

PROSTOR

23 [2015] 2 [50]

ZNANSTVENI ČASOPIS ZA ARHITEKTURU I URBANIZAM
A SCHOLARLY JOURNAL OF ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

SVEUČILIŠTE
U ZAGREBU,
ARHITEKTONSKI
FAKULTET
UNIVERSITY
OF ZAGREB,
FACULTY
OF ARCHITECTURE

ISSN 1330-0652
CODEN PORREV
UDK | UDC 71/72
23 [2015] 2 [50]
195-470
7-12 [2015]



Af

POSEBNI OTISAK / SEPARAT OFFPRINT

ZNANSTVENI PRILOZI | SCIENTIFIC PAPERS

236-249 **ZORAN VERŠIĆ**
IVA MURAJ
MARIN BINIČKI

MODEL UGRAĐENE NAJAMNE ZGRADE
ZAGREBAČKOG DONJOGRAĐSKOG
BLOKA

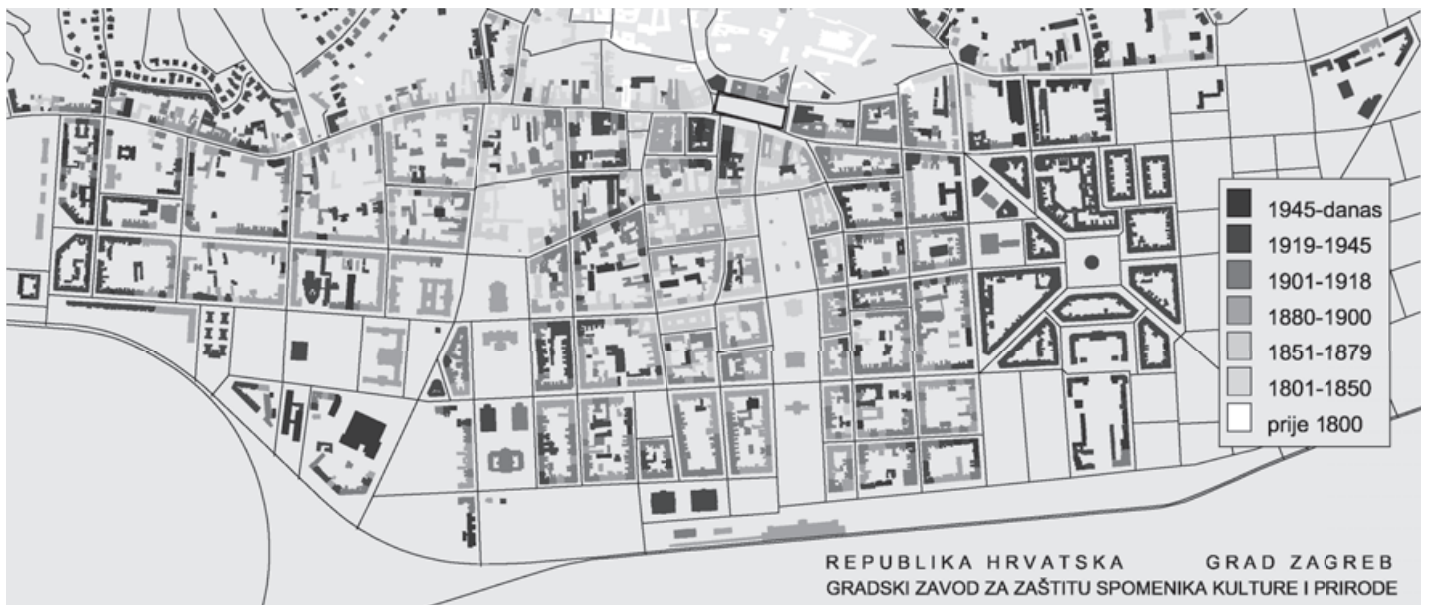
ANALIZA U SVRHU POBOLJŠANJA
ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK
UDK 728.2/691:69.05(497.5 ZAGREB)"18/20"

A MODEL OF ATTACHED APARTMENT
BUILDING IN ZAGREB'S LOWER TOWN
BLOCKS

ANALYSIS AIMED AT ENERGY EFFICIENCY
IMPROVEMENT

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER
UDC 728.2/691:69.05(497.5 ZAGREB)"18/20"



SL. 1. INVENTARIZACIJA GRAĐEVNOG FONDA NA PODRUČJU POVIJESNE URBANE CIJLINE GRADA ZAGREBA – RAZDOBLJA IZGRADNJE
 FIG. 1. HOUSING INVENTORY IN THE HISTORIC URBAN CORE OF ZAGREB – CONSTRUCTION PERIODS

