

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ვახტანგი კახაძე

ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი
სისტემების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა: "ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია"
შიფრი: 0405

თბილისი

2019

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი
ელექტროენერგეტიკის და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი დ. ჯაფარიძე

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2019 წლის "-----" "-----" "-----" საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და
ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო კოლეგიის სხდომაზე,
კორპუსი VIII, აუდიტორია
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

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

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,
ასოცირებული პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალურობა. თანამედროვე მსოფლიოში ენერგეტიკული რესურსების ეკონომია ნებისმიერი ქვეყნისათვის აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს. იმის გათვალისწინებით, რომ ელექტროენერჯის მოხმარების 20%-ზე მეტი მოდის ხელოვნურ განათებაზე, ამ სფეროში სინათლის წყაროდ ენერგოეფექტური სისტემების გამოყენება უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა. დასმული პრობლემის თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე გადაწყვეტა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საქართველოსთვის, რომელიც არის ელექტროენერჯის იმპორტიორი ქვეყანა, სადაც ენერგოეფექტურობის ღონისძიებების დანერგვა ეკიზოდურ ხასიათს ატარებს. ეს საკითხი არ არის დარეგულირებული საკანონმდებლო დონეზე და ამ მიმართულებით მუშაობას არ აქვს მიცემული გეგმაზომიერი ხასიათი. ეს მაშინ როდესაც მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში ენერგოეფექტურობის ამაღლება პირველი რიგის ამოცანად არის მიჩნეული.

პრობლემის აქტუალობის მიუხედავად საქართველოში ხელოვნური განათების სისტემაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებები ძალიან ნელი ტემპებით ინერგება. ამ მიმართულებით ჩატარებული მუშაობა ატარებს ეკიზოდურ ხასიათს. ევროკავშირის დირექტივების მოთხოვნების შესასრულებლად აუცილებელია გატარდეს კომპლექსური და გეგმაზომიერი ღონისძიებები. ქვეყანაში ხელოვნური განათების სისტემების მოდერნიზაცია საჭიროებს დიდი მოცულობის ინვესტიციებს და ინვესტიციების ეფექტიანად გამოყენებას, რაც თავისთავად მოითხოვს საკითხისადმი ახლებურ მიდგომას.

სწორედ ამიტომ ენერგორესურსების გამოყენების ეფექტიანობის ამაღლების საკითხები მრავალი ცნობილი მეცნიერის ყურადღების ცენტრშია მოქცეული. ამასთან ერთად ენერგოეფექტურობის მკვლევართა დიდი ნაწილი მრავალმხრივ მუშაობას ეწევა ხელოვნურ განათების სისტემაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის

ეფექტიანობის შეფასების სრულყოფილი მეთოდის შესამუშავებლად. ამ მიმართულებით შესწავლილია ხელოვნური განათების სისტემაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტურობის შეფასების სხვადასხვა მეთოდები.

ანალიზის მიხედვით განსაზღვრულია ქვეყნის ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის აქტუალობა და მისი სწრაფი განხორციელებისათვის აუცილებელი საკანონმდებლო ბაზის შექმნის აუცილებლობა. კვლევის ამ ეტაპის პრაქტიკული შედეგია, საქართველოს სხვადასხვა სფეროებში დასანერგი ხელოვნური განათების ენერგოდამზოგი მაღალეფექტიანი საშუალებების შერჩევა და მათი განხორციელების პერსპექტივების დადგენა.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს საქართველოში ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების და მათი პრაქტიკული რეალიზაციის პრობლემის ღრმა მეცნიერული კომპლექსური კვლევის საფუძველზე გადაწყვეტა და ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის ეფექტიანობის შეფასების მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელის შემუშავება და აპრობაცია.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ახალი მეთოდის შემუშავება. ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების არსებული მეთოდების კრიტიკული ანალიზის საფუძველზე, ეფექტიანობის განსაზღვრის ახალი კრიტერიუმის შერჩევა - მასზე მოქმედი ყველა შესაძლო ფაქტორის გათვალისწინებით. ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებასთან ერთად, სანათების ოპტიმალური რაოდენობის შერჩევისა და მათი ოპტიმალური განლაგების ამოცანის, საანგარიშო განათების ნაკადის გადახრის და დისკომფორტის

განზოგადებული მაჩვენებლის ევროსტანდართან შესაბამისობის გადაწყვეტა. კრიტერიალური მოთხოვნიდან გამომდინარე ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელის, და შესაბამისი ანგარიშის ალგორითმის ჩამოყალიბება.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და სიახლე. ჩატარებული კვლევების მთავარ მეცნიერულ შედეგს და სიახლეს წარმოადგენს ის ფაქტი, რომ პირველად საქართველოში არის შემუშავებული მრავალფაქტორიან პრინციპზე ფორმირებული ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის ერთიანი მეთოდიკა, რომელიც ატარებს უნივერსალურ ხასიათს და მისი გამოყენება შესაძლებელია ნებისმიერ სფეროში ხელოვნური განათების თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ოპტიმალურად დაგეგმვაში. ამ მეთოდიკის აპრობაციით ნაჩვენებია მისი დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა.

შედეგების გამოყენების სფერო. შემოთავაზებული მეთოდიკით სრულყოფილად არის შესაძლებელი ხელოვნური განათების სისტემის ოპტიმალური დაგეგმვა და ამჟამად მოქმედ ხელოვნური განათების სისტემის ჩანაცვლება მაღალეფექტური ენერგოდამზოგი სისტემით. ამ ღონისძიებების გატარებით ნებისმიერი ორგანიზაცია მიიღებს მაღალი ხარისხის თანამედროვე სტანდარტების შესაბამის ხელოვნურ განათებას, და მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს.

სამუშაოს აპრობაცია. სადისერტაციო სამუშაოს ძირითადი დებულებები და შედეგები გამოქვეყნებულია 5 სამეცნიერო სტატიაში. ასევე მოხსენებული იქნა:

1. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 85-დია საერთაშორისო კონფერენციაზე 2017 წელს;

2. V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე - "ენერგეტიკა - რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები", ქ. ქუთაისში. 2018 წელს;

3. ელექტროენერგეტიკის და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტში გამართულ პირველ, მეორე და მესამე კოლოქვიუმებზე 2017-2019 წწ.;

4. ელექტროენერგეტიკის და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტში გამართულ წინასწარ დაცვაზე, 03.05.2019წ.

დისერტაციის სტრუქტურა და მოცულობა. დისერტაცია შედგება შესავალისა და 4 თავისაგან, რომლებიც გადმოცემულია 106 გვერდზე. შეიცავს 40 ნახაზს, 19 ცხრილს და 57 დასახელების ლიტერატურას.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

შესავალში წარმოდგენილია სადისერტაციო თემის აქტუალობა, ძირითადი ამოცანები და პრობლემები, ჩამოყალიბებული და განსაზღვრულია გამოსაკვლევი საკითხები. ჩამოყალიბებულია ნაშრომის მიზანი, კვლევის მეთოდები, მეცნიერული სიახლე და პრაქტიკული მნიშვნელობის ძირითადი ასპექტები

ნაშრომის პირველ თავში გადმოცემულია ლიტერატურული მიმოხილვის შედეგები. დასმული პრობლემის მეცნიერული კვლევის საფუძველზე გადაწყვეტის მიზნით ჩატარებულია მსოფლიოს განვითარებული და პოსტსაბჭოთა ქვეყნებში ენერგოეფექტურობის ღონისძიებების განხორციელების შედეგების ანალიზი. განსაკუთრებული ყურადღება აქვს დათმობილი ხელოვნურ განათებაში ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის კვლევას, და ხელოვნური განათების სისტემებში თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენების პრაქტიკას. ამ მხრივ შესწავლილია საქართველოში შექმნილი მდგომარეობა. ანალიზის მიხედვით განსაზღვრულია ქვეყნის ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის აქტუალობა და მისი სწრაფი განხორციელებისათვის აუცილებელი საკანონმდებლო ბაზის შექმნის აუცილებლობა.

გაანალიზებულია ხელოვნური განათების თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებისადმი მიძღვნილი სხვადასხვა მეცნიერული კვლევები და ენერგოდამზოგი განათების საშუალებების დანერგვის ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასების საფუძველზე შერჩევის მეთოდიკები.

ჩამოყალიბებულია ხელოვნური განათების სისტემებში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობაზე მოქმედებს ფაქტორთა ფართო სპექტრი.

ნაშრომის მეორე თავში წარმოდგენილია ხელოვნური განათების სახეების განხილვა, ხელოვნური განათების შუქის ნაკადის საერთაშორიო ნორმები და მოცემულია ხელოვნურ განათებაში გამოყენებული სისტემების მიმოხილვა:

- მაღალი ინტენსივობის აირგანმუხტვადი სანათი
- ფლოუორესცენტული სანათი
- კლასიკური ვარვარა სანათი
- ჰალოგენური სანათი
- შუქდიოდური სანათი
- Led COB (chip on board) სანათი
- Led Crystal Ceramic MCOB სანათი
- OLED (organic light-emitting diode) სანათი
- FIPEL (Field-induced polymer electroluminescent) სანათი
- CNT (Carbon Nanotube) სანათი
- Laser Light სანათი
- LVD ინდუქციური უელექტროდო სანათი
- LED-Solar (helio HSL) სანათი

ხელოვნური ელექტროგანათების ახალი ტექნოლოგიების ეფექტიანობის შეფასების მიზნით ჩატარდა თანამედროვე ელექტროგანათების ტექნოლოგიების და საქართველოში გამოყენებული ხელოვნური განათების სისტემების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზი. (ცხრილი 1).

