

კავშირი “ენერგოეფექტურობის ცენტრი საქართველო”

საცხოვრებელი შენობების ენერგეტიკული
და
ეკოლოგიური პრობლემები
საქართველოში

ენერგოეფექტურობის ცენტრის ბიბლიოთეკა
თბილისი 2011

© კავშირი “ენერგოეფექტურობის ცენტრი საქართველო” 2011

გვაქვს პატივი წარმოგიდგინოთ წიგნი **“საცხოვრებელი შენობების ენერგეტიკული და ეკოლოგიური პრობლემები საქართველოში”**.

წინამდებარე ნაშრომის გამოქვეყნება ჩვენი მორიგი მცდელობაა საზოგადოების ყველა ფენის სამსჯელო საგნად ვაქციოთ საქართველოში მშენებლობის დარგში ჩამოყალიბებული უარყოფითი ტენდენცია, რომელიც საბჭოეთიდან გვერგო შთამამავლობით და დამოუკიდებლობის პერიოდში კიდევ უფრო გაღრმავდა.

ნაშრომში მიმოხილულია საქართველოში შენობების თბოტექნიკური მახასიათებლების განვითარების ისტორიული ეტაპები და შედეგად, ჩამოყალიბებული ტენდენციები. მათი გავლენა შიდა ეკოლოგიასა და კომფორტზე.

დასახული ამოცანების მიღწევის მაღალი პროფესიული ინტერესის გამო, ნაშრომის მომზადება ვთხოვეთ **ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატს ბატონ გიორგი სადალაშვილსა და ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატს, დოცენტს, აკადემიურ დოქტორს ქალბატონ მარია სადალაშვილს**.

ავტორები, შეძლებისდაგვარად პოპულარულ ენაზე აღწერენ შენობებში მიმდინარე ფიზიკურ პროცესებს და ამ პროცესების გამოვლინების პირველად ნიშნებს. დეტალურად განიხილავენ კედლების შიდა ზედაპირზე ნამის წარმოქმნის მიზეზებს და კედლის თბომახასიათებლების გაუმჯობესებით ამ პრობლემის აღმოფხვრის თეორიულ საკითხებს. ასევე აღწერენ, განსაკუთრებით დასავლეთ საქართველოში გავრცელებული ირიბი წვიმების უარყოფითი გავლენის აღმოფხვრის ტრადიციულ და თანამედროვე მეთოდებს.

იმედს ვიტოვებთ, და ჩვენი მხრიდან მცდელობას არ მოვაკლებთ, რომ ამ და მსგავსი პუბლიკაციებით, სხვა ქმედებებთან ერთად შევძლოთ სათანადო იმპულსი მივცეთ საზოგადოებას

არსებული მავნე ტენდენციის გამოსწორებისა რადგანაც, სრულად გვაქვს გაცნობიერებული, რომ თანამედროვე, ენერგოეფექტური მშენებლობა არა მხოლოდ ამა თუ იმ კონკრეტული შენობით მოსარგებლეთა ეკონომიკური მაჩვენებლების გაუმჯობესების მნიშვნელოვან პოტენციალს შეიცავს.

ნაშრომის მომზადების პროცესი ჩვენთვის უაღრესად საინტერესო, შემოქმედებითად დაძაბული და შემეცნებითი აღმოჩნდა. ხოლო, თუ რამდენად წარმატებული, ამის განსჯა თქვენთვის მოგვიწევს, ჩვენის მხრივ კი უღრმეს მადლობას ვუძღვებით ბატონ გიორგისა და ქალბატონ მარიკას თანამშრომლობისათვის.

**ენერგოეფექტიურობის ცენტრის სახელით,
გიორგი აბულაშვილი**

საცხოვრებელი შენობების ენერგეტიკული და ეკოლოგიური პრობლემები საქართველოში

თავი 1. საცხოვრებელი შენობების შემომზღუდავი კონსტრუქციების განვითარების ტენდენციები საქართველოში

ბოლო წლებში საქართველოში დიდი რაოდენობით აშენდა საცხოვრებელი შენობები. მრავალსართულიანი სახლების უმეტესობა თბილისის ე.წ. პრესტიჟულ უბნებში აშენდა. განაშენიანების გადაჭარბებული სიმჭიდროვის გამო განადგურდა გამწვანებული ფართობები. მკვეთრად გაიზარდა მანქანების რაოდენობა. საფეხმავლო გზა-ტროტუარები გადაიქცა მანქანების სადგომებად და სავალ ნაწილად. მანქანების დიდმა რაოდენობამ გამოიწვია ჰაერის დაბინძურება. მრავალსართულიანი შენობების მჭიდრო განაშენიანების გამო შენობები ჩრდილავენ ერთმანეთს, ირღვევა განათებულობის ნორმები, ბევრი ბინა მოკლებულია მზის რადიაციას, სუპერურბანიზაციამ გამოიწვია მიკროკლიმატის და ადამიანის საცხოვრებელი პირობების გაუარესება.

საქართველოში ენერჯის ერთ-ერთი უდიდესი მომხმარებელი არის საცხოვრებელი სექტორი. იმის გასარკვევად, თუ რა რაოდენობის ენერჯია არის საჭირო შენობების გათბობა-გაგრილებაზე და რა წვლილი შეაქვთ მათ ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესებაში, უნდა შეფასდეს შენობების ენერგოეფექტურობა, რომელიც განისაზღვრება შენობების შემომზღუდავი კონსტრუქციების თბოტექნიკური თვისებებით. თანამედროვე სახლების ენერგომომხმარება და ეკოლოგიური მდგომარეობა

რეობა რომ თვალსაჩინო იყოს, საჭიროა განვიხილოთ ის ცვლილებები, რომელიც განიცადა სამშენებლო დარგმა მე-20 საუკუნეში. საქართველოში განვლილი დრო (სამშენებლო თვალსაზრისით) პირობითად შეიძლება დაიყოს სამ ნაწილად: შენობები აშენებული 1920 წლამდე, სახლები აშენებული 1920-1990 წლებში და აშენებული 1990 წლიდან დღემდე.

მე-19 საუკუნის ბოლოს და მე-20 საუკუნის დასაწყისში საქართველოში კაპიტალური შენობები შენდებოდა ევროპული განათლების მქონე არქიტექტორების პროექტებით. იმ დროს აშენებული შენობები თავისი თბოტექნიკური მაჩვენებლებით შეესაბამებოდნენ იმდროინდელ ევროპულ დონეს. შენობის კედლები იყო აგურის და მათი სისქე საშუალოდ შეადგენდა 80 სმ, ზოგ შემთხვევაში კი აღწევდა 100 სმ. ასეთი კედლები ხშირად იყო დამატებით თბოიზოლირებული დამატებულ ჩანაყარით. მაგალითად, ასე იყო თბოიზოლირებული ამჟამინდელი განათლების სამინისტროს შენობის კედლები. გამოიყენებოდა ორმაგი ფანჯრები. სართულშუა გადახურვებს გააჩნდათ თბო - და ბერასაიზოლაციო ფენილები. სასხვენე გადახურვები ასევე იყო თბოიზოლირებული. კიბის უჯრედები იყო დახურული და მათ გააჩნდათ თბოიზოლაციისათვის ტამბურები. გასათბობი ღუმელები განლაგებული იყო ისე, რომ ერთდროულად თბებოდა რამდენიმე ოთახი. კედლების მაღალი სითბური ინერციის გამო ბინის გასათბობად საკმარისი იყო გათბობა 3-5 დღეში ერთხელ.

მე-20 საუკუნის 20-იანი წლებიდან, სოციალისტური ნეობილების დროს ენერგორესურსებზე დაწესებული იქნა ხელოვნურად დაბალი სახელმწიფო ფასები. ენერჯის დიდმა რაოდენობამ და დაბალმა ფასებმა განაპირობა ახალი მიდგომები, რაც აისახა სამშენებლო ნორმატიულ დოკუმენტაციაში. შემცირდა მოთხოვნები შენობის თბოსაიზოლაციო თვისებებისად-

მი და კედლების სისქე შემცირებული იქნა 2-4-ჯერ, საცხოვრებლის კომფორტზე მოთხოვნები დაყვანილ იქნა სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმების ქვედა ზღვრამდე. მასობრივად განვითარდა ერთმრიანი ბეტონის კედლების გამოყენება. ასეთი კედლების სისქე დგინდებოდა უფრო კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური და არა თბოტექნიკური მოთხოვნების მიხედვით. ამის დამადასტურებელია ის გარემოება, რომ ერთი და იგივე კლიმატის პირობებში და ერთნაირი ბეტონის შემთხვევაში მსხვილი ბლოკების კედლები იყო 40 სმ სისქის, მსხვილი პანელების შენობებში 30 სმ სისქის, ხოლო კარკასულ შენობებში კედლების სისქე იყო 25 სმ. არც ისე იშვიათად ბეტონის კედლებში შეიმჩნეოდა კონდენსაციით გამოწვეული ნესტი, ხავსი და სოკოები. ორმაგი ფანჯრები შეცვლილი იქნა ცალმაგით. კიბის უჯრედები და სასხვენე გადახურვები იყო ღია და ა.შ.

საბჭოთა ნორმებით აშენებული შენობების გათბობა გათვლილი იყო განუწყვეტლივ მოქმედ გამათბობელ სისტემებზე. ქალაქებში ასეთი გათბობა ხორციელდებოდა გათბობის ცენტრალიზებული საქვებებით. ენერჯის დაბალი ფასების პირობებში ასეთი მშენებლობა საშუალებას იძლეოდა ენერჯის მოხმარების გაზრდის ხარჯზე გაენიათ სამშენებლო მასალების ეკონომია და გაეზარდათ მშენებლობის მოცულობა. ენერჯის დაბალი ფასების პირობებში ასეთი მშენებლობა გამოიყურებოდა ეკონომიურად. საქართველოს საბჭოთა კავშირიდან მემკვიდრეობად დარჩა შენობები, კვარტლები და ქალაქები გათვლილი შეუზღუდავი რაოდენობის დაბალი ფასის ენერჯის მოხმარებაზე, რაც წინააღმდეგობაშია საბაზრო ეკონომიკის პრინციპებთან.

