

ENERGETSKA KRIZA I NJEZIN UTJECAJ NA STANOGRADNJU

Prvi problem s kojim su se suočile nadolazeće ekspanzivne moderne tehnologije jest sve veća potrošnja energije. Industrijska revolucija (koja je zapravo *energetska* revolucija) i masovna robna proizvodnja zahtijevaju velike količine energije. Da bi se one osigurale, snažno su razvijane tehnologije eksploatacije energetskih izvora, posebno fosilnih goriva: ugljena, nafte, prirodnog plina. U prvoj fazi industrijske ere ponuda energije na tržištu uvijek je nadilazila potražnju, uglavnom zbog relativno lako dostupnih i *jeftinih* izvora energije. S vremenom taj se odnos mijenjao s obzirom na to da je postajalo sve teže i skuplje (pri eksploataciji energetskih izvora troši se znatna količina energije - kod ugljena 3-30 posto; kod nafte 15-25 posto; kod plina oko 20 posto) dolaziti do energenata. Uz to su se radikalno smanjivale mogućnosti *kolonijalne eksploatacije* zemalja i regija koje su raspolagale znatnim rezervama energetskih izvora. U jednom su trenutku vlasnici tih izvora (nafte prije svih) shvatili da će doći do njihovih iscrpljivanja i da moraju osigurati kompenzaciju. Tako je došlo do uvođenja *cijene prirodnih izvora*, što je uz postojeće troškove eksploatacije rezultiralo izuzetno velikim skokom cijena (tzv. naftni šok, 1973. i 1979.) koji je izazvao poremećaj u opskrbi, smanjenje uvoza i naglu štednju (smanjenje) potrošnje energije (uglavnom zapadne razvijene zemlje).

Zaoštavanje pitanja opskrbe energijom (tzv. energetska kriza) sedamdesetih godina XX. stoljeća izazvalo je ozbiljna nastojanja za racionalizacijom potrošnje i štednjom energije u svim područjima. Energija postaje istodobno središnjim pitanjima politike, ekonomije i znanosti (koja, uza sve to, traga i za *alternativnim* izvorima energije).

Tako je, zapravo, tek sedamdesetih godina XX. stoljeća utvrđeno da je, uz transport, stanovanje jedno od vrlo značajnih potrošača energije. Podaci iz različitih sredina govore da potrošnja energije u stambenom sektoru obuhvaća od 20 do 40 posto od ukupne potrošnje energije. Treba, međutim, znati da su ovo pokazatelji koji se odnose uglavnom na potrošnju energije u fazi eksploatacije stambenih građevina, gdje su najveći potrošači sustavi grijanja (eventualno hlađenja), zatim rasvjeta i drugi servisi stanovanja (topla voda, ventilacija, kućanski aparati i sl.). Budući da je geografski položaj razvijenih zemalja svijeta (one su ujedno i najveći potrošači energije) uglavnom vezan uz hladnija klimatska područja, pitanje štednje energije za grijanje postaje središnja tema.

Posljednja četvrtina XX. stoljeća u području stanovanja važna je po nastojanjima da se pronađe rješenje za još veće uštede energije. Slijedeći logiku usko tehničkog načina mišljenja, istraživači su svoju pažnju usmjeravali najprije na tehničke sustave za grijanje i povećavanje njihove učinkovitosti. Radi racionalizacije sustava grijanja, težište se pomicalo od pojedinačnih izvora topline (peći i sl.) prema zajedničkim, regionalnim i daljinskim sustavima grijanja. S druge strane, ispitivane su mogućnosti optimizacije sagorijevanja ili/i upotrebe energenata s većim stupnjem korisnog djelovanja, pa je kao posljedica toga došlo do veće afirmacije zemnog plina i električne energije (iz hidroelektrana i nuklearnih elektrana).