კვლევის ამ ეტაპის პრაქტიკული შედეგია, საქართველოს სხვადასხვა სფეროებში დასანერგი ხელოვნური განათების ენერგოდამზოგი მაღალეფექტიანი საშუალებების შერჩევა და მათი განხორციელების პერსპექტივების დადგენა. დასაბუთებულია საქართველოს სახალხო მეურნეობის დარგებში, საყოფაცხოვრებო მომსახურებაში და გარე განათების სისტემაში თანამედროვე ხელოვნური განათების ახალი ტექნოლოგიების საყოველთაო დანერგის ეფექტიანობა. (ცხრილი 2)

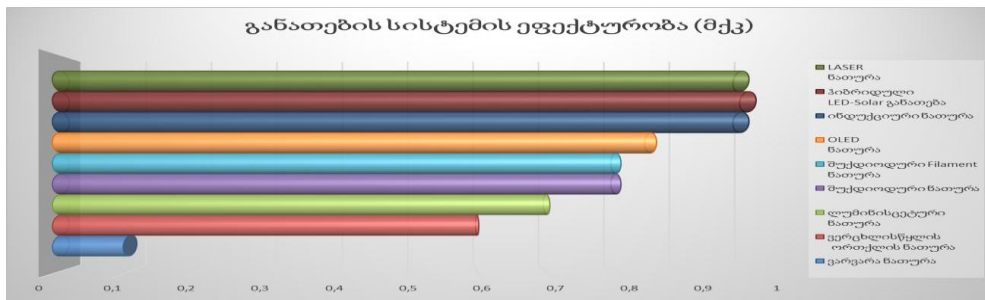
ცხრილი 1. ამჟამად ექსპლუატაციაში მყოფი და თანამედროვე ხელოვნური განათების სისტემების ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლების შედარებითი მაჩვენებლები.

შედარების პარამეტრი	ვარგარა ნათურა *	ვერცხლის წყლის ორთქლის ნათურა *	ლუმინისცენტრი ნათურა *	შუქდიოდური ნათურა	შუქდიოდური Filament ნათურა	OLED ნათურა	ინდექციური ნათურა	ჰიბრიდული LED-Solar განათება	LASER ნათურა
საწყისი ღირებულება	მაღალი	საშუალო	საშუალო	მაღალი	მაღალი	საკმაოდ მაღალი	მაღალი	მაღალი	საკმაოდ მაღალი
ეფექტურობა (მკვ)	დაბალი 0.1	საშუალო 0.85	საშუალო 0.85	მაღალი 0.95	მაღალი 0.95	მაღალი	მაღალი 0.98	მაღალი 0.99	მაღალი
ეფექტურობა (ლუმენ/ვატი)	4-6	20-24	26-29	95-123	95-123	80-110	80-110	150	160-170
დანახარჯები ექსპლუატაციის პერიოდში	მაღალი	მისაღები	მისაღები	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი
რესურსი (სთ)	1000-მდე	8000-მდე	4000-8000 მდე	50 000-ზე მეტი	50 000-ზე მეტი	50 000-ზე მეტი	120,000	50 000-ზე მეტი	100 000-ზე მეტი
შუქის ნაკადის პულსაცია	მინი მალური	საშუალო	საშუალო	არა	არა	არა	არა	არა	არა
დიმერის მხარდაჭერა	კო	არა	არა	ნაწი ლობრივ	ნაწი ლობრივ	კო	კო	ნაწი ლობრივ	კო
UV (ულტრაიისფერი) გამოსხივება	კო	კო	კო	კო	კო	არა	არა*	არა	არა*
ვერცხლისწყლის შენევა	არა	მაღალი > 400 mg	დაბალი	არა	არა	არა	ძალიან დაბალი < 6 mg	არა	არა
ფერის გადმოცემის ინდექსი Ra	80 Ra	28 Ra	60 Ra	70 Ra	70 Ra	80 Ra	> 80 Ra	70 Ra	80 Ra
მუშა პარამეტრებზე გასვლის დრო	1 წამი	2-5 წუთამდე	1-2 წუთამდე	1 წამზე ნაკლები	1 წამზე ნაკლები	0.5 წამზე ნაკლები	1-2 წამი	1 წამზე ნაკლები	0.1 წამზე ნაკლები
დამოკიდებულება მზების ცვლილებაზე	არა-მდგრადი	არა-მდგრადი	არა-მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი
ტემპერატურის ცვლილებისადმი მდგრადობა	არა-მდგრადი	არა-მდგრადი	არა-მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი
ექსპლუატაციის ტემპერატურა	-50...+70	-40...+40	+10...+40	-50...+60	-50...+60	-40...+70	-40...+60	-40...+70	-40...+70
ექსპლუატაციის დროს გამოყოფილი ტემპერატურა	ძალიან მაღალი	ძალიან მაღალი	საშუალო	საშუალო	საშუალო	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი
ქსელის გადატვირთვა	ჩართვისას	ჩართვისას	ჩართვისას	არა	არა	არა	არა	არა	არა
ვიბრაციისადმი მდგრადობა	არა-მდგრადი	არა-მდგრადი	არა-მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი
მუშაობის სტაბილურობა დაბალი ტემპერატურის დროს	საშუალო	დაბალი	დაბალი	მაღალი	მაღალი	მაღალი	მაღალი	მაღალი	მაღალი
ჩართვა-გამორთვის სისწრაფეზე დამოკიდებულება	კო	კო	კო	არა	არა	არა	არა	არა	არა
საშუალო ძაბვა (ვ)	220	220	220	120-280	120-280	120-280	90-280	120-280	120-280
შუქის ნაკადის რეგულირება	არა	არა	არა	კო	კო	კო	კო	კო	კო
შუქის ნაკადის კლება ექსპლუატაციის ვადის ზოლოს	40-60%	40-60%	40-50%	20-30%	20-30%	10-15%	10%	10-15% LED	0.05
სანათის ზომა	სტანდარტული	დიდი	დიდი	სტანდარტული	სტანდარტული	ძალიან თხელი 0.5-2 მმ	დიდი	დიდი	დეფლექტორი 30-მმ*
საქირი მომსახურება 5 წლიანი ექსპლუატაციის პერიოდში	ნათურების შეცვლა	ნათურების და გამწვები მოწყობილობის შეცვლა	ნათურების და გამწვები მოწყობილობის შეცვლა	ტექნოლოგიური წმენდა	ტექნოლოგიური წმენდა	ტექნოლოგიური წმენდა	ტექნოლოგიური წმენდა	ტექნოლოგიური წმენდა	ტექნოლოგიური წმენდა

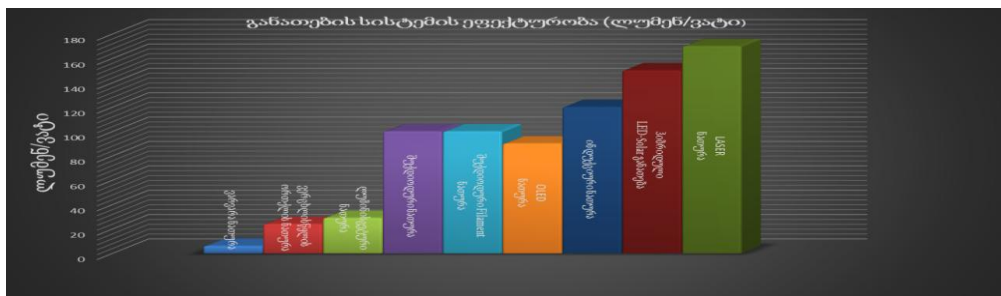
ცხრილი 2. საქართველოში განათების თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენების სფეროები და ეფექტიანობის მაჩვენებლები.

N	გამოყენების სფერო	თანამედროვე ტექნოლოგიური განათების სესტემაში გამოყენებული სანათები (ნათურები)	თანამედროვე ტექნოლოგიური განათების სისტემების უპირატესობა არსებულთან შედარებით
1	რკინიგზა	TRAIN LED 76-228 4000K SWORD.OPL LED 30-60 4000K HAMMER LED 30-60 SPIRIT.OPL LED 600-1500 AREA LED 55-140 AREA SOLAR-WIND LED 35 W 5000K AREA AP LED 110 RIGEL LED 55-140 ARGUS LED 240-960 BRIDGE LED TUNNEL LED 28 Osram Endura (LVD) Philips Master QL (LVD) JET ENDURA (LVD)	მაღალი ენერგოეფექტურობა, 50%-ზე მეტი ელექტროენერგიის ეკონომია და ენერგოსისტემაში პიკის საათებში სიმძლავრის დეფიციტის შემცირება; მუშაობის დიდი რესურსი არსებულ სანათებთან შედარებით 10-15ჯერ მეტი;
2	სამრეწველო სექტორი	LVD 0361-1 LVD 0361-2 LVD 0301 LVD 03-022 LVD-GC04001 HCP 55 Solatube® 160 DS Solatube® 290 DS Solatube® Smart LED Solatube Solamaster® Solatube SkyVault	მიმართული შუქის ნაკადი, სტრობოსკოპური ეფექტის არარსებობა, ფერთა ტემპერატურების ფართო დიაპაზონი, მაღალი შუქგაცემა, ფერთა გადაცემა და კონტრასტულობა ობიექტების განათების მაღალ ხარისხს უზრუნველყოფით;
3	საავტომობილო გზები	ЛВД 0639M ЛВД 06-040 ЛВД LD2102 ИКУ 77-022 ИСУ 24-022 LVD 0612 LVD-ZD04000 Philips RoadFlair/Нокс Philips LumiStreet Philips StreetStar BGS212 - LED EconomyLine Laser Lightning	მექანიკური ზემოქმედებისადმი მდგრადობა (ანტივანდალური დაცვა) და ვიბრომდგრადობა; მუშა პარამეტრებზე მომენტალური გასვლა და ანთების ციკლების შეუზღუდავი რაოდენობა;
4	გარე განათება	ИКУ 77-022 ИСУ 24-022 LVD 0639 LVD 0612 ЛВД 0639M ЛВД 06-008 LVD-ZD10000 LVD-ZD04000 STREET LED 50, 100, 150W Laser Lightning	მდგრადობა ელექტროქსელეზში ძაბვის ცვალებადობის მიმართ; დაბალ ძაბვაზე მუშაობის შესაძლებლობა;
5	საზოგადოებრივი დანიშნულების ობიექტები	LVD-ZX51000 LVD-ZX20000 LVD-ZX50000 LVD-ZQ1B LVD-ZQ1A Solatube® 160 DS Solatube® 290 DS Solatube® Smart LED Solatube Solamaster® Solatube SkyVault Oled Lightning	მრავალფეროვანი არჩევანი შუქგაცემის ფერთა გამაში; სტაბილური შრომისუნარიანობა ნებისმიერ კლიმატურ პირობებში, მდგრადობა უკიდურესი, დაბალი და მაღალი ტემპერატურების მიმართ, მუშაობის ფართო ტემპერატურული დიაპაზონი -50-დან +60 გრადუსამდე;
6	საყოფაცხოვრებო სექტორი	LVD ITL-RT LVD ITL-ST LVD 03-708 LVD 03-714 LVD 0379 LVD 0362 (9,5") LVD 0362 (12") Osram Consumer LED lamps with classic bulbs Osram Consumer LED lamps with filament-style LED technology Osram LED tubes Philips Led Lights Opplle Led Lights Oled Lightning	სინათლის გადაცემის მაღალი კოეფიციენტი; ეკოლოგიური უსაფრთხოება.