დამოუკიდებლობის მოპოვების შემდეგ საქართველოში გაგრძელდა მშენებლობა, რომელიც ისევ ძველ, საბჭოთა ნორმებზეა ორიენტირებული. მასობრივად გავრცელდა რკინაბეტონის კარკასული შენობების მშენებლობა. კარკასის საკედლე შე-

მავსებლად გამოიყენება ღრუტანიანი ბეტონის ბლოკები. ასეთი შენობების თბოტექნიკური მაჩვენებლები ბევრ შემთხვევაში უფრო დაბალია, ვიდრე საბჭოთა დროს აშენებული შენობებისა. კარკასის ელემენტები, როგორცაა რკინაბეტონის სვეტები, რიგელები, გადახურვები ასრულებენ შემომზღუდავი კონსტრუქციების ფუნქციებს და მათი თბოტექნიკური მაჩვენებლები ხშირად არ შეესაბამება საბჭოთა ნორმებსაც კი. რაც შეეხება საკედლე ღრუტანიანი ბეტონის ბლოკებს, მათი თბოტექნიკური მაჩვენებლები არის საბჭოთა ნორმების მოთხოვნათა ზღვარზე, ან საერთოდ არ აკმაყოფილებენ ნორმებს. მცდელობა, რომ ბეტონის ბლოკები დამზადდეს მსუბუქი ბეტონისაგან (პერლიტბეტონი, პემზაბეტონი, ქაფბეტონი და სხვა) არ ცვლის საკითხს, რადგან მათი თბოტექნიკური მაჩვენებლები ისევ ორიენტირებულია საბჭოთა ნორმებზე. ფანჯრებში ორმაგი მინაპაკეტის გამოყენება უმნიშვნელოდ აუმჯობესებს საქმეს, რადგან ძირითადი სითბოდანაკარგები მოდის რკინაბეტონის ელემენტებზე და ბეტონის კედლებზე. ასეთი შენობები, როგორც ეს გათვალისწინებულია საბჭოთა ნორმებით, მოითხოვენ დღელამის განმავლობაში განუწყვეტლივ გათბობას. განვლილ ასწლიან ისტორიულ პერიოდში კედლების მახასიათებლებმა განიცადეს ცვლილებები.

კედლები დროთა განმავლობაში გათხელდა 4-ჯერ, ხოლო მათი წონა შემცირდა დაახლოებით 6,5-ჯერ. კედლების სითბოგადაცემის წინააღობა შემცირდა. სათანადოდ, გაიზარდა სითბოდანაკარგები კედლებიდან. ანუ კედლების თბოტექნიკური მახასიათებლები გაუარესდა. უნდა აღინიშნოს, რომ დაკიდული კედლები, რომლებიც გამოიყენება კარკასული სახლების მშენებლობაში წარმოადგენენ გარკვეულ ეტაპს სამშენებლო ტექნიკის განვითარებაში.

კარკასულ შენობებში მზიდ ფუნქციებს ასრულებს კარკასი, ხოლო გარე კედლებს ასეთი ფუნქცია აღარ აკისრიათ. დაკიდული კედლების ძირითადი დანიშნულებაა შენობის შიდა სივრცის გარე კლიმატის უარყოფითი ზემოქმედებისაგან დაცვა.

დაკიდული კედლები იტვირთებიან მხოლოდ საკუთარი წონით, რომლის დატვირთვა გადაეცემა კარკასს. მზიდი ფუნქციის არ ქონის გამო დაკიდული კედლების წონა შეიძლება მკვეთრად იქნეს შემცირებული. ასე მაგალითად, აშშ-ში ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 50-იან წლებში დაკიდული კედლების წონა საშუალოდ დაყვანილ იყო 50 კგ/მ². 80 სმ სისქის აგურის კედლის წყობასთან შედარებით მათი წონა 30-ჯერ იყო შემცირებული.

ამერიკულ ტერმინოლოგიაში დაკიდულ კედლებს ეწოდება „curtain wall“, ან პირდაპირი თარგმანით „კედელი ფარდას“ ნიშნავს და სრულად ასახავს მათ დანიშნულებას და ტექნიკურ სახეს.

ახალი მასალები, რომლებიც ამჟამად გამოჩნდა ბაზარზე პრინციპულად ცვლიან კედლის სისქის, წონის და სითბოგადაცემის წინააღობის არსებულ მაჩვენებლებს. მაგალითისათვის მოგვყავს ამერიკული პატენტით გამოშვებული მასალა „TC Ceramic“ რომლის 1 მმ სისქე თავისი სითბოგადაცემის წინააღობით ექვივალენტურია 70 სმ სისქის აგურის კედლისა.

დაკიდული კედლები უნდა განიხილებოდეს როგორც კარკასული შენობების ერთგვარი პერანგი, რომელსაც აქვს ფუნქციური და ესთეტიკური დანიშნულება.

საქართველოში კარკასულ შენობებში საკედლე მასალად გამოიყენება ღრუტანიანი ბეტონის ბლოკები, რომლებიც კარკასის სვეტებს შორის არის განლაგებული. ღრუტანიანი ბეტონის ბლოკების კედლები საჭიროებენ ნაკლებ მასალას და ამიტომ არიან ეკონომიური, მაგრამ ამავე დროს მათი სითბოგადა-

ცემის წინაღობა შემცირებულია დაახლოებით 2,5-2,7 ჯერ, რაც სითბოგადინების ამდენჯერვე ზრდას ნიშნავს. ამ შემთხვევაში ტექნოლოგიური სიახლე, რომლითაც იზოგება სამშენებლო მასალები, მიღწეულია შენობის საექსპლუატაციო თვისებების გაუარესების და გათბობაზე გადაჭარბებული ენერჯის მოხმარების ხარჯზე. საქართველოში და განვითარებულ ქვეყნებში არსებული მდგომარეობის შედარებისათვის ქვემოთ მოყვანილია შენობების შემომზღუდავი კონსტრუქციების ნორმებით დადგენილი თბოტექნიკური მაჩვენებლები

ცხრილი #1

საცხოვრებელი შენობების შემომზღუდავი კონსტრუქციების სითბოგადაცემის საჭირო წინაღობა		
$R_0^{საჭ}, \text{მ}^2 \cdot \text{C} / \text{ვტ}$		
ქვეყანა	კედლები	გადახურვები
გერმანია	2,0 – 2,5	3,0 – 3,6
დანია	3,3 – 5,0	5,0 – 7,0
ნორვეგია	4,0	4,35
რუსეთი	2,1 – 5,6	2,8 – 7,3
შვედეთი	3,3 – 4,0	5,0 – 5,9
საქართველო	0,5	0,75

ერთი შეხედვით შეიძლება შეიქმნას შთაბეჭდილება, რომ განსხვავება სითბოგადაცემის საჭირო წინაღობაში გამოწვეულია მხოლოდ კლიმატის სხვაობით. ამის გასარკვევად საჭიროა განხილული იყოს ცვლილებები, რომელიც საქართველოსგან განსხვავებით მოხდა დასავლეთის განვითარებულ ქვეყნებში.

საქართველოში არსებული მდგომარეობის განვითარებულ ქვეყნებთან შედარებისთვის, განვიხილოთ როგორ იცვლებოდა წლების მანძილზე მასალები, კონსტრუქციები და

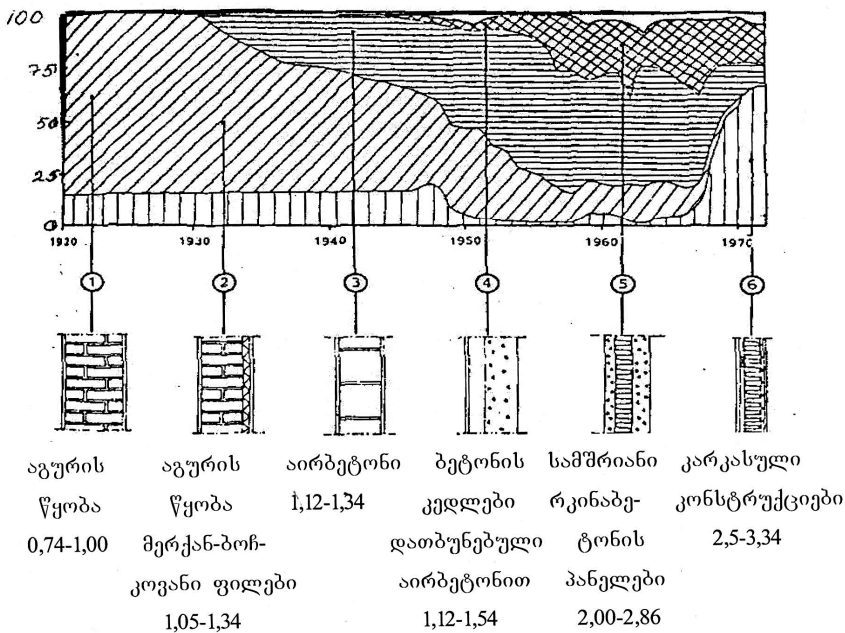
თბოტექნიკური მაჩვენებლები განვითარებულ ქვეყნებში. მაგალითისათვის განვიხილოთ შვედეთის მონაცემები (ნახ. 1)

როგორც დიაგრამიდან ჩანს მე-20 საუკუნის დასაწყისში შვედეთში, ისევე როგორც საქართველოში, საკედლე მასალად გამოიყენებოდა აგური, შემდეგ აგურის კედლები შეიცვალა მსუბუქი უჯრედოვანი ბეტონის კედლებით, შემდეგ ორშრიანი კედლებით, ამის შემდეგ უფრო ეფექტური სამშრიანი კონსტრუქციებით და ა.შ. დიაგრამაზე ჩანს, რომ კონსტრუქციების ცვლილებასთან ერთად იცვლება მასალების ნომენკლატურა და მათი გამოყენების მოცულობები. ასე მაგალითად, მსუბუქი ბეტონის ერთშრიანი კედლების გამოყენება იწყება 20-ან წლებში და 70-ანი წლებისათვის თითქმის ამოღებულია ხმარებიდან, რის შემდეგ ძირითადად გამოიყენება ეფექტური თბოსაიზოლაციო მასალებისაგან შემდგარი მრავალშრიანი კედლები. მასალების და კონსტრუქციების ცვლილებასთან ერთად განუწყვეტილად იზრდებოდა კედლების სითბოგადაცემის წინააღმდეგობა.

საქართველოში მდგომარეობა იცვლებოდა სანინაალმდეგო მიმართულებით. 30-იანი წლებიდან მოყოლებული გამოიყენება ერთშრიანი კედლები, უმთავრესად მსუბუქი ბეტონისაგან. კედლების სითბოგადაცემის წინააღმდეგობა შეესაბამებოდა დაახლოებით 40 სმ სისქის აგურის კედელს. თვალსაჩინოებისათვის ნახ. 2 მოყვანილია გრაფიკი, რომელზეც ნაჩვენებია, თუ როგორ იცვლებოდა საუკუნის მანძილზე კედლების სითბოგადაცემის წინააღმდეგობა შვედეთსა და საქართველოში.

