ქვითრები იმისათვის, რომ აუდიტორს საშუალება ჰქონდეს შენობის ენერგიის/მოთხოვნის მაჩვენებლის სტრუქტურების და ენერგიის მოხმარების პროფილის შეფასებისა. კომუნალური მონაცემების სრულყოფისათვის ხშირად ხორციელდება ენერგიის მოხმარების კონკრეტული სისტემების დამატებითი გაზომვები. სტანდარტული ენერგო საინჟინრო გათვლები გამოიყენება ყოველი სისტემის ეფექტურობის გასაანალიზებლად, ენერგიის და ფინანსური დანაზოგების გამოსათვლელად, რომელიც ეფუძნება ყოველი ამ სისტემის გაუმჯობესებას და ცვლილებას. ამ ტიპის აუდიტი ითვალისწინებს სიღრმისეულ ინტერვიუებს ობიექტის მომსახურე პესონალთან მთავარი ენერგომომხმარებელი სისტემების უკეთესად გაგების მიზნით. სტანდარტული აუდიტი ასევე შეიცავს რეკომენდებული დაზოგვის ღონისძიებების ეკონომიკურ ანალიზს, რომელსაც თან ახლავს ხარჯების შეფასების, ობიექტის სპეციფიკური საოპერაციო ხარჯების დანაზოგების და კლიენტის ინვესტირების კრიტერიუმების დეტალური ფინანსური ანალიზი. ეს ყველაფერი საკმარისად დეტალური უნდა იყოს იმისათვის, რომ გაამართლოს პროექტის რეალიზაცია.

და ბოლოს, *ინვესტიციის ღონის აუდიტი*, ალტერნატიული დასახელებებით – სრული აუდიტი, დეტალური აუდიტი, მაქსი აუდიტი, ან ტექნიკური ანალიზის აუდიტი – შეიცავს უფრო მეტად დეტალიზებულ მონაცემებს ენერგიის გამოყენებაზე ფუნქციების მიხედვით და ენერგიის გამოყენების პარამეტრების უფრო ღრმა შეფასებას. ენერგიის მიწოდების არსებული ქვითრების მონაცემებს ემატება უმთავრესი ენერგიის მომხმარებელი სისტემების დამატებითი გაზომვები და სისტემის საექსპლუატაციო მახასიათებლების მონიტორინგი. ეს უზრუნველყოფს როგორც ობიექტზე არსებული, ასევე კომპიუტერული მოდელირების საფუძველზე გამოვლენილი ყველა ენერგიის დამზოგავი ღონისძიებების მიერ ენერგიის გამოყენების მახასიათებლების დინამიური მოდელის შექმნას. შენობის მოდელი კალიბრირებულია ფაქტობრივი კომუნალური მომსახურების მონაცემების მიხედვით რეალისტური საბაზისო ღონის

მისაღებად, რომელსაც უნდა დაეყრდნოს შემოთავაზებული ღონისძიებების საექსპლუატაციო დანახოვების კომპიუტერული გათვლები. აუდიტორი ახორციელებს შენობის სისტემების კომპიუტერულ მოდელირებას, რომელიც ითვალისწინებს ამინდს და სხვა ცვლადებს და იძლევა ენერჯის გამოყენების პროგნოზს ერთი წლისათვის. ეს მოდელი ყველაზე ძვირადღირებულია ყველა ენერგოაუდიტის მოდელს შორის, რადგან მოითხოვს მოწყობილობა-დანადგარების შესახებ დეტალური ინფორმაციის, აგრეთვე საექსპლუატაციო მონაცემების შეგროვებას და ზუსტი კომპიუტერული მოდელის შექმნას. თუმცა ასეთი დანახარჯები გამართლებულია იმ შემთხვევაში, თუ საქმე გვაქვს დიდ, რთულ საწარმოებთან და ობიექტებთან.

ზემოთ ჩამოთვლილი აუდიტის სახეების გარდა, რომელიც მიღებულია აშშ-ში, აუდიტორები აგრეთვე იყენებენ კომპიუტერულ პროგრამას, რომელსაც ეწოდება “მობილური სახლის ენერგოაუდიტი”, რომელიც ახდენს ასეთი სახლების ენერჯის მოხმარების შეფასებას და იძლევა იზოლაციის მოდიფიკაციის ღონისძიებების რეკომენდაციებს (Gettings, 2003).<sup>3</sup>

ახალი ზეღანდიაც გამოყოფს ენერგოაუდიტის ჩატარების სამ დონეს, რომელთა შორის განსხვავება აუდიტზე და რეკომენდაციებზე დახარჯულ ძალისხმევაშია. ეს ენერგოაუდიტის სტანდარტები კლასიფიცირებულია როგორც „საშუალო“, „მაღალი“ და „დეტალური“ ძალისხმევის დონის შესაბამისად. თეორიული თვალსაზრისით, ენერგოაუდიტის მოდელი შეიძლება იყოს სკანირებული, ან ანალიტიკური (Armstrong, T., et al., 2007).

ენერგოაუდიტის მსოფლიო გამოცდილების გაანალიზების დროს შეიძლება იმ დასკვნის გამოტანა, რომ ქვეყნებში, რომელთაც ენერგოაუდიტის მდიდარი გამოცდილება გააჩნიათ, ენერგოაუდიტის მოდელის სამი ძირითადი ტიპი გამოიყენება: მარტივი (სკანირებული) დონე, სტანდარტული (ზოგადი) დონე და ყოვლისმომცველი დონე. ძირითადი ვარიანტის არჩევა დამოკიდებულია პრინციპული მიზნის დასახვაზე. სკანირებული მოდელები გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც მიზანი ფულის დაზოგვის შესაძლებლობების „მინიშნებაში“ მდგომარეობს. ანალიზური მოდელები გამოიყენება იმ

---

<sup>3</sup>Manufactured, mobile home – ქარხნული წესით დამზადებული საცხოვრებელი სახლი, რომელიც აღჭურვილია იქ ცხოვრებისათვის ყველა საჭირო მოწყობილობა-დანადგარით. ის ისეთი ზომისაა, რომ მისი ტრანსპორტირება შეიძლებოდეს მისაბმელი საავტომობილო ტრეილერით. იდგმება ნებისმიერ ადგილას პატრონის მოთხოვნით.



შემთხვევაში, როდესაც მიზნად კონკრეტული ენერჯის დამზოგი ღონისძიებების შეთავაზება არის დასახული. მიზნის დასახვის შესაბამისად მოდელებს შორის აღნიშნული განსხვავების გააზრება ძალიან მნიშვნელოვანია. აღსანიშნავია, რომ ევროკავშირში აუდიტის ჩასატარებლად შერჩეულ პროფესიონალებს მოეთხოვებათ აუდიტის სხვადასხვა მოდელისათვის სხვადასხვა ღონის ინსტრუქციების გამოყენება.

ევროპაში მიიღეს და 2006 წელს დაინერგა ახალი დირექტივა 2002/91/EC შენობების ენერგომახასიათებლების შესახებ. ირლანდიაში ის გატარდა ადგილობრივი კანონის სახით, რომელიც უყენებს უპრეცედენტო მოთხოვნებს, ფაქტობრივად, ყველა შენობის ენერგომახასიათებელს(Construct, 2003). შედეგად, ენერგოეფექტურობა გადაიქცევა ინტეგრალურ საპროექტო მიდგომად, ფაქტობრივად, შენობების ნებისმიერი კატეგორიისათვის. ირლანდიული კანონით განსაზღვრულია გადააქციოს შენობის ენერგოეფექტურობა ფაქტორად, რომელიც მნიშვნელოვან გავლენას მოახდენს მის ღირებულებაზე. დირექტივის ერთ-ერთი ასპექტი, რომელიც გადააქცევს შენობის ენერგოეფექტურობას და შემდგომ საექსპლუატაციო ხარჯებს პოტენციური მყიდველებისა და მაცხოვრებლების ზრუნვის უმნიშვნელოვანეს ობიექტად, არის საყოველთაო ენერგოაუდიტის შემოღება. დირექტივის პირობების შესაბამისად, თითქმის ყველა შენობის მეპატრონემ უნდა წარუდგინოს პოტენციურ მყიდველს ან მობინადრეს ენერგოეფექტურობის სერტიფიკატი – *ენერგოპასპორტი*, ან ენერჯის პარამეტრები, რომელიც შეიძლება CO<sub>2</sub>-ს ინდიკატორსაც შეიცავდეს, შენობის გაყიდვის ან გაქირავების დროს. მიუხედავად იმისა, რომ ეს კანონი შედარებით ახალია, სავარაუდოა, რომ ენერგოაუდიტის შემოღება გამოიწვევს შენობის ენერგოეფექტურობის შესახებ გასაგები, ობიექტური ინფორმაციის მიწოდებას პერსპექტიული მყიდველებისა და დამქირავებლებისათვის, რომლის საფუძველზე მათ შეეძლებათ შეიქმნან წარმოდგენა გათბობის შესაძლებელი ხარჯების შესახებ.

დირექტივაში აღიარებულია, რომ შენობის ენერგოაუდიტი უნდა მოიცავდეს მოსაზრებას იმ მრავალი სისტემის შესახებ, რომელსაც შეუძლია შეამციროს ენერჯის მოხმარება. დირექტივაში ხაზგასმულია, რომ „შენობის ენერგომახასიათებლები გამოანგარიშებული უნდა იყოს იმ მეთოდოლოგიის საფუძველზე, რომელიც თბოიზოლაციის გარდა, უნდა მოიცავდეს სხვა ფაქტორებს, რომლებმაც უფრო მნიშვნელოვანი როლი უნდა ითამაშონ. ასეთებია გათბობის და კონდიციონირების დანადგარები,

განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენება და შენობის პროექტი”. დირექტივაში ასევე მითითებულია, რომ ამ მიმართებით, წევრ სახელმწიფოებში პერსპექტიული მფლობელების და მომხმარებლებისათვის „ენერგოეფექტურობასთან დაკავშირებით უნდა იყოს სრული გამჭვირვალობა”. დირექტივა დადებითად იქნა შეფასებული სხვადასხვა სექტორის ხელმძღვანელი პირების მიერ, რომლებიც ხელს უწყობენ ენერგოეფექტურობის გაზრდას და შენობებში ენერგოაუდიტის ჩატარებას.

ენერგოაუდიტის მიდგომის ფარგლებში საკანონმდებლო ჩარჩო, რეკლამირება, მარკეტინგი და სუბსიდირების პოლიტიკა ის ელემენტებია, რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იყოს ენერგოაუდიტის წასახალისებლად და დანახოების ფიქსირებული მოცულობის მისაღწევად. ენერგოაუდიტები შეიძლება დაკავშირებული იყოს არსებულ კანონმდებლობასთან, მაშინაც კი, როდესაც ის მთლიანად ნებაყოფლობით საფუძველზე ტარდება. მთავარი პრობლემა არის შემდეგი: შეესაბამება თუ არა არსებული კანონმდებლობა დაგეგმილ ენერგოეფექტურობას, ან ზოგადად ენერგოაუდიტის პროგრამას.

ენერგოაუდიტისადმი ევროპული მიდგომა აგრეთვე განსაკუთრებულად გამოჰყოფს რეკლამისა და მარკეტინგის როლს. “ენერგოაუდიტის მეთოდებისა და პრაქტიკის მიმოხილვა ზოგიერთ ევროპულ ქვეყანაში” აცხადებს: “მიუხედავად იმისა, რომ ენერგოაუდიტი ინიცირებულია ნებაყოფლობით, თუ სავალდებულო საფუძველზე, ყოველთვის არსებობს რეკლამისა და მარკეტინგის, ან ორივეს აუცილებლობა. აღნიშნულ კონტექსტში რეკლამირებას და მარკეტინგს შორის განსხვავება საქმიანობის მიზნიდან გამომდინარეობს. რეკლამირების დროს მიზანი მდგომარეობს ენერგოაუდიტის შესახებ გაცნობიერებულობის და საჯაროობის უზრუნველყოფაში და არა ინდივიდუალური პროექტების გაყიდვაში. რეკლამირების მთავარი იდეა მარკეტინგის ხელშეწყობაში მდგომარეობს. რეკლამირება და განსაკუთრებით მარკეტინგი, მნიშვნელოვანია იმ შემთხვევაში, როდესაც ენერგოაუდიტი ნებაყოფლობითია. როდესაც ენერგოაუდიტი ნებაყოფლობითია, იგი მომსახურების სხვა პროდუქტის მსგავსად, კლიენტს უნდა მიეყიდოს. მაშინაც კი, როდესაც ენერგოაუდიტი სავალდებულოა, საჭიროა იმ ორგანიზაციების ცნობიერების ამაღლება, რომლებიც ვალდებული არიან განახორციელონ აუდიტი” ” (Motiva, 2005, p.11). ენერგოაუდიტის ხარისხის უზრუნველყოფის ძირითადი ელემენტებია გადამზადება, ავტორიზაცია და ხარისხის კონტროლი.

### 1.3 ენერგოაუდიტის ადგილი ენერგომენეჯმენტის პროგრამაში

ენერგოაუდიტი ენერგომენეჯმენტის პროგრამის, ან პროექტის ერთ-ერთი კომპონენტია. ფაქტობრივად, ენერგოაუდიტი ზოგჯერ განისაზღვრება, როგორც ენერგომენეჯმენტის ეფექტური საშუალება. ენერგოეფექტურობის და ენერგოდაზოგვის მისაღწევი საშუალებების განსაზღვრით და დანერგვით შესაძლებელია არა მარტო ენერგოეფექტურობის და დაზოგვის მიღწევა, არამედ მოწყობილობების/სისტემების ექსპლუატაციის პერიოდის გახანგრძლივება და შენობის შიდა ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესება.

იმისათვის, რომ ენერგოაუდიტი წარმატებულად ჩატარდეს, გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს, რომ წინასწარ განსაზღვრული ენერგიის და ხარჯების დამზოგი ღონისძიებები დაინერგოს. ენერგოეფექტური პოლიტიკის, ენერგოაუდიტის და ენერგომენეჯმენტის ჩათვლით, დანერგვაში წარმატებული შედეგების მისაღწევად, მნიშვნელოვანია შესაბამისი ინსტრუქციების და/ან სახელმძღვანელოს მომზადება ენერგოაუდიტის მიმართ ქვეყნის მიდგომის განსაზღვრის მიზნით.

ამჟამად სათანადოდ არ არის გააზრებული საქართველოში შენობების ენერგოაუდიტის ჩასატარებლად საჭირო ზეები და საშუალებები; არ არსებობს აღნიშნული პროცესის მარეგულირებელი დოკუმენტები. ამგვარად, საქართველოსათვის ენერგოაუდიტის სახელმძღვანელოს მომზადება, ენერგოაუდიტის ჩასატარებლად საჭირო ინსტრუქციებთან ერთად, შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ლოგიკური და აუცილებელი ნაბიჯი, რომელიც დახმარებას გაუწევს ინჟინრებს, რომლებმაც შენობებში რენტაბელური ენერგოდაზოგი ღონისძიებები უნდა განახორციელონ. სახელმძღვანელოს მიხედვით ჩატარებული ენერგოაუდიტი დახმარებას გაუწევს ენერგოაუდიტორებს, მიიღონ ტექნიკურად ზუსტი და სრულყოფილი შედეგები, რომლებიც მაქსიმალურად გამოსადეგი იქნება კლიენტებისათვის.

*ენერგოაუდიტის სახელმძღვანელო* უნდა მომზადდეს, როგორც ენერგოაუდიტების ჩასატარებელი გზამკვლევი და დამხმარე დოკუმენტი. სახელმძღვანელო წარმოდგენს თანამედროვე მოწინავე გამოცდილების გზამკვლევს და ორიენტირს. აქ მოკლედ არის აღწერილი ენერგოაუდიტების ჩატარების აუცილებლობა, მათი თანმიმდევრული მეთოდოლოგია და დეტალური ენერგოაუდიტების ჩასატარებლად საჭირო ინსტრუმენტები.

ენერგოაუდიტის სახელმძღვანელო ენერგოაუდიტის კვლევას ეძღვნება. ენერგომენეჯმენტის პროგრამის საწყის ეტაპზე ხდება მოხმარების სქემის დადგენა ენერგოაუდიტის მეშვეობით და შემდეგი საკითხების განსაზღვრა: (ა) სად გამოიყენება ენერგია, (ბ) როგორ გამოიყენება ენერგია, (გ) რამდენი ენერგია გამოიყენება, (დ) რა სახის ენერგია გამოიყენება, (ე) როდის გამოიყენება ენერგია. ენერგოაუდიტი წარმოადგენს ობიექტის ზუსტ ენერგოპროფილს და უზრუნველყოფს წინადადებებს შესაძლო ენერგიის დაზოგვებზე. ეს ყველაზე უკეთ შეიძლება განხორციელდეს ენერგომენეჯმენტის წარმატებული პროგრამის კონტექსტში.

დიდ, იზოლირებულ ენერგოდაზოგვის პროექტებთან შედარებით, კარგად დაგეგმილი ენერგომენეჯმენტის პროგრამით, ხშირად, მინიმალური დანახარჯებით უფრო მეტი ენერგიის დაზოგვა შეიძლება. ენერგომენეჯმენტი შეიძლება განისაზღვროს, როგორც დონისძიებების ერთობლიობა, რომლებიც დაგეგმილია და ხორციელდება იმ მიზნით, რომ მოხმარებული იყოს მინიმალური შესაძლო რაოდენობის ენერგია და ამასთან ერთად შენარჩუნებული იყოს კომფორტის დონე (საცხოვრებელ სახლში, ან ოფისში) და/ან წარმოების დონე (ქარხანაში).

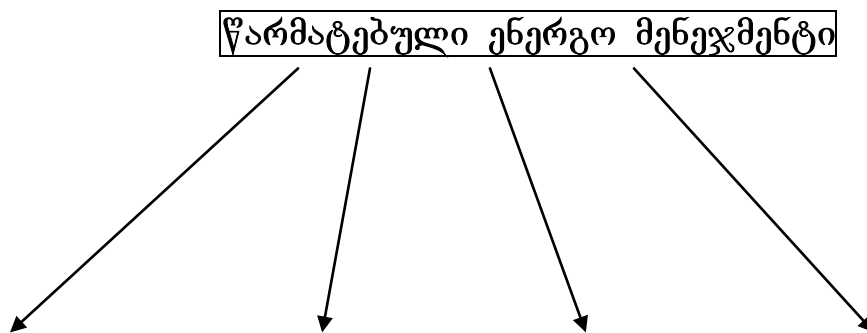
წარმატებული ენერგო მენეჯმენტისათვის აუცილებელი ოთხი მოთხოვნა წარმოდგენილია ნახ. 1.4-ზე. ორგანიზაციის შიგნით ნებისმიერი წარმატებული ენერგომენეჯმენტის პროგრამას სჭირდება უმაღლესი ხელმძღვანელი პირების სრული მხარდაჭერა, ამგვარად, მსგავსი მხარდაჭერა წარმატების საკვანძო მოთხოვნას წარმოადგენს. უმაღლესმა ხელმძღვანელმა პირებმა ენერგოეფექტურობას კორპორატიულ მიზნებთან თანასწორი მნიშვნელობა უნდა მიანიჭონ. სხვა მნიშვნელოვანი მოთხოვნებია: კარგად ჩამოყალიბებული სტრატეგიული გეგმა, ეფექტური მონიტორინგის სისტემა და ენერგიის დაზოგვის ვარიანტების ანალიზის და განხორციელების სათანადო ტექნიკური შესაძლებლობა.

ფირმები და ორგანიზაციები, რომელთაც სურთ ფინანსური დახმარება მიიღონ უფრო მაღალი დონის ენერგომენეჯმენტის სტრუქტურებიდან, უნდა ბეჯითად იმუშაონ საკუთარი ენერგომახასიათებლების გასაუმჯობესებლად. მათ შეუძლიათ მიაღწიონ წარმატებას მხოლოდ ენერგომახასიათებლისმუდმივი შეფასების, ენერგოეფექტურობის გასაუმჯობესებლად საჭირო სამოქმედო გეგმების რეგულარული შემუშავებისა და განხორციელების გზით. ამის მისაღწევად, მათ უნდა:

ა/გამოიყენონ ენერჯის მონიტორინგი როგორც მართვის მექანიზმი ენერჯის მონაცემების შესაგროვებლად, დანაკარგების გამორიცხვის, ენერჯის გამოყენების არსებული დონის შემცირების და კონტროლის განსახორციელებლად, არსებული საექსპლუატაციო პროცედურების გასაუმჯობესებლად.

ბ/ წარადგინონ ენერგომენეჯმენტის პროგრამა. ამისათვის შედარებით დიდი ფირმები ნიშნავენ ენერგომენეჯერს – პიროვნებას, რომელსაც ესმის, ენერგომენეჯმენტი როგორ ეხმარება ორგანიზაციას ფინანსური, ენერჯის/გარემოსდაცვითი მიზნებისა და ამოცანების რეალიზაციაში.

ენერგოპოლიტიკის ჩამოყალიბება აგრეთვე ფრიად მნიშვნელოვანია, თუმცა ის, შეიძლება, ფორმალისებული არ იყოს.



**ტექნიკური შესაძლებლობა მონიტორინგის სისტემასტრატეგიული გეგმა ხელმძღვანელობის დახმარება**

**ნახ. 14:**ოთხი მოთხოვნა წარმატებული ენერგომენეჯმენტის განსახორციელებლად

ენერგოაუდიტმა უნდა განსაზღვროს ენერგომენეჯმენტის პროგრამის სიცოცხლისუნარიანობა. აუდიტის პროცესმა უნდა გაზომოს ენერგომენეჯმენტის ეფექტურობა, რათა შეაფასოს, რამდენად შესაძლებელია ენერჯის დაზოგვის რეკომენდაციების დანერგვა. ენერგომენეჯმენტის ეფექტურობა უნდა გაიზომოს აუდიტის პროცესით, რათა ენერგოდაზოგვის რეკომენდაციების დანერგვის შესაძლებლობა დადგინდეს.

ენერგომენეჯმენტის პროგრამა მოიცავს საქმიანობას, რომლებიც შეიძლება საკვანძო ენერგომენეჯმენტის პრინციპებად დაჯგუფდეს. ეს პრინციპები კარგ მენეჯმენტს შეესაბამება და მენეჯმენტის იმ მეთოდების მსგავსია, რომლებიც ბიზნესის სხვა სფეროებში გამოიყენება. აღნიშნული პრინციპებია:

- ენერგოპოლიტიკის/გეგმის ფორმირება სტრატეგიული მიდგომის არჩევით და ვალდებულების აღებით;
- ენერგომენეჯერის და გუნდის დანიშვნა;
- ენერჯის გამოყენების და ფასის გააზრება და ენერგოაუდიტის ჩატარება;
- თანამშრომლების გაცნობიერების და გადამზადების პროგრამა;
- ინვესტირება და ქმედება; და
- ენერგომონიტორინგი და ანგარიშგება.

მიუხედავად იმისა, რომ არ არსებობს რაიმე წესი, რომლის მიხედვით აუდიტორმა უნდა დაიწყოს აუდიტი, აღნიშნული საქმიანობა თანამიმდევრობით უნდა განხორციელდეს:

- ენერჯის მოხმარების მიმოხილვა;
- ენერგოპოლიტიკის/გეგმის ფორმირება, სტრატეგიული მიზნებით;
- ორგანიზაციის მოტივირება ენერჯის დაზოგვის განსახორციელებლად;
- ენერგოაუდიტის ჩატარება/საქმიანობა; და
- გაზომვა და მონიტორინგი.

შემდეგ უნდა დავუბრუნდეთ პირველ პუნქტს „ენერჯის მოხმარების მიმოხილვა“. აქედან გამომდინარე, ენერგოაუდიტი არის მხოლოდ ერთ-ერთი, მრავალი მნიშვნელოვანი ნაბიჯიდან, ხოლო მისი გამოყენება შეიძლება ენერგომენეჯმენტის პროგრამის დაწყების დასახმარებლად ან განხორციელება, როგორც ენერგომენეჯმენტის გეგმის ერთ-ერთი კომპონენტის. ჩვეულებრივ, ენერგოაუდიტი ყოველ სამ-ხუთ წელიწადში უნდა ჩატარდეს. ასეთი ციკლური მიდგომა უზრუნველყოფს ორგანიზაციის ენერგოეფექტურობის განუწყვეტლივ გაუმჯობესებას. იგი ასევე საშუალებას აძლევს ორგანიზაციას, დროთა განმავლობაში, განიხილოს სხვადასხვა ასპექტები დეტალიზაციის ცვლად დონეებზე.

ენერგომენეჯმენტის პროგრამების მსოფლიო გამოცდილების განხილვა გვიჩვენებს, რომ ყველა წარმატებულ პროგრამას გარკვეული საერთო ეტაპები გააჩნიათ. ეს ეტაპებია: შენობაში ენერჯის მოხმარების მონიტორინგის სისტემა, შენობაში ენერჯის გამოყენების ელემენტების ცოდნა და მართვის სტრატეგია შენობის მახასიათებლების განსახილველად და გასაუმჯობესებლად. ამ სამი ეტაპის გავლა აუცილებელია, მაგრამ არ არსებობს იმის ინსტრუქცია, რომელი მათგანი უნდა განხორციელდეს პირველ რიგში, ან კონკრეტულად როგორ უნდა განხორციელდეს ისინი.

ენერჯის მოხმარების მიმოხილვა კარგ დასაწყისს წარმოადგენს. მიზანი მდგომარეობს ენერჯის მონაცემების ორგანიზებული და გამოსადეგი ფორმით მიწოდებაში, რათა შესაძლებელი გახდეს დასაბუთებული ბიზნეს გადაწყვეტილებების მიღება. წარსული ქმედებების მიმოხილვა შესაძლებელს ხდის, დადგინდეს საბაზისო დონე, და ამ დონესთან შედარებით გაიზომოს ზემოქმედება და განისაზღვროს ენერჯის არსებული გაზრდილი მოხმარების უბნები. არსებული ინფორმაციის საფუძველზე პრიორიტეტების განსაზღვრით, ნათელი ხდება, რაზე უნდა მოხდეს შემდგომი მცდელობის ფოკუსირება. მაგალითად, აუდიტორს შეუძლია განიხილოს წარსული ენერჯის ქვითრები და ენერჯის მოხმარების შედარებით მსგავსი შენობების ან გარკვეული დროის მანძილზე იგივე შენობის ენერჯის საშუალო მოხმარებასთან შედარების საფუძველზე, იმსჯელოს სად და როდის აქვს ადგილი მოწყობილობის გაუმართაობას. ათვლის სისტემის ან საბაზისო დონის არსებობა იძლევა ასეთი ტიპის სწრაფი ანალიზის შესაძლებლობას.

### 1.3.1 ენერგომენეჯმენტის პროგრამების გაცნობიერება

#### *პოლიტიკა და დაგეგმვა*

როგორც ეს ზემოთ იყო აღნიშნული, რომელიმე მოცემული კომპანიის ან ორგანიზაციის ენერჯეტიკული პოლიტიკა შეიძლება არ არსებობდეს წერილობითი ფორმით. მიუხედავად ამისა, საუკეთესო შესაძლო შედეგების მისაღწევად და იმის უზრუნველსაყოფად, რომ ენერგოეფექტურობაზე გამოყოფილი რესურსები არ გაიფლანგება, უმჯობესია სტრატეგიული მიდგომის მიღება და ყოვლისმომცველი, კარგად დაწერილი ენერგომენეჯმენტის პროგრამის შემუშავება. უპირველეს ყოვლისა, ეს აუცილებელია ენერგომენეჯმენტის ანგარიშვალდებულობის დასაფუძნებლად, შესაბამისი ფინანსური და საკადრო რესურსების გამოსაყოფად და ანგარიშგების პროცედურის დასაანერგად. ეს აგრეთვე მოქმედებს, როგორც გარანტია კომპანიის შიგნით ამა თუ იმ პიროვნებების ჩარევის საწინააღმდეგოდ. უკეთესია განვიხილოთ ენერგომენეჯმენტი როგორც მიმდინარე პროცესი, და არა როგორც საჭიროებების, პრიორიტეტების და წესების ფიქსირებული ნაკრები. როგორც მინიმუმ, ფირმის ენერგომენეჯმენტის პოლიტიკა ყოველწლიურად უნდა განიხილებოდეს, და საჭიროების შემთხვევაში შესწორდეს. ისევე და

ისევე, მენეჯმენტის უპირობო მხარდაჭერა სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია. პროგრამა მიზნად უნდა ისახავდეს ენერჯის დაზოგვის ღონისძიებების ღირებულების მინიმუმამდე დაყვანას. უკეთესია „უფასო და იაფფასიანი“ შედეგების მიღწევა, იქამდე, სანამ მოხდება ძვირადღირებული ღონისძიებების განხილვა, რომელიც კაპიტალდაბანდებას მოითხოვს. თუ კომპანია გეგმავს განვითარებას (მაგალითად, მშენებლობას, მოწყობილობების შესყიდვას, და ა.შ.), რომელიც კაპიტალდაბანდებას მოითხოვს, ძალიან მნიშვნელოვანია ენერგოეფექტური ღონისძიებების გადაქცევა დაგეგმვის და დანერგვის ნაწილად.

### *ენერგომენეჯერი და გუნდი*

თუმცა ეს შესაძლებელია არ იყოს გამართლებული მცირე კომპანიებისათვის, შედარებით მსხვილმა ფირმებმა და ორგანიზაციებმა უნდა შექმნან ენერგეტიკული პროგრამის მართვის სტრუქტურა, მისი წარმატებული რეალიზაციის უზრუნველყოფის მიზნით. ასეთი სტრუქტურა შეიძლება შედგებოდეს ფორმალურად დანიშნული მენეჯერისაგან, რომელიც პასუხისმგებელია პროგრამის მთლიან კოორდინირებაზე, ან ეს შეიძლება იყოს ენერგომენეჯმენტის გუნდი, რომლის შემადგენლობაში შედიან ენერგეტიკულ მოწყობილობებზე და პროცესებზე პასუხისმგებელი კომპანიის თანამშრომლები. ნებისმიერ შემთხვევაში, ენერგომენეჯერი უნდა იყოს მაღალი თანამდებობის პიროვნება, რომელსაც გააჩნია საკმარისი უფლებები იმისათვის, რომ შეამოწმოს, შეაფასოს და ჩაერიოს ორგანიზაციის ფუნქციონირების პროცესში ენერგოეფექტურობის თვალსაზრისით.

### *ენერგოაუდიტის ჩატარება და საქმიანობის განხორციელება*

ენერგოაუდიტი წარმოადგენს ენერგომენეჯმენტის პროგრამის და მისი თანმხლები ღონისძიებების დაწყების და წარმატებით განხორციელების უნმიშვნელოვანეს წინაპირობას. ის უზრუნველყოფს ენერგომენეჯმენტის პროგრამისათვის ისეთი ძირითადი ინფორმაციის მიწოდებას, როგორცაა ენერჯის გამოყენების და ღირებულების საკვანძო ინდექსები, უზრუნველყოფს ენერჯის გამოყენების კლასიფიკაციას, ახდენს მომგებიანი ღონისძიებების გამოვლენას და რეკომენდაციის გაწევას, ზუსტად განსაზღვრავს და აანალიზებს ყოველი რეკომენდებული ღონისძიების ღირებულებას და დანაზოგს, აგრეთვე მათი



განხორციელების თანმიმდევრობას. ის ქმნის *სამოქმედო გეგმის* შემუშავების და განხორციელების საფუძველს. ეს სამოქმედო გეგმა უნდა შეიცავდეს განხორციელების დროით თანმიმდევრობას და ზუსტად განსაზღვრავდეს დაფინანსების მოთხოვნებს. პროექტი შეიძლება ვრცელდებოდეს საქსპლუატაციო პროცედურების დაფუძნებიდან და ცვლილებიდან, ქარხნის ან მოწყობილობა/დანადგარების მინიმალური ენერჯის დანახარჯებით მუშაობის უზრუნველყოფამდე. ამ გეგმით დადგენილი დონისძიებების განხორციელებამ შეიძლება მოითხოვოს რამდენიმე დღე ან რამდენიმე თვე, გააჩნია მათ შინაარსს, მოცულობასა და სირთულეს.

### *თანამშრომლების გაცნობიერება და გადამზადების პროგრამა*

ნებისმიერი ენერგომენეჯმენტის პროგრამის წარმატების საკვანძო კომპონენტია ორგანიზაციის თანამშრომლების გაცნობიერების მაღალი დონის შენარჩუნება. აღნიშნულის მიღწევა რამდენიმე საშუალებით შეიძლება, ეს საშუალებებია: ფორმალური გადამზადება, საინფორმაციო ბიულეტენები, პლაკატები, ბუკლეტები და გადამზადების არსებულ პროგრამებში ენერგომენეჯმენტის საკითხების შეტანა. მნიშვნელოვანია პროგრამის გეგმების და დაზოგვის სადემონსტრაციო კონკრეტული შემთხვევების წარდგენა და მინიმუმ, წელიწადში ერთხელ, შედეგების ანგარიშის მოხსენება.

### *ენერჯის მონიტორინგი და მიზნის დასახვა*

ენერჯის მენეჯმენტის ვერცერთი სისტემა ვერ იმუშავებს გამართულად, თუ არ არსებობს შესაბამისი ენერჯის მონიტორინგის სისტემა. ასეთ სისტემას უნდა შეეძლოს, რეგულარულად შეაგროვოს, გააანალიზოს და ინფორმაცია მოიპოვოს ორგანიზაციის ენერჯის ხარჯებზე და მოხმარებაზე. ასეთი ინფორმაცია უნდა აგრეთვე შეიცავდეს მონაცემებს წარსული და მიმდინარე ენერჯის გამოყენების შესახებ, ენერჯის ხარჯვის ქვითრებში არსებული დანახარჯების მონაცემების ჩათვლით. ეს იძლევა ენერჯის გამოყენების და მისი შესაბამისი დანახარჯების შესახებ წარმოდგენის შექმნის საშუალებას. მონიტორინგის სისტემის მუშაობა უწყვეტ რეჟიმში აგრეთვე ხელს უწყობს ენერჯის დაზოგვის ისეთი შესაძლებლობების აღმოჩენას, რომელიც შესაძლებელია ყურადღების მიღმა დარჩეს ენერგოაუდიტის დროს. თავის მხრივ, ენერგოაუდიტი წარმოადგენს მნიშვნელოვან დონისძიებას იმის დასადგენად, არსებობს თუ არა ენერჯის

მონიტორინგის სისტემა და გამოაშკარავოს მისი საოპერაციო და საორგანიზაციო ხარვეზები (თუ ასეთსადგილი აქვს).

### *წლიური განხილვა*

რეგულარული განხილვა და შეფასება ენერჯის მენეჯმენტის პროგრამის წარმატების საწინდარს წარმოადგენს. ასეთი პროგრამის წარმატების უზრუნველსაყოფად მისი შედეგები მინიმუმ წელიწადში ერთხელ უნდა იყოს განხილული. საჭიროა, რომ ორგანიზაციამ რეგულარულად განიხილოს საკუთარი ენერჯომენეჯმენტის პოლიტიკა და სტრატეგიები. ეს დაეხმარება მას პოლიტიკის მართვაში და მომავალი 12 თვის გეგმის შემუშავებაში. აგრეთვე, საჭიროების შემთხვევაში, უნდა მოხდეს პროგრამის ცალკეული კომპონენტების მიმდინარე განხილვა. წლიური ანგარიში უნდა მომზადდეს და შეფასდეს (თუ საჭიროა, დამოუკიდებელი ექსპერტის მიერ) იმისათვის, რომ უზრუნველყოს კომპანიის/ორგანიზაციის ენერჯეტიკული დანადგარების, სისტემების და პროცესების მდგომარეობისა და პრობლემების სიდრიმისეული ცოდნა, უფრო ეფექტური გახადოს წლიური და გრძელვადიანი დაგეგმარება.

### 1.3.2 აუდიტორების გადამზადება და ავტორიზაცია

ავტორიზაციამ და ხარისხის უზრუნველყოფამ ერთობლივად უნდა იმუშავოს ენერჯოაუდიტორების მომზადებასთან, იმისათვის, რომ უზრუნველყოს აუდიტორული საქმიანობის ხარისხი. იმ მიზნის მისაღწევად რამდენიმე შესაძლებელი მიდგომა არსებობს. მაგალითად, ევროპაში, აუდიტორების გადამზადება მისადაგებულია სტაჟიორების გამოცდილებასთან (საბერძნეთი), ან ერთი და იმავე დონის ტრენინგი უტარდება ყველას, მათი გამოცდილების მიუხედავად (ფინეთი). ენერჯოაუდიტორების ავტორიზაციისათვის საჭირო ძირითადი განათლებაც მკვეთრად განსხვავებულია სხვადასხვა ქვეყანაში. ზოგიერთ ქვეყანას მკაცრი წესები აქვს იმაზე, თუ ვინ შეიძლება გახდეს ენერჯოაუდიტორი, სხვა ქვეყნებში კონკრეტული მოთხოვნები საერთოდ არ არსებობს. ჩვეულებრივ, საჭიროა ენერჯეტიკის სფეროს ცოდნის საფუძვლები, თუმცა უმჯობესია მომზადება ან ხარისხი საინჟინრო მექანიკაში ან ელექტროტექნიკაში. ეს ნიშნავს, რომ ქვეყნისა და აუდიტის კონკრეტული მოთხოვნების გათვალისწინებით, აუდიტი შეიძლება ჩაატაროს პიროვნებამ, რომელსაც:

- არ გააჩნია რაიმე წინასწარი მომზადება;
- გავლილი აქვს მოკლევადიანი მომზადება (გადამზადება) აუდიტის განსაზღვრულ პროცედურებში;
- გავლილი აქვს გრძელვადიანი (რამდენიმე თვე) “საფუძვლიანი” მომზადება (გადამზადება).

ავტორიზაცია აგრეთვე წარმოადგენს აუდიტის წარმატების უზრუნველყოფის უმნიშვნელოვანეს ელემენტს. ასეთ შემთხვევაში აუდიტის პროგრამის ადმინისტრატორმა უნდა გადაწყვიტოს, ავტორიზაცია მიენიჭოს პიროვნებას, თუ კომპანიას. ავტორიზაციამ აგრეთვე შესაძლებელია მოიცვას ერთი სფერო (მაგ. მექანიკური, ან ელექტროსისტემები), ან მეტი (ორი, ან რამდენიმე). აუდიტის კლიენტს აგრეთვე შესაძლებელია წარედგინოს მაღალი რეპუტაციის მქონე აუდიტორული კომპანიების “მოკლე სია”. ასეთ შემთხვევაში კონსულტანტები უნდა დამტკიცდნენ სამუშაოს შემსრულებლის მიერ. აგრეთვე შესაძლებელია შეგვხვდეს ავტორიზაციის ოფიციალური და არაოფიციალური პროცედურები. შესაძლებელია არსებობდეს ე.წ. „ველური დასავლეთის მიდგომა“, როდესაც ნებისმიერ პიროვნებას შეუძლია ჩაატაროს აუდიტი (SAVE, p.22).

როგორც ადმინისტრატორების, ასევე აუდიტორების თვალსაზრისით, ენერგოაუდიტი, სავარაუდოდ, მომგებიანია. როგორც ჩანს, ყველა ქვეყანაში არსებობს ენერგოაუდიტში სპეციალიზირებული კონსულტანტების ჯგუფი, რომლებიც აღნიშნულ საქმიანობას კარგ ბიზნესად თვლიან. კლიენტები, სხვადასხვა მიზნობრივ სექტორებში, აგრეთვე დაინტერესებული არიან ენერგოაუდიტით, რადგანაც იგი ხელს უწყობს რენტაბელური ენერჯის დამზოგავი დონისძიებების განსაზღვრას და ენერჯიაზე ხარჯების შემცირებას.

## თავი 2 – ენერგოაუდიტის საფუძვლები

### 2.1 ენერგოაუდიტის მიდგომებისა და მოდელების ძირითადი პრინციპებისაქართველოსათვის

ენერგოაუდიტი მარტივად შეიძლება განისაზღვროს, როგორც პროცესი, იმის შესაფასებლად, თუ სად იყენებს შენობა, ან ქარხანა ენერჯიას მისი მოხმარების შემცირების ხელსაყრელი შესაძლებლობების დასადგენად. აუდიტის ღირებულება პირდაპირადააკავშირებული შესაგროვებელი და გასაანალიზებელი მონაცემების მოცულობასთან და ენერჯიის კონსერვაციის

დადგენილი შესაძლებლობების რაოდენობასთან. ამგვარად, პირველი - აუდიტის ღირებულება განსაზღვრავს ჩასატარებელი აუდიტის ტიპს და პირიქით - აუდიტის ტიპი განსაზღვრავს მის ღირებულებას. მეორე - შენობის ტიპი განსაზღვრავს ჩასატარებელი აუდიტის სახეობასა და მოცულობას. მაგალითად, შენობის აუდიტში ყურადღება შეიძლება გამახვილდეს შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის, განათების, გათბობისა და ვენტილაციის მოთხოვნებზე. მეორე მხრივ, სამრეწველო საწარმოს აუდიტის დროს ყურადღება ექცევა პროცესის მოთხოვნებს.

ენერგოაუდიტის მსოფლიო გამოცდილების შედარებითი ანალიზის შედეგები და ამ მიზნებისთვის გამოყენებული მოდელები საქართველოში ენერგოაუდიტის ჩატარების სტანდარტულ მიდგომებს უყრის საფუძველს. ენერგოაუდიტის სირთულის დონის და შინაარსის მიხედვით შეიძლება შემოთავაზებულ იყოს ენერგოაუდიტის მოდელების სამი დონე:

*საფეხური 1* — “*შემოვლითი აუდიტი*” ეს არის ყველაზე დაბალფასიანი მოდელი, მაგრამ ამ მოდელის გამოყენებით შესაძლებელია დაზოგვის პოტენციალის წინასწარი შეფასება და დაბალფასიანი დაზოგვის შესაძლებლობების აღნუსხვა საექსპლუატაციო და ტექნიკური მომსახურების დონისძიებების დახვეწის საფუძველზე. პირველი დონის აუდიტის დროს შესაძლებელია ინფორმაციის შეგროვება შემდგომი უფრო დეტალური აუდიტისათვის, თუ წინასწარ განსაზღვრული დაზოგვის პოტენციალი ამართლებს უფრო ფართომასშტაბიანი აუდიტის ჩატარებას.

*საფეხური 2* - “*სტანდარტული აუდიტი (ზოგადი)*” სტანდარტული აუდიტი განაგრძობს ენერჯის გამოყენებისა და ენერგოდანაკარგების რაოდენობრივ შეფასებას, მოწყობილობების, სისტემებისა და საექსპლუატაციო მახასიათებლების უფრო დეტალური განხილვისა და ანალიზის გზით. აღნიშნულმა ანალიზმა ასევე შეიძლება მოიცვას ობიექტზე ჩატარებული ზოგიერთი გაზომვები და ტესტირება, რათა მოხდეს ენერჯის მოხმარების და სხვადასხვა სისტემების ეფექტურობის რაოდენობრივი შეფასება. სტანდარტული ენერგოსაინჟინრო გამოთვლები გამოიყენება ენერგოეფექტურობის გასაანალიზებლად თითოეული სისტემის გაუმჯობესების და შეცვლის საფუძველზე, ენერჯისა და ხარჯების დაზოგვის გამოსაანგარიშებლად. სტანდარტული აუდიტი ასევე მოიცავს რეკომენდებული კონსერვაციის დონისძიებების ეკონომიკურ ანალიზს. აღნიშნული მოდელი რეკომენდებულია სამრეწველო ობიექტების აუდიტის ჩასატარებლად, სადაც ძირითადი ყურადღება

უნდა დაეთმოს საექსპლუატაციო და ტექნოლოგიურ პროცესებსა და ღონისძიებებს - ხშირად იქ, სადაც შესაძლებელია დიდი ენერგოდაზოგვის მიღწევა.

*საფეხური 3—“სრული - კომპიუტერულ მოდელირებაზე დაფუძნებული”.* აუდიტის ეს დონე ითვალისწინებს შენობებში (საცხოვრებელ და ყველა სახის საზოგადოებრივ შენობაში) ენერჯის მოხმარების ნიმუშების უფრო სრულ შეფასებას სისტემური მიდგომის გამოყენებით, რათა შესაძლებელი გახდეს ენერგოდაზოგი საშუალებების დადგენა და ენერგომოხმარების პრაქტიკისა და რენტაბელური ღონისძიებების განზოგადება. ეს უნდა განხორციელდეს კომპიუტერული მოდელირების პროგრამით, რომელიც შენობაში ყველა ენერგომომხმარებელი ელემენტის გათვლის შესაძლებლობას იძლევა. ენერგოაუდიტის შენობის მოდელში ობიექტის კვლევის დროს შეგროვილი მონაცემების გარდაქმნა ხდება კომპიუტერისათვის მისაღებ ფორმატში. აღიწერება შენობის ფუნქციონალური და არქიტექტურული მახასიათებლები, სტრუქტურის ორიენტაციისა და თბური მახასიათებლების (მაგალითად, თბოგადაცემის კოეფიციენტის) ჩათვლით. განისაზღვრება ობიექტზე არსებული თბური ზონები, ან სივრცეები, რომელთაც მსგავსი შიდა და გარე მახასიათებლები აქვთ და შემუშავდება ერთიანი გრაფიკები და თბური დატვირთვები ადამიანებისთვის, განათებისა და დანადგარებისთვის. აღიწერება გათბობისა და გაცივების სისტემის მახასიათებლები, სამუშაო გრაფიკების და შენობის სითბური ზონების ინდივიდუალური სისტემებისთვის მიკუთვნების ჩათვლით. აღიწერება მთავარი მოწყობილობები (ქვაბები, სამაცივრო მოწყობილობები (ჩილერები) და ა.შ.), რომლებიც ემსახურება კონდიციონერების სისტემებს, მოწყობილობის ტიპის, ეფექტურობის, კონტროლის მეთოდის, სამუშაო გრაფიკის და ჰაერის ხარჯის სიდიდის ჩათვლით. აუდიტორის მიზანია ისეთი კრიტერიუმების დადგენა, რომელიც შესაბამისობაში იქნება ობიექტის ფაქტობრივ ენერგომომხმარებასთან. ამ საბაზო დონის დადგენის შემდეგ, აუდიტორი ახდენს ცვლილებებს სხვადასხვა სისტემის ეფექტურობის გასაუმჯობესებლად და ზომავს შედეგებს საბაზისო დონესთან შედარებით. მეთოდი ასევე ითვალისწინებს სისტემებს შორის ურთიერთკავშირს, რათა არ მოხდეს ენერგოდაზოგვის გადაჭარბებული შეფასება. ესაა ენერგოაუდიტის ყველაზე ძვირი დონე, მოწყობილობა-დანადგარების შესახებ დეტალური ინფორმაციისა და საექსპლუატაციო მონაცემების შესაგროვებლად, ასევე ზუსტი კომპიუტერული მოდელის შესაქმნელად საჭირო დიდი

დროის გამო. მაგრამ ასეთი აუდიტი გამართლებულია რთული ობიექტების ან სისტემების შემთხვევაში.

სრული ენერგოაუდიტის დონესთან მიმართებით, შენობებში ენერგო მასხასიათებლების გამოსათვლელად და ანალიზის ჩასატარებლად შეიძლება შემოთავაზებული იყოს *საკვანძო რიცხვების კომპიუტერული პროგრამის* გამოყენება, რომელიც ცნობილია ენერგოაუდიტში მომუშავე ქართველ ექსპერტთა ჯგუფისათვის. უნდა აღინიშნოს, რომ 2005-2006 წლებში ENSI International-მა – ენერგოეფექტურობისა და ენერგობიზნესის განვითარების ნორვეგიულმა საკონსულტაციო კომპანიამ – საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტთან და თბილისის ენერგოეფექტურობის ცენტრთან თანამშრომლობით განახორციელა პროგრამა, რომელიც მიზნად ისახავდა შენობის ენერგოაუდიტში სპეციალიზირებული აუდიტორების მომზადებასა და სერტიფიცირებას. ზემოაღნიშნული პროგრამის ფარგლებში მომზადდა ქართველი სპეციალისტების ჯგუფი და მათ გადაეცათ შენობებში ენერგოაუდიტის ჩატარების სერტიფიკატები, რომელიც ითვალისწინებს ენერგოაუდიტისათვის საკვანძო რიცხვების კომპიუტერული პროგრამისა და ასევე რენტაბელურობის კომპიუტერული პროგრამის გამოყენების საშუალებას.

საკვანძო რიცხვების კომპიუტერულ პროგრამას გააჩნია რიგი უპირატესობები სხვა კომპიუტერულ პროგრამებთან შედარებით. პირველი - ეს პროგრამა მოდიფიცირებული იყო, რათა შესაბამისობაში ყოფილიყო საქართველოს კლიმატურ პირობებთან, ნორმებთან და არსებულ გამოცდილებასთან; მეორე - არსებობს რამდენიმე ქართველი სპეციალისტი, რომელიც გაეცნო ამ პროგრამას და შეუძლია შეასრულოს ქვეყანაში ენერგოაუდიტის დანერგვის ბირთვის როლი.

სასარგებლო მინიშნებები ENSI კომპიუტერული პროგრამების გამოსაყენებლად დეტალურად არის აღწერილი ENSI-ის საკვანძო რიცხვების პროგრამის (User, 2009) მომხმარებლის ინსტრუქციაში და მოიცავს:

- პარამეტრებს შორის ზემოქმედების ამსახველ ყოველთვიურ გამოთვლებს;
- ენერგო გამოთვლებისთვის საჭირო ყველა ძირითად პარამეტრს: შენობის პროექტს, თბოგადაცემის კოეფიციენტს, ინფილტრაციას, დატვირთვის გრაფიკებს, ტემპერატურას, გათბობის გრაფიკებს, ვენტილაციის სიდიდეს, ექსპლუატაციის პერიოდებს, განათებას, სხვადასხვა მოწყობილობებს, სისტემის ეფექტურობას;

- ენერგომოხმარების გამოთვლებს სვეტებისთვის „ფაქტობრივი“, „საბაზისო დონე“ და „ENCON ღონისძიება“.

კომპიუტერული პროგრამის ეკრანი მოიცავს: პირველ სვეტს „პარამეტრი“, რომელშიც ჩამოთვლილია ენერგომოხმარების პარამეტრები, რომელიც ეფუძნება ძირითად მნიშვნელობებს შენობების ტიპებისა და ქვეყნების მიხედვით. “ძირითადი მნიშვნელობები” მეორე სვეტში, ეფუძნება ეროვნულ სამშენებლო ნორმებს, სტანდარტებს და გამოცდილებას. სვეტში „ფაქტობრივი“ მოყვანილია შენობის არსებული მდგომარეობის გამოთვლა. სვეტში „საბაზისო დონე“ შეტანილია გამოთვლილი ენერგომოხმარება შენობისათვის. ენერგოეფექტურობის არჩეული ღონისძიებები უნდა აისახოს სვეტში “ღონისძიებები” და გამოთვლილი შედეგები წარმოდგენილი იქნება სვეტში „ENCON-ის შემდეგ” (თითოეული პარამეტრის/ღონისძიებისთვის).

განვითარებულ ქვეყნებში “ფაქტობრივი მდგომარეობა” და „საბაზისო დონე” საზოგადოდ მეტ-ნაკლებად შეესაბამება ერთმანეთს, რაც იმას ნიშნავს, რომ ენერგოაუდიტის ღონისძიებები მიზნად ისახავს ენერგომოხმარების არსებული დონის შემცირებას. საქართველოს პირობებში კი, გათბობის სისტემები მუშაობს ან მათ საპროექტო პარამეტრებზე უფრო დაბალი დატვირთვით, ან საერთოდ არ მუშაობს. შედეგად, “ფაქტობრივ მდგომარეობაში” მოყვანილი ენერგიის მოხმარება ბევრად უფრო ნაკლებია, ვიდრე უნდა იყოს „საბაზისო დონის” შესაბამისად. ამის გამო ენერგოაუდიტის მიერ შემოთავაზებული ენერგიის მოხმარების მოცულობა („ENCON-ის შემდეგ”) ზოგჯერ 2-3-ჯერ უფრო მაღალია, ვიდრე ფაქტობრივი, თუმცა შეიძლება უფრო ნაკლები იყოს, ვიდრე საპროექტო საბაზისო დონე.

კომპიუტერული პროგრამა ასევე მოიცავს ენერგომონიტორინგის საშუალებას - ენერგია-ტემპერატურის დიაგრამას. ყოველ შენობას გააჩნია საკუთარი ენერგია-ტემპერატურის მრუდი – ენერგიის გამოყენების მიზნობრივი სიდიდე სხვადასხვა გარე ტემპერატურის პირობებში.თუ ყოველკვირეული მოხმარება ფაქტობრივ მიზნობრივ სიდიდეს 5 – 10 %-ით აღემატება, საჭიროა ზომების მიღება ამის მიზეზების დასადგენად და კორექტივების შეტანა.

საკვანძო რიცხვების კომპიუტერული პროგრამის გამოყენებით ენერგოაუდიტის ჩატარების დროს ხდება ენერგომოხმარებასა და შიდა მიკროკლიმატზე ზემოქმედების ყველა ფაქტორის შეფასება:

- შენობის შემზღუდავი კონსტრუქცია (კედლები, ფანჯრები, სახურავი და იატაკი);
- გათბობის სისტემა;
- ვენტილაციის მექანიკური სისტემა;
- ცხელწყალმომარაგება;
- ავტომატური კონტროლის სისტემები;
- განათება;
- სხვადასხვა მოწყობილობა-დანადგარები: სამზარეულო, სამრეცხაო და ა.შ.;
- კონდიციონერების სისტემა.

სისტემის ამ მახასიათებლების განხილვის გარდა, „ენერგოპასპორტის“ დამატებითი პროგრამა, იძლევა შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თბური მახასიათებლების დონის განსაზღვრის საშუალებას. პროგრამა მოიცავს ენერგოანალიზის შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თბურ მახასიათებლებთან დაკავშირებულ სრულ ციკლს და ამგვარად, ხელს უწყობს გათბობის სისტემის დატვირთვის შემცირებას.






„ენერგოპასპორტის“ კონცეფცია მოიცავს თბური მახასიათებლების გამოთვლების ელექტრონული ვერსიების შემუშავებას, რომელიც ადასტურებს თბურ მახასიათებლებს პროექტირების, მშენებლობისა და ფუნქციონირების დროს. ენერგოპასპორტის ერთ-ერთი ყველაზე დადებითი მხარე ისაა, რომ მას შეუძლია პოტენციურ მყიდველებსა და მაცხოვრებლებს მიაწოდოს ინფორმაცია შენობის ენერგოეფექტურობის შესახებ, ასევე, თუ რა ხარჯების გაწევა შეიძლება მოუხდეთ ელექტროენერგიასა და გათბობა/კონდიციონერებაში (Matrosov Y., et al., 2009).

ენერგოპასპორტის მთავარი მიზანია შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თბური მახასიათებლის დონის გარკვევა ფუნქციონირებაზე დაფუძნებული მიდგომის გამოყენებით. ამ მიდგომის ფარგლებში თბური მახასიათებლის დათქმული დონე გამოიანგარიშება შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის ცალკეული ელემენტებისთვის, მთლიანი შენობის მოხმარების მოთხოვნის საფუძველზე, ან ინდივიდუალური ელემენტების დირექტიული თბური წინაღობის სიდიდეების საფუძველზე. ენერგოპასპორტის ნაწილი, სადაც განსაზღვრულია ენერგოეფექტურობის რეიტინგი მოცემულია ნახ-ზე 2.1.

„ენერგოპასპორტის“ ელექტრონული პროგრამით შეიძლება გაკეთდეს თბური საინჟინრო მახასიათებლების სხვადასხვა კომბინაციების



ანალიზი და ამ ცვლადების გამოყენებით, ენერგოპასპორტს შეუძლია განსაზღვროს გათბობის სისტემის შესაფერისი დატვირთვა. ამის მაგალითი მოცემულია 4.2 ქვეთავში. ენერგოპასპორტის შედეგებზე დაყრდნობით დანახარჯები-მოგების ანალიზის ჩატარება ადვილია ყველაზე რენტაბელური გაუმჯობესებების განსაზღვრის მიზნით, რომელიც საგრძნობლად შეამცირებს გათბობის სისტემის დატვირთვას ზამთარში, შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის გაუმჯობესებული თბური მახასიათებლის მეშვეობით.

შენობის ენერგოეფექტურობის ტიპები	
კოლიჯოული/(მ <sup>2</sup> .°C.დღე)	
<p>ახალი და გარემონტებული შენობებისათვის</p>  <p>ძალიან მაღალი - A</p> <p>&lt;46</p>	
 <p>მაღალი - B</p> <p>47-84</p>	
 <p>ნორმალური-C</p> <p>85-98</p>	
შენობებისათვის	
 <p>დაბალი -D</p> <p>99-164</p>	
 <p>&gt;165 ძალიან დაბალი -E</p>	

**ნახ 2.1:** ენერგოპასპორტის ნაწილი, სადაც განსაზღვრულია ენერგოეფექტურობის რეიტინგის კატეგორია.

ენერგოაუდიტში ენერგოეფექტურობისა და შენახვის მისაღწევ საშუალებებს, ენერგომენეჯმენტის პროგრამის კონტექსტში, შეიძლება ეწოდოს ენერგომენეჯმენტის შესაძლებლობა. ფასისა და

დანერგვის სირთულის შესაბამისად, ენერგომენეჯმენტის შესაძლებლობები კლასიფიცირებულია ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში 2.1:

### ცხრილი 2.1

ენერგომენეჯმენტის შესაძლებლობის კატეგორია	კაპიტალური დანახარჯები
I კატეგორია	პრაქტიკულადარმოითხოვსინვესტიციებსდასამშენებლო სამუშაოებისშეჩერებას. ჩვეულებრივმოითხოვსშენობისექსპლუატაციისზოგადი ღონისძიებებისგატარებას.
II კატეგორია	სჭირდებაანაკლებად ძვირი ინვესტიცია–სამშენებლო სამუშაოების უმნიშვნელო წყვეტით. მაგ. მოწყობილობის გამოსართავი ტაიმერების დაყენება, არაეფექტური განათების შეცვლა და ა.შ.
III კატეგორია	სჭირდება შედარებით ძვირადღირებული კაპიტალური ინვესტიცია.

### 2.2 ენერგოაუდიტის პროცედურების სტრუქტურა

პირველ თავში განვიხილეთ მთავარი მოთამაშეები და ენერგოაუდიტის პროგრამა. ამ თავში წარმოდგენილია ენერგოაუდიტის პროცედურების ერთ-ერთი ვერსია, რომელიც ეყრდნობა (ძალიან ზოგადად) – ენერგოეფექტური დაგეგმარებისა და მართვის სახელმძღვანელოს, I ნაწილი: ენერგოეფექტურობის მენეჯმენტი კანადურ კონტექსტში (Energy Efficiency Planning and Management Guide, Part 1: Energy Efficiency Management in the Canadian context, 1.4 Energy auditing). არ არსებობს კანადური სახელმძღვანელოს, როგორც მოდელის, გამოყენების განსაკუთრებული მიზეზი. არსებობს რამდენიმე სტანდარტული მიდგომა, რომელიც განვითარებული ეკონომიკის ქვეყნებში

გამოიყენება (ევროკავშირი, აშშ და ა.შ.). ისინი ერთმანეთისგან განსხვავდება გარკვეული დეტალებითა და ფრაზეოლოგიით, თუმცა ძირითადი მიდგომა ენერგოაუდიტისადმი ერთი და იგივეა. აუდიტის ამ სტანდარტულმა მიდგომებმა საშუალება მოგვცა, შეგვექმნა აუდიტის ზოგადი პროცედურები, რომელთაც რეკომენდაციას ვუწვევთ საქართველოსათვის.

შენობების ენერგოაუდიტის ღონისძიებები მოიცავს ინფორმაციის შეგროვებას, ობიექტის ინსპექტირებას, შეფასებასა და ანალიზს, ასევე რენტაბელური ღონისძიებების დადგენას.

ზოგადი ენერგოაუდიტი შედგება ოთხი ძირითადი საფეხურისაგან::

- აუდიტის ინიცირება;
- აუდიტის მომზადება;
- აუდიტის ჩატარება;
- აუდიტის შედეგების მოხსენება.

როგორც ამ თავშია მოცემული, აუდიტის სტრუქტურა შეიძლება განვიხილოთ, როგორც თანმიმდევრული მოქმედებების ნაკრები, რომელსაც შეიძლება ადვილად მისდიოს გამოუცდელმა პიროვნებამაც კი. აღნიშნულ ოთხ საფეხურს გააჩნია რამდენიმე ქვე-საფეხური.

## 2.2.1 საფეხური I – აუდიტის ინიცირება

### *გადაწყვეტილება ენერგოაუდიტის ჩატარების შესახებ*

კომპანიის/ორგანიზაციის უმაღლესი ხელმძღვანელობა აუდიტის პროცესში დასაწყისიდანვე უნდა იყოს ჩართული. როგორც კლიენტი, უმაღლესი მენეჯმენტი, არის აუდიტის საბოლოო ანგარიშის მიმღები, მაგრამ მისი საქმიანობა მხოლოდ ამით არ უნდა შემოიფარგლებოდეს. მენეჯმენტმა თავიდანვე უნდა უხელმძღვანელოს აუდიტის ადგილის შერჩევას, რომელიც ასევე ამ ეტაპზე ხდება. მოწვეულმა აუდიტორებმა, რომლებიც მუშაობენ უცნობ გარემოში, უნდა გამოიყენონ ქვემოთ მოყვანილი ორი მეთოდიდან ერთ-ერთი აუდიტის ობიექტის განსასაზღვრად:

ა) შერჩევის დროსპრიორიტეტი ენერგომოხმარებას ენიჭება – ამ გზით შესაძლებელია პრობლემური არეების განსაზღვრა და მათზე ფოკუსირება, მაგრამ სათანადოდ არ მუშაობს ისეთ შემთხვევებში,

თუ ორ ან მეტ ობიექტს ენერგომოხმარების მსგავსი პროფილი გააჩნია ან თუ ენერგომოხმარება სხვადასხვა უბანზე გაუმართლებლად გაზრდილია.

ბ) ენერგომოხმარების განსაზღვრა იატაკის ფართობის ერთეულზე ობიექტების შერჩევის დამატებით ადეკვატურ მეთოდს წარმოადგენს ობიექტების პრიორიტეტულობის განსაზღვრისთვის. ეს კარგი მეთოდია განსხვავებული (სხვადასხვა ზომისა და ტიპის) ობიექტებისთვის ათვლის საერთო წერტილის განსასაზღვრად, იმ შემთხვევაში, თუ მათ ენერგომოხმარების მსგავსი დონე გააჩნიათ. თუმცა ამ მეთოდს არ შეუძლია გაითვალისწინოს განსხვავებები მოხმარებაში ობიექტის სამუშაო პერიოდის განმავლობაში (პიკური/არაპიკური გამოყენებას, ცვლები და ა.შ.)

#### *აუდიტის მიზნებისა და კრიტერიუმების განსაზღვრა*

აუდიტის მიზნები (ერთი ან მეტი) უნდა განსაზღვროს კლიენტი კომპანიის/ორგანიზაციის უმაღლესმა მენეჯმენტმა. ისევ და ისევ, ეს მიზნები საკმაოდ სტანდარტულია და ჩვეულებრივ მოიცავს შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციიდან ენერგოდანაკარგების აღმოჩენას და მათი მოცულობის დადგენას, ენერგოეფექტურობის შესაძლებლობების მინიშნებას, ორგანიზაციის შიდა ენერგოპოლიტიკასთან შესაბამისობის შემოწმებას ან რეკომენდაციების მიცემას შესწორებების შესატანად, და ა.შ. (Natural Resources Canada).

აუდიტის შედეგებს, რომელმაც უნდა აღწეროს ენერგომენეჯმენტის მდგომარეობა კომპანიაში/ორგანიზაციაში, ნაკლები ღირებულება შეიძლება ჰქონდეს თუ ის შედარებული არ იქნა უკვე არსებულ პოლიტიკასთან, პრაქტიკასთან, პროცედურებთან ან მოთხოვნებთან. ეს კრიტერიუმები შეიძლება მოიცავდეს ნორმებს, ღირეპტივებს, განსაზღვრულ ორგანიზაციულ, საკანონმდებლო თუ მარეგულირებელ მოთხოვნებს. თუმცა განვითარებული ქვეყნების ფარგლებს გარეთ (საქართველოში, მაგალითად) ასეთი კრიტერიუმები ადგილობრივად შეიძლება არც კი არსებობდეს და აუდიტორები იძულებულნი არიან მიმართონ სხვა ქვეყნების საუკეთესო გამოცდილებას და ნორმებს, და ა.შ.

#### *აუდიტორ(ებ)ის შერჩევა*

აუდიტორების (ცალკეული პიროვნების ან კომპანიის) შერჩევა უნდა იყოს პირველი ლოგიკური ნაბიჯი ენერგოაუდიტის პროცესში. აუდიტორმა უნდა ითამაშოს გადამწყვეტი როლი აუდიტის მოცულობისა და კრიტერიუმის განსაზღვრაში, ასევე ობიექტის შერჩევაში. მაშინაც კი, როდესაც კომპანიაში/ორგანიზაციაში არსებობს პროფესიონალი, რომელიც აუდიტის ჩასატარებლად საკმაოდ კვალიფიცირებულია, მაინც სჯობს გარე კონსულტანტის აყვანა. ეს გამორიცხავს სუბიექტურობას და იქნება აუდიტის შესრულების დამოუკიდებლობისა და ობიექტურობის გარანტია. ისეთ ქვეყნებში, როგორცაა საქართველო, სადაც შედარებით ნაკლებია ენერგოაუდიტის გამოცდილება და გამოცდილი აუდიტორების რაოდენობა, სასურველია, აუდიტორის ფრთხილად შერჩევა, მისი რეკომენდაციების, წარსული სამუშაო გამოცდილებისა და სერტიფიცირების გათვალისწინებით.

### *აუდიტის მოცულობის განსაზღვრა*

პირველი, რაც კლიენტმა უნდა გააკეთოს აუდიტორის დაქირავებისთანავე, არის მასთან ერთად აუდიტის მოცულობის განსაზღვრა. აუდიტის მოცულობა განსაზღვრავს მის დონეს და საზღვრებს, იმის გათვალისწინებით, თუ სად ტარდება აუდიტი, როგორაა ის ორგანიზებული, როგორ ხდება შედეგების შეტყობინება (აქ იგულისხმება არამარტო ანგარიშის ტიპი, არამედ სიხშირეც – კლიენტს ყოველკვირეულად სურს შედეგების გაგება, ერთი საბოლოო მოხსენება საკმარისია, არის თუ არა რეგულარული საქმიანი შეხვედრები დაგეგმილი და ა.შ.). უმჯობესია აუდიტის ინსპექტირების ჩამონათვალის შედგენა ან უკვე არსებული მრავალი მსგავსი ჩამონათვალიდან ერთ-ერთის გამოყენება.

დიდ, კომპლექსურ ობიექტზე, აუდიტის საზღვრების დადგენა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია. ყოველთვის არსებობს იმის საშიშროება, რომ აუდიტორი და კლიენტი “გაერთონ” და დაადგინონ სამუშაოს არარეალური მოცულობა, როგორცაა ბევრი არასაჭირო პროცესი, დანადგარი, ობიექტის ნაწილები. ასეთი სამუშაოს თავიდან მოცილებითა და ყურადღების გამახვილებით აუდიტის ყველაზე მნიშვნელოვან კომპონენტებზე, აუდიტის ეფექტურობა მნიშვნელოვნად შეიძლება გაიზარდოს, რაც დაზოგავს ფულს, დროსა და სამუშაოს. ამგვარად, მიზანშეწონილია შედარებით პატარა მოცულობის აუდიტის დაწყება და შემდეგ მისი გაფართოება, ვიდრე არაპრაქტიკულად დიდი აუდიტის ჩატარება. აუცილებელია, აუდიტორმა თავისი ნიჭი, უნარი, ფული და დრო შეუსაბამოს

აუდიტის მოცულობას. არ შეიძლება ხარისხი შეეწიროს მეტი კომერციული საქმიანობის წარმართვის სურვილს.

