

# Mjere uštede toplinske energije u zgradama

Mijo Zagorec, Dražen Josipović, Josip Majer

## Ključne riječi

zgrada, energija, obnovljivi izvori energije, neobnovljivi izvori energije, ušteda toplinske energije, održiva gradnja

## Key words

building, energy, renewable sources of energy, non-renewable sources of energy, thermal energy savings, sustainable construction

## Mots clés

bâtiment, énergie, sources d'énergie renouvelable, sources d'énergie non-renouvelable, épargne de l'énergie thermique, construction durable

## Ключевые слова

здание, энергия, обновляемые источники энергии, необновляемые источники энергии, сбережение тепловой энергии, поддерживаемое строительство

## Schlüsselworte

Gebäude, Energie, erneubare Energiequellen, unerneubare Energiequellen, Wärmeenergieersparung, erhaltssamer Bau

M. Zagorec, D. Josipović, J. Majer

Pregledni rad

## Mjere uštede toplinske energije u zgradama

Obrazložena je važnost uštede toplinske energije, općenito potrebne za sve, a naročito za grijanje prostorija i vode u zgradama. U tu svrhu definirani su temeljni pojmovi iz područja energetike, upozoreno je na sve veću potrošnju toplinske energije u zgradama, prikazane su i obrazložene mjere uštede toplinske energije u zgradama. Posebno je istaknuta činjenica da je u nas uporaba sunčane energije i energije vjetra, kao najznačajnijih izvora obnovljive energije, još uvijek premala.

M. Zagorec, D. Josipović, J. Majer

Subject review

## Measures for saving thermal energy in buildings

The significance of saving thermal energy is stressed as it can generally be applied for all purposes, especially for heating rooms and water in buildings. Basic terms used in power generation sector are defined. It is stressed that the consumption of thermal energy in buildings is steadily increasing. Measures that can be applied to save thermal energy in buildings are presented and explained. A special emphasis is placed on the fact that the use of solar energy and wind energy, which are the most significant sources of renewable energy, is still far from sufficient in our country.

M. Zagorec, D. Josipović, J. Majer

Ouvrage de synthèse

## Mesures pour l'épargne de l'énergie thermique dans les bâtiments

L'importance d'épargne de l'énergie thermique est soulignée puisqu'elle peut être utilisée pour maintes applications et notamment pour chauffer les pièces et l'eau dans les bâtiments. Les termes de base utilisés dans le secteur de l'énergie sont définis. Il est souligné que la consommation de l'énergie thermique augmente de plus en plus. Des mesures à prendre pour épargner l'énergie thermique dans les bâtiments sont présentées et expliquées. L'accent est mis sur le fait que l'emploi de l'énergie solaire et de l'énergie de vent, les deux considérés comme sources les plus importantes de l'énergie renouvelable, est plutôt insuffisante dans notre pays.

M. Zagorec, D. Josipović, J. Majer

Обзорная работа

## Методы сбережения тепловой энергии в зданиях

В работе обоснована важность сбережения тепловой энергии, вообще необходимой для всего, а особенно для отопления помещений и нагрева воды в зданиях. С той целью дана дефиниция основных понятий из области энергетики, предостережено на всё больший расход тепловой энергии в зданиях, показаны и обоснованы меры сбережения тепловой энергии в зданиях. Особо подчеркнут факт, что у нас использование солнечной энергии и энергии ветра, как самых значительных источников обновляемой энергии, ещё слишком мало.

M. Zagorec, D. Josipović, J. Majer

Übersichtsarbeit

## Ersparungsmaßnahmen für die Wärmeenergie in Gebäuden

Begründet ist die Wichtigkeit der Wärmeenergieersparung, allgemein notwendig für alles, aber besonders für Raum- und Wasserheizung in Gebäuden. In diesem Sinne sind die Grundbegriffe aus dem Gebiet der Energetik definiert, ist auf den immer grösseren Verbrauch der Wärmeenergie in Gebäuden hingewiesen und sind die Ersparungsmaßnahmen für die Wärmeenergie in Gebäuden dargestellt und begründet. Besonders ist die Tatsache hervorgehoben dass in Kroatien die Nützung der Sonnen- und Windenergie, als bedeutendster Quellen der erneubaren Energie, noch immer zu gering ist.

Autori: Mr. sc. **Mijo Zagorec**, dipl. ing. građ.; **Dražen Josipović**, dipl. ing. arh., GAPP Arhitektura, Zagreb; **Josip Majer**, dipl. ing. građ., Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb

## 1 Uvod

Energetika je ključni sektor gospodarstva svake države zbog niza razloga, od kojih je najvažniji onaj da cijena utrošene energije ulazi u ukupnu cijenu svakog proizvoda ili usluge. Rastuća potražnja za energijom vitalan je čimbenik gospodarskoga razvoja i zato je ona jedan od problema koji čovječanstvo očekuje u budućnosti. Prema tome opskrba energijom je, uz opskrbu pitkom vodom i hranom, ravnopravan čimbenik jer je ona sastavni dio svake opskrbe. Dokaz tome jest činjenica da je poremećaj u opskrbi energijom samo iz jednog primarnog oblika, tj. nafte, pokrenuo ozbiljna razmišljanja o opskrbi energijom u budućnosti. Tako npr. nakon 1973. odnosno 1979. godine, koje su označene kao početak energetske krize izazvane političkim odlukama, došlo do promjena energetske politike osobito u razvijenim zemljama zapadnoeuropskih država. Zajedničko je obilježje tih promjena bila orijentacija na vlastite izvore energije s pomoću supstitucije tekućeg goriva alternativnim izvorima energije (sunčana energija, kinetička energija vjetra, energija biomase i dr. [1], [2], [3]).

U prošlosti, posebno početkom dvadesetog stoljeća, nije se vodilo računa o ograničenosti zaliha neobnovljivih fosilnih energenata (ugljen, nafta i zemni plin). Zato su neobnovljivi fosilni energenti u novije vrijeme postali sve skuplji i sve ih je manje.

Sada se procjenjuje da bi alternativni izvori energije mogli zadovoljiti današnje potrebe u stanogradnji jer će se znanost, tehnologija i tehnika stalno usavršavati tako da će se iskorištavanje i tih izvora usavršiti. Najznačajniji su sunčana energija, kinetička energija vjetra, bioenergija i energija morskih valova. Uporaba alternativnih izvora energije temelji se na principu da novi obnovljivi izvori energije moraju biti tehnički ostvarivi i ekonomski isplativi, a cijena mora biti barem jednaka ili niža od cijene konvencionalnih izvora energije (fosilni energenti i hidroenergija).