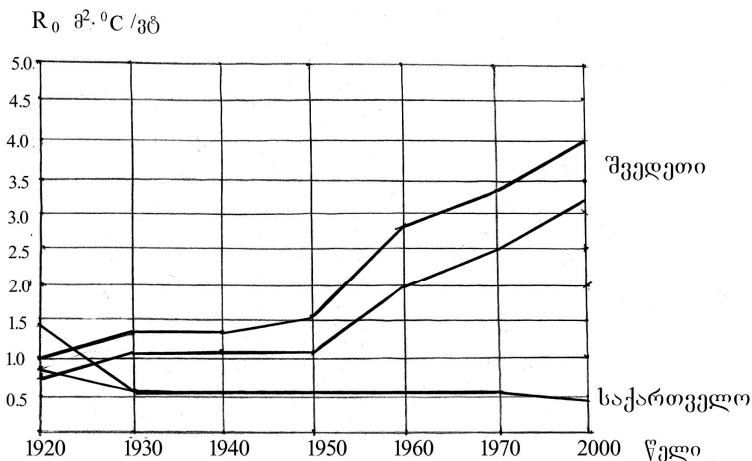


% საცხოვრებელი ბინების საერთო რაოდენობასთან



ნახ. 1 საცხოვრებელ სახლებში გამოყენებული ძირითადი სამშენებლო მასალები, კედლების კონსტრუქციები და სითბოგადაცემის წინააღობის მაჩვენებლები, $R_0(\text{მ}^2 \cdot \text{°C})/\text{ვტ.}$

გარე კედლების
სითბოგადაცემის წინააღმდეგობის ცვლილება
წლების მიხედვით



ნახ. 2

მე-20 საუკუნის დასაწყისში საქართველოში კედლების სითბოგადაცემის წინააღმდეგობა იყო ისეთივე და ზოგ შემთხვევებში უკეთესი, ვიდრე შვედეთში. განვლილ დროში შვედეთში კედლების სითბოგადაცემის წინააღმდეგობა გაიზარდა დაახლოებით 3-7-ჯერ, ხოლო საქართველოში შემცირდა დაახლოებით 2-ჯერ. შედეგად მივიღეთ, რომ საქართველოში სითბოდაცემის კოეფიციენტები კედლებიდან საშუალოდ 6-ჯერ უფრო მეტია, ვიდრე შვედეთში. აღნიშნულ დროში კლიმატის მაჩვენებლების შეფარდება არ შეცვლილა. შეიცვალა მხოლოდ დამოკიდებულება ენერგომომხმარებელსა და სითბოდაცემის კოეფიციენტს შორის. საქართველო ისევ საბჭოთა ნორმების “ტყვეობაშია” და ფანტავს ენერგიას ძველებურად, რაც ხელს უწყობს ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესებას, სოციალურ დაძაბულობას და ზრდის ენერგოდამოკიდებულებას სხვა ქვეყნებზე.

თავი 2. შემომზადავი კონსტრუქციების საექსპლოატაციო თვისებები.

მშენებლობის ეკონომიურობა და სამშენებლო მასალის რაოდენობის შემცირება არის საყოველთაო ტენდენცია დარგში. წინა თავში მოყვანილი პირველი ცხრილიდან ნათლად ჩანს, რომ გარე კედლების მასა შემცირდა 6,5-ჯერ და ეს ტენდენცია მომავალშიც გაგრძელდება.

დიდი მასის კონსტრუქციებთან შედარებით, მსუბუქი კედლები უფრო „მგრძობიარე“ არიან გარე მეტეოროლოგიური ფაქტორების ცვლილებებთან. შემომზადავი კონსტრუქციები განიცდიან შენობის შიდა და გარე ტემპერატურის და ტენის გავლენას, ქარის, ქარისა და წვიმის ერთობლივ ზემოქმედებას, მზის რადიაციას და სხვა.

შემომზადავი კონსტრუქციების მასიურობა განისაზღვრება სითბური ინერციით.

ზამთრის საანგარიშო ტემპერატურები განისაზღვრება შემომზადავი კონსტრუქციების სითბური ინერციის მიხედვით.

მასიური კონსტრუქციებისთვის საანგარიშო ტემპერატურად მიიღება ყველაზე ცივი 5 დღის საშუალო, ხოლო მსუბუქი კონსტრუქციებისთვის - ყველაზე ცივი დღე-ღამის ტემპერატურა, საშუალო მასივობის კონსტრუქციისათვის - ამ ორ ტემპერატურას შორის საშუალო. ასე მაგალითად, თბილისისათვის ყველაზე ცივი 5 დღის საშუალო საანგარიშო ტემპერატურა უდრის -8°C , ხოლო მსუბუქი კონსტრუქციებისთვის საანგარიშო ტემპერატურა უდრის -10°C . საშუალო მასივობის კედლისათვის საანგარიშო ტემპერატურა იქნება -9°C .

საანგარიშო ტემპერატურის შესაბამისად იანგარიშება შემომზღუდავი კონსტრუქციის სითბოგადაცემის საჭირო წინააღობა.

ოთახში ჰაერის ტემპერატურას t_a და შემომზღუდავი კონსტრუქციის შიდა ზედაპირის ტემპერატურას შორის t_a სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს ნორმირებულს.

მაგალითად, საცხოვრებელი ოთახისათვის, რომლის შიდა ჰაერის საანგარიშო ტემპერატურა თუ უნდა იყოს 18°C , კედლის შიდა ზედაპირის ტემპერატურა უნდა უდრიდეს ან იყოს მეტი 12°C . თუ სხვაობა აღემატება 6°C , მაშინ კედლის შიდა ზედაპირზე ჩნდება ნამის წარმოშობის შესაძლებლობა. ნამი წარმოიქმნება სითბოგამტარი ჩანართების ადგილებში, ოთახის კედელზე და კუთხეებში, ფანჯრების მიმდებარე სიბრტყეში და ა.შ.

კედლის სითბოგადაცემის წინააღობა უნდა იყოს მიღებული სათანადო მარაგით. ანალოგიურად ტემპერატურა უფრო დაბალია ფანჯრის (ან გარე კარების) ჩარჩოს სიახლოვეს.

ოთახში დაბალი ტენიანობის შემთხვევაში, ოთახის ჰაერის ტემპერატურას და კედლის შიდა ზედაპირს შორის დიდმა სხვაობამ შეიძლება არ გამოიწვიოს კედლის შესამჩნევი ტენიანობა, მაგრამ ქმნის დისკომფორტს, რაც გამოწვეულია ჰაერის კონვექციური ნაკადის სიჩქარის ზრდით. კონვექციური ნაკადი, რომლის სიჩქარე აღემატება $0,2$ მ/წ, ადამიანში იწვევს მუდმივი ნიავის შეგრძნებას. გარდა ამისა, კედლის შიდა ზედაპირის დაბალი ტემპერატურისას მის სიახლოვეს მყოფი ადამიანი სითბური გამოსხივებით შეუმჩნეველად კარგავს დიდ ენერგიას, რაც ქმნის სისხლძარღვთა და სხვა მრავალი დაავადებების წინაპირობას.

ენერგოდაზოგვის კონცეფციიდან გამომდინარე, სხვაობა ოთახის ჰაერის და კედლის შიდა ზედაპირის ტემპერატურას

შორის არ უნდა აღემატებოდეს $1,5^{\circ}\text{C}$. ასეთ შემთხვევაში, გარდა იმისა, რომ კედლებს ექნება 4-ჯერ ნაკლები სითბოგადაცემის კოეფიციენტი, საცხოვრებელში იქმნება საუკეთესო სანიტარულ-ჰიგიენური და კომფორტის პირობები. თანამედროვე მშენებლობაში შემომზღუდავი კონსტრუქციის მასის შემცირება იწვევს კონსტრუქციის სითბური ინერციის შემცირებას, რაც მოწმდება კონსტრუქციის გაანგარიშებით სითბომდგრადობაზე.

სითბომდგრადობა ეწოდება შემომზღუდავი კონსტრუქციის თვისებას, კონსტრუქციის გარე ზედაპირზე მოსული სითბური ნაკადის ცვლილებების დროს შეინარჩუნოს კონსტრუქციის შიდა ზედაპირზე გარკვეულ საზღვრებში ტემპერატურის მუდმივობა. კონსტრუქციის სითბომდგრადობას მნიშვნელობა აქვს ზამთრის და განსაკუთრებით ზაფხულის პირობებში, როდესაც მზის რადიაციამ შეიძლება გამოიწვიოს შემომზღუდავი კონსტრუქციის გადახურება.

ერთი და იგივე სითბოგადაცემის შემთხვევაში მსუბუქი და მასიური კონსტრუქციები გარე ჰაერის ტემპერატურის რხევის დროს განსხვავდებიან ტემპერატურული ველის ცვლილების სისწრაფით. მსუბუქი შემომზღუდავი კონსტრუქციებისათვის, რომლებიც დათბუნებულები არიან ეფექტური თბოსაიზოლაციო მასალით, დამახასიათებელია ტემპერატურული ამპლიტუდის მიღების სიმცირე. ასეთი კონსტრუქციები გათბობის სისტემის გათიშვის შემთხვევაში სწრაფად ცივდებიან, ხოლო ზაფხულის პირობებში ჰაერის მაღალი ტემპერატურის და მზის რადიაციის ზემოქმედებით სწრაფად ხურდებიან.

მსუბუქი კონსტრუქციის სითბური ინერციის გაზრდა მრავალმრიან კონსტრუქციაში მიიღწევა თბოსაიზოლაციო მასალის სითბოგადაცემის წინააღობის გაზრდით და შიდა შრეში მაღალი სითბოშეთვისების მქონე მასალის გამოყენებით. კონ-

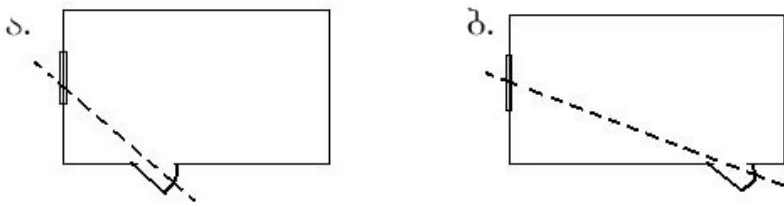
სტრუქციის სითბომდგრადობის შემოწმება ხდება სათანადო ანგარიშებით, რომელიც მოყვანილია სახელმძღვანელოებში და აგრეთვე სამშენებლო ნორმებში.

შემომზღუდავი კონსტრუქციები, რომლებიც მალე ცივდება და ხურდება, საცხოვრებელ ბინაში ქმნიან მიკროკლიმატს, რომელსაც რუსული ტერმინოლოგიით “ბარაკის” მიკროკლიმატი ეწოდება.

შემომზღუდავ კონსტრუქციებს გარკვეულ საზღვრებში უნდა გააჩნდეს ჰაერშელწევადობა (ფილტრაცია). გადაჭარბებული ჰერმეტიულობა აუარესებს საცხოვრებლის მიკროკლიმატს. ფილტრაცია წარმოიქმნება შემომზღუდავი კონსტრუქციის მოპირდაპირე ზედაპირებს შორის წნევის სხვაობით. წნევა წარმოიქმნება შიგა და გარე ტემპერატურის სხვაობის გამო და აგრეთვე ქარის ზემოქმედებით.

შემომზღუდავი კონსტრუქციების ჰაერშელწევადობა და სავენტილაციო არხებმა საცხოვრებელ ბინაში უნდა უზრუნველყონ ჰაერის ცვლის საჭირო ჯერადობა, რომელიც უნდა იყოს არანაკლებ ორჯერადი საათში.