ZORAN VERŠIĆ, IVA MURAJ, MARIN BINIČKI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ARHITEKTONSKI FAKULTET
HR – 10000 ZAGREB, KAČIČEVA 26

zoran.versic@arhitekt.hr
iva.muraj@arhitekt.hr
marin.binicki@arhitekt.hr

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

UDK 728.2/691:69.05(497.5 ZAGREB)"18/20"

TEHNIČKE ZNANOSTI / ARHITEKTURA I URBANIZAM

2.01.03. – ARHITEKTONSKE KONSTRUKCIJE, FIZIKA ZGRADE,
MATERIJALI I TEHNOLOGIJA GRAĐENJA

ČLANAK PRIMLJEN / PRIHVACEN: 20. 10. 2015. / 7. 12. 2015.

UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF ARCHITECTURE
HR – 10000 ZAGREB, KAČIČEVA 26

zoran.versic@arhitekt.hr
iva.muraj@arhitekt.hr
marin.binicki@arhitekt.hr

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

UDC 728.2/691:69.05(497.5 ZAGREB)"18/20"

TECHNICAL SCIENCES / ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

2.01.03. – ARCHITECTURAL STRUCTURES, BUILDING PHYSICS,
MATERIALS AND BUILDING TECHNOLOGY

ARTICLE RECEIVED / ACCEPTED: 20. 10. 2015. / 7. 12. 2015.

MODEL UGRAĐENE NAJAMNE ZGRADE ZAGREBAČKOG DONJOGRADSKOG BLOKA ANALIZA U SVRHU POBOLJŠANJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

A MODEL OF ATTACHED APARTMENT BUILDING IN ZAGREB'S LOWER TOWN BLOCKS ANALYSIS AIMED AT ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT

DONJOGRADSKI BLOK
ENERGETSKA UČINKOVITOST
OBNOVA
ZAGREB

LOWER TOWN BLOCK
ENERGY EFFICIENCY
RENOVATION
ZAGREB

Rad se bavi određivanjem modela referentne ugrađene najamne zgrade zagrebačkoga donjogradskog bloka građene u razdoblju između 1850. i 1927. godine te analizom njegovih energetske svojstava, proračunom toplinskih karakteristika osnovnih građevnih dijelova ovojnice zgrada i istraživanjem potencijala obnove s aspekta energetske učinkovitosti.

This paper is aimed at defining a referential model of an attached apartment building built between 1850 and 1927 in Zagreb's Lower Town blocks. The analysis focuses on its energy performance and thermal properties of the fundamental parts of its envelope. The paper also explores its potential in renovation projects regarding energy efficiency.

UVOD

INTRODUCTION

Obnova povijesnih gradskih središta trajni je proces koji mora uzvati mnogo čimbenika. Čuvanje i razvoj naslijeđenih struktura preduvjeti su za očuvanje povijesnih središta i njihovo buduće korištenje. Održanje vrijednosti arhitekture zagrebačkih donjogradskih blokova jest proces kroz koji se materijalni, povijesni i oblikovni integritet arhitektonskog naslijeđa proizvode pomoću niza pomno planiranih aktivnosti. Pristup energetski učinkovitoj obnovi zgrada bloka temelji se na načelima održive arhitekture – od urbanističkog i prostornog planiranja do projektiranja oblika i konstrukcije, primjene materijala, tehnike i izvora energije.

Članak je nastao kao rezultat istraživanja provedenog na Arhitektonskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u sklopu kratkoročnoga znanstvenoistraživačkog projekta Sveučilišta u Zagrebu „Određivanje modela referentnih višestambenih zgrada iz različitih razdoblja gradnje u Hrvatskoj u svrhu energetske analize”.¹ Na početku istraživanja detaljno su analizirana energetska svojstva višestambenih zgrada prema starosti i vrsti gradnje, a u ovisnosti o postojanju propisa o toplinskoj zaštiti. Višestambene zgrade mogu se svrstati u pet razdoblja gradnje: zgrade građene prije 1940., zgrade građene u razdoblju 1940.-1970., 1970.-1987., 1987.-2006. i novogradnje građene nakon 2006. godine.² Razdoblje gradnje zgrade daje približan uvid u način gradnje i primijenjene građevinske materijale

i proizvode koji utječu na energetska svojstva zgrade.