Usporedo s nastojanjem da se usavrši sustav za grijanje i iskoriste energenti s povećanom učinkovitošću, u građevinsko-tehnološkoj sferi izvršena su istraživanja radi pobolj-

šanja toplinske izolacije stambenih građevina, odnosno njihovih sastavnih komponenata. Klasični materijali i načini toplinske izolacije (drvo i prerađevine od drva, staklena vuna) ustupaju mjesto novim tehnološkim dostignućima. U prvome se redu afirmiraju određeni proizvodi organske kemije – polimeri kao primjerice polistiren, poliuretan i sl. – koji doista posjeduju odlična termoizolacijska svojstva. Naravno, i u području konstruktivnih materijala, kao što su npr. elementi za zidanje, tehnološkim su unapređenjima poboljšana njihova termoizolacijska svojstva, uz očuvanje konstruktivnih značajka. Široku afirmaciju postigli su opekarski blokovi, blokovi od lakog, pjenobetona i plinobetona te blokovi s toplinskom ispunom (perlit, polistiren i sl.). Kao specifično tehnološko dostignuće pojavili su se sustavi gradnje (obiteljskih) kuća od prefabriciranih panela, koji istodobno integriraju konstruktivnu i termoizolacijsku funkciju, kao što je *foam-core panel* i neki drugi.

Znatni naponi uloženi su u usavršavanje tehničkih rješenja (i primijenjenih materijala) za prozore koji su identificirani kao bitan činitelj gubitka topline. U tom su smjeru patentirana mnoga rješenja s termoprofilima za okvire i krila prozora, a posebnu važnost imaju višeslojna ostakljenja sa specijalnim termoreflektirajućim staklima i međuprostorima ispunjenim inertnim plinovima (argon, kripton i dr.).

Općenito se može reći da je spoznaja o mogućim uštedama energije primjenom materijala i građevinskih elemenata s boljim termoizolacijskim svojstvima bila osnova svih nastojanja. Pri tome se pokazalo da se i dodatne investicije u termoizolaciju - makar nisu tako značajne (troškovi izgradnje stana čiji su top-

lotni gubici dvostruko niži kao rezultat bolje termičke zaštite povećavaju se za manje od 1 posto) - vrlo brzo vraćaju nižim troškovima eksploatacije (grijanja) zgrada.

Osim izloženog nastojanja u području izbora materijala za građenje, u projektiranju dolaze do snažne afirmacije nove ideje – tzv. pasivne solarne arhitekture. Osnova je toga pristupa stav da se umjesto umjetno dobivenom energijom u zgradama mora što više koristiti prirodnom, široko dostupnom sunčevom energijom. Zgrada se tretira kao sustav za hvatanje i akumuliranje sunčeve toplinske energije i tako se štedi na potrošnji umjetne energije.

Nastojanja protagonista ovog trenda išla su u dva smjera: jedan je čisto konceptualan, što znači da se pri projektiranju treba voditi računa o izboru mjesta i orijentacije građevine te veličini i rasporedu otvora na pročeljima. Drugi je tehnološki smjer, čiji je cilj razvoj tehničkih sustava za što efikasnije prihvaćanje Sunčeve energije i za njezinu eventualnu transformaciju i korisnu upotrebu (ne samo za zagrijavanje prostora). U tom je smislu došlo do razvoja novih višeslojnih sustava pročelja, Trombov zid (*Trombe wall*) - kompaktna struktura pročelja sa staklenim licem, odmaknutim za 10-30 cm od masivnog zida koji na površini ima *termoapsorbirajući* sloj: cilj je da se staklom spriječi gubljenje akumulirane topline u masivnom zidu. Ti sustavi efikasno apsorbiraju Sunčevu energiju i ujedno je akumuliraju, što se dalje rabi kao izvor dugotrajnoga termičkog zračenja u unutarnjem prostoru. Ovaj je učinak naročito važan zimi kada se tijekom dana može apsorbirati i akumulirati top

lina, a onda se njome koristiti noću za kontinuirano zagrijavanje prostora.

Također su razvijeni i sustavi *solar-nih kolektora* kojima se Sunčeva toplinska energija zračenja prihvaća i putem medija prenosi u sustav za dobivanje tople vode, a ona dalje može biti upotrijebljena i u tehnološke i u higijenske svrhe ili za zagrijavanje prostora. Kao zaseban ogranak tehnološkog razvoja pojavljuje se solarna tehnika, koja je usmjerena na prihvaćanje i direktnu konverziju Sunčeve svjetlosti u električnu energiju, što je poznato kao fotonaponska tehnika (*photovoltaic* - dobivanje električne energije na principu fotoelektričnog učinka), te primjena takve električne energije u servisima funkcije stanovanja. Iako su patentirana konkretna rješenja, ona još nisu široko zastupljena u praksi.