ჰაერის არასაკმარისი ვენტილაცია იწვევს ბინაში ტენიანობის ზრდას, ჟანგბადის ნაკლებობას და ნახშირორჟანგის მატებას. იქმნება ე.წ. „დახურული სათავისის სინდრომი“. არასრული ჰაერცვლა შეიძლება იყოს აგრეთვე გამონვეული ღიობების არასწორი განლაგებით, რის გამოც ოთახში იქმნება გაუნიავებელი სივრცე. ნახ. 3 ნაჩვენებია ღიობების (ფანჯარა, კარები) არასწორი და სწორი განლაგების მაგალითი.



ნახ. 3. ფანჯრისა და კარების არასწორი (ა) და სწორი განლაგება(ბ).

გაუნიავებელ სივრცეში, მცირე სითბოგადაცემის წინა-ლობის მქონე კედლებში კონდენსაციის შედეგად ჩნდება ობი და ზოგ შემთხვევაში სოკოებიც. ნახ.4 და ნახ.5 ნაჩვენებია ოთახის კუთხეში და კედლის მთელ სიბრტყეზე კონდენსაციით გაჩენილი ობი.



ნახ. 4 დაობება ოთახის კუთხეში



ნახ. 5 მთლიანად დაობებული კედელი.

მასალის ტენიანობის მატება იწვევს მის სითბოგამტარობის ზრდას.

ზამთრის პირობებში კონსტრუქციაში ტენის დაგროვება ხდება პროგრესულად, რის გამოც სითბოგამტარობაც სათანადოდ იზრდება.

ფოროვანი მასალის ჰაერიდან ტენის შთანთქმის პროცესს ეწოდება სორბცია, რომლის ინტენსივობა დამოკიდებულია მასალის თვისებებზე. ჰაერიდან შთანთქმულ ტენს, ეწოდება სორბციული ან ჰიგროსკოპული.

ფოროვანი მასალის გამომშრალ ნიმუშს თუ მოვათავსებთ განსაზღვრული ტემპერატურის და ტენიანობის ჰაერის გარემოში, ის შთანთქამს ტენს იქამდე, სანამ არ დამყარდება ტენცვლის პროცესის ნონასწორობა გარემოს ჰაერთან. ამასთან მასალის ფორებში აბსოლუტური ტენიანობა მეტია, ვიდრე გარემო ჰაერში (წყლის ორთქლის მოლეკულები მასალის ფორების და კაპილარების შიდა ზედაპირით მიიზიდება და მასზე ადსორბირდება).

ყველაზე მაღალი სორბციული თვისებებით ხასიათდებიან ორგანული წარმოშობის მასალები, მათი სორბციული ტენიანობის ზღვარი მასის მიხედვით აღწევს 26-36%. არაორგანული მასალებისათვის ეს მაჩვენებელი შეადგენს 4-13%.

მასალის შრობის პროცესს ეწოდება დესორბცია. მასალის მიერ ტენის სორბციის კინეტიკა განსხვავდება დესორბციის პროცესისგან. მასალის შრობა მიმდინარეობს უფრო დაბალი სისწრაფით, ვიდრე ტენის შთანთქმა.

კონსტრუქციის მასალის სრული სორბციული ტენიანობა კონსტრუქციის ტენშემცველობის დასაშვებ ზედა ზღვრის კრიტერიუმად მიიღება.

წყლის ორთქლის კონდენსაცია კონსტრუქციის ზედაპირზე ხდება მისი ტემპერატურის ნამის წერტილზე ქვევით დაცემის დროს. წელიწადის ცივ პერიოდში კონსტრუქციის შიდა ზედაპირთან მიმდებარე ჰაერის თხელი შრე ცივდება კედლის ზედაპირის ტემპერატურამდე, ხოლო ოთახის ტემპერატურა ყოველთვის არის მეტი კონსტრუქციის შიდა ზედაპირის ტემპერატურაზე.

შიდა ჰაერის ზღვრული ფარდობითი ტენიანობა $\phi_{\text{ზღ}}, \%$, რომლის დროსაც იწყება ტენის კონდენსაცია კონსტრუქციის შიდა ზედაპირზე, დგინდება ანგარიშით. შიდა ზედაპირზე კონდენსაცია თუ არ ხდება, შესაძლოა ის ხდებოდეს კონსტრუქციის შიგნით.

ერთშრიანი ან მრავალშრიანი შემომზღუდავი კონსტრუქციის ერთი შრის ორთქლშემღწევადობის წინაღობა განისაზღვრება კონსტრუქციის შრის სისქით და მისი ორთქლშემღწევადობის მაჩვენებლით.

სწორად დაპროექტებული კედლების შემთხვევაში ორთქლშემღწევადობა გარკვეულ საზღვრებში დადებით გავლენას ახდენს ბინის მიკროკლიმატზე, რადგანაც არეგულირებს და

სტაბილურს ხდის ბინაში ჰაერის ტენიანობას. კონსტრუქციის გადაჭარბებული ტენიანობა ზრდის სითბოდანაკარგებს, აზიანებს კონსტრუქციებს და ხელს უწყობს არაჯანსაღი მიკროკლიმატის შექმნას საცხოვრებელ ოთახში.

დასავლეთ საქართველოს დაბლობში მდებარე ქალაქებში (ბათუმი, ფოთი, სოხუმი და სხვა) ეს პრობლემა მინიმალური მნიშვნელობისაა. ამ რეგიონში შემომზღუდავი კონსტრუქციების დასველება და მათი დაზიანება ძირითადად განპირობებულია ირიბი წვიმების ზეგავლენით. კონდენსაციის პრობლემა კი თავს იჩენს მთიან რეგიონებში.

აღმოსავლეთ საქართველოში კედლების ჭარბი ტენიანობა და კედლებზე ობის წარმოქმნა ხდება ზამთრის პირობებში ძირითადად უხარისხო ბეტონის (მაღალი მოცულობითი წონის) გამოყენების შემთხვევებში.

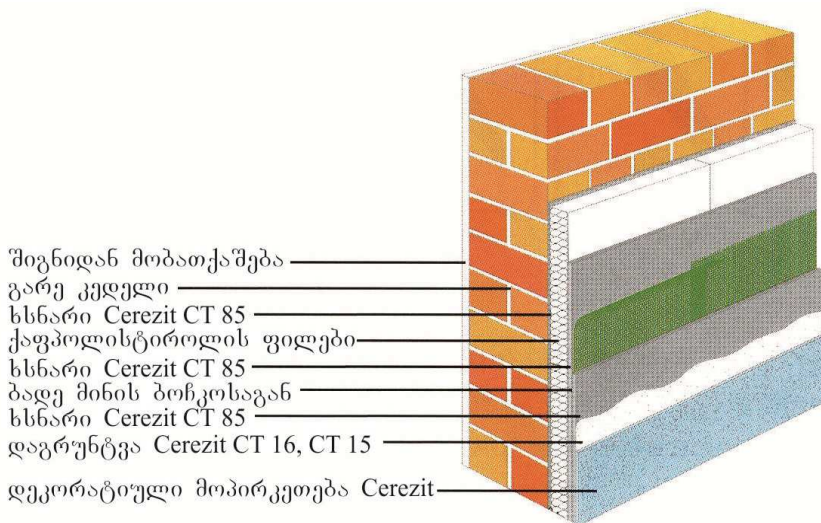
შემომზებული ბინების რაოდენობიდან კედლის კონდენსაციით გამოწვეული გადაჭარბებული ტენიანობა ინდუსტრიული წესით აშენებულ სახლებში შეადგენდა დაახლოებით 1-1,5 პროცენტს. თუ გავითვალისწინებთ აშენებული ბინების საერთო რაოდენობას, დასველებადი კედლების რიცხვი საკმაოდ დიდია.

კედლის დასველების თავიდან ასაცილებლად პირველ რიგში საჭიროა მათი თბოგადაცემის წინააღობის გაზრდა, რაც მიიღწევა კედლის თბოიზოლაციის გაუმჯობესებით. დამატებითი თბოიზოლაცია შეიძლება მოეწყოს კედლის გარედან და თუ სხვა შესაძლებლობა არ არის, ოთახის მხრიდან. ერთი და იგივე სითბოგადაცემის წინააღობის შემთხვევაში, კედლის გარედან და შიგნიდან თბოიზოლაციის დროს კედელში ტემპერატურის და ტენიანობის განაწილება პრინციპულად განსხვავდება.

გარედან თბოიზოლირებულ კედელს აქვს დადებითი ტემპერატურა მთელ სისქეში, ხოლო კედელს, რომელიც თბოიზოლირებულია შიგნიდან, მის ძირითად ნაწილში აქვს უარყოფითი ტემპერატურა. ასეთ შემთხვევაში, თბოიზოლაციის და კედლის შიდა ზედაპირს შორის შეიძლება გაჩნდეს კონდენსაციით გამოწვეული დასველება.

ოთახის მხრიდან კედლის თბოიზოლაციის შემთხვევაში, კონდენსაციისაგან დაცვისათვის საჭიროა ისეთი თბოსაიზოლაციო მასალის გამოყენება, რომელიც ორთქლშეუღწევადია, ან თბოსაიზოლაციო ფენა ოთახის მხრიდან უნდა იყოს დაფარული ორთქლშეუღწევადი ფირით. ოთახის მხრიდან კედლის თბოიზოლირება უარყოფითად მოქმედებს საცხოვრებელი ოთახის მიკროკლიმატზე, რადგანაც შიგნიდან თბოიზოლირებული კედელი არ „სუნთქავს“. გარედან თბოიზოლირებულ კედლებში ასეთი პრობლემა არ არსებობს.

ენერგოდაზოგვის მიზნით კედლების გარედან თბოიზოლირება ფართოდ გამოიყენება საზღვარგარეთ. ნახ. 16 მოყვანილია კედლის გარედან თბოიზოლაციის სქემა, რომელსაც იყენებს გერმანული ფირმა „ჰენკელ-ბაუტექნიკ“.



**ნახ. 6. გარე კედლის თბოიზოლაციის სქემა,
Ceresit VWS**

თბოსაიზოლაციო მასალად უმთავრესად გამოიყენება მინერალური (ქვის) ბამბა. მინერალური ბამბის ფილების მაგვირად შეიძლება გამოყენებული იქნას აგრეთვე ქაფპოლისტიროლის ფილები. ასეთ შემთხვევაში ფანჯრებისა და კარების ღიობების ირგვლივ ხანძარსაწინააღმდეგო მოსაზრებიდან გამომდინარე მაინც მინერალური ბამბის ფილების ზოლები გამოიყენება. თბოიზოლაცია გარედან ხორციელდება, როგორც ახალ მშენებარე შენობებზე, ასევე უკვე აშენებული შენობების რეკონსტრუქციის შემთხვევაში. გარედან თბოიზოლაციის მოწყობა ერთი შეხედვით მარტივია. სინამდვილეში კი მოითხოვს მასალის ზუსტ შერჩევას და საამშენებლო ტექნოლოგიის რეგლამენტის დაცვას. წინააღმდეგ შემთხვევაში შედეგი შეიძლება იყოს უარყოფითი.