Uvid u zgrade zagrebačkih donjogradskih blokova koje su građene u razdoblju između 1850. i 1927. godine pokazuje njihovu veliku sličnost (geometrijske karakteristike, veličina zgrada i stambenih prostora, materijali gradnje i sastavi osnovnih građevinskih dijelova ovojnice zgrade, kao i elementi ugrađeni u otvore) pa su stoga odabrane za daljnje istraživanje. Promatrano razdoblje počinje intenzivnijim gradnjem u području Donjega grada, što je bio rezultat ujedinjenja naselja Kaptola i Gradeca 1850. godine te donošenja Reda gradnje 1855. godine koji propisuje ugradnju zgradu kao osnovnu jedinicu gradnje i traje sve do početka Drugoga svjetskog rata. Završetak promatranoga razdoblja određen je početkom pojave i drugih konstruktivnih sustava (skeletni nosivi sustav) i korištenih materijala (monolitni stropovi izvedeni armiranim betonom).³

Logična sljedeća etapa istraživanja bila je zanimanje za sadašnje stanje zgrada donjogradskog bloka i moguće načine njihove obnove. Tijekom životnoga vijeka i uporabe, u kontekstu stalno prisutnih društvenih, kulturnih i gospodarskih promjena, zgrade su izložene propadanju. Uobičajeno razdoblje u životu jedne zgrade u kojem ona može funkcionirati bez temeljite obnove jest 30-40 godina. Nakon devet i više desetljeća kontinuiranog korištenja povremena temeljita obnova je nužna kako bi se sanirala i djelomično zamijenila postojeća građevna struktura zgrade i njeni dijelovi te kako bi se zgrada prilagodila suvremenim zahtjevima i potrebama. Tehničkim i funkcionalnim zastarijevanjem zgrada i dalje ispunjava svoju ulogu, ali ispod trenutačno važećih zahtjeva.

Osnovni cilj istraživanja bilo je utvrđivanje mogućih načina usklađivanja principa zaštite kulturnih dobara prilikom obnove postojećih zgrada i zahtjeva zakona, s posebnim naglaskom na postizanju zadovoljavajuće ili prihvatljive toplinske bilance. Današnje zahtjeve zakona i propisa, pretpostavljene i određene za nove građevine, gotovo je nemoguće potpuno zadovoljiti kod većine starih (povijesnih) zgrada, pa tako i zgrada zagrebačkoga donjogradskog bloka. Propisani protokoli i deklaracije, preuzete kao međunarodne obveze iz područja zaštite okoliša o smanjenju emisije stakleničkih plinova, utječu na poboljšanje energetske učinkovitosti u zgradarstvu. Jedan od ciljeva ukupne uštede energije

¹ Di. 1

² MURAJ, VERŠIĆ, ŠTULHOFER, 2014.; VERŠIĆ, ŠTULHOFER, MURAJ, 2014.

³ KAHLE, 2004.

⁴ Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje ($Q_{H,ind}$) za energetski učinkovito projektirane zgrade

i zaštite okoliša jest stvoriti preduvjete za optimalnu sanaciju i obnovu postojećih zgrada. Zgrade su namijenjene ponajprije boravku ljudi. Želimo li postići ugodan život i boravak u postojećim zgradama, treba ih obnoviti i sanirati, ne samo radi njihove upotrebe nego i radi očuvanja njihovih sačuvanih povijesnih vrijednosti.

Prilikom obnove zgrada donjogradskog bloka uključeni su isti principi koji se primjenjuju i na povijesne zgrade u estetskom, filozofskom i povijesnom istraživanju. Strategija ovisi o zgradi koja se čuva, stupnju zaštite i stupnju intervencije. U ekonomskoj realnosti suvremenoga svijeta ne mogu se zaobici ni aspekti komercijalne procjene i upravljanja (gospodarenja) nekretninama. U projektima koji obrađuju problematiku arhitektonskog naslijeđa jedno je od glavnih načela uspostavljanje uravnoteženog odnosa između osnovnih izvornih povijesnih oblika i suvremenih pojava. Pod suvremenim pojavama danas se smatra racionalno i ekonomično korištenje prostora, te njegovo očuvanje i zaštita.

OBNOVA U SVRHU POBOLJŠANJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

RENOVATION AIMED AT ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT

Energetska učinkovitost u zgradarstvu znači upotrebu manje količine energije za grijanje i hlađenje prostora, ventilaciju, rasvjetu i pripremu tople vode, uz nesmanjenu razinu udobnosti odnosno osjećaja ugodne u prostoru. Suvremena arhitektura primjenjuje nove energetske učinkovite koncepte projektiranja i gradnje, dijelom nove materijale i tehnologije. Nove, energetske učinkovite projektirane zgrade⁴ imaju male gubitke topline kroz oplošje, a velike dobitke od sunca, pa zbog toga trebaju manje topline za grijanje zgrade. Gospodarenje energijom i očuvanje topline jedni su od temeljnih zahtjeva za građevinu koje treba osigurati pri projektiranju i gradnji zgrada – novih, ali i pri rekonstrukciji i adaptaciji postojećih zgrada.