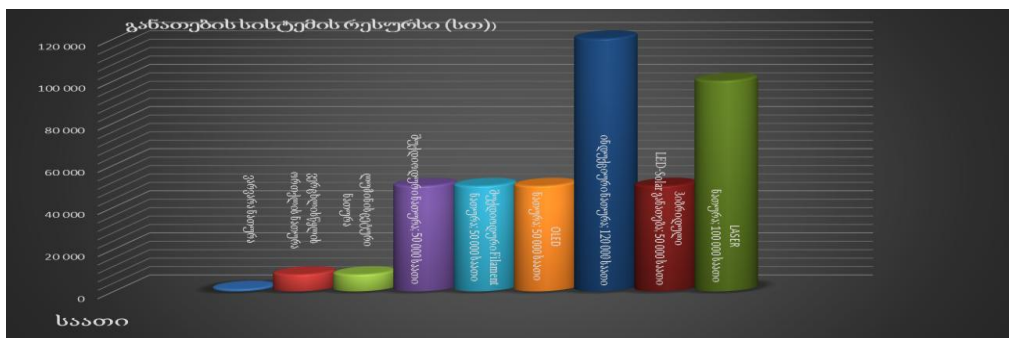
ხელოვნური განათების თანამედროვე ტექნოლოგიური სისტემების მაღალეფექტურობის თვალსაჩინოდ წარმოჩენის მიზნით ცხრილი 1-ში არსებული მონაცემების საფუძველზე გრაფიკების სახით (ნახაზი 1, 2, 3, 4) წარმოდგენილია ახალი ტექნოლოგიების არსებულთან შედარებითი ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი.



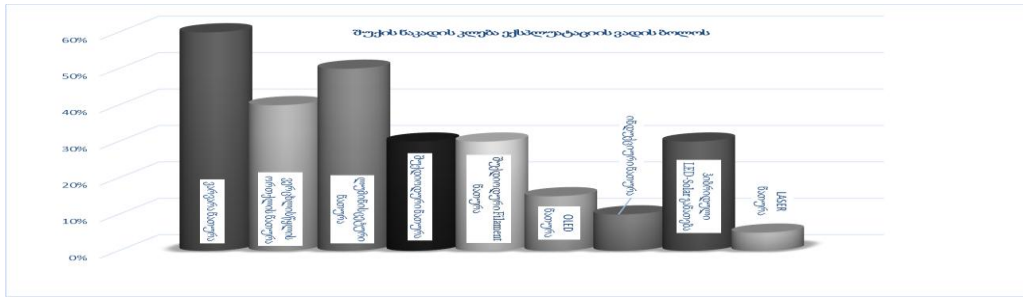
ნახაზი 1. განათების სისტემების ეფექტიანობის შეფასებითი მაჩვენებლები მარგი ქმედების კოეფიციენტის მიხედვით.



ნახაზი 2. განათების სისტემების ეფექტიანობის შეფასებითი მაჩვენებლები ლუმენ/ვატის მიხედვით.



ნახაზი 3. განათების სისტემების ეფექტიანობის შეფასებითი მაჩვენებლები მუშაობის რესურსის მიხედვით.



ნახაზი 4. განათების სისტემების ეფექტიანობის შეფასებითი მაჩვენებლები ექსპლუატაციის ვადის ბოლოს შუქის ნაკადის კლების მიხედვით

ნაშრომის მესამე თავი ეძღვნება ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ახალი მეთოდის შემუშავებას. ამ პრობლემის გადაწყვეტის მიზნით ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების არსებული მეთოდების კრიტიკული ანალიზის საფუძველზე, შერჩეულია ეფექტიანობის განსაზღვრის ახალი კრიტერიუმი. ეს კრიტერიუმი ფორმირებულია წმინდა დისკონტირებული შემოსავლის მაქსიმიზაციის პრინციპით, მასზე მოქმედი ყველა შესაძლო ფაქტორის გათვალისწინებით. კრიტერიალური მოთხოვნიდან გამომდინარე ჩამოყალიბებულია ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელი, და შესაბამისი ანგარიშის ალგორითმი, რომელიც აპრობირებულია საქართველოს რკინიგზის გარე განათების მაგალითზე.

ჩატარებული კვლების შედეგად ხელოვნური განათების სისტემებში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასების მრავალფაქტორიანმა მათემატიკურმა მოდელმა მიიღო სახე:

$$\begin{aligned}
 \text{წდმ} = & \sum_{t=T_{\text{ბ3}}}^{T_{\text{33}}} \frac{[\sum_{i=1}^m n_{it} (P_{i1t} - P_{i2t}) \tilde{r}_{\text{ბბ}t} T_t + \sum_{i=1}^m n_{it} \tilde{r}_{i2} C_{it}^I Ht]}{(1 + E_t)^t} - \\
 & - \sum_{t=0}^{T_{\text{ბ3}}} [\Delta K_t + \sum_{i=1}^m n_{it} \tilde{r}_{i1} (C_{i2} + K_y)] \frac{(1 + R_{i\text{სა3}})^t}{(1 + E_t)^t} \geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

სადაც:

n_{it} – t ბიჯზე i ტიპის სანათის (ნათურის) რაოდენობა, (ცალი);

$P_{i1t}/P_{არს}$ – i ტიპის არსებული სანათის აქტიური სიმძლავრის მოხმარების მოცულობა (ვტ);

$P_{i2t}/P_{ახ}$ – i ახალი ენერგოდამზოგი სანათის აქტიური სიმძლავრის მოხმარების მოცულობა (ვტ);

$T_{სგ}$ – საინვესტიციო პროექტის ექსპლუატაციის ვადა, წელიწადი;

m - ექსპლუატაციაში მყოფი სანათების (ნათურების) ტიპების რაოდენობა;

$\bar{n}_{სხ}$ - სანათის (ნათურის) ჩართვის სანგრძლივობა (სთ);

T_t – t წელიწადის ელექტროენერგიის ტარიფი, თეთრი/კვტ.სთ;

n_{it} – t ბიჯზე i ტიპის სანათის (ნათურის) რაოდენობა, (ცალი);

$T_{\pi 1}$ - ექსპლუატაციაში მყოფი სანათების (ნათურების) სამსახურის ვადა, (საათი);

$T_{\pi 2}$ - ენერგოდამზოგი სანათების (ნათურების) სამსახურის ვადა, (საათი);

C_{it}^I – არსებული სანათის და შეცვლის ღირებულების ჯამი, (ლარი);

Π – ინფლაციის ინდექსი ზრდადი შედეგით t წლებისათვის, განისაზღვრება არსებული სტატისტიკის მიხედვით;

ΔK_t – ენერგოდამზოგი სისტემების რეკონსტრუქცია-მოდერნიზაციაზე და მართვის ავტომატური სისტემების დანერგვისთვის საჭირო ინვესტიციის მოცულობა (ათასი ლარი) t ბიჯზე;

$\bar{n}_1 = T_{\pi 1} / \bar{n}_{სხ}$ არსებული სანათების შეცვლის ჯერადობა სამსახურის ვადაში (საათი);

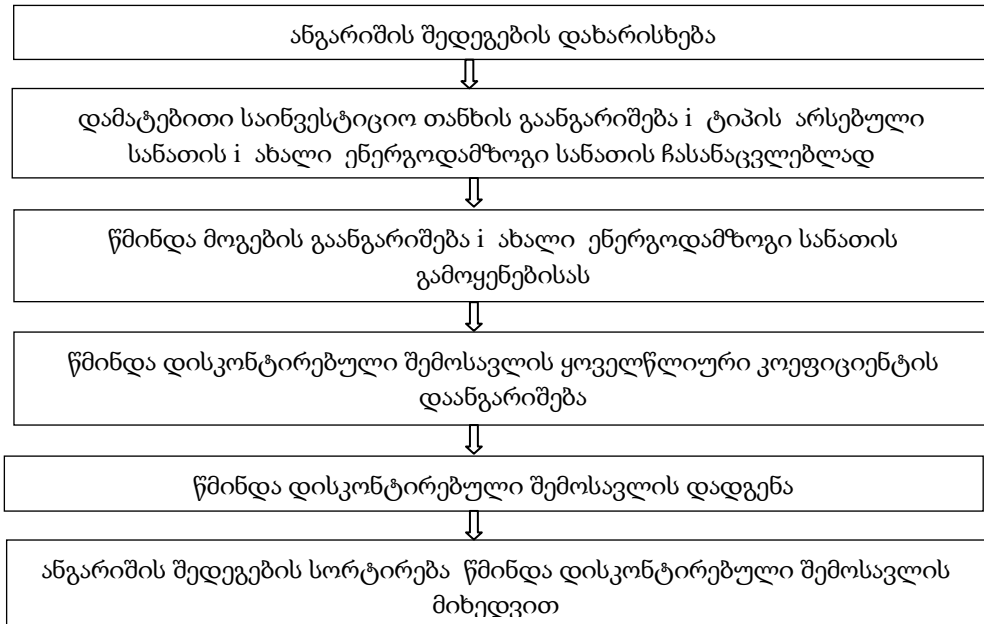
$\bar{n}_2 = T_{\pi 2} / \bar{n}_{სხ}$ ენერგოდამზოგი სანათების შეცვლის ჯერადობა სამსახურის ვადაში (საათი);

K_{yi} - i არსებული სანათის უტილიზაციის ღირებულება;

i - დისკონტის ნორმა;