Budući da je ukupna potrošnja toplinske energije za grijanje u zgradama u zemljama Europske unije u usporedbi s ostala dva najznačajnija područja (promet i industrija) najveća, ovim se radom nastoji upozoriti na mjere uštede toplinske energije u zgradama, da bi se time Zakonom o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07) postiglo propisanu uštedu toplinske energije u zgradama. Posebno se želi upozoriti na činjenicu da bi ubuduće sve više trebalo rabiti stručnu literaturu, osobito sada nakon donošenja novog Tehničkog propisa o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05, 155/05 i 74/06). Naime, ne samo u nas nego i u svijetu uopće, ubrzo nakon pojave prve naftne krize 1973. godine u stručnim je časopisima objavljen veći broj radova o uštedi toplinske energije u zgradama. Tako je primjerice

u časopisu GRAĐEVINAR objavljeno više zapaženih radova [4, 5, 6, 7]. O istoj je temi objavljen i veći broj stručnih knjiga od kojih je većina upotrijebljena u ovom radu [1], [2], [3], [8], [9], [10].

## 2 Tumačenje osnovnih pojmova

Da bi ovaj rad bio što pregledniji, razloženi su temeljni pojmovi iz područja energetike i energije kojima se ovdje služimo.

Energetika je znanost koja se bavi energijom, energetskim izvorima i njihovim tehničkim iskorištavanjem, zalihama energije i rentabilnosti njihove eksploatacije.

Energija je sposobnost obavljanja rada [11].

Energija, u smislu Zakona o energiji (NN 68/01 i 177/04), jest električna energija, toplinska energija, plin, nafta i naftni derivati. Napominjemo da se primarni oblici energije, u obliku u kakvom se nalaze u prirodi, mogu rabiti tek nakon transformacije (procesa pretvorbe) u uređajima korisnika energije u pogodniji oblik. Korisni oblici energije jesu: toplinska energija, mehanička energija, električna energija i kemijska energija. Energija se pojavljuje u različitim oblicima, kao npr.: potencijalna energija, kinetička energija, električna energija, toplinska energija pri gorenju itd., pri čemu kod svakog pretvaranja energije iz jednog oblika u drugi nastaju gubici energije kao njezini nepovratni dijelovi. S obzirom na obnovljivost postoje obnovljivi izvori energije i neobnovljivi izvori energije [11].

Energenti su, u općem smislu, izvori energije. U užem smislu to su neobnovljivi (fosilni) izvori energije, odnosno skupni naziv za ugljen, naftu i zemni plin.

Obnovljivi su izvori energije, u smislu Zakona o energiji (NN 177/04), oni koji su sačuvani u prirodi i obnavljaju se u cijelosti ili djelomično. To se posebno odnosi na energiju vodotoka, vjetra, neakumulirane sunčeve energije, biodizela, biomase, bioplina, geotermalnu energiju itd.

Neobnovljivi izvori energije su oni koji su također sačuvani u prirodi ali se ne obnavljaju, nego im se iscrpljuju prirodne rezerve. To su: ugljen, nafta, zemni plin, električna energija, nuklearna energija i drugo [11].

Ušteda energije u zgradama znači smanjenje potrošnje neobnovljivih izvora energije, ovisno o lokalnim klimatskim prilikama, koja je potrebna zimi za grijanje, a ljeti za hlađenje prostorija u zgradama te zaštitu okoliša smanjenjem emisije CO<sub>2</sub>.

Racionalna je potrošnja energije skup smišljenih mjera i postupaka koje treba primijeniti pri potrošnji energije u stvarno potrebnim količinama za nesmetano obavljanje djelatnosti i uz normalne uvjete smanjivanjem gubitaka energije na realno moguće količine [2].

Održiva gradnja znači planiranu građevinsku djelatnost (projektiranje, građenje, uporaba i uklanjanje građevina), koja na temelju tehničkih, ekonomskih i ekoloških načela te pravilne uporabe prirodnih bogatstava (prikladni materijali, obnovljivi izvori energije i pravilno gospodarenje otpadom) ublažava štetne utjecaje gradnje na okoliš.

Održivi je razvitak, u smislu Zakona o zaštiti okoliša (NN 110/07), gospodarski i socijalni razvitak društva koji u zadovoljavanju potreba današnjeg naraštaja uzima u obzir iste mogućnosti zadovoljavanja potreba idućih naraštaja te omogućuje dugoročno očuvanje kakvoće okoliša, biološke raznolikosti i krajobraza.

Zaštita okoliša, u smislu Zakona o zaštiti okoliša (NN 110/07), jest skup odgovarajućih aktivnosti i mjera kojima je cilj sprječavanje opasnosti za okoliš, sprječavanje nastanka šteta, i/ili onečišćavanja okoliša, smanjivanje i/ili uklanjanje šteta nanesenih okolišu te povrat okoliša u stanje prije nastanka štete.

### 3 Potrošnja energije

Potrošnja energije svakim je danom sve veća poradi stalnog povećanja broja ljudi na zemlji i time njihovih aktivnosti: gradnje stambenih i nestambenih zgrada opremljenih sve brojnijim uređajima koji sve više troše energiju (grijanje, hlađenje i kućna tehnika), proizvodnje i stavljanja u pogon sve većeg broja prometnih vozila, razvoja proizvodnje u industriji i dr.

Radi pojašnjenja, opisani su pojmovi koji se rabe za oblike energije, a zatim je dan podatak o potrošnji energije u RH za 2004. godinu [3], [12]:

- primarna energija je oblik energije dobiven neposredno iz prirode bez procesa pretvorbe
- sekundarna energija je oblik energije dobiven različitim postupcima pretvorbe od primarne energije (benzin, koks, električna struja i dr.)
- finalna (konačna) energija je oblik energije koji stoji krajnjem korisniku na raspolaganju (toplina, električna struja i dr.)
- korisna energija je onaj dio energije koji se dobiva nakon oduzimanja svih gubitaka nastalih pri procesima prerade, pohrane i prijenosa primarnih i sekundarnih oblika te pretvorba konačne energije (mehanički rad stroja, toplina iz radijatora i dr.).

Ukupna potrošnja energije 2004. godine u Republici Hrvatskoj iznosila je 412 PJ (petadžula), odnosno ( $412 \cdot 10^{15}$  J) i od 1992. godine ima pozitivan trend porasta.