Znanstvena dostignuća kojima se dolazi do novih materijala i tehnologija utječu na oblikovanje zgrada, a znanstvene spoznaje utječu na poboljšanje metoda projektiranja i proračuna zgrada. Jedna od osnovnih strateških energetske pretpostavke današnjice jest da se potrošnja energije i energenata treba smanjiti i zaustaviti, te da obnovljivi izvori energije

(sunčeva energija, energija vjeta i biomasa) postupno postanu energija budućnosti. Velik dio potrošnje energije odnosi se na područje potrošnje u zgradama. U ukupnoj potrošnji energije u Republici Hrvatskoj 42,4% troši se u zgradama.⁵ Pod poboljšanjem energetske učinkovitosti u zgradarstvu podrazumijeva se smanjenje potrošnje energije uz iste referentne uvjete i jednak učinak.

Za uređenje zakonodavnog okvira na području energetske učinkovitosti zgrada u Europskoj je uniji donesen čitav niz dokumenata i direktiva. Propisani protokoli i deklaracije – kao preuzete obveze o smanjenju emisije stakleničkih plinova – utječu na poboljšanje energetske učinkovitosti u arhitekturi.

Prema europskoj direktivi zemlje članice Europske unije obvezne su provoditi planove za smanjenje emisije stakleničkih plinova, poboljšanje energetske učinkovitosti i povećanje udjela obnovljivih izvora energije u vrijednosti od 20% do 2020. godine.⁶ Cilj je sveobuhvatne uštede energije i zaštite okoliša stvoriti preduvjete za sustavnu sanaciju i rekonstrukciju postojećih zgrada. Iz toga su razloga sve zemlje članice dužne napraviti analizu energetske svojstava i potreba postojećega fonda zgrada različitih namjena te izraditi troškovno optimalne mjere poboljšanja energetske učinkovitosti.

Vlada Republike Hrvatske u suradnji s Ministarstvom graditeljstva i prostornog uređenja donijela je programe energetske obnove zgrada različitih namjena, pa tako i Program energetske obnove višestambenih zgrada za razdoblje od 2014. do 2020. godine.⁷ Prijedlogom se planira obnova stambenih zgrada, koje čine oko 70% ukupnoga građevinskog fonda RH, u svrhu poboljšanja energetske karakteristika. Višestambene zgrade čine 2/3 svih stambenih zgrada u kontinentalnom dijelu zemlje, što jasno govori o potencijalu obnove i velikim energetske uštedama.

Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost provodi programe energetske obnove i sufinancira mjere energetske učinkovitosti u zgradarstvu.⁸ Kriteriji za dodjelu sredstava za poboljšanje energetske učinkovitosti ne rade razliku između zahtjeva koje je potrebno ispuniti kod zgrada iz različitih razdoblja izgradnje i njihova povijesnog značenja. Pritom je jedini i najvažniji kriterij ispunjenje tehničkih uvjeta koji propisuju najveće dopuštene vrijednosti koeficijentata prolaska topline (*U*-vrijednosti) građevnih dijelova zgrade i postignute uštede godišnje potrebne toplinske energije za grijanje ($Q_{H,nd}$). Ispunjenje navedenih tehničkih uvjeta, a osobito onih koji propisuju najveće dopuštene *U*-vrijednosti, dovodi do predviđanja izvedbe dodatnih toplinsko-izolacijskih slojeva na građevnim dijelovima ovojnice zgrade, a to u većini sluca-

de iznosi: $\leq 40(50)$ kWh/m² za niskoenergetske, $\leq 10(15)$ kWh/m² za pasivne i 0 kWh/m² za nulenergetske zgrade.

5 *** 2013.a

6 Plan „20/20/20 do 2020. godine“

7 *** 2013.b; lz. 1

8 lz. 2

jeva, posebice na glavnom, uličnom pročelju zgrade, može utjecati na izvorni izgled same zgrade, njeno značenje i izgled kao dio cjeline, bloka u kojem se nalazi.

Ovim radom želimo skrenuti pozornost na primjenu određenih arhitektonsko-građevinskih mjera poboljšanja energetske ovojnice i ukazati na nužnost uvažavanja specifičnosti povijesnih zgrada. Ako se radi o energetskoj obnovi zgrada u povijesnoj jezgri, tada treba biti oprezan i selektivan u primjeni mjera radi očuvanja njihovih sačuvanih povijesnih vrijednosti koje svjedoče o identitetu područja kojem pripadaju.