Radi poticanja društvenog utjecaja na štednju energije i povećanje energetske učinkovitosti zgrada, na regionalnoj razini Europske unije doneseni su programi aktivnosti s obvezatnom primjenom u zemljama članicama (*Energy Efficiency 2000, Joule-Thermie*), a u nekim su zemljama utvrđeni posebni zakonski propisi, čija je važnost dovedena na razinu koja je dotad bila rezervirana samo za usko inženjerske propise o nosivosti i stabilnosti zgrada. Kao posljedica intenzivnog traganja za što boljim tehničkim rješenjima zgrada koje troše što manje energije za grijanje, u nekim su zemljama razvijeni prototipovi (pa čak se već grade i naselja) takozvanih niskoenergetskih kuća ili se istražuju ekstremne mogućnosti tzv. nultih energetskih kuća [1].

Svestrano proučavanje potrošnje energije rezultiralo je i povećanim

interesom za direktne posljedice, prije svih za emisiju onečišćujućih materija – čvrstih i plinovitih supstancija koje se dobivaju sagorijevanjem fosilnih goriva. Iako je ta pojava uočena još u ranoj fazi industrijalizacije (poznata su velika zagađivanja zraka u industrijskim regijama Njemačke i Engleske još u XIX. stoljeću kao posljedica sagorijevanja ugljena), to se nije adekvatno rješavalo. Sad se pojavila prigoda da se štednjom (ali i primjenom goriva s nižim stupnjem zagađivanja) te korištenjem učinkovitijim sustavima sagorijevanja ujedno smanji zagađivanje zraka, tla i vode. Zahvaljujući povećanoj društvenoj svijesti, ograničenje emisije onečišćujućih supstancija postalo je dopunski obvezujući faktor razvoja ukupne tehnologije, pa tako i građevinske tehnologije.

Na kraju se može sažeti da je energetska kriza (tj. potreba za štednjom energije) u području stanovanja utjecala na izuzetno značajan napredak tehničkih rješenja koja su imala za cilj da stambene građevine štede energiju, te da se emisije onečišćujućih supstancija drže u propisanim granicama (GVE-granična vrijednost emisije). Dakle sada se, osim tehničkih faktora pri opredjeljivanju za materijalizaciju stambene građevine, uvode i neki elementi usmjereni na prirodne faktore, dok su još uvijek zanemareni društveni faktori.

Dr. sc. Esad Mulavdić, dipl. ing. građ.
Građevinski fakultet Sarajevo

LITERATURA

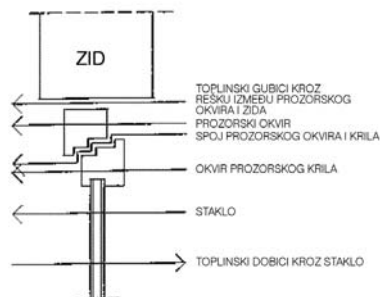
- [1] Erhorn, H.; Reiss, J.; Kluttig, H.; Runa Hellwig.: *Ultrahaus, Passivhaus oder Null-Heizenergiehaus? Eine Statusanalyse anhand praktisch realisierter Energiesparkonzepte*, Bauphysik 22 (2000), str. 28.-36.

PROZOR KAO ELEMENT TOPLINSKE ZAŠTITE ZGRADA

Prozor je element obodne površine zgrade koji omogućava ljudima, koji u njoj žive i rade povezanost s vanjskim svijetom. Osim toga ima izuzetno građevno - fizikalno značenje jer se kroz njega osvjetljava i prozračuje prostor te osigurava i odgovarajuću toplinsku, zvučnu i zaštitu od vode.

Toplinska je izolacija prozora općenito slabija od toplinske izolacije drugih elemenata koji zatvaraju zgradu. To znači da se zimi kroz njih gubi toplina, a ljeti uzrokuju pregrijavanje prostora. Povrh toga, kroz spojeve prozorskog okvira i prozorskih krila, a često i kroz reške na spoju između prozorskog okvira i zida, dolazi do prolaza zraka (propuhivanja), što pri hladnijem vremenu još više povećava toplinske gubitke.

Osim navedenih neugodnih značajki prozori imaju i prednosti pred drugim obodnim elementima jer je kroz njihov prozirni stakleni dio moguće neposredno učinkovito iskoristivati energiju Sunčeva zračenja. U tom se slučaju govori o toplinskim dobitcima.