შენობების ენერგოდაზოგვის პრობლემის გადაწყვეტის და საცხოვრებელში კომფორტული პირობების შექმნის თვალსაზრისით შენობის თბოიზოლაციის მოწყობა გარედან საუკეთესო გადაწყვეტილებაა.

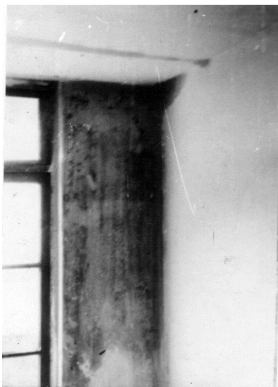
კედლების გადაჭარბებული ტენიანობა და დასველების მიზეზი აგრეთვე შეიძლება იყოს წვიმა, რომელსაც ახლავს ქარი, ანუ ე.წ. „ირიბი წვიმა“. ეს პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალურია ქარხნული წესით დამზადებული ანაკრები კონსტრუქციის კედლებისათვის.

ირიბი წვიმებისაგან დაცვა განსაკუთრებით აქტუალურია დასავლეთ საქართველოსა და მაღალმთიანი რეგიონების შენობებისათვის.

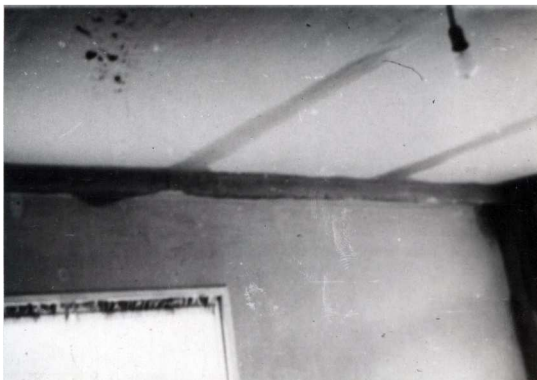
საქართველოს ქალაქებში „თბილზნიეპ“-ის მიერ ჩატარებული კვლევებით გამოვლენილი იქნა 2523 კონსტრუქცია, რომელიც სისტემატურად სველდებოდა ირიბი წვიმების დროს. მონაცემების სტატისტიკური ექსტრაპოლაციით კედლის ამ სახის დასველება სავარაუდოდ შეადგენდა რამდენიმე ათეულ ათასს. დასავლეთ საქართველოში კედლების დასველება 5-ჯერ უფრო ხშირი იყო, ვიდრე აღმოსავლეთ საქართველოში.

სპეციალური კვლევების ჩატარების შედეგად შედგენილი იქნა საქართველოს ირიბი წვიმების რუკა.

ირიბი წვიმების დროს ტიპიური გაჟონვები მსხვილპანელ-ლოვან შენობებში მოყვანილია ნახ. 7 და ნახ. 8.



ნახ. 7 ობი კედლის ზედაპირზე, წყლის გაჟონვა სართულში გადახურვაში.

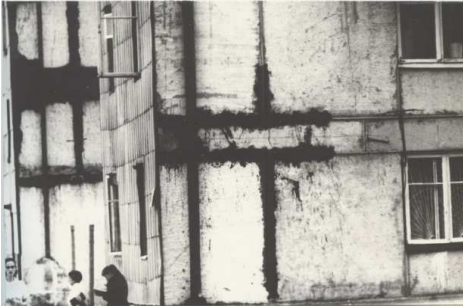


ნახ. 8 წყლის გაჟონვა სართულში გადახურვაში, ბეტონის დაზიანება საყრდენ თაროში.

ირიბი წვიმებით გამოწვეული კედლების დასველება არ არის მხოლოდ საქართველოს პრობლემა. იგივე პრობლემა აქტუალურია ინგლისში, ნორვეგიაში, შვედეთში, გერმანიაში და სხვაგან, მათ შორის აშშ-ში.

საქართველოს მოსახლეობა კედლების დასველებას ებრძოდა საკუთარი საშუალებებით. თბილისში პირაპირებზე ჰიდროსაიზოლაციო მასალის წასმით ან პირაპირებზე ცემენტის ხსნარით პილასტრების მოწყობით. ბათუმში კედლების დაცვას წვიმისაგან ახორციელებდნენ პირაპირების და ზოგ შემთხვევაში მთელი კედლის ჰიდროსაიზოლაციო მასალით დაფარვით, ან მთლიანად კედლის დაეკრანებით.

ნახ. 9-11 მოცემულია კედლების დაცვის ტიპიური გადან-ყვეტილებები.



ნახ. 9. კედლების ნაკერების ჰიდროიზოლაცია ბიტუმით



ნახ. 10. კედლის ზედაპირის ჰიდროიზოლაცია მთლიანად ბიტუმით



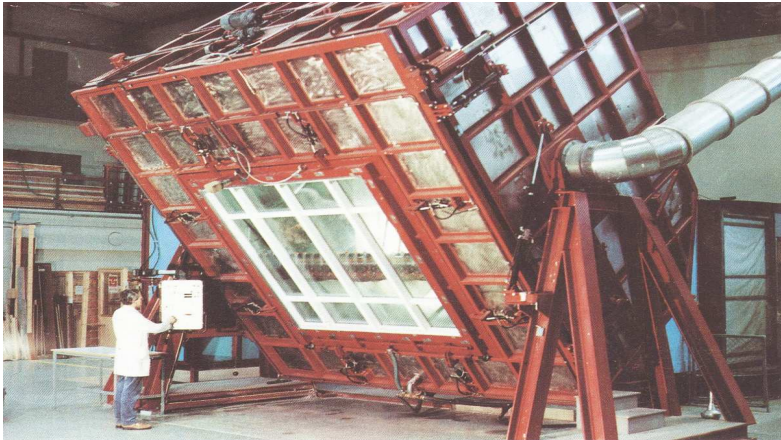
ნახ. 11. ირიბი წვიმებისაგან კედლის დაცვა ასბოცემენტის ეკრანებით.



პრობლემის გადაწყვეტის მიზნით ჩატარებული იყო ექსპერიმენტები როგორც ლაბორატორიულ პირობებში, ისე ექსპლუატაციაში მყოფ შენობებზე. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მეტეოროლოგია-კლიმატოლოგია-ოკეანოლოგიის კათედრის ხელშეწყობით უნივერსიტეტის მეტეოსადგურზე სათანადო დანადგარებით ჩატარებული იყო ირიბი წვიმების რაოდენობის და ინტენსივობის გაზომვები.

აეროდინამიკურ მილში ჩატარდა მოდელის შესწავლა. შესწავლილი იქნა აეროდინამიკური კოეფიციენტების განაწილება კედელზე ჰაერის ნაკადის სხვადასხვა მიმართულების დროს. ანალოგიურად შესწავლილი იქნა დაეკრანებული კედლების თავისებურებები.

ნახ.12-ზე ნაჩვენებია ნორვეგიის სამშენებლო სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის სანვიმარი დანადგარი, სადაც ირიბი წვიმების ზემოქმედებაზე ცდიან სხვადასხვა ორიენტაციის და დახრის შემომზლუდავ კონსტრუქციებს. ფოტოზე ნაჩვენებია დახრილი ფანჯრის გამოცდა წყალუჟონადობაზე.



ნახ. 12. შემომზლუდავი კონსტრუქციების წყალუჟონადობაზე გამოცდის დანადგარი

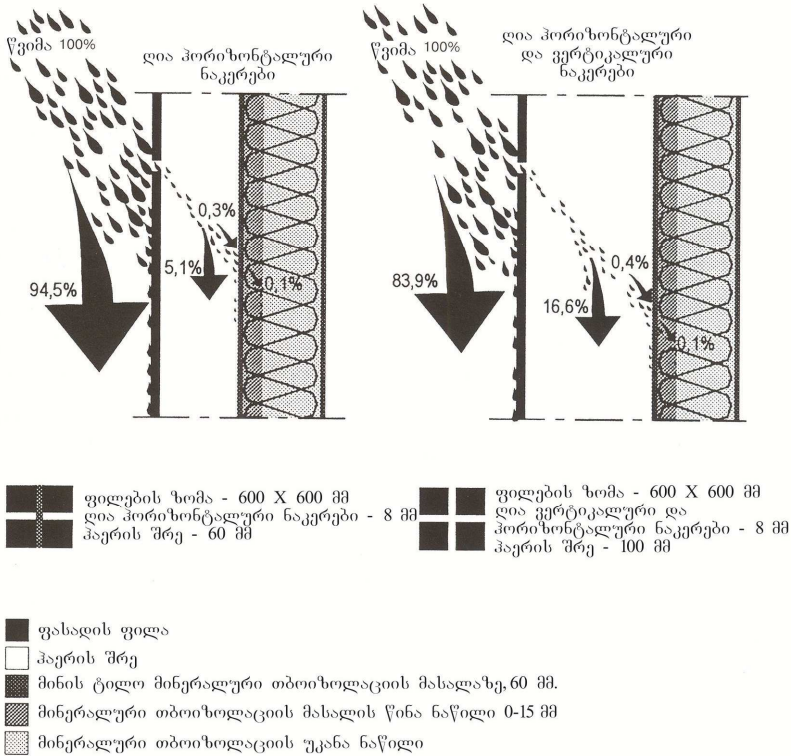
ექსპერიმენტული დაკვირვებები ტარდებოდა ასევე საველე პირობებშიც. ნახ. 13-ზე ჩანს ნორვეგიის სამშენებლო ინსტიტუტის „Test House“, რომელზეც ავტორის წინადადებით დამონტაჟებული იქნა სამი ღერძის მიმართულებით მოძრავი ეკრანები, რაც იძლეოდა ეკრანიდან ძირითადად კედლამდე ჰაერის შრის სისქის და ეკრანებს შორის ღია ნაკერების წვიმისაგან დაცვის ოპტიმალური ზომების განსაზღვრის საშუალებას.



ნახ. 13. NRBY-ის „Test House“ ტრონჰეიმში

„Test House“-სთან ავტორი და ექსპერიმენტის ხელმძღვანელი, არქიტექტორი ტრიუგვე იზაქსენი.