Napominjemo da je najveća potrošnja energije ostvarena krajem 1980-ih godina kada, nakon pojave druge naftne krize 1979. godine, još nije bio postignut zapažen učinak prvih mjera uštede energije. Prosječna je stopa

porasta ukupne potrošnje energije od 1999.–2004. godine 2,2 %, s napomenom da ukupna potrošnja ne raste kontinuirano [12]. Za usporedbu napominjemo da je ukupna potrošnja energije u Republici Hrvatskoj za 49,6 % manja od prosjeka u Europskoj uniji (neprovjereni podatak), a što se smatra velikim zaostatkom.

Proizvodnja primarnih oblika energije iznosila je 2004. godine 204,4 PJ i od 1999. godine raste prosječno godišnje 1,9 % na godinu.

Potrošnja finalne energije u Republici Hrvatskoj u posljednjih nekoliko godina raste s prosječnom godišnjom stopom od 2,9 %. Pritom najveći udio zauzimaju tekuća goriva sa 44 %, zatim slijede plinovita goriva sa 25 % i električna energija sa 17 %.

Prema tome, stopa porasta proizvodnje primarne energije je niža od stope porasta ukupne potrošnje energije ( $1,9 \% < 2,2 \%$ ) i znatno je niža od stope finalne potrošnje energije ( $1,9 \% < 2,9 \%$ ).

Neki smatraju da je sve do pojave prve naftne krize 1973. bilo razdoblje tzv. zlatne potrošnje energije. Međutim, nakon pojave druge naftne krize 1979. počele su se u svijetu naglo poduzimati mjere za što većom uštedom toplinske energije u zgradama u kojima je ta potrošnja najveća jer su zgrade najbrojnije građevine. Primjerice, ukupna potrošnja konačne energije u Republici Hrvatskoj po sektorima u 2005. [13] bila je:

• u stambenim zgradama i zgradama za javnu namjenu	41,3 %
• u prometu	30,6 %
• u industriji	21,7 %
• u poljoprivredi	3,9 %
• u građevinarstvu	2,5 %
Ukupno:	100,0 %

Zbog gradnje novih i rekonstrukcije postojećih zgrada potrošnja energije kod nas u zgradarstvu u velikom je porastu. To se najbolje vidi iz podatka koji je objavio Državni zavod za statistiku da je, primjerice, 2006. u Republici Hrvatskoj završeno ukupno 10.897 zgrada.

### 4 Ušteda i racionalna potrošnja energije u zgradama

Budući da je opća potrošnja energije svakim danom sve veća, pri planiranju svake nove vrste iskorištavanja energije valja poduzimati mjere o načinu potrošnje, a osobito uštedi neobnovljivih izvora energije. U tu su svrhu ušteda i racionalna potrošnja energije nužni postupci za očuvanje rezervi osobito neobnovljivih izvora energije. Stoga se mora provoditi ušteda i racionalna potrošnja energije uvijek i na svakome mjestu. Naime, najveća dopuštena potrošnja toplinske energije u zgradama propisana

je: Zakonom o prostornom uređenju i gradnji kao bitan zahtjev za uštedu toplinske energije i to tako da građevina i njezini uređaji za grijanje, hlađenje i ventilaciju moraju biti projektirani i izgrađeni tako da u odnosu na mjesne klimatske prilike potrošnja energije pri njihovu iskorištavanju bude jednaka propisanoj razini ili niža od nje, a da za ljude koji borave u građevini budu osigurani zadovoljavajući toplinski uvjeti. Potom, Tehničkim propisom o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama kao glavni zahtjev za stambene zgrade grijane na temperaturu 18 °C ili više određena je najveća dopuštena godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade, a za nestambene zgrade grijane na temperaturu 18 °C ili više određena je najveća dopuštena godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade.

Prema podacima objavljenim u stručnoj literaturi [1], [2], [3], uštedom i racionalnom potrošnjom energije treba postići dva globalna cilja:

- očuvati prirodna bogatstva (resurse)
- zaštititi okoliš.

Kronologija toplinske zaštite zgrada može se, s obzirom na potrošnju toplinske energije u zgradama, razvrstati na dva glavna vremenska razdoblja: prvo razdoblje do pojave energetske krize 1973. odnosno 1979. godine i drugo poslije energetske krize sve do danas.

U prvom je razdoblju toplinska zaštita zgrada bila uglavnom osigurana tako da je pri Proračunu toplinske zaštite zgrade morala biti zadovoljena najveća dopuštena vrijednost koeficijenta prolaska topline,  $U$  (prije  $k$ ), obodnih zidova i ravnih krovova zgrada za pojedine građevinske klimatske zone (I–III). Napominjemo da je pri svakoj inovaciji propisa za toplinsku tehniku u zgradarstvu taj koeficijent bio postupno smanjivan, čime se povećavala minimalna toplinska zaštita zgrada.

Za drugo razdoblje karakteristično je povećanje toplinske zaštite zgrada ne samo radi što udobnijeg boravka ljudi u prostorijama zgrada, nego i radi racionalizacije potrošnje i uštede toplinske energije u zgradama. Naime, energetska kriza do koje je došlo zbog poremećaja u opskrbi energijom izazvala je naglu potrebu za racionalizacijom potrošnje i uštedom energije ne samo u zgradama, nego i u svim područjima ljudskog djelovanja, osobito u prometu i u industriji. Otada je energija postala istodobno središnje pitanje politike, ekonomije i znanosti koja se sada sve više bavi istraživanjem alternativnih izvora energije. Tako je tek sedamdesetih godina 20. stoljeća utvrđeno da su, uz spomenuti promet i industriju, stambene zgrade i zgrade za javnu namjenu najveći potrošači energije. Zato su krajem 20. stoljeća, radi uštede i racionalne potrošnje toplinske energije u zgradama, istraži-