*აუდიტის წინა ვიზიტის განხორციელება, რესურსებისა და კლიენტის თანამშრომლობის უზრუნველყოფა*

წარმატების უზრუნველსაყოფად აუდიტორს კარგი ურთიერთობა უნდა ჰქონდეს ობიექტის პერსონალთან, სადაც ის მუშაობს. უხალისო და თანამშრომლობისთვის არგანწყობილ ადამიანებთან ურთიერთობამ შეიძლება გამოიწვიოს ბევრი ზედმეტი გართულება აუდიტორის სამუშაოს პროცესში. ობიექტზე მომუშავე ადამიანებს უნდა გააცნონ აუდიტის მიზნები და მოცულობა, იკითხონ მათი რჩევა. სასურველია, ობიექტზე გაცნობითი ვიზიტის ჩატარება. ეს საბოლოოდ დაზოგავს დროს და წინასწარ გახდის ცხადს სადავო საკითხებს, რომელიც, უყურადღებობის შემთხვევაში, შემდგომში აუდიტის ბევრ ძვირფას დროს წაიღებს. გარდა ამისა, წინასააუდიტო ვიზიტი იძლევა ობიექტის უკეთესი სურათის ჩამოყალიბების საშუალებას, ისეთი არეების გამოყოფის შესაძლებლობას, რომელთაც განსაკუთრებული ყურადღების მიქცევა სჭირდებათ, პერსონალთან კარგი ურთიერთობების დამყარების საშუალებას, საჭიროების შემთხვევაში აუდიტის გეგმის შესწორებების შეტანის (როგორცაა მოცულობა, განრიგი და ა.შ.) და რესურსების უზრუნველყოფის შესაძლებლობას. ასევე შეიძლება მიზანშეწონილი იყოს წინა სააუდიტო კითხვარების/ინსპექტირების ჩამონათვალის წარმოება.

რესურსების უზრუნველყოფა შეიძლება გახდეს წარმატებული აუდიტის საფუძველი. რესურსები უნდა განაწილდეს აუდიტის მიზნებისა და მოცულობის შესაბამისად.

წინასააუდიტო მოქმედებები უნდა შეიცავდეს (Natural Resources Canada):

- აუდიტორისთვის საჭირო სამუშაო სივრცის უზრუნველყოფას;
- აუდიტორისთვის პასუხისმგებელი და კომპეტენტური მეგზურის გამოყოფას;
- აუდიტორის მოთხოვნის საფუძველზე მის შეუზღუდავ დაშვებას შენობებში, პერსონალთან, საჭირო ინფორმაციასთან და ჩანაწერებთან;
- გაზომვებისა და მონაცემების შეგროვების უზრუნველყოფას;

- აუდიტორის ინფორმირებას ორგანიზაციაში ჯანმრთელობის დაცვის, უსაფრთხოების, სხვა მსგავსი მოთხოვნებისა და პოტენციური რისკების შესახებ.

აუდიტის ისეთი განრიგის დადგენა, რომელიც აწყობს აუდიტორს და ასევე ერგება ობიექტის სამუშაო განრიგს, ასევე წარმოადგენს მნიშვნელოვან აუდიტისწინა ნაბიჯს.

## 2.2.2 საფეხური 2 – აუდიტის მომზადება

### *აუდიტის მიდგომის განსაზღვრა*

აუდიტის საწყის ეტაპზე, არსებულ ინფორმაციაზე დაყრდნობით, აუდიტორი და კლიენტი უნდა შეთანხმდნენ, რა ტიპის აუდიტის ჩატარებას ისახავენ მიზნად. პირველ რიგში, მათ უნდა გადაწყვიტონ, მთლიანი ობიექტი დეტალურად იქნება შემოწმებული, თუ აუდიტი კონცენტრირებას მოახდენს სხვადასხვა ენერგომომხმარებელ სისტემებზე. აუდიტის მიზნები, დაგეგმილი სამუშაოს მოცულობა, ასევე სააუდიტო ობიექტის სპეციფიკა განსაზღვრავს მოსალოდნელ შედეგს. კლიენტი, რა თქმა უნდა, შეიძლება დაკმაყოფილდეს პოტენციური ენერგომენეჯმენტის შესაძლებლობების მარტივი მონახაზით, თუმცა ძირითადად ორი სახის შედეგია მოსალოდნელი (იხილეთ 2.1):

“სტანდარტული აუდიტი (ზოგადი)” სტანდარტული აუდიტი რომელიც მოწყობილობების, სისტემებისა და საექსპლუატაციო მახასიათებლების დეტალური განხილვისა და ანალიზის გზით ახდენს ენერგომომხმარებისა და ენერგოდანაკარგების რაოდენობრივი მახასიათებლების დაადგენას. ამას შეიძლება დაემატოს ობიექტზე ჩატარებული ზოგიერთი გაზომვა და ტესტირება, რათა გაიზომოს სხვადასხვა სისტემის ეფექტურობა და მათ მიერ მოხმარებული ენერჯის რაოდენობა.

“სრული - კომპიუტერულ მოდელირებაზე დაფუძნებული” აუდიტი ითვალისწინებს შენობებში (საცხოვრებელ და ყველა ტიპის საზოგადოებრივ შენობაში) ენერჯის მოხმარების ნიმუშების უფრო სრულ შეფასებას სისტემური მიდგომის გამოყენებით, რათა შესაძლებელი გახდეს ენერგოდამზოგი შესაძლებლობების დადგენა და ენერგომომხმარების პრაქტიკისა და რენტაბელური ღონისძიებების განზოგადება.

შეიძლება ისე მოხდეს, რომ კლიენტმა აირჩიოს სკანირების მოდელი, მაგრამ აუდიტის პროცესში აშკარა გახდეს უფრო დეტალური აუდიტის აუცილებლობა. ასეთ შემთხვევაში, თუ კლიენტი თანახმაა და მოითხოვს აუდიტის დონის გაზრდას, აუდიტორმა უნდა მისცეს ფორმალური თანხმობა იმ შემთხვევაში, თუ არსებობს ადეკვატური დამატებითი რესურსები, ასევე დამატებითი ინფორმაციის მიღების შესაძლებლობა.

### *აუდიტის გუნდის შექმნა*

აუდიტის კარგი გუნდი წარმატების ერთ-ერთი ძირითადი ელემენტია. რა თქმა უნდა, კარგ სააუდიტორო კომპანიას შეიძლება ჰყავდეს აუდიტორების მუდმივი გუნდი, მაგრამ ხშირად ასეთი გუნდი სპეციალურად მოცემული შემთხვევისათვის იქმნება, ანუ დამოკიდებულია აუდიტის სპეციფიკურ საჭიროებებსა და მიზნებზე. მაშასადამე, გუნდის ზომა და შემადგენლობა განისაზღვრება მას შემდეგ, რაც სააუდიტო ობიექტის შესახებ საკმარისი ინფორმაცია იქნება უზრუნველყოფილი. აუდიტის გუნდის ხელმძღვანელი ირჩევს გუნდის ცალკეულ წევრებს და აკეთებს ინდივიდუალური როლებისა და პასუხისმგებლობების დელეგირებას წევრების კვალიფიკაციის გათვალისწინებით. უნდა მოხდეს ინტერესების პოტენციური კონფლიქტების გათვალისწინება და კლიენტის ინფორმირება გუნდის შემადგენლობის შესახებ.

### *მონაცემების და ინფორმაციის შეგროვება*

მონაცემების სანდოობა შეიძლება გადაიქცეს წარმატებული აუდიტის გადამწყვეტ ფაქტორად. გამოთვლების ხარისხი, ისევე როგორც საბოლოო რეკომენდაციები და გადაწყვეტილებები უშუალოდ უკავშირდება ინფორმაციის ხარისხს. ამგვარად, მონაცემების შეგროვების ეტაპი გადამწყვეტია აუდიტის პროცესში. მონაცემების მიღება უნდა მოხდეს შემდეგი წყაროებიდან:

- კომუნალური მომსახურების ქვითრებიდან;
- ობიექტის არქიტექტურული და საინჟინრო გეგმებიდან;
- ადგილობრივი კლიმატური ცნობარიდან<sup>4</sup>,
- კომპანიის/ორგანიზაციის ენერგომოსხმარების მონაცემების ჩანაწერებიდან.

<sup>4</sup>საქართველოში ეს მონაცემები სისტემატიზებულია საქართველოს გამოყენებით სამეცნიერო ცნობარში. I ნაწილი. გამოყოფილი კლიმატური ინდექსები.



აუდიტორებს დასჭირდებათ აუდიტის დაწყებამდე მინიმუმ ერთი წლის განმავლობაში მიღებული ენერჯის ყველა წყაროს კომუნალური ქვითრები - ელექტროენერჯის, ბუნებრივი აირის, თხევადი საწვავის და წყლის, რომელთაც, როგორც წესი, უნდა ასახონ ობიექტის მიმდინარე ოპერაციები. ენერგომოხმარების მომავალი ტენდენციები უნდა განისაზღვროს ამ მონაცემებზე დაყრდნობით.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ისეთ ქვეყნებში, როგორცაა საქართველო, კომუნალურმა ქვითრებმა შეიძლება სწორად არ ასახოს ენერჯის მოხმარების მოცულობა და ხასიათი. მაგალითად, ბევრ შედარებით დიდ ობიექტს შეიძლება ჰქონდეს ერთი საერთო მრიცხველი ორი ან მეტი შენობისთვის, რომლებიც ერთმანეთისგან საკმაოდ შორსაა განლაგებული და ამასთან ერთად აქვთ განსხვავებული ოპერაციული სისტემები და სიმძლავრეები. ასეთ შემთხვევებში აუდიტორებმა უნდა მოიძიონ მოწყობილობა/დანადგარების სიმძლავრის მონაცემები და შეუთავსონ ეს მონაცემები დატვირთვის ფაქტორს, დაითვალოს ენერჯის მოხმარება მოწყობილობის თითოეული ერთეულისათვის.<sup>5</sup>

აუდიტორები ეყრდნობიან გეგმებსა და ნახაზებს ობიექტის ზოგადი აღქმისთვის, ენერჯის მომხმარებელი მოწყობილობა/დანადგარების მდებარეობის და ენერჯის ნაკადების განსაზღვრისთვის. ამ გეგმების გამოყენებით აგრეთვე შეიძლება:

- იატაკის, კედლების და ფანჯრის ფართობების გამოთვლა;
- შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის ისეთი კომპონენტების დადგენა, როგორცაა თბოიზოლაცია;
- მრიცხველების ადგილმდებარეობის დადგენა.

ამინდის მონაცემები მნიშვნელოვანია ენერჯის მომხმარებელი ისეთი სისტემების შესასწავლად, როგორცაა გათბობისა და გაცივების სისტემები, რომლებიც პერიოდულად ფუნქციონირებს დადამოკიდებულია გარე ტემპერატურაზე.

---

<sup>5</sup> დატვირთვის ფაქტორი ესაა ენერჯის ის წილი, რომელსაც მოწყობილობა ფაქტობრივად იყენებს მაქსიმუმთან შედარებით.

## *აუდიტის გეგმის, ინსპექტირების ჩამონათვალებისა და სამუშაო დოკუმენტების მომზადება*

აუდიტის შესრულების თანმიმდევრული და სისტემური მიდგომის უზრუნველსაყოფად საჭიროა აუდიტის გეგმისა და ინსპექტირების ჩამონათვალის შედგენა და გამოყენება. აუდიტის გეგმა ისეთი დოკუმენტია, რომელიც ცვლილებისა და განვითარების საშუალებას უნდა იძლეოდეს აუდიტის პროცესში ახალი ინფორმაციის გამოჩენის და/ან პირობების შეცვლის შემთხვევაში. ეს გეგმა მუშავდება აუდიტის გუნდის ხელმძღვანელის მიერ და კლიენტს წარედგინება დასამტკიცებლად. გეგმა ასევე წარედგინება აუდიტის გუნდის წევრებსა და ობიექტის მენეჯმენტს (თუ ეს უკანასკნელი არაა კლიენტი). “ესაა დაგეგმარებისა და კომუნიკაციის უმნიშვნელოვანესი ინსტრუმენტი, რომელიც უზრუნველყოფს აუდიტის მიერ განსახილველი საკითხის დაფარვის თანმიმდევრობასა და სისრულეს და რესურსების ეფექტურ გამოყენებას” (Natural Resources Canada).

აუდიტის გეგმა უნდა შეიცავდეს შემდეგ საკითხებს:

- აუდიტის ობიექტის მონაცემებს (ორგანიზაციული და ფუნქციონალური ერთეულები, რომლებსაც აუდიტი უნდა ჩაუტარდეს, მისამართები, საკონტაქტო ინფორმაცია);
- აუდიტის ჩატარების დროს და ადგილს;
- აუდიტის მიზნებს;
- აუდიტის მოცულობას;
- მაღალპრიორიტეტული ენერგოაუდიტის ელემენტების დადგენას;
- ძირითადი აუდიტორული საქმიანობების სავარაუდო ვადებს და ხანგრძლივობას;
- აუდიტის გუნდის წევრების სიას;
- აუდიტის დამკვეთის ხელმძღვანელობასთან ჩასატარებელი შეხვედრების გრაფიკს;
- კონფიდენციალურობის მოთხოვნებს;
- აუდიტის ანგარიშის შინაარსს და ფორმატს, წარდგენის სავარაუდო თარიღს და განაწილებას.

ინსპექტირების ჩამონათვალი წარმოადგენს “საგზაო რუკის” ვარიანტს, რომელიც უზრუნველყოფს აუდიტის დასახული მიზნის წარმატებით მიღწევას დროის მინიმალური რაოდენობის გამოყენებისა და აუდიტის გეგმაში წარმოდგენილი ყველა ძირითადი საკითხის გათვალისწინებით. დღესდღეობით ინსპექტირების

ჩამონათვალის მრავალი ვერსია არსებობს, მაგრამ საქართველოს შემთხვევაში ჩვენ რეკომენდაციას ვაძლევთ ENSI International–ის მიერ შემუშავებულ ინსპექტირების ჩამონათვალს, ვინაიდან ჩვენი რეკომენდაცია ასევე არის აუდიტის ჩატარება ENSI-ის საკვანძო რიცხვების კომპიუტერულ პროგრამაზე დაყრდნობით. ENSI ინსპექტირების ჩამონათვალი მოცემულია ამ წიგნის პირველ დანართში. იგი შეიცავს შემდეგ ძირითად პუნქტებს:

- ზოგადი მონაცემები, როგორცაა – პროექტის/შენობის/ადგილმდებარეობის სახელწოდება, კლიმატური და ენერგოაუდიტის გუნდის მონაცემები;
- შენობის ფუნქციონირება, მ.შ. ექსპლუატაციაზე და ტექნიკურ მომსახურებაზე პასუხისმგებელი პერსონალი/კომპანია; ექსპლუატაციისა და ტექნიკური მომსახურების არსებული კონტრაქტები; დადგმული მრიცხველები და ა.შ.
- შენობის შიდა გარემო, გამოყენების და გათბობის განრიგები;
- მოხმარება, ენერჯისა და წყლის მოხმარების ჩათვლით;
- შენობის შემზღუდავი კონსტრუქცია, გარე კედლების; ფანჯრები, კარების, სახურავის, სახურავის ფანჯრების, იატაკის ჩათვლით; ღონისძიებები - შენობის შემზღუდავი კონსტრუქცია;
- გათბობის სისტემა, გათბობის სისტემის ღონისძიებების ჩათვლით;<sup>6</sup>
- ვენტილაციის სისტემა, ვენტილაციის სისტემის ღონისძიებების ჩათვლით;
- ცხელწყალმომარაგება, ცხელწყალმომარაგების ღონისძიებების ჩათვლით;
- ვენტილატორები და ტუმბოები, ვენტილატორებისა და ტუმბოების ღონისძიებების ჩათვლით;
- განათების სისტემა, განათების სისტემის ღონისძიებების ჩათვლით;
- სხვადასხვა, სხვადასხვა ღონისძიებების ჩათვლით;

---

<sup>6</sup>ადგილის დაზოგვის მიზნით აქ მოყვანილია ინსპექტირების ჩამონათვალის მხოლოდ ყველაზე ძირითადი საკითხები. ფაქტობრივად, “გათბობის სისტემა” გვაწვდის დეტალურ ტექნიკურ მონაცემებს მოწყობილობების შესახებ, ასევე, მაგალითად, ავტომატური კონტროლის, განაწილების სისტემის და სხვა, იმ დროს, როდესაც “ღონისძიებები” შეიცავს 19 სტანდარტულ ვარიანტს და გვთავაზობს ადგილს გაუთვალისწინებელი შემთხვევისთვის. ანალოგიურად შეიძლება ინსპექტირების ჩამონათვალში მოცემულ სხვა სისტემებზე მსჯელობა.

- გამაგრილებელი (ჰაერის კონდიციონერების) სისტემები, გამაგრილებელი (ჰაერის კონდიციონერების) ღონისძიებების ჩათვლით;
- შენობის გარე ტერიტორია, შენობის გარე ტერიტორიის ღონისძიებების ჩათვლით.

### *წინასწარი ანალიზის ჩატარება*

აუდიტის საწყის ეტაპზე ტარდება მონაცემების წინასწარი ანალიზი ობიექტზე ზოგადი წარმოდგენის შესაქმნელად, ისევე როგორც დარჩენილი სამუშაოს რაოდენობის შესაფასებლად და სამუშაო გეგმაში შესწორებების შესატანად. ეს ასევე გულისხმობს ენერგომომხმარების ძირითადი არეების დადგენას, კომუნალური ქვითრების შეგროვებასა და ანალიზს, სახელდობრ ბუნებრივი აირის და ელექტროენერჯის, აგრეთვე თხევადი საწვავის და ნახშირის (თუ ასეთი გამოიყენება). ამ ეტაპის მთავარი შედეგი არის ობიექტის ენერგობალანსი, რომელიც გამოითვლება ზემოთმოყვანილი ინფორმაციის საფუძველზე და მოწმდება ენერგომომხმარების კომპონენტების საფუძველზე. ეს აუდიტორს აძლევს საშუალებას, გამოყოს ის არეები, სადაც ენერგია ყველაზე დიდი რაოდენობით მოიხმარება და შემოინახოს ისინი უფრო საფუძვლიანი გამოკვლევისთვის შემდგომი ვიზიტების განმავლობაში.

### 2.2.3 საფეხური 3 – აუდიტის განხორციელება

#### *შესავალი კრების ჩატარება*

აუდიტის დაწყება აუცილებელია აუდიტის გუნდის და კლიენტის პერსონალის ერთობლივი შესავალი კრების ჩატარებით. ამ შეხვედრის წარმატებაზე ბევრია დამოკიდებული, იგი განსაზღვრავს აუდიტის ხასიათს. შეხვედრის დროს სასურველია შემდეგი პუნქტების განხილვა:

- აუდიტის მიზნები (ამოცანები), მოცულობა და გეგმა;
- აუდიტის გეგმაში, საჭიროებისამებრ, ცვლილებების შეტანა;
- აუდიტის მეთოდოლოგია;
- აუდიტის დროს საკომუნიკაციო კავშირები;
- რესურსებისა და ობიექტების ხელმისაწვდომობა;

- მმართველ გუნდთან შეხვედრების გრაფიკი (დასკვნითი კრების ჩათვლით);

ამ შეხვედრამ ხელი უნდა შეუწეოს ორ ჯგუფს შორის ურთიერთგაგებას. ასევე რეკომენდებულია, აუდიტის გუნდის ხელმძღვანელმა კლიენტის წარმომადგენლებს აუდიტის შეზღუდვები გააცნოს. ეს გამართლებულია, რადგან გამოკვლევა დაფუძნებულია შეზღუდულ დაკვირვებებზე და მისი შედეგები წარმოადგენს რეკომენდაციებს კლიენტის შემდგომი მოქმედებისათვის და არა მზა მენეჯერულ გადაწყვეტილებებს.

### *საწყისი შემოვლითი ტურის ჩატარება*

ვინიდან გუნდის ზოგიერთი წევრი (უფრო ხშირად კი მათი უმეტესობა), შეიძლება, ობიექტზე ადრე არ ყოფილა, აუცილებელი ხდება ობიექტის საწყისი შემოვლითი ტურის ჩატარება. ეს ხელს უწყობს ორიენტაციასა და პრობლემატური სფეროებისა და ძირითადი პრობლემების მინიშნებას. ასეთი “შემოვლები” აუდიტის მომდევნო ეტაპებზეც შეიძლება განმეორდეს სიდრმისეული კვლევისა და დაკვირვების საწარმოებლად.

### *ობიექტის აუდიტის განხორციელება გეგმის მიხედვით, ინფორმაციის შეგროვება*

ძალიან მნიშვნელოვანია აუდიტის გეგმის რაც შეიძლება გულდასმით დაცვა მთლიანი წარმატების მიღწევის უზრუნველსაყოფად. აუდიტის გეგმის უმნიშვნელოვანესი კომპონენტი – ინსპექტირება, მოიცავს ინტერვიუს, ობიექტური მონაცემების შეგროვებასა და დაკვირვებებს. ეს სრულდება (თუ საჭიროა) გაზომვითა და აღრიცხვით აუდიტორის მიერ. ასეთ შემთხვევებში უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ობიექტის პერსონალის მხარდაჭერა. ასეთი ინსპექტირება უნდა ჩატარდეს ჩვეულებრივ სამუშაო საათებში, მაგრამ შეიძლება საჭირო გახდეს არასამუშაო ვიზიტებიც, იმისათვის, რომ გაირკვეს, ტყუილად ხომ არ მუშაობს რაიმე მოწყობილობა/დანადგარი ან სხვა რაიმე ხარვეზის, გამოსააშკარავებლად, რომელიც მომუშავე მოწყობილობების შემთხვევაში შეიძლება არ გამოვლინდეს. ინსპექტირების ჩამონათვალი აუდიტის ამ ეტაპზე გამოიყენება პრობლემური არეების დასადგენად და ენერგომენეჯმენტის შესაძლებლობების განსასაზღვრად. ეს ყველაფერი უნდა გადაიხედოს და შემოწმდეს აუდიტის შემდგომი ეტაპების განმავლობაში, დიაგნოსტიკური

მეთოდოლოგიის გამოყენებისას. ამ დროს შეიძლება საჭირო გახდეს სხვა ჩვენებები და დამატებითი ღონისძიებებისა და აღრიცხვის ჩატარება. შედეგად, აუდიტორებს შეუძლიათ მოახდინონ ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესებაზე მიმართული ღონისძიებების გამოთვლა და ფორმულირება.

*ინფორმაციის ანალიზი; აუდიტის შედეგების შეფასება; ენერგომენეჯმენტის ძირითადი შესაძლებლობების განსაზღვრა*

აუდიტორების მიერ ხდება აუდიტის დროს შეგროვებული ინფორმაციის განხილვა და წინასწარი შედეგებისა და დასკვნების ფორმულირება. ასეთი დასკვნები უნდა შემუშავდეს კონსენსუსის საფუძველზე, ისევე როგორც რეკომენდაციები და ენერგომენეჯმენტის შესაძლებლობები. ამ ეტაპზე უნდა მოხდეს მოსალოდნელი ენერგოდაზოგვის პირველი მიახლოებითი რაოდენობრივი გათვლა, რომელიც საკმაოდ ადვილია ENSI საკვანძო რიცხვების კომპიუტერული პროგრამის გამოყენებით.

*ენერგომენეჯმენტის შესაძლებლობების მიმოხილვა კლიენტის წარმომადგენელთან ერთად, საბოლოო შეხვედრის ჩატარება.*

საბოლოო შეხვედრამდე აუდიტის შედეგები უნდა იქნას წარდგენილი და მოკლედ განხილული კლიენტის წარმომადგენელთან. ამგვარად ხდება განსახილველი საკითხების თემების და რაოდენობის შემცირება საბოლოო შეხვედრის დროს. აუდიტის შედეგები და დასკვნები წარედგინება ობიექტის მენეჯმენტს. შეხვედრის შემდეგ ობიექტის წარმომადგენლებს აუდიტის შედეგებზე ნათელი წარმოდგენა უნდა ჰქონდეთ, მათ უნდა აღიარონ და დაეთანხმონ მათ (ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესების ღონისძიებების ჩათვლით, თუმცა დეტალიზაციის გარეშე). თუმცა ამის მიღწევა ყოველთვის შესაძლებელი არაა და საჭიროა დამატებითი შეხვედრები და კონსულტაციები განსხვავებების აღმოსაფხვრელად.

## 2.2.4 საფეხური 4 – აუდიტის ანგარიში

*დეტალური ანალიზისა და შეფასების განხორციელება*

სანამ კომპიუტერული მოდელები ფართოდ გავრცელდებოდა, ხშირად ხდებოდა, რომ ობიექტზე ჩატარებული აუდიტორული ღონისძიებები

აუდიტორებს საშუალებას არ აძლევდა ენერგოაუდიტის ინფორმაციის დეტალური ანალიზი ჩატარებინათ. კომპიუტერული მოდელირების საშუალებით აუდიტორები უფრო ზუსტ შედეგებამდე მიდიან იმ საკითხებში, რომლებიც ეხება მოწყობილობა/დანადგარების და სისტემების მიერ გამოყენებული და დაკარგული - ენერჯის რაოდენობას; ასევე დანახოების შეფასებას, რომელიცაა მოსალოდნელი ენერგოეფექტურობის ღონისძიებების დანერგვის შედეგად. კომპიუტერული პროგრამა, როგორცაა ENSI საკვანძო რიცხვების პროგრამა, რომელიც რეკომენდებულია და გამოიყენება საქართველოში, ხელს უწყობს რეალისტური რენტაბელურობის ანალიზის ჩატარებას თითოეული პოტენციური გაუმჯობესების უპირატესობის ჩვენებითა და პრიორიტეტების დადგენის ხელშეწყობით.

*დასკვნების და რეკომენდაციების ფორმულირება, აუდიტის ანგარიშის პროექტის მომზადება და აღნიშნული პროექტის განხილვა აუდიტის დამკვეთის წარმომადგენელთან.*

აუდიტის პროცესის საბოლოო ეტაპზე, ენერგომენეჯმენტის შესაძლებლობების შერჩევა უნდა დასრულდეს და დამტკიცდეს. საქართველოს შემთხვევაში ENSI ეკონომიკური კომპიუტერული პროგრამა გამოიყენება თითოეული არჩეული რენტაბელური ღონისძიების მომგებიანობის გამოსათვლელად. შერჩეული ღონისძიებების ჩამონათვალი უნდა შეფასდეს, როგორც ღონისძიებების სრული ჩამონათვალი, რომელიც ახდენს ეკონომიკური მომგებიანობის პრიორიტეტულ რანჟირებას, დაწყებული ეკონომიური შეფასების თვალსაზრისით ყველაზე რენტაბელური ღონისძიებიდან, ყველაზე ხანმოკლე ამონაგების პერიოდით. ამის შემდეგ შესაძლებელია საბოლოო ანგარიშის პირველი ვარიანტის მომზადება აუდიტის დასკვნებისა და რეკომენდაციების ჩათვლით. როდესაც მოხდება ანგარიშის შინაარსის განხილვა და კლიენტის წარმომადგენლები მას დაეთანხმებიან, ანგარიში შეიძლება დასრულდეს და გადაეცეს დაინტერესებულ პირებს.

*აუდიტის შემდგომი საქმიანობა - ენერგოეფექტურობის დანერგვა*

ენერგოაუდიტის დასრულების შემდეგ, კლიენტის ენერგომენეჯმენტის გუნდი პრინციპში მზად უნდა იყოს, იმოქმედოს ენერგომენეჯმენტის შესაძლებლობის შესაბამისად და ახალი სამუშაო სცენარები შეიმუშავოს. მიუხედავად იმისა, რომ ენერგოაუდიტორი ამ ეტაპზე

არ მონაწილეობს, განვითარებადი ქვეყნის პირობებში მას შეიძლება მიმართონ თხოვნით, ამ პროცესში კონსულტანტის როლი შეასრულოს.

### თავი 3 – ენერჯის აღრიცხვა და ანალიზი

#### 3.1 ენერგეტიკული ბალანსი

ენერგოაუდიტი საკმაოდ ფართოდაა გავრცელებული განვითარებულ ქვეყნებში. შესაბამისად არსებობს ამ ტერმინის საკმაოდ ბევრი მსგავსი განმარტება. ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული განმარტების შესაბამისად “ენერგოაუდიტის საერთო მიზანს, შენობის სისტემების ენერგომოხმარების ეფექტურობის შეფასება წარმოადგენს” (Thumann, A., et al, 2003, Chapter 2). ასეთი შეფასება რომ მოახდინოს, ენერგოაუდიტორი ჩვეულებრივ იწყებს სამუშაოს ობიექტზე შემომავალი ენერჯის ნაკადების დადგენით. ამისათვის ის ამოწმებს კომუნალური მომსახურების მრიცხველების (თუ ასეთი საერთოდ არსებობს, რაც განვითარებად ქვეყნებში საკმაოდ გავრცელებული მოვლენაა) ან იყენებს სხვა, არაპირდაპირ მეთოდებს. ის აგროვებს და განიხილავს მინიმუმ ერთი წლის ქვითრებს ყოველი საწვავისათვის (მაგალითად ელექტროენერჯის, ბუნებრივი აირის, მაზუთის და ნებისმიერი სხვის). შემდეგ ის ადგენს ყოველი ამ საწვავის შემოსული ნაკადის მოცულობას, შლის მათ ცალკეულ ფუნქციებად და ადგენს ენერჯის დაზოგვის პოტენციალს. შეგროვებული ინფორმაცია გამოიყენება ობიექტის საექსპლუატაციო პარამეტრების, პრობლემური არეების და ენერგომენეჯმენტის ხელშემწყობი შესაძლებლობების (ეხშ) დასადგენად; აგრეთვე ენერჯის მოხმარების შემცირების დასაგეგმად და განსახორციელებელი ღონისძიებების ეფექტურობის მონიტორინგის საბაზისო ღონის დასადგენად.

ენერგეტიკული ბალანსის შედგენა წარმოადგენს *სტანდარტული* ან *ყოვლისმომცველი* ღონეების ენერგოაუდიტის მნიშვნელოვან ნაწილს. ეს გულისხმობს ობიექტის ენერგომოხმარების ანალიზს, ენერჯის წყაროების დადგენას, მიწოდებული ენერჯის რაოდენობის განსაზღვრას და იმის დეტალურ აღწერას, თუ რა მიზნით გამოიყენება ენერჯია. ანალიზმა უნდა დაადგინოს მნიშვნელოვანი ფაქტორები, რომელიც ზემოქმედებას ახდენს ენერჯის გამოყენებაზე. მაგალითად, მუშაობის საათები და ცვლილებები დღიურ და წლიურ



დატვირთვებში იმ შემთხვევაში, თუ ქვეყნის კანონმდებლობა ითვალისწინებს განსხვავებულ ენერგოტარიფებს.<sup>7</sup> ენერგეტიკული ბალანსის მომზადების პროცესში, ერთი წლის განმავლობაში მოხმარებული ენერგია შედარებულია ენერგიის თეორიულ რაოდენობასთან, რომელიც ობიექტმა უნდა მოიხმაროს (ინდივიდუალური საბოლოო მოხმარების გაანგარიშებით). ამ პროცესში აღმოჩენილი განსხვავებები ხშირად იძლევა არაეფექტური არეების დადგენის საშუალებას

ენერგეტიკული ბალანსი წარმოადგენს ობიექტზე არსებული დანადგარების ჩამონათვალს და ენერგიის საბოლოო მოხმარების და შესყიდული ენერგიის შედარებას. ენერგიის საბოლოო მოხმარების და შესყიდული ენერგიის შესადარებლად საჭიროა მომზადდეს ობიექტზე არსებული ყველა დანადგარის ჩამონათვალი, მათი ნომინალური (ელექტროენერგია, სითბური ენერგია) ენერგომოთხოვნით ან გამომუშავებით და ტიპური „ჩართული“ დროის გრაფიკით.

### *ენერგეტიკული ბალანსის მომზადება*

ზემოთხსენებული მონაცემები შეტანილ უნდა იქნას ელექტრონულ ცხრილში. ენერგიის მოხმარება შეთანხმებული უნდა იყოს აღრიცხულ მონაცემებთან, სანამ არ დადგინდება მისაღები ( $\pm 5\%$ ) ბალანსი დღე-ღამის და ზამთარ-ზაფხულის გაზომილ მოთხოვნასთან. თუ შესაძლებელი იქნება ელექტროენერგიის გამოყენების 24-საათიანი პროფილის შემუშავება, იგი შეიძლება შევადაროთ გასაშუალოებულ მონაცემებს. ჩვეულებრივ, შეუძლებელია გაზის და სხვა საწვავის საათობრივი მოხმარების მონაცემების მოპოვება. ამგვარად, ენერგიის ამ წყაროებისთვის მხოლოდ ზამთრის და ზაფხულის საშუალო დღიური ბალანსის მოპოვება შეიძლება.

ენერგეტიკული ბალანსი უნდა შედგეს ობიექტზე გამოყენებული ენერგიის ყველა წყაროსათვის. ენერგეტიკული ბალანსის დასასრულებლად უნდა მოხდეს მიწოდებული ენერგიის რაოდენობის შედარება ენერგიის მომხმარებელი ყველა დანადგარების და პროცესების მიერ მოხმარებული ენერგიის რაოდენობასთან. აღნიშნულის განხორციელება შესაძლებელია 12-თვიანი პერიოდის ქვითრების, ან სხვა ჩანაწერების მოძიებით, რათა დადგინდეს ენერგიის სრული წლიური მოხმარება. ტიპურ საოფისე შენობაში

<sup>7</sup>საქართველოს ეს ჯერ-ჯერობით არ ეხება.

ენერჯის მომხმარებელი დანადგარები და პროცესები წარმოდგენილია, მაგალითად: [ორთქლის] ქვაბებით, სამაცივრო დანადგარებით, განათებით, გათბობით, ვენტილაციით და კონდიციონერებით, ოფისის მოწყობილობებით და ა.შ.

შესყიდული ენერჯის და მოხმარებული ენერჯის გამოყენების ერთმანეთთან შედარების პროცესი, ჩვეულებრივ, განმეორებადი პროცესია, როგორც ეს შემდგომ საფეხურებშია მითითებული:

1. კვტსთ დარიცხული = კვტსთ გამოანგარიშებულს?
2. თუ „კი“, ან განსხვავება 5%-ზე ნაკლებია, მაშინ ეს სიზუსტე მისაღებია.
3. თუ „არა“, მაშინ თავიდან უნდა იქნას განხილული და გამოანგარიშებული კვტსთ და უნდა დაეუბრუნდეთ პირველ საფეხურს (Armstrong, T., et al, 2007, p.16).

ელექტროენერჯის და ბუნებრივი აირის მომხმარებელი დანადგარების ენერგოჩანაწერებითვეების მიხედვით წარმოდგენილია ელექტრონულ ცხრილში (ცხრილი 3.1).

**ცხრილი 3.1** ენერგოჩანაწერები თვეების მიხედვით

თვე	ელექტროენერჯია			ბუნებრივი აირი			
	მოხმარებული	დარიცხული	ფაქტობრივი	მოხმარებული	დარიცხული	ფაქტობრივი	მ <sup>3</sup> -იდან კვტსთ-ში გადაყვანილი აირი, მისი თბოუნარობის მიხედვით
იანვარი							
თებერვალი							
მარტი							
აპრილი							
მაისი							
ივნისი							

ივლისი							
აგვისტო							
სექტემბერი							
ოქტომბერი							
ნოემბერი							
დეკემბერი							
სულ							

*დარიცხული ენერჯია*

თითოეულ ქვითარში შეტანილი შესყიდული ენერჯიის რაოდენობა გამოისახება კვტსთ-ში ელექტროენერჯიის შემთხვევაში, ქვანახშირის – ტონებში, ბუნებრივი აირის – მ<sup>3</sup>-ში. იმისათვის, რომ შესაძლებელი გახდეს ამ განსხვავებული მაჩვენებლების აუდიტში გამოყენება, ხდება მათი გადაყვანა ისეთ საერთო ერთეულში, როგორც კვტსთ-ია. ეს იძლევა მათი შედარებითი ანალიზის საშუალებას. ამისთვის გამოიყენება აღნიშნული საწვავების თბოუნარიანობა და ენერჯიის გარდაქმნის კოეფიციენტები.

აუდიტის პროცესში, როდესაც საქმე გვაქვს მთლიან დარიცხულ ენერჯიასთან, ენერგეტიკული ბალანსის სიზუსტის ასამაღლებლად შეიძლება გამოყენებულ იქნას რამდენიმე მეთოდი. კერძოდ, ეს შეიძლება იყოს:

- ენერჯიის წლიური მოხმარების ანალიზი ენერჯიის თითოეული სახეობისათვის;
- შიდა მრიცხველისინფორმაციის გამოყენება, სადაც ეს მრიცხველი არსებობს.

*გამოანგარიშებული ენერჯია*

გამოყენებული ენერჯიის გამოანგარიშებული რაოდენობის დასადგენად, აუცილებელია ადგილზე არსებული ყველა ენერჯიის მომხმარებელი მოწყობილობა/დანადგარის და მათი შესაბამისი ნომინალური დატვირთვების დოკუმენტირება.

მაგალითად, ელექტროენერჯის გამოყენება განათებისთვის და ოფისის მოწყობილობებისთვის ნაჩვენებია ელექტრონულ ცრილში. (ცხრილი 3. 2).

**ცხრილი 3.2** ოფისის განათებისა და მოწყობილობებისათვის ელექტროენერჯის გამოყენების ტიპური მაგალითი

ელექტრო მოწყობილობების ჩამონათვალი	A რაოდენობა	B ელექტრო დატვირთვა	C მუშაობისდრო (სთ/თვე)	D სულ (AxBxC) (კვტსთ/თვე)
განათება				
ვარვარა (ჩვეულებრივი) ნათურები				
კომპაქტური ფლუორესცენტული ნათურები				
ჰალოგენური დაბალი დაბვის ნათურები				
ოფისის მოწყობილობა				
კომპიუტერები				
პრინტერები				
ქსეროქსის აპარატები				
ფაქსის აპარატები				
სულ ელექტროენერჯია				

წყარო: ადაპტირებულია Armstrong, T., et al, 2007, p.17, table 3-2-დან.

*ენერჯის გამოყენების ინდექსი (ეგი)*

შენობის ენერჯის გამოყენების, მისი მსგავსი შენობის ტიპთან შესადარებლად, ან წლიდან წლამდე ენერჯის გამოყენების თვალის მისადევნებლად, საჭიროა საერთო მახასიათებელის (მაგალითად ინდიკატორის) არსებობა. შესაფერის ინდიკატორს წარმოადგენს *ენერჯის კუთრი მოხმარება*, რომელიც გამოისახება როგორც ენერჯის გამოყენების ინდექსი (ეგი). ენერჯის გამოყენების ინდექსი გამოისახება კვტსთ/კვადრატულ მეტრზე წელიწადში (კვტსთ/მ<sup>2</sup>/წ). ის გამოიანგარიშება ელქტროენერჯის და სხვა საწვავების წლიური მოხმარების გადაყვანით კვტ-ებში და შემდეგ შენობის ფართობზე გაყოფით. ეგი ენერგოდაზოგვის შედარებითი პოტენციალის კარგ საზომს წარმოადგენს იმ შემთხვევაში, თუ მას გამოვიყენებთ განსაზღვრული ტიპის შენობის ენერგოაუდიტის კრიტერიუმთან კავშირში. რაც ნაკლებია ეგი, მით ნაკლებია ენერჯის დაზოგვის პოტენციალი.

### *კრიტერიუმები და მათი გამოყენება*

ენერჯის გამოყენების გაყოფით ენერჯის წარმოებაზე იმ ობიექტზე, სადაც აუდიტი ტარდება, ვიღებთ ეგი-ს, რაც სამრეწველო აუდიტისათვის არის უფრო გამოსაყენებელი (ეგი=ენერჯის გამოყენება/გამომუშავების პარამეტრზე). ასევე შეიძლება ენერჯის გამოყენების ინდექსის გამოანგარიშება წლიური, ყოველთვიური და ზოგჯერ, თუ საჭიროა, დღიური ენერჯის მოხმარებისთვის და წარმოებისთვის. ხდება ასეთი გამოანგარიშებული ეგი-ს შედარება სტანდარტულ ეგი-თან იმავე ტიპის სამრეწველო საწარმოებისათვის, რათა დადგინდეს, როგორია იმ ობიექტის ენერჯის მოხმარება, სადაც აუდიტი ტარდება – დაბალი, საშუალო, თუ მაღალი. მოხმარების კრიტერიუმების დასადგენად დროის სხვადასხვა პერიოდებში გათვალისწინებული უნდა იქნას ამინდის და ტემპერატურის გავლენა. ამისათვის არსებობს გრადუს-დღეების მონაცემები.<sup>8</sup> საქართველოსათვის ამგვარი კრიტერიუმების დადგენა შესაძლებელია ძველი საბჭოთა სამშენებლო ნორმების ან სხვა ისეთი ქვეყნების სამშენებლო ნორმებზე დაყრდნობით, რომელთა კლიმატური პარამეტრები შესადარია საქართველოსთან; ან უკვე ჩატარებულ აუდიტებზე დაყრდნობით, და ა.შ.

### *დატვირთვის ფაქტორი (დფ)*

<sup>8</sup> იხილეთ 2.2.2

დატვირთვის ფაქტორი (დფ) ჩვეულებრივ ყურადღებაში მიიღება დიდი სამრეწველო საწარმოებისა და კომერციული შენობებისათვის. ის ასახავს ურთიერთობას ელექტროენერჯიის გამოყენებას (კვტსთ) და მოთხოვნილებას (კვტ) შორის. დფ საზოგადოდ გამოითვლება ელექტროენერჯიის ყოველთვიური გამოყენების შეფარდებით მოთხოვნაზე, შემდეგ საათების რაოდენობაზე დარიცხვის პერიოდში. ეს იძლევა საშუალო მოთხოვნის შეფარდებას პიკურ მოთხოვნასთან და წარმოადგენს დანახარჯების დაზოგვის პოტენციალის კარგ ინდიკატორს (ელექტროენერჯიის ზოგიერთი დატვირთვის არაპიკურ საათებზე გადატანის გზით საერთო მოთხოვნის შესამცირებლად)

მაგალითი:რა არის განუწყვეტლივ მომუშავე ობიექტის დატვირთვის ფაქტორი, რომელიც მოიხმარს 526,200 კვტსთენერჯიას 30 დღიან დარიცხვის პერიოდში და გააჩნია დადგენილი პიკური მოთხოვნა 5.153კვტ-ის ოდენობით? დატვირთვის ფაქტორისგამოთვლის ნიმუში ქვემოთ არის მოყვანილი:

ელექტროენერჯიის ყოველთვიური მოხმარება = 526,200 კვტსთ  
 პიკური მოთხოვნა = 5,153 კვტ  
 მუშაობის მთლიანი საათების რაოდენობა = 210სთ  
 დარიცხვის პერიოდი = 30დღე  
 დატვირთვის ფაქტორი =  $[526,200 \text{ კვტსთ} / 5,153 \text{ კვტ}] / 210 \text{ სთ} = 0.49$

ელექტროენერჯიის მაქსიმალური თეორიული დატვირთვის ფაქტორი ობიექტისათვის, რომელიც მოიხმარს ელექტროენერჯიას უცვლელ დონეზე მოთხოვნის მრიცხველზე აღრიცხული ყველაზე მაღალი მოთხოვნით, ტოლია 1 (ერთის).<sup>9</sup> დატვირთვის ფაქტორი 1 გვიჩვენებს, რომ არ არსებობს გადახრები მოხმარებაში ან მოთხოვნაში დღის პიკური საათების დროს. ობიექტების უმრავლესობა დღე-ღამეში 24 საათის განმავლობაში არ მუშაობს, ამგვარად, დატვირთვის ფაქტორები, ჩვეულებრივ, შესამჩნევად დაბალი იქნება, ვიდრე თეორიული მაქსიმუმი. მაღალი დატვირთვის ფაქტორის მქონე ობიექტებისთვის, მოთხოვნის შემცირების

<sup>9</sup> მოთხოვნის მრიცხველი წარმოადგენს მრიცხველის განსაკუთრებულ ტიპს, რომელიც ჩვეულებრივ გვხვდება დიდ კომერციულ შენობებში და სამრეწველო საწარმოებში. ტერმინი “მოთხოვნა” განსაზღვრავს ენერჯიის პიკურ მოთხოვნას დროის მოცემული ინტერვალისათვის. ენერჯიის მიწოდებლების უმეტესობა ზომავს და შემდეგ უყენებს ანგარიშს თავის “მოთხოვნის მოხმარებელს” უმაღლესი 15 ან 30 წუთიანი მოთხოვნის ინტერვალისათვის თვის განმავლობაში. შესაბამისად, მოთხოვნის მრიცხველი ზომავს როგორც ენერჯიის მოხმარებას (კვ/სთ), ასევე ენერჯიის პიკურ გამოყენებას ანუ მოთხოვნას (კვ).<http://elpaso.apogee.net/foe/ftsdwd.asp>

ერთადერთ საშუალებას უფრო ეფექტური ელექტროდანადგარების დამონტაჟება წარმოადგენს. დაბალი დატვირთვის ფაქტორი იმის კარგი მაჩვენებელია, რომ ობიექტს გააჩნია პიკური მოთხოვნები დარიცხვის პერიოდის გარკვეულ დროს. საჭიროა აღნიშნული პიკური მოთხოვნების დადგენა და გაკონტროლება. მეორეხარისხოვანი დანადგარების ფუნქციონირება შეიძლება შეიზღუდოს პიკური მოთხოვნის პერიოდებში და მათი ფუნქციონირება გადატანილი იყოს არაპიკურ საათებში. აგრეთვე შესაძლებელია რეკომენდაციის გაწევა, რათა მოხდეს შედარებით დიდი დანადგარების სამუშაო გრაფიკის შეცვლა ან მათი მორიგეობით გამოყენება. ენერგომენეჯმენტის კონტროლის მრავალ სისტემას გააჩნია მოთხოვნის შეზღუდვის და დატვირთვის მყისი განტვირთვის შესაძლებლობები, რაც მისაღები დატვირთვის ფაქტორების შენარჩუნების საშუალებას იძლევა. მნიშვნელოვანია დატვირთვის ფაქტორის მონიტორინგი და იმის დადგენა, თუ რა ითვლება ნორმალურად თითოეული ობიექტისათვის, ასევე ელექტროენერჯის გამოყენების და დატვირთვის ფაქტორის ნებისმიერი მნიშვნელოვანი ცვლილების აღრიცხვა.

### 3.2 ენერგომონაცემების ანალიზი

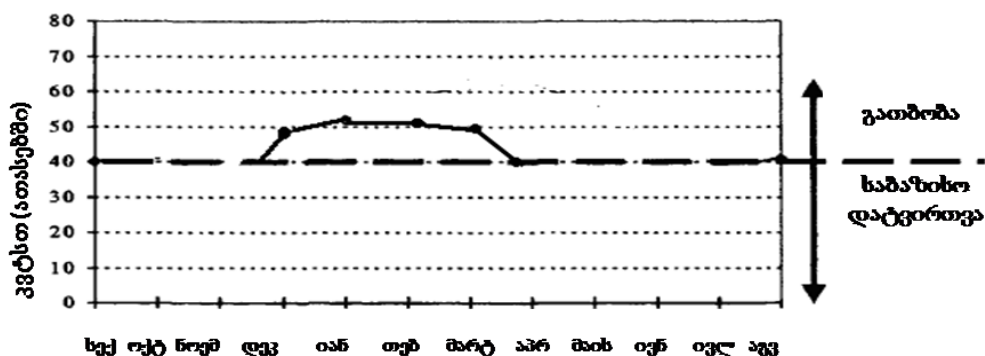
დიაგრამის და მოხმარების მონაცემების ანალიზი მნიშვნელოვანია იმის დასადგენად, თუ როგორ ხდება ობიექტებზე ენერჯის მოხმარება და ყველაზე მეტად რომელი ფაქტორები ზემოქმედებს ენერჯის მოხმარებაზე. აღნიშნულის განხორციელება ხდება შენობაში ენერჯის მომხმარებელი სისტემების განსაზღვრით და იმის დადგენით, თუ როგორ ფუნქციონირებს თითოეული სისტემა მთელი წლის განმავლობაში. ზოგიერთი სისტემები მთელი წლის განმავლობაში ფუნქციონირებენ, მაშინ, როცა დანარჩენები შეიძლება მხოლოდ ზამთრის, ან ზაფხულის დღეებში ფუნქციონირებდნენ. ამ შემთხვევაში, ენერჯის წლიური მოხმარება იყოფა საბაზისო და სეზონურ დატვირთვებად და დანადგარები მისადაგებულია თითოეული კატეგორიისათვის, რაც ხელს უწყობს ყველაზე ენერგოტევადი დანადგარების და სისტემების განსაზღვრას. შესაბამისად, შესაძლებელი ხდება იმ ღონისძიებების შეფასება და წარმოდგენა, რომლებიც იმ უბნებზე შეამცირებს ენერჯის მოხმარებას. ენერგომონაცემები უნდა მოწესრიგდეს და ჩამოყალიბდეს პრეზენტაციის სახით, სქემებით, ცხრილებით და სექტორული დიაგრამებით, რომლებიც აადვილებს მოხმარების ტენდენციების გაგებას და იმის გაცნობიერებას, თუ თითოეული შენობა როგორ იყენებს ენერჯიას. ვიზუალურად წარმოდგენილი

ინფორმაცია უფრო საინტერესოა და მარტივად გასაგები, ვიდრე მხოლოდ ტექსტური ფორმატი.

### საბაზისო დატვირთვები

საბაზისო დატვირთვები არის ენერჯის მომხმარებელი სისტემები, რომლებიც ენერჯიას მოიხმარენ განუწყვეტლივ მთელი წლის განმავლობაში. ენერჯის თითოეული ტიპისთვის საბაზისო დატვირთვის დადგენა შეიძლება ენერჯის მოხმარების, ან ღირებულების მრუდის გასწვრივ ყველაზე დაბალი მოხმარების საშუალო ნიშნულზე ჰორიზონტალური ხაზის გაყვლით.

საბაზისო დატვირთვა არის მოხმარების, ან ღირებულების ნაწილი ხაზის ქვემოთ, როგორც ეს ნახ. 3.1-ში არის ნაჩვენები. ტიპური საბაზისო დატვირთვა მოიცავს განათებას, საოფისე დანადგარებს, მოწყობილობებს, ცხელწყალმომარაგებას და ვენტილაციას.



ნახ. 3.1: საბაზისო და სეზონური დატვირთვების გრაფიკი თბილისისათვის, კ. მელიქიძე

### სეზონური დატვირთვები

სეზონური დატვირთვები, მაგალითად გათბობა და ჰაერის კონდიციონირება, განისაზღვრება, როგორც მოხმარების ან ღირებულების ნაწილი, რომელიც იმ ხაზის ზემოთ არის განლაგებული, რომელიც სქემაზე საბაზისო დატვირთვების დასადგენად გამოიყენება. სეზონური დატვირთვები შეიძლება იყოს ამინდის, ან შენობის ფუნქციონირების ცვლილებების შედეგი. მაგალითად, სასწავლო წელი. მაღალმა სეზონურმა დატვირთვებმა შეიძლება გამოავლინოს ენერჯის მოხმარების შემცირების



შესაძლებლობები გათბობის და ჰაერის კონდიციონირების დანადგარების, ტემპერატურის კონტროლის, შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის ან სხვა სისტემების გაუმჯობესებით, რომლებზეც ზემოქმედებას ახდენს სეზონური ექსპლუატაცია. სეზონური და საბაზისო დატვირთვები ერთმანეთთან დაკავშირებულად უნდა განვიხილოთ, იმისათვის, რომ უკეთ შევიცნოთ რომელიმე მოცემული ობიექტის ენერჯის დაზოგვის პოტენციალი, გამოვავლინოთ ენერჯის მომხმარებელი ის სისტემები, რომელთაც ენერჯის დაზოგვის ყველაზე დიდი პოტენციალი აქვთ (ძირითადად განათება, ცხელწყალმომარაგება, გათბობა და კონდიციონირება).

### *მოხმარების ძირითადი მიმართულებები*

მოხმარების მონაცემების შეფასების ერთ-ერთი ყველაზე მარტივი გზაა კვტს-ში, მოთხოვნაში, ბუნებრივ აირში, ან ღირებულებაში აღმავალი და დაღმავალი ტენდენციების გამოვლენა. ეს შეიძლება განხორციელდეს ორი ან მეტი წლის ყოველთვიური მონაცემების ერთ გრაფიკზე დატანით, ან რამდენიმე წლის მხოლოდ ჯამური მონაცემების გრაფიკის შედგენით.

### *12-თვიანი მორიგეობითი მეთოდი*

მონაცემების შეფასების კიდევ ერთი სასარგებლო მეთოდია 12-თვიანი მორიგეობითი მეთოდი, რომლის შესაბამისად ახალი 12 თვის ჯამი გამოიანგარიშება ყოველთვე, ბოლო თვის გამოკლებითა და ახალი თვის დამატებით. ამ სახის დიაგრამა შედარებით ბრტყელი ხაზია, თუ ენერჯის მოხმარებაში მნიშვნელოვან ცვლილებებს არ ექნება ადგილი. მიუხედავად იმისა, რომ ყოველთვიური რიცხვი არის წლიური ჯამი, ნებისმიერი სწრაფი ცვლილება, იმ თვის განმავლობაში შესრულებული სამუშაოს შედეგი იქნება. ეს დიაგრამა სასარგებლოა აუდიტორისთვის და მას ობიექტის მიერ ენერჯის მთლიანი მოხმარების ტენდენციის დანახვის შესაძლებლობას აძლევს. მაგალითად, თანდათანობითი ზრდა შესაძლებელია მიაწინებდეს, რომ გაიზარდა დატვირთვა ან წარმოება, ან სისტემის ეფექტურობა ნელ-ნელა გაუარესდა. ეს დიაგრამა დიაგნოსტიკური ინსტრუმენტია, ვინაიდან გვიჩვენებს მოხმარებას თვეების მიხედვით და მორიგეობით წლიურ მიმართულებას, ცალკე y-ღერძზე. ამგვარად, წლიური ტენდენციის დიაგრამის შესადგენად საჭიროა 12 თვის მონაცემები (Thumann, A., et al, 2003, Chapter 2).

### 3.3 ენერჯის მომხმარებელი სისტემები

ენერჯის გამოყენების სეზონურ და საბაზისო დატვირთვებად დაყოფის შემდეგ, საჭიროა ობიექტის ძირითადი ენერჯომომხმარებელი სისტემების ჩამონათვალის მომზადება. შემდეგ აუდიტორმა უნდა შეაფასოს, თითოეული ეს სისტემა როდის და რამდენ ხანს მუშაობს წლის განმავლობაში. ამ დროს ყოველი სისტემა უნდა შეფასდეს ენერჯის მოხმარების თვალსაზრისით და დადგინდეს ამ მოხმარებული ენერჯის რაოდენობა. ამ დროს აგრეთვე შესაძლებელია პოტენციური დანაზოგების გამოვლენა. ენერჯის გამოყენების “მიბმით” შენობის განსაზღვრულ სისტემებთან შესაძლებელია ყველაზე დიდი პოტენციური დანაზოგების მქონე უბნების დადგენა. შენობის სხვადასხვა ენერჯოსისტემის მოხმარებაში (%-ში) ცვლილებების წარმოჩენით, შესაძლებელი ხდება ენერჯის ძირითადი მომხმარებელი სისტემების განსაზღვრა და ენერჯის გამოყენების პროფილების შექმნა. როგორც კი მთავრდება საბოლოო მოხმარების პროფილების შეფასება, აუდიტორი იყენებს ამ ინფორმაციას პოტენციური ენერჯომენეჯმენტის ღონისძიებების (ემდ) წინასწარი ჩამონათვალის მოსამზადებლად და ობიექტზე აუდიტორული საქმიანობების პრიორიტეტების დასადგენად.<sup>10</sup>

არსებულ დიდ საცხოვრებელ და კომერციულ შენობებში ყველაზე ზოგადი ენერჯომენეჯმენტის ღონისძიებები საზოგადოდ შემდეგ კატეგორიებად იყოფა:

- შენობის შემზღუდავი კონსტრუქცია
- შენობის ფუნქციონირება
- განათების სისტემები
- გათბობის, ვენტილაციის და ჰაერის კონდიციონირების სისტემები
- გათბობის, ვენტილაციის და ჰაერის კონდიციონირებისგანაწილების სისტემები
- ენერჯომენეჯმენტის კონტროლის სისტემები
- ენერჯო სისტემები
- ცხელწყალმომარაგების სისტემები
- სითბოს აღდგენის შესაძლებლობები

ობიექტის მიერ ენერჯის გამოყენების ტრენდების შეფასება აგრეთვე იწვევს:

- ენერჯის დაზოგვის პოტენციალის რეალისტური შეფასების კრიტერიუმების დადგენას;

<sup>10</sup> ემდ აგრეთვე ცნობილია როგორც ენერჯომენეჯმენტის ღონისძიებები (ემდ).

- ათვლის საბაზისო დონის დადგენას, რომ შესაძლებელი გახდეს რეკონსტრუქციის შემდგომი ენერჯის გამოყენების მასთან შედარება.

აუდიტის სტანდარტული დოკუმენტაციის გარდა, სასურველია, აუდიტის გუნდმა გაავრცელოს კითხვარები საბოლოო მომხმარებლებს შორის, იმ მიზნით, რომ შეგროვდეს ინფორმაცია თბური კომფორტის, განათების კომფორტის, ცალკეული სართულების/ოფისების სამუშაო საათების, ელექტროდანადგარების და აპარატურის და ა.შ. შესახებ. მოპოვებულ ინფორმაციაზე დაყრდნობით აუდიტის გუნდს მიეცემა შესაძლებლობა გააუმჯობესოს შემდგომი აუდიტის საქმიანობა, ისევე როგორც აღმოაჩინოს ხარვეზები არსებულ მონაცემთა ბაზებში. ინსპექტირების შედეგებზე აუდიტორს მიეცემა საშუალება დაადგინოს შენობის თბური მახასიათებლები, აგრეთვე ისეთი ენერჯის მომხმარებელი დანადგარები/სისტემები, როგორიცაა:

- შენობის მახასიათებლები;
- გათბობის, ვენტილაციის და ჰაერის კონდიციონირების სისტემები, მათი კომპონენტები (ვენტილატორები, ტუმბოები, მილსადენები, ჰაერსადენები და ა.შ.) და საექსპლუატაციო მახასიათებლები (ჰაერის მოდინების სიჩქარე, ტემპერატურა, წნევა და ა.შ.);
- სხვადასხვა დანადგარების/სისტემების დატვირთვები, ან გამოყენება;
- სხვადასხვა დანადგარების/სისტემების მართვის მექანიზმები (რეგულატორი, გამშვები, სენსორი, მართვის ლოგიკური სქემები და ა.შ.);
- სინათლის წყაროს სახეები, მათი მახასიათებლები და მართვის მექანიზმები;
- ენერჯის განაწილების სისტემის მახასიათებლები;
- ლიფტის და ესკალატორის დანადგარის საექსპლუატაციო მახასიათებლები (ზონირება, ძრავის ტიპი, მართვის მექანიზმი და ა.შ.)
- ენერჯის მომხმარებელი სხვა დანადგარების/სისტემების მახასიათებლები;
- ჰაერის საცივარი მოწყობილობების ტიპი, მათი სიმძლავრე და საექსპლუატაციო მახასიათებლები (გაცივების წნევა/ტემპერატურა, წყლის ნაკადის სიდიდე/წნევა/ტემპერატურა და ა.შ.)

(The European, 2005, p. 7)

ობიექტის ენერჯის მომხმარებელი დანადგარებისა და სისტემების საექსპლუატაციო მახასიათებლების შედარებას საპროექტო მოთხოვნებთან ან შესაბამის ზოგად საინჟინრო პრაქტიკასთან დიდი მნიშვნელობა აქვს აუდიტორისათვის. ამის საშუალებით შესაძლებელია იმის დადგენა, ამ დანადგარებისა და სისტემების ფუნქციონირება რამდენად შეესაბამება საპროექტო მოთხოვნებს ან ზოგად საინჟინრო გამოცდილებას. არაეფექტურობის დადგენა ასეთი შედარების დამატებით შედეგს წარმოადგენს.

შესადარებელი პარამეტრები მოიცავენ შემდეგს:

- ჰაერის საცივარი მოწყობილობის ეფექტურობა (საექსპლუატაციო მახასიათებლები )
- ძრავის მარგი ქმედების კოეფიციენტი (%)
- ვენტილაციის სისტემის სიმძლავრე (კვტ -მიწოდებული ჰაერის რაოდენობაზე)
- ვენტილატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტი (%)
- მილსადენის სისტემის დანაკარგის ხარისხი (პასკალი/მ)
- ტუმბოს მარგი ქმედების კოეფიციენტი (%)
- განათების ენერჯის სიმკვრივე (ვატი/მ<sup>2</sup>)
- ნათურის სინათლის ეფექტურობა (ლუმენი/ვატი)
- ნათურის მართვის მექანიზმის დანაკარგები (ვატი)
- სხვადასხვა დანადგარის მარგი ქმედების კოეფიციენტი (მაგ.[წყლის] ქვაბის, თბური ტუმბოს და ა.შ.)(%).

ენერჯის ნაკადის სიდიდის მონაცემთა ბაზები და შესაბამისი ტეპერატურისა და წნევის ცვლილების მონაცემები გამოიყენება გათბობის, ვენტილაციის და ჰაერის კონდიციონირების სისტემების არაეფექტურობების დასადგენად. რაც შეეხება ელექტრო სისტემებს, აქ არაეფექტური უბნების განსაზღვრა შესაძლებელია დენის და ძაბვის მონაცემთა ნუსხიდან. შესაბამისი მონაცემების არარსებობის შემთხვევაში, აუდიტორებმა თვითონ უნდა მოახდინონ შესაბამისი გაზომვები.

შემდეგ თავებში წარმოდგენილია შენობებში ენერჯის შენახვის ღონისძიებების დეტალური შეფასება.

## თავი 4 – შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის ენერგოაუდიტი

### 4.1 საკვანძო ინფორმაცია და ინდიკატორები შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის ენერგოაუდიტში

ვინაიდან შენობის გათბობაზე და გაცივებაზე დახარჯული ენერჯია და ფინანსები საკმაოდ მნიშვნელოვანია, საჭიროა შევისწავლოთ, თუ როგორ შეგვიძლია მისი გარემოსთან თბოცვლის კონტროლი.

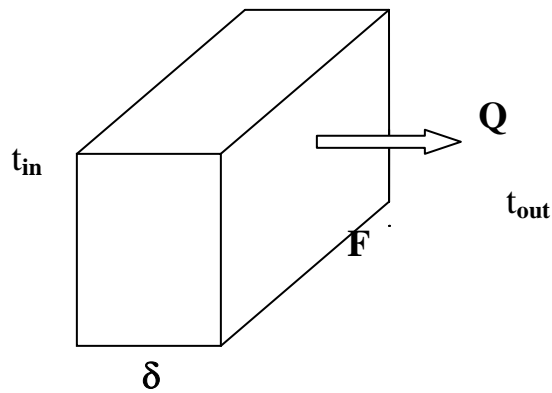
ჩვეულებრივ, არქიტექტორების მიერ შემუშავებული შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის პროექტი უნდა შეესაბამებოდეს რამოდენიმე მოსაზრებას, მათ შორის სტრუქტურულს და ესთეტიკურს. 1973 წლის ნავთობის კრიზისამდე, მთელ მსოფლიოში შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის ენერგოეფექტურობა შენობის პროექტის მნიშვნელოვან ფაქტორად არ ითვლებოდა. მას შემდეგ, კიოტოს ოქმის ვალდებულებების თანახმად, განსაკუთრებით ევროკავშირში და სხვა განვითარებულ ქვეყნებში, შემუშავდა შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის სხვადასხვა კომპონენტების ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესებაზე მიმართული სტანდარტები და ნორმები. მაგალითად, ევროკავშირში, კიოტოს ოქმის ფარგლებში, მთავრობებმა საკუთარი ვალდებულებების შესასრულებლად უკვე შეიმუშავეს და დანერგეს კანონმდებლობა და შესაბამისი პოლიტიკა და აგრძელებენ ამ მიმართულებით მუშაობას. ევროკომისიამ ენერგოეფექტურობის სფეროში მთელი რიგი ახალი ინიციატივები შემოიღო. ამის შედეგად, როგორც პირველ თავში აღვნიშნეთ, შემუშავდა „შენობების ენერგომახასიათებლების დირექტივა 2002/91/EC“, რომელიც წევრი სახელმწიფოებისგან მოითხოვს ეროვნულ, ან რეგიონალურ დონეზე, შენობების ენერგომახასიათებლების გამოთვლისას იმ მეთოდოლოგიის გამოყენებას, რომელიც ეფუძნება დირექტივაში მოცემულ ზოგად ჩარჩოს. თბოიზოლაციის ფაქტორების გარდა, რომლებიც სულ უფრო მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ენერგომოხმარების შემცირებაში, ხსენებულ დოკუმენტში, ყურადღება ასევე გამახვილებულია გათბობის და ჰაერის კონდიციონირების დანადგარებზე, განათებაზე, განახლებადი ენერჯიის წყაროების გამოყენებაზე და შენობის დიზაინზე. აღნიშნული პროცესის მიმართ ზოგადი მიდგომა უნდა შემუშავდეს კვალიფიცირებული და/ან აკრედიტებული ექსპერტების მიერ და ხელი უნდა შეუწყოს შენობებში ენერჯიის დაზოგვას. ახალი შენობები უნდა აკმაყოფილებდეს ადგილობრივ ჰავაზე მორგებულ ენერგომახასიათებლების მოთხოვნების მინიმუმს. ამ მხრივ, მოწინავე

გამოცდილება მიმართული უნდა იყოს მასალების, დიზაინისა და დანადგარების ოპტიმიზაციაზე, რაც აუმჯობესებს შენობის ენერგომახასიათებლებს.

სამშენებლო ფიზიკაში საცხოვრებელი სახლი, თავისი გათბობის სისტემით, განიხილება როგორც ერთიანი თბოერთეული. საცხოვრებელი სახლის ენერჯის მოხმარების შემცირება შესაძლებელია ეფექტური დიზაინით და სამშენებლო მასალების შერჩევით. მასალები განსხვავდებიან თბოგამტარობის მიხედვით. სითბოს გატარების სისწრაფე მასალაში, დამოკიდებულია რამდენიმე ფაქტორზე. რაც უფრო დიდია სხვაობა შენობების შიდა ჰაერის ტემპერატურას  $t_{in}$ , და გარე ჰაერის ტემპერატურას -  $t_{out}$ , შორის, მით უფრო მეტია ჰაერის ნაკადის სისწრაფე. რაც უფრო დიდია კედლის ფართობი, მით მეტი სითბოს გადაცემა ხდება კედლიდან. შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციაში სითბოს გადაცემის პროცესის განხილვა გვაძლევს საშუალებას განვსაზღვროთ საკვანძო თბოტექნიკური პარამეტრები, რომელიც ინჟინერმა უნდა განიხილოს. შენობის საკედლე მასალის ტიპი ხასიათდება, თბოგამტარობით -  $\lambda$ , სისქით -  $\delta$ , რომელთა საფუძველზე სითბო -  $Q$ , გაედინება კედლის სიბრტყიდან -  $F$ , რაც გამოწვეულია ტემპერატურის სხვაობით ( $t_{in} - t_{out}$ ) როგორც ეს ასახულია ნახ. 4.1-ში.

შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის და გათბობის სისტემის სინქრონული დაპროექტებით შეიძლება ბალანსის მიღწევა შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თბოტექნიკური მახასიათებლების დონესა და გათბობის სისტემიდან სითბოს მიწოდებას შორის. ინჟინერს შეუძლია ერთმანეთს ისე მოარგოს შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციები და გათბობის სისტემა, რომ თბოდანაკარგები შეამციროს.

შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თბური მახასიათებლის დონე განისაზღვრება, როგორც გარე ზედაპირების თერმული წინააღობის სიდიდე და ეწოდება  $R_0$  სიდიდე, რომელიც იზომება  $m^2C/ვტ - ში$ .



ნახ 4.1 გარე კედლიდან გამტარობით სითბოს გადაცემა

შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თბური მახასიათებელი წარმოადგენს კონსტრუქციის მასალის სისქის ფუნქციას -  $\delta$  და ამ მასალის უნარს, წინააღმდეგობა გაუწიოს თბურ ნაკადს. ის განისაზღვრება, როგორც თბოგამტარობა -  $\lambda$ .

ძველი თბოსაინჟინრო ნორმების<sup>11</sup> მიხედვით  $R_0$  სიდიდე გარე ზედაპირებისათვის გამოითვლებოდა ფორმულით:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_1} + R_c + \frac{1}{\alpha_0} \quad (4.1)$$

სადაც:  $\alpha_1$  არის თბოგადაცემის კოეფიციენტი შემზღუდავი კონსტრუქციის შიდა ზედაპირზე

$R_c$  - გარე კონსტრუქციის თერმული წინაღობა -  $R_c = \delta/\lambda$ , მრავალფენიანი კონსტრუქციის შემთხვევაში გათვალისწინებული უნდა იყოს თითოეული ფენისათვის

$\alpha_0$  - თბოგადაცემის კოეფიციენტი შემზღუდავი კონსტრუქციის გარე ზედაპირზე.