ზემოთ მოყვანილი მათემატიკული მოდელის მიხედვით ხელოვნურ განათებაში ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის

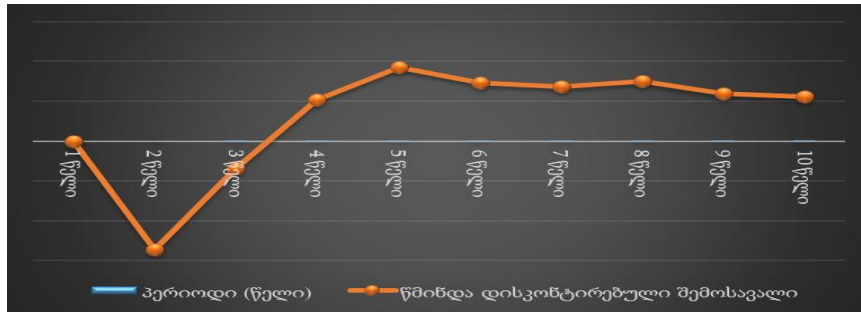
ეკონომიკური ეფექტიანობის ანგარიშის მარავალფაქტორიანი ალგორითმი წარმოდგენილია ნახაზ 5-ზე:



ნახაზი 5. ხელოვნურ განათებაში ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეკონომიკური ეფექტიანობის ანგარიშის მარავალფაქტორიანი ალგორითმი

ხელოვნური განათების სისტემებში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეკონომიკური ეფექტიანობის ანგარიშის ალგორითმის რეალიზაციის მიზნით მოძიებული იქნა ამჟამად საქართველოს რკინიგზის გარე განათებაში არსებული ხელოვნური განათების სისტემებში გამოყენებული სანათების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შესახებ საწყისი ინფორმაცია და კომპიუტერული პროგრამა Excel-ის მეშვეობით განისაზღვრა სს საქართველოს რკინიგზის გარე განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი ტექნოლოგიების დანერგვის ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასებისათვის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი მთელი სასიცოცხლო ციკლისათვის. (ცხრილი 3, ნახაზი 6)

ცხრილ 3-ში და ნახაზ 6-ზე მოცემული მაჩვენებლები აშკარად მიუთითებენ ხელოვნურ განათებაში ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის მაღალ ტექნიკურ-ეკონომიკურ ეფექტიანობაზე.



ნახაზი 6. წმინდა დისკონტირებული შემოსავლის ცვალებადობის დინამიკა.

ცხრილი 3. სს საქართველოს რკინიგზაში გამოყენებული არსებული და ახალი ხელოვნური გარე განათების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზი

სანათის ტიპი:	არსებული სანათები	შექმდილი ანალიზი		
სანათების რაოდენობა, (ცალი):	3698 სანათი	3698 სანათი		
სანათების ჯამური სიმძლავრე (კვტ):	1412 კვტ.	703 კვტ.		
ნათურების მუშაობის დრო დღეში - საათი დღეში:	8 საათი	8 საათი		
სანათების ექსპლუატაციის რესურსი, საათი:	5,000 საათი	40,000 საათი		
მს - სანათის (ნათურის) წელიწადში საშუალო ჩართვის ხანგრძლივობა (სმ) (მს= მს*8760) (მს =0.3±0.5)	2,628 საათი	2,628 საათი		
საექსპლუატაციო პერიოდში სანათების აუცილებელი შეცვლის ჯერადაბა :	19 (წელითვე)	152 (წელითვე)		
შუქის ნაკადის გამოყენების შ.კ. გარე განათებაში	65%	96%		
სანათების შექმნის ჯამური ღირებულება (ათასი ლარი):	72,863 ლარი	545,285 ლარი		
1 კვტ/სთ ელექტროენერჯის ღირებულება (თეთრი/კვტ.სთ):	0.2108306 თეთრი/კვტ.სთ.	0.2108306 თეთრი/კვტ.სთ.		
1 კვტ/სთ ელექტროენერჯის ღირებულების საპროგნოზო გაზრდა (%):		3%		
1 წლის განმავლობაში მოხმარებული ელექტროენერჯის რაოდენობა, (კვტ/სთ):	3,710,994 კვტ.სთ	1,847,074 კვტ.სთ		
ექსპლუატაციის, რემონტის, შეცვლის და უტილიზაციის დანახარჯები წელიწადში:	76,561 ლარი	0		
1 წლის განმავლობაში დანახარჯები ელექტროენერჯაქვე, (ათასი ლარი):	782,391 ლარი	389,420 ლარი		
ელექტროენერჯის მოხმარების შემცირება, %:		50.2%		
წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი Net Present Value (Interest 10 %)				
	წელი	ტარიფი	მიგება	10.0% წმ
	0 წელიწადი		-545,285 ლარი	-545,285 ლარი
	1 წელიწადი	0.210831	-152,314 ლარი	-138,467 ლარი
	2 წელიწადი	0.217156	252,447 ლარი	208,634 ლარი
	3 წელიწადი	0.223670	493,464 ლარი	370,747 ლარი
	4 წელიწადი	0.230380	429,410 ლარი	293,293 ლარი
	5 წელიწადი	0.237292	442,293 ლარი	274,629 ლარი
	6 წელიწადი	0.244410	532,123 ლარი	300,369 ლარი
	7 წელიწადი	0.251743	469,228 ლარი	240,788 ლარი
	8 წელიწადი	0.259295	483,305 ლარი	225,465 ლარი
	9 წელიწადი	0.267074	574,365 ლარი	243,587 ლარი
	10 წელიწადი	0.275086	512,738 ლარი	197,683 ლარი
	Net present value			1,671,444 ლარი
	წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი			

ნაშრომის მეოთხე თავში პრობლემის გადასაწყვეტად კომპლექსური მიდგომის ღრმა მეცნიერულ კვლევას დაექვემდებარა ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის კრიტერიუმის შერჩევის საკითხი. კვლევაში პირველი რიგის ამოცანად არის მიჩნეული დაგეგმვის ოპტიმალურობის კრიტერიუმის შერჩევა და მის საფუძვლით შესაბამისი ანგარიშის ალგორითმის შემუშავება. აღნიშნული პრობლემის გადაჭრის მსოფლიო გამოცდილების მეცნიერული ანალიზით დადასტურებულია, რომ ეს საკითხი დღემდე მეცნიერულად სრულყოფილად არ არის შესწავლილი.

ხელოვნური განათების თანამედროვე ენერგოდამზოვი სისტემის დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვისათვის, გარდა კრიტერიალური მოთხოვნისა დაცული უნდა იყოს შემდეგი პირობები:

1. ევროპული სტანდარტით EN12464-1 შერჩეული განათებულობის ნორმატივით და მისი შეზღუდვის პირობებში უნდა განისაზღვროს ხელოვნურ განათების სისტემაში დასანერგი სანათების ოპტიმალური რაოდენობა და გადაწყდეს მათი ოპტიმალური განლაგების ამოცანა.
2. უნდა განისაზღვროს საანგარიშო ნაკადის გადახრა ევროსტანდარტის EN12464-1 მოთხოვნასთან მიმართებაში და დადგინდეს მისი სტანდარტთან შესაბამისობა.
3. უნდა ჩატარდეს დისკომფორტის კოეფიციენტის განზოგადებული მაჩვენებლის ანგარიში და დადგინდეს მისი ევროსტანდარტთან შესაბამისობა.

სანათების რაოდენობის სრულყოფილი ანგარიშისთვის აუცილებელია ბუნებრივი განათების გათვალისწინება, ბუნებრივი განათება შენობებში გამოითვლება ბუნებრივი განათების კოეფიციენტით:

$$e(KEO) = \frac{E_B}{E_H} \quad (2)$$

სადაც:

E_B – არის ბუნებრივი განათება შენობის შიგნით მდებარე რომელიმე

სამუშაო ზედაპირის წერტილზე;

E_H – არის გარე ჰორიზონტალური განათების ერთდროული მნიშვნელობა;

ამ კოეფიციენტის ნორმები მოცემულია [49] ნაშრომში.

ფორმულის გათვალისწინებით სანათების რაოდენობის გამოთვლის გამოსახულება - მიიღებს სახეს:

$$N = \frac{SE_{\text{გ-გ}}K_z}{U_n F} * KEO \quad (3)$$

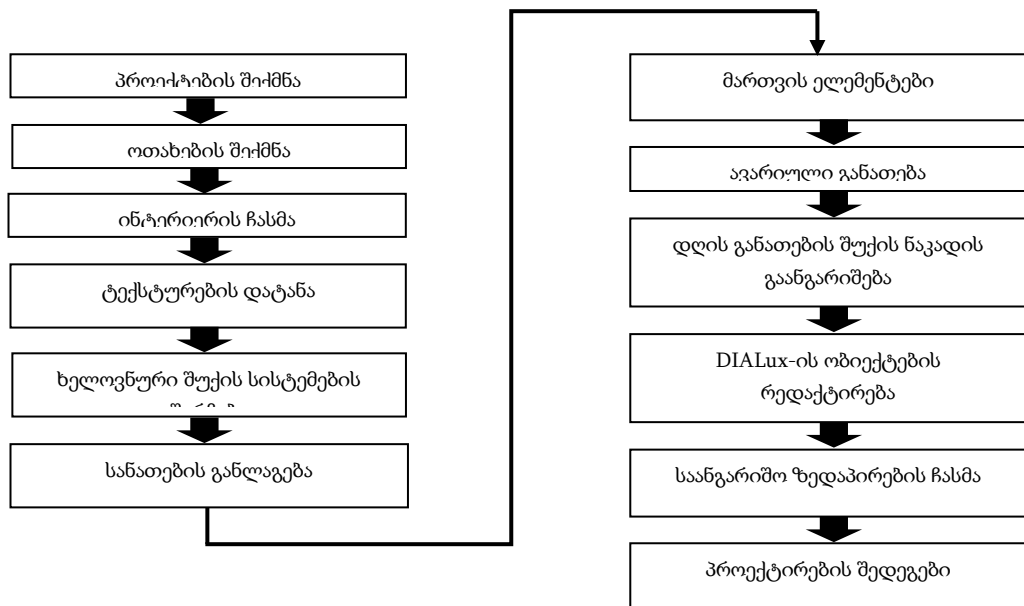
მოყვანილი მეთოდით სანათების რაოდენობის გამოთვლით მიღებული შედეგები არ იძლევა იმ დასკვნის გაკეთების საშუალებას, რომ სანათების შერჩეული რაოდენობა ოპტიმალურია, დასმული პრობლემის

გადაწყვეტის საშუალებას იძლევა გერმანული კომპანიის Dial GmbH მიერ შემუშავებული კომპიუტერული პროგრამა Dialux.