vanja bila usmjerena najprije na usavršavanje tehničkih sustava za grijanje i povećanje njihove učinkovitosti uporabom što kvalitetnijih goriva, što je dovelo do sve veće uporabe zemnog plina i električne energije [14]. Usporedno s nastojanjem da se usavrše sustavi za grijanje i iskoriste goriva s povećanim toplinskim učinkom, u zgradarstvu su provedena istraživanja radi maksimalnog poboljšanja toplinske izolacije stambenih zgrada i njihovih dijelova. U tu svrhu počeli su se primjenjivati različiti toplinskoizolacijski građevni proizvodi, samonosivi sendvič - izolacijski paneli s obostranim metalnim slojem, povezani sustavi za vanjsku toplinsku izolaciju (ETICS – *external thermal insulation composite systems*) na osnovi ekspaniranog polistirena i na osnovi mineralne vune, šuplja blok opeka te blokovi od plinobetona i pjenobetona. Posebni naponi uloženi su u usavršavanje tehničkih svojstava prozora i balkonskih vrata koji su utvrđeni kao bitan činitelj gubitaka topline. Istraživanja su u tom pogledu rezultirala patentima za velik broj toplinsko-izolacijskih profila za izradu okvira i krila prozora. Pritom posebnu važnost imaju višeslojna ostakljenja s posebnim toplinskoreflektirajućim staklima i međuprostorima ispunjenim inertnim plinovima (argon i kripton). Konačno, nakon opisanih nastojanja da se, u svrhu maksimalne uštede toplinske energije uz uvjet zdravog i udobnog boravka ljudi u zgradama, poveća toplinska izolacija zgrada uporabom toplinskoizolacijskih građevnih proizvoda i elemenata zgrade te smanjenjem gubitaka topline iz zgrade kao cjeline, došlo je do razvoja ideje tzv. energijske i ekološke arhitekture. Pritom se čitavu zgradu tretira kao sustav za prihvaćanje i akumuliranje sunčane topline (pasivna uporaba sunčane energije i aktivna uporaba sunčane energije) čime se još više štedi na potrošnji konvencionalnih neobnovljivih izvora energije [14].

U tu je svrhu u novije vrijeme kod nas inovirana tehnička regulativa tako što su doneseni Tehnički propisi s pratećim hrvatskim normama (HRN), koji su opisani u poglavlju 6., nakon čega je projektiranje toplinske zaštite zgrada postalo znatno složenije.

Prikaz stambenih zgrada prema količini godišnje potrebne topline za grijanje dan je u tablici 1.

Zgrade s malim utroškom energije su temelj održive gradnje koja uključuje: uporabu prikladnih građevnih materijala koji nisu štetni za okoliš, uštedu toplinske energije, zdrav i udoban boravak ljudi u zgradama te ispravno gospodarenje otpadom pri rekonstrukciji i/ili rušenju. S obzirom na ograničenje potrošnje toplinske energije u stambenim zgradama, postoje tri vrste štedljivih zgrada: zgrade s malim utroškom energije, pasivne kuće/zgrade i kuće/zgrade koje ne troše energiju.

Tablica 1. Godišnja potrebna toplina za grijanje stambenih zgrada [15]

Stambene zgrade	Nazivni normativ godišnje potrebne topline za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade $Q_h$ [kW·h/(m <sup>2</sup> ·a)]
Postojeće stanje	
Stare zgrade	~ 250
Novije zgrade (norma iz 1987.)	~ 150
Energijski štedljive zgrade (Tehnički propis iz 2005.)	≤ 90
Planirano stanje (štedljive zgrade)	
Zgrade s malim utroškom energije	≤ 40
Pasivne kuće/zgrade	≤ 15
Zgrade/kuće koje ne troše energiju	= 0

Zgrade s malim utroškom energijesu one u kojima je godišnja potrebna toplina za grijanje ograničena do 40 [kW·h/(m<sup>2</sup>·a)]. Gradnja takvih zgrada zasniva se na dva glavna načela: prvo, na povećanju toplinske izolacije obodnih zidova, prozora i balkonskih vrata radi smanjenja transmisijskih i ventilacijskih gubitaka topline i drugo, na povećanju uporabe obnovljivih izvora toplinske energije potrebne za grijanje u zgradama.

Pasivne kuće/zgrade su kuće u kojima je godišnja potrebna toplina za grijanje ograničena najviše do 15 [kW·h/(m<sup>2</sup>·a)]. Gradnja takvih kuća zasniva se na tri glavna načela radi smanjenja gubitaka topline. To su, prvo, pasivna uporaba sunčane energije: orijentacija zgrade prema suncu (južna strana), što veća toplinska izolacija obodnih zidova, prozora i balkonskih vrata (trostruko ostakljenje) i smanjena zrakopropusnost; drugo, zatvaranje svih otvora u obodnim zidovima zgrade s obvezatnim sustavom za stalnu cirkulaciju toplog i čistog zraka; treće, uporaba obnovljivih izvora energije za grijanje i zagrijavanje potrošne vode (sunčani kolektori i dizalice topline), uz uporabu konvencionalnih uređaja za dodatno grijanje i zagrijavanje potrošne vode zimi prema potrebi. Kod nas je do sada izgrađena prva i jedina pasivna kuća u Bestovju kod Zagreba, u Austriji je izgrađeno približno 1000, a u Njemačkoj čak više od 150 000 pasivnih kuća [16].

Kuće/zgrade koje ne troše energiju su kuće u kojima je vlastita opskrba toplinskom energijom dostatna za grijanje, tako da nije potrebna opskrba tom energijom izvana nego isključivo uporabom vlastitih sustava tj. pasivnom i aktivnom uporabom sunčane energije i dizalica topline nakon što takvi sustavi budu tehnički ostvarivi i ekonomski isplativi!

## 5 Mjere uštede toplinske energije u zgradama

Zakonom o prostornom uređenju i gradnji propisana su, osim bitnih zahtjeva za građevinu, također i energijska svojstva zgrada tako da svaka zgrada, ovisno o vrsti i namjeni, mora biti projektirana, izgrađena i održavana tako da tijekom uporabe ima propisana energijska svojstva. Osim toga prije izdavanja uporabne dozvole, odnosno prije promjene vlasništva ili iznajmljivanja zgrade ili njezina dijela, mora se pribaviti certifikat o energijskim svojstvima zgrade koji izdaje ovlaštena osoba (energijska certifikacija zgrada).

Mjere uštede toplinske energije za potrebe grijanja i zagrijavanja potrošne vode u zgradama mogu se, s obzirom na način građenja i opremanja zgrada, razvrstati u tri glavne vrste mjera: urbanističke mjere, arhitektonsko–građevinske mjere i toplinsko–tehničke mjere [4], [5]. Glavni cilj urbanističkih i arhitektonsko–građevinskih mjera jest taj, da se neposrednim pasivnim mjerama, bez uporabe toplinskih postrojenja i uređaja, održi što udobnija klima u prostorijama zgrade.