ზემოთაღნიშნულ ნორმებში ეს განისაზღვრა შემდეგი პირობით:

$$R_0 \geq R_0^{req} \quad (4.2)$$

$R_0^{req}$  მოთხოვნილი სიდიდე ზემოაღნიშნულ ნორმებში გამოთვლილი უნდა იყოს კლიმატურ პირობებთან მიმართებით, შედეგი ფორმულით:

<sup>11</sup> СНИП II-3-79\* მშენებლობის თბოსაინჟინრო ნორმები

$$R_0^{req} = \frac{n (t_{in} - t_{out})}{\alpha_I \Delta t} \quad (4.3)$$

სადაც:  $n$  – კოეფიციენტი ითვალისწინებს შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციების (ვერტიკალურის, ჰორიზონტალურის და ა.შ.) განლაგებას გარემოს მიმართ:

$\alpha_I$  - იგივეა, რაც ფორმულაში 4.1;

$\Delta t$  – ტემპერატურის სხვაობა შენობის შიდა ჰაერის ტემპერატურას და გარე კედლის შიდა ზედაპირის ტემპერატურას შორის.

$R_0$  - სიდიდე არის  $U$ -სიდიდის შებრუნებული სიდიდე:  $R_0 = 1/U$ , სადაც  $U$  არის თბოგადაცემის კოეფიციენტი, რომელიც, შესაბამისად, ვტ/მ<sup>2</sup>°C-ში იზომება.

რაც უფრო მაღალია  $R_0$  სიდიდე, მით უკეთესია გარე ზედაპირის თბური მახასიათებელი, რაც იმას ნიშნავს, რომ კედლის მასალა უფრო მდგრადია სითბური ნაკადის მიმართ, გააჩნია იზოლაციის უკეთესი მახასიათებლები, თბოდანაკარგები შემცირებულია და შენობის შემზღუდავი კონსტრუქცია გაუმჯობესებული ენერგოეფექტურობით ხასიათდება. პირიქით, დაბალი  $U$  გულისხმობს, რომ კედლიდან ნაკლები სითბო გაიცემა. თუმცა, პრაქტიკაში არქიტექტორები ორივე მათგანს იყენებენ. სხვადასხვა ქვეყნების ნორმებში მოცემულია  $R_0$ , ან  $U$  სიდიდეების გამოსათვლელი ფორმულები. როგორც ეს ზემოთ 3.1 ქვეთავში იყო განხილული, შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის შეფასების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი მახასიათებელია ენერგიის კუთრი მოხმარება –  $q$  ენერგიაგამთბარი ფართობისერთ კვადრატულ მეტრზე, რომელიც იზომება როგორც ვტ/მ<sup>2</sup> და განისაზღვრება ფორმულით:

$$q = \frac{Q}{F} \quad (4.4)$$

სადაც:  $Q$  - შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციიდან თბოდანაკარგების დასაფარავად საჭირო ენერგიის მთლიანი მოხმარება;

$F$  - შენობის მთლიანი გამთბარი ფართი.

შენობის კუთრი ენერგომოხმარების გამოთვლის შემდეგ, ენერგოაუდიტორს შეუძლია შეადაროს ის კუთრი თბომოხმარების ზოგად სიდიდეებს არსებული კლიმატური პირობებისთვის; გამოიყენოს ეს უკანასკნელი, როგორც შენობაში ენერგიის



მოხმარების ანალიზის კრიტერიუმი, ისევე შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის ენერგოდაზოგვის პოტენცილის დასადგენად.

საქართველოში არსებული შენობების ინფრასტრუქტურა, განსაკუთრებით თბილისში, წარმოდგენილია 60-იანი წლების შემდგომ აშენებული მრავალბინიანი შენობებით. მათი თბური მახასიათებლები გამოითვლებოდა ზემოთ მოყვანილი ფორმულებით. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ამ შენობების სტრუქტურული მახასიათებლები დაპროექტებული იყო ენერგოეფექტურობის გათვალისწინების გარეშე. ამის გამო, თბოდანაკარგები შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციიდან კომპენსირებული უნდა ყოფილიყო ცენტრალური გათბობის სისტემებიდან ჭარბი ენერგიის მიწოდებით. ხსენებული შენობების თერმული წინააღობა თბური ნაკადის მიმართ, მაგალითად, თბილისში, 3-4-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე საჭიროა თბილისის კლიმატური ზონის ენერგოეფექტურობისათვის არსებული რუსული და ევროკავშირის ნორმების შესაბამისად. გათბობისთვის საქართველოში მოიხმარენ 40-50 %-ით მეტ ენერგიას ერთ კვადრატულ მეტრ ფართობზე, ვიდრე იგივე კლიმატური პირობების ევროკავშირის ქვეყნებში. საქართველოში საცხოვრებელი და კომერციული შენობები, მძიმე ბეტონის გარე კედლებით და ერთბინიანი ფანჯრებით, გათბობისთვის მოიხმარს საქართველოში მოხმარებული ძირითადი ენერგიის 50%-ზე მეტს. საქართველოში შენობები წარმოადგენენ ყველაზე მეტი ენერგიის (და ფულის) მფლანგველებს და სათბური აირების ემისიის ყველაზე დიდ წყაროს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ამჟამად შეიცვალა ქვეყნის მიდგომა ენერგომოხმარებისადმი, რომელიც ორინეტირებული იყო იაფფასიან, ჭარბ ენერგიაზე. საქართველოს მთავრობა უფრო მეტ ყურადღებას უთმობს ენერგოუსაფრთხოების საკითხებს, რაც ქვეყნის პოლიტიკის უმნიშვნელოვანეს ნაწილად იქცა. საბჭოთა პერიოდთან შედარებით, ენერგიის, როგორც ასეთის, ფასები მკვეთრად გაიზარდა და ცენტრალური გათბობის სისტემები აღარ არსებობს. ამის გამო, მნიშვნელოვანია შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციების ენერგოეფექტურობაზე მიმართული სარეაბილიტაციო პროექტების განხილვა, ენერგოაუდიტის ჩათვლით.

შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის გაუმჯობესება არ შეიძლება რენტაბელური იყოს, თუ მშენებლობის დროს ენერგოეფექტურობა გათვალისწინებული არ იყო. მაგალითად, ის აიგო კედლების და სახურავების თბოიზოლაციის გარეშე. გარდა ამისა, შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის რეკონსტრუქცია უნდა მოხდეს შენობის

თბური დატვირთვების საგულდაგულო შეფასების შემდეგ. მაგალითად, დაბალსართულიან შენობებში (საცხოვრებელ სახლებში და მცირე კომერციულ შენობებში, ან საწყობებში) ძირითადია შემზღუდავი კონსტრუქციის თბოგადაცემის დანაკარგები და ინფილტრაციის დატვირთვები, ხოლო შიდა დატვირთვები დაბალია. მაღალსართულიან კომერციულ, სამრეწველო და საზოგადოებრივ შენობებში მთავარია სითბოს შიდა ნამატი დანადგარების, განათების და ადამიანების ხარჯზე, ხოლო თბოგადაცემის დატვირთვები ზემოქმედებას მხოლოდ პერიმეტრულ სივრცეებზე ახდენენ. ახალი საცხოვრებელი შენობების ეფექტურ დიზაინსდა გამოყენებული მასალების სწორ შერჩევას შეუძლია ენერჯის მოხმარების შემცირება, რომელიც, მაგალითად თბილისის კლიმატური პირობებისათვის, შეიძლება, ზამთარში 60%-მდე აღწევდეს.

შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის მოდერნიზაციით განპირობებული ენერგოდაზოგვის ზუსტი შეფასება მოითხოვს დეტალურ, საათობრივ კომპიუტერულ მოდელირებას, ვინაიდან თბოგადაცემა შენობებში რთული პროცესია და რამდენიმე მექანიზმს მოიცავს. ზემოთწარმოდგენილი საინჟინრო გამოთვლების მეთოდები გამოყენებული უნდა იყოს შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის შესაფასებლად ენერგოაუდიტის დროს. ის გამოდგება ქვეყნის სარეკომენდაციო სიდიდეების დასადგენად და მათი კრიტერიუმის შესამუშავებლად, რომელიც უნდა შევიდეს შენობის მიმდინარე პირობების შესაფასებელ კომპიუტერულ პროგრამებში.

შენობის მოდერნიზაციის შედეგად, შესაძლებელი ხდება მისი ენერგოეფექტურობის და მობინადრეების თბური კომფორტის გაუმჯობესება. შეგროვებული ინფორმაციის საფუძველზე უნდა მომზადდეს შენობის პროფილის აღწერა. ხსენებული აღწერა შესაძლებელია შეიცავდეს შენობის მშენებლობის თარიღს, მის განმკარგველს და შენობის კონსტრუქციის მიმდინარე მახასიათებლებს. ქვემოთ მოცემულია იმ მონაცემების მიახლოებითი ნუსხა, რომელიც უნდა შევიდეს ასეთ აღწერაში:

- შენობის ტიპი;
- მშენებლობის წელი;
- შენობის განმკარგველი;
- შენობის კონსტრუქცია;
- შენობის ორიენტაცია;
- გაბატონებული ქარები;
- ინფილტრაციის მდგომარეობა;
- შენობის იატაკის კონსტრუქციის დეტალები და მდგომარეობა;

- შენობის სახურავის კონსტრუქციის დეტალები და მდგომარეობა;
- შენობის კედლების კონსტრუქციის დეტალები და მდგომარეობა;
- შეშინვის ტიპი და ფართობი;
- შეშინვის კონსტრუქციის დეტალები და მდგომარეობა;
- იზოლაციის დეტალები და მდგომარეობა;
- შენობის გარე სტრუქტურული კომპონენტების U-სიდიდეები.

#### 4.2 შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თბოტექნიკური მახასიათებლების გამოთვლა, ენერგოეფექტურობის გაზრდილი დონით

შენობის გარე ზედაპირების თბოტექნიკური მახასიათებლები დაკავშირებულია კლიმატურ პირობებთან, რაც აისახება გათბობის სეზონის გრადუს დღეების რაოდენობაში. ამგვარად, შენობის ნებისმიერი მოცემული ელემენტის გამოყენების შესაძლებლობა შეზღუდულია გრადუს დღეების მაქსიმალური რაოდენობით, რომლის მიხედვითაც შენობის ელემენტი უზრუნველყოფს თბოტექნიკური მახასიათებლის საჭირო დონეს და მისაღები სისქე გააჩნია. ევროკავშირის ახალი დირექტივა 2002/91/EC თბოტექნიკური მახასიათებლების გარკვეულ დონეს მოითხოვს, რომელიც განსხვავდება ქვეყნის კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე. თითოეული კომპონენტისათვის მეთოდის ან სტანდარტების დაწესების ნაცვლად, დირექტივა ნებას რთავს მშენებლებს ამოირჩიონ ისეთი დიზაინი და ტექნოლოგიები, რომლებიც საბოლოო ენერგოეფექტური პროდუქტის მიღებას უზრუნველყოფს. დირექტივაში მოთხოვნილი ენერგოეფექტურობის დონეები ეფუძნება შენობის გათბობისთვის საჭირო კუთრი ენერგომომხმარების სიდიდეს, მობინადრეების ოპტიმალური თბური კომფორტის გათვალისწინებით. ხსენებული სიდიდის გამოსათვლელად, უნდა განისაზღვროს შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თბოტექნიკური მახასიათებლები. როგორც ეს 4.1 ქვეთავში იყო აღწერილი, ენერგიის კუთრი მოხმარება (შენობის გათბობისთვის და ვენტილაციისთვის) განსაზღვრულია, როგორც გათბობის პერიოდში გათბობისათვის საჭირო სითბოს რაოდენობა, რომელიც მოდის შენობის მთლიანი გასათბობი ფართობის ერთ კვადრატულ მეტრზე, ან მოცულობის ერთ კუბურ მეტრზე, ერთი გრადუს დღის განმავლობაში, ვტ·სთ/(მ<sup>2</sup>·C·დღე) ან ვტ·სთ/(მ<sup>3</sup>·C·დღე).

გრადუს დღეების მეთოდი შენობის გათბობის დატვირთვის შეფასებას უზრუნველყოფს. ხსენებული მეთოდი ეფუძნება თბური ბალანსის სტატისტიკურ ანალიზს შენობის საზღვრების გასწვრივ, რომელზეც, ჩვეულებრივ, რამდენიმე თბურ ნაკადს აქვს გავლენა - გამტარობის, ინფილტრაციის, მზისაგან მიღებული სითბოს და შიდა ნაშაბის ჩათვლით.

ქვემოთ წარმოდგენილია შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თბოტექნიკური მახასიათებლების გაზრდილი დონის გამოთვლა, რომელიც ასახავს ენერგოეფექტურობის თანამედროვე კონცეფციას, წარმოდგენილს ევროკავშირის ქვეყნების და სხვა განვითარებული ქვეყნების ნორმებში და ასევე, რუსეთის ახალ თბოსაინჟინრო ნორმებში. როგორც უკვე აღინიშნა, ის ეფუძნება გრადუს დღეების (DD) გამოთვლას, რაც ფორმულის სახით შემდეგნაირად გამოისახება:

$$DD = (t_{in} - t_{h.s.}) \times Z_{h.s.} \quad (4.5)$$

სადაც:

$t_{in}$  - შიდა ტემპერატურა, °C;

$t_{h.s.}$  - გათბობის სეზონის საშუალო ტემპერატურა;

$Z_{h.s.}$  - დღეების რაოდენობა გათბობის სეზონში.

სამწუხაროდ, საქართველოს ჯერ არ მიუღია ქვეყნის ახალი თბოსაინჟინრო ნორმები, რომელიც ენერგოეფექტურობის გაზრდილ დონეს ითვალისწინებს. ამგვარად, ქვემოთ მოყვანილი გამოთვლები საქართველოს სხვადასხვა კლიმატურ ზონებში მდებარე შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის გაზრდილი ენერგოეფექტურობისადმი ნებაყოფლობით მიდგომას წარმოადგენს. ეს გამოთვლები საჭიროა, თუ მიღებული იქნება გადაწყვეტილება სრული ენერგოაუდიტის ჩატარების საფუძველზე შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესების შესახებ. ამგვარად, ხსენებული გამოთვლები უზრუნველყოფს სისტემურ მიდგომას შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის შემადგენელი ნაწილების ენერგოეფექტურობის დონის განსაზღვრაში.

ქვემოთ მოყვანილია გრადუს დღეების (DD) გამოთვლის მაგალითი თბილისისათვის. ჩვენს გამოთვლებში გრადუს დღეები თბილისისათვის შემდეგნაირად არის განსაზღვრული:

$$DD = (20 - 4,1) \times 146 = 2322$$

ხსენებულ ინფორმაციაზე დაყრდნობით, ცხრილში 4.1 მოცემულია საკვანძო მონაცემები სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში განლაგებული დასახლებული პუნქტებისათვის გათბობის სეზონში საშუალო ტემპერატურის  $t_{h.s}$  და გათბობის სეზონში დღეების რაოდენობის  $Z_{h.s}$ , შესახებ. აქ ასევე მოცემულია ინფორმაცია გარე საპროექტო ტემპერატურის (DOT) შესახებ, რაც მთელ რიგ თბოსაინჟინრო ნორმების გამოთვლებში მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს. მაგალითად, შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თბოდანაკარგების გამოთვლებში, რაც გათბობის სისტემის დატვირთვას შეადგენს.

გრადუს დღეების გამოთვლების, შერჩეული ადგილმდებარეობებისათვის გათბობის სეზონის საშუალო ტემპერატურის ( $t_{h.s}$ ) და გათბობის სეზონის საშუალო ტემპერატურის ( $Z_{h.s}$ ) ახალი ქართული მონაცემების გამოყენებით, აუდიტორს შეუძლია განსაზღვროს გრადუს დღეების მიხედვით საქართველოს ტერიტორიის წინასწარი ზონირების მიახლოებითი მიდგომა თბოსაინჟინროგამოთვლებისთვის. ცხრილში 4.2 მოცემულია შესაძლო ზონირება გრადუს დღეების მიხედვით.

გრადუს დღეებით გამოთვლებმა, საფუძველი ჩაუყარა შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის ენერგეტიკული პასპორტის პროგრამას, რომელიც რენტაბელობის დაწვრილებითი ანალიზის ჩატარების საფუძველზე, გვაძლევს საშუალებას დავადგინოთ შენობის იზოლაციის შესაძლო თეორიული დონე.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მოთხოვნები დადგენილია მთლიანად შენობის, როგორც დამოუკიდებელი ერთეულის, თბოტექნიკური მახასიათებლებისთვის და არა მისი ცალკეული კომპონენტებისათვის, რომელიც ზემოქმედებას ახდენს შენობის თბურ ბალანსზე (მაგ. კედლები, იატაკები, ჭერი, ფანჯრები და ა.შ.). თბოტექნიკური მახასიათებლები გამოიანგარიშება, როგორც შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის მახასიათებლების, შენობის გეომეტრიის, გათბობის და ვენტილაციის სისტემების და დამატებითი გათბობის და მზის ენერჯის მოდინების ფუნქცია; გათბობის სისტემის ეფექტურობის და კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინებით.

შენობის პროექტის ენერგოასპექტების ხარისხის უზრუნველყოფის ხელშესაწყობად, რუსეთის და სხვა ქვეყნების ნორმები მოითხოვს შენობის პროექტის სპეციალური ნაწილის მომზადებას, რომელსაც „ენერგოეფექტურობა“ ეწოდება. აღნიშნულ თავში უნდა შევიდეს

თბოტექნიკური მახასიათებლების ჯამური პარამეტრები, შენობის პროექტის სხვადასხვა ნაწილებისთვის (ცხრილი 4.3)

საჭიროა, აღნიშნული პარამეტრები, ნორმებით გათვალისწინებული სიდიდეების გვერდი-გვერდ იყოს წარმოდგენილი. გამოთვლების გამარტივების და სტანდარტიზაციის მიზნით, შემუშავდა ენერგეტიკული პასპორტის ელექტრონული ვერსია. ხსენებული ვერსია, დაპროექტების, მშენებლობის და ფუნქციონირების ყველა ეტაპზე სწრაფი გამოთვლების, პროექტის ვარიანტების განმეორებითი შეფასების და ნორმებით გათვალისწინებულ სიდიდეებთან შედარების შესაძლებლობას იძლევა.

შენობის თბოტექნიკური მახასიათებლების დონის შერჩევის დროს, საჭიროა ნორმების მოთხოვნების დაცვა მთლიანი შენობის კუთრი ენერგომოხმარების მიმართ, გათბობის სეზონის განმავლობაში.

თბოტექნიკური მახასიათებლების დაპროექტების პროცესში, თითოეული შემთხვევისთვის გამოთვლის შემდეგი პროცედურები ტარდება (Matrosov et al., 2007, p.2):

- შენობის ენერგოეფექტურობის მოცემული კატეგორიისთვის ნორმებით გათვალისწინებული კუთრი ენერგომოხმარების სიდიდე განისაზღვრება დაპროექტებული შენობის ტიპისთვის და გრადუს დღეები გამოითვლება შესაბამისი დასახლებისთვის.
- სხვადასხვა ვარიანტებში, ნორმებით გათვალისწინებული თბოტექნიკური მახასიათებლების დონე გამოითვლება შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის ცალკეული ნაწილებისათვის ან მთლიანი შენობის ენერგომოხმარების მოთხოვნის საფუძველზე, ან ინდივიდუალური ელემენტების თბური წინააღობის სიდიდეების დირექტიული ცხრილის საფუძველზე (ცხრილი 4.3).

თითოეულ შემთხვევაში განისაზღვრება კუთრი ენერგომოხმარების სიდიდე გათბობის სეზონისათვის და ივსება შენობის ენერგეტიკული პასპორტი, საპროექტო სიდიდეების ნორმებით გათვალისწინებულ სიდიდეებთან შესაბამისობის შესამოწმებლად.

შენობებში გაზრდილი ენერგოეფექტურობის დონის უზრუნველსაყოფად განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ოთხი საკვანძო პრინციპი:

- პროექტირების ეტაპზე შენობისთვის ისეთი გეომეტრიული ფორმის შერჩევა, რომელიც ამცირებს სითბოს დანაკარგებს, შენობის ფორმის ინდექსის გათვალისწინებით;

- ენერგიაზე მოთხოვნის შემცირება თბოტექნიკური მახასიათებლების დონის გაზრდით, ჰაერის შეღწევადობის შემცირების ჩათვლით;
- ჰაერის საჭირო მიმოქცევის უზრუნველყოფა, ჰაერის ორგანიზებული მოძინების დახმარებით;
- შენობის ენერგომოთხოვნის დაკმაყოფილება გათბობის ენერგოეფექტური სისტემების გამოყენებით.

გარდა ამისა, ნახ. 4.2-ზე წარმოდგენილია თბური ბალანსის დიაგრამა, რომელიც გამოთვლილია ელექტრონული პასპორტის პროგრამით. ამ გამოთვლებში გამოყენებული მონაცემები (და შენობის გეომეტრია) შეესაბამება რეალურ 10 სართულიან, ერთსადარბაზოიან შენობას, რომელიც განლაგებულია თბილისში, ქავთარაძის ქუჩაზე, და აშენებულია სამშენებლო-დეველოპერული კომპანია „არსის“ მიერ. შენობა აგებულია მძიმე ბლოკებით. გარე კედლებისთვის და ფანჯრებისთვის –  $R_{wall} = 0.57 \text{ მ}^2\text{C}/\text{ვტ}$ , ( $R_0^{req}$  შეესაბამისად, ძველი საბჭოთა ნორმებით - СНИП II-3- 79\* )  $R_{window} = 0.35 \text{ მ}^2\text{C}/\text{ვტ}$ . (Matrosov et al., 2008, p.12).

ქვემოთ მოცემულია შენობის დიზაინის (გეომეტრიული ფორმის) მოკლე აღწერა:

შენობის გამთბარი მოცულობა	10422.8 მ <sup>3</sup>
ბინების მთლიანი ფართობი	2775 მ <sup>2</sup>
სასტუმრო და საძინებელი ოთახების მთლიანი ფართობი	1943 მ <sup>2</sup>
კედლების მთლიანი ფართი	2057 მ <sup>2</sup>
სხვენის ბეტონის ფილები	316.45 მ <sup>2</sup>
საძირკვლის და სარდაფის გადამხურავი ბეტონის ფილები	316.45 მ <sup>2</sup>
შემინვის შეფარდება კედლებთან	0.18
შენობის ფორმის ინდექსი	0.27

### ცხრილი 4.1

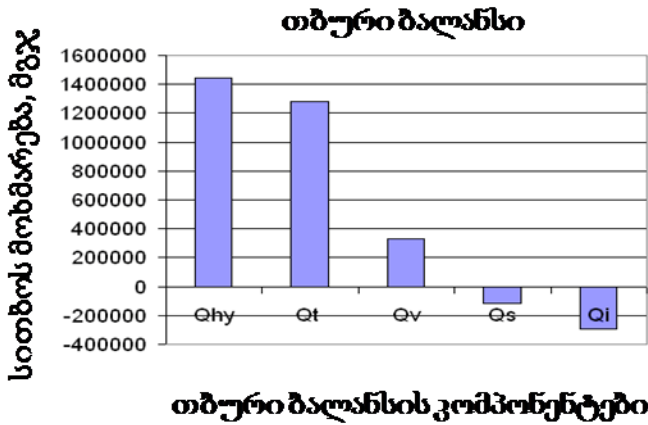
ქალაქი	DOT (°C)	t <sub>h.s.</sub>	Z <sub>h.s.</sub>	18	20	22
				გრადუს დღეები		
1. ბათუმი	-1	6.9	72	800	944	1088
2. ფოთი	-3	6.5	83	955	1121	1287
3. სოხუმი	-3	5.8	85	1037	1207	1377

4. ქუთაისი	-3	5.8	90	1098	1278	1458
5. ზუგდიდი	-3	6.2	101	1192	1394	1596
6. ოზურგეთი	-4	5.3	106	1347	1559	1770
7. თბილისი/რუსთავი	-8	4.1	146	2030	2322	2614
8. თელავი	-8	3.1	141	2101	2383	2665
9. მარნეული	-9	2.7	139	2127	2405	2683
10. ამბროლაური	-9	2.5	145	2248	2538	2828
11. გორი	-12	1.9	148	2383	2679	2975
12. ცხინვალი	-9	1.5	163	2690	3016	3342
13. ახალციხე	-13	0.7	165	2855	3185	3515
14. ბორჯომი	-11	1.1	179	3025	3384	3742
15. ახალქალაქი	-16	-	207	3975	4389	4803
16. ბაკურიანი	-15	-	221	4133	4575	5017
17. გუდაური	-16	-	263	5103	5629	6155

#### ცხრილი 4.2

	DD < 2 000	ზონა 1
	DD = 2000- 3000	ზონა 2
	DD = 3 000- 4000	ზონა 3
	DD = 4 000- 5000	ზონა 4
	DD > 5 000	ზონა 5





$Q_h^y$	1172852
$Q_t$	1037263
$Q_v$	333375
$Q_s$	-119061
$Q_i$	-294117

**ნახ. 4.2** ენერგოპასპორტით შენობის თბური ბალანსის გამონაგარიშების შედეგებშიმძიმე ბლოკების და ფანჯრებისთვის ორმაგი შემინვით

გამოყენებული აღნიშვნები:  $Q_h^y$  - ენერგიის სართო მოხმარება,  $Q_t$  – თბოგამტარობის დანაკარგები,  $Q_v$  - ჰაერცვლით გამოწვეული თბოდანაკარგები,  $Q_s$  და  $Q_i$  – მზისა და შენობის შიდა სითბოს ნამატი.

**ცხრილი 4.3**

შენობების ტიპები	გრადუს დღეები °C·დღეები	შენობის გარე შემზღუდავი კონსტრუქციის ეფექტური თბური წინაღობა – არანაკლები, $R^{req}$ (მ <sup>2</sup> °C/ვტ)				
		კედლები	ფილები გასასვლელების თავზე	სხვენის ფილები, ფილები გაუმთბარი სარდაფის თავზე	ფანჯრები, აივნის კარებები	ზემო განათება
საცხოვრებელი სახლები,	2 000	2,1	3,2	2,8	0,35	0,30
სამედიცინო და	3 000	2,45	3,7	3,25	0,375	0,325
	4 000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35

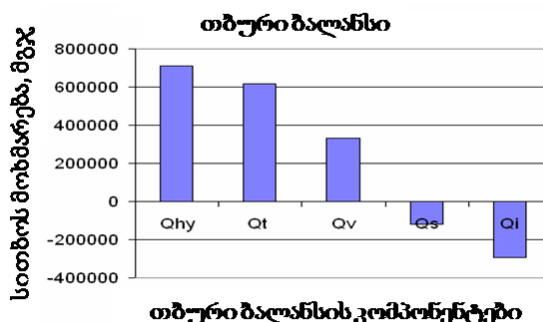
შენობების ტიპები	გრადუს დღეები °C·დღეები	შენობის გარე შემზღუდავი კონსტრუქციის ეფექტური თბური წინაღობა – არანაკლები, $R^{req}$ (მ <sup>2</sup> °C/ვტ)				
		კედლები	ფილები გასასვლელების თავზე	სხვენის ფილები, ფილები გაუმთბარი სარდაფის თავზე	ფანჯრები, აივნის კარებები	ზემო განათება
საბავშვო დაწესებულებები და სკოლები და სკოლა-ინტერნატები	5 000	3,15	4,7	4,15	0,525	0,375
	6 000	3,5	5,2	4,6	0,55	0,40
	7 000	3,85	5,7	5,05	0,675	0,425
საზოგადოებრივი, ზემოაღნიშნულის გარდა, ადმინისტრაციული, ტენიანი და სველი სივრცეების გარდა	2 000	1,8	2,4	2,0	0,30	0,30
	3 000	2,1	2,8	2,35	0,35	0,325
	4 000	2,4	3,2	2,7	0,40	0,35
	5 000	2,7	3,6	3,05	0,45	0,375
	6 000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	7 000	3,3	4,4	3,75	0,55	0,425
შენიშვნები: 1. შესაძლებელია $R^{req}$ შუალედური მნიშვნელობების ინტერპოლირება. 2. აივნის კარებების ამოვსებული ნაწილის ეფექტური თბური წინაღობა უნდა იყოს არა ნაკლებ 1,5 ჯერ მეტი კარების გამჭვირვალე ნაწილის წინაღობაზე						

ჩანს, რომ  $Q_t$  -- თბოგამტარობის დანაკარგები მაღალია, იმიტომ, რომ მძიმე ბლოკები თბოგამტარობის მაღალი კოეფიციენტით ხასიათდება. ამგვარად, ეს სიდიდე  $Q_v$  -ით ჰაერცვლით გამოწვეული თბოდანაკარგების მაღალ მაჩვენებელთან ერთად, როგორც ეს წარმოდგენილია ზემოთ მოყვანილ დიაგრამაზე, მიგვითითებს მშენებლობის ისეთ შედეგზე (შენობაზე), რომელიც არ შეესაბამება ენერგოეფექტურობის არავითარ დონეს.

როგორც უკვე აღნიშნეთ, მძიმე ბლოკების თბოტექნიკური მახასიათებლები, შეესაბამება  $R_0^{req}$  სიდიდეს თბილისისთვის, რომელიც გამოთვლილია ძველი საბჭოთა ნორმების მიხედვით - СНИП II-3- 79. ძირითადი განსხვავება, რომელიც ახლანდელ მდგომარეობას ძველი საბჭოთა სამშენებლო გამოცდილებიდან განასხვავებს, არის ამ შენობის პროექტში ორმაგ შემინვნიანი ფანჯრების გათვალისწინება. ცხრილში 4.3 ნაჩვენებია “არსის” შენობის თბური ბალანსი, იმ შემთხვევისთვის, როდესაც ენერგეტიკულ პასპორტის პროგრამაში იგივე გეომეტრიის შენობის გარე კედლებისათვის, მძიმე ბლოკები შეცვლილია მსუბუქი ბლოკებით. ენერგეტიკული პასპორტის ამ ვარიანტის გაანგარიშებისას გამოყენებულ იქნა შემდეგი მნიშვნელობები: მსუბუქი ბლოკებისთვის  $R_{wall}=1,95 \text{ მ}^2\text{C}/\text{ვტ}$ , ფანჯრებისთვის ორმაგი შემინვით  $R_{win}=0.35 \text{ მ}^2\text{C}/\text{ვტ}$ .

როგორც დიაგრამიდან ჩანს (ნახ. 4.3)  $Q_t$  - თბოგამტარობის დანაკარგები, ისევე როგორც  $Q_v$  - ჰაერცვლის თბოდანაკარგები გაცილებით ნაკლებია, ვინაიდან მსუბუქი ბლოკებს დაბალი თბოგამტარობა ახასიათებს -  $\lambda = 0,154 \text{ ვტ}/\text{მ}^{\circ}\text{C}$ , რაც შეესაბამება ენერგოეფექტურობის მოთხოვნებს შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თბოტექნიკური მახასიათებლების მიმართ.

ენერგეტიკული პასპორტის პროგრამით ჩატარებული ანალიზი ძალიან მნიშვნელოვანია ახლად დაპროექტებული შენობებისთვის და ასევე შენობის რეკონსტრუქციის მიზნებისთვის, ენერგოეფექტურობის პოტენციალის დასადგენად. ახალაშენებული შენობების შემთხვევაში ერთ-ერთი მთავარი საკითხი, რომელსაც უდიდესი მნიშვნელობა გააჩნია, არის ის, რომ პროექტირების საწყის ეტაპზე დასაშვებია, ისინი სავარაუდოდ, აშენდეს მსუბუქი ბეტონით – დაბალი თბოგამტარობის კოეფიციენტის მქონე ერთფენიანი კედლებით.



$Q_h^y$	604273
$Q_t$	525030
$Q_v$	333375
$Q_s$	-119061
$Q_i$	-294117

**ნახ. 4.3** მსუბუქი ბლოკებით აშენებული შენობის თბური ბალანსის ენერგეტიკული პასპორტით გამოთვლილი შედეგები

“მსუბუქი ბეტონის შემესებიანი ერთფენიანი კედლების ძირითადი უპირატესობა არის მათი მაღალი სითბური ერთგვაროვნება და არანაკლები 100 წლის საგარაუდო საექსპლუატაციო ვადა” (Matrosov et al, 2009, p.9). ეს ხელს შეუწყობს ზამთრის პერიოდში, წელიწადში გათბობისთვის საჭირო ენერჯის დაახლოებით 50-60%-ით შემცირებას. სარეაბილიტაციო პროექტების შემთხვევაში, საჭიროა შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის მოდერნიზება: საიზოლაციო ფენების დამატება და მრავალფენიანი კედლების სისტემის შექმნა. მრავალფენიანი კედლის თბოტექნიკური მახასიათებლები მეტწილად დამოკიდებულია თბოიზოლაციის წონასწორულ ტენიანობაზე. კედლის ბლოკის სისტემაში არსებული წყლის ორთქლის წნევის სხვაობის გამო, წლის ორთქლი დიფუზირდება შიგნიდან გარეთ. ამგვარად, მრავალფენიანი შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის დაპროექტების მიზანია, შეამციროს წლის ორთქლის დიფუზირდება კედლის შიდა ფენაში და თავიდან აიცილოს ტენის წარმოშობა შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციაში. ამ მიზნით, დამპროექტებლებმა უნდა გაითვალისწინონ ტენის ბარიერების განთავსება მაქსიმალურად ახლოს კედლის შიდა ზედაპირთან.

გასაგები ხდება, რომ ენერგეტიკული პასპორტის პროგრამის გამოყენებით სამშენებლო მასალების და შენობების ენერგოეფექტურობის პოტენციალის შეფასება ენერგოდაზოგვის შესაძლებლობების და წინააღმდეგობების დემონსტრირებას ახდენს. ის შეიძლება იყოს სასარგებლო მექანიზმი ენერგოაუდიტის ჩატარების დროს, თუ სამუშაოს შინაარსში შედის შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის შეფასება. მაგალითად, გათბობის სისტემისთვის საერთო ენერგომოხმარება  $Qh^y$  მძიმე ბლოკებით აშენებულ შენობებში შეადგენს -  $Qh^y_h = 1172852$  (მგჯ) და მსუბუქი ბლოკების შემთხვევაში შეადგენს  $Qh^y_1 = 604273$  (მგჯ). ამ რიცხვებს შორის სხვაობა ნათლად გვიჩვენებს, გათბობის მიზნებისთვის რა რაოდენობის ენერჯია შეიძლება დაიზოგოს შენობაში, რომელიც მსუბუქი ბლოკებით არის აშენებული -  $Qh^y_s = Qh^y_h - Qh^y_1 = 568579$  (მგჯ), ან თუ ამ რიცხვებს გამოვსახავთ პროცენტულ მაჩვენებლებში, შეიძლება დავადასტუროთ, რომ ენერგოდაზოგვები სახლებისთვის, რომლებიც აშენებულია მსუბუქი ბლოკებით შეადგენს  $Qh^y_s = 48.5\%$ , მძიმე ბლოკების ვარიანტთან შედარებით, რომელიც საქართველოში დღეისათვის ყველაზე გავრცელებული პრაქტიკაა.

თუ ენერგოაუდიტის დროს მიიღეს გადაწყვეტილება, მაგალითად, გარე კედლების მოდერნიზაციის შესახებ, ჩვენ უნდა განვსაზღვროთ დეფიციტური თერმული წინაღობის  $R$  სიდიდე, რომელიც ცხრილ 4.3-ში მოცემული ტაბულირებული სიდიდეების -  $R_{tab}$  და ფაქტობრივი გარე კედლების -  $R_{e.w}$  მნიშვნელობის სხვაობის ტოლია. ეს შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი განტოლების სახით

(Melikidze 2004, p. 125):

$$R_{def} = R_{tab} - R_{e.w}. \quad (4.6)$$

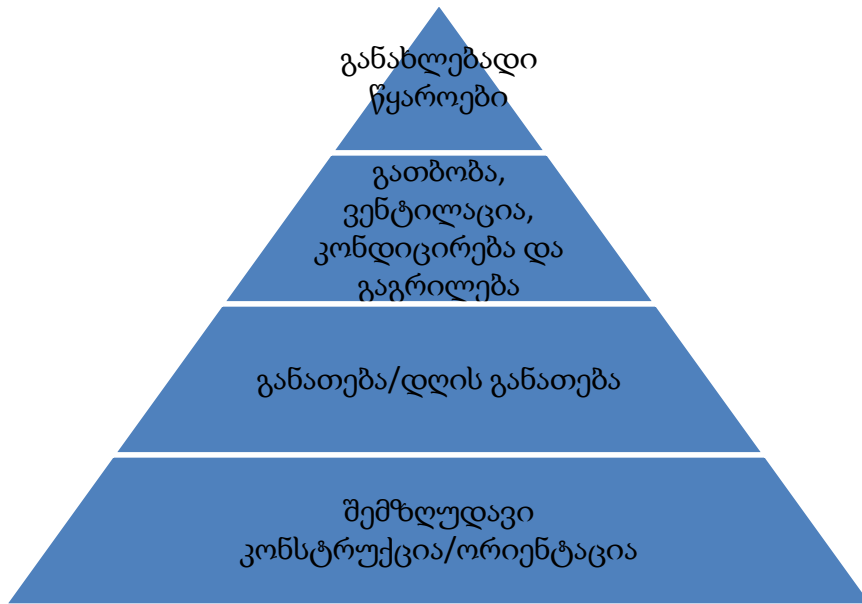
საიზოლაციო მასალის დამატებითი სისქისთვის გამოიყენება შემდეგი განტოლება:

$$\delta_{add} = \lambda(R_{tab} - R_{e.w.}) \quad (4.7)$$

სადაც:  $\lambda$  არის იმ საიზოლაციო მასალის თბოგამტარობა, რომელიც უნდა დაემატოს, როგორც დამატებითი სამშენებლო ფენა.

#### 4.3 ზოგადი მოსაზრებები შენობის ენერგომოხმარების შესახებ

როგორც ახალი შენობების პროექტებში, ასევე რეკონსტრუქციის პროექტებში, უნდა მოხდეს ინოვაციური მიდგომების წახალისება ენერჯის დაზოგვის მიზნების მისაღწევად. ახალ შენობებში მაღალი მაჩვენებლების მისაღწევად, მთელმა დამპროექტებელმა გუნდმა უნდა ითანამშრომლოს პროექტის საწყისი ეტაპიდან სამშენებლო პროცესის ჩათვლით. ადრეულ ეტაპზე პროექტის „საზღვრები“ უნდა მოიშალოს არქიტექტორებს, ინჟინრებს და სხვა სპეცილიასტებს შორის, იმისათვის, რომ დასაწყისიდანვე მხარი დაუჭირონ შენობის პროექტის შექმნას ენერჯის მოხმარების შემცირების კუთხით. ენერჯის მოხმარების პერსპექტივიდან მაღალ მახასიათებლიანი შენობის პროექტი წარმოდგენილია, როგორც ენერგოპირამიდა (ნახ. 4.4).



**Figure 4.4** მაღალეფექტური შენობის ენერგომოხმარების მოდელი  
 წყარო: Our Approach to High Performance Building Design, M.E. Group  
<http://www.megroup.com/design/high-performance-mep>

მაღალეფექტური პროექტი უზრუნველყოფს მოდელირებას და ანალიზს, რომელის საჭიროა შენობის მიმართულებასა და შემზღუდავ კონსტრუქციებში „ინვესტიციების“ შესაფასებლად მოკლე და გრძელვადიანი სარგებლის მისაღებად (ენერგოდაზოგვა, მექანიკური დანადგარების ზომების შემცირება და ა.შ.). პროექტის მოდელი შეიძლება შეიცავდეს ინტეგრირებულ დღის განათების სტრატეგიებს, რომელიც დამატებით 15%-40% ენერჯის დაზოგვას უზრუნველყოფს. საბოლოოდ უნდა აღვნიშნოთ, რომ ენერგომოთხოვნის მინიმუმამდე დაყვანის შემდეგ, ენერგომოხმარების შესამცირებლად, პროექტი ახდენს მექანიკური სისტემების ოპტიმიზაციას და ამასთანავე მიწოდების შევსებას „განახლებადი ენერგორესურსებით“ (ფოტო-გარდამქმნელი უჯრედები, გეოთერმული, ქარის ა.შ.) - რაც შედარებით ახალია მაღალეფექტური პროექტებისთვის, მაგრამ ეს სწრაფად მზარდი ტექნოლოგიებია.

თუმცა, ნებისმიერი ინოვაცია, რამდენად მომგებიანიც არ უნდა იყოს იგი ენერგოდაზოგვისკუთხით, არ იქნება წარმატებული, თუ ხსენებული ინოვაცია ადვილად ვერ ინტეგრირდება არსებულ სამშენებლო პრაქტიკაში და არ იქნება დაფინანსების მეთოდების, სამშენებლო ნორმებისა და სტანდარტების შესაბამისი. ამჟამად საქართველოს ენერგეტიკული პოლიტიკა ფორმირების პროცესშია და ენერგოეფექტური მიდგომის აღიარებას და შემდგომ დანერგვას

ითვალისწინებს. ქვეყნის ინიციატივის ხელშეწყობის მიზნით, ევროპის რეკონსტრუქციის და განვითარების ბანკი ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების სტიმულირების შესაძლებლობას იძლევა, ენერგოეფექტური ღონისძიებებისთვის საკრედიტო ხაზის შეთავაზებით. ამ ვითარებაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ენერგოაუდიტს, როგორც რენტაბელური ღონისძიებების დადგენის საშუალებას.

შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის გაუმჯობესებასთან დაკავშირებით, უნდა აღინიშნოს, რომ ენერჯის დაზოგვა შესაძლებელია, როდესაც თბოცვლა შენობას და გარემოს შორის შემცირებულია და/ან როდესაც არსებობს კონტროლი სითბოს მზის, ან შიდა ნამატზე. ჭერის, სახურავის, კედლების, და იატაკის თბოგამტარობის შემცირების ძირითად მეთოდს თბოიზოლაციის დამატება წარმოადგენს. ინფილტრაციის შესამცირებლად ასევე ეფექტურია ჭერში/სახურავებზე და კედლებზე ტენის ბარიერების დაყენება, შენობაში მიღების და სხვა კომუნიკაციების შემავალი არხების გმანვა, კარ-ფანჯრების ჰერმეტიზაცია. სახურავიდან და შემინვიდან მზის სითბოს მატების შემცირების/კონტროლისათვის შესაძლებელია ამრეკლი ზედაპირის, ან ფირის გამოყენება. შემინული ზედაპირებისათვის შიდა და გარე დამცავი ეკრანების და ფირის დაყენება ასევე ხელს შეუწყობს მზისგან სითბოს მატების კონტროლს. ენერგოეფექტური ფანჯრების დამონტაჟება და დაბალ-გამომსხივებელი შემინვა აგრეთვე ხელს უწყობს თბოგადაცემის და გრძელტალღოვანი გამოსხივების შემცირებას შემინული ზედაპირებიდან. ენერგოდამზოგი ღონისძიებების განსაზღვრა დაფუძნებულია იმავე პროცედურებსა და ინფორმაციაზე, რომელიც გამოყენებული იყო პროექტირების პროცესში.

#### 4.3.1 შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის გათბობის დატვირთვის შეფასება

შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის გათბობის დატვირთვა შეიძლება შეფასებულ იქნას სამი მიდგომის გამოყენებით, როგორც ეს ქვემოთ მოკლედ არის აღწერილი. არსებულ მონაცემებზე დაყრდნობით, აუდიტორმა შესაბამისი მიდგომა უნდა შეარჩიოს.

1. *პირდაპირი გამოთვლა*: აუდიტორს უნდა გააჩნდეს ყველა საჭირო მონაცემები (არქიტექტურული ნახაზებიდან, ან შემოვლითი დათვალიერებიდან), რომლებიც საჭიროა შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის ყველა კომპონენტის და მათი შესაბამისი ზედაპირის

ფართობების  $R$  ან  $U$  სიდიდეების გამოსათვლელად. გარდა ამისა, აუდიტორმა პირდაპირი გაზომვებით უნდა გამოთვალოს ინფლიტრაციის/ვენტილაციის დონეები. ყოველივე ამის გათვლისწინებით, გათბობის სრული დატვირთვა შეიძლება შემდეგი ტოლობით გამოითვალოს:

$$Q = \sum_{i=1}^n U_i F_i (t_{in} - t_{out}) + Q_{inf} \quad (4.8)$$

სადაც:  $U_i$ -არის თბოგადაცემის კოეფიციენტი შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თითოეული კომპონენტისათვის ( $U$ -value);

$F_i$ - შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის თითოეული კომპონენტის გარე ზედაპირის ფართობი

$t_{in}, t_{out}$  - იგივეა რაც ნახ. 4.1 -ში;

2. *არაპირდაპირი შეფასება*: ამ მეთოდით, თბოდატვირთვის ზუსტი შეფასების უზრუნველსაყოფად, აუდიტორი უნდა დაეყრდნოს ენერჯის გამოყენების მონაცემებს (ამ მიზნისთვის თვეების მიხედვით მონაცემები საკმარისი იქნება) და მოახდინოს მისი კორექცია გარე ტემპერატურასთან. გარე ტემპერატურებისა და ენერჯის გამოყენების მონაცემების დროის ინტერვალები ერთმანეთს უნდა დაემთხვეს.

3. *კომპიუტერული მოდელირება*: ამ მიდგომის გამოყენებით აუდიტორმა უნდა განსაზღვროს შენობის გარე ზედაპირისთვის გამოყენებული სამშენებლო მასალების სახეები და გამოითვალოს  $R$  და  $U$  სიდიდეები (4.1 ÷ 4.3 ფორმულების გამოყენებით) და შეიტანოს  $U$  სიდიდეები პროგრამის მოდელში შესაბამისი კედლის, სახურავის და იატაკის ფართობებით. არსებობს აგრეთვე სხვა მონაცემებიც, რომლის შეტანა საჭიროა კომპიუტერულ მოდელში. მ.შ. გამთბარი ფართობი, მთლიანი მოცულობა, სუფთა გამთბარი ფართობი, თბოტევადობა, შენობის დატვირთვის და გათბობის განრიგი.

#### 4.3.2 ფანჯრების გაუმჯობესება

მაღალეფექტურ ფანჯრებს შეუძლიათ დიდი წვლილის შეტანა ენერგოეფექტურობის მიზნების მიღწევაში. ასეთი ფანჯრებია – ორმაგი შემინვით, ან ორმაგი შემინვით დაბალ-გამომსხივებელი ან სპეციალური აპკით დაფარული. ასეთი მაღალეფექტური ფანჯრები ხელს უწყობს ენერჯის დაზოგვას შენობის გათბობის და გაცივების თბური დატვირთვის შემცირებით. თანაბრად



განაწილებული ტემპერატურის მქონე ენერგოეფექტური ფანჯრები და ხარისხიანი განათება, აგრეთვე ქმნის უფრო კომფორტულ შიდა გარემოს.

ენერგოეფექტური ღონისძიებები შეიძლება ჩაუტარდეს ფანჯრების კომპლექტის ყველა კომპონენტს, რაც მოიცავს:

- თბოგადაცემის შემცირებას ფანჯრის მინებს შორის იზოლაციას შუასადებით;
- გამოსხივებით თბოგადაცემის შემცირებას საღებავების რამდენიმე ფენის დატანით ან სპეციალური ამრეკლი აპკის დაყენებით;
- კონვექციურ თბოგადაცემის შემცირებას არგონის, ან კრიპტონის დატუმბვით ფანჯრის მინებს შორის;
- შენობის შიგნით მზის გამოსხივების შეღწევის შესაძლებელ შემცირებას გარეეკრანის/საჩიხის დაყენებით.

#### 4.3.3 ჰაერის ინფილტრაციის შემცირება

ზოგიერთ შენობაში (განსაკუთრებით დაბალსართულიანში), ჰაერის ინფილტრაციით გამოწვეული თბოდანაკარგები შეიძლება საკმაოდ მნიშვნელოვანი იყოს.<sup>12</sup> დადგენილია, რომ კარგად იზოლირებული საცხოვრებელი სახლისთვისაც კი ინფილტრაციაზე შეიძლება მოვიდეს მთლიანი თბოდანაკარგების 40%-მდე. როგორც საცხოვრებელი, ასევე კომერციული შენობების ჰაერის გაჟონვის მთავარ წყაროს კედლებში გაჟონვა წარმოადგენს (ფანჯრის ჩარჩოები, წყალმომარაგებისა და კანალიზაციის მილების შემავალი არხები). დიდ შენობებში მნიშვნელოვან ინფილტრაციას ადგილი აქვს შიდა კედლების (მაგალითად ლიფტის და მომსახურების შახტები) და გარე კარების (განსაკუთრებით საცალო ვაჭრობის ობიექტებზე) მეშვეობით. არსებობს ინფილტრაციის შემცირების რამდენიმე მეთოდი და ტექნოლოგია, როგორცაა:

- გმანვა. არსებობს რამდენიმე სახის მასალა, რომლის საშუალებით შესაძლებელია სხვადასხვა ღიობების დაგმანვა, მათ შორის კარებისა და ფანჯრების ჩარჩოების გარშემო, ასევე კედელში შემავალი არხების (მაგალითად წყალგაყვანილობის მილებისათვის).

<sup>12</sup> დიდი საწყოები, საბითუმო მაღაზიები, სახელოსნოები, კინოსტუდიები, საგამოფენო დარბაზები და სხვ.

- საიზოლაციო მასალის ზოლების დაყენება წებოვანი უკანა მხრით ფანჯრების და კარების ჰერმეტიზაციისათვის.
- გამწვანება. მისი რეკომენდაცია შესაძლებელია ზოგიერთ შემთხვევებში, როდესაც ქარის გავლენა და მასთან დაკავშირებული ინფილტრაცია მნიშვნელოვანია. მაგრამ ეს არის საკამოდ გრძელვადიანი პროექტი და ითვალისწინებს შენობის გარშემო ბუჩქების და ხეების დარგვას.

#### 4.4 ინსტრუქციები შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის აუდიტის ჩასატარებლად

ინსტრუქციები შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის აუდიტის ჩასატარებლად მოიცავს შენობის დეტალურ შემოწმებას(შემოწმებებს) საწყის ეტაპზე. ამ ეტაპთან დაკავშირებით ენერგოაუდიტის ჩატარების დროს აუცილებელია გაკეთდეს ჩანაწერები შენობის შემდეგი ძირითადი მახასიათებლების შესახებ:

- *შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის შემოწმება*
- შენობის ზოგადი კონფიგურაცია, ცნობილი, ან ამოცნობადი მიშენებების ჩათვლით;
- შენობის ორიენტაცია და კონფიგურაცია (სიმაღლე, სიგრძე, სიგანე), აგრეთვე სართულების რაოდენობა;
- მშენებლობის მიახლოებითი თარიღი;
- კონსტრუქციის დეტალების შეფასება, გარე კედლების მასალისა და ჰაერის გაჟონვის კონტროლის ჩათვლით;
- სახურავის კონფიგურაცია;
- ფანჯრების ჩარჩოების/შემინვის ტიპი და მდგომარეობა (ჰაერის გაჟონვა);
- კარების ტიპი და მდგომარეობა;
- სართულების გეგმები;
- ტენის ნიშნები.
- *სხვენის ვიზუალური შემოწმება*
- სახურავის ტიპი;
- სახურავის ფილის მდგომარეობის შეფასება;
- სხვენის იატაკის მდგომარეობის შეფასება;
- სხვენის კედლების მდგომარეობის შეფასება;
- ტენის ნიშნები;
- დადგმული გათბობის, ვენტილაციის და ჰაერის კონდიციონერების სისტემის შეფასება (თუ ასეთი არსებობს) – ჰაერის გაჟონვა სადინარების გარშემო, გათბობის მილების იზოლაცია და ა.შ.

- სარდაფის ვიზუალური შემოწმება
- იატაკის ფილის ტიპი და მდგომარეობა;
- სარდაფის კედლების მდგომარეობის შეფასება;
- იატაკის სიმაღლე მიწის დონიდან;
- იატაკის სიღრმე მიწის დონის ქვემოთ;
- ტენის და ჰაერის გაუნვის ნიშნები;
- მილსადენების მდგომარეობა, თუ ასეთი არსებობს.

შემდეგი ეტაპი, ამავე თავში ზემოთაღწერილი შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის ანალიზს აერთიანებს (ქვეთავი 4.1 - 4.2): ენერჯის მოხმარების გამოთვლა და შეფასება, ობიექტის შემოწმების შედეგებზე დაყრდნობით.

საბოლოო ლოგიკური ეტაპი მიზნად ისახავს შენობის სტრუქტურის რეკონსტრუქციისათვის ხარჯების დაზოგვის შესაძლებლობების დადგენას, რენტაბელურობის გამოთვლებთან ერთად, რომელიც ადასტურებს შემცირებულ ენერგომოხმარებას შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციის კომპონენტების ხარჯზე.

## თავი 5 – განათების სისტემის აუდიტი

### 5.1 განათების სისტემის საფუძვლები

ვინაიდან განათება არის ენერჯის მთავარი მომხმარებელი, განსაკუთრებით კომერციულ შენობებში, მნიშვნელოვანია განათების სისტემის ისეთივე დეტალური აუდიტის ჩატარება, როგორც შენობის სხვა დატვირთვების.

მაგალითად, ოფისებში ელექტროენერჯის მოხმარების 30% - 50% განათებისთვის გამოიყენება (Brown, 2005). გარდა ამისა, განათებით გენერირებული სითბო ზრდის თბურ დატვირთვას, რაც იწვევს ჰაერის გაგრილების საჭიროებას. ნათურა “აწარმოებს” სინათლის ნაკადს, რომელიც ლუმენებში იზომება.

სინათლის ნაკადის ინტენსივობა ლუმენი/მ<sup>2</sup>-ში, ან ლუქსში იზომება (L). ზედაპირზე დაცემული სინათლის ნაკადი აღიწერება როგორც განათებულობა, ხოლო სანათის ზედაპირის ან ამრეკლი ზედაპირის მიერ გამოსხივებულ ნაკადს უწოდებენ ნათებას. განათების სისტემის ენერგოეფექტურობის გასაუმჯობესებლად გასათვალისწინებელი ღონისძიებების უკეთ გასაგებად განათებისთვის გამოყენებული

ჯამური ელექტროენერჯის მოხმარების მარტივი შეფასება შეიძლება გამოხატულ იქნას შემდეგი ტოლობით (Kreider, 2001, p. 4-117):

$$kWh = \sum_{i=1}^n N_{lum} \times WR_{lum} \times N_h \quad (5.1)$$

სადაც:  $N_{lum}$  - არის შენობაში  $i$  - ტიპის სანათის (სანათი შედგება შენობაში არსებული ელექტროგაყვანილობის, როზეტების, დროსელის - ძალური ტრანსფორმატორის და ნათურებისაგან) რაოდენობა.

$WR_{lum}$  - თითოეული  $i$  - ტიპის სანათის ნომინალური სიმძლავრე, რომლისთვისაც მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული სანათის და დროსელის მიერ ენერჯის მოხმარება;

$N_h$  - არის წელიწადში სანათის მუშა საათების რაოდენობა.

განათებისთვის მოხმარებული ენერჯის შემცირების სამი ვარიანტი არსებობს: ეს ვარიანტებია:

ა) სანათების ნომინალური სიმძლავრის შემცირება, განათების წყაროების (ნათურები) და ძალური ტრანსფორმატორების (დროსელების) ჩათვლით, ამიტომ ტოლობაში (5.1) მცირდება სიდიდე  $WR_{lum}$ . ბოლო ათწლეულში ტექნოლოგიურმა პროგრესმა, როგორცაა ფლუორესცენტული ნათურები და ელექტრონული დროსელები, გამოიწვია განათების სისტემების ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესება.

ბ) განათების სისტემების მოხმარების დროის შემცირება განათების მართვის ელემენტების მეშვეობით. მცირდება მაჩვენებელი  $N_h$  ტოლობაში (5.1). განათების მართვის ელემენტები შეიქმნა ენერჯის მოხმარების შესამცირებლად - განათება მაშინ ირთვება, როდესაც საჭიროა. იგი შეიცავს ენერგოეფექტური განათების მართვის ელემენტებს - გასანათებელ სივრცეში ადამიანის ყოფნის დეტექტორებს და სიკაშკაშის ავტომატური შემცირების სისტემებს დღის განათების გამოყენებით.

გ) სანათების რაოდენობის შემცირება და ამით  $N_{lum}$  მაჩვენებლის შემცირება ტოლობაში (5.1). ეს მიზანი შეიძლება მიღწეულ იქნას მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ გვაქვს ძალიან ბევრი სანათი, ე.ი. ზედმეტი განათების შემთხვევაში. ამიტომ განიხილება მხოლოდ (ა) და (ბ)-ში აღწერილი, ზოგადი ღონისძიებები.

განათების სისტემის რეკონსტრუქციის შედეგად მიღებული ენერგოდაზოგვის შესაფასებლად შეიძლება გამოყენებულ იქნას

(5.1), ტოლობა. განათებისთვის გამოყენებული ენერჯია უნდა გამოითვალოს რეკონსტრუქციამდე და რეკონსტრუქციის შემდეგ და განსხვავება ორ შეფასებულ ენერგომოხმარებას შორის იქნება ენერგოდაზოგვა.

## 5.2 ენერგოეფექტური განათების სისტემები

ვარვარა ნათურა წარმოადგენს ყველაზე ძველ, დაბალეფექტურ ელექტროგანათების ტექნოლოგიას, რომელიც საქართველოს საყოფაცხოვრებო განათების სისტემაში ყველაზე ფართოდ გამოიყენება. ვარვარა ნათურაში და მის სხვადასხვა ვარიაციებში, სინათლე წარმოიქმნება ნათურაში არსებული მცირე ხვიის, ძაფის, ან სადენის გაცხელებით. ვარვარა ნათურას სჭირდება ენერჯიის დიდი რაოდენობა ძაფის გასაცხელებლად. ტიპურ ნათურაში გამოყენებული ენერჯიის 90% მოდის ძაფის გათბობაზე (და იკარგება) და მხოლოდ 10% - განათებაზე. ვარვარა ნათურებს ხანმოკლე საექსპლუატაციო ვადა აქვთ, ვინაიდან ცხელი ძაფიდან ხდება ვოლფრამის აორთქლება და ბნელი ნისლის სახით დაგროვება ნათურის შიგნით.

ვარვარა ნათურა ორმაგად აზარალებს მომხმარებელს: დაბალი ეფექტურობა იწვევს მაღალ საექსპლუატაციო ხარჯებს და ენერგოდანაკარგებს და ამავდროულად, საჭირო ხდება ზაფხულში ზედმეტი სითბოს მოცილება, ხშირად კონდიციონერის საშუალებით.

განათების სისტემების ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესება ითვალისწინებს შენობებში ელექტროენერჯიის მოხმარების შემცირების რამდენიმე შესაძლებლობას. ჩვეულებრივ, კონკრეტული სივრცის შესაბამის განათების დონეს სამი ფაქტორი განსაზღვრავს: მობინადრეების ასაკი, სისწრაფისა და სიზუსტის მოთხოვნები და უკანა ფონის კონტრასტი (გააჩნია რა სახის სამუშაო სრულდება) (Kreider, 2001, p. 4-118). არასწორია ის მოსაზრება, რომ ზედმეტად განათებული სივრცე უფრო მაღალი ვიზუალური ხარისხით ხასიათდება. მართლაც, დადგინდა, რომ ზედმეტმა განათებამ, ენერჯიის ფუჭად დახარჯვის გარდა, შეიძლება გააუარესოს ხილვადობა და ვიზუალური კომფორტის დონე სივრცეში. ამგვარად, განათების სისტემის მოდერნიზაციის დროს, მნიშვნელოვანია შესაბამისი განათების დონის განსაზღვრა და შენარჩუნება. ქვემოთ განხილულია მაღალეფექტური ფლუორესცენტული ნათურების, კომპაქტური ფლუორესცენტული ნათურების, კომპაქტური ჰალოგენური ნათურების და ელექტრონული დროსელის პოტენციალი

## ჰალოგენური ნათურები

ჰალოგენური ნათურები შეიქმნა როგორც სტანდარტული ვარვარა ნათურების უშუალო შემცვლელი. ისინი უფრო ენერგოეფექტურია, წარმოქმნის უფრო თეთრ სინათლეს და უფრო მეტ ხანს ძლებს, ვიდრე ეს უკანასკნელი.

ჰალოგენურ გამანათებლებში, ვრვარა ძაფი მოთავსებულია კვარცის მილაკში, რომელიც განლაგებულია მინის ნათურაში. სელექციური დანაფარი კვარცის მილაკის გარე ზედაპირზე, ატარებს ხილულ გამოსხივებას, მაგრამ აირეკლავს და უკან, ვარვარა ძაფზე აბრუნებს, ინფრაწითელ გამოსხივებას (ნახ. 5.1). ეს მეორადი ინფრაწითელი გამოსხივება დამატებით ათბობს ძაფს, რაც მისი საექსპლუატაციო ტემპერატურის შენარჩუნებისთვის, 30%-ით ნაკლები ენერჯის მიწოდების საშუალებას იძლევა. ჰალოგენები შეიძლება გაერთიანდეს სხვა ელემენტებთან, ჰალოიდური შენაერთების - კერძოდ ფტორიდების, ქლორიდების, ბრომიდების, იოდიდების შესაქმნელად. ამ შემთხვევაში, როდესაც გარსი საკმარისად ცხელია, ხდება ვოლფრამის აორთქლება ძაფიდან, მისი ჰალოიდთან შეერთება და თავიდან ძაფზე დალექვა. შედეგად ასეთ ნათურას შედარებით ხანგრძლივი საექსპლუატაციო ვადა გააჩნია. ის ჯერ კიდევ საკმაოდ არაეფექტურია და გამოიყენება საგამოფენო განათებისათვის და შენობის გარე პროექტორით განათებისათვის, სადაც ნათების ხანგრძლივობა შედარებით ნაკლებია.



ნახ. 5.1 ჰალოგენური ნათურები

## მაღალი გამოსხივების (HID) ნათურები

ეს ნათურები გამოიყენება შენობის გარე პროექტორით განათებისათვის ან ქუჩის განათებისათვის, აგრეთვე მაღალჭერიან

სივრცეებში, მაგალითად საწყობებში, ქარხნებში. მათი მუშაობა ეფუძნება დენის გატარებას მაღალწნევიან აირში ან ორთქლში, რომელიც იწვევს ელექტრონების აღზნებას.

სინათლის წარმომქმნელი რკალის მასალებია: ვერცხლისწყლის ორთქლი, მეტალის ჰალოიდები, ან მაღალი წნევის ნატრიუმი. ვინაიდან აირი მაღალი წნევის ქვეშ იმყოფება, სპექტრული ხაზები განირთხმევა და ამგვარად, იზრდება სინათლის ფერადობის გადაცემის ინდექსი. ეს ეფექტი კიდევ უფრო მეტია მეტალის ჰალოიდის ნათურებში, სადაც ლითონი და ჰალოიდი ერთად გამოიყენება და ზრდის სპექტრული ხაზების რაოდენობას. მაღალი გამოსხივების ნათურებიარის ან ოვალური ან მილაკის ფორმის ნახ.5.2 მილაკის ფორმის ნათურები არის ერთ და ორბოლოიანი მოდელები და გამოიყენება იქ, სადაც სხივის გაზრდილი კონტროლია საჭირო. მაღალი გამოსხივების ნათურებს სჭირდებათ დროსელის მილაკი დენის რეგულირებისათვის, რომელიც სხვა შემთხვევაში ტემპერატურის გაზრდას და მილაკის მწყობრიდან გამოსვლას გამოიწვევს. დროსელის კონსტრუქციას შეუძლია ზემოქმედება მოახდინოს მთლიან ან წრედის ეფექტურობაზე. ტრადიციულად, დროსელი ელექტრომაგნიტური იყო, მაგრამ ამჟამად მაღალეფექტური ელექტრონული ვარიანტებიც არსებობს.



**ნახ. 5.2** მაღალი გამოსხივებისნათურები

### *ფლუორესცენტული ნათურები*

ფლუორესცენტული ნათურები ადმინისტრაციულ შენობებში და ოფისებში ყველაზე ფართოდ გამოყენებული განათების სისტემებია ევროკავშირში, ამერიკის შეერთებულ შტატებსა და სხვა განვითარებულ ქვეყნებში. მათი პოპულარობის მიზეზია შედარებით მაღალი ეფექტურობა, სინათლის დიფუზური გაბნევა და ხანგრძლივი



სამუშაო რესურსი. ფლუორესცენტული ნათურა შედგება მინის მილაკისგან წყვილი ელექტროდებით თითოეულ ბოლოზე. მილაკი, ავსებულია დაბალი წნევის ინერტული აირით (უმეტესად არგონით) და ვერცხლისწყლით. ნათურის ჩართვის დროს ელექტროდებს შორის ჩნდება ელექტრული რკალი. ვერცხლიწყალი ორთქლდება და იწყებს გამოსხივებას სპექტრის ულტრაიისფერ ნაწილში. ულტრაიისფერი გამოსხივება მილაკის შიდა ზედაპირზე იწვევს ფოსფორის საფარის აგზნებას, რომელიც გამოასხივებს ხილულ სინათლეს.

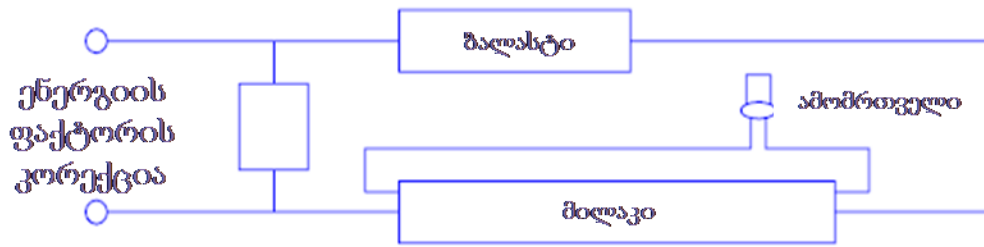
მაღალეფექტურ ფლუორესცენტულ ნათურებში კრიპტონ-არგონის ნარევის გამოყენებით, მათი გამოსავალი ეფექტურობა ჩვეულებრივი 70-დან დაახლოებით 80 ლუმენ/ვატ-მდე შეიძლება გაიზარდოს. ფოსფორის საფარისგაუმჯობესებით შესაძლებელია ეფექტურობის შემდგომი ზრდა 100 ლუმენ/ვტ-მდე. სხვადასხვა ფორმის, დიამეტრის, სიგრძის და კლასის ფლუორესცენტული ნათურები (ნახ. 5.3). T8 სწრაფად ხდება ყველაზე პოპულარული ფლუორესცენტული ნათურა, რომელიც ანაცვლებს T12, 40 ვატიან ნათურას მისი ენერგოეფექტურობის გამო. ის არის ერთი ინჩის დიამეტრის მილაკი, რომელიც იყენებს შუალედურ ორმანჭვლიან ბაზას, რაც საშუალებას იძლევა, რომ იგი მოერგოს იგივე სანათს, რომელსაც იგივე სიგრძის T12 ნათურა ერგება.



**ნახ. 5.3** ფლუორესცენტული მილაკები

ფლუორესცენტულ სანათებში დროსელი უზრუნველყოფს ნათურის ჩასართავად სათანადო პირობებს და არეგულირებს დენს მილაკში. ტკაცუნი, რომელსაც ნათურის ჩართვისას აღინიშნება, გამოწვეულია პატარაპლასტიკური ცილინდრით, რომელსაც ამომრთველი წრედი ეწოდება. დროსელი ასევე მოიხმარს ნათურის ენერჯიის 25%-მდე (ნახ. 5.4).