ამ პროგრამით შესაძლებელია :

1. სანათების მოცემული რაოდენობის და მათი განლაგების თავისებურებების პირობებში შეასრულოს შენობის შიგა და გარე განათების ანგარიში;
2. შენობის ხელოვნური და ბუნებრივი განათების ანგარიში;
3. როგორც ოთახების ისე ქუჩების ტერიტორიების, სხვადასხვა საწარმოო შენობების, გზების, სპორტული მოედნების ხელოვნური განათების სისტემების დაპროექტება;
4. სამუშაოს შესრულება ნებისმიერი ფაილებით ფორმატში .dwg და .dxf ანგარიშის დროს გათვალისწინებულია :
 - შენობის გეომეტრია;
 - კედლების, იატაკის და ჭერის ფერი, აგრეთვე მოცემული ზედაპირის სტრუქტურა;
 - შენობაში განთავსებული ავეჯი;

პროგრამული პროდუქტის ათვისებისათვის და ანგარიშის შედეგების წარმატებით შექმნისათვის შემუშავებულია შემდეგი ალგორითმი (ნახ. 7):



ნახაზი 7. პროგრამული უზრუნველყოფა DIALux-ით ხელოვნური განათების პროექტირების ალგორითმი

საანგარიშო განათების ნაკადის მოთხოვნასთან მიმართებაში გადახრის ანგარიშის ფორმულას, ბუნებრივი განათების კოეფიციენტის გათვლისწინებით აქვს სახე:

$$\Delta \Phi = \frac{UnF}{SE_{\text{გომ}} K_z K_{EO}} \quad (4)$$

ევროპული სტანდარტის შესაბამისად

$$\Delta \Phi = -10\%; 20\%$$

ხელოვნური განათების თანამედროვე ენერგოდამზოვი სისტემების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის მესამე პირობის ევროპული სტანდარტის EN12464-1 მოთხოვნასთან შესაბამისობის შესამოწმებლად უნდა ჩატარებულია დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებლის ანგარიში. ამ მაჩვენებლის გათვალისწინება განსაკუთრებით აქტუალურია შენობებისთვის, სადაც ადამიანებს უხდებათ, ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ყოფნა და მაღალია მოთხოვნები მხედველობით მუშაობაზე. დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებელი გამოითვლება ფორმულით :

$$UGR = 8 \lg \sum_{i=1}^N \left[\frac{K_i I_{C_{\gamma i}}^2}{A_i} \right] - 8 \lg E_{wid} \quad (5)$$

სადაც :

UGR - დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებელი

N - სანათების რაოდენობა;

K_i - შუქგაცემის კოეფიციენტი,

$I_{C_{\gamma i}}$ - i სანათის სინათლის ძალა მიმართული სტანდარტული დამკვირვებლისაკენ;

C - აზიმუტის კუთხე;

γ - მერიდიანის კუთხე;

A_i - პროექციის ფართობი.მ²

E_{wid} - განათებულობის არეკვლის მდგენელი შენობების კედლებზე;

თავის მხრივ განათებულობის არეკვლის მდგენელი შენობების კედლებზე E_{wid} განისაზღვრება ფორმულით:

$$E_{WID} = \frac{F_{UWID} N \Phi_0}{A_W} = B F_{UWID} \quad (6)$$

სადაც F_{UWID} - კედლებისთვის არეკლილი სინათლის ნაკადის გამოყენების კოეფიციენტი;

N - შენობაში სანათების რაოდენობა;

Φ_0 - განათების ზონალური შუქის ნაკადი;

A_W - სამუშაო სიბრტყესა და სანათების განლაგების სიბრტყეს შორის კედლების საერთო ფართი მ²;

B - კოეფიციენტი რომელიც გამოითვლება შრომაში მითითებული მეთოდით;

ზემოთ ჩამოთვლილი მოთხოვნებიდან გამომდინარე ხელოვნურ განათებაში, თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების ოპტიმალური დაგეგმვის ამოცანა შეიძლება შემდეგნაირად ჩამოყალიბდეს: პრაქტიკაში აპრობირებულ N რაოდენობის ხელოვნური განათების სისტემებიდან მეცნიერულად დასაბუთებული ეფექტურობის კრიტერიუმის საფუძველზე უნდა შეირჩეს ისეთი სისტემა, რომელიც ტექნიკურ-ეკონომიკურად იქნება ეფექტიანი და დააკმაყოფილებს შემდეგ მოთხოვნებს:

ა) განათების ნორმირებული სიდიდის პირობებში, სისტემაში დასაანერგი სანათების რაოდენობა და მათი განლაგება იქნება ოპტიმალური;

ბ) საანგარიშო სინათლის ნაკადის მოთხოვნიდან გადახრა არ გადააჭარბებს -10%;20%;

გ) დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებელი $UGR \leq 19$.

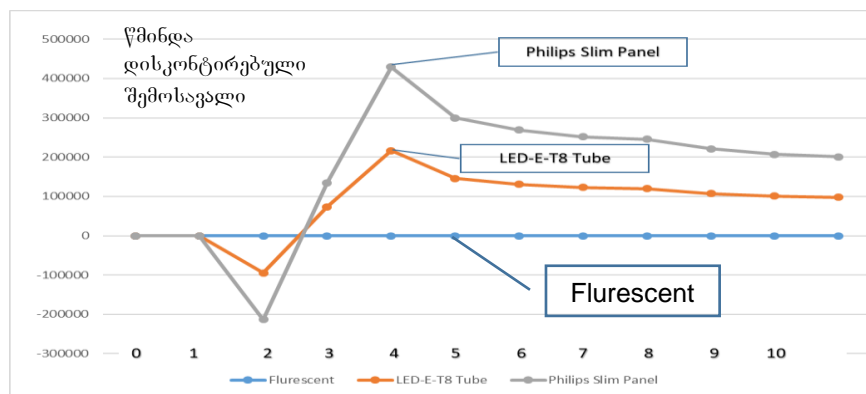
მოყვანილი ანალიზიდან გამომდინარე, გამოსახულებების (2,3,4,5,6-ის) გათვალისწინებით ხელოვნური განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის ანგარიშის ალგორითმი (7) მიიღებს სახეს:

$$\left\{ \begin{aligned} \text{წდმ} &= \sum_{t=T_{B3}}^{T_{33}} \frac{[\sum_{i=1}^m n_{it}(P_{i1t} - P_{i2t})\bar{i}_{i2t} T_t + \sum_{i=1}^m n_{it} \bar{i}_{i2} C_{it}^1 Ht]}{(1+E_t)^t} - \\ &- \sum_{t=0}^{T_{33}} [\Delta K_t + \sum_{i=1}^m n_{it} \bar{i}_{i1} (C_{i2} + K_y)] \frac{(1+R_{i2})^t}{(1+E_t)^t} \rightarrow \max \\ N &= \frac{100SE_{\text{გზ}} K_z KEO}{UnF} = N_{\text{ოპტ}} \text{ და სანათების ოპტიმალური რაოდენობის} \\ &\text{განსაზღვრა} \\ \Delta \Phi &= \frac{UnF}{SE_{\text{გზ}} K_z KEO} = -10\%; +20\% \\ UGR &= 81g \sum_{i=1}^N \left[\frac{K_i C_{yi}}{A_i} \right] - 81g E_{WID} \leq 19 \end{aligned} \right. \quad (7)$$

ალგორითმი აპრობირებულია სს "ენერგო-პრო ჯორჯიას" სათაო ოფისში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის მაგალითზე.

ტექნიკურ-ეკონომიკურად ეფექტური სისტემის საბოლოოდ შეირჩევის მიზნით სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის შენობის მაგალითზე მოძიებული საწყისი ინფორმაციის საფუძველზე თითოეული შესადარებელი სისტემისათვის განსაზღვრულია მათი აღნიშნულ ოფისში დანერგვისათვის საჭირო ინვესტიციების მოცულობა. (ცხრილი 4)

ცხრილ 4-ში მოცემული მაჩვენებლების მიხედვით და ზემოთ მოყვანილი ხელოვნურ განათებაში ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ეკონომეტრიკული მოდელით, ჩატარდა არსებული და ახალი ხელოვნური განათების სისტემების შედარებითი ეკონომიკური ანალიზი. შედეგები ასახულია ცხრილ 5-ში და ნახაზ 8-ზე.



ნახაზი 8. წმინდა დისკონტირებული შემოსავლის ცვალებადობის დინამიკა.