### 5.1 Urbanističke mjere

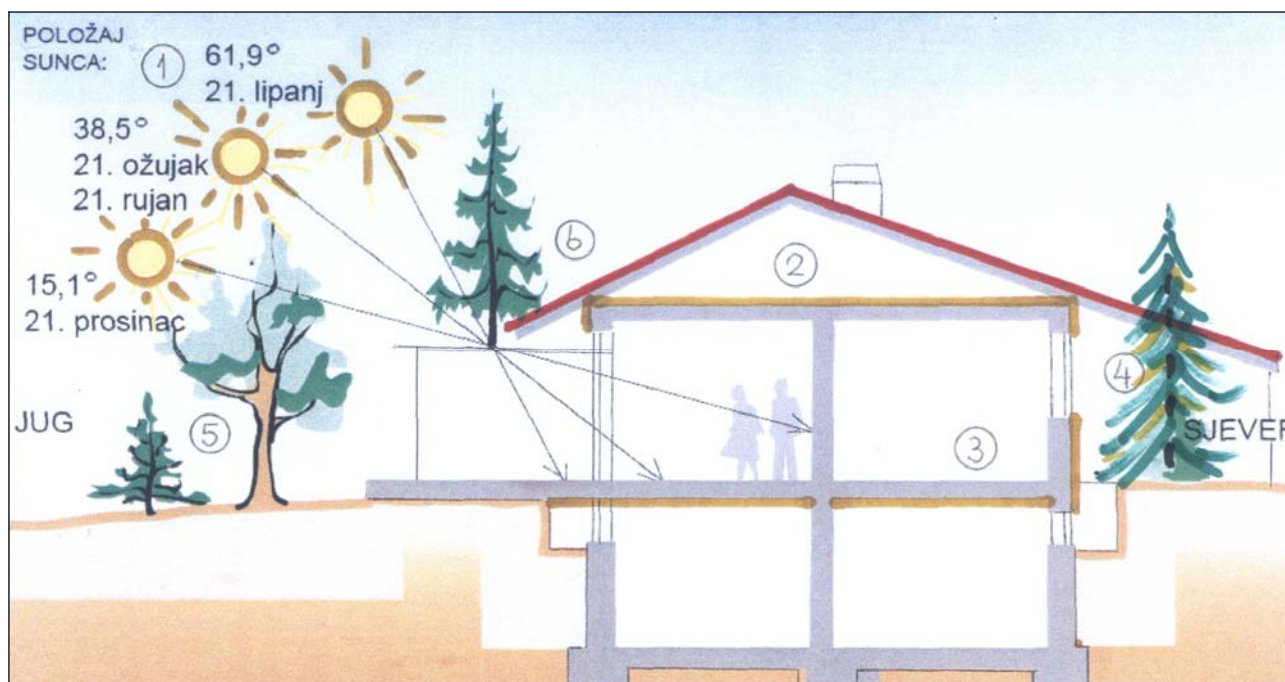
Urbanističke mjere funkcioniraju na principu neposredne pasivne uporabe sunčane energije, i to na dva glavna načela. Prvo je načelo pasivna uporaba sunčane energije radi povećanja dobitaka topline u zgradama, a drugo je načelo sprječavanje prekomjernoga sunčanoga zračenja u zgradi. To se pri gradnji postiže sljedećim mjerama [4], [5]:

- ispravnim odabirom lokacije zgrade s obzirom na izloženost suncu i zaštićenost od prejakih vjetrova
- ispravnom orijentacijom funkcionalnog pročelja zgrade prema suncu–južna strana (bitno za pasivnu uporabu sunčane energije te za aktivnu uporabu sunčane energije za grijanje i zagrijavanje potrošne vode u zgradi)
- ispravnim izborom lokacije zgrade u odnosu na reljef zemljišta
- funkcionalnim okolnim krajolikom
- ispravnim (kompaktnim) oblikom i veličinom kuće/zgrade (slika 1.).

Napominjemo da se opisane urbanističke mjere mogu poduzimati u najvećoj mjeri pri gradnji obiteljskih kuća i urbanih vila, manje pri izgradnji stambenih naselja, a najmanje pri interpolaciji između postojećih zgrada.

### 5.2 Arhitektonsko – građevinske mjere

Cilj je arhitektonsko–građevinskih mjera dvostruk: prvo, sprječavanje prekomjernog prolaska topline kroz obodne i pregradne konstrukcije zgrade (smanjivanje prijenosnih i ventilacijskih gubitaka topline) zimi iz grijanja



**Legenda:** 1 – položaj sunca ljeti, u proljeće–jesen i zimi kod nerazvedenih i južno orijentiranih kuća; 2 – odlična toplinska izolacija vanjskog omotača bez toplinskih mostova; 3 – akumulacija topline u masivnim obodnim zidovima, stropu i podu; 4 – zimzeleno drveće na sjevernoj strani za zaštitu od vjetrova; 5 – listopadno drveće na južnoj, istočnoj i zapadnoj strani za zaštitu obodnih zidova od sunčanog zračenja ljeti i propuštanja sunčanih zraka zimi; 6 – nadstrešnica na južnoj strani za zaštitu zida od neposrednog sunčanog zračenja ljeti

**Slika 1.** Shematski prikaz urbanističkih i arhitektonsko-građevinskih mjera za uštedu toplinske energije u kućama s malim utroškom energije pasivnom uporabom sunčane energije

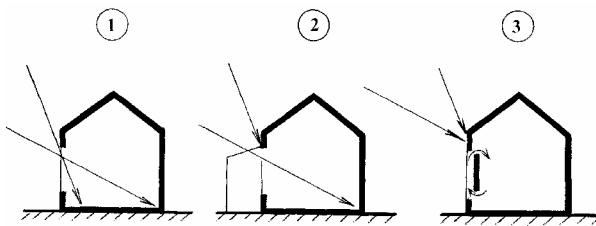
prostora zgrade u vanjski hladan prostor i omogućivanje akumuliranja topline u zgradi, čime će se uštedjeti toplinska energija potrebna za grijanje–zimski toplinska zaštita zgrade; drugo, da se spriječi pregrijavanje prostorija zgrade ljeti zbog prevelikoga dnevnog sunčevog zračenja, čime će se uštedjeti energija potrebna za hlađenje–ljetna toplinska zaštita zgrade.

Arhitektonsko – građevinske mjere jesu:

- kompaktan oblik zgrade (što je oblik zgrade kompaktniji, to su faktor oblika,  $f_o$ , a time i prijenosni gubici topline manji)
- što veća toplinska izolacija vanjskog omotača zgrade – zimska toplinska zaštita (slika 1.)
- najmanje trostruko ostakljenje prozora prilagodljivih pasivnoj uporabi sunčane energije
- sprječavanje pregrijavanja prostorija zgrade zbog utjecaja sunčanog zračenja ljeti – ljetna toplinska zaštita
- veće južne ostakljene površine za pasivnu uporabu sunčane energije
- stalno regulirana ventilacija zgrade (zaštita od sunčanog zračenja ljeti)
- zaštita toplinsko–izolacijskih materijala od navlaživanja

- smanjenje nepovoljnih utjecaja toplinskih mostova
- mogućnost dodatne toplinske zaštite noću
- smanjenje toplinskih gubitaka u toplinskom sustavu za grijanje
- povoljan raspored glavnih i pomoćnih prostorija
- što manja zrakopropusnost obodnih (vanjskih) zidova, prozora, balkonskih vrata i drugo.