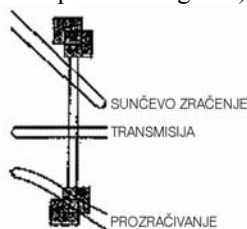


Slika 1. Mjesta toplinskih gubitaka i dobitaka kroz prozor

Toplinski gubici i dobitci posljedica su triju različitih načina prijenosa energije:

- transmisije (toplina prolazi neposredno kroz materijale od kojih su prozori napravljeni)
- prozračivanja (topao zrak iz zgrade i hladan zrak iz okoline ili obrnuto izmjenjuju se kroz nezabrtvljena mjesta u ili oko prozora)

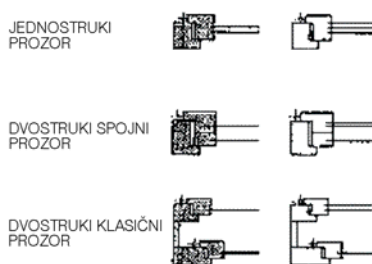
- Sunčeva zračenja (Sunčeve zrake prodiru kroz ostakljenu površinu prozora u zgradu).



Slika 2. Shematski prikaz načina prijenosa energije kroz prozor

Potreba za stalnim smanjivanjem upotrebe energije za grijanje zgrada usmjerava razvoj prozora na traženje mogućnosti za smanjivanjem toplinskih gubitaka i što većim iskorištavanjem Sunčeva zračenja. Na temelju ispitivanja ostvarene su brojne ideje koje su često tehnički vrlo zahtjevne i skupe i u praksi će tek zaživjeti. Stoga ćemo opisati onaj stupanj razvoja prozora koji je u tehničkom i ekonomskom pogledu najbolji za masovnu stambenu izgradnju.

Proizvodi se mnogo različitih vrsta prozora, a s obzirom na njihove značajke dijele se u različite skupine. Podjela, prikazana u nastavku, vrlo je pojednostavljena.



Slika 3. Podjela prozora s obzirom na konstrukcijsku osnovu

Danas se proizvode i ugrađuju uglavnom jednostruki prozori. Dvostruki klasični prozori, koji su nekoć prevladavali, danas se izrađuju samo za posebne namjene, odnosno za sanacije. Prozori uobičajeno imaju ugrađena dva ili tri stakla. Kod jednostrukih prozora te kod unutarnjih spojnih i dvostrukih klasičnih prozora upotreb-

ljavaju se tzv. izolacijska stakla koja mogu biti dvostruka ili trostruka. To su stakla sastavljena od dva ili tri stakla koja su međusobno razmaknuta i na rubovima povezana u cjelinu materijalima za brtvljenje.

Prozorski okviri i okviri prozorskih krila izrađuju se od drva, metala ili umjetnih tvari, a često se za izradu rabi kombinacija tih materijala. Kod nas još uvijek prevladavaju drveni okviri, a u Europi je uporaba svih svrsta materijala uravnotežena. S obzirom na način otvaranja, prozori se dijele na one kod kojih se krila otvaraju oko vertikalne osi ili oko horizontalne osi. Takozvani otklopno - zaokretni prozori omogućavaju obje navedene mogućnosti otvaranja.

Transmisijski toplinski gubici

Odlučujući utjecaj na veličinu transmisijskih toplinskih gubitaka prozora imaju koeficijenti prolaska topline U (U je mjera za toplinski tok koji prolazi kroz 1 m^2 građevnog elementa pri temperaturnoj razlici 1 K) njegovih sastavnih dijelova: prozorskog okvira, okvira prozorskih krila i ostakljenja. Transmisijski toplinski gubici kroz prozor su to manji što je manji prosječni koeficijent prolaska topline prozora.

Proizvođači pokušavaju izraditi okvire sa što manjim koeficijentom prolaska topline. To nije važno samo zbog smanjivanja toplinskih gubitaka, već i zbog opasnosti pojave neželjene kondenzacije vlage iz zraka na prozorima po hladnijem vremenu.

Drvo ima relativno malen koeficijent prolaska topline, pa su stoga drveni okviri i bez dodatnih intervencija odgovarajuće toplinski izolirani. Bolji su oni deblji. Okviri spojnih i dvostrukih klasičnih prozora imaju bolje toplinske značajke od jednostrukih. Toplinska provodljivost metala (uobičajeno aluminijska) jest veli-

ka pa je zato okvire potrebno prekinuti po cijelom presjeku toplinskoizolacijskim uloškom za razdvajanje. Kod okvira od umjetnih tvari toplinska se provodljivost nastoji smanjiti tako da se komore profila, od kojih su izrađeni, ispune toplinskoizolacijskim materijalima.