**ნახ. 5.4** ფლუორესცენტული მილაკის ამომრთველი წრედის დიაგრამა.

წყარო: CURRENT LIGHTING ENERGY EFFICIENCY METHODS

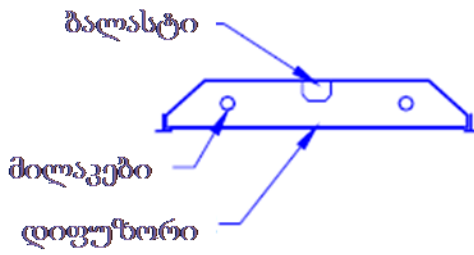
[http://www.flectrical.com.au/maxilight\\_savers.html](http://www.flectrical.com.au/maxilight_savers.html)

საერთო ნიშანდება, რომელიც ფლუორესცენტული ნათურებისთვის გამოიყენება არის F.S.W.C.-T.D, სადაც:

- F არის ფლუორესცენტული ნათურა.
- S მიანიშნებს ნათურის ტიპზე. თუ მინის მილაკი მრგვალია, იხმარება ასო C. თუ მინის მილაკი სწორია ასოს მითითება არ ხდება.
- W არის ნათურის ნომინალური ვოლტაჟის აღნიშვნა (4, 5, 8, 12, 15, 30, 32, და ა.შ.).
- C – მიუთითებს ნათურის შუქის ფერზე; W - თეთრი ფერი, CW - სუსტი თეთრი ფერი, და BL – არახილული დიაპაზონის გამოსხივება.
- T - მიუთითებს მილისებრ ნათურაზე.
- D - მიუთითებს დიამეტრზე ინჩის მერვედში ( $1/8$  ინჩი = 3.15 მმ) და ტოლია, მაგალითად 12 ( $D = 1.5$  ინჩი = 38 მმ) ძველი და ნაკლებად ენერგოეფექტური ნათურებისათვის და 8 ( $D = 1.0$  ინჩი = 31.5 მმ) უფრო ახალი და ენერგოეფექტური ნათურებისათვის (Kreider, 2001, p. 4-119).

*ჩაღრმავებული ფლუორესცენტული სანათები, ან ტროფერები*

ოფისის განათებისთვის ყველაზე გავრცელებული სანათი, ტროფერიარის შეღებილილითონის ყუთი, რომელიც ჭერშიაჩაღრმავებული. განათებას უზრუნველყოფს ერთი, ორი, სამი, ან ოთხი ფლუორესცენტული მილაკი. გაბნევა ხდება ბრტყელი დიფუზორით, რომელიც არის სანათის ერთადერთი ხილული ნაწილი. ტროფერებიგამოიყენებაროგორც შეკიდულ, ასევე ჩვეულებრივ ჭერზეც (ნახ. 5.5).



**ნახ.5.5** ჩაღრმავებული ტროფერი ჟალუზის ტიპის დიფუზორით და ჭრილი

*ზედაპირზე დამაგრებული ლარტყის სანათი*

მეორე ყველაზე მნიშვნელოვანი სანათი, რომელიც ოფისებში და სამრეწველო განათებისთვის გამოიყენება, არის ფლუორესცენტული ლარტყის სანათი. აღნიშნული სანათები შეიძლება შედგებოდეს მხოლოდ საკუთრივ ლარტყისაგან, ან თან ახლდეს დიფუზორები და რეფლექტორები. საკუთრივ ლარტყას აქვს ფოლადის ფურცლის “ხერხემალი” რომელზეც შეიძლება სხვადასხვა სახის დიფუზორების და რეფლექტორების მორგება (ნახ. 5.6).



**ნახ. 5.6** საკუთრივ ლარტყის და პრიზმულ დიფუზორიანი ლარტყის სანათი

*კომპაქტური ფლუორესცენტული ნათურები*

**ნახ. 5.7** –ზე გამოსახული ნათურები არის მინიატურული ფლუორესცენტული ნათურები, მცირე დიამეტრით და სიგრძით.

მათიგამოსავალი სინათლე ვარვარების ნათურის ტოლია, მაგრამ გაცილებით უფრო ენერგოეფექტურია და მეტი სამუშაო რესურსი გააჩნიათ.

დროსელი, როგორც ეს ზემოთ იყო აღნიშნული, ფლუორესცენტული ნათურის განუყოფელ ნაწილს შეადგენს, ვინაიდან უზრუნველყოფს ელექტრული რკალის ასანთები და ინტენსივობის მარეგულირებელი ძაბვის დონეს. ელექტრონული დროსელის შექმნამდე ფლუორესცენტული ნათურების გასააქტიურებლად მხოლოდ მაგნიტური, ან „ბირთვის და ხვიის“ დროსელები გამოიყენებოდა. მაშინ, როდესაც ელექტრომაგნიტური დროსელით დენის სიხშირე დაბალი რჩება (50 ჰერცი ევროპაში ან 60 ჰერცი აშშ-ში), ელექტრონულიდროსელი ნახევარგამტარული კომპონენტების საშუალებით, გამომუშავდება მაღალი სიხშირის დენი (20-60 მეგაჰერცი), რაც ზრდის ფლუორესცენტული ნათურების ენერგოეფექტურობას, ვინაიდან სინათლის ინტენსივობა იცვლება უფრო სწრაფად და ის უფრო კაშკაშა ხდება. ელექტრონული დროსელი, ნახევარგამტარული კომპონენტების ხარჯზე, აგრეთვე ხსნის მაგნიტურიდროსელისათვის დამახასიათებელ ხმაურის პრობლემას.



**ნახ. 5.7** კომპაქტური ფლუორესცენტური ნათურები

ცხრილში 5.1 მოცემულია სხვადასხვა ტიპის ფლუორესცენტული (დღის სინათლის) ნათურების და დროსელის ჩამონათვალი მათი ენერგოდაზოგვის საშუალებების შესაბამისად და მათი შედარებითი ენერგომოხმარება სტანდარტულ ნათურასთან და დროსელთან, განათების ერთი და იმავე დონისთვის.

ცხრილი 5.1 ფლუორესცენტური ნათურის და სამაგრი მოწყობილობის შერჩევის ვარიანტები

ნათურა	დროსელი	ტიპური ნათურის და მაგნიტური დროსელის მიმართ შედარებითი ენერგო მოხმარება განათების ერთი და იმავე დონისთვის
სტანდარტული	სტანდარტული მაგნიტური	100%
სტანდარტული	ეფექტური მაგნიტური	87%
სტანდარტულ ელექტრონული	ელექტრონული	75%
ეფექტური	სტანდარტული მაგნიტური	90%
ეფექტური	ეფექტური მაგნიტური	80%
ეფექტური	ელექტრონული	68%
T 8	მისადაგებული ელექტრონული	56%

წყარო: Milan, p.9

### 5.3 განათების კონტროლი

ენერგოდაზოგვა შეიძლება მიღწეულ იქნას იმ შემთხვევაში, როცა განათების სისტემის სრული სიმძლავრით ფუნქციონირება საჭირო არ არის. განათების სისტემის ფუნქციონირების რეგულირება შეიძლება რამდენიმე საშუალებით: სინათლის ხელით ჩართვით და გამორთვით ან სიკაშკაშის გადართვით, გასანათებელ სივრცეში ადამიანის ყოფნის დეტექტორების გამოყენებით (ოთახის ადამიანებისაგან დაცლისას სინათლე ითიშება), სიკაშკაშის ავტომატური შემცირების სისტემებში დღის განათების მართვის საშუალებების გამოყენებით.

ენერგიის დაზოგვა სინათლის ხელით გამორთვით და ჩართვით, ან სუსტ განათებაზე გადართვითაც შეიძლება, მაგრამ, ჩვეულებრივ, შედეგების წინასწარმეტყველება შეუძლებელია, ვინაიდან ეს მობინადრის ქცევაზე არის დამოკიდებული. ამის საპირისპიროდ, სინათლის ავტომატური გამორთვის და სუსტი განათების

სისტემები რეაგირებს ამინდის ცვლილებებზე და ადამიანის ყოფნაზე. ქვემოთ მოკლედ განხილულია განათების ზოგიერთი ავტომატური მარეგულირებელი სისტემების.

### *სივრცის “დაკავეების” სენსორები*

სივრცის დაკავეების სენსორები ენერგიას ზოგადად სინათლის ავტომატურად გამორთვის ხარჯზე, იმ ადგილებში, რომლებიც ადამიანის მიერ არ არის დაკავეებული. ზოგადად დატვირთვის სენსორები გამოიყენება სინათლის მარეგულირებელ სისტემებში და გათვალისწინებული უნდა იყოს განათების მოდერნიზაციისათვის. მნიშვნელოვანია სივრცის დაკავეების სენსორებისათვის სათანადო ტექნიკური მოთხოვნების ჩამოყალიბება და მათი სწორი დამონტაჟება, რათა დატვირთვის პერიოდებში უზრუნველყოფილი იყოს საიმედო განათება. ქვემოთ აღწერილია მოძრაობის აღსაქმელი ტექნოლოგიის სახეები:

1. *ინფრაწითელი სენსორებით* ხდება სხვადასხვა საგნების მიერ ინფრაწითელი გამოსხივების რეგისტრირება, ადამიანს სხეულის ჩათვლით. როდესაც მართვის ბლოკი, რომელიც ინფრაწითელი სენსორებთან არის მიერთებული, იღებს გარემო ტემპერატურის მახასიათებლის უწყვეტ ცვლილებას (როგორც იმ შემთხვევაში, როდესაც მობინადრე მოძრაობს), ის რთავს სინათლეს. სინათლე ანთია იქამდე, სანამ ფიქსირდება ტემპერატურის აღრიცხული ცვლილება.

2. *ულტრაბგერითი სენსორები* ფუნქციონირებს იმავე პრინციპით, როგორც წყალქვეშა ნავების სონარები და აეროპორტების რადარები. ისინი გამოსცემენ მაღალი სიხშირის (25-40 კილოჰერცი) ბგერებს, რომელიც ადამიანებს არ ესმით. ბგერები აირეკლება სხვადასხვა სხეულებიდან (ავეჯის და მობინადრეების ჩათვლით) და აღიქმება მიმღები მოწყობილობის მიერ. როდესაც ადამიანები მოძრაობენ შენობაში, აკუსტიკური ტალღის განაწილება იცვლება. სინათლე ანთია მანამ, სანამ ფიქსირდება მოძრაობა. სხვადასხვა კვლევითმა და სახელმწიფო ორგანიზაციამ ჩაატარა კვლევა სივრცის დაკავეების სენსორების გამოყენების შედეგად სავარაუდო ენერგოდაზოგების შესაფასებლად. 5.1 ცხრილში მოყვანილია ერთ-ერთი ასეთი ტიპური კვლევის შედეგები. ჩანს, რომ შესაძლებელია მნიშვნელოვანი ენერგოდაზოგის მიიღწევა ისეთ ადგილებში,

რომლებიც პერიოდულად არის დაკავებული (მაგ. საკონფერენციო დარბაზები, ტუალეტები, საკუჭნაოები და ა.შ.).

**ცხრილი 5.2** ენერჯის დაზოგვის პოტენციალი სივრცის დაკავების სენსორების გამოყენებით

სივრცის გამოყენება	ენერგოდაზოგვის დიაპაზონი
ოფისები (კერძო)	25-50%
ოფისები (ღია გეგმარების)	20-25%
ტუალეტები	30-75%
საკონფერენციო დარბაზები	45-65%
დერეფნები	30-40%
საკუჭნაოები	45-65%
საწყობი	50-75%

წყარო: Energy . . . Part B, 2000, p.12

5.3.1 სინათლის ფერადობის წარმოსახვის ინდექსი

იმისათვის, რომ განვასხვაოთ, თუ როგორ გამოვლინდება ფერი, სხვადასხვა სინათლის წყაროს ზემოქმედებით, რამდენიმე წლის წინ შემუშავდა სისტემა, რომელიც მათემატიკურად აღწერს, როგორ ხდება რვა განსაზღვრული პასტელის ფერის ადგილის ცვლა სინათლის წყაროს გავლენით იმავე ფერებთან შედარებით, რომელიც განათებულია იმავე [ფერის] ტემპერატურის მქონე საკონტროლო სინათლის წყაროს მიერ. სინათლის ფერადობის წარმოსახვის ინდექსი (CRI) არის ფერადი სინათლის ხარისხის საზომი, რომელიც შემოიღო განათების საერთაშორისო კომისიამ (CIE). ეს არის სინათლის წყაროს უნარის რაოდენობრივი საზომი, სწორად ასახოს სხვადასხვა ობიექტის ფერები იდეალურ ან ბუნებრივ სინათლის წყაროსთან შედარებით. უფრო მარტივად, ფერადობის წარმოსახვის ინდექსი არის სინათლის წყაროს შესაძლებლობის საზომი, „რეალისტურად“ ან „ბუნებრივად“ წარმოაჩინოს საგნის ფერები ნაცნობ ეტალონურ წყაროსთან, ვარვარა სინათლთან, ან დღის განათებასთან შედარებით (Color).

ის აღწერს, სინათლის წყარო როგორ წარმოაჩენს ობიექტის ფერს ადამიანის თვალში, რამდენად კარგად ხდება ფერის შეუმჩნეველი ნიუანსების გამოვლინება. ინდექსი გამოითვლება 1-100%-მდე სკალით, რომელიც განსაზღვრავს, “მოცემული” სინათლის წყარო რამდენად ზუსტად გადმოსცემს ფერს ეტალონურ წყაროსთან შედარებით. რაც უფრო მაღალია სინათლის ფერადობის წარმოსახვის ინდექსი, მით უკეთესია სინათლის გადაცემის უნარი. სკალის უმაღლესი მნიშვნელობა (100) ეფუძნება 100 ვატიანი ვარვარა ნათურის განათებას. დაბალი წნევის ნატრიუმის სინათლის წყაროების ინდექსი შესაძლებელია ფაქტობრივად 0%-ს ტოლი იყოს, რადგანაც მათ არ შესწევთ ფერების დიფერენციაციის უნარი. ითვლება, რომ სინათლის წყაროებს 85-90%-იანი ინდექსით გააჩნიათ ფერადობის წარმოსახვის კარგი უნარი. 90%-ზე მაღალი ინდექსის მქონე წყაროები საუკეთესოდ ითვლება (High, 2009). კომპაქტური ფლუორესცენტური ნათურების ინდექსი ზოგადად 80-88-ს შეადგენს. ფლუორესცენტური მილაკების კი მერყეობს 60-დან 88-მდე. ფლუორესცენტური ნათურების ფერადობის წარმოსახვის უკანასკნელი დროის სრულყოფამ ისინი ბევრად უფრო მისაღები გახადა, ვიდრე ეს ადრე იყო.

#### 5.4 განათების სისტემის აუდიტის ჩატარების ინსტრუქციები

განათების აუდიტის ჩასატარებლად საჭიროა შემდეგი ნაბიჯების განხორციელება:

##### 1. ოთახის აღწერა:

- განსაზღვრეთ ოთახის ტიპი – ოფისი, საკუჭნაო, ტუალეტი, ა.შ.;
- განსაზღვრეთ ოთახის მახასიათებლები — სიმაღლე, სიგანე, სიგრძე, ფერი და ზედაპირების მდგომარეობა;
- განსაზღვრეთ სანათების ფიქსაციის მოწყობილობების მახასიათებლები — ნათურის ტიპი, სამაგრი მოწყობილობების რაოდენობა, სანათების მდგომარეობა, კონტროლის მეთოდი, სამაგრი მოწყობილობების დაკიდების სიმაღლე, დროსელი და ნათურის სიმძლავრე ვატებში.

##### 2. განათების დონეების და განათების ხარისხის შეფასება:

- გაზომეთ განათებულობა ფოტომეტრის გამოყენებით;
- შეადგინეთ ოთახში, ან ობიექტზე სანათის ტიპების და მათი განლაგების გეგმა;
- შეამოწმეთ, თუ არსებობს გადამეტებული სიკაშკაშე და კონტრასტი;

- გაესაუბრეთ მომხმარებლებს განათების დონეებზე, მართვის მოწყობილობებსა და ხარისხზე;
  - შეადარეთ განათებულობის გაზომვების შედეგები ამ სამუშაოსათვის რეკომენდირებულ სიდიდეებს.
3. ელექტორენერგიის მოხმარების შეფასება:
- გამოთვალეთ ჯამური სიმძლავრე (ვატი/სანათი x სანათების რაოდენობა/1000 = არსებული კვტ);
  - გამოთვალეთ ენერგიის სიმკვრივე (კვტ x 1000/კვადრატულ მეტრზე = ვატი/ კვადრატულ მეტრზე);
  - შეადარეთ არსებული ენერგიის სიმკვრივე ნომინალურ სიდიდეებს;
  - შეაფასეთ გამოყენებული საათების რაოდენობა წლის განმავლობაში;
  - შეაფასეთ განათებაზე დახარჯული ენერგიის წლიური ღირებულება.
4. ენერგოდაზოგვის გამოთვლა:
- განსაზღვრეთ ახალი ჯამური სიმძლავრე რეკონსტრუქციის შემდეგ;
  - განსაზღვრეთ ექსპლუატაციის საათების რაოდენობაში ცვლილება განათების მართვის სისტემების შეცვლის შემთხვევაში;
  - გამოთვალეთ ენერგოდაზოგვა (კვტ - მდე - კვტ-ი შემდეგ) x ექსპლუატაციის საათებზე = კვტსთ.

## თავი 6 – გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონირების სისტემების აუდიტი

### 6.1 გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონირების სისტემების საფუძვლები

გათბობის სისტემის სხვადასხვა ტიპი არსებობს. ჩვეულებრივ, გათბობის სისტემა სამი ძირითადი კომპონენტისგან შედგება:

- სითბური ენერგიის გენერატორი (ქვაბი)
- მიღების სისტემა;
- გამაცხელებელი მოწყობილობა



გათბობის სისტემის ძირითად კომპონენტში - ქვაბში, წყალი ან ორთქლი ცხელდება და შემდეგ გამოიყენება სხვადასხვა დანიშნულებით – მაგალითად ცენტრალური გათბობისათვის ან ცხელწყალმომარაგებისათვის. თავისთავად, ქვაბი არის დახურული ჭურჭელი, სითბოს წყარო, რომელიც წარმოიქმნება წვის პროცესის შედეგად, რომელიც საწვავად იყენებს შეშას, ქვანახშირს, ნავთობს ან ბუნებრივ აირს.

*ცენტრალური გათბობის სისტემა* არის გათბობის ყველაზე გავრცელებული სისტემა, რომელიც გამოიყენება კერძო სახლების, ბინების და ასევე საზოგადოებრივი და ადმინისტრაციული შენობების გასათბობად. ასეთი სისტემა შედგება ქვაბისაგან, ღუმელისგან ან თბური ტუმბოსგან ჰაერის, ორთქლის, ან წყლისგასათბობად. შედეგად მიღებული სითბო ნაწილდება შენობაში ცხელი წყლის ან ორთქლის სახით მიღების სისტემის მეშვეობით გამაცხელებელ მოწყობილობებში – რადიატორებში ან კონვექტორებში. ცხელი ჰაერი აგრეთვე შესაძლებელია დაიტუმბოს შენობაში ჰაერსატარების (არხების) სისტემის მეშვეობით. მიწოდების ტიპის მიხედვით, გათბობის სისტემა შეიძლება იყოს იძულებითი მიმოქცევის ან გრავიტაციული. ორივე ასეთ სისტემაში საჭიროა ერთი (ან მეტი) თერმოსტატი გათბობის (ან გაგრილების) ჩართვა-გამორთვისათვის. მათი რეგულირება შესაძლებელია როგორც ავტომატურად, ასევე ხელით, გააჩნია, ოთახის ტემპერატურა იზრდება თუ მცირდება. რადიატორები ჩვეულებრივ დამონტაჟებულია ოთახის ყველაზე ცივ ადგილებში, სითბოს დანაკარგების შესამცირებლად, ძირითადად ფანჯრების ქვეშ.

*მექანიკური/იძულებითი ჰაერით სათბობი სისტემები* ანაწილებენ თბილ ჰაერს არხების სისტემის მეშვეობით. იგივე სისტემა შესაძლებელია გამოყენებული იყოს ვენტილაციის და/ან ჰაერის კონდიციონებისათვის წელიწადის თბილ დროს. ვენტილაცია არისსათავისი გარემოსთან ჰაერის ცვლა, აგრეთვე შენობის შიგნით ჰაერის ცირკულაცია. ის ცვლის ჰაერს დახურული სივრცის ფარგლებში ტემპერატურის კონტროლის, ტენის, სუნის, კვამლის, დამაბინძურებელი ნივთიერებების და ა.შ. მოცილების მიზნით, და ხელს უშლის სათავისი შიგნით ჰაერის დაგუბებას. ამ მიზნის მისაღწევად ჰაერი შესაძლებელია იძულებით გაიფილტროს ან გატარდეს ჰაერის გამწმენდ ხელსაწყოებში. ჩვეულებრივ, ასეთი სისტემები არ აღადგენენ გამავალი ჰაერიდან ენერგიას. ეს ენერგია იკარგება (ისევე როგორც მის წარმოებაზე დახარჯული ფული).

ენერჯის აღმდგენი ვენტილატორების გამოყენებას შეუძლია გამოიწვიოს ასეთი ენერჯის 75%-მდე დაზოგვა. მექანიკური სისტემების პროექტირებისას გასათვალისწინებელია ისეთი ფაქტორები, როგორცაა ნაკადის ხარჯი (რაც სიჩქარისა და გამოსაშვები მილყელის ფუნქციას წარმოადგენს) და ხმაურის დონე.

კონდინციონერებიც და თბური ტუმბოებიც მექანიკური ჰაერის სისტემებია. მათი საშუალებით ხდება გაცივებული, ზოგჯერ დატენიანებული და გაწმენდილი ჰაერის მიწოდება. როგორც კონდინციონერები, ასევე თბური ტუმბოებიც ელექტროენერჯიაზე მუშაობს. კონდინციონერი ართმევს სითბოს ჰაერს გაცივების ძირითადი პრინციპებიდან გამომდინარე. თბურ ტუმბოს აქვს როგორც გაცივების, ასევე გათბობის უნარი. ის ართმევს სითბოს გარე ჰაერს და აწოდებს მას სათავსოს ზამთარში, ხოლო ზაფხულში პირიქით – აცივებს ოთახის ჰაერს და გადასცემს ზედმეტ სითბოს გარემოს. თბური ტუმბო შედგება გარე კომპრესორი/თბომცვლელისგან, რომელიც დაკავშირებულია მაცივარი აგენტით სავსე მილების სისტემასთან და შიდა ჰაერის მარეგულირებელ მექანიზმთან. სისტემის შიგნით მოძრაობის და მარეგულირებელი მექანიზმის კლაკნილების გაცივების ან გათბობის პროცესში მაცივარი აგენტი ასრულებს ძირითად გაცივების ციკლს. შემდეგ ოთახის ჰაერი შეიწოვება ვენტილატორით, ცირკულირებს კლაკნილების გარშემო და ოთახს უბრუნდება.

მექანიკური ჰაერის სისტემები არ არის ფართოდ გავრცელებული საქართველოში. განსაკუთრებით კერძო საბინაო სექტორში, სამზარეულოებში და აბაზანებში სუნის და ზოგჯერ ტენის კონტროლი ხდება *ბენებრივი გაწოვის* საშუალებით.

გათბობის, ვენტილაციის და კონდინციონერების სისტემა (გვკს) წარმოადგენს ურთიერთმოქმედი კომპონენტებისა და პირობების ჯგუფს. შესაბამისად, მისი აუდიტი არის გათბობის, ვენტილაციის და კონდინციონერების მოწყობილობების კომპონენტებისა და სისტემების ნაბიჯ-ნაბიჯ შეფასება, რომელიც სისტემურ მიდგომაზეა დაფუძნებული (Vanderweil Engineers, Inc., at al.,1999). იმ დროს, როდესაც საექსპლუატაციო დონისძიებების უმეტესობა კონცენტრირდება იმაზე, რომ სისტემა ამოქმედოს, გვკს აუდიტი კონცენტრირდება იმაზე, რომ სისტემამ იმუშაოს სათანადოდ და

ეფექტურად. ცალ-ცალკე თითოეული კომპონენტი, შეიძლება, კარგად მუშაობდეს, მაგრამ თუ მთლიანი სისტემის პარამეტრების ფუნქციონირება არ არის შეფასებული, არ არსებობს იმის გარანტია, რომ ის ენერგოეფექტურია. ასეთი სისტემის ენერგოაუდიტი მიმართულია ენერჯის მოხმარების შემცირებაზე და ერთდროულად სათავსოს შიგნით კომფორტული პირობების უზრუნველყოფაზე. სათავსოს შიდა პირობების დონე წარმოადგენს ისეთი ფაქტორების კომბინაციას, როგორცაა სათავსოს შიდა ჰაერის ტემპერატურა, მისი მობილურობა და ტენიანობა.

*ტემპერატურის ფაქტორი აუდიტში ითვალისწინებს:* :

- შიდა ტემპერატურის “ჩარჩოების” დადგენას თითოეული სათავსოსა და სეზონისთვის;
- ცარიელი სათავსოების დადგენას;
- იმის შემოწმებას, შეესაბამება თუ არა ტემპერატურა “რეკომენდირებულ ტემპერატურის სტანდარტს” შენობის შესაბამისი ტიპისთვის;<sup>13</sup>
- თერმოსტატის ტემპერატურის გეგმიური ავტომატური დაწვევის (აწვევის) ოპტიმალური დონის განსაზღვრას;<sup>14</sup>
- ენერჯის მოხმარების შემცირების დანერგვას თერმოსტატების ხელით დარეგულირებით და მარეგულირებელი საშუალებების დანერგვით;
- ზაფხულში მომუშავე გამაგრებელი სისტემების გათიშვას, როდესაც შენობა არ არის დაკავებული.

*ვენტილაციის სისტემის ენერგოაუდიტის ჩასატარებლად უნდა გადაიდგას შემდეგი ნაბიჯები:*

- გაიზომოს ჰაერის მოცულობა ვენტილაციის სისტემის მიმდებ მოწყობილობებთან;
- განისაზღვროს ნორმატიულ დოკუმენტაციაზე დაფუძნებული მოთხოვნები და შეედაროს გაზომვების შედეგებს;
- შემოწმდეს, გაზომილი ვენტილაციის დონე აღემატება თუ არა ნორმატიულ მოთხოვნებს.

*ენერგოაუდიტში ტენიანობის ფაქტორი განისაზღვრება:*

- შიდა ჰაერის ტენიანობის გაზომვით;

<sup>13</sup> საქართველოს პირობებში ეს უნდა მოხდეს ძველი საბჭოური ნორმებისა და სტანდარტების შესაბამისად, რომელიც ფაქტობრივად ემთხვევა იმავე კლიმატურ სარტყელში არსებული სხვა ქვეყნების ნორმებსა და სტანდარტებს.

<sup>14</sup> რეკომენდებულია ზამთარში ცარიელ სათავსოში (მაგალითად, არასამუშაო საათებში) ტემპერატურის შემცირება, ხოლო ზაფხულში – გაზრდა – ენერჯის დაზოგვის მიზნით.

- ტენიანობის დონის ნორმატიულთან შესაბამისობის დადგენით.

აუდიტორებმა უნდა შეიმუშაონ და განახორციელონ გვეს აუდიტი, რომელიც მოიცავს ობიექტზე არსებული ხელსაწყო-დანადგარების ყოველ ერთეულს. ასეთების სიაში შეიძლება შევიდეს: ტუმბოები, ვენტილატორები, თბოგადამცემები, წყლის შემთბობები, ორთქლგამაცალკეებლები და სამაცივრო დანადგარები. თითოეული მათგანი მოითხოვს ყურადღებით შესწავლას, რათა დადგინდეს, მათი მუშაობა შეესაბამება თუ არა სავარაუდოს და რამდენად ეფექტურია. აუდიტის დასრულების შემდეგ, ტექნიკური მომსახურების და პროექტირების მენეჯერებს მიეწოდებათ ენერგოეფექტურობის გასაუმჯობესებელი სამოქმედო გეგმა.

აუდიტის სტანდარტული პროცედურის შესაბამისად ინსპექტორმა უნდა დაიწყოს საქმიანობა მოვლისა და ტექნიკური მომსახურების ანგარიშების და მუშაობის განრიგის შესწავლით, ხოლო შემდეგ შეუდგეს ინსპექტირებას და შემოწმებას. გვეს აუდიტი დეტალურ ტესტირებას და გაზომვებს მოითხოვს. ზოგიერთ შემთხვევაში ინსპექტორებმა უნდა გახსნან დანადგარები და შეამოწმონ, რამდენიმე ფუნქციონირების ეფექტურობას და სიმძლავრეს. შესაძლებელია ინსპექტორმა შეასწოროს კიდევაც ის მცირე დეფექტები, რომელსაც აუდიტის დროს გამოავლენს. ის აგრეთვე მიუთითებს ისეთ დანადგარებს, რომლებიც კაპიტალდაბანდებას მოითხოვენ და წარმოადგენს მათი შეცვლის რეკომენდაციებს, თანდართული დანახარჯების გათვლებით.

გვეს აუდიტი უნდა დაიწყოს ობიექტის ყველაზე მსხვილი ენერჯის მომხმარებლებიდან, მაგალითად მაცივრებიდან და საქვაბე დანადგარებიდან, რომლებიც ნებისმიერ შენობაში ყველაზე მსხვილი ენერგომომხმარებელი სისტემებია. მათი ფუნქციონირების ნებისმიერი გაუმჯობესება, უმნიშვნელოც კი, ენერჯის მოხმარებაში მნიშვნელოვან დანახარჯებს მოგვცემს.

კონდიციონირების სისტემასთან დაკავშირებით (მაცივარი), ინსპექტორებმა უნდა გადახედონ საექსლუატაციო ჟურნალს: რეგულარულად ხდება თუ არა მასში ჩანაწერების გაკეთება? ჩაწერილი მონაცემები ჯდება მაცივრის ნორმალურ საექსლუატაციო ზღვრებში, თუ მიუთითებს, რომ მაცივარს მუშაობა უხდება არასრული ოპტიმალური მარგი ქმედების კოეფიციენტით (მ.ქ.კ.)? ძალიან მაღალმა ტემპერატურამ შეიძლება გამოიწვიოს ტენიანობის

პრობლემები სათავსოში, მაგრამ თუ ტემპერატურა ძალიან დაბალია, ენერჯის მოხმარება გაიზრდება.

შემდეგ ინსპექტორმა უნდა გადახედოს მაცივრის საექსპლუატაციო ჩანაწერებს. ბოლოს როდის შემოწმდა და გაიწმინდა მაცივრის მილები? ხდება თუ არა ეს სპეციფიკაციის შესაბამისად?

საქვამე დანადგარი, მეორე ყველაზე დიდი ენერჯის მოხმარებელია ობიექტების უმეტესობაზე. ბოილერის საექსპლუატაციო ჟურნალის მონაცემები ხელს შეუწყობს იმის განსაზღვრას, სათანადო დონეზე ხდებოდა თუ არა საქვამის ექსპლუატაცია. ტექნიკური მომსახურების ჟურნალის შემოწმებით განისაზღვრება ქვამის გაწმენდის, ან მინადულის და ნალექის დამუშავების უკანასკნელი თარიღი. ქვამის სიმძლავრისა და ექსპლუატაციის გათვალისწინებით, წლიური შემოწმება და გაწმენდა, შეიძლება, წესრიგში იყოს. ამუშავებდნენ თუ არა ქვამს სათანადო ტემპერატურასა და წნევაზე?

მას შემდეგ, რაც აუდიტი დიდი სისტემების შემოწმებას დაასრულებს, ინსპექტორმა შეიძლება უფრო მცირე სისტემების და კომპონენტების აუდიტი ჩაატაროს. შენობის გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონირების სისტემების შემოწმება გამოავლენს, ფუნქციონირებს თუ არა სისტემები მხოლოდ მაშინ, როდესაც ამის საჭიროება არსებობს. შენობაში მყოფი ადამიანების რაოდენობა ხშირად იცვლება, მაგრამ სანამ ტექნიკოსი კონდიციონირების სისტემის იმ ნაწილის რეგულირებას არ მოახდენს, რომელიც პასუხს აგებს ჰაერის მოძრაობაზე ჰაერსატარებში, ხსენებულმა სისტემამ, შეიძლება, შენობის დაცარიელების შემდეგ კიდევ რამდენიმე საათი იმუშავოს. გათბობის და გაგრილების ხვეულების შემოწმება გამოავლენს ჭუჭყის, ან კოროზიის არსებობას. ინსპექტორმა უნდა შეამოწმოს საჰაერო შიბერების შეუფერხებელი ფუნქციონირება მთლიან საექსპლუატაციო დიაპაზონში. რა რაოდენობის ჰაერის შემოდინება ხდება შენობაში, როდესაც შიბერი მინიმალური გარე ჰაერის პოზიციაზეა დაყენებული?

თუ შიბერების ჩამრახი გაჭედილია ღია მდგომარეობაში, ან თუ ფართოდაა გაღებული, მაშინ ხდება დიდი რაოდენობით ჰაერის შემოდინება გარედან, რაც გათბობის და გაგრილების ხარჯების ზრდას იწვევს. უნდა მოხდეს ტემპერატურის კონტროლის სისტემების ფუნქციონირების და კალიბრაციის შემოწმება.

გვკს აუდიტი არ არის ერთჯერადი ღონისძიება, რომელიც შეიძლება ჩატარდეს და დავიწყებას მიეცეს. შენობის ექსპლუატაცია და

გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონირების სისტემები, რომელიც მას ემსახურება, განუწყვეტლივ იცვლება. ექსპლუატაცია იცვლება. გათბობისა და გაცივების დატვირთვები ცვლილებას განიცდის. კომპონენტები ცვლება ან ერთმანეთს აღარ ერგება. თუ ინსპექტორები რეგულარულად არ ჩაატარებენ აუდიტს, შენობის სისტემები ისევ არაეფექტურ მდგომარეობას დაუბრუნდება. გვეს აუდიტი უნდა ყოველ სამ-ხუთ წელიწადში ერთხელ განმეორდეს, რათა უზრუნველყონ შენობის სისტემების ექსპლუატაცია მაქსიმალური ეფექტურობით (Piper, 2002).

## 6.2 გათბობის სისტემების სახეები და მათი ეფექტურობა

### 6.2.1 ქვაბები

ქვაბები არის ძირითადი დანადგარი, რომელიც გამოიყენება ცენტრალური გათბობისა და ცხელწყალმომარაგებისათვის.

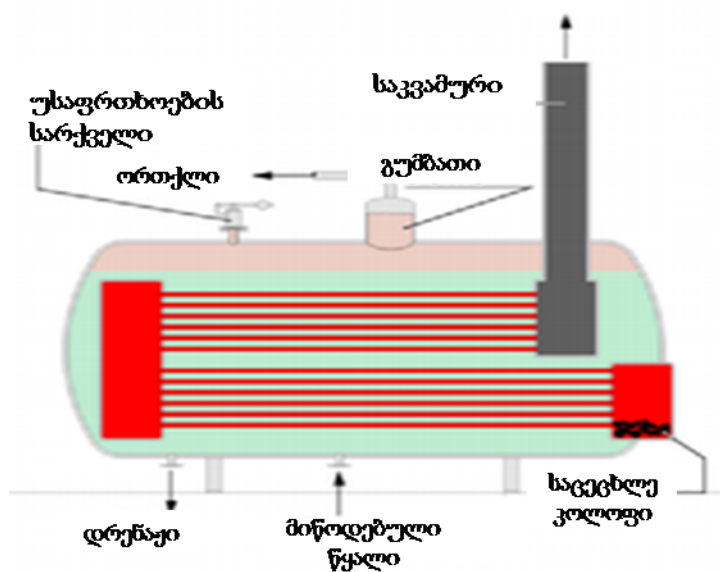
საწვავი, რომელსაც ბოილერი მოიხმარს ნახშირწყალბადებისაგან შედგება (მაზუთი, ბუნებრივი აირი, ქვანახშირი, და ა.შ.). ტიპური წვის რეაქციაში მონაწილეობს ნახშირბადის ატომი ჟანგბადის ორ ატომთან ერთად. შედეგად გამოიყოფა სითბო, რომელიც ცნობილია როგორც საწვავის თბოუნარიანობა.

კომერციული ქვაბების უმრავლესობა ფოლადისგან არის დამზადებული, ხოლო შედარებით პატარა ზომის ქვაბები თუჯისგან მზადდება. ფოლადის ქვაბები წვის სითბოს გადასცემენ სითხეს, რომელიც მილების სისტემაში მიედინება. ხსენებული მილები შეიძლება იყოს საცეცხლე ან სადუღებელი.

*ცეცხლმილა ქვაბი:* აღნიშნულ მოწყობილობაში წყალი ნაწილობრივ ავსებს ქვაბის კასრს და ზემოთ ორთქლისთვის მხოლოდ მცირე ადგილი რჩება (*საორთქლე სივრცე*). აღნიშნულ ქვაბებში წვის ცხელი პროდუქტები მიედინება წყალში ჩაძირულ მილებში (ნახ. 6.1). აირსა და წყალს შორის საკონტაქტო ზედაპირის ფართობის გასაზრდელად მილების 2-4 წყება გამოიყენება. ეს ზრდის ქვაბის მარგი ქმედების კოეფიციენტს, მაგრამ უფრო მეტ ენერგიას მოითხოვს ვენტილატორისთვის. სითბოს წყარო ღუმელში ან *საცეცხლეში*, არის განლაგებული. ის მუდმივად წყლით უნდა იყოს გარემოცული მისი ზედაპირის ტემპერატურის, დუღილის ტემპერატურაზე ოდნავ წვემოთ შესანარჩუნებლად. ცეცხლმილა ქვაბები უმეტესად მყარ საწვავზე მუშაობს, მაგრამ ადვილად შეიძლება გადაკეთდეს თხევად და გაზის საწვავზეც. მათი

დამონტაჟება და ექსპლუატაცია ადვილია. მათ აგრეთვე შეუძლიათ, გაუძღონ დატვირთვის უეცარ, მნიშვნელოვან რყევას წნევის მცირე ცვლილების ხარჯზე.

*თუჯის ქვაბი:* თუჯის ქვაბიარისცეცხლმილაქვაბის ნაირსახეობა. ხსენებული ქვაბები გამოიყენება მცირე სათავსოებში, მხოლოდ დახურულ, დაბალი წნევის სისტემებში, სადაც მნიშვნელოვანია ხანგრძლივი საექსპლუატაციო ვადა. ისინი დამზადებულია ანაკრები ნაწილებისგან და მათი აწყობა ადვილზე შეიძლება. თუმცა საწყისი ღირებულება დაბალია, დიდი სამუშოა ჩასატარებელი ადვილზე ქვაბის სრულად ასამოქმედებლად. თუჯის ქვაბი უფრო ძვირადღირებულია, ვიდრე ანალოგიური სიმძლავრის ცეცხლმილა, ან წყალმილა ქვაბები (ნახ. 6.2). ეს ქვაბები აგრეთვე უაღრესად მგრძობიარეა მოთხოვნის ცვლილებისა და წყლის დონის მიმართ.



ნახ. 6.1 ცეცხლმილა ქვაბის სქემა

წყარო: Wikipedia, the free encyclopedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Boiler>



## ნახ. 6.2 თუჯის ქვაბი

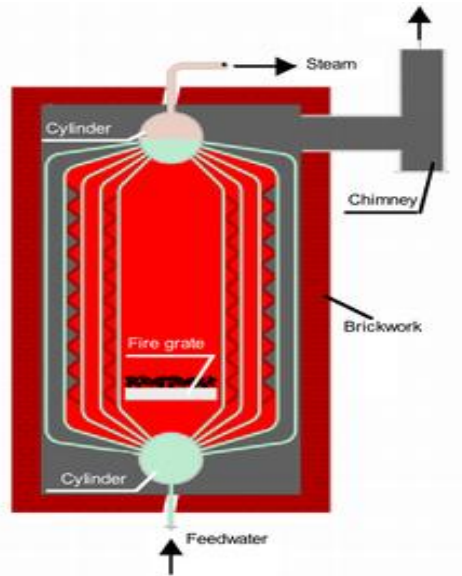
წყარო: Wikipedia, the free encyclopedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Boiler>

*წყალმილა ქვაბი:* ასეთ ქვაბებში წყალი მოძრაობს მილებში, რომელიც გარშემორტყმულია წვის აირებით (ნახ. 6.3). წყლის მილები ღუმელში განლაგებულია სხვადასხვა შესაძლო კონფიგურაციით. ხშირად წყლის მილები აკავშირებს დიდ დოლებს. ქვემოთ განლაგებულ დოლებში მოთავსებულია წყალი, ხოლო ზედა დოლებში – ორთქლი და წყალი. წყლის მიმოქცევას ჩვეულებრივ უზრუნველყოფს სიმკვრივის სხვაობა შემომავალ ცივ წყალსა და ცხელი წყლის/ორთქლის ნარევის შორის დგარში. წყალმილა ქვაბები სხვადასხვა ჯგუფებად იყოფა ფორმის, დოლების განლაგების, რაოდენობის და ტევადობის შესაბამისად.

*კონდენსაციური ქვაბი:* წარმოადგენს წყლის გამაცხელებელ მოწყობილობას, რომელიც დაპროექტებულია ქვაბის კვამლსადენიდან გამოშვებული სითბოს ხელმეორედ გამოსაყენებლად მეორად თბოგადამცემში წყლის შესათბობად.

როდესაც ნახშირწყალბადის საწვავი იწვის, წვის პროცესში წარმოიქმნება წყლის ორთქლი. ლატენტური სითბო, რომელიც გამოიყენება სხენებული წყლის ორთქლის წარმოსაქმნელად, წარმოადგენს საწვავიდან მიღებული სითბოს მნიშვნელოვან ნაწილს. ვინაიდან ორთქლი, წვის აირებთან ერთად, კვამლსადენის გავლით ტოვებს საქვაბე დანადგარს, ეს სითბო იკარგება. ამ ორთქლის კონდენსაციით სითხედ ქვაბის შიგნით, შესაძლებელი ხდება ასეთი სითბოს უტილიზაცია და გათბობის სისტემაში გადაცემა, რის შედეგად პროცესის ეფექტურობა იზრდება.





ნახ. 6.3 წყალმილაქვების სქემა

წყარო:Wikipedia, the free encyclopedia:<http://en.wikipedia.org/wiki/Boiler>

კონდენსაციური ქვაბები უჟანგავი ფოლადისგან, ან ალუმინის სხმულისგან მზადდება და მდგრადია კონდენსატის სუსტი კოროზიული მუავის მიმართ. ასეთი ქვაბების ფაქტობრივი საექსპლუატაციო მ.ქ.კ. დამოკიდებულია დაბრუნებული წყლის ნაკადის ტემპერატურაზე. თუ ის ძალიან თბილია, მაშინ კონდენსაცია მცირეა და დამატებითი ენერჯია მცირე რაოდენობით გამოიყოფა. ამის გამოსასწორებლად, ახალი თაობის კონდენსაციურ ქვაბებში (ე.წ. მოდულირებადი მართვის ქვაბები) წვას მიკროპროცესორი მართავს. პროცესორი არეგულირებს გაზი/ჰაერის საწვავის ნარევის რაოდენობას (ნახ. 6.4). ყველაზე დახვეწილი მიკროპროცესორები იმახსოვრებენ შენობის მოთხოვნილებებს სპეციფიკური გარე ჰაერის ტემპერატურის პირობებისათვის. მოდულირებადი მართვის კვანძები აგრეთვე ახდენენ ორპოზიციური მონაცვლეობის მინიმიზაციას. ისინი ცდილობენ შენობას მიაწოდონ სითბოს მხოლოდ ის რაოდენობა, რომელსაც შენობა კარგავს გარე ჰაერის კონკრეტული ტემპერატურის პირობებში.



ნახ. 6.4 კონდენსაციური ქვაბი

### *წვის სისტემები*

ქვაბის წვის სისტემა დამოკიდებულია გამოყენებულ საწვავზე.

#### *აირზე მომუშავე ბლოკები:*

ბუნებრივი აირიარის წვისთვის ყველაზე მარტივი საწვავი, ვინაიდან იგი ადვილად ერევა წვის პროცესისთვის მიწოდებულ ჰაერს. საზოგადოდ, აირი მიეწოდება სანთურას რამდენიმე საქშენის გავლით, რაც ქმნის ბუნებრივი აირის ჭავლს, რომელიც სწრაფად ერევა წვის ზონაში შემავალ ჰაერს. მნიშვნელოვანია აირის საქშენების შემოწმება, რათა დაავრწმუნდეთ, რომ ყველა ხვრელი სუფთაა. ამის გაკეთება შესაძლებელია აირზე მომუშავე ქვაბების გეგმიური შემოწმების და რეგულირების პროცესში.

#### *მაზუთის ქვაბები:*

სანთურაზე მიწოდებამდე, მაზუთს სჭირდება სპეციალური მომზადება და გაწმენდა. მაზუთის მომზადებაში იგულისხმება:

- ბადეების და ფილტრების გამოყენება მაზუთის გასაწმენდად და ნალექის მოსაშორებლად;
- შესაბამისი სიბლანტის მაზუთის მიწოდება მისი წინასწარი შეთბობის ხარჯზე;
- მაზუთის პატარა წვეთებად მიწოდება, წვის ზონაში შემავალ ჰაერთან შერევამდე. ამისათვის გამოიყენება საფრქვეველი, რომლის წვერზე რამდენიმე საქშენია განლაგებული. მას შეუძლია მაზუთის წვრილი ჭავლის შექმნა. ცენტრალური გათბობის სისტემების რეგულირების დროს მნიშვნელოვანია იმის შემოწმება, რამდენად შეესაბამება სანთურა ქვაბს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმის შემოწმება, რომ ფრქვევანას სათანადო კონსტრუქცია, ზომა და

განლაგება გააჩნია. გარდა ამისა, მაზუთის საქმენების წვეროები უნდა გაიწმინდოს და შემოწმდეს დაზიანებების არსებობაზე, რათა უზრუნველყოფილი იყოს მაზუთის სათანადო გაფრქვევა.

*ნახშირის ქვაბები:*

ცენტრალური გათბობის ზოგიერთი სისტემები ძირითად საწვავად ქვანახშირს იყენებს. მსგავსი სისტემების მ.ქ.კ. დამოკიდებულია წვის სისტემაზე, ქვაბის ან ლუმელის ტიპზე და ნახშირში ნაცრის შემცველობაზე. ზოგ ქვაბს გააჩნია ქვანახშირის რე-ინექციის სისტემები, რომლებიც დაუწვავი ნაშირბადის შემცველი ნაცრის, საცეცხლეში ხელახლა დაბრუნების საშუალებას იძლევა. არსებობს ნახშირზე მომუშავე ორი ძირითადი სისტემა:

ა) *გაფრქვევებულ ნახშირზე მომუშავე სისტემები* ახდენენ ნახშირის გაფრქვევას, გაშრობას, დანაწილებას და მიტანას საცეცხლეში. ნახშირზე მომუშავე სისტემები ეკონომიურად ითვლება დიდი სიმძლავრის დანადგარებისათვის.

ბ) *ნახშირის შრისებრი საცეცხლე სისტემები.* აქ საწვავი შრეებად იწვის ცეცხლრიკების ცხაურაზე რომლის გავლით საწვავი ჰაერი მიეწოდება. არსებობს საცეცხლეს განლაგების რამდენიმე ვარიანტი, როგორცაა: ქვედა მიწოდების, ზედა მიწოდების და განშლილი. ზედა და ქვედა მიწოდების შემთხვევაში ნახშირი მიეწოდება პირდაპირ შრისებრ საცეცხლესთან და ჩვეულებრივ ნელი რეაგირება აქვს დატვირთვის მყისიერ ცვლილებებზე. განშლილი შრისებრი საცეცხლეები ახდენენ ნახშირის ნაწილობრივ წვას სუსპენზიაში მის ცხაურში გადაცემამდე, თუმცა მათ შეუძლიათ სათბობის მრავალი სახეობის წვა, ნარჩენი პროდუქტების ჩათვლით (Energy Audit Guide, 2000, p. 16). რამდენიმე ფაქტორი ახდენს ზემოქმედებას საქვაბეების კონსტრუქციაზე. ეს ფაქტორებია: საწვავის მახასიათებლები, წვის მეთოდი, ორთქლის წნევა და თბური სიმძლავრე.

## 6.2.2 ქვაბის თერმული მარგი ქმედების კოეფიციენტი

ქვაბი, ძირითადად, ორი ნაწილისგან შედგება. პირველია წვის კამერა, სადაც საწვავი და ჰაერი ცხელ გაზებად გარდაიქმნება. მეორე ნაწილი თბოგადამცემია, რომელიც ახდენს სითბოს გადაცემას ცხელი აირიდან ცხელ წყალზე ან ორთქლზე, ან ელექტრული ელემენტიდან ცხელ წყალზე ან ორთქლზე. გამიჯნვა საჭიროა, ვინაიდან წვის მ.ქ.კ. (ეფექტურობა) და ქვაბის მ.ქ.კ. ერთი

და იგივე არ არის. ქვაბის მ.ქ.კ. არის წვის ეფექტურობის და თბოგადამცემის მ.ქ.კ.-ს შედეგი.

როგორც აღნიშნული იყო, წვა წარმოადგენს ქიმიურ რეაქციას ნახშირბადის და ჟანგბადის ატომებს შორის, რომლის შედეგადაც წარმოიქმნება სითბო. საწვავის წვის პროცესის იდეალურად დასასრულებად საჭიროა ჰაერის განსაზღვრული რაოდენობა.

თუმცა ფაქტიურად, სათბობის წვის მთლიანად დასრულებისათვის, უფრო მეტი ჰაერია საჭირო, ვიდრე ჰაერის ეს იდეალური რაოდენობა. მთავარი პრობლემაა ქვაბის ოპტიმალური მუშაობის პირობების უზრუნველყოფა, იმისათვის, რომ მოხდეს ჰაერის სათანადო რაოდენობის მიწოდება სათბობის ოპტიმალური წვისათვის. საზოგადოდ მიღებულია, რომ ჰაერისა და საწვავის ოპტიმალური შეფარდება სრული წვისათვის მოითხოვს 10% ჭარბ ჰაერს. ზედმეტი ჭარბი ჰაერი იწვევს გაზრდილ დანაკარგებს საკვამლე მილიდან და საჭიროებს მეტ სათბობს გარემომცველი ჰაერის ტემპერატურის საკვამლე მილის ტემპერატურებამდე ასაწევად. მეორე მხრივ, თუ მიწოდებული ჰაერი არასაკმარისია, ხდება არასრული წვა, და ალის ტემპერატურა ეცემა.

ქვაბის თერმული მ.ქ.კ. განისაზღვრება როგორც სითბოს გამოსავალის შეფარდება  $E_{out}$  სითბოს მიწოდებასთან  $E_{in}$

$$\eta_b = E_{out} / E_{in} \quad (6.1)$$

ქვაბის მთლიანი თერმული მ.ქ.კ. ეფუძნება წვის ეფექტურობას, დანაკარგებს საკვამლე მილიდან და ქვაბის გარე ზედაპირებიდან.<sup>15</sup> მისი განსაზღვა შესაძლებელია კვამლის აირების შემადგენლობისა და ტემპერატურის ანალიზის საფუძველზე. ამისათვის საჭიროა რიგი გაზომვების ჩატარება. ჩვეულებრივ ინსპექტორი აწარმოებს კვამლის აირების ანალიზს ორსატის ხელსაწყოს გამოყენებით, საკვამლე მილიდან გამონაბოლქვ აირებში  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $O_2$  და  $N_2$  რაოდენობის პროცენტული მაჩვენებლის განსაზღვრის მიზნით. ქვაბის მ.ქ.კ.-ის გაზრდის მიზნით, კვამლის აირების შემადგენლობაზე და ტემპერატურაზე დაყრდნობით, შესაძლებელია ქვაბის გამართვა, ჰაერის და სათბობის საუკეთესო თანაფარდობის მისაღებად.

<sup>15</sup> წვის მარტივი ქმედების კოეფიციენტი გაგებულია როგორც წვის კამერის უნარი უზრუნველყოს საწვავი/ჰაერის ოპტიმალური შეფარდება საწვავის სრული წვის უზრუნველსაყოფად.

ქვების მუშაობის რეგულირებისთვის საჭიროა რამდენიმე ზოგადი წესის დაცვა:

- *მოახდინეთ საკვამლის ტემპერატურის ოპტიმიზაცია.* წვის ეფექტურობა საკვამლე მილის ტემპერატურის უკუპროპორციულია - რაც უფრო დაბალია საკვამლე მილის ტემპერატურა, მით უფრო უფრო ეფექტურია წვა. კვამლის აირების მაღალი ტემპერატურა მიუთითებს არადამაკმაყოფილებელ თბოგადაცემაზე ცხელ გამონაბოლქვ აირებს და წყალს შორის. ასეთ შემთხვევაში ქვების წვის კამერები და მილები უნდა გაიწმინდოს მურისგან, ნალექისგან და ჭუჭყისგან, რომელიც თბოგადაცემის შემცირებას იწვევს. მეორე მხრივ, საკვამურის ტემპერატურა არ უნდა იყოს ძალიან დაბალი, რათა თავიდან იქნას აცილებული წყლის კონდენსაცია საკვამლე მილის გასწვრივ, რამაც შეიძლება საკვამლე მილის კოროზია გამოიწვიოს.
- *შეამოწმეთ CO<sub>2</sub>-ს დონე.* რაც უფრო მაღალია ხსენებული დონე, მით უფრო ეფექტურია წვა. CO<sub>2</sub> -ს ქვედა ზღვარი, მისაღები ცეცხლმილა ქვაბებისათვის, შეადგენს 10%-ს, ხოლო თხევად საწვავზე მომუშავე ქვაბებისათვის - 14%-ს. თუ CO<sub>2</sub> -ს დონე ხსენებულ ზღვრებზე დაბალია, წვა სავარაუდოდ არასრული იქნება. საჭიროა ჰაერის და სათბობის თანაფარდობის დარეგულირება, მეტი ჭარბი ჰაერის უზრუნველესაყოფად.
- *შეამოწმეთ CO-ს დონე.* კვამლის აირებში CO არ უნდა არსებობდეს. CO-ს არსებობა მიუთითებს, რომ წვის რეაქცია არასრულია და, ამაგვარად, ჭარბი ჰაერის რაოდენობა არასაკმარისია. CO-ს არსებობა კვამლის აირებში შეიძლება გამოვლინდეს კვამლით, რომელიც მიუთითებს ქვების მილებში და კამერებში ჭვარტლის დანალექის არსებობას.
- *შეამოწმეთ O<sub>2</sub>-ს დონე.* რაც უფრო დაბალია O<sub>2</sub>-ს დონე, მით უფრო ეფექტურია წვა. O<sub>2</sub>-ს მაღალი დონე დიდი რაოდენობით ჭარბი ჰაერის არსებობის მაჩვენებელია. O<sub>2</sub>-ს დონის მისაღები ზედა ზღვარი 10%-ის ტოლია. თუ ეს ზღვარი გადალახულია, საჭირო ხდება ჭარბი ჰაერის შემცირება.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ჭარბი ჰაერის რაოდენობა არ აღწევს სასურველ დონეს, საჭიროა ქვების შემდეგი გასამართი სამუშაოების ჩატარება:

- მოხდეს წვის პროცესის რეგულირება და ქვებისამუშავება საპროექტო დაწვის რეჟიმში;

- ქვების სტაბილური მუშაობის ფაზის დასრულების შემდეგ ჩატარდეს გაზომვების სრული სერია (საკვამურის კვამლის აირების შემადგენლობა და ტემპერატურა);
- ყოველი სტაბილური ფაზის შემდეგ ჭარბი ჰაერის 1- 2%-თ გაზრდა და გაზომვების ახალი სერიის ჩატარება პროცესის ხელახალი სტაბილიზაციის შემდეგ;
- ჭარბი ჰაერის ნელ-ნელა შემცირება ჭარბი O<sub>2</sub>-ის მინიმალური დონის მიღწევამდე (ამ დროს ხდება არასრული წვა და კვამლის აირებში უნდა აღინიშნოს CO-ის 400 ppm დონე). ისევ და ისევ უნდა მოხდეს ახალი გაზომვების ჩატარება ყოველი სტაბილური ფაზის მიღწევის შემდეგ;
- მოპოვებული ინფორმაციის ანალიზი გრაფიკის შესადგენად CO-ს დონის, როგორც კვამლის აირებში O<sub>2</sub>-ის პროცენტული მაჩვენებლის ფუნქციის, ცვლილების შესაფასებლად. ჩვეულებრივ ჭარბი O<sub>2</sub> მინიმალურ ზღვარს 0.5-2%-თ უნდა აღემატებოდეს;
- წვის კამერის რეგულატორის გადაყენება O<sub>2</sub>-ს ოპტიმალური დონის მისაღწევად და შესანარჩუნებლად. ჩვეულებრივ ამ პროცესს 1-2 თვე სჭირდება.

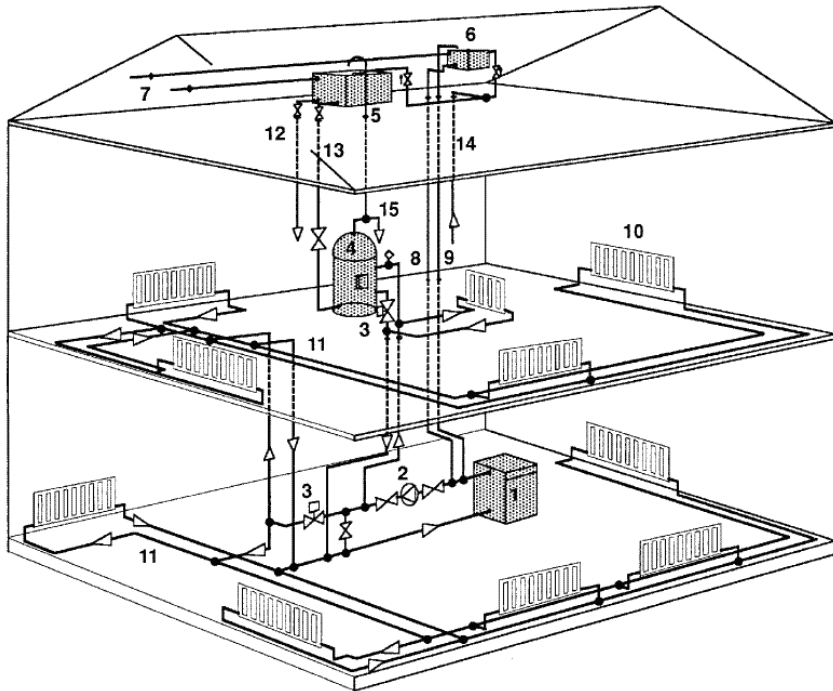
ქვების თითოეული მოდელი ხასიათდება სათბობის წლიური მოხმარების ეფექტურობით (სწმე). ეს არის ქვების თერმული მ.ქ.კ.-ის საზომი და გვიჩვენებს, ქვების საწვავზე დახარჯული ყოველი 1 ლარიდან, საშუალოდ რამდენი გარდაიქმნება წარმატებით სითბოში შენობის შიგნით. რაც უფრო მაღალია სწმე, მით უკეთესია ქვაბი. თუ ქვების სწმე 90-ის ტოლია, ეს იმას ნიშნავს, რომ სათბობზე (ბუნებრივ აირზე, ნახშირზე, შემაზე და ა.შ.) დახარჯული ფულის 90% სწორად იყო დახარჯული, ხოლო დარჩენილი 10% დაიკარგა საკვამურიდან წვის პროდუქტებთან ერთად. სწმე-ს ეს 90-იანი მაჩვენებელი იდეალური მდგომარეობის მაჩვენებელია – თუ ქვაბი სათანადოდ არ არის მოვლილი (გაწმენდილი და დარეგულირებული) მისი რეალური მ.ქ.კ. ბევრად უფრო დაბალი იქნება, ვიდრე სწმე-ს რიცხვი. ზოგჯერ მ.ქ.კ.-ს შემცირება შეიძლება 20%-ს აღწევდეს.

### 6.2.3 კომბინირებული (კომპლექსური) გათბობის და ცხელწყალმომარაგების სისტემები

კომბინირებული ან კომპლექსური გათბობის და ცხელწყალმომარაგების სისტემების მ. ქ. კ. შეიძლება 90%-მდე

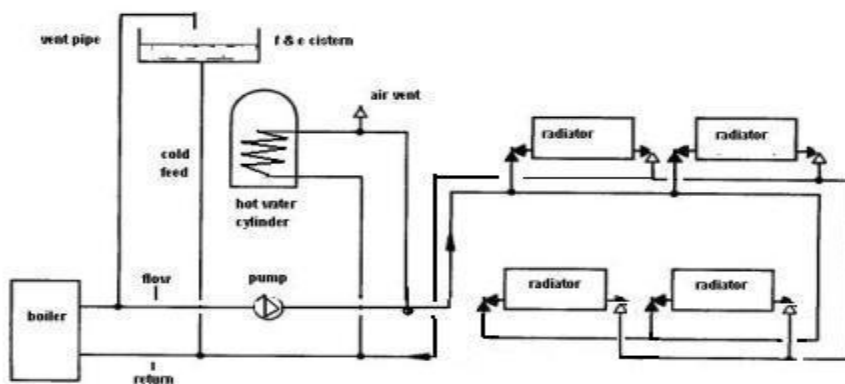
აღწევდეს. გათბობის სისტემა შეიძლება იყოს წყლის ან ჰაერის იძულებითი/მექანიკური. აქედან (ცხელი) წყლის ქვაბები გამოიყენება საცხოვრებელ და სამრეწველო შენობებში თბოგენერაციისათვის. შენობა თბება მის შიგნით განლაგებული სხვადასხვა სითბოს გამომსხივარის მიერ, რომლებშიც ცხელი წყალი გაედინება(ნახ. 6.5). ფაქტობრივად ის წარმოდგენილია ფოლადის, სპილენძის ან თუჯის ცხელი წყლის „ავზით“, რომლიდანაც ეს წყალი იტუმბება რადიატორებში, კონვექტორებში, ან გამომშვებ აირსადენებში (წყალ-ჰაერის სისტემები) და მილსადენების სისტემაში, რომელიც გადის შენობის დაკავებულ ნაწილებში. ასეთი სისტემის დაყოფა განცალკევებულ ნაწილებად შენობის შიგნით, საკმაოდ ადვილია.

ცენტრალური გათბობის ორმილოვანი სისტემა მის ყველაზე გავრცელებულ კონფიგურაციას წარმოადგენს (ნახ. 6.6). დღესდღეობით წყლის ცირკულაცია ცენტრალური გათბობის და საყოფაცხოვრებო ცხელწყალმომარაგების სისტემებში უზრუნველყოფილია დატუმბვით, და არა გრავიტაციული (ბუნებრივი) ცირკულაციით, როგორც ეს ადრე იყო. ასეთი სისტემა გახდა განსაკუთრებით პოპულარული უკანასკნელი წლების განმავლობაში, მას შემდეგ, რაც ხმარებაში შემოვიდა პლასტმასის მილები, რამაც გახადა ის უფრო ეკონომიკური, ადვილად დასამონტაჟებელი, მოსავლელი და შესაცვლელი. მთლიანობაში ეს არის ეფექტური, მოხერხებული, უპრობლემო, იაფი სისტემა. საქართველოში ასეთი სისტემა ყველაზე ფართოდ არის გავრცელებული. თუმცა ასეთ სისტემებში წყლის გასაცხელებლად სხვადასხვა საწვავის გამოყენება შეიძლება, ბუნებრივი აირი ყველაზე მიზანშეწონილია, როგორც ეკონომიკური, ასევე გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით. ბუნებრივი აირი ყველაზე პოპულარული საწვავია საქართველოში, რომელიც გამოიყენება საცხოვრებელ შენობებსა და კომერციული, ადმინისტრაციული და საწარმოო დანიშნულების შენობების დიდ ნაწილში.



ნახ. 6.5 წყლის გათბობის და საყოფაცხოვრებო ცხელწყალმომარაგების სისტემის სქემა

1 – ქვაბი; 2 – საცირკულაციო ტუმბო; 3 – სარქველი; 4 – ცხელი წყლის რეზერვუარი; 5 – ცივი წყლის რეზერვუარი 6 – მკვებავი წყლის დაგამაფართოებელი რეზერვუარი; 7 – წყალგადაშვების მაფრთხილებელი მილი; 8 – ღია ტიპის უსაფრთხოების გამწოვი მილი; 9 – მკვებავი წყლის დაგამაფართოებელი მილი; 10 – რადიატორები; 11 – საცირკულაციო მილსადენების სისტემა; 12 – ცივწყალმომარაგება; 13 – ცივი წყალი მიწოდება ცხელი წყლის რეზერვუარში; 14 – სასმელი წყალმომარაგება; 15 – ცხელწყალმომარაგება



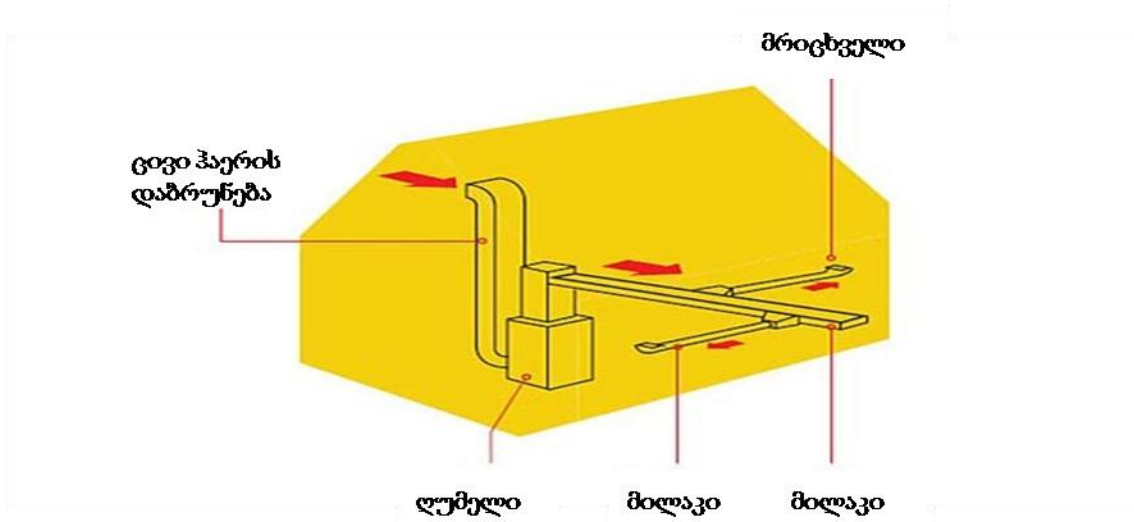


## ნახ. 6.6 ტიპური ორმილოვანი ცენტრალური გათბობის სქემა

### 6.2.4 ჰაერის იძულებითი/მექანიკური გათბობის სისტემა

წყლის გათბობის სისტემისაგან განსხვავებით, იძულებითი/მექანიკური ჰაერის გათბობის სისტემა, ჩვეულებრივ, გამოიყენება ოფისებსა და ადმინისტრაციულ შენობებში, ე.ი. მას სამუშაოდ “ურჩევნია” დიდი სივრცეები. სხენებულ სისტემაში ჰაერი თბებასაცვცხელეში და შემდეგ იჭირხნება შენობის სხვადასხვა უბნებში დამონტაჟებული ჰაერსადენებით. იგი ასევე შეიძლება ცენტრალიზებულად გაიფილტროს, დატენიანდეს, დაშრეს. ასეთი სისტემა ფრიად მოსახერხებელია, რადგანაც ერთი და იგივე აირსადენები შეიძლება მოემსახუროს არა მარტო გათბობას, არამედ აგრეთვე ვენტილაციასა და ჰაერის კონდიციონირებას. ის მარტივია და მოქნილი, რაც იძლევა შენობის შიდა ჰაერის ტემპერატურის, ტენიანობის და სისუფთავის სრული კონტროლის განხორციელების საშუალებას. ამის მიღწევა შესაძლებელია ჰაერსატარების სატენიანებელთან, ჰაერის ფილტრთან და საორთქლებლის გრაგნილების კლაკნილთან შეერთებით(ნახ. 6.7).

მეორე მხრივ, ჰაერსატარები საკმაოდ დიდია, იკავებენ ადგილს კედლებში და ხშირად მათ გარეთაც, საკუთრივ სათავსოებში. შესაბამისად მათი დამონტაჟება საკმაოდ ძნელია და ხშირად მოითხოვს არსებული შენობების პროექტის შეცვლას და რეკონსტრუქციას. საკმაოდ გავრცელებულია შემთხვევები, როდესაც დიდი სივრცეების დიზაინი მთლიანად იცვლება იმისათვის, რომ ღია ჰაერსატარები მათი ინტერიერის ინტეგრალურ ნაწილად გადააქციოს (ფაქტობრივად მთელი ინტერიერის კონცეპცია ააგოს ამ ჰაერსატარების გარშემო). ჰაერის გაფილტვრის სისტემები მოითხოვს რეგულარულ მომსახურებას, რომ ჯეროვნად იმუშავეს. ეს და სხვა საექსპლუატაციო მოთხოვნები საკმაოდ აძვირებენ ჰაერის იძულებითი გათბობის სისტემებს.