Pasivna uporaba sunčane energije za grijanje zgrada znači neposrednu uporabu obnovljive sunčane energije uz primjenu urbanističkih i arhitektonsko–građevinskih mjera bez posebnih instalacija. Osnovni su pasivni sunčani sustavi u primjeni: neposredan zahvat izlaganjem suncu, staklenik, termoakumulacijski zid (Trombe–Michel), krovni sunčani kolektor, konvekcijski sustav, sunčani dimnjak, dvostruki omotač (Barra–Costatini), termo–akumulacijski zid sa spremnikom te kombinirani sustav: zračni skupljač, spremnik i staklenik. Shematski prikaz triju vrsta pasivnih sunčevih sustava koji su se počeli rabiti prikazan je na slici 2. Pasivna uporaba sunčeve energije moguća je u nas zato jer se područje Republike Hrvatske svojim najvećim dijelom nalazi u klimatski povoljnom zemaljskom području koje omogućava vrlo dobru uporabu obnovljive sunčeve energije [7].



Legenda: 1 – neposredan zahvat sunčane energije;  
2 – sustav staklenik;  
3 – termoakumulacijski zid (Trombe-Michel);

Slika 2. Shematski prikaz tri vrste pasivnih sunčanih sustava koji su se počeli rabiti

### 5.3 Toplinsko – tehničke mjere

Cilj je toplinsko–tehničkih mjera također dvostruk: prvo, da toplinski uređaji svojim funkcioniranjem osiguraju higijensku klimu i time zdrav i udoban boravak u grijanim prostorijama zgrada; drugo, da uređaji za grijanje u zgradama troše što manje toplinske energije i mehaničke energije potrebne za prisilnu (mehaničku) ventilaciju u zgradama. To su sljedeće mjere:

- savjesno ponašanje korisnika u zgradama, primjerice pri uporabi tople vode za osobnu higijenu (uporaba tuševa, za razliku od kada s hidromasažom, iziskuje 3 –5 puta manje vode i električne energije)
- uporaba sustava za grijanje i regulaciju s velikim stupnjem korisnog učinka
- povrat topline iz otpadne tople vode
- sustav ventilacije s predgrijavanjem ulaznoga svježeg zraka povratom topline iz odvođenog toplog zraka tako da mora osigurati propisani broj izmjena unutarnjeg zraka vanjskim zrakom
- što veća uporaba obnovljivih izvora energije: sunčani kolektor (aktivna uporaba sunčane energije) i dizalica topline.

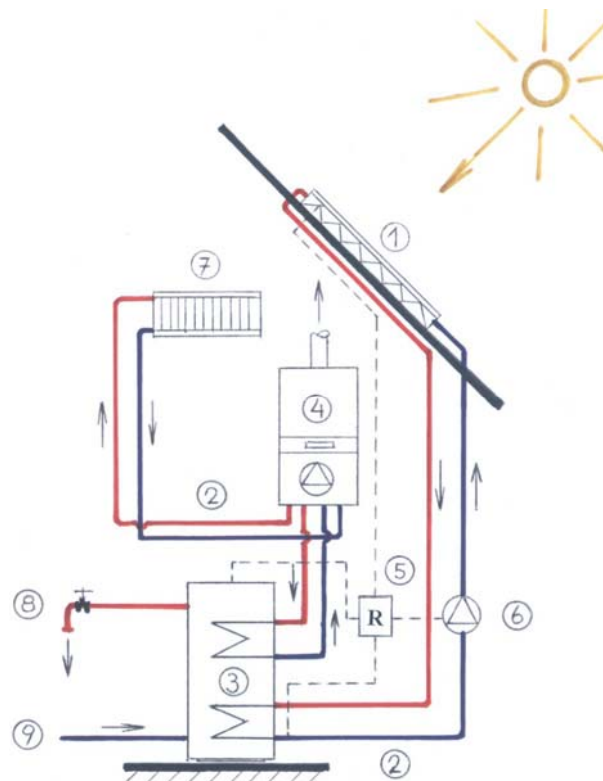
Sunčani je kolektor uređaj koji, ovisno o namjeni, služi za sabiranje toplinske sunčane energije–toplinski kolektor velikog učinka, kao i za pretvorbu svjetlosne sunčane energije u električnu energiju izravno s pomoću fotoelektričnih članaka – električni kolektor malog učinka [11].

Aktivna uporaba sunčane energije za grijanje u zgradama znači posrednu uporabu obnovljive sunčane energije, uz primjenu suvremenih instalacijskih sustava kao što su: sunčani kolektori, dizalice topline te kombinacija sunčanih kolektora i zidnih plinskih kombi–bojlera u klimatski povoljnom zemaljskom području (slika 3.).

Dizalica topline (toplinska crpka) toplinski je uređaj koji služi za provođenje topline s niže temperaturne razine na višu za potrebe niskotemperaturnih sustava grijanja poradi uštede toplinske energije u zgradama. Ona radi

na principu kao hladnjak kod kojeg nižu temperaturnu razinu čini prostor u hladnjaku, a višu razinu prostorija koja preuzima ulogu stražnje površine gdje se predaje toplina s niže razine i od rada elektromotora. Kompresorska dizalica topline radi tako da rashladno sredstvo protječe kroz izvor topline (zemlja, voda ili zrak), preuzima toplinu i u isparivaču isparava. Kompresor koji pokreće elektromotor podiže nastali plin na višu temperaturu koju predaje dalje za grijanje prostorije ili potrošne vode. Za istu uloženu električnu energiju toplinski učinak dizalice topline bit će to veći što je manja razlika temperaturnih razina. Opravdanost dizalice topline osniva se na činjenici da se s pomoću nje postiže uvijek više energije nego što je uloženo u obliku mehaničkoga rada. Za prijenos topline i u ovom sustavu grijanja rabi se voda. Dizalice topline rabe se u SAD-u približno 50 godina, a u Europi 30 godina, računajući od 2005. godine.

Napominjemo da se energijski savjesno ponašanje stanara može očekivati uglavnom u obiteljskim kućama i eventualno u urbanim vilama s malim brojem stanova, a znatno manje u višestambenim zgradama.