Toplinska izolacija ostakljenja ovisi o broju stakla odnosno o broju međustaklenih prostora i debljini tih prostora. Utjecaj debljine stakla je zanemariv.

Suvremeni prozori imaju uobičajeno dvostruko ili trostruko ostakljenje (jednostruko ostakljenje nije dopušteno). Toplinska provodljivost trostrukog ostakljenja je s obzirom na veći broj međustaklenih prostora manja od toplinske provodljivosti dvostrukog ostakljenja, dok je propusnost Sunčevih zraka nešto manja. Nedostatak trostrukog ostakljenja je bitno veća težina što uzrokuje veće opterećenje prozorskog okova i njegova češća oštećenja. Općenito vrijedi da ostakljenje s međustaklenim razmakom od 6 do 16 mm (izolacijska stakla) nešto manje izolira od ostakljenja s međustaklenim prostorom od 20 do 100 mm (ostakljenja dvostrukih spojnih prozora).

Izolacijska su stakla najprije imala međustaklene prostore ispunjene suhim zrakom. U posljednje se vrijeme upotrebljavaju izolacijska stakla koja imaju ispunjene međustaklene prostore inertnim plinovima (argon,

kripton). Ta promjena već pri malom povećanju cijene osigurava povećanje izolacije prozora. Važan napredak pri povećavanju toplinske izolacije znači tanak IR nanos na onoj površini unutarnjeg izolacijskog stakla koja je orijentirana u međustakleni prostor. Takva izolacijska stakla (zovu se i toplinsko - zaštitna stakla), iako nešto manje propuštaju kratkovalno sunčevo zračenje, intenzivno sprječavaju prolaz dugovalnog Sunčeva zračenja iz zgrade u okolinu.

Toplinski su gubici najveći onda kad se vanjski zrak najviše ohladi, kada nema Sunčeva zračenja i kada tople površine intenzivno zrače u okolinu. To se bitno smanjuje uporabom dodatne toplinske zaštite. Prozori se zato opremaju rebrenicama, zaštitnim zavjesama ili prozorskim kopcima, koje se upotrebljavaju kad je njihov učinak najveći, ponajprije noću. Podaci o koeficijentima prolaska topline različitih vrsta prozora i različitih vrsta ostakljenja s povremenom uporabom dodatne toplinske zaštite ili bez nje prikazani su u tablici 1.

Propuštanje Sunčeva zračenja

Staklo u znatnoj mjeri propušta kratkovalno Sunčevo zračenje, a slabije propušta dugovalno toplinsko zračenje. Ostakljeni dio prozora omogućava, dakle, ulaz Sunčevih zraka u unutrašnjost građevine, sprječava izlaz toplinskog zračenja iz unutrašnjosti građevine. Energija koja prodire kroz ostakljenje grije zgradu i

toplinski je dobitak. Pokazatelj za propusnost Sunčeva zračenja jest takozvana ukupna energijska propusnost (g), koja kazuje koliki dio Sunčeva zračenja prolazi kroz ostakljenje (tablica 2.).

Tablica 2. Podaci o ukupnoj energijskoj propusnosti za različite vrste ostakljenja

Vrsta ostakljenja	Ukupna energijska propusnost [g]
dvostruko ostakljenje	0,8
trostruko ostakljenje	0,7
dvostruko ostakljenje s IR nanosom	0,4 - 0,7

Značajka prozora da energiju gubi i dobiva opisana je pojmom ekvivalentne toplinske prolaznosti prozora (U_{ekv}) te je realniji podatak za proračun toplinskih gubitaka. Veličina te vrijednosti ovisi o toplinskoj prolaznosti i ukupnoj energijskoj propusnosti prozora, njegovoj orijentaciji i lokalnom Sunčevu zračenju.