Vrijednost zgrade može se održati samo ako zgrada odgovara današnjim tehničkim standardima. Standardi energetske učinkovitosti značajno su se promijenili od dana izgradnje zgrada obuhvaćenih ovim istraživanjem. Kod obnove povijesnih zgrada redovito se susrećemo s problematikom usklađivanja postojećih zgrada s današnjim propisima iz područja graditeljstva. Sve intervencije na postojećim zgradama, manjeg ili većeg zahvata, podliježu zakonskim zahtjevima. Svi zahvati na povijesnim zgradama trebaju se provoditi prema tehničkim pravilima uz poštivanje zakonskih odredbi. Rekonstrukcije i adaptacije postojećih zgrada i zgrada kulturne baštine provode se prema Zakonu o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara [NN 69/99, NN 151/03, NN 157/03] i drugim zakonskim zahtjevima kojima se treba očuvati izvornost zgrada graditeljskog naslijeđa, Zakonu o gradnji [NN 153/13] i svim pratećim tehničkim propisima. Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [NN 97/14, 130/14] definira zahtjeve u pogledu racionalne uporabe energije i toplinske zaštite koje treba ispuniti prilikom projektiranja rekonstrukcije postojećih zgrada što se griju na unutrašnju temperaturu višu od 12 °C.

OČUVANJE IDENTITETA DONJOGRADESKIH ZAGREBAČKIH BLOKOVA

PRESERVING THE IDENTITY OF ZAGREB'S LOWER TOWN BLOCKS

Svaka zemlja ima zgrade od lokalnog i nacionalnog interesa, koje su sasvim opravdano izvor nacionalnog identiteta. Zagreb je prepoznatljiv po svome najstarijem i povijesnom dijelu Gornjega i Donjega grada. Gornji grad čine Kaptol i Grič kao preteče crkveno-urbanog postanka grada, a Donji je grad urbano središte suvremenoga Zagreba. Zajedno čine stari Zagreb, središnju zonu i najuže gradsko središte s površinom od 301,64 hektara. Donji se grad proteže od Kvaternikova trga i Heinzelove ulice na istoku do Ulice Republike Austrije na zapadu, odnosno od Ilice, Trga bana Josipa Jelčića, Jurisiceve i Vlaške ulice

na sjeveru do željezničke pruge na jugu. Uz rezidencijalnu namjenu, prostor je važno mjesto okupljanja i velikog broja trgovina i javnih institucija. Kao i mnoga središta europskih gradova, Donji grad je dio integralnoga arhitektonskog i urbanističkog naslijeđa Zagreba pa je zaštićen kao dio kulturno-povijesne cjeline.⁹ Konzervatorska podloga sastavni je dio dokumentacije Generalnoga urbanističkog plana Grada Zagreba.¹⁰ Zgrade su nepokretna kulturna dobra koja se dograđuju, nadograđuju i rekonstruiraju u skladu s urbanim pravilima. Za sve zahvate treba ishoditi posebne uvjete i prethodno odobrenje Gradskoga zavoda za zaštitu spomenika kulture i prirode. Na područje Povijesne urbane cjeline Grada Zagreba odnose se odredbe Zakona o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara. Za sve lokacije u Povijesnoj urbanoj cjelini Grada Zagreba određeni su sustavi zaštite. Zakonske odredbe sustava zaštite određuju okvir mogućih zahvata, ovisno o stupnju vrijednosti određene zgrade, i definiraju posebne uvjete građenja.

Donjogradski su blokovi formirani kroz sustav planova i regulacija koje se donose od 60-ih godina 19. stoljeća do početka Drugoga svjetskog rata. Uvid u prvi katastarski plan iz 1862. godine pokazuje oko 40% urbaniziranih površina Donjega grada (stambene zgrade), dok se oko 60% površina koristilo za poljoprivrednu proizvodnju.¹¹ Grad se razvijao spontano, bez urbanističkih osnova, a dominantni smjer gradnje grada bio je određen prometnim pravcem kolnoga prometa u smjeru istok-zapad (Ilica, Vlaška).