**ნახ. 6.** ჰაერის იძულებითი/მექანიკური გათბობის სისტემის სქემა

### 6.2.5 გათბობის სხივური სისტემები

სხივური გათბობა განსხვავდება გათბობის სხვა სისტემებიდან იმით, რომ აქ თბური ენერჯია უშუალოდ ათბობს ადამიანებს და ოთახში განლაგებულ საგნებს, იმის ნაცვლად, რომ გაათბოს ჰაერი. “სხივური ენერჯია” გამოიყოფა სითბოს ისეთი წყაროებიდან, როგორცაა იატაკი, კედელი, ან დაკიდული პანელები და შემდეგ შეადგენს ყველა საგანში, რომელიც გზად შეხვდება. შედეგად შენობებში, სადაც გათბობის სხივური სისტემებია დაყენებული, შიდა ჰაერის ტემპერატურა, რომელიც საჭიროა სხეულის კომფორტის იგივე დონის მისაღწევად, შეიძლება იყოს უფრო დაბალი, ვიდრე როგორც ჩვეულებრივი სისტემებით აღჭურვილ შენობებში, რადგანაც ტემპერატურა ორივე შემთხვევაში ერთნაირად აღიქმება. რადიატორებისა და კონვექტორებისაგან განსხვავებით, ამ ტიპის გათბობის სითბოს წყაროებს შეუძლიათ დაფარონ უფრო დიდი ზედაპირები, იყვნენ შეუმჩნეველი დამკვირვებლისათვის და არ დაიკავონ სივრცე, რომელიც სხვა დანიშნულებით შეიძლება იყოს გამოყენებული. მას აფასებენ მისი უნარის გამო, შენობაში შექმნას ბუნებრივი და კომფორტული სითბო. ასეთი სისტემები შეიძლება იყოს წყლის ან ღვინის.

წყლის გათბობის სხივური სისტემის შემთხვევაში, ცხელი წყალი ქვაბიდან იტუმბება და ცირკულირებს პლასტმასის მილების სისტემაში, რომელიც მოთავსებულია სხვადასხვა ზედაპირებში –

იატაკში, კედლებში, ჭერში, საიდანაც სითბო ოთახში გადაიცემა. შენობაშიგათბობის განცალკევებული ზონების კონტროლი შეიძლება ერთი თერმოსტატით, ხოლო წყლის მიწოდება შეიძლება ყოველ ასეთ ზონაში ცალ-ცალკე განშტოებული მილსადენის საშუალებით. ამ სისტემის უარყოფითი მხარე ის არის, რომ ის ხშირად აგვიანებს კომფორტული ტემპერატურის უზრუნველყოფას, რადგანაც წყლის გაცხელებას და მილსადენში ცირკულაციას დიდი დრო სჭირდება. მისი დამონტაჟება და მოვლა აგრეთვე ძვირი ჯდება, განსაკუთრებით პრობლემის შექმნის შემთხვევაში. ამ დროს ძალიან ძნელია გაუმართავობის ადგილის მიღწევა, ხოლო სარემონტო სამუშაომ, შეიძლება, ოთახს ხილული ზარალი მიაყენოს. გარდა ამისა, ასეთი წყლის გათბობის სისტემები საზოგადოდ გამოიყენება მხოლოდ მთელი შენობის გათბობისათვის. დენზე მომუშავე სისტემები უფრო მოქნილია, რადგანაც მათი დაყენება შეიძლება მხოლოდ იმ სათავსოებში, სადაც მათზე რეალური მოთხოვნილება არსებობს – მაგალითად აბაზანებში, სამზარეულოებსა თუ სასტუმრო ოთახებში, თუმცა მოვლისა და შეკეთების პრობლემები აქაც რჩება.



ა) ბ)

**ნახ. 6.8** გათბობის სხივური სისტემის ტიპები:

- ა) წყლის სხივური გათბობის სისტემა;
- ბ) დენის სხივური გათბობის სისტემა

**6.3** გაცივების სისტემები და მათი ეფექტურობა

თბური ენერჯის გადაცემა სითბური გამოსხივების, თბოგამტარობის და კონვექციის საშუალებით, სითბოს გაბნევის მიზნით ცნობილია, როგორც გაცივება. ჰაერი გამოიყენება როგორც მაცივებელი აგენტი,

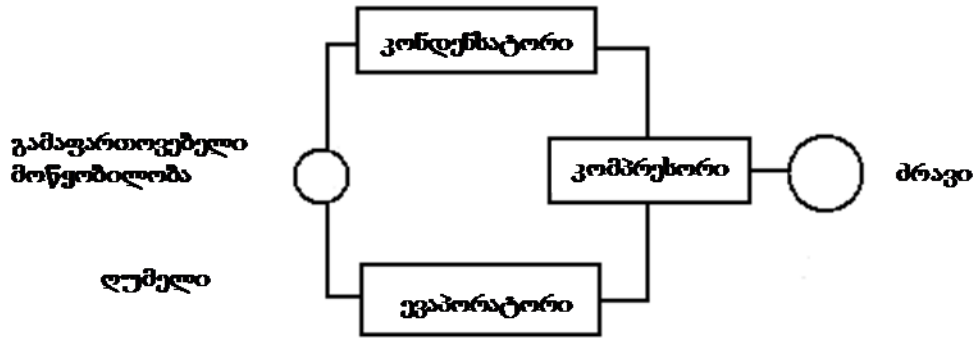
პირდაპირ ან ირიბად, დახურულ სივრცეებში გაცივების უზრუნველსაყოფად. გაცივების სისტემები ფართოდ გამოიყენებასამრეწველო შენობებში, კვების საცალო ვაჭრობის და სხვა კომერციულ ობიექტებზე.ჰაერის კონდიციონირება წარმოადგენს გაცივების ერთ-ერთ ნაირსახეობას, რომელიც აერთიანებს შენობის შიდა ჰაერის გაცივებას და დაშრობას თბური კომფორტის მისაღწევად.<sup>16</sup> ჩვეულებრივ, არსებობს გაცივების სისტემების გამოყენების ორი ვარიანტი –კომფორტის და პროცესის. პირველ შემთხვევაში სისტემები გათვლილია იმაზე, რომ შექმნან და შეინარჩუნონ შენობის შიდა გარემოს პირობები ადამიანისათვის კომფორტულ საზღვრებში, მაშინ, როდესაც, მეორე შემთხვევაში, უნდა შეიქმნას ხელსაყრელი პირობები განსაზღვრული ტექნოლოგიური პროცესების მიმდინარეობისათვის, რაც არ მოითხოვს მათ დამთხვევას ადამიანის მოთხოვნასთან.<sup>17</sup> ასეთი ტიპის გამოყენება ეხება, მაგალითად, საავადმყოფოების საოპერაციო ოთახებს, სხვადასხვა ქიმიურ და ბიოლოგიურ ლაბორატორიებს, ინტეგრალური წრედების წარმოებებს, ფარმაცევტულ საწარმოებს, ბირთვულ რეაქტორებს, კომპიუტერულ ცენტრებს და ა.შ.

არსებობს სხვადასხვა ტიპის გაცივების სისტემები: კომპაქტური ჰაერის კონდიციონირების დანადგარები, ცენტრალური სამაცივრო დანადგარები, ინდივიდუალური ჰაერის კონდიციონერები, თბური ტუმბოები. ტიპური გაცივების სისტემა შედგება რამდენიმე კომპონენტისაგან: კომპრესორი, კონდენსატორი, გასაფართოებელი მოწყობილობა, საორთქლებელი და დამატებითი მოწყობილობები. ნახაზზე 6.9ნაჩვენებია გაცივების მარტივი სისტემა ძრავზე მომუშავე კომპრესორით.

---

<sup>16</sup>ფართო გაგებით ეს ტერმინი ეხება გაცივების, გათბობის, ვენტილაციის ან დეჰუმიდფიკაციის ნებისმიერ ნაირსახეობას, რომელიც ცვლის ჰაერის მდგომარეობას. ASHRAE Terminology of HVAC&R, ASHRAE, Inc., Atlanta, 1991

<sup>17</sup>თუმცა, უმეტეს შემთხვევაში ეს მაინც ადამიანის კომფორტული პირობების ფარგლებშია.



**ნახ. 6.9** ელექტროძრავაზე მომუშავე ტიპური გაცივების სისტემა  
 წყარო: Energy Audit Guide Part B: System Retrofits for Energy Efficiency. Athens: 2000

ჰაერის კონდიციონერი, ან თბური ტუმბო-კომპრესორი, ფაქტობრივად, არის მაღალი წნევის ტუმბო, რომელიც ელექტროძრავაზე მუშაობს. ის ახდენს დაბალი წნევის მაცივარი აგენტის შეკუმშვას მაღალი წნევის და მაღალი ტემპერატურის აირად. ჩვეულებრივ, კომპრესორი ჰაერის კონდიციონერის, ან თბური ტუმბოს სისტემის შენობის გარეთ მდებარე ნაწილს წარმოადგენს.

კონდენსატორი, ან საკონდენსაციო დანადგარი, ხშირად მოთავსებულია კომპრესორის ძრავასთან ერთად ჰაერის კონდიციონერის სისტემის შენობის გარეთ მდებარე ნაწილში. ის, ფაქტობრივად, არის წიბოვანი მილების კლაკნილა და ვენტილატორი, რომელიც ჰაერს ამ კლაკნილას გარდი-გარდმო უბერავს. ამ კლაკნილაში მიედინება მაღალი ტემპერატურის და წნევის მაცივარი აგენტი. ვენტილატორიდან მომდინარე ჰაერის ნაკადი კვლავ აცივებს ამ მაცივარ გაზს თხევად მდგომარეობამდე. ამ გზით ხდება სითბოს არინება მაცივარი აგენტიდან და გამოდენა გარემომცველ ჰაერში (ჰაერით მაცივარი კონდენსატორები) ან წყალში (წყლით მაცივარი კონდენსატორები).

მადოზირებელი გასაფართოებელი მოწყობილობა აწვდის თხევად მაცივარ აგენტს საორთქლებლის კლაკნილას. ის შეიძლება იყოს ან მილების თხელი სექცია (კაპილარული ან “სახურავი” მილი) ან უფრო დახვეწილი თერმოსტატიკული საფართოვებელი სარქველი, რომელიც იყენებს ტემპერატურის კონტროლის სენსორს

მოწყობილობის მაცივარი აგენტის ნაკადისათვის გასახსნელად ან დასახურად.

*საორთქლებელი ანუ გამაცივებელი კლაკნილა*, ჩვეულებრივ, განლაგებულია ჰაერის კონდიციონერის მოწყობილობის შიგნით. ის წარმოადგენს წიბოვანი მილების სექციას, რომლის შიგნით თხევადი მაცივარი აგენტი მოძრაობს. ასეთი კლაკნილას შიგნით ხდება მაცივარი აგენტის აორთქლება თხევადიდან გაზისებრ მდგომარეობაში. მგდომარეობის ამ შეცვლის (თხევადიდან – გაზისებრში) პროცესში მაცივარი აგენტი შთანთქავს სითბოს, აცივებს საორთქლებლის მილების ზედაპირს და ერთდროულად აცივებს შენობის შიდა ჰაერს, რომელიც გამაცივებელი კლაკნილას გასწვრივ უბერავს. კონდენსატორის მსგავსად საორთქლებელიც თბოგადამცემს წარმოადგენს.

*ჰაერის კონდიციონერის მოწყობილობები (რომელთაც, აგრეთვე, ვენტილატორის კლაკნილას მოწყობილობებიც ეწოდება)*, შედგება ჰაერის კონდიციონერის ცენტრიდანული ვენტილატორისა და ჰაერის კონდინციონერის სისტემის ფილტრებისგან. ვენტილატორის ბლოკი უბერავს შენობის ჰაერს საორთქლებლის კლაკნილას ზედაპირის გასწვრივ, ახდენს მის კონდიციონერს გაცივებით და აგრეთვე აცილებს ტენს გაცივებულ ჰაერს.

*ჰაერსაბერის სისტემა* ანაწილებს კონდიციონერულ ჰაერს სათავსოში (მიმწოდებელი ჰაერსადენი) და იღებს მას სათავსიდან და ერთდროულად აბრუნებს მას კონდიციონერის მოწყობილობაში.

*დამატებითი მოწყობილობა*, ჩვეულებრივ, შეიცავს ოთახის თერმოსტატს, ელექტრო ამომრთველებს, მცველებს ან მწყვეტარებს, კონდენსატის მაკონტროლებელ სისტემას და ჰაერის ფილტრებს.

სამაცივრო კოეფიციენტი აღწერს გაცივების სისტემის ენერგოეფექტურობას და განისაზღვრება, როგორც ამოღებული სითბოს შეფარდება მიწოდებულ ენერგიასთან. ენერგოეფექტურობის კოეფიციენტი ზუსტად იგივეა, რაც სამაცივრო კოეფიციენტი. ელექტროენერგიაზე მომუშავე გაცივების სისტემების შემთხვევაში, (მაგალითად, რომელიც ნახ.-ზე 6.9 ნაჩვენებია) სისტემის სამაცივრო კოეფიციენტი შეიძლება გამოისახოს შემდეგნაირად:  $COP = Q_{ext} / W_{in}$ .  $Q_{ext}$  და  $W_{in}$  ერთი და იმავე ერთეულებში უნდა იყოს გამოსახული (მაგ. ვატებში, ან კილოვატებში), იმისათვის, რომ სამაცივრო კოეფიციენტი იყოს განყენებული სიდიდე. მწარმოებლების

უმრავლესობა განსაზღვრავს საკუთარი სისტემების სამაცივრო კოეფიციენტის სრული დატვირთვის პირობებისათვის. გაცივების სისტემის სიმძლავრე გამოსახულია კვტ-ში და განისაზღვრება, როგორც ამოღებული სითბოს შესაძლებელი მაქსიმალური რაოდენობა.

### 6.3.1 გაცივების სისტემების ტიპები

გაცივების სისტემის ყველაზე შესაფერისი ტიპის შერჩევის პროცესში მრავალრიცხოვანი ფაქტორებია გასათვალისწინებელი. მათ შორის: ადგილობრივი კლიმატური პირობები (ჰაერის ტემპერატურა, ტენიანობა და ქარი), ასევე დღე-ღამის დრო, როდესაც შენობა გამოიყენება, შენობაში მიმდინარე საქმიანობის ტიპი და გამოყენებული მოწყობილობა-დანადგარები. ტიპური კომფორტული შიდა ტემპერატურა ზაფხულის სეზონში 24°C -დან 27°C-მდეა, 60% ნაკლები ფარდობითი ტენიანობით; თუმცა ეს არ ფარავს მთლიანი “კომფორტის დიაპაზონს”. შედარებით დაბალმა ტენიანობის დონემ ან ნიაგმა, შეიძლება, ადამიანს კომპორტის შეგრძნება შეუქმნას მაღალი ტემპერატურის პირობებშიც კი.

*ვენტილატორები* ჰაერის გაცივების ყველაზე მარტივი ხელსაწყოებია. ისინი გაცივების ეფექტს ჰაერის მოძრაობით ქმნიან. ვენტილატორი არ ამცირებს ტემპერატურას, თუმცა საზოგადოდ კომფორტის მისაღებ დონეს ქმნის. ის არ მოითხოვს დიდ დანახარჯებს შექმნასა და ექსპლუატაციაზე, რაც მას მიმზიდველს ხდის უფრო ძვირ დანადგარებთან შედარებით, რომლებიც ხშირად მომხმარებლის ბიუჯეტის შესაძლებლობებს სცდება.

*მაცივებელი ჰაერის კონდინციონერები* სითბოს ართმევენ ოთახის შიგნით არსებულ ჰაერს და შენობის გარეთ გააქვთ. ისინი ძალზე ეფექტურია, რადგანაც უზრუნველყოფს 2-დან 3.5-მდე გაგრილების ერთეულს მოხმარებული ელექტროენერჯიის ყოველი ერთეულზე.

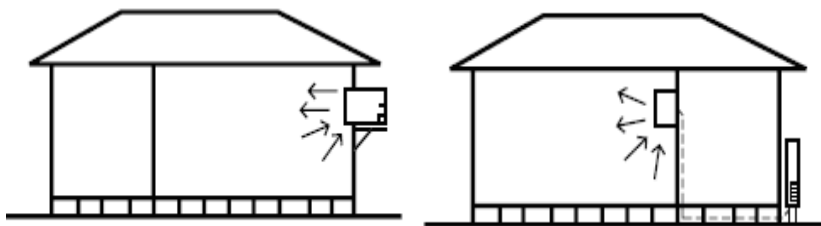
არსებობს სხვადასხვა ტიპის ჰაერის კონდინციონერები (ნახ. 6.10). ფანჯრის/კედლის ბლოკი მოითხოვს გარეფანჯრის, ან კედლის სივრცეს. (მინი) დასაშლელი სისტემები<sup>18</sup> მოითხოვს განცალკევებულ ცალკე შიდა და გარე სეგმენტებს. ასეთ სისტემებში ერთ გარე სეგმენტზე შეიძლება მოდიოდეს ხუთამდე შიდა სეგმენტი. შენობის

<sup>18</sup> ტერმინი ჩვენი მოტანილა, თუმცა სალაპარაკო ქართულში (მ.შ. სავაჭრო ქსელშიც) ისინი მოიხსენიება როგორც “სპლიტ სისტემა”, რაც ინგლისური ტერმინის კალკის გადაღებას წარმოადგენს.



შიდა სეგმენტები შეიძლება განლაგებული იყოს გარე სეგმენტიდან 15 მეტრამდე მოშორებით. ეს სეგმენტები დაკავშირებულია მილით, (მილებით) რომელშიც მაცივარი აირი მოძრაობს. როდესაც ოთახის თბილი ჰაერი მიედინება შიდა კლაკნილას თავზე, ხდება მასში არსებული სითბოს შთანთქმა შიდა სეგმენტის მაცივარი აგენტის მიერ და გადატანა გარე სეგმენტში, საიდანაც ის გარეთ გაედინება. იმავდროულად, ოთახის ჰაერში არსებული ტენი კონდენსირდება და გარეთ გაედინება. უფრო ცივი ჰაერი უბერავს ოთახში, ის ნაკლებად ტენიანი და ჩვეულებრივ, გაფილტრულია.

აღნიშნული ჰაერის კონდიციონერები აგრეთვე უზრუნველყოფს საკმარის რაოდენობით სუფთა ჰაერის შემოტანას ოთახის გარედან. ისინი ეფექტურია ყველა სახის კლიმატურ პირობებში (განსაკუთრებით ტენიან ადგილებში, ვინაიდან ოთახის ჰაერიდან ტენის მოცილებას ახდენს) და ხასიათდება ძალიან ჩუმი მუშაობით ოთახის შიგნით. დღეისათვის ბაზარზე არსებული მინი დასაშლელი სისტემების უმეტესობა უზრუნველყოფს როგორც გაცივებას, ასევე გათბობას, თუმცა გათბობის ფუნქცია ჩვეულებრივ არ მუშაობს - 1°C-ზე დაბალ ტემპერატურის პირობებში. მიუხედავად ამისა, ისინი ძალიან ეფექტურია და მოქნილი შემრჩევი გათბობისა და გაცივებისათვის, ყველგან, სადაც კი საჭიროა ტემპერატურის დამოუკიდებელი კონტროლი. მათი დამონტაჟება აგრეთვე ხდება შენობის შიდა სივრცის მინიმალურად შელახვით.



ა) ფანჯრის/კედლის ბლოკი

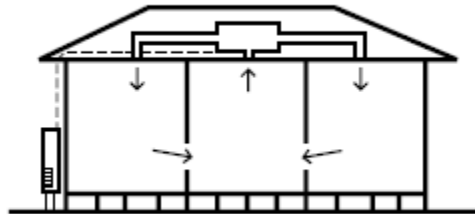
ბ) დასაშლელი სისტემის ბლოკი

**ნახ. 6.10** მაცივებელი ჰაერის კონდიციონერების ტიპები

ცენტრალური ჰაერის კონდიციონერება ჰაერსადენის სისტემებით. ასეთი სისტემები საზოგადოდ უფრო ნაკლებად ეფექტურია, ვიდრე დასაშლელი ან ფანჯრის/კედლის სისტემები ჰაერსატარებში დანაკარგების გამო. ისინი მონტაჟდება სახურავზე, ან გრუნტზე და



მიერთებულია ჰაერსადენების სისტემასთან. სისტემები უნდა იყოს განაწილებული ზონებად, რათა საძინებელი და საერთო ოთახები სხვადასხვა დროს გაგრილდეს. მათზე ვრცელდება ჰაერის იძულებითი/მექანიკური გათბობის სისტემის ყველა ძირითადი უარყოფითი მახასიათებელი, რომელიც აღწერილია 6.2.4-ში (ნახ. 6.11)



**ნახ. 6.11** ცენტრალური ჰაერის კონდიციონირება ჰაერსადენის სისტემით

6.4 გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონირების ენერგოაუდიტის ჩატარების ინსტრუქციები(გვკს)

გვკს პროცესები და სისტემები მჭიდროდ ურთიერთდაკავშირებულია. ისინი მიმართულია კომფორტული თბური პირობების და შიდა ჰაერის მისაღები ხარისხის უზრუნველყოფაზე მონტაჟის, ტექნიკური მომსახურების და შენახვის ხელმისაწვდომი ხარჯების ფარგლებში.

გვკსაუდიტი პატარა შენობებისთვის, რომლებსაც მხოლოდ გათბობის სისტემა აქვთ, იმავე პრინციპებს ეფუძნება, რაც დიდი შენობებისთვის, რომელთაც გააჩნიათ რთული ცენტრალური გვკ სისტემები (მაცივრების, ცირკულირებული გაცივებული წყლის, კონდენსატორის წყლის და ცხელი წყლის ჩათვლით). თუმცა ენერჯის მოხმარების მოცულობა და წილი შედარებით დიდ შენობებში და სამრეწველო საწარმოებში ჩვეულებრივ უფრო დიდია, ვიდრე პატარა შენობებში, ენერჯის დაზოგვის პოტენციალიც შესაბამისად გაცილებით მაღალია.

გვკს აუდიტი შედგება საკმაოდ სტანდარტული მოქმედებებისაგან, რომლებიც მცირე განსხვავებით შეიძლება ნებისმიერ შენობას მიუხედავოდ.

ის უნდა დაიწყოს გვე სისტემების არსებული მდგომარეობის საგულდაგულო შემოწმებით კომპონენტების მიხედვით. ზოგიერთ შემთხვევაში, არსებული სიტუაციის დასადასტურებლად, სათანადო გაზომვები უნდა ჩატარდეს. ასეთი შემოწმების შედეგები, არსებული საექსპლუატაციო პირობების აღწერით, უნდა შევიდეს ენერგოაუდიტის ინსპექტირების ჩამონათვალში. მას უნდა მოჰყვეს ენერჯის მომწოდებლების ქვითრების ანალიზი. შემდეგ ხდება იმ არეების განსაზღვრა, სადაც შეიძლება ენერჯის მოხმარების შემცირება. გვესხარჯების დაზოგვის ღონისძიებების დადგენა შესაძლებელია დეტალური რენტაბელურობის ანალიზის საფუძველზე. ენერგომენეჯმენტის შესაძლებლობები უნდა დადგინდეს გვეს ენერგოაუდიტის საბოლოო ეტაპზე, სისტემების მოდერნიზაციისა და ექსპლუატაციის რეკომენდაციების ჩათვლით.

გვე სისტემების და შენობის მომსახურების მოწყობილობა-დანადგარების ყველაზე ელემენტალური ენერჯის მართვის შესაძლებლობები აღწერილია ქვემოთ. ეს პრინციპული ჩამონათვალი ადაპტირებულია ჰონ კონგის მთავრობის მიერ შემუშავებული ენერგოაუდიტის ნორმატივებიდან (Energy Efficiency Office, 2007, pp. 49-50).

*ა/ ზოგადი*

- ჩართეთ მოწყობილობები/სისტემები შენობის საექსპლუატაციო საათების გათვალისწინებით;
- მოიყვანეთ გვე სისტემები შესაბამისი ზედმეტად გაცივებული/გამთბარი/ვენტილირებული ადგილებისათვის კონკრეტულ მოთხოვნასთან შესაბამისობაში;
- დახურეთ ის კარ-ფანჯრები, რომლების დიად ყოფნა საჭირო არ არის;
- ჩართეთ გვე სისტემა მხოლოდ მაშინ, როდესაც ამის საჭიროება არსებობს.

*ბ/ გაუმჯობესებული მოვლა/შეკეთება*

- გაუმჯობესეთ ჰაერის ნაკადი – გაწმინდეთ ფილტრი, ხვეულა, კონდიციონერის შიდა ნაწილი, ვენტილატორი, ჰაერსატარი, საჰაერო შიბერი.
- შეაკეთეთ მუონავინაწილები;
- გამართეთ/შეაკეთეთ ტუმბოს ჩობალი ჭარბი ნაკადის შესამცირებლად;
- შეავსეთ მაცივარი აგენტი, კომპრესორის ზეთი;

- მოახდინეთ ვენტილატორის, ტუმბოს, ძრავის და ა.შ. ღერძის დაცენტრება;
- გამართეთ/შეცვალეთ ვენტილატორის, ტუმბოს, ძრავის და ა.შ. ვიბრაციის იზოლაცია;
- შეცვალეთ არამჭიდროდ მჯდარი/გაცვეთილი იზოლაცია;
- შეცვალეთ გაცვეთილი კომპონენტები/ნაწილები;
- დაუმატეთ შესაფერისი სახეთი მასალა მოძრავ ნაწილებს (მაგალითად, საკისრებს);
- შეაკეთეთ/გამოცვალეთ საკისრები;
- დაარეგულირეთ ვენტილატორის ქამრის დაჭიმულობა, შეცვალეთ ქამარი;
- დაარეგულირეთ კომპრესორის რიგითობის/წნევის კონტროლი;
- დაუმატეთ შესაფერისი/ შეცვალეთ იზოლაცია მოწყობილობებზე/ჰაერსადენებზე/მილების კონდენსაციის ზედაპირზე (გაცივებისათვის) და ჩვეულებრივზე მაღალი ტემპერატურის ზედაპირზე (გათბობისთვის).

*ვ/ თერმომეტრზე, მანომეტრზე, ხარჯსაზომზე, ელექტრომრიცხველზე არასწორი წაკითხვების/ჩვენების მიზეზების განსაზღვრა*

- შეაკეთეთ დაზიანებული საზომი ხელსაწყო, მოახდინეთ მისი განმეორებითი კალიბრირება, შეცვალეთ ის;
- განმეორებით დაარეგულირეთ ექსპლუატაციისათვის მიუღებელი საკონტროლო ჩვენებები/დიაპაზონები;
- გაწმინდეთ მოწყობილობები, მაგალითად ჭარბი წყლის/ჰაერის ტემპერატურა/წნევის ვარდნა; სათანადოდ დაარეგულირეთ სარქველი/საჰაერო შიბერი; თავიდან დააბაღანსეთ ჰაერი/წყლის განაწილება (თუსარქველი/საჰაერო შიბერი ხელისაწვდომია, ან მისაღებ ფასად შეიძლება გახდეს ხელმისაწვდომი);
- შეცვალეთ მოწყობილობა/დანადგარები, მაგალითად, ნომინალურზე დიდი ზომის ძრავა/ტუმბო/ვენტილატორი; შეამცირეთ წნევა ვენტილატორის ან ტუმბოს ბორბლის უფრო მცირე ზომიანით შეცვლის ხარჯზე;
- მოახდინეთ სარქველის/საჰაერო შიბერის სათანადო რეგულირება, ჰაერის/წყლის განაწილების განმეორებითი ბალანსირება წნევის არასათანადო ვარდნის შემთხვევაში;
  - შეამოწმეთ და დაარეგულირეთ მაცივარი აგენტის მართვის წრედი;
- გაასუფთავეთ დაზინძურებული ფილტრი/საშრობი;
- დაარეგულირეთ/შეაკეთეთ დაწნევის კონტოლი; რეგულირება/შეკეთება;

- განსაზღვრეთ და გამოასწოროთ მექანიკური ანომალიები;
- შეაკეთეთ/შეცვალეთ ძრავა.

*დ/ მართვის სისტემები*

- გადაიტანეთ გადამწოდი, თერმოსტატი და რეგულატორი შესაფერის ადგილზე, საიდანაც მათ შეეძლება სათანადოდ ასახონ დასარგულირებელი პარამეტრის მდგომარეობა;
- დაარეგულიროთ მართვის პროგრამები ფაქტობრივი საოპერაციო მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად;
- შეაკეთეთ/შეცვალეთ გაუმართავი თერმოსტატი, გადამწოდი, ამძრავი, რეგულატორი და ა.შ.;
- დაუმატეთ დროის რელეს დასივრცის დაკავებულობის სენსორი და ა.შ.;

*ე/ გვეს დანადგარების საოპერაციო პარამეტრების ოპტიმიზაცია ეფექტურობის სასურველ დონემდე ასამაღლებლად*

- თავიდან აიცილეთ ჭარბი ჰაერი საკვამლე მილში და რეგულარულად შეამოწმეთ ქვაბის მდგომარეობა;
- დაიცავით მუშაობის და ესპლუატაციის სათანადო პირობები, განსაკუთრებით თბოგადამცემი ზედაპირის სისუფთავე.

*ვ/ ენერგოეფექტური დანადგარების შემოტანა, ანარსებულის მოდერნიზება*

- დაამონტაჟეთ ცვლადი სიჩქარის ამძრავები;
- გამოიყენეთ ენერგოეფექტურობის კომპიუტერული პროგრამით გათვალისწინებული გადამწოდები და ამძრავები სისტემის კომპონენტების ან დანადგარების ასამუშაველად;
- დაამონტაჟეთ სითბოს რეგენერაციის დანადგარები (სითბური ბორბალი, სითბური მილი);
- შეცვალეთ დანადგარი ენერგოეფექტურით მისი საექსპლუატაციო ვადის დასრულების მოახლოებისას.

**თავი 7 – ენერგოაუდიტის ზოგადი საკონტროლო-საზომი ხელსაწყოები**

**7.1 დიაგნოსტიკა და საკონტროლო გაზომვები**

ენერგოაუდიტისგან მიღებული უკუგება დამოკიდებულია იმაზე, რამდენად გულდასმით იკვლევს აუდიტორი შენობას; განსაზღვრავს

და აანალიზებს ენერჯის მოხმარებას. ხშირად შენობის მფლობელები განიცდიან ცდუნებას, განახორციელონ ენერგოდამზოვი სტრატეგიები ინტუიციაზე დაყრდნობით, შემთხვევითი შერჩევის პრინციპით. თუმცა ხსენებულმა მიდგომამ შეიძლება გამოიწვიოს ინვესტიციებზე დაბალი უკუგება და ხელსაყრელი შესაძლებლობების ხელიდან გაშვება

ყოველმხრივი ენერგოანალიზი შენობის გამოკვლევის პროცესში შეიძლება ითვალისწინებდეს სისტემის საექსპლუატაციო მახასიათებლების ტესტირებას, ან ობიექტზე არსებული მოწყობილობა-დანადგარებიდან უფრო დეტალური მონაცემების შეგროვებას, ყოველმხრივ საკონტროლო გაზომვებს. ამაში შეიძლება შევიდეს წერტილოვანი გაზომვები და მოკლევადიანი ენერგომონიტორინგი საპროექტო ენერგო და ფინანსური მახასიათებლების მაღალი სანდოობის დასადგენად, რომელიც საჭიროა ისეთი პროექტებისათვის, რომლებიც დიდ კაპიტალდაბანდებას მოითხოვენ.

ენერგოაუდიტის დროს საკონტროლო გაზომვების ჩასატარებლად შესაძლებელია, ზუსტი შედეგების მისაღებად, საჭირო გახდეს რთული ხელსაწყოების გამოყენება. ენერგოაუდიტის პროცესში ჩატარებული საკონტროლო გაზომვები შეიძლება ითვალისწინებდეს ქვემოთმოყვანილ ერთ ან რამდენიმე გაზომვას:

- ჰაერსაბერის კარის შემოწმება, შემოსაზღვრული ჰაერის გაჟონვის გასაზომად;
- წნევის დაცემის, ან დაჭირხვნის ტესტის ჩატარება
- ჰაერის გაჟონვის უბნების განსაზღვრა შენობაში;
- ღია იზოლაციის ხარისხის შემოწმება (სხვენი, არასრული სართული)
- სხვენის, არასრული სართულის ვენტილაციის შემოწმება;
- ტემპერატურის განშრევების შემოწმება შენობაში;
- მილსადენის საქშენის შემოწმება, მილსადენიდან გაჟონვის გასაზომად;
- დანადგარების და მოწყობილობების უსაფრთხოების ტესტირება წვის ყველაზე ცუდი შემთხვევებისათვის (წნევის ვარდნის ყველაზე ცუდი შემთხვევა);
- თბოიზოლაციის და ჰაერის ბარიერის ინსპექტირება;
- გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონერების სისტემის და თერმოსტატების შემოწმება;
- ცხელი წყლით გათბობის რადიატორის შემოწმება;

- განათების ყველა დატვირთვის ჩამონათვალის შედგენა;
- შენობის ყველა სხვა ელექტროდატვირთვების ჩამონათვალის შედგენა;
- შენობის ინფრაწითელი ვიზუალიზაციის ჩატარებანორმალურ პირობებში;
- შენობის ინფრაწითელი ვიზუალიზაციის ჩატარებაწნევის ვარდნის პირობებში.

დღესდღეობით არსებობს ენერგოაუდიტის მრავალი განსხვავებული ხელსაწყო. ამ თავში მოყვანილია ყველაზე ფართოდ გამოყენებული ხელსაწყოების ნუსხა და აღწერილია, როგორ არის შესაძლებელი ზემოთ მოყვანილი გაზომვების ჩატარება მათი გამოყენებით. ეს ნუსხა შედგენილია შემდეგ წყაროებზე დაყრდნობით:

<http://www.amazon.com/>, აგრეთვე: <http://www.reliabilitydirectstore.com/>,  
<http://www.labx.com/>, <http://www.conservationstrategies.com/>,  
<http://www.wilmad-labglass.com/>, <http://www.electricitymetering.com/>,  
<http://www.aliexpress.com/product-gs/>, <http://www.dwyer-inst.com/>,  
<http://www.brandtinst.com/>, <http://www.aircraftspruce.com/>,  
<http://www.trutechtools.com/>, <http://www.valuetesters.com/>,  
<http://www.davis.com/>.

## 7.2 ტემპერატურის გაზომვები

მიღების, მილსადენების, ან სხვა მოწყობილობა-დანადგარების და ასევე შენობის შიგნით ტემპერატურის გაზომვა, არასასურველი თბოდანაკარგების და მატების ადგილების გამოვლენის და სისტემების და დანადგარების შესაბამისი ფუნქციონირების შეფასების შესანიშნავი საშუალებაა. ენერგოაუდიტისინსპექტირების პროცესში შეიძლება გამოყენებული იქნას ტემპერატურის საზომი რამდენიმე ხელსაწყო.

### 7.2.1 კონტაქტური თერმომეტრი

კონტაქტური თერმომეტრი წარმოადგენს თერმოწყვილს, რომელსაც საცეცის ნაკადში შეტანით, შეუძლია გაზომოს კვამლის, ცხელი ჰაერის და ცხელი წყლის ტემპერატურა (ნახ. 7.1). ზედაპირის ტემპერატურის გასაზომად, ამავე ხელსაწყოს ემატება ფირფიტის

ტიპის საცეცი. თერმოწყვილი წარმოადგენს თერმოელექტრულ ინსტრუმენტს - ტემპერატურის საზომ სენსორს. იგი შედგება ერთმანეთთან თითო ბოლოთი შეერთებული ორი განსხვავებული ლითონისგან. როდესაც ორი ლითონის შეერთების ადგილი ცხელდება, ან ცივდება, წარმოიქმნება ძაბვა, რომელიც კორელირებს ტემპერატურასთან. თერმოელემენტის შენაღობები, ჩვეულებრივ, სადენის სახით არსებობს.

ხელმისაწვდომია თერმოწყვილის ლითონების სხვადასხვა კომბინაცია, ან ტარირება. ოთხი ყველაზე გავრცელებული ტარირებაა J, K, T და E. არსებობს მაღალი ტემპერატურის ტარირება R, S, C და GB.



### ნახ. 7.1 კონტაქტური თერმომეტრი

თითოეულ ტარირებას გააჩნია ტემპერატურის განსხვავებული დიაპაზონი და გარემო, თუმცა, მაქსიმალური ტემპერატურა განსხვავდება თერმოწყვილში გამოყენებული სადენის დიამეტრის შესაბამისად. მიუხედავად იმისა, რომ თერმოელემენტის ტარირება კარნახობს ტემპერატურის დიაპაზონს, მაქსიმალური დიაპაზონი ასევე შეზღუდულია თერმოწყვილში გამოყენებული სადენის დიამეტრით. შესაბამისად, ძალიან წვრილი თერმოწყვილით ტემპერატურის მაქსიმალური ზღვრის მიაღწევა შეუძლებელია.

თერმოწყვილის შერჩევის დროს გამოყენებულ უნდა იქნას შემდეგი კრიტერიუმები:

- ტემპერატურის დიაპაზონი;
- თერმოწყვილის, ან გარსის მასალის ქიმიური წინაღობა;
- ცვეთისადმი და ვიბრაციისადმი წინაღობა;
- მონტაჟის მოთხოვნები (თავსებადი უნდა იყოს არსებულ მოწყობილობებთან, არსებულმა ხერხელებმა შეიძლება განსაზღვროს გადამწოდის დიამეტრი)

თერმოწყვილის საცეცი შედგება მეტალის მილაკში მოთავსებული თერმოწყვილის სადენისგან. საცეცის კედელიგადამწოდის გარსად მოიხსენიება. საცეცის გარსი უჟანგავი ფოლადის და ინკონელისაგან არის დამზადებული.<sup>19</sup> ინკონელი უძლებს უფრო ფართო ტემპერატურულ დიაპაზონს, ვიდრე უჟანგავი ფოლადი, თუმცა, ფართო ქიმიური თავსებადობის გამო, ამ უკანასკნელს უფრო ხშირად იყენებენ. ძალიან მაღალი ტემპერატურებისთვის გარსის სხვა უჩვეულო მასალებიც გამოიყენება. თერმოწყვილის საცეცის წვერი სამი სხვადასხვა ტიპისაა: ჩამიწებული, ჩაუმიწებელი და ღია. ჩამიწებული წვერი გარსის კედელთან არის კონტაქტში. ჩამიწებული გადაკვეთა უზრუნველყოფს უფრო მაღალ სწრაფმოქმედებას, მაგრამ იგი ყველაზე მეტად მგრძობიარეა ელექტრული დამიწების კონტურების მიმართ. ჩაუმიწებელი გადაკვეთის შემთხვევაში თერმოწყვილი გარსის კედლიდან საიზოლაციო ფენით არის განცალკევებული. ღია თერმოწყვილის წვერი გარსის კედლიდან გამოშვებულია. ღია გადასვლებიანი თერმოწყვილები ყველაზე კარგად ჰაერის გაზომვებზე არის მორგებული.

## 7.2.2 ინფრაწითელი თერმომეტრი

ინფრაწითელი თერმომეტრი ტემპერატურას ზომავს აბსოლუტურად შავი სხეულის ინფრაწითელიგამოსხივების გამოყენებით. მას ხანდახან ლაზერულ თერმომეტრსაც უწოდებენ, იმ შემთხვევაში, თუ თერმომეტრის დასამიზნებლად გამოიყენება ლაზერი.ტემპერატურის დისტანციური გაზომვის შესაძლებლობის გამო, მას ასევე უწოდებენუკონტაქტო თერმომეტრს. საგნის მიერ გამოსხივებული ინფრაწითელი ენერჯის რაოდენობის და გამოსხივების უნარის ცოდნით, შესაძლებელი ხდება საგნის ტემპერატურის დადგენა.<sup>20</sup> ინფრაწითელი თერმომეტრი, ისეთი ტიპის საზომი ინსტრუმენტია, რომელიც სითბოს წყაროზე მიმართვის შემთხვევაში, ეკრანზე აჩვენებს ტემპერატურას. ხსენებული საზომი ხელსაწყო გამოიყენება საცეცხლეებში ცხელი წერტილების, ზედაპირის ტემპერატურისა და ა.შ. გასაზომად. ინფრაწითელი თერმომეტრები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ტემპერატურის მონიტორინგის მრავალი ფუნქციის განსახორციელებლად, განსაკუთრებით კი გამოსადეგია იმ შემთხვევებში, როდესაც ვერ გამოიყენება

<sup>19</sup>ინკონელი – ნიკელის საფუძველზე მიღებული თბომედევი შენადნობი.

<sup>20</sup>გამოსხივების უნარი არის მასალის უნარი გამოყოფს თბური გამოსხივება



თერმოწვეილები ან სხვა ტიპის გადამწოდები, ან სხვადასხვა მიზეზების გამო ისინი ვერ უზრუნველყოფენ ზუსტ გაზომვებს.

დღესდღეობით არსებობს ტემპერატურის ინფრაწითელი გამზომი ხელსაწყოების დიდი მრავალფეროვნება - მოსახერხებელი, გადასატანი ხელის გამზომი ხელსაწყოების ჩათვლით. ასევე არსებობს სტაციონარულად დამონტაჟებული ვარიანტები, რომელიც ემსახურება გრძელვადიანად კონკრეტულ მიზანს. ციფრული უკონტაქტო ინფრაწითელი თერმომეტრი 4-ნიშნა თხევადკრისტალური ეკრანით, მოცემულია სურათზე (ნახ. 7.2). ამ უმაღლესი ხარისხის ხელსაწვოს აქვს მანძილისა და გასაზომი ადგილის თანაფარდობა 12:1 და გაზომვის ფართო დიაპაზონი (-20-დან 537°C). ეს თანამედროვე ციფრული ხელსაწყო, ჩამონტაჟებული ლაზერის სამიზნით და მიკროკომპიუტერით, უზრუნველყოფს ზუსტ გაზომვებს უსაფრთხო დისტანციაზე. იგი ფართოდ გამოიყენება მიუდგომელი, ცხელი და საშიში ობიექტების ტემპერატურის გასაზომად.



**ნახ. 7.2** ინფრაწითელი თერმომეტრი

ხელის ინფრაწითელი თერმომეტრის შერჩევის დროს, მნიშვნელოვანია სავარაუდო ტემპერატურის ინტერვალის და იმ მანძილის გათვალისწინება, საიდანაც გაზომვები უნდა ჩატარდეს. ტემპერატურული მგრძობიარობა, ისევე როგორც ოპტიკა, გათვლილია სხვადასხვა მანძილზე და მოცემულია თანაფარდობით, რომელიც გვიჩვენებს ისეთ დისტანციას, რომელზეც ლაქის ზომა დაახლოებით 30 სმ. დიამეტრის იქნება.

### 7.2.3 თერმოგრაფიული კამერა

თერმოგრაფიული კამერა, რომელსაც ხანდახან პერსპექტიულ ინფრაწითელ კამერასაც უწოდებენ, ან ინფრაწითელი კამერა წარმოადგენს ხელსაწყოს, რომელიც ქმნის გამოსახულებას ინფრაწითელი გამოსხივების გამოყენებით, ჩვეულებრივი კამერის მსგავსად, რომელიც ქმნის გამოსახულებას ხილული სინათლის გამოყენებით. ხილული სინათლის კამერის 450–750 ნანომეტრის დიაპაზონისნაცვლად, ინფრაწითელი კამერები 14000 ნანომეტრის სიგრძის ტალღებზე ფუნქციონირებენ.თერმოგრაფია შენობის ენერგოაუდიტის მეთოდია, რომელიც თერმოგრაფიული კამერის საშუალებით შენობის შემზღუდავ კონსტრუქციაში ცუდი იზოლაციისა და ჰაერის გაჟონვის ადგილმდებარეობის დასადგენად გამოიყენება. თერმოგრაფიაზომავს ზედაპირის ტემპერატურას ინფრაწითელი ვიდეო და ფოტო კამერებით. ეს ინსტრუმენტები სითბურ სპექტრში არსებულ სინათლეს “ხედავენ”. გამოსახულებები ვიდეოზე, ან ფირზე არეგისტრირებს შენობის გარე შრის ტემპერატურის ცვლილებებს, რომელიც მერყეობს თეთრიდან თბილი არეებისათვის, შავამდე ცივებისთვის. საბოლოო გამოსახულებები აუდიტორს იზოლაციის საჭიროების განსაზღვრაში ეხმარება. იგი ასევე ემსახურება ხარისხის კონტროლს, იმის დასადგენად, იზოლაცია სათანადოდ არის თუ არა დამონტაჟებული.

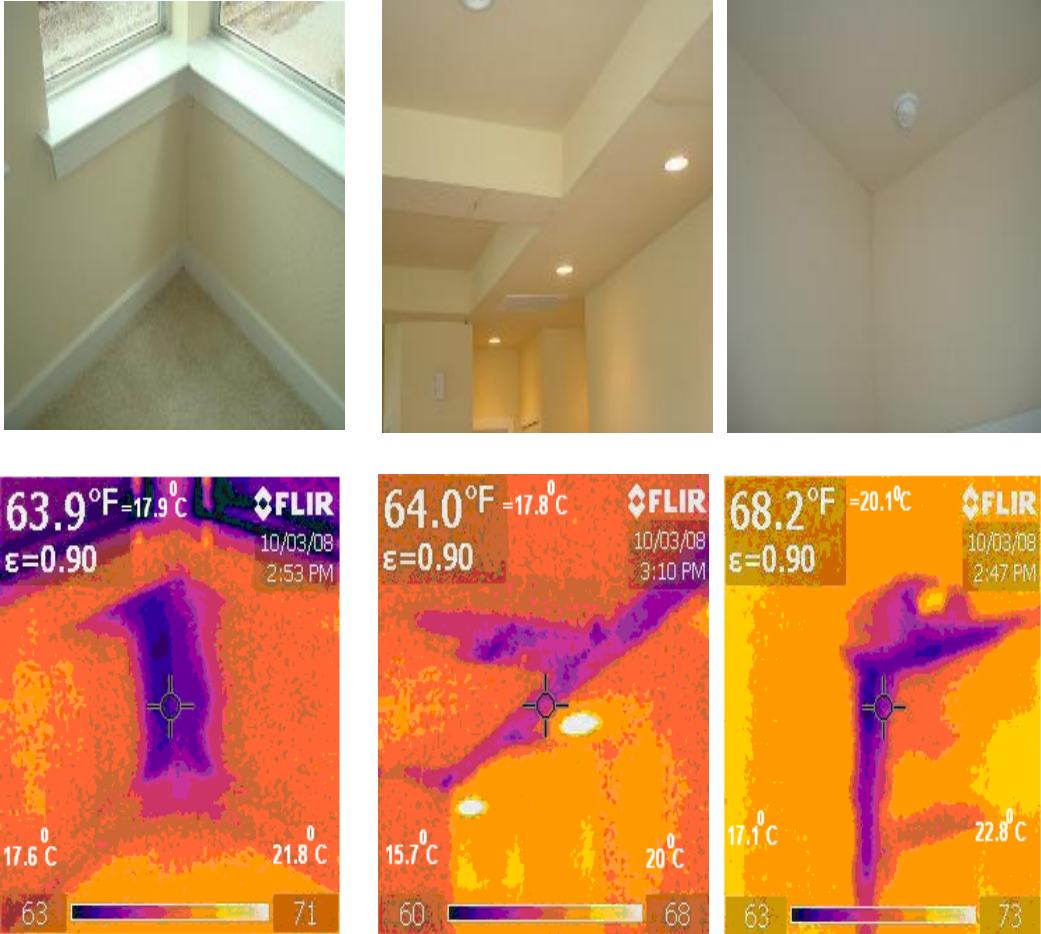
თერმოგრაფიული შემოწმება არის შენობის შიგთავსის, ან გარსის კვლევა. ენერგოაუდიტორი იღებს გადაწყვეტილებას, გარკვეული ამინდის პირობებში ყველაზე შედეგიანი მეთოდის დადგენის შესახებ. შიდა სკანირებაუფრო გავრცელებულია, ვინაიდან შენობიდან გაპარული თბილი ჰაერი კედლებში ყოველთვის სწორხაზოვნად არ გაედინება. გარე კედლის ერთ უბანზე გამოვლენილი თბური დანაკარგები შეიძლება სათავეს იღებდეს შიდა კედლის რომელიმე სხვა ადგილიდან. ასევე, უფრო რთულია ქარიან ამინდში შენობის გარე ზედაპირზე ტემპერატურის სხვაობების გამოვლენა. ხსენებული სიძნელის გამო შიდა კვლევები უფრო ზუსტია, ვინაიდან მათ ხელს უწყობს ჰაერის შეზღუდული მოძრაობა.

თერმოგრაფიული სკანირება ასევე ფართოდ გამოიყენება ჰაერსაბერის საცდელი გაშვების დროს. ჰაერსაბერის კარი ხელს უწყობს ჰაერის გაზრდილ გადინებას შენობის გარსის დაზიანებულ ნაწილებში. მსგავსი ჰაერის გადინებები ჩნდება ინფრაწითელი კამერის ოკულარში შავი სვეტების სახით. თერმოგრაფია გამოსახულების (თერმოგრამის) შესაქმნელად იყენებს სპეციალური კონსტრუქციის ინფრაწითელ ვიდეო ან ფოტო კამერებს, რომლებიც ზედაპირის სითბოს ცვლილებებს ავლენს. აღნიშნულ ტექნოლოგიას მრავალი

გამოყენება აქვს. ელექტრო სისტემის თერმოგრამებს შეუძლია არანორმალურად ცხელი ელსადენები ან კომპონენტები გამოავლინოს. მექანიკური სისტემების თერმოგრამებს ჭარბი ხახუნით შექმნილი სითბოს გამოვლენა შეუძლია.

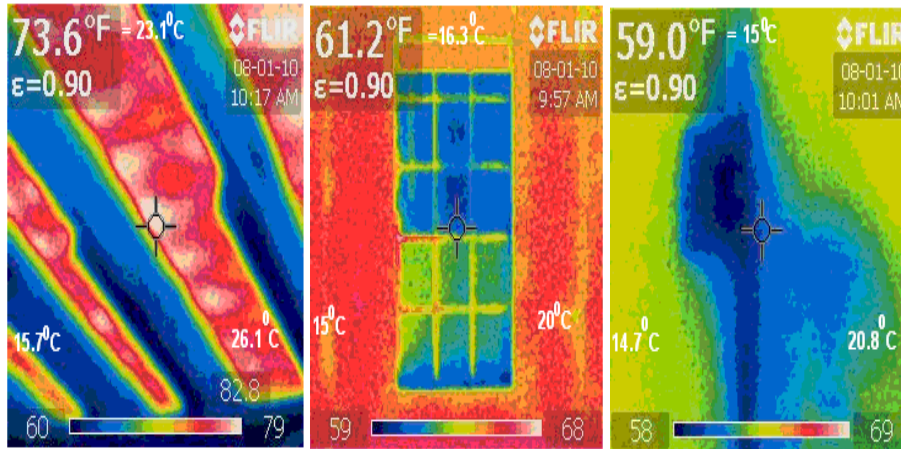
ენერგოაუდიტორები თერმოგრაფიას შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციების თბოდანაკარგების და ჰაერის გადინების გამოსავლენად იყენებენ. თუ საგანი ასხივებს უფრო მაღალ ტემპერატურას, ვიდრე გარემოს ტემპერატურაა, ადგილი აქვს თბოგადაცემას და ხდება ენერგიის გადაცემა თბილი ადგილიდან ცივში, თერმოდინამიკის მეორე კანონის თანახმად. ხოლო, თუ თერმოგრამაზე ცივი ზონა არსებობს, მაშინ გასაზომი ობიექტი თბილი საგნის მიერ გამოყოფილ ენერგიას შთანთქავს. ორივე საგნის უნარს გამოყოს ან შთანთქოს გამოსხივება, ეწოდება *გამოსხივების უნარი (კოეფიციენტი)* - მასალის უნარი გამოყოს სითბური გამოსხივება. ზოგიერთ მასალებში გამოსხივების *კოეფიციენტი* ასევე შეიძლება შეიცვალოს, როგორც ტემპერატურის ფუნქცია. საგნის ტემპერატურის გასაზომად, თერმოგრაფი იყენებს გამოსხივების კოეფიციენტების ცხრილს, საგნის გამოსხივების მნიშვნელობის შესარჩევად. შემდეგ ხდება ამ სიდიდის შეყვანა კამერაში. კამერის ალგორითმი, გამოსხივების კოეფიციენტის გამოყენებით, შეასწორებს ტემპერატურის მაჩვენებელს და გამოთვლის ტემპერატურას, რომელიც უფრო ზუსტად შეესატყვისება საგნის უშუალო საკონტაქტო ტემპერატურას. შენობის გარეთ გაზომვების დროს ზუსტი ტემპერატურული მონაცემების მისაღებად ასევე გასათვალისწინებელია ქარის კონვექციური გაგრილება.

ინფრაწითელი სკანირება ენერგოაუდიტორებს შენობის კონსტრუქციის იზოლაციის ეფექტურობის შემოწმების საშუალებას აძლევს. მის შედეგად მიღებული თერმოგრამები აუდიტორებს იზოლაციის საჭიროებისა და იზოლაციის ადგილის დადგენაში ეხმარება. ვინაიდან ტენიანი იზოლაცია სითბოს უფრო სწრაფად გაატარებს, ვიდრე მშრალი იზოლაცია, სახურავის თერმოგრაფიული სკანირება ხშირად გამოავლენს გაჟონვას სახურავში. შეიძლება ასევე არსებობდეს წყლის გაჟონვის შემთხვევები, რომლებიც გარედან საერთოდ არ ჩანს. თერმული ვიზუალიზაციით შესაძლებელია ხსენებული გაჟონვების გამოვლენა და მომავალში შენობების დაზიანების მინიმუმამდე დაყვანა (ნახ. 7.3).



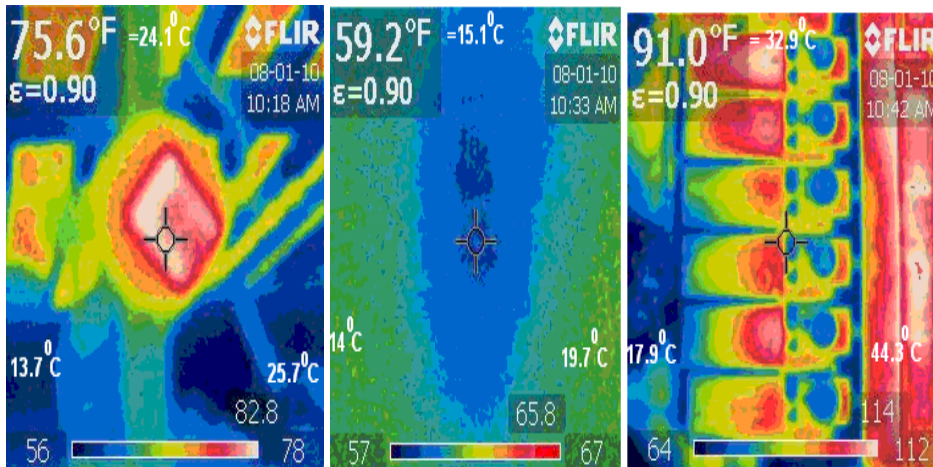
**ნახ. 7.3** წყლის გაჟონვის მდებარეობის თერმული ვიზუალიზაცია.

თერმული ვიზუალიზაციის საშუალებით შესაძლებელია იმის დადგენა, სად არ არსებობს საკმარისი თბოიზოლაცია, არსებობს თუ არა გაჟონვა ფანჯრებსა და/ან კარებებში, ან სხვა დიობები შენობაში, საიდანაც იპარება ცხელი და ცივი ჰაერი, რაც ენერგიაზე გაწეულ დანახარჯებზე ახდენს ზემოქმედებას (ნახ. 7.4). ამჟამად ენერჯის მაღალი ფასის გამო, ზოგიერთ შემთხვევაში, აღნიშნული მომსახურება მნიშვნელოვანია სანდო შედეგების მისაღებად ენერგოაუდიტის ჩატარების დროს. მუქი ფერები წარმოადგენენ ცივ ტემპერატურებს, ნათელი ფერები კი – უფრო მაღალ ტემპერატურებს. (იხილეთ სკალები გამოსახულების ქვედა ნაწილში).



ნახ.7.4 ენერგოდანაკარგების თერმოგამოსახულების აღქმა

ელექტრული წრედის დაზიანების, ან ჭარბი დატვირთვის შემთხვევაში, შედეგები შეიძლება იყოს შემაშფოთებლიდან კატასტროფულამდე. აღნიშნული შემთხვევები შეიძლება გამოწვეული იყოს ნებისმიერი მიზეზით, დაწყებული ძველი ელექტროგამტარებიდან, წრედის არასათანადო კონფიგურაციამდე. თერმული ვიზუალიზაცია საშუალებას აძლევს ინსპექტორს განსაზღვროს სპეციალისტი ელექტრიკოსის მიერ შემდგომი კვლევის ჩატარების საჭიროება (ნახ.7.5). ამგვარად, აღნიშნული პრობლემის მოგვარება შეიძლება გადაიქცეს უსაფრთხოების დაცვის საკითხად ენერგოაუდიტის პროცესში.



ნახ 7.5 წრედების ჭარბდატვირთვის თერმული ვიზუალიზაცია

ენერგოაუდიტორმა ადგილზე ინსპექტირებისათვის შეიძლება გამოიყენოს ინფრაწითელი საზომი ხელსაწყო ერთ-ერთი სახეობა. თერმოგრაფიული შემოწმების ყველაზე ზუსტი ხელსაწყო თერმული ვიზუალიზაციის კამერაა, რომელიც იძლევა სითბოს გაჟონვის ადგილის 2-განზომილებიან თერმულ სურათს.

ენერგოაუდიტები ინფრაწითელი თერმოგრაფის ერთ-ერთი კლასიკური გამოყენებაა. ნახ. 7.6-ზე გამოსახული ინფრაწითელი კამერით მარტივია შენობიდან ძვირადღირებული ენერგოდანაკარგების და სიცივის და სითბოს გაჟონვის კრიტიკული უბნების გამოვლენა. მნიშვნელოვანია დავიმახსოვროთ, რომ შეუიარაღებელი თვალით, უშუალოდ სტრუქტურაში შეღწევის გარეშე, საკმაოდ რთულია ისეთი ადგილების შემჩნევა, სადაც ცუდი იზოლაციაა, არ არის საკმარისი სამშენებლო მასალა ან კონსტრუქციის ელემენტები არასწორადაა დაყენებული.



## ნახ 7.6 თერმული ინფრაწითელი კამერა

### 7.2.4 სითბოს გაჟონვის დეტექტორი

ნახ. 7.7-ზე გამოსახული სითბოს გაჟონვის დეტექტორი (მოდელი # TLD100), ხელს უწყობს ენერგიის დანახარჯების შემცირებას, შენობაში ენერგიის გაჟონვის გამოვლენის გზით. იგი წარმოადგენს ოპტიკურ ხელსაწყოს, რომელიც ხელს უწყობს შენობაში პრობლემური უბნების გამოვლენას; ენერგოაუდიტორს აწვდის ინფორმაციას კარებებისა და ფანჯრების გარშემო არსებული სითბოს გაჟონვების შესახებ, რათა დადგინდეს ადგილები, სადაც



თბოიზოლაცია არის საჭირო; გამოავლენს ფარულ გაჟონვებს და იზოლაციის „სუსტ წერტილებს“ ელსადენების გამომყვანების გარშემო.



### ნახ7.7 სითბოს გაჟონვის დეტექტორი

სითბოს გაჟონვის დეტექტორი წარმოადგენს ინფრაწითელ გადამწოდს, რომელიც კედლების, მილსადენების სისტემის და ა.შ. გასწვრივ ავლენს ხსენებულ გაჟონვებს. ქვემოთ მოცემულია კომპანიის მიერ რეკლამირებული სითბოს გაჟონვის დეტექტორის უპირატესობები:

- ადვილად განსაზღვრეთ შენობაში ფარული ენერჯის გაჟონვის ადგილი;
- მიანათეთ კედელზე სინათლე და განსაზღვრეთ შესაბამისი ტემპერატურა;
- გადაადგილეთ სინათლე თქვენი სახლის გარშემო. როდესაც ტემპერატურა იცვლება  $-17^{\circ}\text{C}$  ან  $-12^{\circ}\text{C}$  -ით, სინათლე იცვლის ფერს წითლიდან ლურჯამდე, ცხელი და ცივი ადგილების აღსანიშნავად.
- Energy Star-ში(ენერგომოწობილობების ენერგომოსმარების ეკონომიკურ სტანდარტში) აღნიშნულია, რომ გაჟონვებისა და ღიობების ამოვსება თქვენს სახლში გათბობისა და გაგრილების ხარჯებს დაახლოებით 20%-ით შეამცირებს.
- ხელსაწყოს მოჰყვება უფასო ბუკლეტს, სადაც ნაჩვენებია თქვენი სახლის იზოლაციისა და ჰერმეტიზაციის ადვილი გზები;
- ზედაპირის (კედლის, ფანჯრის და ა.შ.) ტემპერატურა ნაჩვენებია თხევადკრისტალურ ეკრანზე ფარენგეიტში, ან ცელსიუსში.

## 7.2.5 თბოგამტარობის გაზომვა

როგორც ეს მე-4 თავში უკვე აღინიშნა, თბოგამტარობა - ლწარმოადგენს მასალის უნარს, გაატაროს სითბო. თბოგადაცემის თეორიაში გამტარობა (ან თბოგამტარობა) წარმოადგენს თბოენერჯიის გადაცემას ნივთიერების მეზობელ მოლეკულებს შორის ტემპერატურის გრადიენტის არსებობის გამო. სითბოს გადაცემა ყოველთვის მიმდინარეობს მაღალი ტემპერატურიდან დაბალი ტემპერატურისკენ. თბოგამტარობას ადგილი აქვს ყველა სახის ნივთიერებაში, ანუ მყარ სხეულებში, სითხეებში, გაზებში და პლაზმაში, მაგრამ არ სჭირდება ნივთიერების დიდი რაოდენობის გადატანა. მყარ სხეულებში, ეს ხდება ცხაურში მოლეკულების რხევების და თავისუფალი ელექტრონების მიერ ენერჯიის გადაცემის კომბინაციის შედეგად. აირებში და სითხეებში გამტარობას ადგილი აქვს მოლეკულების ქაოსური მოძრაობის დროს მათი შეჯახების და დიფუზიის გამო.

Hot Disk Transient Plane Source (TPS) წარმოადგენს თბოგამტარობის გაუმჯობესებულ ხელსაწყოს, რომელსაც შუძლია თბოგამტარობის, სითბური დიფუზიის და სხვადასხვა ფორმის და ზომის მყარი სხეულების, სითხის, პასტის და ფხვნილების კუთრი თბოტევადობის შემოწმება. იგი შეადგენს თბოგამტარობის ინდუსტრიულ ეტალონურ სატესტო სისტემას. TPS 2500 S თბოგამტარობის ანალიზატორი, შემუშავებული ThermTest Inc კომპანიის მიერ, მოყვანილია ნახ. 7.24. იგი შექმნილია სხვადასხვა ფორმის და ზომის მყარი სხეულების, სითხეების, პასტების და მტვრის სითბური მახასიათებლების ანალიზისთვის. თბოგამტარობის სისტემები TPS 2500 S და TPS 1500 არის ერთადერთი TPS ხელსაწყოები, რომლებიც აკმაყოფილებს ტესტირების ISO/DIS 22007-2.2 სტანდარტს.





## ნახ 7.24 TPS 2500 S თბოგამტარობის ანალიზატორი

TPS-ი, ხშირად მოიხსენიება როგორც „გუსტავსონის გადამწოდი“, მისი გამომგონებლის პატივსაცემად. ის შექმნილია თბოგამტარობის, სითბური დიფუზიის და მყარი სხეულების, სითხის, პასტის და ფხვნილების ხვედრითი თბოტევადობის გასაზომად დიაპაზონში 0.005 ვატ/მეტრკელვინიდან 500 ვატ/მეტრ კელვინამდე, 30 K-დან 1000 K-მდე ტემპერატურულ დიაპაზონში, მასალის დაურღვეველად. დაპატენტებული Hot Disk TPS ტექნოლოგიას საკმაოდ მაღალი შეფასება ერგო მისი შესაძლებლობის გამო ერთი გაზომვით, ერთდროულად განსაზღვროს თბოგამტარობა, სითბური დიფუზიის კოეფიციენტი და მყარი სხეულების, სითხის, პასტის და ფხვნილების კუთრი თბოტევადობა ნიმუშების მომზადებაზე ნაკლები ყურადღების მიქცევით. TPS თბოგამტარობის ანალიზატორი იყენებს ორმაგი სპირალის ფორმის გადამწოდ ელემენტს. TPS გადამწოდი მოქმედებს ერთი მხრივ, როგორც ნიმუშის გამათბობელი, და მეორე მხრივ, როგორც ტემპერატურის დროზე დამოკიდებული ზრდის ჩამწერი „წინაღობის თერმომეტრი“. ხშირ შემთხვევაში გადამწოდის ელემენტი დამზადებულია 10 ნანომეტრი სისქის ნიკელის ორმაგი სპირალისგან, მაღალი სიზუსტით დაპროექტებული ზომებით (სიგანე, გრანდილების რაოდენობა, რადიუსები). მასალა უზრუნველყოფს აღნიშნული სპირალის განსაკუთრებული ფორმის შენარჩუნებას, მექანიკურ სიმტკიცესა და ელექტროიზოლაციას. ინკაფსულირებული ნიკელის სპირალის საცეცი მოთავსებულია ნიმუშის (მყარი სხეულების ნიმუშები) ორ ნაწილს შორის, ან შეტანილია ნიმუშში (ფხვნილი, სითხეები). წინასწარ დაპროგრამებული დროის განმავლობაში კეთდება წინაღობის 200 ჩაწერა და ამაზე დაყრდნობით დგინდება ტემპერატურის და დროის ურთიერთდამოკიდებულება. რამოდენიმე პარამეტრი, მაგალითად, „ენერჯის გამოსავალი“ სპირალის ტემპერატურის გასაზრდევლად, „გაზომვის დრო“ 200 წერტილის ჩასაწერად და საცეცის ზომა, გამოიყენება ექსპერიმენტის პარამეტრების ოპტიმიზაციისთვის, რათა შესაძლებელი იყოს 0.005 ვატ/მეტრკელვინიდან 500 ვატ/მეტრკელვინამდე თბოგამტარობის გაზომვა.

ხელსაწყო TPS 2500 S ექსპლუატაციის სიმარტივე და ოპტიმალური TPS გადამწოდის გამოყენებით მიღებული პარამეტრები (სამუშაო მახასიათებლები), ხსენებულ სისტემას გადააქცევს მტკიცე და იდეალურ საშუალებად მყარი სხეულების, სითხეების, ფხვნილების, პასტების და ქაფის ტესტირებისთვის. ამ სავაჭრო მარკისადმი

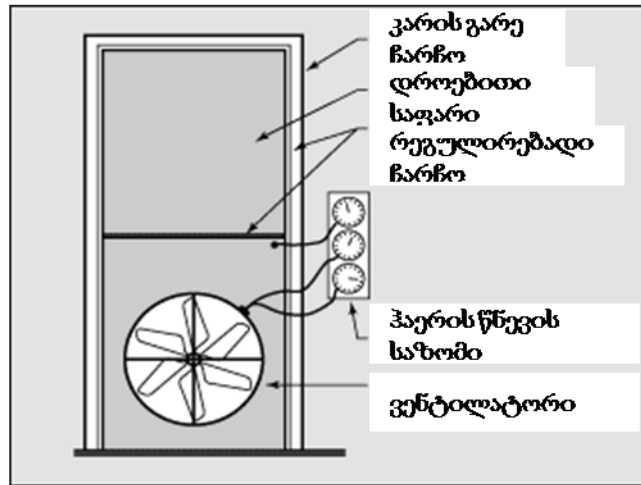
დამახასიათებელი მაღალი სიზუსტე, ხელსაწყოს მოსახერხებელს ხდის ხარისხის მართვის ტესტირებისთვის. ოპტიმალური კომპიუტერული მოდულები შესაძლებელს ხდის ხელსაწყოს გამოყენებას კონკრეტული მიზნებისთვის, თხელი ფირის, წებოვანის შუასადების საიზოლაციო შრის, მაღალი თბოგამტარობის შრეების, ფილებისა და არაერთგვაროვანი ნიმუშების ან შრეული სტრუქტურების გასაზომად, რაც ფართოდ გამოიყენება ელექტრონიკაში, გეოთერმიაში, სამშენებლო მასალების, ბირთვულ და ქიმიურ მრეწველობაში.