Legenda: 1 - sunčani kolektor (prijamnik sunčane energije);  
2 - razvodne cijevi; 3 - spremnik tople vode s izmjenjivačima topline; 4 - zidni plinski kombi-bojler;  
5 - regulator topline; 6 - optočna crpka; 7 - grijače tijelo (radijator); 8 - potrošna topla voda; 9 - dovod hladne vode

Slika 3. Shematski prikaz sunčanog sustava za zagrijavanje potrošne vode i dopunu sustavu grijanja koji se počeo se više rabiti

#### 5.4 Postupak provedbe mjera uštede toplinske energije pri projektiranju zgrada

Razumljivo je da opisane urbanističke i arhitektonsko-gradevinske mjere bitno i neposredno utječu na projektiranje štedljivih zgrada, a naročito na njihovo oblikovanje. Dokaz tome je i zahtjev propisan Tehničkim propisom o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama što se tiče sadržaja projekta zgrade u odnosu prema uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti. Tim je zahtjevom određeno da glavni projekt zgrade koji se odnosi na uštedu toplinske energije i toplinsku zaštitu mora sadržavati: tehnički opis, proračun fizikalnih svojstava zgrade glede uštede toplinske energije i toplinske zaštite, program kontrole i osiguranja kvalitete, nacрте te iskaz potrebne topline za grijanje zgrade.

Zato se o konceptu toplinske zaštite i uštede toplinske energije u zgradama mora početi voditi računa odmah na početku projektiranja, tj. već u idejnom projektu, da bi se odabrao najbolji mogući sustav za svaku zadanu zgradu posebno koji ne će biti smetnja arhitektonskoj koncepciji zgrade. Prema tome, složenost glavnog projekta zgrade koji se odnosi na uštedu toplinske energije i toplinsku zaštitu kao i podjela odgovornosti s projektantima građevinskih instalacija što se tiče odabira tehničkih rješenja, dovest će do toga da će se toplinskom zaštitom zgrada ubuduće sve više baviti specijalisti–građevni fizičari koji će, za razliku od dosadašnjih građevnih fizičara, imati znatno veću i složeniju zadaću.

Pritom će uloga arhitekta kao glavnog projektanta (voditelja projekta) zgrade od sada biti posebno ključna jer će on po svojoj osnovnoj zadaći biti zadužen za usklađivanje i koordinaciju svih projekatana i ispunjavanje svih bitnih zahtjeva za zgradu tijekom projektiranja, tj. od koncipiranja pa do završetka izrade projekata. Naime, arhitekt će kao voditelj projekta po svojoj osnovnoj zadaći biti zadužen za usklađivanje i ispunjavanje svih bitnih zahtjeva: estetskih, funkcijskih, konstrukcijskih, ekonomskih pa čak i energijskih, da bi se na kraju postiglo racionalno rješenje svake zgrade koje će zadovoljiti osnovni cilj gradnje zgrada.

Osnovni cilj gradnje zgrada, u smislu Zakona o prostornom uređenju i gradnji, znači promicanje dobrog projektiranja i građenja zgrada, čime se ostvaruju sigurnosna, zdravstveno–ekološka i energijska svojstva zgrada te izjednačavaju prava osoba smanjene pokretljivosti, uz primjenu europskih načela, odnosno gradnja zgrada na način kojim se osigurava ispunjavanje bitnih zahtjeva za građevinu, ali i uredaba održive gradnje i održivog razvoja iako za njih za sada još ne postoje posebni propisi.

#### 6 Tehnička regulativa za uštedu toplinske energije i toplinsku zaštitu u zgradama

Ušteda toplinske energije i toplinska zaštita u zgradama uređena je u nas inoviranom tehničkom regulativom:

- Zakonom o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07)
- Tehničkim propisom o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05, 155/05 i 74/06)
- Tehničkim propisom za prozore i vrata (NN, broj: 69/06)
- Tehničkim propisom o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada (NN 3/07)
- Tehničkim propisom za dimnjake u građevinama (NN 3/07)
- hrvatskim normama (HRN) za proračun toplinske zaštite
- hrvatskim normama za ispitivanje tehničkih svojstava toplinsko–izolacijskih građevnih proizvoda
- hrvatskim normama za tehničke zahtjeve.

Zakonom o prostornom uređenju i gradnji, članak 14., propisan je bitan zahtjev za građevinu koji se odnosi na uštedu toplinske energije i toplinsku zaštitu, a koji glasi: "Građevina i njezini uređaji za grijanje, hlađenje i provjetranje (tj. ventilaciju) moraju biti projektirani i izgrađeni tako da u odnosu na mjesne klimatske prilike potrošnja energije pri njihovu iskorištavanju bude jednaka propisanoj razini ili niža od nje, a da za ljude koji borave u građevini budu osigurani zadovoljavajući toplinski uvjeti".

Tehničkim propisom o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (u daljnjem tekstu ovoga poglavlja Propis) propisani su tehnički zahtjevi glede uštede toplinske energije i toplinske zaštite koje treba ispuniti pri projektiranju novih i projektiranju rekonstrukcije i adaptacije postojećih zgrada koje se griju na unutarnju temperaturu višu od 12 °C, sadržaj projekta zgrade u odnosu na uštedu toplinske energije i toplinskoj zaštiti, iskaznica potrebne topline za grijanje zgrade te održavanje zgrade u odnosu na uštedu toplinske energije i toplinsku zaštitu. Ciljevi su ovoga Propisa:

- a) ušteda energije (smanjivanje potrošnje neobnovljivih izvora energije za zimsko grijanje i ljetno hlađenje zgrade) i zaštita okoliša (smanjivanje emisije CO<sub>2</sub>)
- b) toplinska zaštita (smanjivanje gubitaka topline iz zgrade do kojih može doći zbog nedovoljne toplinske izolacije te osiguranje primjerene toplinske udobnosti u prostoru zgrade tijekom cijele godine)



- c) sprječavanje pojave građevinskih šteta (sprječavanje pojave površinske kondenzacije, kondenzacije u građevnim elementima, toplinskog rada iznad dopuštenih granica, smanjenja trajnosti građevnih materijala i dr.).

Ističemo da je ovaj Propis vrlo složen, jer zahtijeva provođenje dokaznog proračuna predviđenoga projektnog rješenja što se tiče toplinske zaštite novih zgrada u skladu s tehničkim zahtjevima ne samo ovoga Propisa, nego i u skladu s 46 preuzetih europskih norma (EN), a što se praktički može provesti jedino uz uporabu računala (PC) s pomoću najnovijih programa.