Godine 1855. donesen je Red građenja i implementiran 1857., koji je najmanje jednokatnu ugrađenu zgradu (zgradu s barem dva kata iznad tla) normirao kao prevladavajući građevinski tip.¹² Od prolaska prvih željeznih pruga gradskim područjem 1862. i 1870. godine i uspostave sustava nasipa (koji je buduće područje osigurao od poplava) i Donji grad počinje doživljavati značajnije funkcionalne i morfološke preobrazbe. Udio urba-

⁹ Povijesna urbana cjelina Grad Zagreb (Z-1525) obuhvaća nekoliko područja određenih prirodnim, topografskim, kulturno-povijesnim i razvojnim osobitostima, stečenim tijekom stvaranja i razvitka grada. U prostorima središnje zone grada to su njegova najstarija urbana ishodišta: Gornji grad i Kaptol s povijesnim podgradima te devetnaestostoljetna urbanistička cjelina Donji grad. Područja koja okružuju ovu uz jezgru grada jesu predjeli koji dopunjuju gradski povijesno-prostorni okvir. Na istocnom dijelu obuhvaćeno je područje sjeverno od pruge istočno od Bauerove ulice, koje je urbanistički određeno tek u prvoj polovici 20. stoljeća kao nastavak donjogradske blokovske strukture slobodnijom shemom dijagonalnih ulica i blagim lukom Zvonimirove ulice, koja kao okosnica plana vodi do perivoja Maksimir. Zapadni dio cjeline obuhvaća dijelove grada uz Ilicu, kompleks vojarni, te blokovsku strukturu izgrađenu uz Zapadni kolodvor i Dezelicev prilaz, kojima je određen urbanistički razvoj i fizionomija zapadnoga dijela grada. Na jugu područje Povijesne urbane cjeline Grada Zagreba završava uz trasu

niziranih površina iznosi više od 60% (1862.-1893.).¹³ Novi plan ulica utemeljen je prvom (1865.) i drugom (1887.) regulacijskom osnovom, čime je stvorena današnja morfološka struktura Donjega grada s pravilnom uličnom shemom u smjeru sjever-jug i istok-zapad. Ubrzana urbanizacija počinje prema planu obnove starih i gradnje novih zgrada iz 1888. poslije razornoga potresa 1880. godine. Udio izgrađene površine narastao je na 77% (1893.-1914.). U udjelu neizgrađenih površina od 22% čak 12,9% cjeline grada čine hortikulturne površine (preostali udjeli poljoprivrednih površina odnose se na voćnjake i vrtove unutar blokova zgrada).

Do 1914. godine Donji je grad preuzeo funkciju poslovno-trgovačkog, obrazovnog i kulturnog središta grada. U potpunosti je dovršeno formiranje ortogonalnoga plana ulica, a u slici grada dominiraju dvokatnice i trokatnice koje zatvaraju blok nepravilnog (izduženog) ili pravilnog oblika. Brza ekspanzija ugrađenih najamnih kuća u Zagrebu nastavila se odmah nakon Prvoga svjetskog rata i praktično trajala sve do početka Drugoga svjetskog rata 1941. godine. (Sl. 1.)

Danas je gradska četvrt Donji grad gusto nastanjen dio grada s 37.017 stanovnika (4,7% od 789.966 stanovnika Grada Zagreba) i s 23.397 stanova (6,1% od 384.333 stanova Grada Zagreba), kojeg ukupna površina iznosi 1.675.172 m². Od toga broja za stalno stanovanje koristi se 16.425 stanova s ukupnom površinom od 1.185.065 m² (prosječno 72,2 m² po stanu). Većinu od ukupnog broja čine dvosobni i trosobni stanovi (63,5%).¹⁴

S obzirom na opremljenost instalacijama plina, koju posjeduje 15.300 stanova (93,2% od ukupnog broja stalno nastanjenih stanova), glavni energent koji se koristi za grijanje jest plin. Veći dio stanova u Donjem gradu za grijanje koristi plinske etažne uređaje.

Zgrade donjogradskog bloka posjeduju velik potencijal za doprinos rastućim zahtjevima kvalitetnoga urbanog života. Kod njihove ob-

nove važna je hijerarhija u intervencijama. Uvijek treba pokušati zadržati sto veću autentičnost originalnog materijala (vizualni izgled, detalje, dimenzije, boju, teksturu i sl.). Procjena vrijednosti između aspekata originalnosti, mogućih uvjeta materijalizacije i suvremenih potreba zgrade složen je proces. Spoj između originala i novih prikladnih praktičnih rješenja rezultira novim djelom. Kompleksno balansiranje traži tehničko znanje i iskustvo, kombinirano s dobrim projektom, otvorenim razmišljanjem i senzibilitetom.