Prozor unatoč slabijoj toplinskoj izolaciji može više pridonijeti pozitivnoj bilanci zgrade nego bolje izolirani neprozirni zid. No, prozore je stoga potrebno ugrađivati u osunčana pročelja, gdje je njihova bilanca najugodnija. Otuda i pravilo da se na osunčana pročelja ugrađuju veliki prozori, na zasjenjena što manji s

Tablica 1. Koeficijenti prolaska topline za različite vrste prozora i različite vrste ostakljenja

Vrsta ostakljenja	Dvostruko ostakljenje			Trostruko ostakljenje	
	jednostruki prozor 10 - 16 mm zrak	jednostruki prozor 10 - 16 mm IR nanos plin	dvostruki spojni prozor 10 - 100 mm zrak	jednostruki prozor 10 - 16 mm zrak	dvostruki spojni prozor 10 - 100 mm zrak
U_{stakla} (W/m^2k)	3,0	1,3 - 1,6	2,8	2,0 - 2,1	2,0
$U_{prozora}$ (W/m^2k) drveni / PVC okvir	2,6 (1,6)	1,5 - 1,9 (1,3)	2,5 (1,5)	2,0 (1,3)	1,9 (1,3)
$U_{prozora}$ (W/m^2k) topl. izolirani metalni okvir	2,9	1,7 - 2,1	2,9	2,3	2,2

Napomena: vrijednosti u zgradama odnose se na prozore s dodatnom zaštitom rebrenicama

ugodnim toplinskoizolacijskim značajkama. Propusnost za Sunčevo zračenje prozora u toplom razdoblju uzrokuje probleme jer zbog njih dolazi do pregrijavanja prostora. Prozori na osunčanim pročeljima zato moraju biti opremljeni elementima za zasjenjenje (rebrenice, zaštitne zavjese, prozorski kapci (škure), «brisoleji») ili prekrivena bujnim zelenilom.

Zrakonepropusnost prozora

Pri ugradnji prozorskih okvira u zid ostaju na spoju uže ili šire reške koje je potrebno potpuno zabrtviti. To se radi raznim materijalima za brtvljenje, kao što su profili i trake za brtvljenje, kitovi, toplinskoizolacijski materijali u obliku pjene i dr.

Na spoju prozorskog okvira i prozorskog krila moraju biti ugrađene pravilno oblikovane, trajne i elastične brtve neprekinuto po cijelom obodu. U slučaju da zgrada ima sustav kontroliranog prozračivanja, taj spoj mora biti što zrakonepropusniji. Ako takvog prozračivanja nema, spoj prozorskog okvira i krila mora imati unaprijed propisanu zrakonepropusnost koja omogućava bar najmanju izmjenu zraka potrebnu za sprječavanje kondenzacijskih pojava te plijesni na unutarnjim površinama obodnih zidova građevine i (što je i važnije) za dovod kisika potrebnog za disanje te izgaranje goriva u pećima.

Brtve se općenito ugrađuju na unutarnju brazdu prozorskog okvira. Kod spojnih prozora brtva mora biti između prozorskog okvira i okvira unutarnjeg krila, čime se izbjegava neželjena kondenzacija u međustaklenom prostoru.

Važan utjecaj na zrakonepropusnost prozora ima i prozorski okov. On mora omogućiti učvršćivanje prozorskih krila na prozorski okvir na više mjesta. Brtve dobro djeluju onda kad je okov pravilno postavljen.

Kod velikih stambenih zgrada prostori se prozračuju kroz otvorene prozore. Kako propisi zahtijevaju intenzivno prozračivanje prostora (prosječno 0,5 izmjena zraka u jednom

sat) potrebno je prozor često otvarati, što povećava toplinske gubitke. Pri proračunu toplinskih gubitaka zato je potrebno, uz poštivanje činjenične vrijednosti zrakonepropusnosti zatvorenog prozora, uzeti u obzir i to da se on mora često otvarati.

Ostale značajke prozora

Na unutarnjoj se površini okvira i ostakljenja, unatoč kvalitetnim prozorima, može pojaviti kondenzat. Razlog je tome što različite prepreke sprječavaju da topli zrak koji proizvodi grijaće tijelo ispod prozora grije unutarnju površinu prozora.

Često se iznad grijaćeg tijela ugrađuju police koje preusmjeravaju tok toplog zraka od prozora. Police je potrebno odstraniti ili u njima izbušiti rupe kroz koje topli zrak može doći do prozora.

Pri projektiranju je potrebno paziti da prozori u debljim zidovima nisu pomaknuti previše prema vanjskoj strani. Pothlađeni mrtvi kut na donjoj strani često je uzrokom kondenzacije.

Eventualna dodatna toplinska zaštita na unutarnjoj strani prozora, koja na njega nije spojena zrakonepropusno, uzrok je da vlažan zrak iz prostora dolazi do pothlađene površine prozora i tamo se kondenzira. Ugodnija su stoga rješenja s dodatnom toplinskom izolacijom na vanjskoj strani prozora.