ცხრილი 4. სს ენერგო პრო ჯორჯიას სათაო ოფისში ხელოვნურ განათებაზე განსახორციელებელი ინვესტიციების მოცულობა (ათასი ლარი)

N	მოწყობილობის დასახელება	ბრენდი	რაოდენობა	ერთეულის ფასი	ჯამური ღირებულება ლარი
1	გამანაწილებელი ფარი	IEK ЛПВ-36з-1 36 VХ/13 IP31 36 მოდულიანი	8	107	856
ავტომატური ამომრთველები					
2	Siemens 5SL6325-7 3P C25	Siemens	8	35	280
3	Siemens 5SL6110-7 1P C10	Siemens	48	7.25	348
4	Siemens 5SL6216-7 2P C16	Siemens	56	24.40	1366
შერჩეული ლუმინისცეტური სანათები					
5	4X18W A6/C420 MB	New Light	880	42	36960
6	TL-D 18W/54-765 500 lm	Philips	3520	2.3	8096
შერჩეული შუქდიოდური სანათები					
5	4X18W A6/C-420 MB Opal	New Light	880	25	22000
6	LED-E-T8-600mm-9W 800 lm -3000K-GLASS-CT cosφ=0,98	Oppl	3520	11.9	41888
შერჩეული შუქდიოდური სანათები (2)					
5	SmartBright Slim Panel 34W 3400 lm	PHILIPS RC091V LED34S/865 PSU W60L60 RU 8710163317359	880	99	87120
მაღოვანი კაბელები					
7	სადენი 2x1,5	Cykylo-U 2x1.5 Borsan	5320 მეტრი	1.20	6384
8	სადენი 3x1,5	Cykylo-F 3x1.5 Borsan	2600 მეტრი	1.80	4680
9	სადენი 3x2,5	Cykylo-U 3x2.5 Borsan	3200 მეტრი	3.10	9920
ელექტრო გაყვანილობის მასალები					
10	ერთლილაკიანი ჩამრთველი	LEGRAND 13042413	56	3.90	218
11	ორლილაკიანი ჩამრთველი	LEGRAND 13042397	56	5.01	281
12	სამლილაკიანი ჩამრთველი	LEGRAND 13042398	8	7.60	61
13	როზეტი დამიწებით	LEGRAND 13042592	480	7.80	3744
14	გამანაწილებელი კოლოფი 6 კაბელიანი შემყვანით, IP44, 80x80x40mm	Kopos KSK 80_KA IP66	120	8.15	978
დამცავი საშუალებები					
15	დიელექტრიკული ფეხსაცემი	რევიკლირებული რეზინა	2	35.92	72
16	დიელექტრიკული ჩექმა	Dunlop PVC 9DESJ 46	2	55.58	111
17	დიელექტრიკული ხელთათმანები	Hardy #93 XL, 1514-930010	2	6.59	13
18	იზოლირებული ხელსაწყო		2	105.49	211
19	იზოლირებული მარწუხი	Tolsen 38034	2	86.00	172
20	უსაფრთხოების პლაკატები		8	9.28	74
21	ცეცხლმაქრი	Yarpozinvest ОП-8 ABCE YPI	16	75.95	1215
ჯამი ლუმინისცეტური სანათებით					76,041
ჯამი შუქდიოდური სანათებით					94,873
ჯამი შუქდიოდური სანათებით (Led Slim Panel)					118,105

ნახაზ 8-ზე ასახული მონაცემების მიხედვით შეიძლება გაკეთდეს ცალსახა დასკვნა იმის შესახებ, რომ როგორც ტექნიკური ისე ეკონომიკური თვალსაზრისით სს ენერგო პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის ხელოვნური განათების სისტემაში ყველაზე ეფექტურია PHILIPS SmartBright Slim Panel-ის დანერგვა.

ცხრილი 5. სს ენერგო პრო ჯორჯიას სათაო ოფისში არსებული და ახალი ხელოვნური განათების სისტემების ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზი.

სანათის თიბი:	FFluorescent სანათები	შუქდიოდური LED-E-T8-600mm-9W	შუქდიოდური 34W PHILIPS SmartBright Slim Panel	
სანათების რაოდენობა, (ცალი):	3520 სანათი	3520 სანათი	880 სანათი	
სანათების ჯამური სიმძლავრე (კვტ):	634 კვტ.	317 კვტ.	299 კვტ.	
ნათურების მუშაობის დრო დღიურად - საათი დღეში:	8 საათი	8 საათი	8 საათი	
სანათების ექსპლუატაციის რესურსი, საათი:	5,000 საათი	20,000 საათი	25,000 საათი	
"იჩხ - სანათის (ნათურის) წელიწადში საშუალო ჩართვის საგრძობლობა (სთ) (ჩხ=Kჩხ*8760) (ჩხ =0.3±0.5)"	2,628 საათი	2,628 საათი	2,628 საათი	
საექსპლუატაციო პერიოდში სანათების აუცილებელი შეცვლის ჯერადობა :	1.9 (წელი.თვე)	7.6 (წელი.თვე)	9.5 (წელი.თვე)	
შუქის ნაკადის გამოყენების მ.კ. ვარე განათებაში	65%	96%	96%	
სანათების და მასალების შეძენის ჯამური ღირებულება (ათასი ლარი):	76,041 ლარი	94,873 ლარი	118,105 ლარი	
1 კვტ/სთ ელექტროენერჯის ღირებულება (თეთრი/კვტ.სთ.):	0.2108306 თეთრი/კვტ.სთ.	0.2108306 თეთრი/კვტ.სთ.	0.2108306 თეთრი/კვტ.სთ.	
1 კვტ/სთ ელექტროენერჯის ღირებულება (თეთრი/კვტ.სთ.):		3%		
1 წლის განმავლობაში მოხმარებული ელექტროენერჯის რაოდენობა, (კვტ.სთ.):	1,665,101 კვტ.სთ	832,550 კვტ.სთ	786,298 კვტ.სთ	
ექსპლუატაციის, რემონტის, შეცვლის და უტილიზაციის დანახარჯები წელიწადში:	8,096 ლარი	0	0	
1 წლის განმავლობაში დანახარჯები ელექტროენერჯაზე, (ათასი ლარი):	351,054 ლარი	175,527 ლარი	165,776 ლარი	
ელექტროენერჯის მოხმარების შემცირება, %:		50.0%	52.8%	
წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი Net Present Value (Interest 10 %)				
წელი	ტარიფი	მოგება	10.0% წდშ	10.0% წდშ
0 წელიწადი		-94,873 ლარი	-94,873 ლარი	-118,105 ლარი
1 წელიწადი	0.210831	80,654 ლარი	73,322 ლარი	61,067 ლარი
2 წელიწადი	0.217156	261,447 ლარი	216,072 ლარი	213,232 ლარი
3 წელიწადი	0.223670	194,313 ლარი	145,990 ლარი	153,763 ლარი
4 წელიწადი	0.230380	191,803 ლარი	131,004 ლარი	138,282 ლარი
5 წელიწადი	0.237292	197,557 ლარი	122,668 ლარი	129,482 ლარი
6 წელიწადი	0.244410	211,580 ლარი	119,431 ლარი	125,813 ლარი
7 წელიწადი	0.251743	209,589 ლარი	107,552 ლარი	113,527 ლარი
8 წელიწადი	0.259295	215,876 ლარი	100,708 ლარი	106,303 ლარი
9 წელიწადი	0.267074	230,448 ლარი	97,733 ლარი	102,971 ლარი
10 წელიწადი	0.275086	229,023 ლარი	88,298 ლარი	93,204 ლარი
Net present value			1,107,905 ლარი	1,119,539 ლარი
წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი				

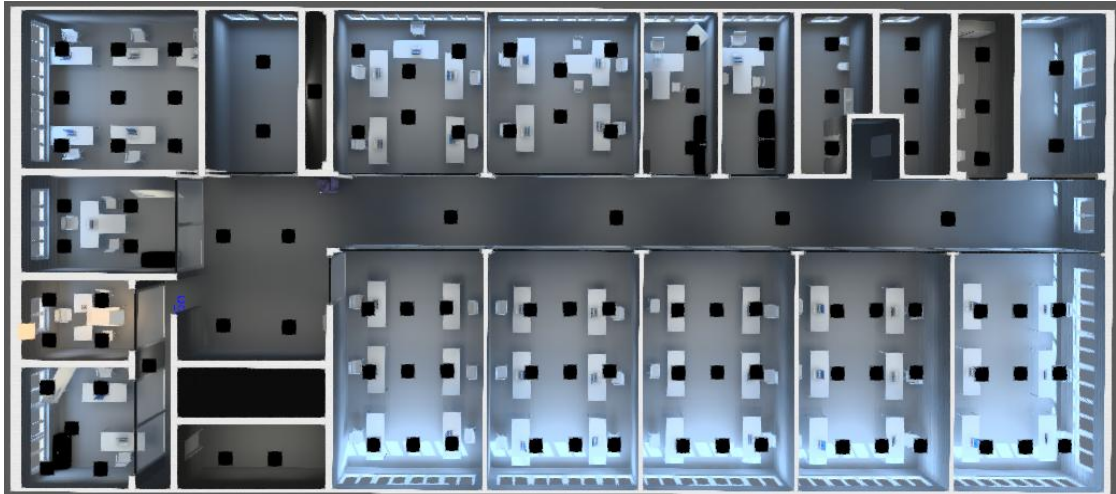
დანერგვის ეფექტიანობის მესამე პირობის შესრულების შესამოწმებლად პროგრამული პროდუქტი EXCEL-ის მეშვეობით დაანგარიშდა სს ენერგო-პრო ჯორჯიას ოფისის ერთ-ერთი სართულის საანგარიშო განათების ნაკადის გადახრა ევროსტანდარტის მოთხოვნასთან მიმართებაში. (ცხრილი 6).

ცხრილი 6. პროგრამული პროდუქტი EXCEL-ის მეშვეობით შენობის მე-6 სართულზე საანგარიშო განათების ნაკადის მოთხოვნასთან მიმართებაში გადახრის ანგარიშის შედეგები ბუნებრივი განათების კოეფიციენტის გათვალისწინებით