### 7.3 ჰაერის ინფილტრაციის გაზომვა

პროფესიონალი ენერგოაუდიტორები, შენობის ჰერმეტიკულობის განსაზღვრის მიზნით, ჰაერსაბერისკარის ტესტს იყენებენ. კომპრესორის კარი შედგება კალიბრირებული ვენტილატორისგან, ჰაერის ნაკადის სიჩქარის გასაზომად დაწნევის გადამწოდისგან, ვენტილატორის ნაკადით შექმნილი ჰაერის წნევის გასაზომად. წნევის და ჰაერის ნაკადის გაზომვების კომბინაცია გამოიყენება შენობის ჰაერის გაუმტარობის დასადგენად (ნახ 7.8). შენობის ჰაერის გაუმტარობის ცოდნა მნიშვნელოვანია ენერჯის დაზოგვის გასაზრდელად, ან შიდა ჰაერის დაბინძურების შესამცირებლად, ან შენობის წნევის გასაკონროლებლად.

ქვემოთ მოცემულია შენობაში სათანადო ჰერმეტიკულობის აუცილებლობის მიზეზების ჩამონათვალი:

- ენერჯის მოხმარების შემცირება ჰაერის გადინების გამო;
- ტენის კონდენსაციის პრობლემების თავიდან აცილება;
- გარედან შემომავალი ცივი ჰაერით გამოწვეული არასასიამოვნო ორპირი ქარის მოსპობა;
- შენობის ჰაერის ხარისხის დაცვა შიდა ჰაერის დაბინძურებისაგან.



ნახ 7.8 ჰაერსაბერის კარის მოწყობილობა

ჰაერსაბერის კარი წარმოადგენს მძლავრ ვენტილატორს, რომელიც გარე კარის ჩარჩოშია ჩამონტაჟებული. სისტემა შედგება მძლავრი, ცვლადი ბრუნთა რიცხვიანი ვენტილატორისა და ბრუნთა რიცხვის რეგულატორისგან, რომლებიც დროებით დამონტაჟებულია ღია გარე კარის ჩარჩოში. მანომეტრების კომპლექტი, ან დიფერენციალური წნევის საზომი ხელსაწყოები გამოიყენება ვენტილატორით გენერირებული წნევის სხვაობების გასაზომად სახლის შიგნით და გარეთ. ასევე ხდება ჰაერის ნაკადის გაზომვა ვენტილატორის კორპუსში დაკალიბრებული ღიობის გასწვრივ (ნახ 7.9).

ტესტის პროცედურები საკმაოდ მარტივია. დეტალური ინსტრუქციების მოწოდება, ჩვეულებრივ, ხდება მომწოდებლის, ან კარის დეტალების კომპლექტის დამამზადებლისგან. სახლის მოსამზადებელი აუცილებელი პროცედურების დასრულების შემდეგ, ტექსტის ჩატარებას დაახლოებით 10-15 წუთი ჭირდება.

ვენტილატორს ჰაერი გამოაქვს სახლიდან, რაც ჰაერის წნევას ამცირებს. ამის შემდეგ, უფრო მაღალი წნევის გარე ჰაერი იპარება სახლში ბზარებიდან და ღიობებიდან. ჰაერის გაჟონვის გამოსავლენად, აუდიტორმა შეიძლება გამოიყენოს კვამლის ხელსაწყო. აღნიშნული ტესტები განსაზღვრავს შენობის ჰაერის ინფილტრაციის დონეს.

ე.წ. ბუნებრივი ინფილტრაციის საანგარიშო ნორმის შესაბამისად ჰაერის გადინება კონტროლს ექვემდებარება, როდესაც სახლში ჰაერის ცვლის სიჩქარე საათში უტოლდება 0.35. თუ ბუნებრივი ინფილტრაციის საანგარიშო ნორმა საათში 0.25-გაცვლაზექვემოთ ეცემა, მაშინ სახლი და მისი მობინადრეები შეიძლება ტენიანობამ, ან შიდა ჰაერის ხარისხთან დაკავშირებულმა პრობლემებმა შეაწუხოს. შეიძლება საჭირო გახდეს დამატებითი ზომების მიღება,

წყაროს კონტროლის და უწყვეტად მართვადი ენტილაციის ჩათვლით.



ნახ 7.9 ჰაერის ნაკადის საზომი მანომეტრი (The Fluke 922)

#### 7.4 წვის სისტემების გაზომვები და შემოწმება

წვის ეფექტურობის მაქსიმალურად გაზრდის მიზნით, საჭიროა საკვამურის აირების შემადგენლობის ცოდნა. ჰაერი/საწვავის კარგი შეფარდების მიღწევის გზით შესაძლებელი ხდება ენერჯის მნიშვნელოვანი დაზოგვა. წვის ტესტირება ითვალისწინებს საკვამურის აირების წვის პროდუქტების კონცენტრაციის განსაზღვრას. წვის პროდუქტებს, ჩვეულებრივ, წარმოადგენენ ნახშირორჟანგი ( $\text{CO}_2$ ) და ნახშირჟანგი ( $\text{CO}$ ). ჭარბი ჰაერის სათანადო დონეების უზრუნველსაყოფად, ასევე ხდება ჟანგბადის ( $\text{O}_2$ ) გაზომვაც.  $\text{CO}_2$  და  $\text{O}_2$  შემცველობა, საკვამურის აირების ტემპერატურის და სათბობის ტიპის ცოდნასთან ერთად, შესაძლებელს ხდის საკვამურის აირების დანკარგების დადგენას. კარგი წვა, ჩვეულებრივ, ნიშნავს ნახშირორჟანგის ( $\text{CO}_2$ ) მაღალ შემცველობას, ჟანგბადის ( $\text{O}_2$ ) დაბალ შემცველობას და ნახშირჟანგის ( $\text{CO}$ ) მცირე კვალს, ან საერთოდ არარსებობას.

##### 7.4.1 ორსატის აპარატი

ორსატის აპარატი გამოიყენება აირის ნიმუშის უცვლელ მოცულობაში ( $100\text{სმ}^3$ ) ნახშირორჟანგის, ნახშირჟანგისა და ჟანგბადის მოცულობების გასაზომად, თუმცა ძალიან დაბალი კონცენტრაციების გამოვლენის დროს, გაზომვები შეიძლება ზედმიწევით ზუსტი არ იყოს. ორსატის აპარატი ძალიან მარტივი მეთოდის გამოყენებით მუშაობს. ნიმუშში გარკვეული მოცულობის

აირის მოსაძიებლად, აირისნიმუშის ფიქსირებული მოცულობა გაედინება განსაზღვრულ ხსნარში, რომელიც შთანთქავს მხოლოდ საჭირო აირს. აირის დარჩენილი მოცულობა შეიძლება განმეორებით გაიზომოს და შეედაროს თავდაპირველ მოცულობას, რათა ნიმუშში კონკრეტული აირის წილი დადგინდეს. აირის ნიმუშში გადის ხსნარების წყებაში და თითოეული ხსნარი აცლის აირის ერთ სახობას, ხოლო შემდეგ ხდება დარჩენილი მოცულობის გამოთვლა. კაუსტიკური პოტაშის ხსნარი გამოიყენება ნახშირორჟანგის აბსორბირებისთვის, პირაგალოლის, კაუსტიკური პოტაშისა და წყლის ნარევი გამოიყენება ჟანგბადის აბსორბირებისთვის, ხოლო ნახშირორჟანგის მოსაცილებლად გამოიყენებასპილენძის ქლორიდი. ორსატის ხელსაწყოს უარყოფითი მხარეებიც გააჩნია. მთავარი არის ის, რომ ხელსაწყოს მოსამზადებლად და გამოსაყენებლად დიდი დროა საჭირო, ოპერატორი უნდა იყოს საზრიანი და გამოცდილი. ხელსაწყო არ არის ზუსტი ძალიან დაბალი კონცენტრაციების გამოვლენის დროს. ორსატის ხელსაწყოს მაგივრად არსებობს გადასატანი და ადვილად გამოსაყენებელი ხელსაწყოები, რომელთა მოსამზადებლად და გამოსაყენებლად მინიმალური დროა საჭირო და თითქმის ყველას შეუძლია ისწავლოს მათი გამოყენება.

#### 7.4.2 წვის ანალიზატორი

ნახ. 7.9 ნაჩვენები წვის გადასატანი ანალიზატორი არის სრულყოფილი ხელსაწყო აუდიტორებისთვის და ღუმელების და საქვაბე დანადგარების სპეციალისტებისთვის, რომლებმაც უნდა განსაზღვრონ ნახშირორჟანგის უსაფრთხოება და წვის ეფექტურობა წვის დანადგარებში. ტიპური დანადგარებია: საყოფაცხოვრებო და კომერციული ღუმელები, წყლის გამაცხელებლები და საქვაბეები. წვის გადასატანი ანალიზატორი უშუალოდ ზომავს და ეკრანზე გამოაქვს კვამლის აირებში ჟანგბადის დონე, აირების საწყისი ტემპერატურა და აირების ტემპერატურა საკვამლე მილში, წნევის სხვაობა,  $NO_x$  და  $CO$ . ხელსაწყო ერთდროულად ითვლის და დისპლეიზე გამოაქვს წვის ეფექტურობა, ჰაერის ჭარბობა,  $CO_2$ ,  $NO_x$ ,  $O_2$  და  $CO$  ჰაერის გარეშე.

წვის ანალიზატორი, ჩვეულებრივ, გამოიყენება აირის და მაზუთის ღუმელების შესამოწმებლად, წვის პროცესის მაქსიმალურ შესაძლო ეფექტურობაში დასარწმუნებლად. ღუმელში წვის პროცესის შემოწმების გარდა, გათბობის, ვენტილაციის და კონდინირების

შესამოწმებელი მრავალფუნქციური ხელსაწყო, ასევე გამოიყენება სივრცეში ნახშირჟანგის და შენობის წნევის შესამოწმებლად. წვის ანალიზატორი ენერგოაუდიტორებს და გათბობის, ვენტილაციის და კონდინცირების სისტემის სპეციალისტებს საშუალებას აძლევს შეამოწმონ საკვამურის ტემპერატურა, ჟანგბადის რაოდენობა საკვამურის აირებში, ნახშირჟანგის რაოდენობა საკვამურის აირებში, ნახშირორჟანგის რაოდენობა საკვამურის აირებში და საკვამურის წნევა. ხელსაწყოს ეს ყველა ჩვენება საჭიროა იმისთვის, რომ გათბობის, ვენტილაციის და კონდინცირების სისტემის სპეციალისტებმა დაარეგულირონ წვის კამერის პარამეტრები, რათა წვის ანალიზატორის გამოყენებით ეფექტური წვა უზრუნველყონ. წვის ანალიზატორს სხვადასხვა აირების, მაგალითად,  $O_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$  და  $SO_x$  გასაზომად გააჩნია ჩადგმული ქიმიური უჯრედები. პრინციპში, სათბობის წვა ხდება მაშინ, როდესაც სათბობის ნახშირბადის და წყალბადის მოლეკულები შედის რეაქციაში ჰაერის ჟანგბადის მოლეკულებთან და წარმოიქმნება ნახშირორჟანგი ( $CO_2$ ) და წყალი ( $H_2O$ ). ენერგია გამოიყოფა რეაქციის პროცესში. საწვავის თითოეული ერთეულისთვის საჭირო ჰაერის ზუსტი მოცულობა შეიძლება გამოანგარიშებულ იქნას, თუ ცნობილია საწვავში ნახშირბადის და წყალბადის შემცველობა.



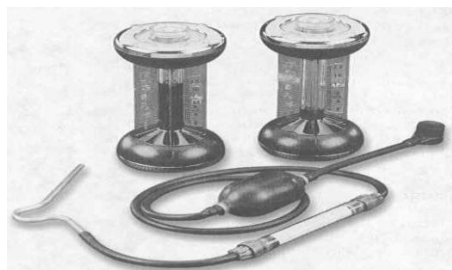
## ნახ 7.9 წვის ანალიზატორი

### 7.4.3 აირის ანალიზატორები

ნახ.7.10-ზე გამოსახული, ნახშირორჟანგის და ჟანგბადის საზომი ხელსაწყოები- ფირიტის ანალიზატორები - არის სწრაფი, ზუსტი და ადვილად გამოსაყენებელი. ისინი ხელმისაწვდომია  $CO_2$  ან  $O_2$  ანალიზისთვის და თითოეული მოდელი მზადდება სამსკალიან დიაპაზონში.

ექვსივე ხელსაწყოს მსგავსი გარე ხედი აქვს, მაგრამ განსხვავება კონსტრუქციის მნიშვნელოვანი დეტალებით და შთანთქმელი სითხეებით. ამიტომ თითოეული მოდელი მხოლოდ კონკრეტული აირისთვის ანსკალის დიაპაზონისთვის არის გამოსადეგი.

სიზუსტე  $\text{CO}_2$  ან  $\text{O}_2$  –თვის  $\pm 1/2\%$  ფარგლებშია. ნახშირორჟანგის და ჟანგბადის ქიმიური ფირიტის აბსორბციული სითხესედექტიურია შესაბამისად ნახშირორჟანგის ან ჟანგბადის ქიმიური შთანთქმის მიმართ. ამიტომ, ფირიტის სიზუსტე, რომელიც მისაღებია სამრეწველო და პროფესიული დანადგარებისთვის, არ არის დამოკიდებული რთულ, თანმიმდევრულ შემოწმების პროცედურებზე. გარდა ამისა, ხელსაწყოს ჩვენებებზე არ მოქმედებს ნიმუშში არსებული ფონური აირების უმეტესობა.



**ნახ 7.10** Fyrite აირის ანალიზატორები. (Bacharach სამრეწველო კომპანია)

ეს ხელსაწყო დიდი ხანია საყოველთაოდ აღიარებულია და მისი სიმარტივის გამო, ამჟამადაც ხშირად გამოიყენება. რეკომენდებულია, რომ აუდიტორმა ხელსაწყოს სამი ჩვენება აიღოს და საუკეთესო შედეგის მისაღებად, საშუალო გამოიყვანოს.

#### 7.4.4 წვის ეფექტურობის და გარემოსდაცვითი ანალიზატორი

ნახ. 7.11-ზე გამოსახული წვის ეფექტურობის და გარემოსდაცვითი ანალიზატორი იდეალურია წვის ეფექტურობაში, გარემოსდაცვით შესაბამისობაში, ან ორივეში ერთად დაინტერესებული პროფესიონალებისთვის. ეს ტექნიკური მომსახურების ინჟინრებს და მენეჯერებს, სამრეწველო საქვაბე დანადაგრების/ღუმელების მომსახურების ტექნიკოსებს, ენერგეტიკის დარგის კოორდინატორებს, გარემოსდაცვითი და უსაფრთხოების მენეჯერებს საშუალებას აძლევს სამრეწველო დანადგარებში ეფექტური წვა და იმავდროულად, გარემოსდაცვითი წესების დაცვა უზრუნველყონ.





### ნახ 7.11 წვის ეფექტურობის და გარემოსდაცვითი ანალიზატორი- ECA 450

ახალი ECA 450 ახდენს წვის და გამოსხივების ზუსტ შემოწმებას, რაც გარემოსდაცვითი წესების დაცვას და დანადგარში ეფექტურ წვას უწყობს ხელს. ECA 450 ზომავს ჟანგბადს, ნახშირჟანგს, აზოტმჟავას, აზოტის ორჟანგს და გოგირდის ორჟანგს და ასევე, საწვავებს, ტემპერატურას და წვევის ძაღას. იგი ასევე ახდენს წვის ეფექტურობის, ჭარბი ჰაერის, ნახშირორჟანგის,  $NO_x$  და დაბინძურების ერთეულების გამოთვლას. ECA მუდმივად იღებს ღუმელების, საქვაბე დანადგარების, და სხვა სამრეწველო წვის მოწყობილობების ნიმუშებს დაახლოებით 8 საათის განმავლობაში და აწარმოებს ზუსტ და სანდო წვის და გარემოსდაცვით გაზომვებს და გამოთვლებს. ECA 450 მარტივად ახდენს აღნიშნული რთული მონაცემების გენერირებას და ხელს უწყობს ქარხნებში დანადგარების უფრო ზუსტ რეგულირებას და უკეთესად ახდენს დაბინძურების დონეების შეფასებას. ანალიზატორი ხელს უწყობს მთლიანი წვის ეფექტურობის გაუმჯობესებას, სათბობის ფასების შემცირებას და განსაზღვრავს გამოსხივების შესაბამისობას.

### 7.5 გაზომვის ელექტრული ხელსაწყოები

#### 7.5.1 ელექტრული სისტემის მახასიათებლების გაზომვა

ამპერმეტრი, ვოლტმეტრი, ვატმეტრი და ელექტრული სიმძლავრის კოეფიციენტის საზომი ჩვეულებრივ საჭიროა ელექტრული სისტემის შემოწმების ჩასატარებლად.

დენის გასაზომად გამოიყენება ამპერმეტრები. აუდიტების უმრავლესობაში ცვლადი ელექტროდენი იზომება. აუდიტებში



გამოიყენება გადასატანი ამპერმეტრები, რომლებიც ადვილად მისამაგრებელი და მოსახსნელია. ნახ 7.12-ზე წარმოდგენილია ერთ-ერთი ასეთი ტიპური ხელსაწყო და დამატებითი მოწყობილობები, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას დენის, ან ძაბვის საზომად. არსებობს მრავალი სავაჭრო მარკის და სტილის ამპერმეტრი, რომლებსაც განუწყვეტლივ 1000-მდე ამპერის დენის ძალის გაზომვა შეუძლიათ.

ამპერმეტრები შეიძლება იყოს ინდიკატორიანი, ან თვითჩამწერიანი, მონაცემების ამობეჭდვის საშუალებით. ჩართვის შემდეგ, თვითჩამწერი ამპერმეტრი იწერს დენის ცვლილებებს ერთი მთლიანი თვის განმავლობაში სადიაგრამო ქაღალდის ერთ რულონზე. ეს, ოპერატორს მუდმივი მეთვალყურეობის გარეშე, გამტარში დენის ცვლილების ხანგრძლივი შესწავლის შესაძლებლობას აძლევს. ამპერმეტრი ზომავს უშუალოდ ელექტროდენს, რომელიც ელექტროენერგიის გამოსათვლელად ერთ-ერთი საჭირო პარამეტრია. ენერგიის გამოსათვლელად საჭირო მეორე პარამეტრის წარმოდგენს ძაბვა, რომელიც ვოლტმეტრით იზომება. ელექტრული გამზომების რამდენიმე ტიპს შეუძლია ძაბვის, ან დენის ჩვენების აღება. ვოლტმეტრი ზომავს ელექტრულ პოტენციალთა სხვაობას ელექტრული წრედის ორ წერტილს შორის.



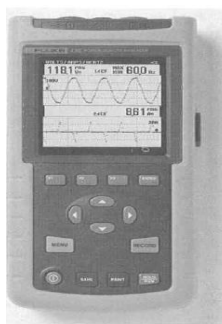
ნახ 7.12 მუდმივი და ცვლადი დენის ციფრული მულტიმეტრიდამხმარე მოწყობილობებით.

### 7.5.2 ქსელური ელექტროვატმეტრები

პირდაპირი ათვლის გადასატანი ვატმეტრი, შეიძლება გამოყენებულ იქნას ელექტროენერგიის ვატებში გასაზომად. ეს, ასევე, შეიძლება გამოთვლილ იქნას ძაბვის, დენის და მათ შორის კუთხის გაზომვით (ელექტრული სიმძლავრის კოეფიციენტის კუთხე). ძირითადი

ვატმეტრი შედგება სამფაზიანი ზონდისგან და ჩართული დენის კოჭისგან, რომელიც კვებას ვატმეტრს. ტიპური საექსპლუატაციო ზღვრული მნიშვნელობებია – 300 კილოვატი, 650 ვოლტი და 600 ამპერი. მისი გამოყენება შეიძლება ერთფაზიან და სამფაზიან წრედებში. გადასატანი ვატმეტრი, უმეტესად, სამფაზიანი ხელსაწყოა. მისი ზონდებიდან ერთ-ერთი მიერთებულია თითოეული ფაზის სადენზე და მომჭერი ერთ-ერთ ფაზაზეა. ვატმეტრის წრედის გათიშვით, იგი იღებს იმ წრედის სიმძლავრის კოეფიციენტის ჩვენებას, რომელზეც მიმაგრებულია. სიმძლავრის კოეფიციენტი ძირითადი პარამეტრია, რომლის სიდიდე ცნობილი უნდა იყოს ელექტროენერჯის მოხმარების გამოსათვლელად. დიაგნოსტიკური თვალსაზრისით ეს ეფექტური საშუალებაა ცუდი სიმძლავრის კოეფიციენტის წყაროსა და ობიექტზე ჰარმონიული დამახინჯების დასადგენად. ენერჯის ხარისხის ტიპური ანალიზატორი წარმოდგენილია ნახ.-ზე 7.13.

ნახ 7.14-ზე გამოსახული ქსელური ელექტროვატმეტრი დამხმარე საზომი მოწყობილობაა, რომელიც დაპროექტებულია დროული და ზუსტი მოხმარების მონაცემების უზრუნველსაყოფად, დღევანდელ მზარდ ენერგობაზარზე ელექტროენერჯის ფასებზე კონტროლის დაწესების მიზნით. ხსენებული საზომი ხელსაწყოები აგროვებენ კვტსთ/კვტ მოხმარების და მოთხოვნების მონაცემებს და ასევე დიაგნოსტიკებისთვის და სამფაზიანი და ცალფაზა წრედის დანადგარების მონიტორინგისთვის – ფაქტობრივად, ყველა შესაბამის ენერგოპარამეტრს. საზომი ხელსაწყოების მოხერხებულობა, ზომა და მარტივი მოხმარება ხდის მათ კომერციული, სამრეწველო, სამთავრობო და სავაჭრო სფეროებში ენერგომოხმარების შესახებ დეტალური ინფორმაციის შესაგროვებელ იდეალურ საშუალებად.



**ნახ 7.13** ენერჯის ხარისხის ანალიზატორი

ეს ხელსაწყო ადვილად დასამონტაჟებელია მკვებავი ძაბვის სადენის ფერადი კოდირებისა და მკაფიო მარკირების საშუალებით. ხელსაწყო შეიცავს ინდიკატორის ეკრანს, რომელიც ადასტურებს დენის ტრანსფორმატორის ფაზაზე სწორ მიერთებას.

ხელსაწყო Power Scout™ იყენებს პირდაპირ მიერთებებს ძაბვის თითოეულ ფაზასთან და სხვადასხვა წინასწარ ჩართულ დენის ტრანსფორმატორის ვარიანტებს, როგორცაა დამატებით კვანძებს, მაგალითად, Split-Core ტიპის დენის ტრანსფორმატორებს, ან დრეკად კოჭებს (დიდი დატვირთვებისა და დიდი კაბელებისთვის), ყოველი ფაზის დენის მონიტორინგისთვის.



**ნახ 7.14** ქსელის სიმძლავრის საზომი Power Scout™ სერიიდან (Network power meter from Power Scout™ series)

### 7.5.3 ლუქსმეტრები და ფოტომეტრები

განათების დონე ლუქსმეტრებით იზომება. იგი შედგება ფოტო უჯრედებისგან, რომლებიც აღიქვამენ სინათლის სიმძლავრეს და გარდაქმნიან მას ელექტრულ იმპულსებად, რომელიც კალიბრირებულია ლუქსებში. ლუქსმეტრები ზომავენ სიკაშკაშეს ლუქსებში ან კანდელა/მ<sup>2</sup>. ზოგიერთი ლუქსმეტრი აღჭურვილია შიდა მესხიერებითა და მონაცემთა ჩამწერით, გაზომვების ჩასაწერად. ლუქსმეტრებით სინათლის ინტენსიურობის გაზომვა უფრო მნიშვნელოვანი ხდება იმ სამუშაო ადგილას, სადაც საჭიროა დამცავი ეკრანები. გარემო პირობების გაზომვის მეთოდი, რომელსაც მიეკუთვნება სინათლის გაზომვაც, აგრეთვე მეტად მნიშვნელოვანია.

ნახ.-ზე 7.15 ასახულ ლუქსმეტრებს მონაცემთა ჩამწერით, განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა იმის გამო, რომ ისინი ახდენენ სინათლის დაცემის კუთხის კოსინუსურ კორექციას.



### ნახ 7.15 ლუქსმეტრი

ფოტომეტრები, ან ფოტომიმდებები ასევე გამოიყენება განათებაში. ისინი ზომავენ შიდა განათების დონეს და გამორთავენ, ან ამცირებენ ნათურების სიმძლავრეს, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს შენობის ენერგომოხმარებას და საგრძნობლად ზრდის განათების სისტემის ეფექტურობას. ამიტომ, რეკომენდებულია ფოტომეტრების გამოყენება განათების სისტემაში, განსაკუთრებით ოთახებში, სადაც მომხმარებლები, სავარაუდოდ, დიდ ყურადღებას არ უთმობენ სინათლის ხელით გამორთვას. მსგავს ფართებს მიეკუთვნება გასასვლელები, კიბეები და სადარბაზოები. მაგრამ განათების სისტემაში ფოტომეტრების წარმატებით დასანერგად საჭიროა მნიშვნელოვანი დაბრკოლებების გადალახვა, რომელთა შორის ყველაზე რთულია მომხმარებლების მიერ აღნიშნულის დადებითად შეფასება და მიღება. მოულოდნელი, ან ხშირი ჩართვა-გამორთვა და ძალიან კაშკაშა, ან ძალიან ბნელი ოთახები მობინადრეებისთვის გამაღიზიანებელი და შემაწუხებელია. ამიტომ, შემუშავებულ იქნა გამორთვის სხვადასხვა ალგორითმები.



**ნახ 7.16** ფოტომეტრი UV340B UV

### 7.6 გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონირების სისტემების მახასიათებლების გაზომვა

გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონირების სისტემების შეფასების დროს, ჰაერის ნაკადის გაზომვა ერთ-ერთ კრიტიკულ კომპონენტს წარმოადგენს. იგი ხელს უწყობს სისტემის ბალანსის, ენერგოეფექტურობის და ხარჯების ეფექტურობის უზრუნველყოფას. ხსენებული კომპონენტების გამოკვლევის და შემოწმების ყველაზე ეფექტური საშუალებააჰაერის ნაკადისსაკონტროლო- საზომი ხელსაწყოების გამოყენება. აღნიშნულ ხელსაწყოებს ეწოდება ანემომეტრები, ან თერმოანემომეტრები (თუ ისინი ტემპერატურის გასაზომად გამოიყენება). ბევრი ანემომეტრით ხდება ჰაერის ნაკადის, ჰაერის მოცულობის და ტემპერატურის გაზომვა; სხვა პარამეტრები მოიცავს ტენიანობას, ნამის წერტილს, სტატიკურ წნევას/წნევათა სხვაობას.

არსებობს ორი ტიპის ანემომეტრი: ფრთიანი და ელექტროსითბური. თითოეულ მათგანს გამოყენების შეზღუდვები გააჩნიათ, მაგრამ ელექტროსითბური ანემომეტრები უფრო ფართოდ გამოიყენება, ვინაიდან ჰაერის ნაკადის უფრო დიდ დიაპაზონს ზომავს. მანომეტრები წარმოადგენენ სხვაგვარ გამზომ ხელსაწყოებს, რომელთაც შეუძლიათ გაზომონ ჰაერის სიჩქარე და მოცულობა, მაგრამ უფრო ხშირად გამოიყენება სტატიკური წნევის და წნევათა სხვაობის გასაზომად. და ბოლოს, შემგროვებელი გარსაცმებიანორციელებენჰაერის მოცულობის პირდაპირ გაზომვას, ცხაურების და დიფუზერების შემავალი და გამონაბოლქვი აირების მონაცემთა საშუალებით

ფრთიანი ანემომეტრი თავსდება ჰაერის ნაკადში და ბრუნავს ფრთებზე ჰაერის ნაკადის ზემოქმედებით. ფრთების ბრუნვას აღიქვამს მაგნიტური, ან ოპტიკური სენსორი, რომელიც სიგნალს გარდაქმნის უშუალოდ სიჩქარის ერთეულებში ფუტი/წთ<sup>21</sup>. ფრთიანი ანემომეტრის ერთ-ერთი თავისებურებაა ჰაერის სიჩქარის გასაშუალოება მიწოდების ხვრელებში – მილსადენების შესასვლელებში, და ფილტრის კონებში. ყველაზე გავრცელებული ფრთა, დაახლოებით 10-სმ-იანი დიამეტრით, შეიცავს ბურთულა საკისარს, რომელსაც ბრუნვის დროს მინიმუმდღე დაჰყავს ხახუნი. ისარი განლაგებულია ფლუგერის თავზე და განსაზღვრავს სათანადო გაზომვებისთვის საჭირო ჰაერის ნაკადის დინების მიმართულებას ფრთაში. ასეთი ანემომეტრი უზრუნველყოფს გაზომვებს საშუალოდ 50-დან 6000 ფუტი/წთ-ში დიაპაზონში. ეს დიაპაზონი განსაზღვრავს ანემომეტრის გამოყენების შესაძლებლობებს, რადგანაც ზუსტი მონაცემების მისაღებად ჰაერის მინიმალური სიჩქარის არსებობაა აუცილებელი.

გაზომვების სიზუსტეზე ზემოქმედებას ახდენს ფრთის კუთხე ჰაერის ნაკადის მიმართ. +/-12 გრადუსიანი კუთხე, ჩვეულებრივ, გაზომვების სიზუსტის ერთპროცენტიან ცდომილებას იძლევა.

მექანიკურ ფრთიანი, ან მოქანავე ფრთიანი ანემომეტრები მარტივი განოსაყენებელია და აკუმულატორების გარეშე უზრუნველყოფს ჰაერის სიჩქარის პირდაპირ გაზომვებს. ჰაერის ნაკადი შეედინება კამერაში და აბრუნებს მოქანავე ფრთებს, რაც პირდაპირ თანაფარდობაშია ფუტი/წთ გაზომვასთან. ფრთები მოძრაობს ხახუნის გარეშე, ამგვარად, მოძრაობა არის რბილი და ზუსტი.

ელექტროსითბური ანემომეტრები უნქციონირებს თბოგადაცემის პრინციპით. დენის გავლით ელექტრულ წინაღობაში სადენის ელემენტი ხურდება გარემოს ტემპერატურაზე მაღლა და ეს ენერგია სითბოდ გარდაიქმნება. შემდეგ სითბო გადაეცემა გაცხელებულ სადენის ელემენტში გამავალ ჰაერს. გამზომი, გაცხელებულ სადენს გადასცემს უფრო მეტ სიმძლავრეს, რათა შეინარჩუნოს საწყისი ტემპერატურა ნულოვანი ჰაერის ნაკადში. ეს სიმძლავრის ნამატი, გარდაიქმნება ჰაერის სიჩქარის სიგნალად და გამოისახება თხევადკრისტალურ ეკრანზე. ელექტროსითბურ ანემომეტრებს გააჩნიათ მცირე დიამეტრის საცეცები, რაც შეზღუდულ სივრცეში და ძნელად მისაღწევ ადგილებში გაზომვების შესაძლებლობას

<sup>21</sup>1 ფუტი/წთ=0.00508 მ/წმ

იდლევა. ამ ხელსაწყოთა გაზომვების დიაპაზონია 0-დან 10,000 ფუტი/წთ-მდე. ელექტროსითური ანემომეტრი წარმოადგენს ტესტირების და გაზომვის იდეალურ ინსტრუმენტს დაბალი სიჩქარის პირობებისათვის. მათი გამოყენება შეიძლება 200° F (დაახლოებით 93.3°C) ტემპერატურამდე, რაც ზღუდავს მის გამოყენებას.

### 7.6.1 ციფრული თერმომომეტრი

ციფრული თერმომომეტრიარის იოლადგამოსაყენებელი, ორმაგი ფუნქციის ხელსაწყო,რომელიც სწრაფად და ადვილად ზომავს ჰაერისსიჩქარეს ოთხველიან შერჩევად დიაპაზონებში ფუტი/წმ ან მ/წმ, ასევე ჰაერის ტემპერატურას °F ან °C. მაღალკონტრასტულ, თხევადკრისტალურ ეკრანზე აისახება შერჩეული დიაპაზონის და გაზომილი სიჩქარე. ეკრანის მოსახერხებელი შიდა გამანათებელი სუსტი განათების დროსაც კი სრულყოფილ ხილვადობას უზრუნველყოფს. აკუმულატორის ექსპლუატაციის ვადის გასახანგრძლივებლად, სინათლე 2-1/2 წუთისშემდეგ ავტომატურად ქრება.ხელსაწყო ადჭურვილიააკუმულატორის განმუხტვის ინდიკატორით.



ნახ. 7.17 ციფრული თერმო ანემომეტრი.მოდელი 471

### 7.6.2 მანომეტრები

მანომეტრები ზომავს ძალიან დაბალ წნევას: სტატიკურ წნევას და წნევათა სხვაობას ფილტრების გასწვრივ და ოთახებს შორის. პიტოს მილთან ერთად, მანომეტრს შეუძლია წნევის ჩვენებები გარდაქმნას ჰაერის სიჩქარის (ფუტი/წთ) და მოცულობითი კუბური ფუტი წუთში მონაცემებში.



ნახ. 7.18 მრავალფუნქციური მანომეტრი. სერია 521/526;

სერია 521/526 მრავალფუნქციურ მანომეტრს გააჩნია ჩამონტაჟებული მიკრო მანომეტრი წნევათა სხვაობის გასაზომად გათბობის, ვენტილაციისა და კონდიციონირების სისტემის 0-100 ჰექტოპასკალის (ასეული პასკალის) დიაპაზონში, ე.ი. წნევის ვარდნის ფილტრების გასწვრივ, ან ვენტილატორებისა და ექსტრაქციული მოწყობილობების შესამოწმებლად. მას გააჩნია მომხმარებლის მიერ ასარჩევი ცხრა წნევის ერთეული:  $H_2O$ , მილიბარი, ჰექტოპასკალი, ბარი, პასკალი, კილოპასკალი, მმ  $H_2O$ , ტორი (1/760 ატმოსფერო)დაპსი. შესაძლებელია დამატებითი საცეცების მიერთება. დამატებითი საცეცები შესაძლებელია მიუერთდეს მომხმარებლის მიერ შერჩეული ორი ბუდის საშუალებით, საექსპლუატაციო დიაპაზონი (0-დან 2000 ჰექტოპასკალამდე)სიზუსტე – მაქსიმალური სიდიდის 0.05 % -მდე სამრეწველო დანადგარებისათვის, სადაც პროცესები მოითხოვს გაზომვასა და მონიტორინგს. წნევის გარდამქმნელი ძირითადი ერთეულები მოცემულია ცხრილში 7.1



	პასკალი (Pa)	ბარი(bar)	ტექნიკური ატმოსფერო (at)	ატმოსფერო (atm)	ტორი(Torr)	ძალა ფუნტი კვადრატული ინჩზე (psi)
<b>1 პასკალი</b>	$\equiv 1$ ნიუტონი/მ <sup>2</sup>	$10^{-5}$	$1.0197 \times 10^{-5}$	$9.8692 \times 10^{-6}$	$7.5006 \times 10^{-3}$	$145.04 \times 10^{-6}$
<b>1 ბარი</b>	100,000	$\equiv 10^6$ დინ/სმ <sup>2</sup>	1.0197	0.98692	750.06	14.5037744
<b>1 ტექნიკური ატმოსფერო</b>	98,066.5	$0.980665$	$\equiv 1$ კგძალა/სმ <sup>2</sup>	0.96784	735.56	14.223
<b>1 ატმოსფერო</b>	101,325	1.01325	1.0332	$\equiv 1$ ატმ	760	14.696
<b>1 ტორი</b>	133.322	$1.3332 \times 10^{-3}$	$1.3595 \times 10^{-3}$	$1.3158 \times 10^{-3}$	$\equiv 1$ ტორი; $\approx 1$ მმ ვერცხლისწყალი	$19.337 \times 10^{-3}$
<b>1 psi</b>	$6.894 \times 10^3$	$68.948 \times 10^{-3}$	$70.307 \times 10^{-3}$	$68.046 \times 10^{-3}$	51.715	$\equiv 1$ ფუნტი ძალა/ინჩ <sup>2</sup>

მაგალითი: 1 პასკალი = 1 ნიუტონი/მ<sup>2</sup> = 10<sup>-5</sup>ბარი = 10.197×10<sup>-6</sup>ატმოსფერო = 9.8692×10<sup>-6</sup>ატმოსფერო და ა.შ.

სტანდარტული ატმოსფერო = 101325 პასკალი = 101.325 კილოპასკალი = 1013.25 ჰექტაპასკალი

პიტოს მილები არის მილსადენში და ჰაერის მიმღებებში ჯამური და სტატიკური წნევის გასაზომი ორკედლიანი მილები. შიდა მილები ჯამური წნევის გასაზომად გამოიყენება, ხოლო გარე მილები სტატიკურ წნევას ზომავს. ჯამურდა სტატიკურ წნევებს შორის განსხვავება ცნობილია, როგორც ჩქარული და წნევა, ან დიფერენციალური წნევა. პიტოს მილები წარმოადგენს ჰაერის საზომ სტანდარტულ მოწყობილობას სიზუსტის კარგი დონეებით და იგი მონომეტრთან ერთად უნდა იქნას გამოყენებული (ნახ. 7.18).



**ნახ. 7.18** პიტოს სტატიკური მილი და მანომეტრი

შიდა ჰაერის ხარისხის, შენობის კომფორტის კვლევაებისა და გათბობის, ვენტილაციისა და კონდიციონირების სისტემების დიაგნოსტიკისთვის, სადისტრიბუციო კომპანია Brandt Instruments, Inc გეთავაზობს სერია 435 - ხელსაწყოების ჯგუფს, რომლებიც სადენიანი და უსადენო ზონდების გამოყენებით მონიტორინგს უწევენ და ჩაიწერენ შიდა ჰაერის ხარისხის კრიტიკულ პარამეტრებს, ატმოსფერული CO<sub>2</sub>, ჰაერის სიჩქარეს, ფარდობით ტენიანობას (ნამის წერტილს), ტემპერატურას, აბსოლუტურ წნევას, წნევათა სხვაობასა და განათების ინტენსივობას. შიდა ჰაერის ხარისხის საზომი ხელსაწყო იდეალური საშუალებაა სიჩქარის გასაზომად ფუტი/წუთში (0 დან 8,000 ფუტი/წუთში), მოცულობითი ნაკადის გასაზომად კუბური ფუტი/წუთში, (მოცულობითი ხარჯის

გამოთვლა 0 დან 999,999 კუბური ფუტი/წუთში), ხელსაწყოს ტემპერატურის ჩვენებების დონემოიცავს -58.0 დან 300.0 °F მდე)<sup>22</sup>. ხელსაწყოს შეუძლია ჩვენებების გასაშუალოება დროის მიხედვით და მოცულობითი ნაკადის ადვილად გამოთვლა კუბური ფუტი/წუთში, მ<sup>3</sup>/წმ, მ<sup>3</sup>/სთ, და ა.შ.



**ნახ. 7.19** შიდა ჰაერის ხარისხის საზომი (სერია 435 IAQ საზომი)

დამატებითი, ჩამონტაჟებული მიკრომანომეტრის საშუალებით, საზომი ხელსაწყო სრულყოფილად ამოწმებს და არეგულირებს გათბობის, ვენტილაციისა და ცხელწყალმომარაგების სისტემებს. ხელსაწყოში არის 50-ზე მეტი სხვადასხვა ზონდი, უსადენო ზონდების ჩათვლით, ნიმუშების დისტანციური შერჩევისთვის. იგი იდეალურია ტემპერატურის, ტენიანობის, CO<sub>2</sub>, CO, ნამის წერტილის, ჰაერის სიჩქარის, წნევათა სხვაობის, ლუქსის, აბსოლუტური წნევის, ზედაპირის ტემპერატურისა და თბოგადაცემის (თერმული წინაღობის), მოცულობითი ხარჯის გასაზომად. მოცულობითი ხარჯის განსაზღვრა მარტივია პიტოს მილების, ფრთიანი ზონდების, ან თერმომანომეტრული ზონდების გამოყენებით. Testo 435-ს შეუძლია გაზომოს წნევის სხვაობა ფილტრებისა და ხვიარების გასწვრივ, დაწნეხილ ოთახებში. ხელსაყრელი ვარიანტია ორიგინალური უსადენო ზონდები, რომლებიც 65-მდე ფუტის სიშორიდან (დაახლოებით 200 მეტრი) ტემპერატურისა და ტენიანობის ერთდროული გაზომვის შესაძლებლობას იძლევა. სხვებული ზონდები მოქმედებს იმავე სიზუსტით, როგორც ტრადიციული კაბელიანი და ხელსაწყოში ინტეგრირებული ზონდები. აქ არ არსებობს გადახლართული მავთულების პრობლემა ან მოუხერხებელი ადგილების განმეორებით გაზომვის საჭიროება. სამამდე უსადენო ზონდიდან შეიძლება ჩვენების აღება და ეკრანზე

<sup>22</sup> -50<sup>0</sup> -დან 149<sup>0</sup>C-მდე

გამოტანა. ნებისმიერ დროს შეიძლება მომხმარებლის მიერ დამატებითი უსადენო ბლოკების დამონტაჟება.

### 7.6.3 ბრუნვის სიხშირის გაზომვები

ნებისმიერ აუდიტში სიჩქარის გაზომვები შეიძლება კრიტიკული იყოს, ვინაიდან მათი ცვლილება შეიძლება სიხშირის ქამრის სრიალით, ან დატვირთვით. ტახომეტრი (აგრეთვე ეწოდება ბრუნვის მთვლელი, ბრუნი წუთში საზომი) არის ხელსაწყო, რომელიც ზომავს დისკოს, ძრავის, ან სხვა მექანიზმის ბრუნვის სიხშირეს. მოწყობილობა, ჩვეულებრივ, კალიბრირებულ ანალოგურ ციფერბლატზე ასახავს ბრუნებს წუთში, მაგრამ ბოლო დროს, სულ უფრო ხშირად გამოიყენება ციფრული დისპლეები. გამზომის სახელწოდება მომდინარეობს ბერძნული სიტყვებიდან „ტახო“, რაც სიჩქარეს ნიშნავს და „მეტრონ“, რაც გაზომვას ნიშნავს. მარტივი ტახომეტრი წარმოადგენს კონტაქტური ტიპის ხელსაწყოს, რომელიც გამოიყენება ადვილად მისაწვდომ ადგილებში. TACH 20-ს გააჩნია დიდი, თხევადკრისტალური ეკრანი, რომელიც მომხმარებელს გაზომვის ჩვენებების ადვილად წაკითხვის შესაძლებლობას აძლევს. მას ასევე გააჩნია შიდა მეხსიერება, რომელიც ავტომატურად იმახსოვრებს მაქსიმალურ, მინიმალურსა და საშუალო სიდიდეებს და დისპლეიზე გამოტანილ ბოლო გაზომვის ჩვენებას. TACH 20-ს გააჩნია ყველა საჭირო დამხმარე მოწყობილობა, რომელიც ზუსტი, სანდო და განმეორებადი გაზომვების უზრუნველსაყოფად ოპტიმალური მექანიკური მდგრადობით არის დაპროექტებული. გარდა მექანიკური გადაწყვეტილი მოწყობილობისა, რომელიც იღებს სხვადასხვა თაურებს; და ბრუნი წუთში კონტაქტური გაზომვების ზედაპირის სიჩქარის მქნევარის, TACH 20-ს ასევე შეუძლია უკონტაქტო ზედაპირული გაზომვების ჩატარება ინფრაწითელი გამოსხივებით.



ნახ 7.20 ტახომეტრი TACH 20

სტრობოსკოპები წარმოადგენენ სრულყოფილ ხელსაწყოს უსაფრთხო მანძილზე სახიფათო მბრუნავი მექანიზმების წუთში ბრუნის გასაზომად. სტრობოსკოპის გამოყენება ძნელადმისადგომ და მოშორებულ ადგილებში სიჩქარის გასაზომად, მოწყობილობა-დანადაგრების, ტექნიკური პირობების შესაბამისად ფუნქციონირების გარანტიას იძლევა. დეტალური, ვიზუალური ინსპექტირების ჩასატარებლად სტრობოსკოპები მბრუნავი, ან რწევადიმოწყობილობა-დანადაგრების ფუნქციონირების გაჩერების, ან შენელების შესაძლებლობას იძლევა. ნახატზე 7.21 გამოსახული ციფრული სტრობოსკოპი არის განსაკუთრებული მნიშვნელობის ხელსაწყო, დანადგარების მახასიათებლების დაზიანებების მოსაძიებლად. ის გამოყენებული უნდა იყოს ენერგოაუდიტის შემოწმებების დროს პროფილაქტიკური ტექნიკური მომსახურებისათვის დროის და ფულის დასაზოგად იძულებითი გაჩერებების აღმოფხვრის მიზნით.



**ნახ. 7.21** ციფრული სტრობოსკოპი DO-53560-25

სტრობოსკოპი DO-53560-25 დაპროექტებულია ხარისხის კონტროლისთვის, მოძრაობის ანალიზისთვის, ვიბრაციის პრობლემების დასადგენად, ტექნიკური მომსახურებისთვის, სამრეწველო ხაზის შემოწმებისთვის, სხვადასხვა დატვირთვების ქვეშ ძრავების, ამძრავის მოძრაობის, ნაწილების, მუშტას, ძრავების, ვენტილატორის ფრთების, ცენტრიფუგების, ლილვების, ტურბინების და სხვა განმეორებადი მოქმედებების მექანიზმების დასათვალიერებლად და სიჩქარის გასაზომად. მისი დახმარებით ასევე შესაძლებელია შესაბამისი ინფორმაციის მოპოვება მერხევი ნაწილების მოძრაობაზე, ზეთის გაჟონვაზე, სითხის გაფრქვევის

თავისებურებებზე და სხვა სამრეწველო და სამეცნიერო პრაქტიკული გამოყენებებისთვის.

#### 7.6.4 ცივი და ცხელი წყლის ხარჯის გაზომვა

წყლის ხარჯის ინსპექტირებისთვის, გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონერების ბალანსირების/შემოწმების, ენერჯის მოხმარების მონიტორინგის, წყლის შენახვის მენეჯმენტის და ელექტროსადგურების მონიტორინგისთვის, სადაც საჭიროა ოპერატიული გაზომვების ჩატარება, შეიძლება გამოყენებულ იქნას ნახ. 7.22 გამოსახული წყლის ხარჯის მზომი. სითხის სახეობებია: წყალი (ციხელი, ცივი წყალი, წყალსადენის წყალი, ზღვის წყალი), ჩამდინარე წყალი, ნავთობპროდუქტები (ნედლი ნავთობი, დიზელი, სათბობი), ქიმიური ნივთიერებები (ალკოჰოლი, მჟავები და ა.შ.), სასმელები, საჭმელები, და წყლის/გლიკოლის ხსნარები



**ნახ. 7.22** ხარჯსაზომი STUF -200H

გამოყენების მაგალითებია:

- წყალი – ცხელი წყლის, ცივი წყლის, წყალსადენის წყლის, ზღვის წყლის და ა.შ. ჩათვლით;
- ჩამდინარე წყალი წვრილი ნაწილაკებით;
- ნავთობი: ნედლი ნავთობის, საზეთი საშუალებების, დიზელის საწვავის, თხევადი სათბობის და ა.შ. ჩათვლით;
- ქიმიკატები, ალკოჰოლის, მჟავების და ა.შ. ჩათვლით;
- გამხსნელები;
- გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონერების სისტემაში არსებული ცხელი და ცივი წყალი, წყლის/გლიკოლის ხსნარები;
- წყლის გაწმენდა და ნარჩენების დამუშავება;



- ელექტროსადგურები (ატომური ელექტროსადგურები, თბოელექტროსადგურები და ჰიდროელექტროსადგურები), თბოენერჯის საქვაბე დანდგარის მკვებავი წყალი;
- ენერჯის მოხმარების ზედამხედველობა და წყლის კონსერვაციის მართვა.

### 7.6.5 ტენიანობის გაზომვები

ჰიდრომეტრები გამოიყენება ფარდობითი ტენიანობის გასაზომად. ჰიდრომეტრის მარტივი ფორმა ცნობილია, როგორც ფსიქრომეტრი, რომელიც შედგება ორი თერმომეტრისგან, ერთი მათგანი შეიცავს მშრალ თერმომეტრს, ხოლო მეორე სველ თერმომეტრს. თანამედროვე ელექტრონული ხელსაწყოები ტენიანობის ცვლილების გასაზომად იყენებენ კონდენსაციის ტემპერატურას, ცვლილებებს ელექტრულ წინააღობაში და ცვლილებებს ელექტრულ ტევადობაში.

ფარდობითი ტენიანობის ტემპერატურის საზომი - TH 3 კომპანიისგან Amprobe-ის მაღალი სიზუსტის ხელსაწყო, რომელიც ზომავს ფარდობითი ტენიანობის მთელ დიაპაზონს 0% დან 100%-მდე და გააჩნია გარე ტემპერატურის გაზომვის განსაკუთრებით ფართო დიაპაზონი -20 °C (-4 °F) - დან 60°C (140 °F) მდე. გადამწოდი დამაგრებულია ხელსაწყოს ზედა ნაწილიდან გამომავალ გრძელ ღერძზე და ამარტივებს გაზომვებს მილსადენის სისტემაში და სხვა ძნელად მისაღწევ ადგილებში. დიდ თხევადკრისტალურ ეკრანზე ნაჩვენებია ორი ერთდროული გაზომვა გამოსახულების სრული ვარიანტით, დაყოვნება, მინიმალური, მაქსიმალური და ფარდობითის ჩათვლით.



**ნახ. 7.23** ფარდობითი ტენიანობის თემოერატურის საზომი Amprobe TH-3

ციფრული დასაკიდი ფსიქრომეტრი – THWD-3 გრძელვადიანი სტაბილური ზუსტი ფუნქციონირებისათვის იყენებს მაღალი სიზუსტის ტევადობრივადამწოდს. ხსენებული მაღალი სიზუსტის ხელსაწყო, რომელიც ზომავს ფარდობითი ტენიანობის მთელ დიაპაზონს 0% დან 100%- მდე წარმოაჩენს გარე ტემპერატურის გაზომვის განსაკუთრებით ფართო დიაპაზონს -20 °C (-4 °F) - დან 60 °C (140 °F) –მდე.

გადამწოდი დამაგრებულია ბლოკის ზედა ნაწილიდან გამომავალ გრძელ ღერძზე და ამარტივებს გაზომვებს მილსადენის სისტემაში და სხვა ძნელად მისაღწევ ადგილებში. დიდ თხევადკრისტალურ ეკრანზე ნაჩვენებია ორი ერთდროული გაზომვა გამოსახულების სრული ვარიანტებით: დაყოვნება, მინიმალური, მაქსიმალური, ნამის წერტილი და სველი თერმომეტრი.

THWD-3 –ს გადასატანი ჩანთით და გადამწოდი შალითით გააჩნია:

- ორმაგი ჩვენება;
- დაგრძელებული ზონდის ღერო მილსადენებთან ადვილად მისაწვდომად;
- ნამის წერტილი;
- სველი თერმომეტრი;
- მინი/მაქსი ხელსაწყოს ჩვენება;
- მონაცემების შენახვა;
- ელექტროტევადობითი გადამწოდი, დამცავი გარსაცმით;
- ავტომატური გამომრთველი.

## თავი 8 – ენერგოეკონომიკური ანალიზი

### 8.1 ენერგოეკონომიკური გამოთვლები

ენერგოეფექტურობის შესაძლო ღონისძიებების დასადგენად საჭიროა კონკურენტული ინვესტიციების რენტაბელობის ეკონომიკური ბაზის შექმნა. აუდიტორმა უნდა გამოიკვლიოს ენერჯის დაზოგვის შესაძლებლობის „სიცოცხლის ციკლის ღირებულება“. ენერგოეფექტური ღონისძიებების დანერგვის ფარდობითი



ეკონომიკური ზემოქმედების დასადგენად ხარჯების საანგარიშო დაზოგვა შედარებულ უნდა იქნას განხორციელების ხარჯებთან. შედარების სტანდარტული მეთოდების უზრუნველსაყოფად შემუშავებულ იქნა მეთოდოლოგიების მთელი რიგი. ინვესტიციების რენტაბელობის გამოსაანგარიშებლად სხვადასხვა მეთოდები გამოიყენება. ეკონომიკურ კომპიუტერულ პროგრამაში ორი მოდული არსებობს: „რენტაბელობის გამოთვლები“ და „ფულადი სახსრების მოძრაობის გამოთვლები“.

რენტაბელობის გამოთვლის მეთოდები წარმოდგენილია შემდეგი კრიტერიუმების გამოყენებით:

1. უკუგების პერიოდი (PB)
2. წმინდა მიმდინარე ღირებულება (NPV)
3. წმინდა მიმდინარე ღირებულების კოეფიციენტი (NPVQ)
4. შიდა ამოგების განაკვეთი (IRR)
5. ამოგების პერიოდი (PO)<sup>23</sup>

ღონისძიებების რენტაბელობა რანჟირებულიადა ჩამონათვალი გაკეთებულია სხვადასხვა ცხრილებში.

ქვემოთ ჩამოთვლილია მეთოდების უმრავლესობაში გამოყენებული პარამეტრები:

- ინვესტიცია	<b>I<sub>0</sub></b>	ლარი
- წლიური სუფთა დანაზოგი/შემოსავალი	<b>B</b>	ლარი /წ
- ტექნიკური/ეკონომიკური ხანგამძლეობა	<b>n</b>	წელი
- ნომინალური დისკონტური განაკვეთი	<b>n<sub>r</sub> · 100</b>	%
- რეალური დისკონტური (საპროცენტო) განაკვეთი	<b>r · 100</b>	%
- ინფლაციის ტემპი	<b>b · 100</b>	%

რეალური დისკონტური (საპროცენტო)განაკვეთი „ENSI -ს“ ეკონომიკურ კომპიუტერულ პროგრამაში გამოითვლება ნომინალურ საპროცენტო განაკვეთზე და ინფლაციის ტემპზე დაყრდნობით.

$$r = \frac{n_r - b}{1 + b} \quad (8.1)$$

<sup>23</sup>დრო, რომლის დასრულების შემდეგ ინვესტირებული თანხა უნდა იყოს ამოღებული

სადაც:

$$r < n_r - b$$

ეკონომიკური ხანგამძლეობა არის ინვესტიციების/მოწყობილობა-დანადგარების პრაქტიკული მუშაობის ხანგრძლივობა, ანუ მუშაობის ხანგრძლივობას იქამდე, სანამ მათი ახალი დანადგარებით შეცვლა მომგებიანი გახდება. ტექნიკური ხანგამძლეობა არის ინვესტიციის ფიზიკური მუშაობის ხანგრძლივობა, ანუ დანადგარის ექსპლუატაციის (ტექნიკური) ვადა.

დისკონტის განაკვეთი გამოიყენება, მაგალითად, მომავალი დაზოგვების მიმდინარე ღირებულების გამოსათვლელად კაპიტალის ღირებულების (ინვესტიციიდან ამონაგების საჭირო მინიმუმის) გათვალისწინებით. დისკონტის განაკვეთი შეიძლება იყოს რეალური და ნომინალური. რეალურ დისკონტურ განაკვეთში გათვალისწინებულია მოსალოდნელი ინფლაცია.

### *უკუგების პერიოდი (PB)*

უკუგების პერიოდი არის დროის მონაკვეთი, რომელიც საჭიროა კაპიტალდაბანდების საწყისი ღირებულების ამოსაგებად. უკუგების პერიოდის, როგორც კაპიტალური ინვესტირების გადაწყვეტილების წესის გამოყენებით შეიძლება დადგინდეს, რომ ყველა დამოუკიდებელი პროექტი, გარკვეულ წლებზე ნაკლები უკუგების პერიოდით, მისაღები იქნება. როდესაც არჩევანი ურთიერთგამომრიცხავ პროექტებს შორის კეთდება, უპირატესობა ყველაზე მოკლე ამოგების პერიოდის მქონე პროექტს ენიჭება.

უკუგების პერიოდი გამოითვლება მოდერნიზაციის ღონისძიების ფასის გაყოფით ენერჯის წლიური ხარჯების დაზოგვაზე, სათბობის არსებული ფასების გათვალისწინებით, რათა დადგინდეს წლების რაოდენობა, რომლის შემდეგ შესაძლებელი იქნება ინვესტიციის სავარაუდო ამოგება.

$$PB = \frac{I_0}{B} \quad (8.2)$$

სადაც: **PB**- ამოგება

**I<sub>0</sub>** – ინვესტიცია;

**B** – წმინდა წლიური დაზოგვა

ამოგების მეთოდის შეზღუდვებია:

რეალური დისკონტის განაკვეთი უნდა იყოს დაბალი  
ამოგების პერიოდი არ უნდა იყოს ძალიან ხანგრძლივი

*წმინდა მიმდინარე ღირებულება (NPV)*

პროექტის კაპიტალდაბანდების წმინდა მიმდინარე ღირებულება გვიჩვენებს პროექტის სავარაუდო ზემოქმედებას ფირმის ღირებულებაზე. დადებითი წმინდა მიმდინარე ღირებულების მქონე პროექტები, სავარაუდოდ, იწვევენ ფირმის ღირებულების გაზრდას. ამგვარად, წმინდა მიმდინარე ღირებულების წესის გამოყენებით შეიძლება დადგინდეს, რომ ყველა დამოუკიდებელი პროექტი, დადებითი წმინდა მიმდინარე ღირებულებით, მისაღები იქნება. როდესაც არჩევანი ურთიერთგამომრიცხავ პროექტებს შორის კეთდება, უპირატესობა ყველაზე მაღალი დადებითი წმინდა მიმდინარე ღირებულების მქონე პროექტს ენიჭება. წმინდა მიმდინარე ღირებულება არის ეკონომიკური ხანგამძლეობის პერიოდში მომავალი წლიური წმინდა დაზოგვის დღევანდელ (დისკონტირებულ) ღირებულებას გამოკლებული ინვესტიცია. ეს შეიძლება წარმოდგენილ იყოს შემდეგნაირად: წმინდა მიმდინარე ღირებულება = მომავალი წლიური წმინდა დაზოგვები/წმინდა შემოსავლების დისკონტირებული ღირებულება - ინვესტიცია, რაც ფორმულით გამოისახება:

$$NPV = \sum_{n=1}^N B_n / (1+r)^n = B_1 / (1+r)^1 + B_2 / (1+r)^2 + \dots + B_N / (1+r)^N - I_0 \quad (8.3)$$

სადაც: **NPV**- წმინდა მიმდინარე ღირებულება;

**B** - წლიური წმინდა დაზოგვები;

**n** - ეკონომიკური ხანგამძლეობა;

**r** - რეალური დისკონტის (საპროცენტო) განაკვეთი;

**I<sub>0</sub>** - ინვესტიცია

რენტაბელობის კრიტერიუმები: წმინდა მიმდინარე ღირებულება > 0

*წმინდა მიმდინარე ღირებულების კოეფიციენტი (NPVQ)*

წმინდა მიმდინარე ღირებულების კოეფიციენტი არის წმინდა მიმდინარე ღირებულების შეფარდება მთლიან ინვესტიციასთან:

$$\text{NPVQ} = \frac{\text{NPV}}{I_0} \quad (8.4)$$

მიუთითებს მაღალრენტაბელურ პროექტზე. ეს არის ღონისძიებების რანჟირების, ან ალტერნატიული გადაწყვეტილებების/პროექტების შეფასების საუკეთესო მეთოდი.

*შიდა ამოგების განაკვეთი (IRR)*

კაპიტალდაბანდების შიდა ამოგების განაკვეთი პროექტში არის დისკონტის განაკვეთი, როდესაც პროექტის წმინდა მიმდინარე ღირებულება ნულის ტოლია. შიდა ამოგების განაკვეთის წესის გამოყენებით შეიძლება დადგინდეს, რომ ყველა დამოუკიდებელი პროექტი, რომელშიც შიდა ამოგების განაკვეთი კაპიტალის ღირებულებაზე მეტია, მისაღები იქნება. როდესაც არჩევანი ურთიერთგამომრიცხავ პროექტებს შორის კეთდება, უპირატესობა ყველაზე დიდი შიდა ამოგების განაკვეთის მქონე პროექტს ენიჭება (სადაც შიდა ამოგების განაკვეთი აუცილებლად კაპიტალის ღირებულებაზე მეტი უნდა იყოს).

$$B \cdot \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} - I_0 = 0 \quad (8.5)$$

სადაც: **B** – წლიური წმინდა დანაზოგი;

**r** - შიდა ამოგების განაკვეთი; დისკონტის განაკვეთი, როდესაც წმინდა მიმდინარე ღირებულება = 0;

**n** - ეკონომიკური ხანგამძლეობა;

**I<sub>0</sub>** – ინვესტიცია

*ამოგების პერიოდი (PO)*

ამოგების პერიოდი არის დროის პერიოდი, სანამ წმინდა მიმდინარე ღირებულება = 0, როდესაც ყველა სხვა პარამეტრი მოცემულია:

$$B \cdot \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} - I_0 = 0 \quad (8.6)$$

სადაც: **B**- წლიური წმინდა დაზოგვა;

**r**- შიდა ამოგების განაკვეთი;

**n**- ამოგების პერიოდი;

**I<sub>0</sub>**-ინვესტიცია

## 8.2 ფულის დროითი ღირებულება

ენერგოდამზოგავი ღონისძიებების უმრავლესობის განსახორციელებლად საჭიროა კაპიტალდაბანდება. დღეს ენერჯის კონსერვაციაში ინვესტირებით შესაძლებელია წლიური საოპერაციო თანხის დაზოგვა ინვესტიციის ვადის განმავლობაში. ამ შემთხვევაში ძველი ანდაზა “დღევანდელი კვერცხი გერჩივნოს ხვალინდელ ქათამს”, სრულიად სამართლიანად უღერს კაპიტალდაბანდებასთან მიმართებით, ამიტომ კომპანიიდან და კომპანიაში მოძრავ ფულად ნაკადებს (ტრანსაქციებს) დროითი ღირებულება უნდა გააჩნდეს.

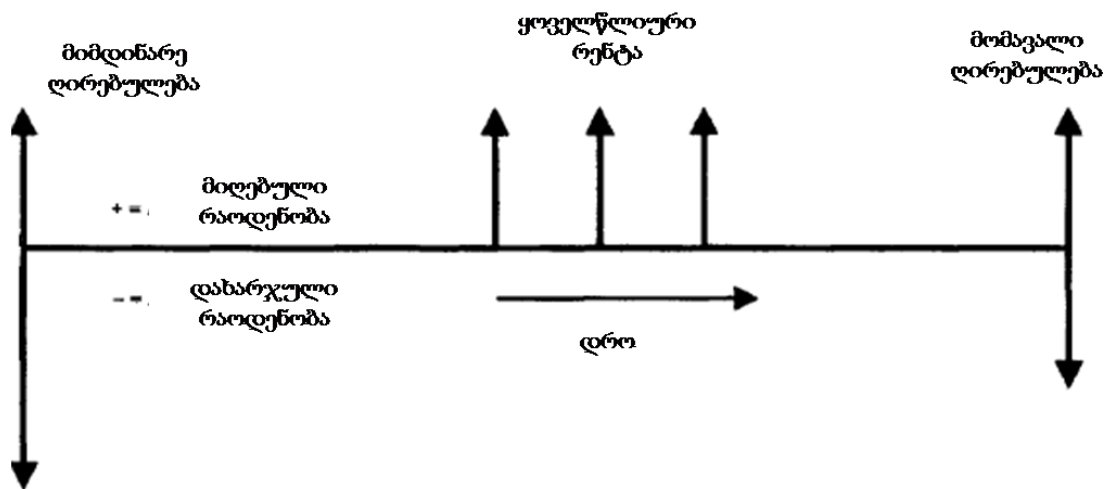
საინვესტიციო გადაწყვეტილებების მიღების დროს ასევე განიხილება ალტერნატიული საინვესტიციო შესაძლებლობები და ინვესტიციურებულ კაპიტალზე მინიმალური ამონაგები. იმისათვის, რომ გავიგოთ კაპიტალდაბანდების უკუგების მაჩვენებელი, საჭიროა ისეთი საპროცენტო განაკვეთის დადგენა, რომელიც მომავალ ხარჯებსა და შემოსავლებს მიმდინარე მნიშვნელობამდე დაიყვანს. ზემოთხსენებული მაჩვენებლის დასადგენი მეთოდი მოიხსენიება, როგორც დისკონტირებული ფულადი ნაკადების მიმოქცევა.

ფულადი ნაკადების მიმოქცევის დიაგრამები ხშირად ხელს უწყობს ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესებაში ჩადებული ინვესტიციის ვადაში კაპიტალის მოძრაობის ვიზუალიზაციას.

ფულადი ნაკადების მიმოქცევის დიაგრამის შედგენის დროს საჭიროა შემდეგი წესების გამოყენება:

- ისრები ყოველთვის მიმართება დროის ღერძიდან ;
- ზემოთ მიმართული ისრები - შემოსავლია;
- ქვემოთ მიმართული ისრები - ხარჯებია;
- ისრები შეიძლება შეჯამდეს იმავე წელს.

ფულადი ნაკადების მიმოქცევის დიაგრამაში, გარდა პარაგრაფში 8.1 განხილული ტერმინებისა, ასევე გამოიყენება ტერმინი „ყოველწლიური რენტა“ (A), რაც ნიშნავს თანაბარი გადახდების სერიას ინვესტიციის ვადაში (ნახ 8.1).



**ნახ. 8.1** ახლანდელი ღირებულება, მომავალი ღირებულება და ყოველწლიური გადახდები. სადაც: ახლანდელ ღირებულებას მიმდინარე ღირებულების მნიშვნელობა აქვს, ხოლო მომავალი ღირებულება მიმდინარე ინვესტიციის მომავალი ღირებულებააარის.  
წყარო:Thumann et al. 2003, p.49

კაპიტალდაბანდების ბიუჯეტირება არის პროცესი, რომლის საშუალებითაც მფლობელი იღებს გადაწყვეტილებას გრძელვადიანი ინვესტიციის შერჩევის შესახებ. კაპიტალდაბანდების ბიუჯეტირების პროექტები, ანუ პოტენციური გრძელვადიანი ინვესტიციები, სავარაუდოდ, მოახდენენ ფულადი ნაკადების გენერირებას რამოდენიმე წლის განმავლობაში. კაპიტალდაბანდების ბიუჯეტირების პროექტების დამტკიცების, ან უარყოფის შესახებ გადაწყვეტილება დამოკიდებულია პროექტში გენერირებულ ფულადი ნაკადების მიმოქცევის ანალიზზე და პროექტის ღირებულებაზე. შემდეგი სამი გადაწყვეტილების წესი დამოკიდებულია ისეთ უკვე განხილულ მეთოდებზე, როგორცაა:

- უკუგების პერიოდი (PB)
- წმინდა მიმდინარე ღირებულება (NPV)
- შიდა ამოგების განაკვეთი (IRR)

კაპიტალდაბანდების ბიუჯეტირების გადაწყვეტილების წესი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ კრიტერიუმებს:

- მხედველობაში უნდა მიიღოს პროექტის მთელი ფულადი ნაკადების მოძრაობა;
- მხედველობაში უნდა მიიღოს ფულის დროითი ღირებულება;
- ყოველთვის უნდა მიიღოს სწორი გადაწყვეტილება, როდესაც არჩევანი ურთიერთგამომრიცხავ პროექტებს შორის კეთდება.

კაპიტალდაბანდების ბიუჯეტირების პროექტები დამოკიდებულია პროექტში გენერირებულ ფულადი ნაკადების მიმოქცევის ანალიზზე და პროექტის ღირებულებაზე. ამოგების პერიოდის საუკეთესო ილუსტრაცია მაგალითით შეიძლება როგორც უკვე აღინიშნა, ამოგების პერიოდის არის დრო, რომელიც სჭირდება პროექტს, რომ ამოიღოს თავდაპირველი კაპიტალდაბანდება. განვიხილოთ კაპიტალდაბანდების პროექტი „ა“, რომელმაც ხუთი წლის განმავლობაში შემდეგი ფულადი ნაკადები აჩვენა:

ცხრილი 8.1-ის ბოლო სვეტში წამოდგენილია პროექტის ყოველ წელიწადს წმინდა ფულადი ნაკადების მოძრაობა (განსხვავება შემომავალ და გამავალ ფულად ნაკადებს შორის).

**ცხრილი 8.1** ფულადი სახსრების მოძრაობა

წელი	ფულადი სახსრების მოძრაობა	სუფთა ფულადი სახსრების მოძრაობა
0	-1000	-1000
1	500	-500
2	400	-100
3	200	100
4	200	300

5	100	400
---	-----	-----

ნათელია, რომ ორი წლის შემდეგ სუფთა ფულადი სახსრების მოძრაობა კვლავ უარყოფითია, ხოლო სამი წლის შემდეგ ეს მაჩვენებელი დადებითად გადაიქცევა.