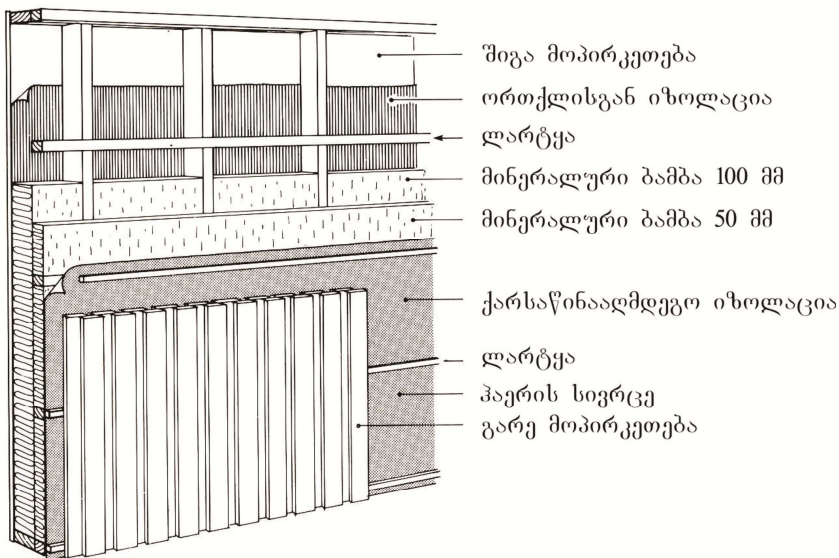
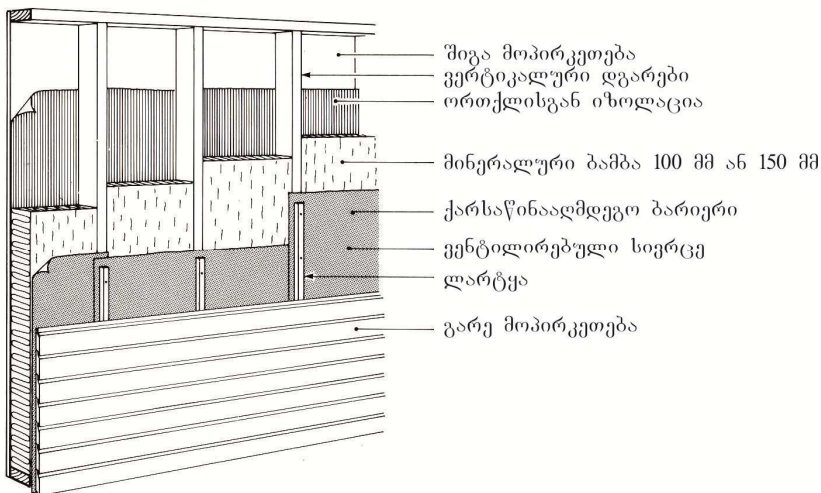
ძირითადი კედლის წვიმისგან ეკრანებით დაცვის ეფექტურობა ჩანს 14-ზე ნახაზზე.



ნახ. 14. ირიბი წვიმის ძირითადი ნაწილი აირინება ეკრანით.

ეკრანები პირგადადებით და ღია ნაკერებით ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე მშენებლობაში.

ნახ. 15-ში მოყვანილია ნორვეგიის A 523 255 სტანდარტით პირგადადებული ეკრანებით ხის სახლებში ვენტირლირებული კედლების მოწყობის მაგალითი.



ნახ. 15. ა. კედლები ჰაერის შრით, ვარიანტი
 პორიზონტალური შემოფიცვრით,
 ბ. კედლები ჰაერის შრით, ვარიანტი
 ვერტიკალური შემოფიცვრით.

გერმანიის მრავალსართულიანი სახლების კედლები ღია ნაკერებიანი ეკრანებით მოყვანილია ნახ. 16.



ნახ. 16. საცხოვრებელი შენობის ფასადის
სანაცია ეკრანებით.
(ქ. ჰამბურგი, გერმანია)

თბოიზოლაცია და ეკრანების მონყობა ხორციელდება ექსპლუატირებულ შენობებზე მათი სანაცვის მიზნით და ასევე ახლადშენებულ შენობებზე.



ნახ. 17. საცხოვრებელი სახლის ფიბროცემენტის ეკრანებით მოპირკეთება ქ. ჰანოვერში (გერმანია)



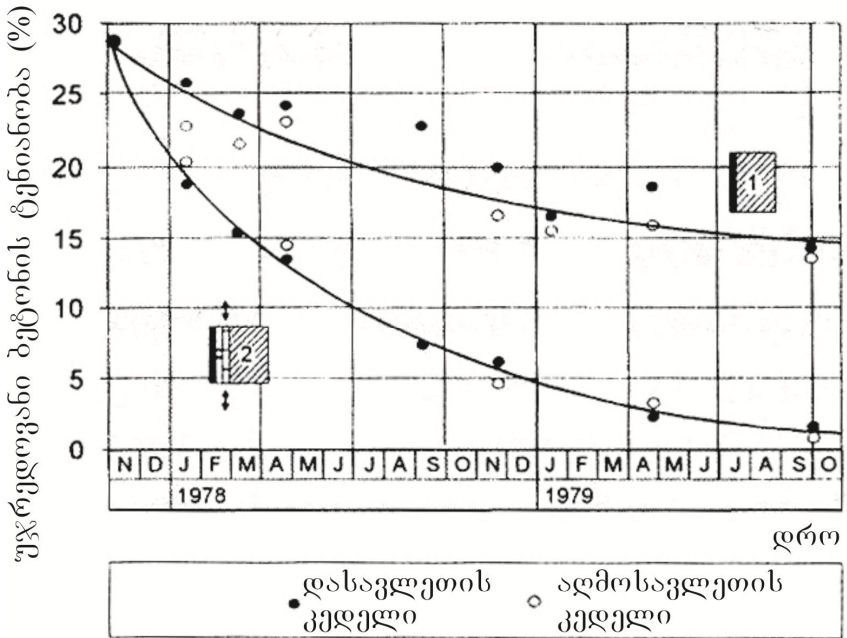
ნახ. 18. სკოლის ფასადის სანაცია კომპოზიტიური მასალის ეკრანებით.

კედლები ეკრანებით დაცულია ატმოსფერული ზემოქმედებისაგან, ამავე დროს წყლის ჭარბი ორთქლი, რომელიც წარმოიშება ოთახში დაუბრკოლებლივ გაედინება შიგნიდან გარეთ, ხოლო ვენტილირებული შრე უზრუნველყოფს კედლის მასალების ინტენსიურ შრობას, რაც ამცირებს კედლის თბოგამტარობას. ზაფხულის პირობებში ეკრანები იცავენ კედელს გადახურებისაგან, რის გამოც ოთახის ჰაერის კონდიცირების დრო მნიშვნელოვნად მცირდება ან კონდიცირება საერთოდ არ არის საჭირო.

ეკრანების გავლენა კედლის გაშრობაზე თვალსაჩინოდ ჩანს გერმანელი მეცნიერის კიუნცელის გრაფიკიდან, რომელიც მიღებულია ორნლიანი დაკვირვების შედეგად.

გრაფიკზე 19-ზე ნაჩვენებია ეკრანით შექმნილი ვენტილირებული შრის შემთხვევა და ეკრანის გარეშე უჯრედოვანი ბეტონის კედლის შრობის პროცესი.

გრაფიკიდან ჩანს, რომ შრობის შედეგად ეკრანის გარეშე კედლის ტენიანობა შემცირდა მხოლოდ 15 პროცენტამდე, მაშინ როდესაც დაეკრანებული კედლის ტენიანობა შემცირდა 2 პროცენტამდე, ანუ 7-ჯერ ნაკლებია. სათანადოდ მშრალი და-ეკრანებული კედელი სულ ცოტა 1,5-ჯერ ნაკლებად სითბო-გამტარი იქნება, რაც ამდენჯერვე შეამცირებს ენერგოდანა-კარგებს კედლიდან.



ნახ.19. უჯრედოვანი ბეტონის შრობის პროცესი დაეკრანებული ფასადის შემთხვევაში (2) და მის გარეშე (1).

თავი 3. საქართველოში საცხოვრებელი შენობებისგასათბობად საჭირო ენერჯია და ეკოლოგიის საკითხები

შენობების სითბოდანაკარგები და გასათბობად საჭირო ენერჯიის რაოდენობა განისაზღვრება შენობების შემომზღუდავი კონსტრუქციების სითბოგადაცემის წინააღმდეგობით. საქართველოში ბოლო 100 წლის მანძილზე შენობების შემომზღუდავი კონსტრუქციების სითბოგადაცემის წინააღმდეგობა შემცირდა დაახლოებით ორჯერ. ბუნებრივია დაისვას საკითხი, როგორ აისახა თბოგადაცემის წინააღმდეგობის შემცირება შენობების ენერგომომხმარებაზე. ასეთი შეფასება მით უფრო საჭიროა, რომ ენერგოდაზოგვა არის მთავარი სტრატეგიული მიმართულება მსოფლიოს პრაქტიკულად ყველა ქვეყანაში.

საქართველოში შენობების გასათბობად საჭირო ენერჯიის მოხმარების საკითხს ყურადღება არ ექცევა, რაც ჩანს თუნდაც იქიდან, რომ ამ მიმართულებით არანაირი დამტკიცებული ნორმები ან რეკომენდაციები არ არსებობს. მშენებლები ინერციით ორიენტირებული არიან ძველ საბჭოთა ნორმებზე. მიუხედავად იმისა, რომ ამ ნორმებს დღეს მსოფლიოში არავინ არ იყენებს, გარდა საქართველოსი. სითბომომხმარებას რომ არანაირი ყურადღება არ ექცევა ჩანს იქიდანაც, რომ სითბომომხმარების ინსტრუმენტული ან ანალიტიკური შემოწმება არ სრულდება, არ გაიცემა შენობის ენერგეტიკული პასპორტი.

დღემდე შეუსწავლელი რჩება საბჭოთა ნორმებით აშენებული შენობების სითბოდანაკარგები, არ არის გაანალიზებული რამდენად ეფექტურად მოიხმარება ენერჯია და რა შედეგს მივიღებთ თანამედროვე ევროპული ნორმების და სტანდარტების გამოყენების შემთხვევაში. აღნიშნული საკითხები საჭიროებენ შესწავლას და სათანადო გადანყვეტილების მიღებას.

შენობები განსხვავდებიან გეგმარებით, სართულიანობით, შემომზლუდავი კონსტრუქციებით, სამშენებლო მასალით და ა.შ. ბუნებრივია, ყველა ცალკე აღებულ შენობას ექნება განსხვავებული თბოტექნიკური მაჩვენებლები და ენერგომომარება. თბოტექნიკური მაჩვენებლების შესწავლა ყველა ცალკე აღებული შენობისათვის და მიღებული შედეგის განზოგადება მოითხოვს დიდ შრომას, სახსრებს და დროს, რაც დღევანდელ პირობებში პრაქტიკულად შეუძლებელია. საქმე მარტივდება, თუ გავითვალისწინებთ, რომ ბოლო 80-90 წლის მანძილზე აშენებული საცხოვრებელი შენობები ფაქტობრივად ორიენტირებული იყო ერთსა და იმავე ნორმებზე. აქედან გამომდინარე შეგვიძლია დავუშვათ, რომ შენობების თბოტექნიკური მაჩვენებლების გასაშუალოებული მნიშვნელობები საორიენტაციოდ შეესაბამებიან ნორმატიულ მოთხოვნებს. ასეთი დაშვება გაანალიზების და მიღებული შედეგების განზოგადების საშუალებას იძლევა. გარდა ამისა, ევროკავშირში მიღებულ სტანდარტებთან და დირექტივებთან შედარების საშუალება იქმნება.