TIPIČNA GRADBENA JEDINICA DONJOGRADESKIH BLOKOVA

TYPICAL BUILDING UNIT IN LOWER TOWN BLOCKS

Strukturu ugrađenih najamnih kuća u Zagrebu detaljno je istražio Darko Kahle i napravio sveobuhvatnu bazu podataka.¹⁵ Prezentirani podaci ovoga istraživanja, analiza primjera ugrađenih zgrada iz promatranog razdoblja koja je izvršena za potrebe istraživanja u sklopu kratkoročnoga znanstvenoistraživačkog projekta „Određivanje modela referentnih višestambenih zgrada iz različitih razdoblja gradnje u Hrvatskoj u svrhu energetske analize”¹⁶, kao i analiza niza primjera za potrebe ovoga rada – ukazuju na određenu sličnost koja omogućava izradu modela zgrade koji će poslužiti za analizu energetskih karakteristika zgrade iz navedenog perioda.

Ugrađene zgrade zagrebackoga donjogradskog bloka, iz promatranoga razdoblja, karakterizira velika sličnost geometrijskih karakteristika, veličina zgrade i stambenih prostora, konstruktivnog sustava, materijala gradnje i sastava osnovnih građevnih dijelova ovojnice zgrade, kao i elemenata ugrađenih u otvore (prozori i vrata). Konstruktivni sustav uglavnom počiva na tri uzdužna nosiva zida, od kojih su dva ujedno i vanjska obodna zida. Masivni su zidovi od pune opeke debljine 30 do 80 cm, pa i više, bez toplinske zaštite. Međukatne stropne konstrukcije uobičajeno su drvene, izuzev podrumskih i prizemnih koje su često izvedene kao masivni svodovi od opeke. Iz konstruktivne sheme proizlazi i organizacija prostora u smislu glavnih prostorija smještenih uz ulično pročelje. Dubina prostorija iznosi 5-6 m, a širina 3-6 m. Širina prostorija prema uličnom pročelju ovisi o izabranom rasteru otvora na pročelju, a većina prostorija ima jedan ili dva prozora. Uz unutrašnji nosivi zid nalazi se hodnik širine 1,4-2 m. Prostorije uz dvorišno pročelje nesto su uže i manje dubine. Konstruktivna je visina etaže 3,5-4,5 m, što uglavnom daje svijetlu visinu unutrašnjih prostorija 3-4 m. Stubišni prostori najčešće se nalaze uz dvorišno pročelje u prostoru između stanova ili su u središnjem dijelu zgrade.

željezničke pruge. Navedenim područjima zaokružene su razvojne etape grada do polovice 20. st. koje su značajne za formiranje urbane matrice grada kao izrazite povijesne, urbanističke i arhitektonske cjeline. [*** 2011.]

¹⁰ GUP grada Zagreba utvrđuje temeljnu organizaciju prostora, zaštitu prirodnih, kulturnih i povijesnih vrijednosti, korištenje i namjenu površina, s prijedlogom uvjeta i mjera njihova uređenja, za područje od oko 220 km² i obuhvaća uze gradsko područje između medvednicke sume i zagrebacke obilaznice, uključujući i njegovo povijesno središte. [*** 2013.]

¹¹ SLUKAN ALTIĆ, 2006.

¹² KAHLE, 2014.

¹³ SLUKAN ALTIĆ, 2006.

¹⁴ Prema podacima za 2011. [Iz. 3]

¹⁵ KAHLE, 2003., 2004., 2014.

¹⁶ Di. 1



SL. 2. MODEL UGRADENE NAJAMNE ZGRADE DONJOGRADSKOG BLOKA
FIG. 2. MODEL OF AN ATTACHED APARTMENT BUILDING IN A LOWER TOWN BLOCK

SL. 3. MODEL UGLOVNE UGRADENE NAJAMNE ZGRADE DONJOGRADSKOG BLOKA
FIG. 3. MODEL OF A CORNER APARTMENT BUILDING IN A LOWER TOWN BLOCK



Na vanjskom dvorišnom zidu stubišta nalaze se većinom jednostruki prozori većih površina koji osiguravaju osvjetljenje i prozračivanje stubišnog prostora. Zgrade su uglavnom izvedene s podrumima koji su djelomično ukopani, provjetravani i negriyani te u kojima se nalaze pomoćni i spremišni prostori. Krovovi su u pravilu drveni dvostrešni iznad negriyanoga tavanjskog prostora.

Otvori na glavnom uličnom pročelju svojom veličinom i ritmom daju relativno ujednačenu shemu koja se ponavlja na gotovo većini zgrada. Otvori na unutarnjem, dvorišnom pročelju u prosjeku su manjih dimenzija i manje ukupne površine od otvora na uličnom pročelju. Njihov je ritam nepravilan, a položaj je uglavnom uvjetovan potrebama i namjenama unutrašnjih prostora. Elementi ugrađeni u otvore, prozori i vrata, izvedeni su uglavnom

s drvenim okvirima, dok su vrata na negriyanim prostorima izvedena i s metalnim okvirima. Prozori na uličnom pročelju i na dijelu dvorišnog pročelja najčešće su dvostruki, s dvama krilima na razmaku većem od 10 cm. Dio prozora na dvorišnom pročelju (pomoćne prostorije, WC) jednostruki su, drveni, s jednostrukim ostakljenjem.