ამგვარად, უკუგების პერიოდი, ანუნულოვანი მოგების წერტილი, მესამე წელს ვლინდება. თუ ვივარაუდებთ, რომ ფულადი ნაკადების მოძრაობა ხდება რეგულარულად, ყოველ წელს, უკუგების პერიოდის გამოთვლა შემდეგი ტოლობით შეიძლება:

ამოგების პერიოდი = უარყოფითი ფულადი ნაკადების მქონე უკანასკნელი წელი)

$$\begin{array}{r} \text{უარყოფითი ფულადი ნაკადების აბსოლუტური} \\ \text{სიდიდე} \\ \text{(მოდული) იმ წელს} \\ + \text{-----} \\ \text{სულ ფულადი ნაკადები შემდეგ წელს.} \end{array}$$

ამგვარად, (ა) პროექტის უკუგების პერიოდი შეიძლება გამოთვლილი იყოს შემდეგნაირად:

$$\text{უკუგების პერიოდი} = 2 + (100)/(200) = 2.5 \text{ წელი}$$

კაპიტალდაბანდებების ბიუჯეტირებაში წმინდა მიმდინარე ღირებულების მეთოდით შეიძლება გამოანგარიშებული იყოს მთლიან ფულად ნაკადებს აქვთ თუ არა დადებითი მიმდინარე ღირებულება. ეს ხდება საწყისი ინვესტიციის შედარებით ინვესტიციის მთელი ვადის განმავლობაში გენერირებულ შემოსავლებთან და/ან ხარჯებთან. წმინდა მიმდინარე ღირებულების დასადგენად საჭიროა შესაბამისი ცხრილის და საპროცენტო განაკვეთის გამოყენებით პროექტის მთელი მიმდინარეობის დროს დაგროვილი შემოსავლების და ხარჯების დაყვანა მიმდინარე ღირებულებამდე. ქვემოთ მოყვანილი მაგალითი ასახავს წმინდა მიმდინარე ღირებულების გამოთვლას. განვიხილოთ კაპიტალდაბანდებების ბიუჯეტირების პროექტები (ა) და (ბ), რომლებიც ხუთი წლის განმავლობაში (ნახ.



8.2) შემდეგი ფულადი ნაკადებით ხასიათდებიან. კაპიტალის ღირებულება ორივე პროექტისთვის 10%-ის ტოლია.

ცხრილი 8.2 პროექტების (ა) და (ბ) ფულადი ნაკადების მოძრაობა

წელი	პროექტი ა ფულადი ნაკადების მოძრაობა ლარი	პროექტი ბ ფულადი ნაკადების მოძრაობა ლარი
0	-1000	-1000
1	500	100
2	400	200
3	200	200
4	200	400
5	100	700

პროექტის სუფთა მიმდინარე ღირებულება შეიძლება გამოისახოს შემდეგი ფორმულით:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^1} + \dots + \frac{CF_T}{(1+r)^t}$$

სადაც::

CF<sub>t</sub> = ფულის ნაკადი t პერიოდში და

r = კაპიტალის ღირებულება

პროექტი ა:

$$NPV = -1000 + \frac{500}{(1+10)^1} + \frac{400}{(1+10)^2} + \frac{200}{(1+10)^3} + \frac{200}{(1+10)^4} + \frac{100}{(1+10)^5} = 134.08 \text{ GEL}$$

პროექტი ბ:

$$NPV = -1000 + \frac{100}{(1+10)^1} + \frac{200}{(1+10)^2} + \frac{200}{(1+10)^3} + \frac{400}{(1+10)^4} + \frac{700}{(1+10)^5} = 114.31 \text{ GEL}$$

არჩევანი „ა“ პროექტზე უნდა გაკეთდეს, ვინაიდან მას უფრო მაღალი წმინდა მიმდინარე ღირებულება აქვს.

შიდა მოგების ნორმა, ისევე როგორც სუფთა მიმდინარე ღირებულება, შეიძლება გამოყენებულ იქნას ალტერნატიული ვარიანტების შესადარებლად. სუფთა მიმდინარე ღირებულებისგან განსხვავებით, შიდა მოგების ნორმის განსაზღვრისათვის საჭირო მათემატიკური გამოთვლები საკმაოდ რთულია და ჩვეულებრივ, ელექტრონულ ცხრილებს საჭიროებს. შიდა მოგების ნორმის განსაზღვრა მრავალჯერადი პროცესია და დამაკმაყოფილებელი პასუხის მიღებამდე მოითხოვს ვარაუდებსა და მიახლოებით მნიშვნელობებს.

განვიხილოთ კაპიტალდაბანდების ბიუჯეტირებაში გამოთვლები შიდა ამოგების განაკვეთის გამოყენებით პროექტებისთვის (ა) და (ბ), რომლებიც ხუთი წლის განმავლობაში (ნახ. 8.2) გამოიმუშევენ შემდეგ ფულად ნაკადებს: კაპიტალის ღირებულება ორივე პროექტისთვის არის 10%.

პროექტი ა:

$$0 = -1000 + \frac{500}{(1+IRR)^1} + \frac{400}{(1+IRR)^2} + \frac{200}{(1+IRR)^3} + \frac{200}{(1+IRR)^4} + \frac{100}{(1+IRR)^5}$$

IRR=16.82%

პროექტი ბ:

$$0 = -1000 + \frac{100}{(1+IRR)^1} + \frac{200}{(1+IRR)^2} + \frac{200}{(1+IRR)^3} + \frac{400}{(1+IRR)^4} + \frac{700}{(1+IRR)^5}$$

შიდა მოგების ნორმა = 13.28%

## თავი 9 – ენერგოაუდიტის ანგარიშის გეგმა

### 9.1 ანგარიშის დაწერის ზოგადი პუნქტები

ანგარიში უნდა მოიცავდეს აუდიტის მიზნების და შინაარსის ზოგად მონახაზს, მოწყობილობების/სისტემების მახასიათებლების და საექსპლუატაციო პირობების აღწერას, აუდიტის შედეგად მიღებულ მონაცემებს, ენერჯის მართვის დადგენილ შესაძლებლობებს, შესაბამის დაზოგვებს და დანერგვის ხარჯებს, ენერჯის მართვის შესაძლებლობების განხორციელების რეკომენდაციებს და ნებისმიერ შემდგომ აქტიურობას. აუდიტის ანგარიშის დაწერის მიზანი, მხოლოდ ანგარიშის დაწერა არ უნდა იყოს. ანგარიშში უნდა გაკეთდეს მონახაზი, თუ როგორ უნდა იქნას მიღწეული ანგარიშში მოცემული რეკომენდაციების დანერგვა და ამგვარად, როგორ მიიღწევა ენერგოეფექტურობის ამაღლება და მომხმარებლებისთვის ენერჯის გადასახადის დაზოგვა (European Commission, 2005, p.12).

აუდიტის შედეგების, როგორც ასეთის, მოხსენება არ შეიძლება იყოს ანგარიშის დაწერის ამოცანა. თავისთავად ანგარიში ისე უნდა იყოს შედგენილი, რომ შეუქმნას მომხმარებელს მკაფიო წარმოდგენა იმის შესახებ, როგორ უნდა მოხდეს მასში მოყვანილი რეკომენდაციების რეალიზება და შესაბამისად გაზრდილი ენერგოეფექტურობა და დანახარჯების შემცირება. ანგარიში გრამატიკულად გამართულად უნდა იყოს დაწერილი. ანგარიშის ტექსტი უნდა იყოს მკაფიო, მოკლე და მკითხველისთვის გასაგებად იოლი. მაქსიმალურად თავი უნდა ავარიდოთ ანგარიშში პროფესიული ჟარგონის გამოყენებას.

შედეგებთან დაკავშირებული ყველა ციფრი გამყარებული უნდა იყოს ინფორმაციით მათი მიღების შესახებ. ეს მოიცავს დაზოგვებს,

ინვესტიციებს და ამოგების შესახებ ინფორმაციას. ყველა გამოთვლის მათემატიკური სიზუსტე უაღრესად მნიშვნელოვანია. მაგალითად, სადაც ანგარიშში მოცემულია ენერჯის ჯამური მოხმარების ჩამონათვალი და ფასები, რიცხვების ჯამი ჩამონათვალი უნდა უტოლდებოდეს ოდენობას, რომელიც ნაჩვენები იქნება გრაფაში „სულ“. ასევე, თუ სრულ ანგარიშში მოყვანილი რიცხვები განსხვავდება რეზიუმეში წარმოდგენილი რიცხვებისგან, ანგარიშში უნდა არსებობდეს შენიშვნა, რომელიც განმარტავს არსებულ შეუსაბამობას. თუმცა ეს თავისთავად უნდა იგულისხმებოდეს, რეალურ სიტუაციაში ის უმეტესწილად უგულებელყოფილია.

შედგები ლოგიკურ შესაბამისობაში უნდა იყოს. თუმცა შესაძლებელია ისეც მოხდეს, რომ აუდიტორი საჭიროდ თვლის ლოგიკური შეუსაბამობის არსებობას. ასეთ შემთხვევაში უნდა არსებობდეს მისი ახსნა და აუცილებლობის დასაბუთება. მაგალითად, სხვადასხვა რეზიუმეებში შეიძლება ენერგოდაზოგვების გამოთვლების სხვადასხვა საფუძვლები არსებობდეს. ერთი რეზიუმე შეიძლება ეფუძნებოდეს მხოლოდ რეკომენდებულ დონისძიებებთან დაკავშირებულ ენერგოდაზოგვებს, ხოლო მეორე რეზიუმე შეიძლება ეფუძნებოდეს როგორც რეკომენდაციის გარეშე, ასევე რეკომენდებულ დონისძიებებთან დაკავშირებულ ენერგოდაზოგვებს. ასეთ შემთხვევაში შენიშვნაში ორივე ცხრილი უნდა იყოს ნახსენები.

დიაგრამები და სქემები გამოიყენება ანგარიშის მიმართ ინტერესის გასაღვივებლად და რეკომენდაციების დასანერგად. მაგრამ არ შეიძლება იყოს გამოყენებული რიცხვობრივი მონაცემების ნაცვლად.

## 9.2 ენერგოაუდიტის ანგარიშების სტრუქტურა

თუმცა ენერგოაუდიტის ანგარიშები შეიძლება განსხვავდებოდეს ერთმანეთისაგან გააჩნია მათს მოცულობას, ზოგად მიზნებსა და ა.შ., მათი ზოგადი ფორმა და სტრუქტურა ნაკლებად განსხვავდება აუდიტების უმეტესობის შემთხვევაში. აუდიტის დონე ახდენს გავლენას ანგარიშის შინაარსსა და მოცულობაზე.

ტიპური ენერგოაუდიტის ანგარიში უნდა შეიცავდეს:

### 1. თავფურცელი

- ანგარიშის სათაური
- კლიენტის სახელი (კომპანია, რომლის ობიექტის აუდიტი ტარდება)
- ობიექტის მდებარეობა

- ანგარიშის შედგენის თარიღი
- აუდიტორის სახელი

## 2. სარჩევი

### 3. რეზიუმე

რეზიუმეში მოცემული ინფორმაციო ამოკრეფილი უნდა იყოს მთლიანი ანგარიშის დეტალური ინფორმაციიდან. რეზიუმე უნდა მოიცავდეს აუდიტის მოკლე აღწერას, შემდეგი ინფორმაციის ჩათვლით:

- კომპანიის სახელი, რომლისთვისაც ტარდება აუდიტი, მისი ადგილმდებარეობა და მოქმედების სფერო, აუდიტის ობიექტის დასახელება და ადგილმდებარეობა (თუ ის განსხვავდება კომპანიისაგან)
- აუდიტის მოცულობა
- აუდიტის ჩატარების თარიღი
- ცხრილის სახით წარმოდგენილი საბაზისო ენერჯის მოხმარების ჯამი. საბაზისო ენერჯის მოხმარება არის საწარმოს/სისტემის მიერ წლიურად მოხმარებული ენერჯია.
- შედეგები:
  - ენერჯის მოხმარებელი სისტემების შეფასება;
  - ენერგომენეჯმენტის შესაძლებლობების, ენერჯის სავარაუდო დაზოგვის, სათბურის გაზების, დაზოგვის განსაზღვრა, რომელიც უკავშირდება თვითოეულ ვარიანტს; ასევე დონისძიებების დანერგვასთან დაკავშირებული ხარჯები და მოსალოდნელი უკუგების პერიოდი. ხსენებული მასალა წარმოდგენილი უნდა იყოს ცხრილის სახით. იმ შემთხვევაში, როდესაც აუდიტი ტარდება ერთზე მეტ ობიექტზე, თითოეული ობიექტის სტატისტიკა, შეძლებისდაგვარად, ანგარიშის სახით ცალ-ცალკე უნდა იყოს წარმოდგენილი.
- ცხრილის ფორმით შეჯამებული რეკომენდაციები.

### 4. შესავალი

შესავალი უნდა მოიცავდეს შემდეგ ინფორმაციას:

- შესავალი ინფორმაცია: ობიექტის მდებარეობის აღწერა და ინფორმაცია ობიექტის გეგმის, თანამშრომლების რაოდენობის და სამუშაო საათების შესახებ, სეზონური ცვლილებების ჩათვლით. ენერგოაუდიტისამოცანები განაპირობებს ჩასატარებელი სამუშაოს შინაარსს მკაფიო და შემოწმებად ტერმინებში - მაგალითად

სივრცე(ებ)ი, სისტემები და/ან პროცეს(ებ)ი, რომლებსაც აუდიტი უნდა ჩაუტარდეს.

- პროექტის განვითარების პროცესი მოიცავს: შენობაში რენტაბელური ენერგოეფექტური ღონისძიებების შეფასებას და დანერგვას, რაც გამოსახულია მოქმედების თანმიმდევრობის დიაგრამით.

#### 5. პროექტის ორგანიზაცია

დეტალური საკონტაქტო ინფორმაცია პროექტის ობიექტის და ენერგოაუდიტის ჯგუფის შესახებ

#### 6. სტანდარტები და წესები

შემდგომი მოთხოვნების შესაბამისი ნორმატიული დოკუმენტაცია

#### 7. შენობის მდგომარეობის აღწერა

აღნიშნულ ნაწილში მოცემულია:

დაკვირვება ობიექტის და მოწყობილობა-დანადგარების საერთო მდგომარეობის შესახებ.

მასში მოცემულია ენერგოაუდიტის დროს ობიექტის ინსპექტირების შედეგად შეგროვებული ყველა ინფორმაცია ენერჯის მოხმარებელი სისტემების საერთო მდგომარეობის შესახებ. შენობის საერთო მდგომარეობის აღწერის მიზნით გამოყენებულ უნდა იყოს ინსპექტირების ჩამონათვალი. ინსპექტირების ჩამონათვალის ნიმუში მოცემულია დანართში 1.

#### 8. ენერჯის მოხმარება

- აუდიტის მეთოდოლოგიის აღწერა (მეთოდები – მაგ. ინსპექტირება, გაზომვები, გამოთვლები, ანალიზი და ვარაუდები)

- ენერჯის მოხმარების განსაზღვრა/შემოწმება როგორც პირობა და ბაზისი, რომელიც გამოიხატება შესაფასებელი ობიექტის/სისტემის ენერჯის ტიპებში, ერთეულებსა და ღირებულებაში.

- აუდიტის შედეგები, ენერგომენეჯმენტის შესაძლებლობების და ენერჯის მოხმარების სავარაუდო შემცირების ჩათვლით.

- ენერგეტიკული ბიუჯეტის და გამოთვლებზე დაფუძნებული წლიური მოხმარების დიაგრამის შედგენა.

#### 9. ენერგოეფექტურობის პოტენციალი

აღნიშნულ ნაწილში მოცემულია რენტაბელობის კომპიუტერული პროგრამის ეკონომიკური გამოთვლების შედეგები. შედეგები წარმოდგენილია ცხრილის სახით, სადაც განსაზღვრულია

თითოეული ღონისძიების ხარჯების დაზოგვის შესაძლებლობები, საჭირო ინვესტიციები, სუფთა დაზოგვა კვტსთ-ში და ფულად ერთეულებში და ასევე ენერგოეფექტურ ღონისძიებასთან დაკავშირებული უკუგების პერიოდი. გამოთვლილი ღონისძიებების ჩამონათვალი და რანჟირება რენტაბელობის მიხედვით ხდება. ღონისძიება, ყველაზე მაღალი წმინდა მიმდინარე ღირებულების კოეფიციენტით ყველაზე რენტაბელურად მიიჩნევა.

ცხრილში ასევე მოცემულია ყველა რენტაბელური ენერგოეფექტური ღონისძიების შედეგები, ასევე ხარჯების დაზოგვის ღონისძიებების უკუგების პერიოდი, წმინდა მიმდინარე ღირებულების კოეფიციენტი და წმინდა მიმდინარე ღირებულების კოეფიციენტი დაზოგვები მიწოდებულ ენერგიაზე თვითოეული ენერგომატარებლის მიხედვით, ცალ-ცალკე.

#### *10. ენერგოეფექტურობის ღონისძიებები*

აღნიშნულ ნაწილში მოცემულია ენერგოეფექტურობის ღონისძიებების დეტალური გამოთვლების აღწერა და შედეგები კომპიუტერული ეკონომიკური პროგრამის საფუძველზე.

#### *11. ეკოლოგიური სარგებელი*

აღნიშნულ ნაწილში მოცემულია გამოთვლილი ენერგოდაზოგვა და გამოთვლილია CO<sub>2</sub>-სემისის სავარაუდო შემცირება, რომელიც ამ განსაზღვრულ ენერგოდაზოგვას უკავშირდება.

აღნიშნულ ნაწილში უნდა შევიდეს ენერგომენეჯმენტის შესაძლებლობის განსაზღვრიდან გამომდინარე რეკომენდაციების ჩამონათვალი და აღწერა. ხსენებულ ნაწილში ასევე შეიძლება შევიდეს განხორციელებასთან დაკავშირებული დეტალები. ენერგომენეჯმენტის თითოეულ შესაძლებლობაზე, რომელიც განსაზღვრულია შედეგებში, საჭიროა განმარტების გაკეთება რეკომენდაციების გაწევის, ან არგაწევის შესახებ.

#### *12. დანართები*

დანართებში მოცემულია პირვალწყაროები, რაც მნიშვნელოვანია გამოთვლების გასააზრებლად და რეკომენდაციების გასაწევად და შეიძლება მოიცავდეს ნახაზებს, ობიექტის დიაგრამებს და გამოთვლებში გამოყენებულ ეტალონურ გრაფიკებს (სქემებს) და ა.შ..

ინსპექტირების ჩამონათვალის ფორმები, რომლებიც ობიექტის შემოწმების დროს მიღებული ინფორმაციის ჩასაწერად უნდა იქნას გამოყენებული მოცემულია დანართში 1.

ენერგოაუდიტის ჩატარების კონკრეტული მაგალითი და ასევე საბოლოო ანგარიშის მომზადების ფორმები და მეთოდика მოცემულია მე-2 დანართში.



მონაცემთა შეგროვება და ინსპექტირების ჩამონათვალი  
სკანირებისა  
და შენობის ენერგო აუდიტისათვის

1. ძირითადი მონაცემები

დასახელება პროექტის/შენობის/ადგილმდებარეობის					
ქალაქი:		ქუჩა:		სახლის ნომ:	
შენობის მფლობელი:					
საკონტაქტო პირი:		პოზიცია:			
ტელ:		ფაქსი:		ი-მეილი:	
შენობისტიპი (საცხოვრებელი, საავადმყოფოდაა.შ):					
აშენების წელი:		რეგულარულად ექსპლუატაციაში შევიდა (წელი):			
როდის გაკეთდა უფრო ძირითადი რემონტი/რეკონსტრუქცია (თვე/წელი):					

კლიმატური მონაცემები						
ადგილმდებარ ეობა:						
ჩრდილოეთ განედი:		აღმოსავლეთ გრძელი:		სიმაღ ლე ზღვის დონიდ ან:		<i>მ</i>
გათბობის სეზონის დასაწყისი;		[დღ /თვე]	დამთავრება:		[დღ/თ ვე]	
გათბობის გრადუს დღეები:		DOT ზამთარი:	°C	DOT ზაფხული:		°C
ქარის სიჩქარე ზამთარში (მ/ს)		ზამთარში დომინირებული ქარის მიმართულება				

ენერგო აუდიტის ჯგუფი		
1.	ტელ :	ი-მეილ:

2.	ტელ :	ი-მეილ:
3.	ტელ :	ი-მეილ:
4.	ტელ :	ი-მეილ:
5.	ტელ :	ი-მეილ:

შენობის რა ნახაზებია ხელმისაწვდომი (ფასადის, სართულების, ჯვარედინი სექციების), მიუთითეთ
რომელი სისტემების ნახაზებია ხელმისაწვდომი (გათბობის, ვენტილაციის, და ა.შ.), მიუთითეთ
რომელი სისტემების ტექნიკური აღწერა და დოკუმენტებია ხელმისაწვდომი (გათბობის, ვენტილაციის, და ა.შ.), მიუთითეთ

- თუ აღნიშნული ობიექტი შედგება რამოდენიმე შენობისაგან, მაშინ თითოეული შენობისათვის უნდა შეივსოს ცალკეული ფორმები

- თუ ამ ობიექტზე სხვადასხვა მართვის სისტემებია, შეავსეთ ცალკეული ფურცლები თითოეული მათგანისათვის. თუ საჭიროა დაუმატეთ/წაშალეთ ხაზები

- დაურთეთ ფოტოსურათები, ესკიზები, ილუსტრაციები

### 1.1. შენობის ექსპლუატაცია

ექსპლუატაციის პასუხისმგებელი პირი					
ტელ		ფაქსი		ი-მეილი	

არსებული სერვისის კონტრაქტი/ექსპლუატაცია და მომსახურებისათვის	პასუხისმგებელი კომპანია/პირი	ექსპლუატაცია და მომსახურება მექანიკურად:
<input type="checkbox"/> გათბობის სისტემები		<input type="checkbox"/> გათბობის სისტემები
<input type="checkbox"/> ვენტილაციის სისტემები		<input type="checkbox"/> ვენტილაციის სისტემები
<input type="checkbox"/> ცხელწყალმომარაგების სისტემები		<input type="checkbox"/> ცხელწყალმომარაგების სისტემები
<input type="checkbox"/> განათების სისტემა		<input type="checkbox"/> განათების სისტემა
<input type="checkbox"/> გამაციებელი სისტემა (კონდინცირება)		<input type="checkbox"/> გამაციებელი სისტემა (კონდინცირება)
<input type="checkbox"/> სხვა სისტემები:		<input type="checkbox"/> სხვა სისტემები:

დამონტაჟებულია მრიცხველები	ადგილმდებარეობა	წლიდან	დასახელება/ტიპი	სერიის	გაზომვის ფაქტორი
ელექტროენერგია					
ცენტრალ. გათბობის (სითბოს განსაზღვრის მრიცხველი)					
თხევადი საწვავი (დაღურის აღმრ. მრიცხ.)					
ბუნებრივი აირი					
ბუნებრივი აირი					
გაციების სისტემისათვის ცალკე ენერგო					
ცხელწყალმომარაგება					
სხვა:					

ენერჯის საფასურს იხდის:	
მომსახურების საფასურს იხდის :	
რეკონსტრუქციის საფასურს იხდის ან გადაიხდის:	
სარეკონსტრუქციო სამუშაოებისა და ენერგოეფექტურობის დაფინანსების შესაძლებლობა	

დამატებითი ინფორმაცია და შენიშვნები (არსებული კონტრაქტები ექსპლუატაცია და მომსახურებაზე, და ა.შ)

შესაძლებელი დონისძიებები, შენობის ექსპლუატაცია	
<input type="checkbox"/> ენერგო მართვის სისტემები	<input type="checkbox"/> ექსპლუატაცია და მომსახურების ინსტრუქცია
<input type="checkbox"/> შენობის მართვის სისტემები	<input type="checkbox"/> ტრენინგები ექსპლუატაციის პერსონალისათვის
<input type="checkbox"/> მრიცხველების მონტაჟი	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**1.2 შიდა ტემპერატურა, (შენობაში ადამიანთა ყოფნის) იჯარისა და გათბობის სქემები**

არსებული შიდა გარემოს მდგომარეობა (ცუდი, კარგი, დამაკმაყოფილებელი)			
საშუალო შიდა ტემპერატურა:	გაზომილი	შიდა გაზომილი ტემპერატურა	ნორმით
შიდა ჰაერის ტემპერატურა: (°C)			
დაწვეული ტემპერატურა: (°C)			

გრაფიკი	კვირადღეები	შაბათი	კვირა
იჯარის გრაფიკი (სთ/დღე)			
გათბობის გრაფიკი (სთ/დღე)			
ცვლა	საიდან (სთ)	სადამდე (სთ)	შენიშვნა
1 ცვლა			
2 ცვლა			
3 ცვლა			
4 ცვლა			
დასვენების დღეები (დამატებული ჩვეულებრივ დასვენების დღეებზე, მიუთითეთ)			
<b>მობინადრეთა რაოდენობა (საავადმყოფოსათვის, სკოლებისათვის და ა.შ დაწვეულთა ავადმყოფთა რიცხვი, სტუდენტთა რაოდენობა და ა.შ.)</b>			
მუდმივი მობინადრე/შტატი:		ადამიანი	
დროებითი მობინადრე /შტატი/ვიზიტორები		ადამიანი	
მობინადრეთა საშუალო რაოდენობა		პირები საათობრივი დატვირთვით	

დამატებითი ინფორმაცია და შენიშვნები (ცივი ზონები ან ზონები სპეციალური ტემპერატურით, ტემპერატურის ცვალებადობა, გრაფიკში ცვლილებები და ა.შ)

## 2. მოხმარება

2.1 ენერჯის მოხმარება (შეავსეთ ბოლო სამი წლის მოხმარება. თითოეული წლისათვის გამოიყენეთ სხვადასხვა ცხრილი)							
*წელი:	ცენტრალური გათბობა		ელ.ენერჯია	[გაზი] [ნავთობი] [სხვა]		გაგრილება	სულ
თვე	ერთეული**	კვტსთ	კვტსთ	ერთეული**	კვტსთ	კვტსთ	კვტსთ
იანვარი							
თებერვალი							
მარტი							
აპრილი							
მაისი							
ივნისი							
ივლისი							
აგვისტო							
სექტემბერი							
ოქტომბერი							
ნოემბერი							
დეკემბერი							
სულ							
სულ კუთრი მოხმარება.							კვტსთ/წ
ელ.ენერჯის ფასი							€/კვტსთ (+დღვ)
სხვა დანახარჯები							€ (დღვ ჩათვლით)
არსებული ტარიფი							€/კვტსთ (დღვ ჩათვლით)
არსებული ტარიფი							€/ერთეული (დღვ ჩათვლით)
მოსალოდნელი ტარიფი							€/კვტსთ (დღვ ჩათვლით)
მოსალოდნელი ტარიფი							€/ერთეული (დღვ ჩათვლით)

არსებული ტარიფი ძალაშია (რიცხვი)	/	/	
მოსალოდნელი ტარიფი (რიცხვი)			
სხვა ფასები (ახსენით)			

ლ, შ, ტონა, გიგაჯალ, მეგა ჯოული და სხვა

**თბოგამტარობა**

ენერგომეტრებლები	თბოგამტარობა:	ერთეული	შენიშვნა
გაზი			
ნავთობი			
სხვა			

დამატებითი ინფორმაცია და შენიშვნები (დააზუსტეთ დღისა და ღამის ტარიფები, თვის საშუალო შიდა ტემპერატურა/ გათბობის სეზონის გრადუს დღეები უფრო ცივი/თბილი წლისათვის, ვიდრე გამოანგარიშებული და ა.შ)

წელი	(ბოლო სამი წლის მოხმარება შეიტანეთ ცალ-ცალკე ცხრილში)			
	ცივი წყალი (მ³)	ჩამდინარე წყლები (მ³)	ცხელი წყალი(თუ ცივი წყლისაგან ცალკეა გაზომილი )	სულ (მ³)
იანვარი				
თებერვალი				
მარტი				
აპრილი				
მაისი				
ივნისი				
ივლისი				
აგვისტო				
სექტემბერი				
ოქტომბერი				
ნოემბერი				
დეკემბერი				

სულ				
ფასი				€/წ (დღგ ხათველით)
არსებული ტარიფი				€/წ (დღგ ხათველით)
მოსალოდნელი ტარიფი				€/წ (დღგ ხათველით)
არსებული ტარიფი ძალაშია (რიცხვი)				
მოსალოდნელი ტარიფი ძალაში შევა (რიცხვი)				

დამატებითი ინფორმაცია და კომენტარები:

### 3 შენობის შემომზადული კონსტრუქციის მონაცემები

შენობის შემომზადული კონსტრუქციების მონაცემები უნდა შეესაბამებოდეს შენობის კონდიცირებულ ფართს, რომელიც შემოსაზღვრულია გარე ჰაერისაგან. თუ შენობაში არსებობს ისეთი ფართები, რომლებსაც არ იყენებენ ან არ თბება, მაინც უნდა შევიტანოთ მონაცემებში

იატაკის საერთო ფართი		წ	კონდიცირებული ფართი		წ
საერთო მოცულობა		წ	კონდიცირებული მოცულობა		წ
სუფთა (პროექტი) ფართი		გწ	სართულების რაოდენობა		
იატაკის პერიმეტრი		წ	სართულების სიმაღლე		მ

<b>3.1 შიდა კედლები</b>					
კედლების მდგომარეობის ძირითადი შეფასება (კული, დამაკმაყოფილებელი, კარგი)					
შიდა კედლების საერთო ფართი		წ	U value (საშუალო)		გწ/წკ
კედლის კონსტრუქცია 1			თბოიზოლაცია		
კედლის კონსტრუქცია 2			თბოიზოლაცია		



კედლის კონსტრუქცია 3					თბოიზოლაცია			
კედლის კონსტრუქცია 4					თბოიზოლაცია			
კედლის კონსტრუქცია 5					თბოიზოლაცია			
მიმართულება	ჩრდილოეთი	ჩრდ.აღმ	აღმოს	სამხრ. ა ღ მ	სამხრ	სამხ. და სა	დასავ	ჩრდ.დას
კედლის ფართი, მ <sup>2</sup>								
კედლის კონსტრუქცია								
U value, ვტ/მ <sup>2</sup> კ								
კედლის ფართი, მ <sup>2</sup>								
კედლის კონსტრუქცია								
U value, ვტ/მ <sup>2</sup> კ								
კედლის ფართი, მ <sup>2</sup>								
კედლის კონსტრუქცია								
U value, ვტ/მ <sup>2</sup> კ								
კედლის ფართი, მ <sup>2</sup>								
კედლის კონსტრუქცია								
U value, ვტ/მ <sup>2</sup> კ								

დამატებითი ინფორმაცია (ხილული დაზიანებები, თერმული ხიდები, კედლების შეერთებები, ოთახების ჩამონათვალი მათი ტიპების მიხედვით, მაგ. კორიდორი, აბაზანა, საძინებელი, საკლასო ოთახი და ა.შ)

### 3.2 ფანჯრები

ფანჯრების არსებული მდგომარეობის ძირითადი შეფასება ( ცუდი, დამაკმაყოფილებელი, კარგი)		
ფანჯრების საერთო ფართი: (მ <sup>2</sup> )		U value (საშ) (W/m <sup>2</sup> K)



ჩარჩოს ტიპი:	<input type="checkbox"/> ერთხარხოიანი (S)	<input type="checkbox"/> ორმაგი ჩარჩო (D)	<input type="checkbox"/> დაპრესილი მასალის ჩარჩო(B)
შემინვის ტიპი	<input type="checkbox"/> ერთ შუშიანი (1G)	<input type="checkbox"/> ორმაგი შუშით (2G)	<input type="checkbox"/> სამმაგი შუშით (3G)

მიმართულ ება	ზომა (a x b) მ	ერთი ფართი ფ²	რ-ბა ცალი	სულ ფართი ფ²	სულ შეერთების სიგრძე მ	მასალის ტიპი (W, P,..)	ჩარჩოს ტიპი (S, D,..)	შემინვის ტიპი (1G,..)	მზის ენერჯის წილი	U-value კვ/მ²კ
<b>სულ</b>										

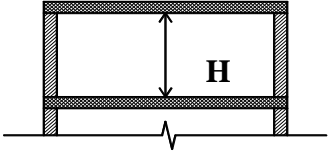
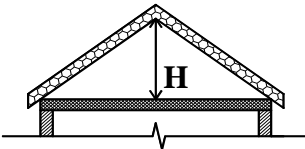
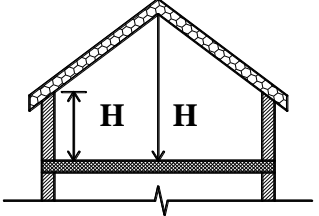
დამატებითი ინფორმაცია და კომენტარები:

### 3.4 სახურავი

სახურავის მდგომარეობის ძირითადი შეფასება (ცუდი, დამაკმაყოფილებელი, კარგი)		
სახურავის საერთო ფართი (მ²)		U value (საშუალო): კვ/მ²კ

სახურავი / კედელი / ჭერი	
კონსტრუქცია R1	თბოიზოლაცია
კონსტრუქცია R2	თბოიზოლაცია
კონსტრუქცია R3	თბოიზოლაცია
კონსტრუქცია R4	თბოიზოლაცია

სახურავის ტიპი RF1	მანსარდა, სახურავის ტიპი 2 RF2	მანსარდა, სახურავის ტიპი RF3	მანსარდა, სახურავის ტიპი RF4
--------------------	--------------------------------	------------------------------	------------------------------

სახურავი გათბობის სივრცის ზემოთ			
მანსარდაში საშუალო ტემპერატურა (°C)			
მანსარდის სიმაღლე მ			H <sub>1</sub> H <sub>2</sub>

მიმართულება	ზომა მ	ფართი მ <sup>2</sup>	სისქე $d$	კონსტრუქცია ტიპი (R1, ...) $\rho$	თბოგამტ. კოეფ. $k$ $კტ/მ2კ$
სახურავის მასალა					
მანსარდა					
ვერტიკალური ელემენტები					

დამატებითი ინფორმაცია (ხილული დაზიანებები, თერმული ხიდები, ჰაერის ნაკადი და ა.შ):

34.1 სახურავზე განლაგებული ფანჯრები								
სახურავის ფანჯრების მდგომარეობის ძირითადი შეფასება (ცუდი, დამაკმაყოფილებელი, კარგი)								
სახურავის ფანჯრების სრული ფართი				$\rho$	U value (საშუალო)	$კტ/მ2კ$		
მიმართულება	ზომა (a x b)	ერთი ფართი	რ-ბა	სულ ფართი	სულ შეერთების სიგრძე	მასალის ტიპი	ჩარჩოს ტიპი	შემინვის ტიპი
ა	მ	მ <sup>2</sup>	ცალი	მ <sup>2</sup>	მ	(W, P, ...)	(S, D, ...)	(1G, ...)
<b>სულ</b>								

მასალის	<input type="checkbox"/> შეშა (W)	<input type="checkbox"/> ალუმინის (Al)	<input type="checkbox"/> პლასტიკური (P)	<input type="checkbox"/> ფოლადი (St)
---------	-----------------------------------	----------------------------------------	-----------------------------------------	--------------------------------------

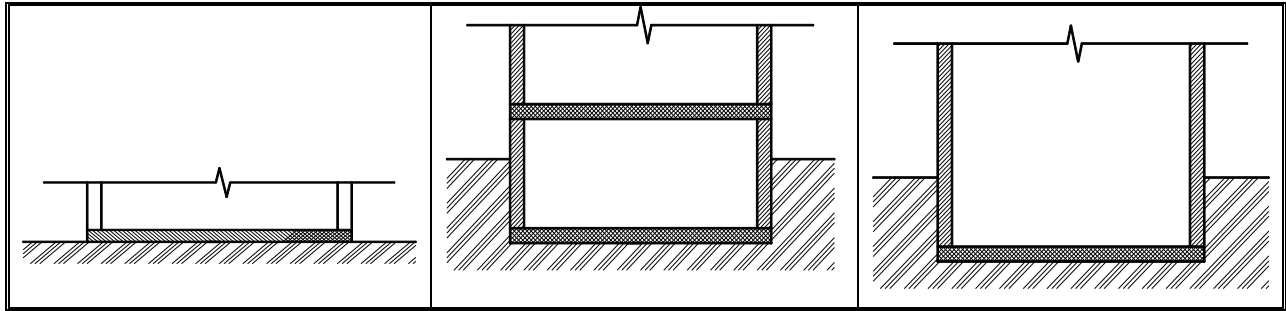
ტიპი:			
ჩარჩის ტიპი:	<input type="checkbox"/> ერთხარხოიანი (S)	<input type="checkbox"/> ორმაგი ჩარჩო (D)	<input type="checkbox"/> დაპრესილი მასალის ჩარჩო(B)
შემინვის ტიპი	<input type="checkbox"/> ერთ შუშიანი (1G)	<input type="checkbox"/> ორმაგი შუშით (2G)	<input type="checkbox"/> სამმაგი შუშით (3G)

დამატებითი ინფორმაცია (ხილული დაზიანებები, თერმული ხიდები, ფანჯრის შუშები ჩამტვრეულია/გატეხილია და ა.შ):

3.5 იატაკის მდგომარეობისძირითადიშეფასება				
იატაკისარსებულმდგომარეობისძირითადიშეფასება(ცუდი, დამაკმაყოფილებელი, კარგი):				
იატაკის საერთო ფართი:		$\mathcal{P}$	U value (საშუალო)	$\mathcal{P}/\mathcal{U}$

იატაკის ფილები/სარდაფის ფილა/კედლები			
კედლის კონსტრუქცია F1		იზოლაცია	
კედლის კონსტრუქცია F2		იზოლაცია	
კედლის კონსტრუქცია F3		იზოლაცია	
კედლის კონსტრუქცია F4		იზოლაცია	

იატაკის ტიპი 1 ფილა მიწაზე	იატაკის ტიპი 2 სარდაფი რომელიც არ თბება	იატაკის ტიპი 3 სარდაფი რომელიც თბება
-------------------------------	-----------------------------------------------	--------------------------------------------



საშუალო ტემპერატურა სარდაფში (°C)		
იატაკის სიმაღლე მიწის ზედაპირიდან (მ)		
მიწის ზედაპირიდან აწეული იატაკი (მ)		
სარდაფის სიმაღლე (მ)		

იატაკის ტიპი (FL1,..)	ზომა მ	ფართი მ <sup>2</sup>	პერიმეტრი მ	სისქე მ	კონსტრუქცია ტიპი (F1, ...)	U-value კვ/მ <sup>2</sup> კ
იატაკის ფილა						
სარდაფის ფილა						
კედლები						

დამატებითი ინფორმაცია და შენიშვნები (გრუნტის ტიპი, ვენტილაციის ღრეჩოს ფართი, ხილული დაზიანებები, თერმული ხიდები, და ა.შ):

### 3.6 ღონისძიებები, შენობის შემომზადული კონსტრუქცია

შესაძლებელი ენერგოეფექტური ღონისძიებები, შენობის კარკასი	
დამატებითი თბოიზოლაცია, შიდა კედლის	<input type="checkbox"/> ფასადის შეერთებების დათბუნება
კარებების შეკეთება	<input type="checkbox"/> ახალი კარებები
ფანჯრების შეკეთება	<input type="checkbox"/> ახალი ფანჯრები
ფანჯრებისა და კარებების დათბუნება	<input type="checkbox"/> დამატებითი იზოლაცია, სახურავი
დამატებითი იზოლაცია, იატაკი	<input type="checkbox"/>
დამატებითი თბოიზოლაცია, იატაკი	<input type="checkbox"/>

#### 4. გათბობის სისტემები

სითბოს მიწოდება / სითბოს გამომუშავება	გათბობის სისტემა ექსპლუატაციაშია:(წლიდან)	
---------------------------------------	----------------------------------------------	--

სისტემის ტიპი	ცენტრალური გათბობა / ინდივიდუალური გათბობა / ქვესადგურის/საქვების მდგომარეობა / მუდმივი ცენტრალური გათბობა / ქვაბი / თბური ტუმბო / ელ. ენერჯით გათბობა და სხვა		
ენერგომატარებელი	გაზი / ელ ენერჯია / ბიომასა /ქვანახშირი / მძიმე ნავთობი / დიზელი / სხვა		
ქვაბი/გენერატორი 1 ექსპლუატაციაშია: (წლიდან)	ტიპი/დასახელება		სიმძლავრე (კვტ)
მქკ ქვაბის/გენერატორის 1 /მდგომარეობა			ΔT (K)
ქვაბი/გენერატორი 2 ექსპლუატაციაშია: (წლიდან)	ტიპი/დასახელება		სიმძლავრე (კვტ)
მქკ ქვაბის მდგომარეობა/ გენერატორი 2			T <sub>1</sub> /T <sub>2</sub> (°C)
თბომცვლელი ექსპლუატაციაშია: (წლიდან)	ტიპი/დასახელება		სიმძლავრე (კვტ)
მქკ/ თბომცვლელის მდგომარეობა			T <sub>1</sub> /T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> /T <sub>4</sub> (°C)
			..... , .....

სისტემის ავტომატური კონტროლი:	დიახ/არა
ავტომატური კონტროლის მდგომარეობა	
ავტომატური მართვის მოწყობილობის ტიპი	
ტემპერატურის შემცირება (ღამის სთ-ში)	დიახ/არა
ცირკულაცია არა მომუშავე პერიოდში/სარეზერვო ქვაბში	დიახ/არა
გამაფართოვებელი ბაკის ტიპი	დია/დახურული
გამონაჟონი	დიახ/არა
დახურული დამფერი, სანთურა	დიახ/არა

გამანაწილებელი სისტემა	ერთმილოვანი / ორმილოვანი / ჰიბრიდული ტიპის / სხვა
გამანაწილებელი სისტემის სიმძლავრე (კვტ)	
მქკ/გამანაწილებელი სისტემის მდგომარეობა	

მიღების მასალა	
გამანაწილებელი სისტემა ბალანსირება	დიახ/არა
თბური მატარებლები	წყალი / ორთქლი / ჰაერი / სხვა
T <sub>1</sub> /T <sub>2</sub> (°C)	
თერმო იზოლაციის მდგომარეობა	
თერმო იზოლაციის მასალა	

სითბოს გამომყოფის სისტემები					
გამათბობელი მოწყობილობები	რადიატორები / კონვექტორები/ინდუქცი ური/თბოვენტილატორე ბი	რაოდენო ბა(ცალი)		სიმძლავრე (კვტ)	
ინდივიდუალური გამათბობელი მოწყობილობები		რაოდენო ბა(ცალი)		სიმძლავრე (კვტ)	
რადიატორის თერმოსტატური სარქველები	დიახ/არა	რაოდენო ბა(ცალი)		ტიპი	
სითბური გამოსხივება	იატაკი/ჭერი / კედელი	ტიპი			

დამატებითი ინფორმაცია და შენიშვნები (გათბობის სისტემის სქემა, მოწყობილობები, სითბოს წყაროს მდებარეობა, რადიატორებისა და სარქველების ჩამონათვალი მათი ტიპისა და რაოდენობის მიხედვით, მიღების სიგრძე და დიამეტრი, განაწილება იატაკისა და კედლების მიხედვით, და ა.შ)

#### 4.1 ღონისძიებები გათბობის სისტემაში

შესაძლებელი ენერგოეფექტური ღონისძიებები, გათბობის სისტემები	
<input type="checkbox"/> გათბობის სისტემის ბალანსირება	<input type="checkbox"/> თერმოსტატური სარქველების იზოლაცია
<input type="checkbox"/> დაზიანებული თერმოსტატური სარქველების აღდგენა	<input type="checkbox"/> ავტომატური მართვის სისტემების აღდგენა
<input type="checkbox"/> ახალი ავტომატური მართვის სისტემები	<input type="checkbox"/> ტემპერატურის დაწვევა
<input type="checkbox"/> დასურული გამაფართოებელი ავზის დამონტაჟება	<input type="checkbox"/> მფრქვევანას/ქვების დარეგულირება
<input type="checkbox"/> ქვების გასუფთავება	<input type="checkbox"/> ახალი მფრქვევანას/ქვაბი
<input type="checkbox"/> ფრქვევანას მიმდევრობითი მართვა	<input type="checkbox"/> არამოქმედ /სარეზერვო ქვაბებში ცირკულაციის შეჩერება
<input type="checkbox"/> გამავალი აირების ჩამკეტის მონტაჟი	<input type="checkbox"/> გაჟონვების აღმოფხვრა
<input type="checkbox"/> მიღების, ონკანების და ა.შ იზოლაცია	<input type="checkbox"/> ექსპლუატაციისა და მომსახურების ინსტრუქცია
<input type="checkbox"/> ახალი ტიპის გამათბობლები	<input type="checkbox"/> არსებული გამათბობლების ადგილმდებარეობის შეცვლა



<input type="checkbox"/> საწვავის ჩანაცვლება სხვა საწვავით	<input type="checkbox"/>
------------------------------------------------------------	--------------------------

## 5. საენტილაციო სისტემა

საენტილაციო სისტემის დასახელება		ექსპლუატაციაშია: (წელი)	
სითბოს მიწოდება	-დან	მქკ	

\*შეავსეთ ცალკეული სისტემებისათვის!

<b>საენტილაციო სისტემის ტიპი</b>	ბუნებრივი ვენტილაცია/ მექანიკური ვენტილაცია/ ბალანსირებული ვენტილაცია/ ჰაერის გამათბობელი სისტემა/სხვა		
შემოსული (სუფთა) ჰაერისნაკადისმოცულობა, საპასპორტო (მ3/სთ)		გამავალი ჰაერის ნაკადის მოცულობა, საპასპორტო (მ3/სთ)	
შემოსული (სუფთა) ჰაერისნაკადისმოცულობა, გაზომილი (მ3/სთ)		გამავალიჰაერისნაკადისმოცულობა, გაზომილი (მ3/სთ)	
მიწოდებული ჰაერის ნაკადის მოცულობა, საპასპორტო (მ3/სთ)		ჰაერის რეცირკულაციასაპასპორტო (%)	
მიწოდებული ჰაერის ნაკადის მოცულობა, გაზომილი (მ3/სთ)		ჰაერის რეცირკულაცია გაზომილი (%)	
<b>ჰაერის ტემპერატურა (°C)</b>	<b>ფაქტობრივი</b>	გაზომილი გარე ტემპერატურა	ნორმით
t (მიწოდებული ჰაერი)			
t (გაწოვილი ჰაერი)			
მუშაობის პერიოდი – სამუშაო დღეები(სთ/დღე)		მუშაობის პერიოდი – დასვენების დღეები (სთ/დღე)	

<b>ავტომატური მართვის სისტემა</b>		მდგომარეობა	
ავტომატური მართვის სისტემის ტიპი			
<b>დამფერები</b>	დახურული / დაგმანული	მდგომარეობა	
დამფერების კონტროლი	მექანიკური ავტომატური	მდგომარეობა	
ჰაერგამავალის თერმო იზოლაცია	მიწოდება/ გაწოვა	იზოლაციის მასალა	

<b>ჰაერის განაწილების ბალანსი</b>	დიახ/არა		
<b>გამათბობლები</b>	წყალი/ელექტროენერჯია/სხვა		
გამათბობელი ელემენტების რ-ბა (ცალი)		მდგომარეობა	
გამათბობელი ელემენტების სიმძლავრე 1 (კვტ)		ტიპი	
გამათბობელი ელემენტების სიმძლავრე 2 (კვტ)		ტიპი	
გამათბობელი ელემენტების სიმძლავრე 3 (კვტ)		ტიპი	
გამათბობელი ელემენტების ჯამური სიმძლავრე (კვტ)			
<b>სითბოს რეგენერაციის თბოგადამცემი</b>		ტიპი	
დამატებითი სისტემა	წყალი/ორთქლი	ტიპი	
ფილტრები	მიწოდება/ გაწოვა	ტიპი	
გამაციებელი ელემენტები	ჰაერის გამაგრილებელი /გამაციებელი (გაყინვა)	სიმძლავრე (კვტ)	

<b>მოწყობილობები</b>	დასაშვები სიმძლავრე სულ(კვტ)	რ-ბა (ცალი)	მოხმარების დრო (სთ/კვირა)	მიწოდების ტემპერატურა (°C)	
				საპასპორტო	გაზომილი
ფანკოილები (კონვექტორები) გაციებისათვის					
ფანკოილები (კონვექტორები) გათბობისათვის					
კონდინციონერი (ფანჯარაზე დასამონტაჟებელი ან სპლიტ სისტემის) გაციებისათვის					
კონდინციონერი (ფანჯარაზე დასამონტაჟებელი ან სპლიტ სისტემის) გათბობისათვის					
სხვა					

დამატებითი ინფორმაცია და შენიშვნები (მოწყობილობების ტექნიკური მონაცემები, მუშაობის ციკლი, სხვა მონაცემები სისტემის ან იმ მოწყობილობის შესახებ, რომელიც ცხრილში არ არის მითითებული)

### 5.1 ვენტილაციის სისტემაში შესაძლო დასანერგი ევ ღონისძიებები

სავენტილაციო ჰაერსავალის ბალანსირება	<input type="checkbox"/> ჰერმეტიკული ჩამკეტების დამონტაჟება
ორსაფეხურიანი ვენტილატორების ძრავის დამონტაჟება	<input type="checkbox"/> ახალი ვენტილატორების დამონტაჟება
თბომცველების მონტაჟი	<input type="checkbox"/> ახალი ვენტილაციის სისტემა თბომცველით
თბომცველების გასუფთავება	<input type="checkbox"/> ვენტილატორების სისხირის კონტროლი
ტაიმერის კონტროლის მონტაჟი	<input type="checkbox"/> ავტომატური მართვის სისტემის განახლება
ახალი ავტომატური კონტროლის სისტემა	<input type="checkbox"/> პერსონალური დეტექტორის მართვა
ფილტრების მონტაჟი/გამოცვლა	<input type="checkbox"/> დამატენიანებელი სისტემის დემონტაჟი
ექსპლუატაცია და მომსახურება მექანიკურად	<input type="checkbox"/> ჰაერის ნაკადის რეგულატორის მონტაჟი
სავენტილაციო ხვრელის/სისტემის გასუფთავება	<input type="checkbox"/>

### 6. ცხელწყალმომარაგების სისტემა (ცწმ)

(ცწმ) ექსპლუატაციაშია (წელი):	მდგომარეობა (ცუდი, მისაღები, კარგი)
-------------------------------	-------------------------------------

<b>სითბოს მიწოდება/სითბოს გამომუშავება</b>			
სისტემის ტიპი	ცენტრალური გათბობა / თბოგადამცემი ქვესადგური / მუდმივი ცენტრალური გათბობა/ ქვაბი / თბური ტუმბო / სხვა		
ენერგომატარებელი	გაზი / ელ ენერჯია / ბიომასა / ქვანახშირი / მძიმე ნავთობი / დიზელი / სხვა		
ქვაბი/გენერატორი ექსპლუატაციაშია (წელი):	ტიპი/დასახელება	სიმძლავრე(კვტ)	
მქკქვაბის მდგომარეობა/გენერატორი			
თბოგადამცემი ექსპლუატაციაშია (წელი):	ტიპი/დასახელება	სიმძლავრე(კვტ)	
მქკ/თბოგადამცემის მდგომარეობა			
ინდივიდუალური მოწყობილობები/წყალგამაცხელებლები	რაოდენობა	სიმძლავრე(კვტ)	

ავტომატური კონტროლი	დიახ/არა
---------------------	----------

ავტომატური კონტროლის მდგომარეობა	
ავტომატური კონტროლის ტიპი	
თერმოსტატული კონტროლი საკონტროლო წერტილი (°C)	

გამანაწილებელი სისტემა			
ცწმ სისტემის მაქს. სიმძლავრე (ლიტრი/სთ)		ცწმ სისტემის მაქს. სიმძლავრე (კვტ)	
გამანაწილებელი სისტემის მდგომარეობა			
მიღების მასალა			
თერმო იზოლაციის მდგომარეობა			
თერმო იზოლაციის მასალა			
რეცირკულაციის ტუმბო	დიახ/არა	ტაიმერი რეცირკულაციის ტუმბოსათვის	
გაუნეგები			
შემნახველი რეზერვუარის/შემკრების მოცულობა (ლიტრეს)		შემნახველი რეზერვუარის წყლის ტემპერატურა (°C)	
ცივი წყლის მიწოდების ტემპერატურა (°C)		ცხელი წყლის მიწოდების ტემპერატურა (°C)	

ცწმ მოხმარება			
შხაპების მონტაჟი (ცალი)		ონკანების მონტაჟი (ცალი)	
შხაპის გამოყენება (დრო/კვირა)		იატაკის გარეცხვა(დრო/კვირა)	
საშხაპეში წყლის ხარჯი (ლ/წთ)		ცხელი სადილი (რ-ბა/დღე)	
აბაზანის დაყენება (ცალი)		ცივი სადილი (რ-ბა/დღე)	
აბაზანის მოცულობა სულ (ლიტრი)		ცხელი წყალი ტემპ> 70 °C	
სააშხაპეს გამოყენება: (დრო/კვირა)		მაქსიმალური გამოყენება საათში (კვტ/მ <sup>2</sup> )	
ბინებისათვის: თითოეული ბინის საშუალო ფართი. (მ <sup>2</sup> )		თითოეულ ბინაში მოსახლეთა რ-ბა	
სისტემის მახასიათებლები	წყალდამზოგი შხაპის საცმები / თერმოსტატული შემრევიონკანიანშხაპი / ავტომატურიჩართვა/გამორთვაონკანი ან შხაპი/ სხვა		

დამატებითი ინფორმაცია და შენიშვნები  
(სადიზინფექციო დსაჭირო ტემპერატურა და ა.შ.)

6.1 შესაძლებელი ენერგო ეფექტური ღონისძიებები ცხელ წყალმომარაგების სისტემაში.	
<input type="checkbox"/> წყალდამზოდი შესაბამისი საცმი	<input type="checkbox"/> შესაბამისი დროის კონტროლი
<input type="checkbox"/> თერმოსტატური შემრევი, შესაბამისი	<input type="checkbox"/> ცხელი წყლის ტემპერატურის თერმოსტატული კონტროლი
<input type="checkbox"/> წყალგამანაწილებელი ტუმბოს დროის კონტროლი	<input type="checkbox"/> ახალი ცხელი წყლის გამათბობელის მონტაჟი (თბური ტუმბო, მზის სითბოს, ...)
<input type="checkbox"/> სითბოს რეკუპერაცია ჩამდინარე წყლიდან	<input type="checkbox"/> გაუონვების აღმოფხვრა
<input type="checkbox"/> მიღების, სარქველების და ა.შ. იზოლაცია	<input type="checkbox"/> ექსპლუატაციისა და მომსახურების სახელმძღვანელო
<input type="checkbox"/> წყლის დაზოგვა, წყლის შემრევი ხელსაბანისათვის	<input type="checkbox"/> ლოკალური გამათბობლების დამონტაჟება დისტანციური და ცალკეული ონკანისათვის
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 7. ვენტილატორები და ტუმბოები

ვენტილატორები / ტუმბოები	დადგენილი სიმძლავრე კვტ	საშუალო სიმძლავრე (ვტ/მ <sup>2</sup> )	მუშაობის პერიოდი სთ/კვირა	ექსპლუატაციაშია (წელი)	კონტროლის ტიპი / კომენტარები
ჰაერის მიმწოდ. ვენტილატორი 1					
ჰაერის გამწოვი ვენტილატორი 1					
ჰაერის მიმწოდ. ვენტილატორი 2					
ჰაერის გამწოვი ვენტილატორი 2					

სულ ვენტილატორი					
ტუმბო, გათბობა					
ტუმბო, ვენტილაცია					
ტუმბო, ცვმ					
ტუმბო, გაციება					
საწვავის მიმწოდებელი ტუმბო					
სხვა ტუმბო(მიუთით ეთ)					
სხვა ტუმბო(მიუთით ეთ)					
სულ ტუმბო					

დამატებითი ინფორმაცია და შენიშვნები (წარმოადგინეთ ტიპი, მდგომარეობა, პრობლემებიდაა.შ)

### 7.1 ღონისძიებები ვენტილატორები, ტუმბოები

შესაძლო ენერგოეფექტური ღონისძიებები ვენტილატორებსა და ტუმბოებში	
<input type="checkbox"/> ვენტილატორების დროის კონტროლი	<input type="checkbox"/> ცხელი წყლის ტუმბოს დროის კონტროლი
<input type="checkbox"/> ვენტილატორების სიხშირის კონტროლი	<input type="checkbox"/> ტუმბოების სიხშირის კონტროლი
<input type="checkbox"/> ახალი ვენტილატორების დამონტაჟება	<input type="checkbox"/> ახალი ტუმბოების მონტაჟი
<input type="checkbox"/> ორციკლიანი ძრავის ვენტილატორების დამონტაჟება	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 8. განათების სისტემები

მნათი მოწყობილობები	ნათურების დადგმული სიმძლავრე (ვტ)	ნათურების რატიოული ერთეულისათვის (ვალთ)	ერთეულის სიმძლავრე (ვტ)	ერთეულის რატიო (ვალთ)	ჯამური სიმძლავრე (კვტ)	კონტროლის ტიპი/კომენტარი. ექსპლუატაციაშია(დრო მიუთითეთ)/მდგომარეობა
ვარგარა						
ფლურესცენტული						
კომპაქტური ფლურესცენტული						
სხვა						
სულ						

ექსპლუატაცია
განათების ჩაქრობა იმ ადგილებში, რომლებიც დატვირთული არ არის/ ფოტოგოლტაიკები/ ინფრაწითელი სენდორები/ გამნათებლების რეგულარული გაწმენდა
დროის კონტროლი/

განათება				
ერთდროული საშუალო დატვირთვა $გტ/მ^2$		მუშაობის სთ/კვირა	პერიოდი	
მაქს. ერთდროული დატვირთვა $გტ/მ^2$		მუშაობის კვირა/წელი	პერიოდი	

სხვადასხვა გამოყენებულ მოწყობილობები	რ-ბა ცალი	დადგენილი სიმძლავრე კვტ	ჯამური სიმძლავრე კვტ	ერთდროული დატვირთვა ვტ/წ	მუშაობის პერიოდი სთ/კვირა	ექსპლუატაცია (წელი)	კომენტარი
კომპიუტერები							
ქსეროქსი							

დამატებითი ინფორმაცია და შენიშვნები (წარმოადგინეთ პრობლემები, ნათურების ტიპები და რაოდენობები ოთახების მიხედვით, არაფუნქციონალური ნათურების რაოდენობა, ბალასტები და ა.შ)

### 8.1 ღონისძიებები განათების სისტემებში

შესაძლებელი ენერგოეფექტური ღონისძიებები განათების სისტემებში	
<input type="checkbox"/> ენერგოეფექტური განათების სისტემის მონტაჟი	<input type="checkbox"/> მუდმივი განათების ინტენსივობის კონტროლი
<input type="checkbox"/> ავტომატური მართვის სისტემის მონტაჟი	<input type="checkbox"/> ეტექტორი, რომელიც ადამიანის გადაადგილების შედეგად ანთებს ნათურას
<input type="checkbox"/> ექსპლუატაციისა&მომსახურების სახელმძღვანელო	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 9. სხვადასხვა სიბრტყის გამომყოფი მოწყობილობები



სხვა (ტელევიზორი , რადიო)							
---------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

სხვადასხვა გამოყენებელი მოწყობილობები	რ-ბა ცალი	დადგ მული სიმძ ლავრ ე კვ	ჯამუ რი სიმძლ ავრე კვტ	ერთდ როულ ი დატვი რთვა კვტ/წ	მუშაობ ის პერიო დი სთ/კვი რა	ექსპლუ ატაციაშ ია (წელი)	კომენტარი
ლიფტი							
სარეცხი მანქანა (თუ არაა ექსპლუატაციაშ ი)							
სხვა (მიუთითეთ)							
სხვა (მიუთითეთ)							
<b>სულ</b>							

სხვადასხვა გამოყენებელი მოწყობილობები			
სულ დატვირთვაკვტ/წ	ერთდროული		მუშაობის პერიოდი სთ/კვირა
მაქს. ერთდროულიდატვირთვაკვტ/წ			მუშაობის პერიოდი კვირა/წელი

დამატებითი ინფორმაცია და შენიშვნები

**9.1 ღონისძიებები, სხვადასხვა მოწყობილობებისათვის**

შესაძლო ენერგოეფექტური ღონისძიებები, სხვადასხვა მოწყობილობები	
დატვირთვის ლიმიტის მართვა	<input type="checkbox"/> ინფორმაცია და ტრეინინგები მომხმარებლებისათვის
მოწყობილობების გამორთვა არასამუშაო პერიოდში	<input type="checkbox"/> სტანდარტების დადგენა (ენერგომომხმარებლებისათვის) ახალი მოწყობილობებისათვის
	<input type="checkbox"/>

## 10. გაგრილების (ჰაერის კონდიციონირების) სისტემა

გაგრილების სისტემის დასახელება		ექსპლუატაციაშია (წელი)	
--------------------------------	--	------------------------	--

*\*შეავსეთ ცალკეული სისტემებისათვის*

<b>გაციების მიწოდება / გრილი ჰაერის გამომუშავება</b>			
ენერგომატარებლები	ელექტროენერგია/სხვა		
გაგრილების საშუალებები/კონდენსატორები			
კონდენსატორები ექსპლუატაციაშია (წელი)		ტიპი/დასახელება	
ეფექტურობა/კონდენსატორის მდგომარეობა/გენერატორი			
ბუნებრივი კონდიციონირება	დიახ/არა		
დადგმული სიმძლავრე (კვტ) (ელ.ენერჯის ჯამური მოხმარება)		გაციების სიმძლავრე (კვტ)	
<b>გამანაწილებელი სისტემა</b>			
გაგრილების სისტემის ტიპი	გაგრილება ჰაერის ვენტილაციით/ფანკოილებით/სხვა		
გამაციებელი საშუალება (გამყინავი)			
მუშაობის ხანგრძ (სთ/კვირა)		გაციების სისტემის ტემპერატურა	
ჰაერის ტემპ. მიწოდება (°C)		კონდიციონირების სეზონი (დრ თვე)	მდე
გაციების სისტემის მდგომარეობა		ზაფხულის საანგარიშო ტემპ. (°C)	
ავტომატური რეგულირების სისტემა	დიახ/არა	მაქს. შიდა ტემპ შენობაში. (°C)	
		ავტომატური რეგულირების სისტემის ტიპი	

<b>ცალკეული გაციება</b>	დადგმული სიმძლავრე	გაგრილების სიმძლავრე	ტუმბო (კვტ)	მუშაობის პერიოდი სთ/კვირა	ექსპლუატაციაშია (წელი)	კომენტარი
-------------------------	--------------------	----------------------	-------------	---------------------------	------------------------	-----------

	კვტ)	კვტ				
კომპიუტერები ს ოთახის						
სხვა (მიუთითეთ)						
სულ						

დამატებითი ინფორმაცია და შენიშვნები (გამაციებული მოწყობილობების (ჩილერების) ტიპი და რაოდენობა, კომპრესორების, კონდენსატორების, გამაციებლების, პრობლემები და ა.შ)

### 10.1 ღონისძიებები, გაციების სისტემაში

შესაძლო ენერგოეფექტური ღონისძიებები, გაციების სისტემა	
<input type="checkbox"/> ბუნებრივი კონდიციონირება	<input type="checkbox"/> გათბობა/კონდიციონირებისთანმიმდევრობის კონტროლი
<input type="checkbox"/> ავტომატური მართვის სისტემის შეკეთება	<input type="checkbox"/> ექსპლუატაცია და მომსახურებისსახელმძღვანელო
<input type="checkbox"/> ახალი ავტომატური კონტროლის სისტემა	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 11. შენობის გარე მოწყობილობები

შენობის გარე მოწყობილობები	დადგ მული სიმძლავრე (კვტ)	მუშაობის პერიოდი		მუშაობის ხამგრძლივობის დროის კონტროლი	ექსპლუატაციაშია (წელი):	კომენტარი
		სთ/კვირა	კვირა/წელი			
გარე განათება						
ვარვარა ნათურები						
ნატრიუმქლორიდის ნათურები (HPSL, LPSL, etc.)						
ფლურესცენტული ნათურები						

ენერგოეფექტური განათება						
მანქანის ძრავის შემათბობელი						
სხვა (მიუთითეთ-შადრევნები, წყლის ჭები, და ა.შ)						
თოვლის დასაღწობი სისტემა და ღია ფართობების გაყინვის საწინააღმდეგო სისტემა:	დაფარული ფართი (მ <sup>2</sup> )		ტემპ რეგულირება ჩართვა/გამორთვით (°C)			

**11.1. ღონისძიებები, შენობის გარე მოწყობილობები**

შენობის გარე მოწყობილობებისათვის შესაძლო ენერგოეფექტური ღონისძიებები	
<input type="checkbox"/> სიმძლავრის ლიმიტირების მართვა	<input type="checkbox"/> თოვლის გამლღობის დროის კონტროლი
<input type="checkbox"/> დროის კონტროლი მანქანის ძრავის შემათბობლისათვის	<input type="checkbox"/> თოვლის გამლღობი ავტომატური კონტროლი (°C)
<input type="checkbox"/> ფოტოელემენტის მონტაჟი გარე განათების სისტემაზე	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

საქართველოს ტექნიკური  
უნივერსიტეტის მე-4 კორპუსში  
განლაგებული №18 ელქტრომექანიკის  
ლაბორატორიის ენერგოაუდიტის  
ანგარიში

30.11.2009



სარჩევი

- 1 რეზიუმე
- 2 შესავალი
  - 2.1 პროექტის წინაპირობები
  - 2.2 პროექტის რეალიზაციის პროცესი
- 3 პროექტის ორგანიზაცია
- 4 სტანდარტები და წესები
- 5 შენობის მდგომარეობის აღწერა
  - 5.1 ზოგადი მდგომარეობა
  - 5.2 შენობის მონაცემები
  - 5.3 გათბობის სისტემა
  - 5.4 განათების სისტემა
  - 5.5 სხვადასხვა
  - 5.6 შენობის გარე მოწყობილობები
- 6 ენერჯის მოხმარება
  - 6.1 გაზომილი ენერჯის მოხმარება
  - 6.2 ენერჯის გამოთვლილი და საბაზო მოხმარება
  - 6.3 ენერჯო ბიუჯეტი
- 7 ენერგოეფექტურობის პოტენციალი
- 8 ენერგოეფექტური ღონისძიებები
  - 8.1 ღონისძიებების ჩამონათვალი
  - 8.2 ღონისძიებები
- 9 ეკოლოგიური სარგებელი  
დანართი

ენერგოაუდიტის გუნდი მადლობას უხდის ENSI -“Energy Saving International AS”-ს ენერგოეფექტურობისა და ენერჯო ბიზნესის განვითარების საკონსულტაციო კომპანიას ნორვეგიიდან, რომელიც საქმიანობდა საქართველოში 2005 წელს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორ-მასწავლებელთა ენერგოაუდიტის სფეროში მომზადებისა და სერტიფიკაციის პროგრამის ფარგლებში.

განსაკუთრებული მადლობა გვინდა დადავუხადოთ ბატონ ლუბომირ ჩერვილოვს – ENSI-ის პროექტის მთავარ მენეჯერს, რომელიც პასუხს აგებდა საქართველოში საკვანძო რიცხვებისა (Key Number Software) და ეკონომიკური ანგარიშების (Profitability Software) კომპიუტერული პროგრამების ტრეინინგის ჩატარებაზე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მე-4 კორპუსის ენერგოაუდიტი ჩატარდა ორივე ამ პროგრამის გამოყენებით, რომელიც ლიცენზირებულია ENSI-ის მიერ დოქტორ კარინა მელიქიძეზე. ენერგოაუდიტის ანგარიშის ტრაფარეტი აგრეთვე თან ერთვის ხსენებულ ლიცენზიას.

## რეზიუმე

საბაზო ენერგია, რომელიც საჭიროა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მე-4 კორპუსში განლაგებული ელექტრომექანიკის №18 ლაბორატორიის ფუნქციონირების ნორმალური პირობების უზრუნველსაყოფად შეადგენს დაახლოებით 57850 კვსთ/წ ადგილობრივი გათბობის სისტემისათვის და 4678 კვსთ/წ ელექტროენერჯისათვის, ანუ მთლიანობაში 62527 კვსთ/წ.