სითბოდანაკარგები განხილული იყო თბილისის კლიმატური პირობებისათვის, რომლებიც თანახმად СНиП 2.01.01-82 „Строительная климатология и геофизика“, არის შემდეგი: ზამთრის საანგარიშო ტემპერატურა -8°C , გასათბობი პერიოდის საშუალო ტემპერატურა $4,2^{\circ}\text{C}$, გასათბობი პერიოდის ხანგრძლივობა 152 დღე (3648 საათი), სათავსის შიდა ჰაერის ნორმირებული ტემპერატურა 18°C .

გათვლები შესრულდა СНиП II-3-79* და СНиП II-33-75 შესაბამისად და აგრეთვე ახალი სამშენებლო ნორმებით „სამშენებლო თბოტექნიკა“ (პროექტი), რომელიც ჩაბარებულია 2004 წელს ეკონომიკის განვითარების სამინისტროში. გათვლები და მიღებული შედეგები დეტალურად მოცემულია ნაშრომში [8].

საბჭოთა ნორმებით და ახალი სამშენებლო ნორმებით შემომზლუდავი კონსტრუქციების თბოტექნიკური მაჩვენებლები მოყვანილია #2 ცხრილში.

ცხრილი #2

შემომზლუდავი კონსტრუქციები		სითბოგადაცემის საჭირო წინაღობა, $R_0^{საჭ} \text{მ}^2 \cdot \text{C} / \text{ვტ}$		ახალი და ძველი ნორმების მოთხოვნათა თანაფარდობა
		СНиП II-3-79**	ახალი სნ და ნ (პროექტი)	
1.	კედლები	0,5	2,1	4,2
2.	ფენილები და სასხვენე გადახურვები	0,75	2,8	3,7
3.	გადახურვები ცივ სარდაფებზე და იატაკებზე	1,34	2,8	1,5
4.	შუქგამტარი კონსტრუქციები	0,18	0,35	1,9
საშუალოდ				2,83

გათვლების შედეგად დადგინდა, რომ საბჭოთა ნორმებით შენობების ხვედრითი სითბოდანაკარგები შეადგენს 250 კვტ.სთ/მ², ხოლო თბოიზოლირებული შენობების სითბოდანაკარგები 91 კვტ.სთ/მ². ანუ სითბოდანაკარგები მცირდება 64%. საქართველოს პირობებში თბოიზოლირებული შენობის ენერგეტიკულ ბალანსში გასათბობ პერიოდში უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მზის რადიაციას. მზის რადიაციის გათვალისწინებით თბოიზოლირებული შენობის ხვედრითი სითბოდანაკარგები მცირდება ორჯერ და შეადგენს 45 კვტ.სთ/მ².

ქალაქის გეგმარებაში მზის რადიაციის ფაქტორის გათვალისწინებლობა ენერგეტიკული და სამართლებრივი პოზიციებიდან დაუშვებელია. მზის ენერგია ყველა მოსახლეს ეკუთვნის ერთნაირად. დაუშვებელია, რომ ადამიანმა თუ შენობამ

მეორე შენობის დაჩრდილვით მოაკლოს ადამიანს მზის ენერგიით სარგებლობის საშუალება. ამ საკითხს აქვს ენერგეტიკული, ეკონომიკური და სამართლებრივი საფუძვლები, რომლებიც საჭიროებენ სახელმწიფო ნორმატივებით დარეგულირებას. ერთი მესაკუთრის მხრიდან მეორე მესაკუთრის ხარჯზე მზის ენერგიით სარგებლობა უნდა იქნას ეკონომიკურად კომპენსირებული.

საქართველოში მზის რადიაციის მნიშვნელობიდან გამომდინარე ცხრილში მოცემულია თბილისისათვის თბოიზოლირებული შენობების ენერგეტიკული მაჩვენებლები მზის რადიაციის გათვალისწინებით.

ცხრილი #3

საცხოვრებელი შენობები თბილისი	გასათბობ პერიოდში შენობების გათბობაზე საჭირო ენერგია		
	ხვედრითი რაოდენობა კვტ·სთ/მ ²	მთლიანი რაოდენობა კვტ·სთ	სიმძლავრე მვტ
საბჭოთა ნორმებით აშენებული შენობები (СНИП II-3-79*)	250	4448·10 ⁶	2295
ახალი სამშენებლო ნორმები სნ და ნ (პროექტი)	45	802	830
ენერგოდაზოგვა	205	3646 · 10 ⁶	1465
ენერგოეფექტურობა	82%	82%	64%

განსხვავება ენერგოეფექტურობაში ენერჯის რაოდენობასა და საჭირო სიმძლავრეს შორის გამომწვეულია იმით, რომ ენერჯის საჭირო რაოდენობა გათვლილია გასათბობი პერიოდის საშუალო ტემპერატურისა და მზის რადიაციის გათვალისწინებით, ხოლო საჭირო სიმძლავრე გათვლილია ყველაზე ცივი ხუთი დღის საშუალო (საანგარიშო) ტემპერატურისათვის.

თბილისში და მის შემოგარენში მდებარე ელექტრო- და თბოელექტროსადგურების სიმძლავრეების ჯამი უდრის 1247 მვტ. დღეს მოქმედი ნორმების პირობებში ეს სიმძლავრე ცხადია არ არის საკმარისი შენობების გასათბობად. სიმძლავრის დეფიციტი შეადგენს 1048 მვტ., ამიტომ საჭიროა სხვა დამატებითი ენერგონწყაროების გამოყენება. თბოიზოლირებული შენობების შემთხვევაში არსებული სიმძლავრეები მეტია საჭიროზე 417 მვტ-ით. თბოიზოლირებული შენობების შემთხვევაში არსებული ელექტროსიმძლავრეები დიდი მარაგით საკმარისი იქნება შენობების გასათბობად. გასათბობად საჭირო ენერჯის რაოდენობის შემცირება მომხმარებლისათვის ექვივალენტური იქნება 5,5-ჯერ ენერჯიაზე ფასის შემცირებისა. თუ მივიღებთ, რომ 1 კვტ•სთ ელექტროენერჯის ფასი საშუალოდ არის 0,14 ლარი, თბოიზოლირებული შენობების შემთხვევაში წლიური ეკონომია იქნება $510 \cdot 10^6$ ლარი. თუ ენერჯიას გავითვლით გაზით გათბობის შემთხვევისათვის, მაშინ შენობების თბოიზოლაციისას (1მ^3 -ის ფასი 0,5 ლარი) წლიური ეკონომია იქნება $180 \cdot 10^6$ ლარი.

ნაშრომში [7] მოცემულია ემისიები ენერჯის წარმოებიდან (მუდმივი წვა) განმედიის გარეშე. მონაცემების თანახმად, 1მ^3 ბუნებრივი გაზის წვის დროს გამოიყოფა 0,202კგ/კვტ•სთ ნახშირორჟანგი. აქედან გამომდინარე, შენობების თბოიზოლაციის შემთხვევაში სათბური გაზის (CO_2) ატმოსფეროში გაფ-

რქვევა შემცირდება $0,736 \cdot 10^6$ ტ-ით, რასაც უდიდესი ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს.

ანალოგიური მეთოდით საორიენტაციო ანგარიში შეიძლება ჩატარებული იყოს საქართველოს მთელი ტერიტორიისათვის. ამის საშუალებას იძლევა ის გარემოება, რომ თბილისის ტემპერატურული მაჩვენებლები პრაქტიკულად წარმოადგენენ საქართველოს მთელი ტერიტორიის გასაშუალოებულ მნიშვნელობებს.

ცხრილი 5-ში მოყვანილია СНиП 2.01.01-02-ის საქართველოს დამახასიათებელი 18 პუნქტის გასაშუალოებული მაჩვენებლები. საანგარიშო ტემპერატურები თბილისის და საქართველოს მთელი ტერიტორიისათვის პრაქტიკულად არ განსხვავდება. მხოლოდ გასათბობი პერიოდის ხანგრძლივობა საქართველოს მთელი ტერიტორიისათვის 2 კვირით უფრო ხანგრძლივია, ვიდრე თბილისისათვის. თუმცა დასახლებული

ცხრილი # 4

საანგარიშო კლიმატური მახასიათებლები	თბილისი	საქართველო
1. გასათბობი პერიოდის საანგარიშო ტემპერატურა (ყველაზე ცივი 5 დღის საშუალო t°)	-8 $^{\circ}$ C	-8,2 $^{\circ}$ C
2. გასათბობი პერიოდის საშუალო ტემპერატურა	4,2 $^{\circ}$ C	4,0 $^{\circ}$ C
3. გასათბობი პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე-ღამე)	152	166

პუნქტების უმეტესობისათვის გასათბობი პერიოდის ხანგრძლივობა თავსდება 150 დღე-ღამის ფარგლებში, რადგანაც მცირდება ექსტრემალური ტემპერატურების მქონე დასახლებული პუნქტების (როგორცაა გუდაური, ახალქალაქი, შოვი და სხვ.) გავლენა საშუალო მნიშვნელობებზე.

საქართველოს მოსახლეობის მინიმალური რაოდენობა თუ არის $4 \cdot 10^6$, მაშინ შესაძლებელია საქართველოსთვის შენობების გასათბობად საჭირო ენერჯის რაოდენობის და სიმძლავრის დადგენა. გათვლების შედეგები მოყვანილია ცხრილში 5.

ცხრილი # 5

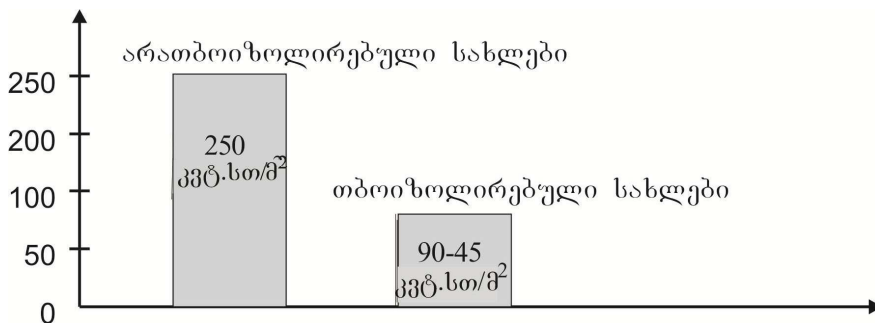
საქართველო, საცხოვრებელი შენობები	შენობების გასათბობად საჭირო ენერჯია	
	რაოდენობა კვტ·სთ	სიმძლავრე მვტ
არათბოიზოლირებული (СНП II-3-79**)	$16128 \cdot 10^6$	8320
თბოიზოლირებული (ახალი სნ და ნ, პროექტი)	$2930 \cdot 10^6$	3008
ენერგოდაზოგვა	$13198 \cdot 10^6$	5318
ენერგოეფექტურობა	82%	64%

ცხრილში მოყვანილი ენერჯის აბსოლუტური მნიშვნელობები შემდგომში შეიძლება იყოს მეტნაკლებად კორექტირებული, ხოლო მათი შეფარდებები, კერძოდ ენერგოეფექტურობის მაჩვენებლები პრაქტიკულად არ შეიცვლება, რადგანაც ისინი ემყარებიან ძველი და ახალი ნორმების მოთხოვნათა შეფარდებას.