Čak i zavjese na unutarnjoj strani prozora znatno utječu na toplinsku izolaciju prozora. Zavjesa od stropa do poda koja razdvaja prozor i grijaće tijelo od prostora, iako je to dobro rješenje za problem kondenzacije, izvor je velikih toplinskih gubitaka koji se povećavaju za 40 posto. Preporučljive su kraće zavjese kod kojih manji dio topline grijaćeg tijela grije prozor, a veći dio prostor.

Kod prozora s roletama poseban je problem kutija. Ona mora biti u unutrašnjosti toplinski izolirana tako da bude što bliže zidu u koji je ugrađena. Korisno je i odgovarajućim brtvilima zabrtviti rešku kroz koju iz

kutije izlaze trake za podizanje i spuštanje zaštitnih zavjesa.

Slabo izolirani prozori imaju po hladnijem vremenu niske površinske temperature i stoga (unatoč odgovarajućoj temperaturi unutarnjeg zraka) hlade ljude koji su u njihovoj blizini. Često je razlog gibanje zraka koji uzrokuje njegovo hlađenje i spuštanje kod pothlađenih prozorskih površina. Zrakonepropusne reške prozorskih spojeva uzrokom su propuha koji je ljudima neugodan i nezdrav. Dobro izolirani i zabrtvljeni prozori nisu važni samo za štednju energije, već i zato jer stvaraju uvjete za ugodno i zdravo stanovanje.

Sanacija starih prozora

Stari prozori nemaju ugrađene brtve. Stoga je korisno u spoj između prozorskog okvira i krila utisnuti brtvila kao što su različite samoljepljive trake (od gume ili raznih pjenastih materijala) koje se povremeno moraju obnavljati. Bolje je rješenje ono koje u prozorsku brazdu urezuje utor u koji se zatim ugrađuje brtva kakva se upotrebljava i kod novih prozora. Prozorski okov potrebno je kod svih opisanih načina brtvljenja odgovarajuće nastaviti. Često se pokaže da je postojeći okov potrebno zamijeniti novim. U slučaju da se širina spoja prozorskog okvira i krila zbog deformacija drva i okova od mjesta do mjesta jako razlikuje, potrebno ga je zabrtviti masom za brtvljenje (npr. trajno elastičnim silikonskim kaučukom). Staru je boju najprije potrebno odstraniti, zatim nanijeti masu i prekriti je razdvajajućom folijom. Zatim se prozor zatvori (ne do kraja) i čeka se da se masa stvrdne. Razdvajajuća se folija na kraju odstrani, a višak mase odreže.

Između prozora i zida često ostaje reška kroz koju nekontrolirano prodire hladan zrak. U takvim je slučajevima rešku potrebno zatvoriti na vanjskoj i unutarnjoj strani letvicom, a međuprostor zapuniti pjenastim toplinskoizolacijskim materijalom (npr. poliuretanskom pjenu).

Prozori starijih zgrada imaju gotovo bez iznimke drvene okvire sa zadovoljavajućom toplinskom izolacijom te zato nisu problematični. Potrebno ih je redovito održavati, a u kritičnim slučajevima obnoviti.

Već se dugo ne ugrađuju stakla s jednostrukim ostakljenjem. Ostakljenja starih zgrada u Hrvatskoj uglavnom su dvostruka i tako ispunjavaju zahtjeve sadašnjih propisa s obzirom na toplinsku prohodnost, što se tiče konstrukcije. Želi li se toplinskoizolacijska kvaliteta ostakljenja poboljšati, postoji nekoliko mogućnosti:

- Na unutarnju površinu unutarnjeg prozorskog krila ugradi se dodatno (treće) staklo. Postoje različite

te mogućnosti za montažu takvih stakla. Kod svih je potrebno osigurati zrakonepropustan spoj i mogućnost za otvaranje (čišćenje).

- Iz prozorskog se krila odstrani postojeće staklo. Preoblikovanjem brazda okvira krila ili s montažom dodatnih profila (uobičajeno plastičnih ili aluminijskih) izradi se ležište u koje se zatim vodonepropusno i zrakonepropusno ugradi izolacijsko staklo.
- Na postojeći se prozorski okvir suhomontažno ugradi prozorski okvir sa željenim značajkama. Pri tome je potrebno paziti da se brtvljenjem osigura zrakonepro-

pusnost spoja između obaju okvira. Postupak je prikladan zato jer ne zahtijeva složene zahvate koji bi ometali stanare.