ენერგოაუდიტის შედეგად გამოვლინდა ენერგოეფექტურობის ამაღლების მნიშვნელოვანი პოტენციალი ამ შენობისათვის:

მოწოდებული ენერჯიის დანახოვი	6429	კვსთ/წ
წმინდა დანახოვი	7614	ლარი/წ
დაბანდება	22416	ლარი
ამოგების პერიოდი	2,9	წელი

ენერჯიის დაზოგვის პოტენციალი ენერგოეფექტური და რეკონსტრუქციის ღონისძიებების დასადგენად შეჯამებულია ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში მათი მომგებიანობის შესაბამისად (NPVQ).<sup>24</sup>

ენერგოეფექტურობის პოტენციალი-ენერგოაუდიტი				
სტუმე-4 კორპუსშიგანლაგებულიელექტრომექანიკის №18 ლაბორატორია	გასათბობი ფართობი	441 მ <sup>2</sup>		
ენერგოეფექტური ღონისძიებები	ინვესტიცია	წმინდა დანახოვი	ამოგების პერიოდი	NPVQ ღირებულებების კოეფიციენტი *
	[ლარი]	[კვსთ/	[ლარი/	[წელი

<sup>24</sup> NPVQ წარმოადგენს NPV-ს შეფარდებულს ინვესტიციასთან:  $NPVQ = NPV / I$ , სადაც NPV არის სამომავლო წმინდა წლიური დანახოვის დღევანდელი (დისკონტირებული) ღირებულება მინუს ინვესტიცია. I არის ინვესტიცია.

		წ1	წ1	1		
1.	თანამედროვე გათბობის სისტემის მონტაჟი	21408	6073	7481	2,9	2,13
2.	განათების სისტემის განახლება	1.008	353	133	7,6	0,18
<b>მომგებიანი ენერგოეფექტური ღონისძიებები</b>						
1.	თანამედროვე გათბობის სისტემის მონტაჟი	21408	6073	7481	2,9	2,13
2.	განათების სისტემის განახლება	1.008	353	133	7,6	0,18
<b>მთლიანად მომგებიანი ენერგოეფექტური ღონისძიებები</b>		<b>22416</b>	<b>6429</b>	<b>7614</b>	<b>2.9</b>	

\* ეფუძნება 7.3% რეალურ საპროცენტო განაკვეთს

იმისათვის, რომ ინვესტიცია და დანაზოგი ქმედით ხასიათს ატარებდეს, ყველა ღონისძიება ერთი პროექტის ფარგლებში უნდა იყოს განხორციელებული. ამოგების პერიოდი ის დროა, რომლის განმავლობაში ხდება ინვესტიციების დაფარვა, რომელიც ეფუძნება თანაბარ წმინდა დანაზოგს. მონაცემთა სიზუსტე  $\pm 10-15$  %-ა.

ქვემოთ მოყვანილია მომგებიანი ღონისძიებების გატარების შედეგად მიღებული დანაზოგი დაყოფილი ენერჯის სახეების მიხედვით.

ენერჯის სახეები	ერთეული	არსებული(საბაზო)	ღონისძიების შემდეგ
ელექტროენერჯია	კვსთ/წ	1961	16
ადგილობრივი გათბობა	კვსთ/წ	57850	51
ადგილობრივი გათბობისათვის საჭირო ბუნებრივი აირი	მ <sup>3</sup> /წ	5600	50

დღესდღეობით სტუ მე-4 კორპუსში განლაგებული ელექტრომექანიკის №18 ლაბორატორიას არ გააჩნია თანამედროვე გათბობის სისტემა ბუნებრივი აირის სათბობით, მაგრამ მოსალოდნელია აირის გამოყენება გათბობის მიზნებისათვის მომავალში. ზემოდ მოყვანილ ცხრილში მოცემულია ბუნებრივი აირის ის რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ამ ლაბორატორიის გათბობისათვის მისი არსებული (საბაზო) და ენერჯის დაზოგვის ღონისძიებების გატარების შემდეგ მიღებული მდგომარეობის შესაბამისად.

CO<sub>2</sub>-ს ემისიის შემცირება, რომლის მიღწევა შესაძლებელია ენერგოაუდიტის მიერ გათვალისწინებული ღონისძიებების გატარების შედეგად შეფასებულია როგორც -1,32 ტონა/წ.



# შესავალი

## პროექტის წინაპირობები

სამუშაო ხორციელდება მდგრადი დანვითარებისა და პოლიტიკის (SDAP) ცენტრის მიერ “ნათელი” პროექტის ფარგლებში ვინროკ ინტერნეშენალის უშუალო ხელმძღვანელობით. ის გულისხმობს ენერგოაუდიტის ჩატარებას სტუ მე-4 კორპუსის წინასწარ შერჩეულ ნაწილში. ადგილზე დაკვირვებისა და სტუ ადმინისტრაციის წარმომადგენლებთან კონსულტაციის შედეგად ასეთად შეირჩა კორპუსის ნაწილი, რომელშიც ელექტრომექანიკის №18 ლაბორატორიაა განლაგებული. უნივერსიტეტის ადმინისტრაციის გადაწყვეტილებას მხარი დაუჭირა ენერგოაუდიტის გუნდმა, იქიდან გამომდინარე, რომ ლაბორატორიას უკავია შენობის იზოლირებული ნაწილი, რაც ფრიად ხელსაყრელია ენერგოაუდიტის ჩატარების თვალსაზრისით. ენერგოაუდიტის შედეგები მოყვანილია ანგარიშში.

სტუ მე-4 კორპუსი აშენებულია დაახლოებით 1950-იან წლებში და ხასიათდება შენობის გადამღობი კონსტრუქციების (კედლების) საშუალო თბური მდგრადობით (ინერციით). ამასწინად შენობა ნაწილობრივ შეკეთდა. 2009 წლის ზაფხულში აქ დამონტაჟდა მეტალოპლასმასის ფანჯრები ორმაგი შექმნით.

სამწუხაროდ შენობაში არ არსებობს თანამედროვე ცენტრალური გათბობის სისტემა. დღესდღეობით ზამთარში სითბოს დანაკარგების დაფარვა ხდება ელექტრო გასათბობი ხელსაწყოების საშუალებით. ლაბორატორიის თანამშრომლები ათბობენ მხოლოდ რამდენიმე ოთახს ელექტრორადიატორების საშუალებით, რის შედეგად ამ ოთახებშიც კი იქმნება არაკომფორტული პირობები, რადგან ეს რადიატორები ვერ ფარავენ ენერჯის მოხმარების მინიმუმსაც კი – თბოდანაკარგებს შენობის გარე კედლებიდან. ეს უქმნის არასასიამოვნო-არაკომპორტულ პირობებს როგორც ლაბორატორიის თანამშრომლებს, ასევე სტუდენტებს.

ელგაყვანილობა ცუდ მდგომარეობაშია, რაც საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ გათბობის მიზნით ელექტრორადიატორების გამოყენებითაა გამოწვეული. ამას მოსდევს შიდა ელექტრომომარაგების სისტემის გადატვირთვა, რომელიც ასეთ დატვირთვაზე არ იყო გათვლილი და სადენების დაზიანება.

მე-4 კორპუსში ენერგოაუდიტის ჩატარების გადაწყვეტილება იყო მიღებული უმაღლეს განათლებაში ენერგოეფექტურობის დახმარების ჩარჩო პროგრამის ფარგლებში, იმის გათვალისწინებით, რომ შენობა უკვე ნაწილობრივ იყო შეკეთებული და მასში ენერგოეფექტური ფანჯრები დამონტაჟდა. იმის გამო, რომ თბოტექნიკური თვალსაზრისით შენობა ხასიათდება გადამღობი კონსტრუქციების (კედლების) საშუალო თბური მდგრადობით, შენობის ამ ნაწილში ენერჯის მოხმარების წინასწარი შეფასება გვიჩვენებს, რომ თანამედროვე გათბობის სისტემის დაყენების საშუალებით შესაძლებელია მის იზოლირებულ ნაწილში ენერგოეფექტურობის მისაღები დონის მიღწევა. შესაბამისად ენერგოაუდიტის მიზანია შეაფასოს ენერჯის დაზოგვის (ENCON) პოტენციალი და შეიმუშავოს ეკონომიკური დანაზოგვის ღონისძიებები სტუ მე-4 კორპუსის ელექტრომექანიკის №18 ლაბორატორიისათვის.

ამ ღონისძიებების შეფასების შედეგები მოცემულია ამ ანგარიშში.

პროექტის მიზანია ენერჯიაზე გაწეული დანახარჯების შემცირება დღესდღეობით აუცილებელთან შედარებით, შენობის შიდა გარემოს

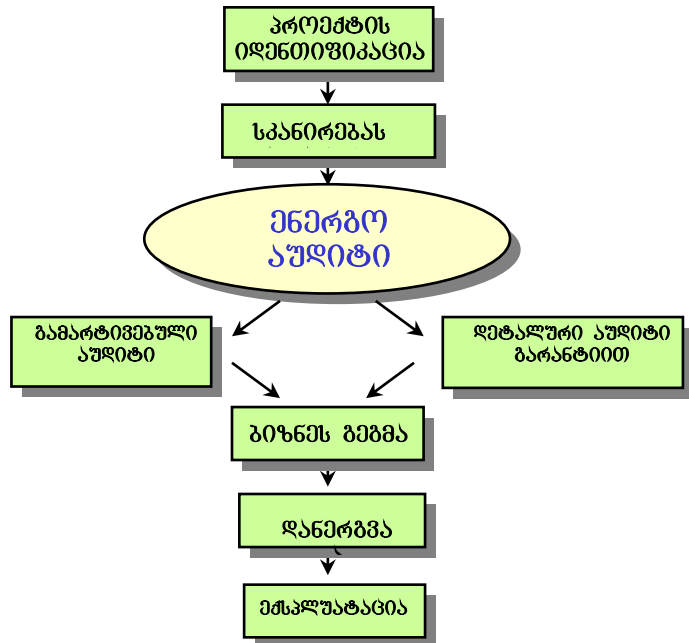
გაუმჯობესება, შენობისა და ტექნიკური ხელსაწყოების მართვისა და ექსპლუატაციის ეფექტურობის ამაღლება.

### პროექტის რეალიზაციის პროცესი

პროექტის რეალიზაცია მოიცავს შენობაში “მომგებიანი ენერგოეფექტური ღონისძიებების” (ეე) შეფასებასა და გატარებას. ყოველი შენობა უნიკალურია და შესაბამისად ყოველი პროექტი უნდა იყოს განსხვავებული ენერჯის დაზოგვის შესაძლებლობების გამოსავლენად. შენობის მეკატრონებს შეიძლება გააჩნდეთ რეკონსტრუქციის განსხვავებული ხედვა და მოთხოვნები EE ღონისძიებების მომგებიანობის მიმართ.

შესაბამისად პროექტის რეალიზაციის პროცესი იყოფა ექვს მთავარ ღონისძიებად, რომელიც წარმოდგენილია ქვემოთ მოყვანილ დიაგრამაზე.

1. პროექტის იდენტიფიკაცია
2. სკანირება
3. ენერგო აუდიტი
4. ბიზნეს გეგმა
5. დანერგვა
6. ექსპლუატაცია



### 3 პროექტის ორგანიზაცია

პროექტის/შენობის/ადგილის დასახელება სტუ მე-4 კორპუსში განლაგებული ელექტრომექანიკის №18 ლაბორატორია

---

საკონტაქტო პირი: გიორგი არაბიძე  
მისამართი: თბილისი, კოსტავას ქ. 77  
ტელეფონი: 899 752458  
ფაქსი:  
როლი პროექტში: ბენეფიციანტი. ელექტრომექანიკის №18 ლაბორატორიის ენერგომოხმარების შეფასების შედეგები მიეწოდება ენერგოაუდიტის მოხსენების სახით.

შენობის მეპატრონე: საქართველოს ეკონომიკური განვითარების სამინისტრო

---

საკონტაქტო პირი: კარინა მელიქიძე  
მისამართი: თბილისი, ალ. ყაზბეგის გამზირი №34, მე-3 ნაკვეთი, 104-ე ოფისი  
ტელეფონი: (99532) 20 67 73  
ფაქსი: (99532) 42 0060  
როლი პროექტში: SDAP ცენტრის დირექტორი

---

ექსპერტი: კარინა მელიქიძე  
ტელეფონი: 893 14 62 54  
როლი პროექტში: პასუხისმგებელი ენერგოაუდიტის ჩატარებაზე საკვანძო რიცხვების ელექტრონული პროგრამის გამოყენებით და ანგარიშის დაწერაზე

---

კონსულტანტი: თ. ჯიშკარიანი, სტუ პროფესორი  
ტელეფონი: 893 79 00 84  
როლი პროექტში: ენერგოაუდიტის გუნდის წევრი

---

კონსულტანტი: ნ. ქევხიშვილი, სტუ პროფესორი  
ტელეფონი: 897120 332

## 4 სტანდარტები და წესები

შემდეგი სტანდარტები და წესები მნიშვნელოვანია შესაბამისი ენერგოეფექტური და რეკონსტრუქციის ღონისძიებებისათვის:

- გათბობა, ვენტილაცია და კონდინცირება SNIP 2.04.05-86
- საქვაბე დანადგარი
- წყალმომარაგება
- სამშენებლო თბოტექნიკა SNIP II-3-79\*

ამ სტანდარტებსა და წესებიდან გამომდინარეობს შემდეგი მოთხოვნები:

- გათბობა, ვენტილაცია და კონდინცირება SNIP 2.04.05-86
- საქვაბე დანადგარი
- წყალმომარაგება
- სამშენებლო თბოტექნიკა SNIP II-3-79\*

## 5 შენობის მდგომარეობის აღწერა

### 5.1 ზოგადი მდგომარეობა

შენობის ტიპი	სტუ მე-4 კორპუსში განლაგებული ელექტრომექანიკის №18 ლაბორატორია						
აშენების თარიღი	1950-იანი წლები	სისტემატიურად ექსპლუატაციაშია (წელი)				1950-იანი	
	<i>სამუშაო დღეები</i>	<i>შაბათი</i>	<i>კვირა</i>				
ექსპლუატაციის გრაფიკი	8	6	0	<i>(სთ/დღე)</i>			
გათბობის გრაფიკი	10	8	<i>(სთ/დღე)</i>				
1 ცვლა	9-დან	18	სთ-მდე	მე-2 ცვლა	-	-	სთ-მდე
მე-3 ცვლა	-	-	სთ-მდე	მე-4 ცვლა	-	-	სთ-მდე

<b>გამოსასვლელი დღეები</b> (მიუთითეთ თუ არსებობს დამატებითი გამოსასვლელი დღეები, გარდაჩვეულებრივის)					
<b>შენობაში მოყოფადამიანთაროდენობა</b> (საავადმყოფოების, სკოლებისათვის დაა. შ. მიუთითეთ ავადმყოფების, მოსწავლეების დაა. შ. რაოდენობა)					
მუდმივი მობინადრე/თანამშრომელი	30	ადამიანი			
დროებითი მობინადრე/თანამშრომელი	70	ადამიანი			
<b>შენობის შიდა საშუალო ტემპერატურა</b>					
მდგომარეობა			ნორმატივი		
ტემპერატურა მომუშავე გათბობის სისტემის პირობებში	14	°C	ტემპერატურა მომუშავე გათბობის სისტემის პირობებში	19	°C
			საკლასო ოთახში		
ტემპერატურა გამორთული გათბობის სისტემის პირობებში	7	°C	ტემპერატურა გამორთული გათბობის სისტემის პირობებში	16	°C
<b>დაყენებული მრიცხველები დამათიმდებარეობა</b>					
ენერგოაუდიტორებს არჰქონდათ ელექტროენერჯის მრიცხველის ნახვის შესაძლებლობა. ის ცალკე აგანგებულ დამხოლოდ უფლება მოსიღპირებს გააჩნიათ მათი შემოწმები					
<b>ექსპლუატაციის ადასერვისის სარსებულის ელშეკრულებები</b>			<b>ექსპლუატაციისა და სერვისის ინსტრუქციები</b>		
-			-		

იმ დროს როდესაც შენობაში მუშაობა მიმდინარეობს, მასში საშუალოდ ერთდროულად 30 ადამიანი იმყოფება. შენობის გათბობა ხდება ელექტროხელსაწყოების საშუალებით. ლაბორატორიის ყველა სათავსო არ თბება, მხოლოდ მათი ნაწილი.

### 5.2 შენობის მონაცემები

საერთო ფართი	1674	☒	კონდიციონერული ფართი	1674	☒
--------------	------	---	----------------------	------	---

საერთო მოცულობა	1851	შ	კონდიციონერული მოცულობა	1851	შ
იატაკის ფართი	441	შ	სართულების რ-ბა	1	

გადამღობი კონსტრუქციები (კედლები)								
კედლების მდგომარეობის ზოგადი შეფასება				საშუალო თბური მდგრადობა (ინერცია)				
გადამღობი კედლების საერთო ფართი	332			შ	თბოგადაცემის კოეფიციენტი U(საშუალო)	1,22		პტ/შკ
ორიენტაცია	ჩ	ჩ-ა	ა	ს-ა	ს	ს-დ	დ	ჩ-დ
კედლის ფართი, მ <sup>2</sup>	142,8		61,7		142,8		61,7	
მასალის ტიპი	მ1აგური		მ1აგური		მ1აგური		მ1აგური	
იზოლაციის ტიპი	-							
სტოგადაცემის კოეფიციენტი, ვტ/მ <sup>2</sup> კ	1,22		1,22		1,22		1,22	
მასალა ტიპი m1	<p>თბოგამტარობა აგურისათვის აღებულია <math>\lambda=0,76</math> ვ/მკ თუ მათი სისქე შეადგენს <math>\delta=0,46</math> მ, სადაც მთლიანი სისქე გაზომილია როგორც <math>\delta=0,50</math> მ, ხოლო <math>\delta=0,02</math> მ შეადგენს შიდა და გარე ბათქაშის ფენების სისქეს.</p> <p>საჭირო თერმული წინაღობა გამოითვლება როგორც:</p> <p><math>R_{req} = 1 / 8,7 + 0,02 / 0,81 + 0,46 / 0,76 + 0,02 / 0,64 + 1/23 = 0,818 \text{ m}^2 \text{ K/W}</math></p> <p>თბოგადაცემის კოეფიციენტი დაახლოებით შეადგენს:</p> <p><math>U = 1 / 0,818 = 1,22 \text{ W/m}^2 \text{ K}</math></p>							
იზოლაცია ტიპი 1	-							

გადამღობი კონსტრუქციები (კედლები) ნაშენია  $\delta=0,46$  მ სისქის აგურით. გამოთვლებით დადგინდა, რომ შენობის გარსი ხასიათდება საშუალო თბური მდგრადობით (ინერციით), რაც ტიპურია იმ ხანის (1950-იანი წლების) სამშენებლო პრაქტიკისათვის. ენერგოაუდიტის გუნდმა მიიღო ელექტრომექანიკის №18 ლაბორატორიის მიერ დაკავებული შენობის ნაწილის გეგმა. თბოგადაცემის კოეფიციენტის (U) გამოთვლა მოხდა ადგილზე შემოწმების შედეგებზე დაყრდნობით და მიღებულია როგორც  $U_{კედელი}=1,22$  ვტ/მ<sup>2</sup>კ.

ფანჯრები	
ფანჯრების მდგომარეობის ზოგადი	მეტალოპლასტმასის ჩარჩო,

შეფასება				ორმაგი შემინვა				
ფანჯრების საერთო ფართი				72,0	შ	თბოგადაცემის კოეფიციენტი (საშუალო)	2,5	ვტ/შკ
ორიენტაცია	მასალა <sup>1</sup>	ტიპი <sup>2</sup>	ზომა A x B <i>მ</i>	ფართი <i>შ</i>	რ-ბა ცალი	მზის ენერჯის წილი <i>g</i>	გრძივი მეტრი <i>მ</i>	თბოგადაცემის კოეფიციენტი <i>U</i> ვტ/შკ
ჩ	P	2G	2,4x1,80	4,32	9	0,60	75,6	2,5
ა	P	2G	2,4x1,40	3,40	1	0,60	7,6	2,5
ს	P	2G	2,4x1,80	4,32	7	0,60	58,8	2,5
დ	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>სულ</b>				72,0	17		1884	
მასალა <sup>1</sup>				ხე (W), ალუმინი (Al), პლასტმასა (P), ფოლადი (St)				
ტიპი <sup>2</sup>				ერთმაგი ჩარჩო (S), ორმაგი ჩარჩო (D), დაპრესილი მასალის ჩარჩო (B), ერთმაგი შემინვა (1G), ორმაგი შემინვა (2G), სამმაგი შემინვა (3G)				

ფანჯრების შეცვლა მოხდა 2009 წლის ზაფხულში. მინაპაკეტი არ არის შევსებული ინერტული გაზით. თბოგადაცემის კოეფიციენტის მნიშვნელობის დადგენა ვერ მოხერხდა სექტრიფიკატის საფუძველზე, ამიტომ ის იყო აღებული ადგილის დათვალიერების შედეგად გასაშუალოებული იმ ფანჯრებისათვის, რომელიც იყიდება საქართველოს ბაზარზე.

კარები							
კარების მდგომარეობის ზოგადი შეფასება				ხის			
კარების ტიპი				ერთმაგი			
კარების რ-ბა	1	კარების საერთო ფართი	4,5	მ <sup>2</sup>	თბოგადაცემის კოეფიციენტი (საშუალო)	4,65	ვტ/შკ

№18 ლაბორატორიის შესასვლელი კარი ხისაა. ეს შესასვლელი აკავშირებს ლაბორატორიას მე-4 კორპუსის პირველი სართულის ხოლთან, ისე რომ მას არა აქვს უშუალო შეხება ცივ ქუჩის ჰაერთან.

სახურავი	
სახურავის მდგომარეობის ზოგადი შეფასება	ლაბორატორიის თავზე მდებარეობს სათავსო გათბობის გარეშე

სახურავის საერთო ფართი	441		მ <sup>2</sup>	თბოგადაცემის კოეფიციენტი U(საშუალო)	0,80	ვტ/მ <sup>2</sup> კ	
სახურავის ტიპი	მასალის ტიპი	იზოლაციის ტიპი	იზოლაციის სისქე მ	ფილის სისქე მ	საშ. ტემპ. °C	ფართი მ <sup>2</sup>	U ვტ/მ <sup>2</sup> კ
-	m1	-	-	0,185		441	0,80
სულ							
მასალა ტიპი	m1						
იზოლაცია ტიპი	-						
il							

№18 ლაბორატორიას უკავია შენობის პირველი სართულის ნაწილი. სივრცე მის თავზე უკავია სართულს, რომელიც არ თბება, ასე რომ თბოდანაკარგებს ადგილი აქვს გადახურვის ფილიდან იმ შემთხვევაში, თუ ტემპერატურის სხვაობა ამ ფილის ორივე ზედაპირს შორის 5<sup>0</sup> C აღემატება. რეალურად ზამთრის პერიოდში ეს თითქმის ყოველთვის იწვევს თბოდანაკარგებს ჭერიდან, თუმცა ეს უკანასკნელი შენობის სახურავს არ წარმოადგენს. თბოგადაცემის კოეფიციენტი ასეთ შემთხვევაში, როდესაც ფილის გარე ზედაპირი არ შედის უშუალო კონტაქტში ცივ ქუჩის ჰაერთან, შენობის შემზღუდავი კონსტრუქციების მდგომარეობის გათვალისწინებით, შესაძლებელია შეფასდეს როგორც U= 0,80 ვტ/მ<sup>2</sup>კ.

იატაკი					
იატაკის მდგომარეობის ზოგადი შეფასება			ლაბორატორიის ქვეშ განლაგებულია რესტორანი		
იატაკის საერთო ფართი:	441	მ <sup>2</sup>	თბოგადაცემის კოეფიციენტი U(საშუალო)	0,20	ვტ/მ <sup>2</sup> კ
იატაკის ტიპი	-				
იატაკის მასალა	-				

იატაკიდან თბოდანაკარგებს ფაქტობრივად ადგილი არა აქვს. ლაბორატორიის ქვეშ განლაგებულია რესტორანი, რომელსაც გათბობის სისტემა გააჩნია, ასე რომ კომპიუტერულ პროგრამაში შევიყვანეთ თეორიულად შეფასებული თბოგადაცემის კოეფიციენტი U = 0,20 ვტ/მ<sup>2</sup>კ იმ მიზნით, რომ შეგვეძლო გამოვვეთვათ თბოდანაკარგები არასტაციონარული გადაცემის შემთხვევისათვის.



### 5.3 გათბობის სისტემა

გენერაციის, მიწოდების, გადამცემის ტიპი				ელექტროენერგია			
გამანაწილებელი სისტემის ტიპი				-			
გათბობის სისტემის მდგომარეობა				-			
ქვაბი/ექსპლუატაციაშია (წელი)				არ არის	გათბობის სისტემა ექსპლუატაციაშია (წელი)		-----
გათბობის სისტემის სიმძლავრე				კვტ	საწვავის ტიპი		
მილების მასალა და მდგომარეობა				-			
იზოლაციის მასალა და მდგომარეობა				-			
სითბოს გამომსხვიარის ტიპი/რაოდენობა				-			
ავტომატური მართვის სისტემა				-			
ინდივიდუალური გამათბობელი მოწყობილობები, ტიპი				ელექტრორადიატორი			
რ-ბა	1-7	ცალ	სიმძლავრე	1.3-1.2	კვტ		
რ-ბა	1-4	ცალ	სიმძლავრე	0.6-1.0	კვტ		

საწუხაროდ №18 ლაბორატორიის მიერ დაკავებულ ფართობზე არ არსებობს თანამედროვე გათბობის სისტემა. ის თბება ელექტრორადიატორებით, რომელიც დადგმულია მხოლოდ რამდენიმე ოთახში. შესაბამისად ოთახის შიდა ტემპერატურა ზამთარში კომფორტულზე დაბალია. ეს მიგვანიშნებს არსებული სიტუაციის გაუმჯობესების დიდ პოტენციალზე ენერგოაუდიტის შედეგად აქ ორმილიანი წყლის თანამედროვე გათბობის სისტემის დაყენების შეთავაზებით.

### 5.4 განათების სისტემა

სანათი	რ-ბა ცალი	დადგმული სიმძლავრე კვტ	საშუალო დატვირთვა კვტ/მ <sup>2</sup>	კონტროლის ტიპი/შენიშვნა
--------	--------------	------------------------------	--------------------------------------------	-------------------------

ფლუორესენტური	86	2,6	4,88	
<b>სულ</b>				

<b>განათება</b>		
საშუალო მოთხოვნა	4,88	ვტ/შ
მუშაობის პერიოდი	20	სთ/კვირა
მუშაობის პერიოდი	38	კვირა/წელი
მაქს. ერთდროული დატვირთვა	5,89	ვტ/შ

შენობის ეს ნაწილი აღჭურვილია ღია მეტალის ჩარჩოში დაყენებული ფლუორესენტური სანათებით. ადგილზე ინსპექციით დადგინდა, რომ შენობის ამ კომპონენტს გააჩნია გაუნჯობესების დიდი პოტენციალი, რადგანაც ელგაყვანილობა თითქმის უვარგისია, ელექტროდუმელების გამოყენებით გამოწვეული გადატვირთვებით. აგრეთვე შესაძლებელია განათების სისტემის გაუმჯობესებაზე მიმართული ისეთი დამატებითი ღონისძიებების შემოთავაზება, როგორცაა ზოგიერთი მწყობრიდან გამოსული ნაწილების შეცვლა, მაგალითად სტარტერების, დროსელების; ან სანათების მეტალის ჩარჩოების გაწმენდა.

## 5.5 სხვადასხვა

ლაბორატორიაში დაყენებულია 5 კომპიუტერი.

სხვადასხვა გამოყენებული მოწყობილობები	რ-ბა ცალი	დადგმული სიმძლავრე კვტ	საშუალო დატვირთვა ვტ/შ	შენიშვნა
კომპიუტერი	5	0,2		
<b>სულ</b>		<b>1,0</b>	<b>2,26</b>	

<b>სხვა გამოყენებული მოწყობილობები</b>		
საშუალო მოთხოვნა	2,26	ვტ/შ
მუშაობის პერიოდი	25	სთ/კვირა
მუშაობის პერიოდი	38	კვირა/წელი
მაქს. ერთდროული დატვირთვა	4,0	ვტ/შ

ქვემოთ ჩამოთვლილი დანადგარები არ გამოიყენება.

სხვადასხვა გამოუყენებელი	რ-ბა ცალი	დადგმული სიმძლავრე კვტ	საშუალო დატვირთვა კვტ/შ	Comments
მოწყობილობა	1	5.0	0,5	
სულ				

სხვადასხვა გამოუყენებელი		
საშუალო მოთხოვნა	0,5	კვტ/შ
მუშაობის პერიოდი	25	სთ/კვირა
მუშაობის პერიოდი	38	კვირა/წელი
მაქს. ერთდროული დატვირთვა	0,5	კვტ/შ

## 5.6 შენობის გარე მოწყობილობები

შენობას არ ფაანია გარე დანადგარები, განათების ჩათვლით. ამ კომპონენტის შესაბამისი ღონისძიებები არ არის გათვალისწინებული.

## 6 ენერჯის მოხმარება

### 6.1 გაზომილი ენერჯის მოხმარება

ცხრილში მოყვანილია გაზომილი ენერჯის მოხმარების მონაცემები და მასზე გაწეული ხარჯები ენერგოაუდიტამდე გასული წლის განმავლობაში. უნივესიტეტის წარმომადგენლებმა არ გადასცეს ენერგოაუდიტის გუნდს ხსენებული ლაბორატორიის მიერ მოხმარებული ენერჯის საფასურის მონაცემები (ქვითრები), რადგანაც ის ცალკე არ იზომება და გარდა ამისა სტუ-ს გააჩნია ერთი ელექტრომრიცხველი რამდენიმე კორპუსისათვის, რომელიც განლაგებულია ისეთ ადგილას, სადაც ის მხოლოდ განსაზღვრული კატეგორიის თანამშრომლებისათვის არის ხელმისაწვდომი.

2008 წელი	ცენტრალური გათბობა	ელექტრო ენერჯია	<გაზი> <თხევადი საწვავი>	სხვა	სულ
ენერჯის ფასი		1855			1855 ლარი
ენერგო მოხმარება		10479			10479 კვტსთ/წ
კუთრი მოხმარება		23,8			23,8 კვტსთ/კვ
წელის მოხმარება	ელექტროენერჯისათვის-15.05.2006-დან				

\*) ენერჯია, ფიქსირებული გადასახადები და ა.შ.

ენერგოაუდიტის გუნდი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ თითქმის შეუძლებელი იქნებოდა №18 ლაბორატორიის მიერ მოხმარებული ენერჯის გაზომვა, იქიდან გამომდინარე, რომ მას უკავია მე-4 კორპუსის ნაწილი და მის მიერ მოხმარებული ენერჯის განცალკევება კორპუსის დანარჩენი ნაწილის მიერ მოხმარებული ენერჯიდან გაძნელებულია. გარდა ამისა, ენერგოაუდიტის გუნდმა მხედველობაში მიიღო ის გარემოებაც, რომ სტუ რამდენიმე კორპუსი ერთ ელექტრომრიცხველზეა მიერთებული.

ენერგოაუდიტის გუნდმა გაანალიზა ელექტროენერჯის მოხმარება გათბობისა და განათების თვალსაზრისით, იმასთან დაკავშირებით, რომ დღესდღეობით ამ შენობაში ელექტროენერჯია ორივე დანიშნულებით გამოიყენება. ელექტროენერჯის მოხმარების მონაცემების არარსებობის პირობებში ენერგოაუდიტის გუნდს მოუხდა ელექტროენერჯის მოხმარების ანალიზი ლაბორატორიის თანამშრომლების გამოკითხვის გზით გათბობის თავისებურებების თაობაზე – ერთდროულად ჩართული ელექტრორადიატორების სიმძლავრეზე, მათი მუშაობის ხანგრძლივობაზე (საათებზე) ზამთრის პერიოდში. აგრეთვე გუნდის წევრებმა შეამოწმეს ლაბორატორიაში არსებული დანადგარების სიმძლავრე და საშუალო მუშაობის საათები.

თბოუნარიანობა შემდგენიარადაა წარმოდგენილი:

ენერჯის მატარებელი	თბოუნარიანობა	ერთეული	შენიშვნა
ბუნებრივი აირი (გაზი)	37190	კჯ/მ <sup>3</sup>	ანუ 10 330kWh/1000მ <sup>3</sup> , ტოლია 8884 კკალ/1000მ <sup>3</sup>

ელექტროენერჯის ტარიფი 0,17697 ლარი/კვსთ  
 ბუნებრივი აირის ტარიფი 0,51 ლარი/მ<sup>3</sup>  
 ზემოდ მოყვანილი თბოუნარიანობა და ტარიფები გამოიყენება შემდგომი გამოთვლებისათვის.

## 6.2 ენერჯის გამოთვლილი და საბაზო მოხმარება

№18 ლაბორატორიის მიერ ენერჯის საბაზო მოხმარება განისაზღვრა როგორც დაახლოებით 57850 კვსთ/წ ადგილობრივი გათბობის სისტემისათვის ქვებით და 1961 კვსთ/წ განათებისათვის. ჯამში წელიწადში საჭიროა 62527 კვსთ/მ<sup>2</sup> შენობაში ნორმალური სამუშაო პირობების შესაქმნელად, თუ საწვავად ბუნებრივი აირი გამოიყენება.

შენობის გარსი ხასიათდება საშუალო თბური მდგრადობით (ინერციით). ადგილზე დათვალიერებით და ლაბორატორიის თანამშრომლების გამოკითხვის საფუძველზე დადგინდა თბოგადაცემის კოეფიციენტი U სახურავის, კედლებისა და იატაკისათვის და შეფასდა ენერჯის (ელექტროენერჯის) მოხმარების მოცულობა, იქიდან გამომდინარე, რომ დენის ქვითრები აქ არ არსებობს.

### 6.3 ენერგო ბიუჯეტი

გამოთვლილი და გაზომილი ენერჯის მოხმარება ენერგოეფექტური ღონისძიებებისა და რეკონსტრუქციის ჩატარებამდე და ჩატარების შემდეგ დაჯამებულია ქვემოთ მოყვანილ ენერგო ბიუჯეტში.

ენერგო ბიუჯეტი – ენერგო აუდიტი				
ბიუჯეტის კომპონენტები	მე ღონისძიებებზე გამოთვლილი [კვტსთ/მ <sup>2</sup> წელი]	მე ღონისძიებებზე გაზომილი [კვტსთ/მ <sup>2</sup> წელი]	მე ღონისძიებებზე საბაზო [კვტსთ/მ <sup>2</sup> წელი]	მე და რეკონსტრუქციის შემდეგ [კვტსთ/მ <sup>2</sup> წელი]
გათობა	14,2	14,2	131,2	117,4
ვენტილაცია	0	0	0	0
ცხელწყალმომარაგ.ე	0	0	0	0
ვენტილატორი	0	0	0	0
ტუმბო		0	1,1	1,1
განათება	4,4	4,4	4,4	3,6
სხვადასხვა	5,1	5,1	5,1	5,1
კონდიციონერება	0	0		
<b>ჯამი</b>	<b>23,8*</b>	<b>23,8**</b>	<b>141,8***</b>	<b>127,2****</b>

ენერგო ბიუჯეტი – ენერგო აუდიტი				
ბიუჯეტის კომპონენტები	მე ღონისძიებებზე გამოთვლილი [კვტსთ/წელი]	მე ღონისძიებებზე გაზომილი [კვტსთ/წელი]	მე ღონისძიებებზე საბაზო [კვტსთ/წელი]	მე და რეკონსტრუქციის შემდეგ [კვტსთ/წელი]
გათობა	6266	6266	57850	51777
ვენტილაცია	0	0	0	0
ცხელწყალმომარაგ.ე	0	0	0	0
ვენტილატორი	0	0	466	466
ტუმბო	1961	1961	1961	1608
განათება	2251	2251	2251	2251
სხვადასხვა	0	0	0	0
<b>კონდიციონერება</b>	<b>10479*</b>	<b>10479**</b>	<b>62527***</b>	<b>56101****</b>

\* მოყვანილია კომპიუტერული მოდელიდან

\*\* გაზომილი ფაქტობრივი მოხმარება (ჩვენ შემთხვევაში ეს სვეტი იმეორებს გამოთვლილი ენერჯის მოხმარების მონაცემებს, რადგანაც ელექტროენერჯის ქვითრების შოვნა ვერ მოხერხდა)

\*\*\* ნორმალიზებული საბაზო მნიშვნელი გაზზე გადასვლის შემდეგ

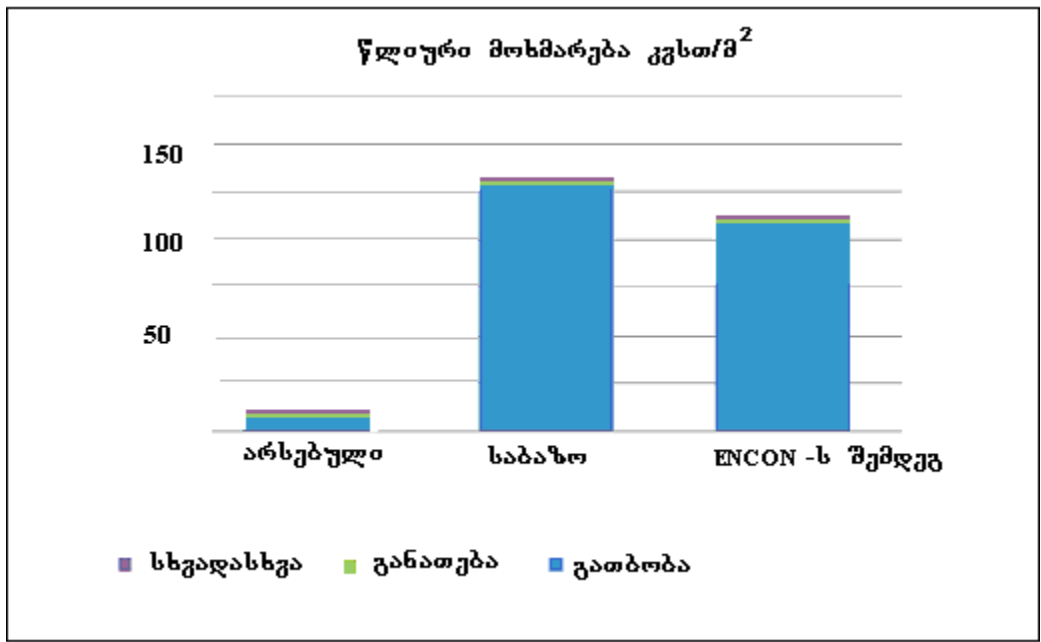
*ენერგოდაზოგვის ღონისძიებების გარეშე*

*\*\*\*\* გაზზე გადასვლის შემდეგ ენერგოდაზოგვის ღონისძიებების გათვალისწინებით*

შენობა ზამთარში თბება ელექტრომოწყობილობებით და შიდა ჰაერის ტემპერატურა არ შეესაბამება კომფორტულ პირობებს ორი მიზეზის გამო: პირველი – თბება არა მთელი პირველი სართული, სადაც ლაბორატორიაა განთავსებული, არამედ მხოლოდ მისი ნაწილი, მეორე – შენობის თბოტექნიკური მონაცემები იყო გათვლილი თბოიზოლაციის გარეშე, რაც იმას ნიშნავს, რომ არსებული სახით მათ ნაკლებად შესწევთ უნარი დაიცვან სათავსოები დაბალი გარე ტემპერატურებისაგან სითბოს უწყვეტი მიწოდების გარეშე.

ენერგო ბიუჯეტის ცხრილში მოყვანილი დაბალი მაჩვენებლები ადასტურებს ადგილზე ჩატარებული ინსპექტირების შედეგად მოპოვებულ ამ ინფორმაციას, ინსპექტირების შედეგებს და პროექტის მასალებს (სვეტი “გაზომილი”). ამ ინფორმაციაზე დაყრდნობით მოხდა შენობაში ენერჯის მოხმარების მოდელის კალიბრირება საკვანძო რიცხვების კომპიუტერული პროგრამის საფუძველზე (სვეტი “გამოთვლილი”).

სვეტში “საბაზო” მოყვანილია ენერგო მოხმარების ის მოცულობა, რომელიც საჭიროა დღევანდელ პირობებში შენობაში კომპორტული პირობების შესაქმნელად, ე.ი. ეს არის ენერჯის ის რაოდენობა, რომელიც იქნება საჭირო როდესაც გათბობის სისტემა ზამთარში იმუშავებს. უკანასკნელი სვეტი – “ენერგო ეფექტური ღონისძიებების და რეკონსტრუქციის შემდეგ” წარმოგვიდგენს ენერჯის მოხმარების შემცირებულ სიდიდეებს (ნახატი 1).



ნახატი 1. ENSI საკვანძო რიცხვების კომპიუტერული პროგრამით გამოთვლილი წლიური ენერჯის მოხმარება

## 7 ენერგოეფექტურობის პოტენციალი

აქ მოყვანილი სიდიდეები წარმოადგენს ეკონომიკური გამოთვლების კომპიუტერული პროგრამების გამოყენებით ჩატარებული ეკონომიკური მოდელირების შედეგს. ენერგოაუდიტის შედეგად გამოვლინდა ენერგოეფექტურობის ამაღლების მნიშვნელოვანი პოტენციალი ამ შენობისათვის:

მოწოდებული ენერჯის დანახოვი	6429	კვსთ/წ
წმინდა დანახოვი	7614	ლარი/წ
დაბანდება	22416	ლარი
ამოგების პერიოდი	2,9	წელი

ენერჯის დაზოგვის პოტენციალი ენერგოეფექტური და რეკონსტრუქციის ღონისძიებების დასადგენად შეჯამებულია შემდეგ ცხრილში მათი მომგებიანობის შესაბამისად (NPVQ).

ეე პოტენციალი-ენერჯო აუდიტი						
სტუმე-4 კორპუსშიგანლაგებულიელექტრომექანიკის №18 ლაბორატორია			გასათბობი ფართობი		441 მ <sup>2</sup>	
ეე ღონისძიებები		ინვესტიცია [ლარი]	წმინდა დანახოვი		ამოგება	NPVQ
			[კვსთ/წ]	[ლარი/წელი]	[წელი]	*
1.	თანამედროვე გათბობის სისტემის დაყენება	21408	6073	7481	2,9	2,13
2.	განათების სისტემის რეკონსტრუქცია	1.008	353	133	7,6	0,18
მომგებიანი ეე ღონისძიებები						
1.	თანამედროვე გათბობის სისტემის დაყენება	21408	6073	7481	2,9	2,13
2.	განათების სისტემის რეკონსტრუქცია	1.008	353	133	7,6	0,18
<b>სულ მომგებიანი ღონისძიებები</b>		<b>22416</b>	<b>6429</b>	<b>7614</b>	<b>2,9</b>	



- ეფუძნება 7.3% რეალურ საპროცენტო განაკვეთს

მიწოდებული ენერჯის წარმოდგენილი დანახოვი დაყოფილია ენერჯის კონკრეტული წყაროს შესაბამისად.

ენერგომატარებელი	ერთეული	არსებული (საბაზო)	ღონისძიებების შემდეგ	დანახოვი
ელექტროენერჯია	კვტ/წ	1961	1608	353
ადგილობრივი გათბობა	კვტ/წ	57850	51777	6073
ადგილობრივი გათბობისათვის საჭირო გაზი	მ <sup>3</sup> /წ	5600	5012	588

დღესდღეობით №18 ლაბორატორიის მიერ დაკავებულ ფართობზე არ არსებობს თანამედროვე გათბობის სისტემა, რომელიც იყენებს ბუნებრივ აირს. მაგრამ მოსალოდნელია, რომ ის გამოიყენება გათბობისათვის მომავალში. ზემოდ მოყვანილ ცხრილში მოცემულია ბუნებრივი აირის ის რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ლაბორატორიის გასათბობად არსებულ (საბაზო) პირობებში და ენერგოდამზოგავი ღონისძიებების (ENCON) გატარების შემდეგ.

CO<sub>2</sub>-ს ემისიის შემცირება, რომელიც მოხდება ენერგოაუდიტით გათვალისწინებული ყველა ღონისძიების გატარების შედეგად, შეფასებულია როგორც 1,32 ტონა/წ.

## 8 ენერგოეფექტური ღონისძიებები

### 8.1 ღონისძიებების ჩამონათვალი

მომდევნო თავებში შეფასებულია და დეტალურად აღწერილია შემდეგი ენერგოეფექტური და რეკონსტრუქციის ღონისძიებები. ინფორმაცია ყოველი მომგებიანი ღონისძიებისათვის მოყვანილია ცალკე ცხრილის სახით.

მომგებიანი ენერგოეფექტური ღონისძიები მოყვანილია შემდეგ ცხრილში.

ენერგოეფექტური და სარეკონსტრუქციო ღონისძიებები
1. თანამედროვე გათბობის სისტემის დაყენება
2. განათების სისტემის რეკონსტრუქცია

### 8.2 ღონისძიებები

ქვემოთმოცემულია ყველა შეფასებული ღონისძიების აღწერა.

ღონისძიება	1. – გათბობის სისტემის დამონტაჟება
ელექტრომექანიკის №18 ლაბორატორიის მიერ დაკავებულ ფართო	



**ღონისძიების შეფასება**

გადაწყვედა გათბობის თანამედროვე სისტემის დაყენება იმასთან დაკავშირებით, რომ ზამთრის სათავის შიდა ტემპერატურა ნაკლებია კომფორტულ ზე. ამ მიზნით დაპროექტებული იყო რომილოვანი თანამედროვე გათბობის სისტემა. საქვების მშენებლობა დაპროექტებულია სტუმე-4 კორპუსის სეზონში. საწვავად შემოთავაზებულია ბუნებრივი აირი. ბუნებრივი აირის მიწოდებელი მილიგადის ლაბორატორიის უშუალოდ სიახლოვეში. ამ ღონისძიებით გათვალისწინებულია ყველა ხარჯები, რომელიც თანახმაა გათბობის სისტემის მონტაჟს, მ.შ. ქვების გამწოვი მილით, რადიატორების, მილების, სარქველების, მანომეტრების, ფილტრების და დაპროექტირებული გათვალისწინებული სხვა მოწყობილობის. ENI-ს აკვანძორი ცხვების კომპიუტერული პროგრამით გამოთვლილი გეგმებს, რომ ქვების სიმძლავრე უნდა დაახლოებით 40 კვტ-ს შეადგენდეს.

**დანაზოვის გაანგარიშება**

**(ENI-ს აკვანძორი ცხვების კომპიუტერული პროგრამითანსხვასაშუალებით)**

ინვესტიცია გათბობის სისტემის მონტაჟის პეციფიკაციის შესაბამისად გულისხმობს: რადიატორების, მილების და ა.შ. დაყენების ღირებულება სათავის შიგნით – 5178,5 ლარი გაზის ქვების დაყენების ღირებულება თანხლები მილებით, სარქველებით, მანომეტრით და ელსადენებით – 5331 ლარი დაახლოებით 17 მ<sup>2</sup> საქვების მშენებლობის ღირებულება – 4753 ლარი საკვამლე მილის დაყენების ღირებულება 2495 ლარი შესაბამისად მთლიანი ინვესტიცია შეადგენს – 17757.5=17758 ლარი

ენერჯის რაოდენობა,

რომელიც აკვანძორი ცხვების კომპიუტერული პროგრამით იყო გამოთვლილი როგორც საბაზო ოპტიმალური გათბობისათვის კომპორტული შიდა ტემპერატურის მიხედვით 57850 კვს/წ-ია. თუ ენერჯის რაოდენობა ელექტროენერჯის ხარჯზე იქნება მიღებული, ფულად გამოსახულება შეესაბამებოდა - 57850 x 0,17697 = 10237,7 ლარი/წ.

თანამედროვე გათბობის სისტემის დაყენების შემთხვევაში ენერჯის მოხმარება შემცირდება უმჯობესებული ენერგოეფექტურობის, ავტომატური კონტროლის, ექსპლუატაციის და მომსახურების ხარჯზე და შეადგენს – 51777 კვს/წ.

ძირითადი დანაზოვი წარმოიქმნება ელექტროენერჯის დანახვების რეგულაციის ხარჯზე

ბუნებრივი აირის ენერგომატარებელად გამოყენების შემთხვევაში ენერჯის გამოვლენილი რაოდენობა 51777 კვს/წ გაზის ექვივალენტში მოითხოვს - 51777/10,33 = 5012,3 მ<sup>3</sup> ბუნებრივი აირის ფულად გამოსახულება შეესაბამებოდა -

5012,3 x 0,51 = 2556,3 ლარი წელიწადში.

დანაზოვი ენერგომატარებლის შეცვლის შემთხვევაში შეადგენს - 10237,7 – 2556,3 = 7681,4 ლარი/წ. ის წარმოიქმნება თანამედროვე გათბობის სისტემის დადგმის,

ასევე შედარებით აფიზიური ბუნებრივი აირის და ელექტროენერჯის ფასთა სხვაობის ხარჯზე. ამგვარი ანტი-შესაფასებელი ენერგოაუდიტის გუნდმა ჩაატარა ისეთი შენობის ანალიზი დამოუკიდებლად, რომელიც ენერგომატარებელად მხოლოდ ელექტროენერჯის იყენებს.

**ინვესტიცია:**

პროექტირება/დაგეგმვა

250 ლარი

პროექტის მართვა	400 ლარი
გათბობის სისტემის მონტაჟი	17758 ლარი
კონტროლი და გამოცდა	1800 ლარი
დოკუმენტაცია	500 ლარი
სხვა დანახარჯები	200 ლარი
სხვა დანახარჯები	500 ლარი
<b>სრული ინვესტიცია</b>	<b>21408 ლარი</b>
<b>ექსპლუატაციისადამომსახურების ხარჯები, წელი (+/-)</b>	<b>200 ლარი/წ</b>
<b>წმინდა დანახოგი</b>	<b>7481.4 ლარი/წ</b>
<b>ეკონომიკური ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა</b>	<b>15 წელი</b>

<b>დონისძიება. 2. – განათების სისტემის რეკონსტრუქცია</b>
<p><b>არსებული სიტუაცია</b>  დღესდღეობით ელექტრომექანიკის №18 ლაბორატორიის ელექტრომომარაგების სისტემა ცუდ მდგომარეობაშია, მიუხედავად იმისა, რომ აქ ფლუორესენტური სანათები დაყენებულია. არსებული განათების სისტემა შედგება 86 ფლუორესენტური მილისებრი სანათისაგან, რომელთაგანაც 34 გადამწვარია. იმის გათვალისწინებით, რომ საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ შენობაში ცენტრალური გათბობა არ ფუნქციონირებდა, არა ეფექტური გათბობის უზრუნველყოფა ხდებოდა ელექტროენერჯის ხარჯზე, რის შედეგადაც სადენები დაზიანებულია. ეს თავის მხრივ იწვევს სანათების ექსპლუატაციის ვადის ხელშეწყობის შემცირებას და მწყობრიდან გამოსვლას. ამომრთველების და შტეფსელის როზეტების სწავილია გრეთვე მწყობრიდან აგამოსული.</p>
<p><b>დონისძიების აღწერა</b>  ენერგოაუდიტის გუნდმა მიიღო გადაწყვეტილება ლაბორატორიის სათავსო სანათების სისტემის განახლების შესახებ. ცნობილია, რომ ყველა ფლუორესენტური სანათი დროთა განმავლობაში კარგავს სიკაშკაშეს. ძველ სანათებზე და გროვებულ ქუჩეში, ცუდად მოვლილი დანადგარები აგრეთვე ამცირებს სანათების ეფექტურობას, ისევე როგორც დროს ხელის არასწორი ოპერაცია იწვევს სანათების დაზიანებას ცუდი გაყვანილობის გამო. განათების სისტემის განახლების მიზნით შეთავაზებულია ელგაყვანილობის გამოცვლა, ასევე სისტემის მწყობრიდან გამოსვლის სწავილის ჩანაცვლება.</p>

**დანაზოგისგაანგარიშება**

**(ENSI საკვანძო რიცხვების კომპიუტერული პროგრამითანსხვასაშუალებით)**

განათების სისტემის განახლების შედეგად მიღებული ენერჯის დანაზოგი გათვლილი იყო კომპიუტერული პროგრამით. ის შეადგენს 353 კვსთ/წელექტროენერჯიას.

ფულადგამოსახულებაში ეს შეადგენს  $353 \times 0,17697 = 62.5$  ლარს. თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ ცუდი ელსადენების გამოყოფელ წლიურად საშუალოდ მწყობრიდან გამოდის 15 სანათი, მათი ღირებულება ცუნდამი ეთვალოს დანაზოგის მიშემთხვევაში, თუმცა ხდება სადენების გამოცვლა. შედეგად მთლიანი დანაზოგი შეადგენს -  $15 \times 6 + 63 = 153$  ლარს.

განათების სისტემის რეკონსტრუქციის ინვესტიცია შეადგენს -

შტეფსელის როხეტები - 150 ლარი

ამომრთველები - 50 ლარი

ფლუორესენტური სანათები - 204 ლარი

34 დროსელი - 34 ლარი

ორმავე თლიანი კაბელი -  $d=4$  მმ -  $400 \text{ მ} \times 1 \text{ ლარი/მ} = 400$  ლარი

ფიდერის დაფა - 100 ლარი

სულ - 938 ლარი

**ინვესტიცია:**

პროექტირება/დაგეგმვა	10	ლარი
პროექტის მართვა	10	ლარი
გათბობის სისტემის კომპონენტები	938	ლარი
მონტაჟი	20	ლარი
კონტროლი და გამოცდა	10	ლარი
დოკუმენტაცია	10	ლარი
სხვა დანახარჯები	10	ლარი

**სრული ინვესტიცია** 1008 ლარი

**ექსპლუატაციის სადამომსახურების ხარჯები,** 20 ლარი/წ

**წმინდა დანაზოგი** 115 ლარი/წ

**ეკონომიკური ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა** 15 წელი

## 9 ეკოლოგიური სარგებელი

მიწოდებული ენერჯის დანაზოგი და CO<sub>2</sub>-ს ემისიის თანმხლები შემცირება 441 მ<sup>2</sup> ფართობიდან, რომელიც უკავია ელექტრომექანიკის № 18 ლაბორატორიას შეადგენს:

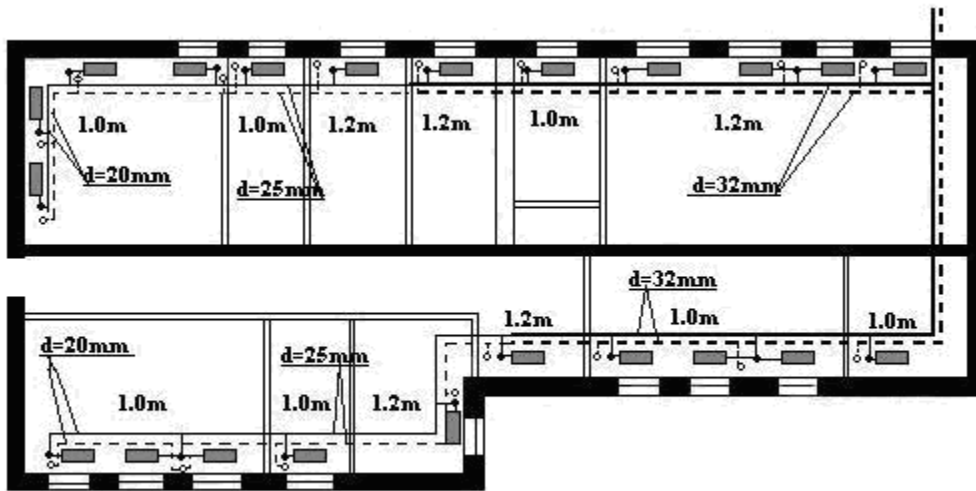
	ენერგომატარებელი					
	ცენტრალური გათბობა	ელ.ენერჯი	გაზი	თხევადი საწვავი	სხვა	
არსებული მდგომარეობა (კვტს/მ <sup>2</sup> წ)	-	4,4	131,2	-	-	
ეე და სარეკონსტრ.ღონისძიებების შემდეგ (კვტს/მ <sup>2</sup> წ)	-	3,6	117,4	-	-	
დანაზოგი (კვტს/მ <sup>2</sup> წ)	-	0,8	13,8	-	-	
დანაზოგი (კვტს/წ)	-	353	6073	-	-	
CO <sub>2</sub> ემისიისკოეფიციენტი (კგ/კვტსთ)	-	<b>0,3999</b>	<b>0,194</b>	-	-	
CO <sub>2</sub> ემისიის შემცირება (კგ/მ <sup>2</sup> წ)	-	0,32	2,68	-	-	
CO <sub>2</sub> ემისიის შემცირება (ტ/წ)		1,32				

მოსალოდნელია თანამედროვე გათბობის სისტემის დაყენება გაზის ქვაბით. სტრიქონში “არსებული მდგომარეობა” მოცემულია ენერჯიის მოხმარება შენობის მ<sup>2</sup>-ზე ენერგოდაზოგვის ღონისძიებების (ENCON) გატარების გარეშე. მოსალოდნელი ბუნებრივი აირის დანაზოგი (მ<sup>3</sup>) მოცემულია შენობის 1 მ<sup>2</sup>-ზე გადაანგარიშებით. CO<sub>2</sub>-ს ემისიის შემცირება, რომლის მიღწევა ხდება ენერგოაუდიტის მეშვეობით განსაზღვრული ენერგოეფექტური ღონისძიებების რეალიზაციის შედეგად შეფასებულია როგორც 1,32ტ/წ.

# დანართი

## გათბობის სისტემის ნახაზი

№ 18 ელექტრომექანიკის ლაბორატორიის მიერ დაკავებული პირველი სართულის გეგმა ცენტრალური გათბობის სისტემის სქემით



## ლიტერატურა

A guide to energy efficient heating and cooling.

[http://www.energystar.gov/ia/partners/publications/pubdocs/HeatingCoolingGuide%20FINAL\\_9-4-09.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/publications/pubdocs/HeatingCoolingGuide%20FINAL_9-4-09.pdf)

Armstrong, T., Bishop, R., Brinkman, K., Gallagher, J., Kallu, R., Mason, N., Plugge, F., Roughton, E., Rutherford, J., Vickers, G. (2007) *Energy Audit Manual New Zealand*  
<http://www.eecabusiness.govt.nz/sites/all/files/energy-audit-manual.pdf>

Barcik M, Ross-Bain J. HVAC 101 The Basics of Heating, Ventilation and Air Conditioning  
[http://www.energycodes.gov/news/2003\\_workshop/pdfs/HVAC\\_101.pdf](http://www.energycodes.gov/news/2003_workshop/pdfs/HVAC_101.pdf)

B. F. Environmental Consultant Inc. *Energy Audit and Auditor Training Certification Program.* Green Building.

[http://www.training-](http://www.training-classes.com/programs/03/66/36626_energy_audit_and_auditor_training_certification_program.php)

[classes.com/programs/03/66/36626\\_energy\\_audit\\_and\\_auditor\\_training\\_certification\\_program.p](http://www.training-classes.com/programs/03/66/36626_energy_audit_and_auditor_training_certification_program.php)  
hp

Brown, H (2005). *Lighting audit can lead to big energy savings.* Real estate

Weekly  
<http://www.thefreelibrary.com/Lighting+audit+can+lead+to+big+energy+savings-a0130053346>

Bureau of Energy Efficiency, a statutory body under Ministry of Power, Government of India (2009). *Guidelines for preparation of Energy Audit Reports, Structure of the Energy Audit Report*  
[http://www.bee-india.nic.in/EA\\_EM/GuidelinesforpreparationofEnergyAuditReports.pdf](http://www.bee-india.nic.in/EA_EM/GuidelinesforpreparationofEnergyAuditReports.pdf)

Business Development Team (2009). *Enigin On: How to produce the World's Best Energy Audit Report- And avoid it ending up in the bin!* Enigin PLC

[www.scribd.com/doc/17430668/Enigin](http://www.scribd.com/doc/17430668/Enigin) -

Capehart L., Capehart B. *Writing user-friendly energy audit reports.* University of Florida Energy Analysis and Diagnostic Center

<http://www.ise.ufl.edu/capehart/papers/user-rep.doc>

Color rendering index, [http://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_rendering\\_index](http://en.wikipedia.org/wiki/Color_rendering_index)

Construct Ireland (2003) *Energy Auditing. New EU Directive on*

*Energy*  
<http://constructireland.ie/articles/0203energyaudit.php>

CORE International, Inc. (2006), *Overview of Energy Audits.* Washington, D.C.

Dictionary.com (2010) Unabridged. Based on the random House Dictionary, Random House, Inc.

<http://dictionary.reference.com/browse/energy%20audit>

Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the council on the energy performance of the buildings of 16 December 2002 Official Journal of the European Communities L 1165, 2003

Energy Audits.

[http://www.bee-india.nic.in/EA\\_EM/TR-EnergyAudits.pdf](http://www.bee-india.nic.in/EA_EM/TR-EnergyAudits.pdf)

Energy Audit Completed: Now What?

<http://www.doityourself.com/stry/energy-audit-completed-now-what>

Energy Audit: Definition and Additional Resources fpm BNET.

<http://dictionary.bnet.com/definition/energy+audit.html>

Energy Audit Definition.

<http://www.businessdictionary.com/definition/energy-audit.html>

ENERGY AUDIT '06 International Conference on Energy Audits

[http://www.eep-ca.org/docs/presentaciones/timo\\_husu.pdf](http://www.eep-ca.org/docs/presentaciones/timo_husu.pdf)

ENERGY AUDIT GUIDE PART B: SYSTEM RETROFITS FOR ENERGY EFFICIENCY(2000).Athens:CENTRE FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES, European Commission, Directorate general for Employment and Social Affairs, European Social Fund Energy Efficiency Office. Electrical & Mechanical Services Department.The Government of the Hong Kong Special Administrative Region (2007). *Guidelines on Energy Audit . APPENDIX J: Common Measures for Adoption EMOs in Building Services Installations.*  
[http://www.emsd.gov.hk/emsd/e\\_download/pee/Guidelines\\_on\\_Energy\\_Audit\\_2007.pdf](http://www.emsd.gov.hk/emsd/e_download/pee/Guidelines_on_Energy_Audit_2007.pdf)

Energy Efficiency Planning and Management Guide, Part 1: *Energy efficiency management in the Canadian context, 1.4 Energy auditing*  
<http://www.nrcan-rncan.gc.ca/com/index-eng.php>

EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE-GENERAL JRC Institute for Environment and Sustainability Renewable Energies Unit (2005). *THE EUROPEAN GREEN BUILDING PROGRAMME. ENERGY AUDIT GUIDELINES. Version .* Ispra  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/greenbuilding/pdf%20greenbuilding/GBP%20Audit%20Guidelines%20final.pdf>

European Neighborhood Policy. EU – Georgia Action Plan, 2004

FL Electrical Contractors Pty Ltd (2007) *CURRENT LIGHTING ENERGY EFFICIENCY METHODS*  
[http://www.flectrical.com.au/maxilight\\_savers.html](http://www.flectrical.com.au/maxilight_savers.html)  
[http://ec.europa.eu/world/enp/pdf/action\\_plans/georgia\\_enp\\_ap\\_final\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/world/enp/pdf/action_plans/georgia_enp_ap_final_en.pdf)

Gettings, M., (2003)*Manufactured Home Energy Audit (MHEA) Users Manual (Version 17)*  
<http://eber.ed.ornl.gov/pub/weatherization/Manuals/MHEA%20Users.pdf>

Guidebook for Energy Audit Programme Developers  
[http://www.motiva.fi/files/1805/GB\\_Printversion.pdf](http://www.motiva.fi/files/1805/GB_Printversion.pdf)

High Color Rendering Index (CRI) Bulbs (2009), Victoria Supply Inc  
<http://www.topbulb.com/find/cri.asp>  
<http://www.thefreedictionary.com/energy+audit>

Kreider, J. (2001). Handbook of heating, ventilation, and air conditioning . CRC Press

Krarti, M. (2000), *Energy audit of building systems: an engineering approach.* Roca Baton, Florida, CRC Press LLC.

Massachusetts Institute of Technology, The Stata Center (1999) *HVAC Systems Analysis.*  
[http://www.tateaccessfloors.com/pdf/mit\\_cost\\_study.pdf](http://www.tateaccessfloors.com/pdf/mit_cost_study.pdf)

Matrosov Y; Melikidze K.; VerulavaN. (2008) *Survey of current construction practices and recommendation to building industry to improve energy efficiency in Georgia*  
[http://www.winrock.ge/files/microsoft\\_word\\_-\\_eng\\_matrosov\\_-\\_final\\_report\\_1\\_.pdf](http://www.winrock.ge/files/microsoft_word_-_eng_matrosov_-_final_report_1_.pdf)

Matrosov Y; Melikidze K.; VerulavaN. (2009)*The energy efficiency perspective of the Georgian residential sector.*[http://www.winrock.ge/files/microsoft\\_word\\_-\\_energy\\_efficiency\\_of\\_residential\\_sector.pdf](http://www.winrock.ge/files/microsoft_word_-_energy_efficiency_of_residential_sector.pdf)

Matrosov, Y., Chao, M., Majestic, C. (2007) *Increasing Thermal Performance and Energy Efficiency of Buildings in Russia: Problems and Solutions.* ASHRAE  
[www.ornl.gov/sci/buildings/2010/Session%20PDFs/165\\_New.pdf](http://www.ornl.gov/sci/buildings/2010/Session%20PDFs/165_New.pdf)

M.E. Group*Our Approach to High Performance Building Design,*  
<http://www.megroup.com/design/high-performance-mep>

Melikidze, K.(2003). *Energy Efficiency Approach to Sustainable Development.* Caucasian Geographical Review, 3, pp. 123-126.

Milan, C., *A Guidebook for Performing Walk-Through Energy Audits of Industrial Facilities,* Bonneville Power Administration  
<http://www.oregon.gov/ENERGY/CONS/Industry/docs/AuditGuide.pdf>



Motiva Oy (2005). *Review of Energy Audit Methods and Practices in some European Countries*. Helsinki, heinäkuu  
<http://www.esprojects.net/attachment/f884d384a217c98c4bfa49875a2f02d9/2782f4ef5bc446cb1d61ae69ec95192b/Energy+Audit+Study.pdf>

National Productivity Council of India. National Certificate Examination for Energy Managers and Energy Auditors. *Guide Books. General Aspects of Energy Management & Energy Audit*.  
<http://www.em-ea.org/gbook11.asp>

Piper, J. (2002) *The Search for Savings*. Facilitiesnet  
<http://www.facilitiesnet.com/hvac/article/The-Search-for-Savings--1672>

Review of Energy Audit Methods and Practices in some European Countries  
<http://www.esprojects.net/attachment/f884d384a217c98c4bfa49875a2f02d9/2782f4ef5bc446cb1d61ae69ec95192b/Energy+Audit+Study.pdf>

Reyes, J., Rosen, M., Sarafides A. (2007) *How to Conduct an Energy Audit: A Short Guide for Local Governments and Communities*  
[http://www.nj.gov/dep/opsc/docs/conduct\\_an\\_energy\\_audit.pdf](http://www.nj.gov/dep/opsc/docs/conduct_an_energy_audit.pdf)

SAVE -Project Final Report. *The Guidebook for Energy Audits, Programme Schemes and Administrative Procedures*  
<http://www.motiva.fi/files/1804/Audit-final-report.pdf>

Sustainable Energy Authority (2002), *Choosing a Cooling System*. Melbourne Victoria  
[http://www.sustainability.vic.gov.au/resources/documents/Choosing\\_a\\_cooling\\_system.pdf](http://www.sustainability.vic.gov.au/resources/documents/Choosing_a_cooling_system.pdf)

Texas Air Conditioning Specialist (2009) *What are the Parts of an Air Conditioning System and How do Air Conditioners Work?*  
[http://www.txacspecialist.com/How\\_Air\\_conditioning\\_works.php](http://www.txacspecialist.com/How_Air_conditioning_works.php)

The American Heritage Dictionary of the English Language (2000) Fourth Edition by Houghton Mifflin Company. Updated in 2009.

Thumann, A., Younger, W. J. (2003) *HANDBOOK OF ENERGY AUDITS* (6<sup>th</sup> ed.). Lilburn, Georgia: THE FAIRMONT PRESS, INC.

User Guide for ENSI\_ Profitability Software  
[http://www.ensi.no/uploads/user\\_guide\\_profitability\\_software\\_7.0.pdf](http://www.ensi.no/uploads/user_guide_profitability_software_7.0.pdf)

User Guide for ENSI EAB Software Version 8.1 (2009)  
[http://www.ensi.no/uploads/user\\_guide\\_eab\\_8.1.pdf](http://www.ensi.no/uploads/user_guide_eab_8.1.pdf)

Väisänen, Heikki (co-ordinator) et al., (2006) *Guidebook for Energy Audit Programme Developers, SAVE-project AUDIT*  
[http://www.esprojects.net/attachment/f884d384a217c98c4bfa49875a2f02d9/e64d2409d0f55dd9dcb1976fd5b62f65/GuidelinesandModelsforEnergyAuditing\\_30082006.pdf](http://www.esprojects.net/attachment/f884d384a217c98c4bfa49875a2f02d9/e64d2409d0f55dd9dcb1976fd5b62f65/GuidelinesandModelsforEnergyAuditing_30082006.pdf)