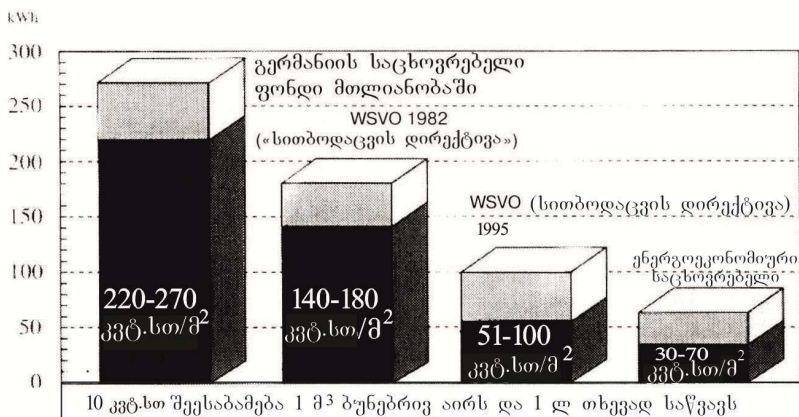
ცხრილის მონაცემები გვიჩვენებს, რომ საქართველოში საცხოვრებელ შენობებში ენერგოდაზოგვის პოტენციური აღწევს 13,2 მილიარდ კვტ.სთ. თუ 1 კვტ.სთ. ელექტროენერჯის საშუალო ფასად მივიღებთ 0,14 ლ, მაშინ წლიური ეკონომია 1,8 მილიარდი ლარის ტოლი იქნება. ზაფხულის პირობების გათვალისწინებით ენერგოდაზოგვის პოტენციური საქართველოში იქნება უფრო დიდი, რადგანაც თბოიზოლირებულ შენობებში ჰაერის კონდიციონირებისათვის საჭირო ენერჯის რაოდენობა მცირდება მინიმუმამდე, ან საერთოდ არ არის საჭირო. ენერგოდაზოგვის პოტენციური კიდევ უფრო გაიზრდება, თუ მხედველობაში მივიღებთ საზოგადოებრივი დანიშნულების შენობების ენერგომომხმარებასაც.

თანამედროვე მოთხოვნებით თბოიზოლირებული შენობების გასათბობად საქართველოს პირობებში საკმარისი იქნება 18% იმ ენერჯისა, რომელიც საჭიროა არათბოიზოლირებული შენობებისათვის. დანარჩენი ენერჯის 82% დღეს იხარჯება გარე ჰაერის გათბობაზე და დაბინძურებაზე. თბოიზოლირებულ შენობებში ენერჯის მოხმარების 5,5-ჯერ შემცირება ექვივალენტურია ამდენჯერვე ენერჯიაზე ფასის შემცირებისა. ამასთან, თბოიზოლირებულ შენობებში მინიმალური ენერგოხარჯით მიიღწევა ისეთი დონის კომფორტი, რომელიც არათბოიზოლირებულ შენობებში მიუღწევადია.

იმისათვის, რომ განვსაზღვროთ რა თანაფარდობაშია ენერგომომხმარება დასავლეთის ქვეყნებთან შედარებით, მოვიყვანთ საქართველოს და გერმანიის მონაცემებს.



ნახ. 20. საქართველოში საცხოვრებელი შენობების გათბობისათვის საჭირო ხვედრითი ენერგია გასათბობ პერიოდში.



ნახ. 21. გერმანიაში საცხოვრებელი შენობების გათბობისათვის საჭირო ხვედრითი ენერგია

მოყვანილი გრაფიკებიდან ჩანს, რომ საქართველოში საცხოვრებელი შენობების ხვედრითი სითბოდანაკარგები პრაქტიკულად ისეთივეა, როგორც იყო გერმანიაში 1982 წლამდე. თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ საქართველოში კლიმატი უფრო თბილია, ვიდრე გერმანიაში, იოლია დავას-

კვნათ, რომ მშენებლობის ხარისხი საქართველოში მნიშვნელოვნად უფრო დაბალი ხარისხისაა. გერმანული რეკომენდაციების თანახმად, ენერგოეფექტური საცხოვრებლის ოპტიმიზაციისთვის საჭიროა უზრუნველყოფილი იყოს:

— შემომზღუდავი კონსტრუქციების მაღალი ხარისხის სითბოდაცვითი თვისებები.

საორიენტაციო მაჩვენებლები: გარე კედლები $K_w \sim 0,25$ ვტ/(მ² °C), სახურავი $K_D \sim 0,15$ ვტ/(მ² °C), ქერი და სარდაფის კედლები $K_{D,w} \sim 0,25$ ვტ/(მ² °C):

- სითბოდამცავი ფანჯრები;
- თანამედროვე ვენტილაციის სისტემები, რომელიც უზრუნველყოფს სითბური ენერჯის რეგენერაციას;
- სიცივის ხიდეების მინიმალიზაცია ან მათი გამორიცხვა, ყველა დეტალის ზედმინვენით ზუსტი კონსტრუირება;
- მაღალი წარმადობის და ეფექტურობის გათბობის სისტემა;
- მზის ენერჯის პასიური მოხმარება;
- შენობის ფორმის ოპტიმიზაცია (შენობის კომპაქტურობა).

შვეიცარიის კონფედერაციამ ენერგეტიკის პრობლემის მნიშვნელობიდან გამომდინარე შეიტანა აღნიშნული პრობლემა კონფედერაციის ახალ 1999 წლის კონსტიტუციის სამ მუხლში. მაგალითისათვის შეიძლება მოყვანილი იყოს ამონარიდი შვეიცარიის კონფედერაციის 89-ე მუხლის პირველი ორი პუნქტი:

“მუხლი 89. ენერგეტიკული პრობლემა

1. კონფედერაცია და კანტონები საკუთარი კომპეტენციის ფარგლებში იღწვიან, რათა უზრუნველყონ დამაკმაყოფილებელი, მრავალფეროვანი, უსაფრთხო და

ეკოლოგიურად მისაღები ენერგიით მომარაგება, ასევე, ენერჯის ეკონომიური და რაციონალური მოხმარება.

2. კონფედერაცია ადგენს ადგილობრივი და განახლებადი ენერჯის სარგებლობის ეკონომიური და რაციონალური მოხმარების პრინციპებს.” და ა.შ.

საქართველოში შენობების საექსპლუატაციო ვადა სავარაუდოდ ასი წელიწადია. შენობების თბოიზოლირების შემთხვევაში ეკონომიკური ეფექტი გათვლილი უნდა იქნეს საექსპლუატაციო ვადის გათვალისწინებით, რადგანაც ფასები ენერჯიაზე დროთა განმავლობაში იზრდება. სათანადოდ თბოიზოლირებული შენობის ღირებულებაც მოიმატებს. არათბოიზოლირებული შენობების დიდი სითბოდანაკარგების გამო, მოსახლეობის დიდი რაოდენობისთვის, ბინების გათბობა გახდება მიუწვდომელი.

დაუშვებელია, რომ საქართველოში 21-ე საუკუნის საცხოვრებელი შენობების 1 მ² სითბოდანაკარგები იყოს უფრო დიდი ვიდრე მე-19 საუკუნის შენობებში. საბჭოთა ნორმებზე ორიენტირებული ყოველი შენობა წინააღმდეგობაშია საბაზრო ეკონომიკის პრინციპებთან და წარმოადგენს ენერგოკრიზისის და სოციალური დაძაბულობის კერას. საჭიროა, რომ საქართველო დაუყოვნებლივ დაადგეს ევროპულ გზას — თბოიზოლირებული შენობების მშენებლობას და არსებული შენობების თბოიზოლირებას, როგორც ეს გაკეთდა ნორვეგიაში, გერმანიაში და სხვაგან. აღნიშნული შეიძლება განხორციელდეს მხოლოდ კომპლექსური ღონისძიებების ჩატარებით. პირველ რიგში საჭიროა ენერგოეფექტურობის შესახებ კანონის და აგრეთვე ნორმების და სტანდარტების მიღება. კომპლექსური ღონისძიებებით უზრუნველყოფილი უნდა იყოს სისტემური, დროში გათვლილი ენერგოდაზოგვა და ეკონომიკური ეფექტი. წინა-

აღმდეგ შემთხვევაში, ყოველწლიური მატებით უამრავი ენერჯის უაზროდ დაკარგვა აუარესებს ეკოლოგიურ მდგომარეობას და ქმნის ენერგეტიკული, ეკონომიკური და სოციალური კრიზისის საფუძველს.

ლიტერატურა

1. СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника», Госстрой СССР, М. 1986.
2. СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика», Госстрой СССР, М. 1983
3. СНиП II-3-75 « Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», Госстрой СССР, М. 1976
4. სნ და ნ პნ 01.04-06 „სამშენებლო თბოტექნიკა“, საქართველოს ეკონომიკური განვითარების სამინისტრო, 2006წ. (პროექტი).
5. სნ და ნ პნ 01.05-06 „სამშენებლო კლიმატოლოგია“ საქართველოს ეკონომიკური განვითარების სამინისტრო, 2006წ.
6. „თბილისის ენერგოეფექტურობის კონცეფცია“ „ენერგოეფექტურობის ცენტრი საქართველო“, 2007წ.
7. თ. დალჰსვენი, გ. აბულაშვილი, ხ. სიჭინავა „შენობების ენერგოაუდიტი. ENSI-ის მეთოდები და ინსტრუმენტები“ თბილისი 2010წ.
8. გ. სადალაშვილი, მ. სადალაშვილი „საცხოვრებელი შენობების თბოტექნიკური მაჩვენებლების კავშირი საქართველოს ენერგეტიკულ პრობლემებთან“, თბილისი 2008წ.
9. «Инструкция по монтажу систем наружной теплоизоляции фасадов зданий Ceresit WXM и Ceresit VWS. М. 2006г.
10. «Азбука навесных фасадов с воздушным зазором» «Юкон Инжиниринг», www.u-kon.ru
11. В. Хант « Современные навесные стеновые панели», Госстройиздат, М. 1962г.

12. Sadaghashvili M., *Interaction of the wind driven rain with buildings*. The Fourth European & African Conference on Wind Engineering (EACWE 4), Prague, 2005, 11-15 july.
13. საზღვარგარეთის ქვეყნების კონსტიტუციები. ნაწილი 1, “ქრონოგრაფი, თბილისი, 2004.

სარჩევი

თავი1.საცხოვრებელი შენობების შემომზღუდავი კონსტრუქციების განვითარების ტენდენციები საქართველოში	4
თავი2. შემომზღუდავი კონსტრუქციების საექსპლოატაციო თვისებები.	13
თავი3. საქართველოში საცხოვრებელი შენობებისგასათბობად საჭირო ენერგია და ეკოლოგიის საკითხები.....	34
ლიტერატურა.....	46
სარჩევი.....	48