Tehničkim propisom za prozore i vrata te Tehničkim propisom o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada propisana su tehnička svojstva za prozore, vrata i sustave ventilacije tako da pri projektiranju, izvođenju, uporabi i održavanju budu ispunjeni bitni zahtjevi za zgradu osobito s obzirom na uštedu toplinske energije i toplinsku zaštitu u zgradi.

Tehničkim propisom za dimnjake u građevinama propisano je da tehnička svojstva dimnjaka moraju biti takva da tijekom uporabe osiguraju da potrošnja toplinske energije bude jednaka propisanoj razini ili manjoj od nje.

Hrvatskim normama za proračun (ukupno 18 hrvatskih norma propisanih ovim Propisom) utvrđene su metode proračuna toplinskih otpora, koeficijenata prolaska topline građevnih dijelova i građevnih dijelova zgrada, temperature unutarnje površine kojom se izbjegava kritična vlažnost površine i unutarnja kondenzacija, koeficijenta prijenosnih toplinskih gubitaka te nazivnih i projektnih toplinskih vrijednosti.

Hrvatskim normama za ispitivanje (ukupno 4 hrvatske norme propisane ovim Propisom) utvrđene su metode ispitivanja fizikalnih, mehaničkih, kemijskih i tehnoloških svojstava te posebni zahtjevi koje toplinsko–izolacijski građevni proizvodi namijenjeni zgradama moraju ispuniti.

Hrvatskim normama za tehničke zahtjeve (ukupno 24 hrvatske norme propisane ovim Propisom) utvrđeni su posebni zahtjevi koje trebaju ispuniti toplinskoizolacijski građevni proizvodi za zgrade.

Prema tome, ako je zgrada projektirana u skladu s opisanim tehničkom regulativom, ako je izgrađena u skladu s tim projektom i ako rezultati ispitivanja zadovoljavaju tehničke zahtjeve propisane u predmetnoj tehničkoj regulativi, tada se smatra da takva nova zgrada ispunjava propisan bitni zahtjev za građevinu s obzirom na uštedu toplinske energije i toplinsku zaštitu.

## 7 Zaključak

Potrošnja energije u svim granama ljudskih djelovanja svakim je danom sve veća. Zato treba u svakom području, a osobito u zgradama kao najvećim potrošačima toplinske energije, poduzimati odgovarajuće mjere za uštedu neobnovljivih izvora energije. Uštedom i racionalnom potrošnjom energije treba, općenito, postići dva globalna cilja: prvo, očuvati prirodna bogatstva (resurse) i drugo, zaštititi okoliš.

Budući da je istraživanjima utvrđeno da su, uz promet i industriju, stambene zgrade i zgrade za javnu namjenu najveći potrošači energije, treba ponajprije na tome području poduzimati sve raspoložive mjere za uštedu toplinske energije u zgradama, uz uvjet zdravog i udobnog boravka ljudi u zgradama. U tu svrhu pri gradnji zgrada valja poduzimati sve raspoložive mjere za uštedu energije koje su razvrstane u tri vrste mjera: urbanističke mjere, arhitektonsko–građevinske mjere i toplinsko–tehničke mjere.

Pritom će uloga arhitekta kao glavnog projektanta zgrade biti od sada posebno ključna jer će on po svojoj osnovnoj zadaći biti zadužen za usklađivanje i koordinaciju svih projekatana, ali i bitnih zahtjeva pri projektiranju (estetskih, funkcijskih, konstrukcijskih, ekonomskih pa čak i energijskih), da bi se na kraju zadovoljio osnovni cilj gradnje zgrada.

## LITERATURA

- [1] Kiss, M. G.; Mahon, H. P.; Leimer, H. J.: *Energiesparen jetzt*, Arbeitsmethoden und Checklisten zum Kostensenken in bestehenden und neuen Gebäuden und Industrieanlagen, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin 1980
- [2] Cvitan, I.; Fijala, M.; Horžić, M. i Paškalin, V.: *Štednja i racionalna potrošnja energije*, Savez energetičara Hrvatske, Društvo energetičara sisačko-banijske regije, Sisak, 1982.
- [3] Labudović, B.: *Obnovljivi izvori energije*, Energetika marketing, Zagreb, 2002.
- [4] Marđetko – Škoro, N.; Fučić, L.; Bertol – Vrčec, J.: *Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama*, GRAĐEVINAR 57 (2005.) 7, 485–493
- [5] Wenzler, F.: *Naselje i racionalnije korištenje energije*, GRAĐEVINAR 36 (1984) 8, 315–324
- [6] Šimetin, V.: *Optimalna toplinska zaštita zgrada*, GRAĐEVINAR 40 (1988.), 9, 399 – 405
- [7] Miščević, Lj.: *Energetski učinkovito građenje stambenih zgrada*, GRAĐEVINAR 53 (2001) 1, 51–53

- 
- [8] Cziesielski, E.: *Bauphysik Kalender 2002*, Ernst & Sohn, 2002.
- [9] Cziesielski, E.: *Bauphysik Kalender 2003*, Ernst & Sohn, 2003.
- [10] Cziesielski, E., Gobelsman, M., Roder, J.: *Einführung in die Energieeinspar –verordnung 2002*, Erläuterung und kommentierte Beispiele, Ernst & Sohn, 2003.
- [11] Požar, H. : *Energija i energetika*, Tehnička enciklopedija, 5. svezak, str. 319.–334., Izdanje i naklada Leksikografskog zavoda “Miroslav Krleža”, Zagreb, 1976.
- [12] Dekanić, I., Kolundžić, S., Stipac, G.: *Energetska budućnost Hrvatske*, ENERGIJA 55 (2006.) 4, 382–415
- [13] Hrs – Borković, Ž.: *Energetska učinkovitost u zgradarstvu*, Vodič za sudionike u projektiranju, gradnji, rekonstrukciji i održavanju zgrada, izdavači: Energetski institut “Hrvoje Požar” i HEP Toplinarstvo d.o.o., Zagreb, 2007.
- [14] Mulavdić, E.: *Energetska kriza i njezin utjecaj na stanogradnju*, GRAĐEVINAR 58 (2006.) 2, 173–174
- [15] Bertol – Vrčec, J.: *Principi projektiranja zgrada u smislu uštede toplinske energije i toplinske zaštite*, Stručni seminar: Projektiranje zgrada prema tehničkom propisu o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, DGIZ, Zagreb, 24. travnja 2007.
- [16] Vučić, J.: *Pasivna kuća za aktivnu štednju*, HEP Vjesnik, 195 (2007.) 4, 40
-