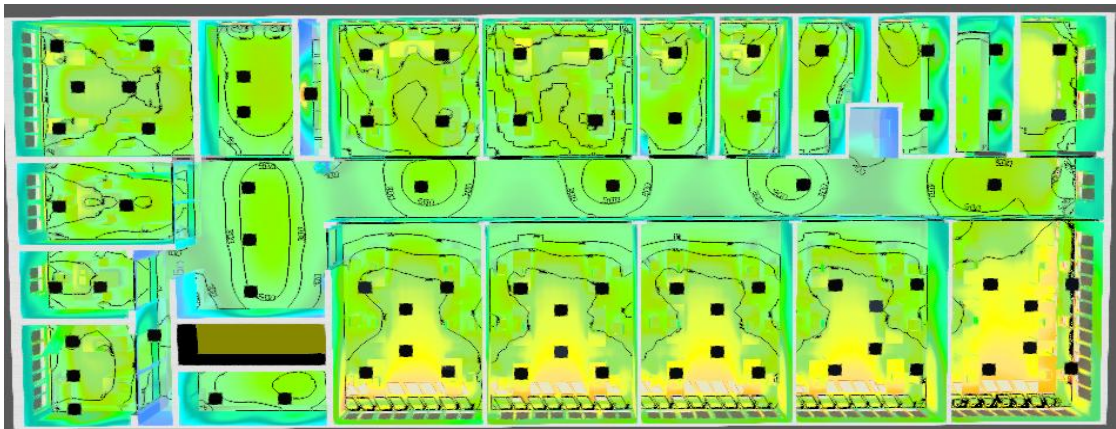
სანათის ტიპი	შედეგები N-სანათების რაოდენობა ბუნებრივი განათების დროს	საანგარიშო განათების ნაკადის მოთხოვნასთან მიმართებაში გადახრის ანგარიში ΔΦ - KEO-ს გათვალისწინებით	სანათის ტიპი	შედეგები N-სანათების რაოდენობა ბუნებრივი განათების დროს	საანგარიშო განათების ნაკადის მოთხოვნასთან მიმართებაში გადახრის ანგარიში ΔΦ - KEO-ს გათვალისწინებით
ოთახი - 1			ოთახი - 7		
ლუმინისცენტური	4	22%	ლუმინისცენტური	2	26%
LED - შუქდიოდური	3	36%	LED - შუქდიოდური	1	41%
LED Slim Panel	2	9%	LED Slim Panel	1	11%
კიბის უჯრედი			ოთახი - 8		
ლუმინისცენტური	2	26%	ლუმინისცენტური	1	44%
LED - შუქდიოდური	1	41%	LED - შუქდიოდური	1	70%
LED Slim Panel	1	11%	LED Slim Panel	1	19%
ტექნიკური უჯრედი			ოთახი - 9		
ლუმინისცენტური	1	25%	ლუმინისცენტური	2	29%
LED - შუქდიოდური	1	30%	LED - შუქდიოდური	1	47%
LED Slim Panel	1	20%	LED Slim Panel	1	12%
ოთახი - 2			ოთახი - WC3		
ლუმინისცენტური	4	16%	ლუმინისცენტური	2	25%
LED - შუქდიოდური	2	25%	LED - შუქდიოდური	1	30%
LED Slim Panel	2	7%	LED Slim Panel	1	20%
ოთახი - 3			ოთახი - 10		
ლუმინისცენტური	4	15%	ლუმინისცენტური	6	11%
LED - შუქდიოდური	2	25%	LED - შუქდიოდური	4	17%
LED Slim Panel	2	11%	LED Slim Panel	3	5%
ოთახი - 4			ოთახი - 11		
ლუმინისცენტური	2	32%	ლუმინისცენტური	6	11%
LED - შუქდიოდური	1	51%	LED - შუქდიოდური	4	17%
LED Slim Panel	1	13%	LED Slim Panel	3	4%
ოთახი - 5			ოთახი - 12		
ლუმინისცენტური	2	33%	ლუმინისცენტური	6	11%
LED - შუქდიოდური	1	52%	LED - შუქდიოდური	4	17%
LED Slim Panel	1	14%	LED Slim Panel	3	4%
ოთახი - WC1			ოთახი - 13		
ლუმინისცენტური	1	28%	ლუმინისცენტური	6	11%
LED - შუქდიოდური	1	33%	LED - შუქდიოდური	4	17%
LED Slim Panel	1	13%	LED Slim Panel	3	4%
ოთახი - WC2			ოთახი - 14		
ლუმინისცენტური	1	28%	ლუმინისცენტური	6	11%
LED - შუქდიოდური	1	33%	LED - შუქდიოდური	4	17%
LED Slim Panel	1	13%	LED Slim Panel	3	5%
ოთახი 6 - სამზარეულო			მცირე დერეფანი		
ლუმინისცენტური	1	41%	ლუმინისცენტური	1	51%
LED - შუქდიოდური	1	66%	LED - შუქდიოდური	1	82%
LED Slim Panel	1	18%	LED Slim Panel	1	22%
ოთახი - კიბის უჯრედი 2			დერეფანი		
ლუმინისცენტური	2	28%	ლუმინისცენტური	7	9%
LED - შუქდიოდური	1	44%	LED - შუქდიოდური	4	15%
LED Slim Panel	1	12%	LED Slim Panel	4	4%

სანათების განლაგების ოპტიმიზაციის ამოცანა გადაწყვეტილია პროგრამული პროდუქტი DIALUX-ის მეშვეობით. (ნახაზი 9,10).

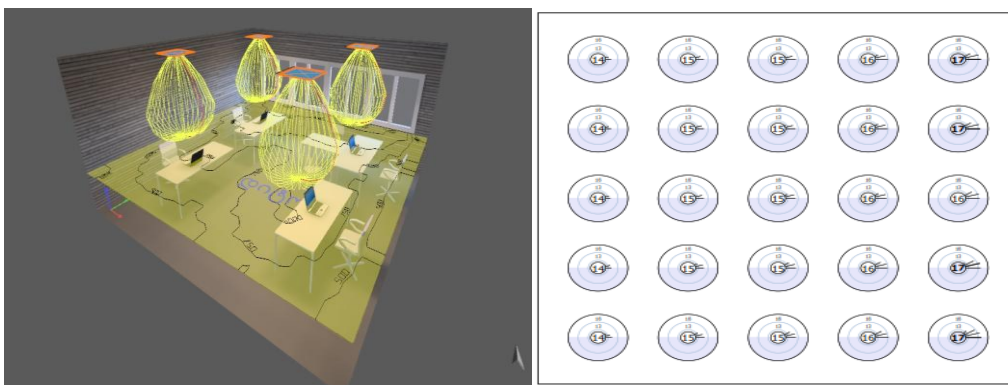
ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმივის უზრუნველყოფის მეოთხე პირობის შესრულების შესამოწმებლად პროგრამული პროდუქტი DIALUX-ის გამოყენებით ჩატარებულია დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებლის ანგარიში. (ნახაზი 11).



ნახაზი 9. პროგრამული პროდუქტი DIALUX-ის მეშვეობით შენობის ერთი სართულის ვიზუალიზაცია, ამჟამად არსებული ვითარება.



ნახაზი 10. პროგრამული პროდუქტი DIALUX-ის მეშვეობით შენობის ერთი სართულის ვიზუალიზაცია, სანათების განლაგების ოპტიმიზაცია PHILIPS SmartBright Slim Panel-ის გამოყენებით



ნახაზი 11. პროგრამული პროდუქტი DIALUX-ის მეშვეობით სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის შენობის ერთ-ერთი ოთახის ხელოვნური განათების დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებლის ანგარიშის შედეგები და შუქის ნაკადის 3D ვიზუალიზაცია.

ოპტიმალური განლაგების ამოცანის გადაწყვეტის შემდეგ დაზუსტებულ იქნა სს ენერგო-პრო ჯორჯიას ოფისში დასანერგი სანათების ოპტიმალური რაოდენობა. ანგარიშის შედეგები შეტანილია ცხრილ 7-ში:

ცხრილი 7. პროგრამული პროდუქტი DIALUX-ის მეშვეობით სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის შენობის ხელოვნური განათების ოპტიმალური განლაგების მიხედვით მიღებული სანათების რაოდენობა

ოთახი	ამჟამად არსებული სანათების რაოდენობა	Dialux-ით ოპტიმალურად განლაგებული სანათების რაოდენობა
ოთახი - 1	9	6
კიბის უჯრედი	2	2
ტექნიკური უჯრედი	1	1
ოთახი - 2	6	4
ოთახი - 3	6	4
ოთახი - 4	3	2
ოთახი - 5	3	2
ოთახი - WC1	3	2
ოთახი - WC2	3	2
ოთახი 6 - სამზარეულო	3	2
კიბის უჯრედი 2	2	2
ოთახი - 7	4	2
ოთახი - 8	4	2
ოთახი - 9	5	3
ოთახი - WC3	2	2
ოთახი - 10	9	6
ოთახი - 11	9	6
ოთახი - 12	9	6
ოთახი - 13	9	6
ოთახი - 14	9	6
მცირე დერეფანი	1	1
დერეფანი	8	7
რაოდენობის ჯამი	110	76
შენობაში რაოდენობის ჯამი	880	608
სიმძლავრის ჯამი (ვატი)	7920	2584
რაოდენობის სხვაობა ერთ სართულზე		
34		
რაოდენობის სხვაობა რვა სართულზე		
272		
გამონთავისუფლებული სიმძლავრე ერთ სართულზე (ვატი)		
5336		
გამონთავისუფლებული სიმძლავრე რვა სართულზე (ვატი)		
42688		

პროგრამული პროექტების Excell და DiaLux მეშვეობით ჩატარებული ანგარიშით დადასტურებულია, რომ შემოთავაზებული მეთოდიკით სრულყოფილად არის შესაძლებელი ხელოვნური განათების სისტემის ოპტიმალური დაგეგმვა და ამჟამად მოქმედ ხელოვნური განათების სისტემის ჩანაცვლება მაღალეფექტური შუქდიოდური სისტემით. ამ ღონისძიებების გატარებით ორგანიზაცია მიიღებს მაღალი ხარისხის

თანამედროვე სტანდარტების შესაბამის ხელოვნურ განათებას, და მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს.

სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოვი სისტემების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის შედარებითი ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრილ 8-ში.

ცხრილი 8. სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის შენობაში ხელოვნურ განათების სისტემების დანერგვის შედეგების შედარებითი ანალიზი

	სტანდარტებით მოთხოვნილი ნორმა	არსებული Philips TL-D 18W	შემოთავაზებული PHILIPS RC091V Led Slim Panel
წდშ	→max	.0 ლარი	1,119,539 ლარი
რაოდენობა N	← min მოთხოვნილი პარამეტრების შენარჩუნებით	880	608
საანგარიშო განათების ნაკადის გადახრა $\Delta \Phi$	-10%;20%	9-41%	4-20%
დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებელი UGR	UGR \leq 19	>22-28	\leq19

ჩატარებული კვლევის შედეგები იძლევა საშუალებას ხელოვნურ განათებაში განვახორციელოთ თანამედროვე ენერგოდამზოვი სისტემების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვა.