- Umjesto postojećeg se prozora ugradi novi. To se radi onda kad su postojeći prozori sasvim dotrajali ili arhitektonski uvjeti ne dopuštaju odstupanja od prvobitnog stanja. Radovi potpune zamjene prozora vezani su s većim zidarskim radovima.

T. Vrančić

IZVOR

Informativni list *Za učinkovito rabo energije*, Gradbeni inštitut ZRMK

SAGRAĐENA JE PRVA PASIVNA KUĆA U HRVATSKOJ

Prva hrvatska pasivna kuća upravo je završena u mjestu Brestovje kod Zagreba. Investitor i vlasnik Branko Mihaljev samostalno je financirao izgradnju uloživši do sada 65.000 €, uz procjenu kako će se do useljenja troškovi povećati na 80.000 €, u što je uključena i cijena parcele.

Mikrobiolog Mihaljev dobio je tako 100 četvornih metara ekskluzivnog prostora (i 100 kvadrata u potkrovlju) u miru i tišini Brestovja, što ga je doduše stajalo 20 posto više nego da se odlučio na klasičnu gradnju, no pošto istekne rok amortizacije od 8 godina, ušteda će opravdati povećani trošak.

Četvrtina energije

Pasivna kuća troši četvrtinu energije koju troši klasična kuća. 1200 do 1500 kW potrebno je za grijanje i hlađenje kuće tijekom cijele godine. Prilagodbu projekta za zahtjeve energetske učinkovitosti i energetske standard pasivne kuće napravio je arhitekt Ljubomir Mišćević.

Kuća je pravilnoga pravokutnoga nerazvedenog oblika, vanjskih dimenzija 14,30 x 8,40 sa dva kata - prizemnica sa stambenim potkrovljem, a nije podrumljena. U prizem-

lju su prostori dnevnog boravka, blagovanja, kuhinje, spavaće sobe, garderobe i kupaonice, a u potkrovlju su predviđene dvije spavaonice s garderobama i kupaonicama. Karakterističan je četverostrešni krov sa strehom u kojoj je maskiran žlijeb. Uvučeni ulaz u kuću dopuniti će se ostakljenim vjetrobranom, kako bi se spriječili mogući ekstremni toplinski gubici u ulaznom prostoru za dugotrajnoga lošeg vremena. Izbor boja i način obrade pročelja izveden je prema željama investitora.

Građevinski je relativno jednostavno zadovoljiti normative pasivne kuće. Međutim, potrebna je posebna pozornost na najdelikatnijim pozicijama. To su prozori i vrata te instalacije grijanja i hlađenja na kojima se ne smije štedjeti. U projektu pasivne kuće to znači upotrijebiti što je moguće veći broj obnovljivih energija i suvremene tehnologije. Kako se koncepcija pasivne kuće zasniva na zabrtvljenosti ljuške građevine i kontroliranoj ventilaciji, posebno je bitno maksimalno iskoristiti sve izvore posebno zimi.

Zemlja je na dubini većoj od 1,50 metara stabilne temperature s malim oscilacijama, a golemog kapaciteta,

te je odlično rješenje za predgrijavanje zraka zimi ili za hlađenje ljeti. Uz osnovni uvjet odgovarajuće visokovrijedne toplinske zaštite, upotrebe toplinske crpke i ventilacijskog sustava (koji kontinuirano dovodi svjež zrak u prostor), te upotrebe dostupnih obnovljivih energija na pasivan i aktivan način za zagrijavanje vode (niskotemperaturni sustavi - sunčani toplinski pretvornici) i proizvodnju električne struje (fotonaopnske ćelije), ostvaren je donekadni san o mogućoj niskoenergetskoj arhitekturi i energetske neovisnosti i samodostatnosti.

Saša Jokić

PODACI O KUĆI

Lokacija: *Proljetna ulica bb, Brestovje, Rakitje*

Investitor i stručni savjetnik: *Branko Mihaljev*

Glavni projektant: *Miroslav Šavar*

Projekt za zahtjeve energetske učinkovitosti i energetske standard pasivne kuće: *Ljubomir Mišćević*

Građevna fizika: *Jasna Bertol Vrček*

Proračun konstrukcije: *Mladen Meštrović*

Proračun stropne i krovne konstrukcije od bijeloga stropa: *Tomislav Gojković*

Izvoditelj: *Igor Mandić*

Izvedba građevine sustavom Ytong