დასკვნები

1. მეცნიერული კვლევის საფუძველზე, შეფასებულია ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ტექნოლოგიების დანერგვის ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობა. პრობლემის გადაწყვეტისადმი კომპლექსური მიდგომით ჩატარებული კვლევებით განსაზღვრულია საქართველოს სახალხო მეურნეობის დარგებში, საყოფაცხოვრებო მომსახურებაში და გარე განათებაში, ხელოვნური განათების მაღაეფექტიანი ტექნოლოგიების გამოყენების მიზანშეწონილობა და ნაჩვენებია ამ ტექნოლოგიების დიდი ეკონომიკური და ტექნიკური უპირატესობები;
2. სიღრმისეულად არის შესწავლილი ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების მსოფლიო პრაქტიკა, დადგენილია ეფექტიანობაზე მოქმედი ფაქტორები და მეცნიერული კვლევის საფუძველზე შერჩეულია ეფექტიანობის განმსაზღვრელი კრიტერიუმი;
3. კრიტერიალური მოთხოვნებიდან გამომდინარე, ხელოვნურ განათებაში ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობაზე მოქმედი ყველა შესაძლო ფაქტორის გათვალისწინებით, ჩამოყალიბებულია ეფექტიანობის შეფასების მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელი და ანგარიშის ალგორითმი;
4. ჩატარებული კვლევების შედეგების მიხედვით შემუშავებულია ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ერთიანი მეთოდიკა, იგი ატარებს უნივერსალურ ხასიათს. ამ მეთოდიკით შესაძლებელია ახლად აშენებულ ობიექტებზე, სხვადასხვა სფეროებში და არსებული სისტემების რეკონსტრუქცია-მოდერნიზაციაში, ახალი თანამედროვე

ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის სრულყოფილი შეფასება;

5. ხელოვნურ განათებაში ახალი თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების შემოთავაზებული მეთოდიკა საფუძვლად დაედო განათების სისტემების ოპტიმალური დაგეგმვის ამოცანის გადაწყვეტას. ხელოვნური განათების სისტემების ოპტიმალური დაგეგმვის მსოფლიო გამოცდილების გათვალისწინებით პრობლემის გადაწყვეტისადმი კომპლექსური მიდგომით, ღრმა მეცნიერული კვლევის საფუძველზე ფორმირებული იქნა დაგეგმვის ოპტიმიზაციის კრიტერიუმი, რომელიც ატარებს მრავალფაქტორიან ხასიათს. განათების ობიექტზე დასაწერი ენერგოდამზოგი სისტემის ეფექტიანობის ძირითად პირობასთან ერთად ითვალისწინებს სანათების რაოდენობის და მათი განლაგების ოპტიმიზაციას, განათებულობის გადახრის და დისკომფორტის კოეფიციენტის ევროპული სტანდარტების დაცვას;
6. ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელის საფუძველზე ჩამოყალიბებულია ანგარიშის ალგორითმი და შემოთავაზებულია მისი რეალიზაცია Excell-ის და DIALux-ის პროგრამული პროდუქტების გამოყენებით;
7. ფორმირებულია ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების და განათების სისტემების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის ერთიანი მეთოდიკა, რომელიც საშუალებას იძლევა კომპლექსურად შეფასდეს ხელოვნური განათების დანერგვის ეფექტიანობა და სწორად განისაზღვროს მისი დაგეგმვა-განვითარების პერსპექტივები.
8. კვლევის შედეგების პრაქტიკული რეალიზაცია განხორციელებულია საქართველოს რკინიგზის გარე განათების ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის

შეფასებაში და სს ენერგო-პრო ჯორჯიას ოფისში ახალი თანამედროვე ხელოვნური განათების სისტემის ოპტიმალური დაგეგმვის მაგალითზე. დადგენილია გატარებული ღონისძიების მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობა.

9. პროგრამული პროექტების Excell და DiaLux მეშვეობით ჩატარებული ანგარიშით დასტურდება, რომ შემოთავაზებული მეთოდიკით სრულყოფილად არის შესაძლებელი ხელოვნური განათების სისტემის ოპტიმალური დაგეგმვა და ამჟამად მოქმედ ხელოვნური განათების სისტემის ჩანაცვლება მაღალეფექტური ენერგოდამზოგი სისტემით. ამ ღონისძიებების გატარებით ნებისმიერი ორგანიზაცია მიიღებს მაღალი ხარისხის თანამედროვე სტანდარტების შესაბამის ხელოვნურ განათებას, და მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს.
10. საქართველოში ხელოვნური განათების სისტემის ეფექტიანობის ასამაღლებლად ქვეყანაში უნდა ჩატარდეს ამ სისტემის სრული მოდერნიზაცია, საკანონმდებლო დონეზე უნდა განესაზღვროს თითოეულ ორგანიზაციას ხელოვნური განათების მაღალეფექტიანი სისტემის დანერგვის ვალდებულებები. ხელოვნური განათების სისტემის სრული მოდერნიზაციის შემთხვევაში შესაძლებელია ქვეყანამ ყოველწლიურად მიიღოს ერთ მილიარდ კვტ/სთ-ზე მეტი ელექტროენერჯის ეკონომია.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული შრომები

1. კახაძე. ვ. განათების სისტემების ახალი ენერგოეფექტური ტექნოლოგიები და მათი დანერგვის პერსპექტივები საქართველოში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 85-ლია საერთაშორისო კონფერენცია, თეზისების კრებული, თბილისი, 2017 წ. გვ. 93.
2. ჯაფარიძე. დ., კახაძე. ვ. ხელოვნური განათების თანამედროვე სისტემების ეფექტიანობის შეფასება და დანერგვის პერსპექტივები საქართველოში. "ბიზნეს - ინჟინერინგი", №1-2, 2018, გვ. 142-149.
3. კახაძე. ვ. ხელოვნური განათების ენერგოდამზოვი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის ანგარიშის მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელის შემუშავება და აპრობაცია. V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია - "ენერგეტიკა - რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები". მოხსენებების კრებული. ქ. ქუთაისი. 2018, გვ. 74-77.
4. ჯაფარიძე. დ., კახაძე. ვ. ხელოვნურ განათებაში ენერგოდამზოვი საშუალებების დანერგვის ეკონომიკური ეფექტიანობის ანგარიშის ალგორითმის შემუშავება და პრაქტიკული რეალიზაცია. "ენერჯია", №1(89), 2019, გვ. 5-14.
5. ჯაფარიძე. დ., კახაძე. ვ. ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოვი სისტემების დანერგვის დაგეგმვის ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელირება. "ეკონომიკა" №5-6, 2019. (მიღებულია გამომცემლობის მიერ დასაბეჭდად).

Resume

In the postgraduate thesis work: “Optimal planning of implementation of up-to-date energy saving systems in artificial lighting”, practice for implementation of energy efficiency activities in world developed countries are deeply and detailed studied. Deriving from the analyses results, assessment of efficiency of implementation of up-to-date energy saving systems in artificial lighting and solution upon the deep scientific complex survey of their practical realization problem in Georgia is put on front place. According to the results of carried out survey, criteria for assessment of efficiency is elaborated and accordingly multi factorial mathematic model for assessment of efficiency of implementation of up-to-date energy saving systems in artificial lighting is established as well. With the complex approach to the solution/solving the raised problem, calculation algorithm of optimal planning of energy saving means’ implementation is established.

Presented postgraduate thesis work consists of introductory, tables and list of drawings, abbreviations applied in the work, four basic chapters – corresponding subparagraphs, conclusions and recommendation, applied literature and annexes.

Analyses of implementation results of energy efficiency activities in world developed and post-soviet union countries is conducted at the first stage of survey. Special attention is paid towards the survey of efficiency for energy saving means’ implementation in artificial lighting. On its hand situation in Georgia is studied. According to the analyses, actuality of contemporary energy saving means’ implementation in artificial lighting of the country and necessity for creation of legal base required for its fast fulfillment is determined. Practical result of this survey is selection of energy saving high efficient means for artificial lighting in different fields of Georgia and establishment of perspectives for their implementation.

Next step of survey is elaboration of new method for assessment of efficiency of up-to-date energy saving means’ implementation in artificial lighting. With the purpose to solve the problem, new criteria to determine the efficiency is chosen upon critical analyses of existing method of modern energy saving implementation in artificial lighting. This criteria is formed with the maximization principle of net discounting income, foreseeing all possible factors acting on this. Deriving from the criterion request, multi factorial mathematical model for assessment of the efficiency of modern energy saving means’ implementation in artificial lighting and corresponding counting algorithm that is certified on the sample of outdoor lighting of Georgian Railway is established. With the calculation performed by applying the program software Excel, list of energy saving means due to implementation in outdoor lighting of Georgian Railway is chosen and their technical-economic efficiency is assessed. It is stated that by implementing of these means, Georgian Railway can reach the significant decrease of expenses in outdoor lighting in following two years.

At the third stage of survey, issue of optimal planning of modern energy saving means' implementation in artificial lighting subjected to the deep and detailed scientific survey of complex achievement for the problem solution. This first task of the survey is choosing the criteria for planning optimality and elaboration of corresponding calculation algorithm with its ground. By scientific analyses of world experience for solving the noted problem is confirmed that this issue is not studied in scientific way entirely. Together with the assessment of efficiency of implementation these systems for solving the optimal planning of modern energy means implementation in artificial lighting, task for selection of the optimal number of the lamp and their optimal disposition should be solved, as well as the relevance of indicator of calculating lighting stream inclination and generalized indicator of discomfort with the euro standard. Foreseeing the mentioned factors, multi factorial mathematical model for optimal planning of contemporary energy saving means' implementation in artificial lighting and calculation algorithm are established. Algorithm is certified in JSC "Energo-Pro Georgia" Head Office as example of optimal planning of modern energy saving means' implementation.

With the calculation conducted by program software Excel and DiaLux is confirmed that optimal planning of artificial lighting system and replacement of acting artificial lighting system with the high effective energy saving system is possible to be carried out completely with offered method. With these activities any organization will have artificial lighting relevant to the high quality modern standards and will get significant economic effect.

Main scientific result of conducted survey is the fact that first time in Georgia there is the entire method for optimal planning of modern energy saving means' implementation in artificial lighting that has universal character and utilization of it is possible in any field in the process of optimal planning of modern energy saving systems' implementation of artificial lighting. By certifying this method its huge practical importance is clearly shown.