Veći je dio zgrada zagrebačkih donjogradskih blokova danas u nezavidnom građevinskom stanju zbog neodržavanja tijekom vremena.

MODEL I ANALIZA ENERGETSKIH KARAKTERISTIKA

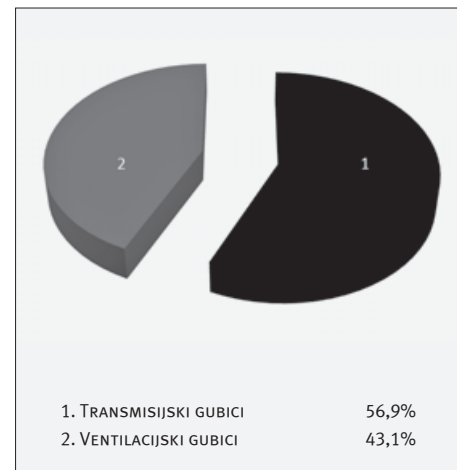
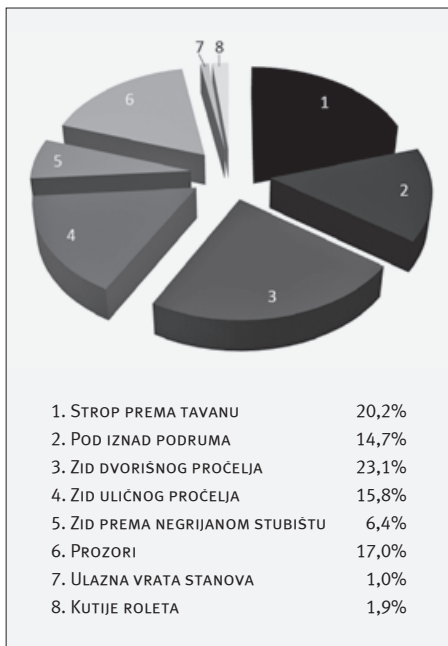
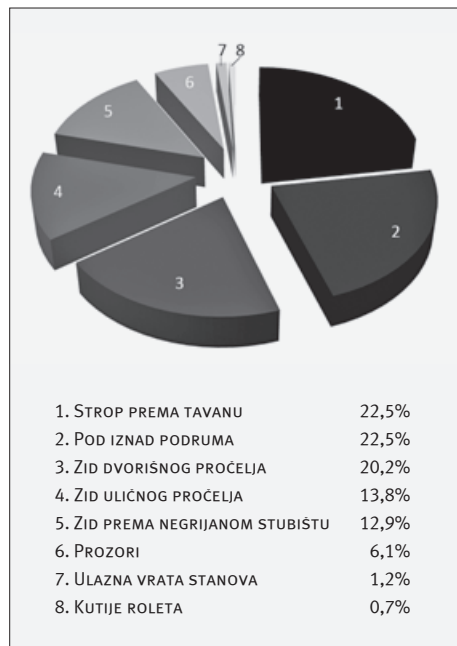
MODEL AND ANALYSIS OF ENERGY PERFORMANCE

Prema navedenim obilježjima određeni su pojednostavljeni modeli ugrađene i uglovne ugrađene najamne zgrade zagrebačkoga donjogradskog bloka, koji su u prvoj etapi poslužili za proračun i određivanje toplinsko-izolacijskih karakteristika građevnih dijelova ovojnice izvorne zgrade i godišnje potrebne toplinske energije za grijanje ($Q_{H,nd}^*$), a u drugoj etapi za analizu mjera poboljšanja energetske učinkovitosti (Sl. 2., 3.). Analiza je rađena sukladno važećemu Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [TPRUETZZ]¹⁷ s pomoću računalnog programa EnCert-HR 2010 ver.: 1.28.¹⁸ Prikazani rezultati primjenjivi su na većinu ostalih ugrađenih i poluugrađenih zgrada u donjogradskim blokovima izvedenim u promatranom razdoblju (Tabl. I.). Analiza je pokazala da su razlike godišnje potrebne toplinske energije za grijanje za ugrađenu i uglovnu zgradu gotovo identične pa je u nastavku rada obavljena analiza samo za model ugrađene zgrade. Analiza je izrađena za modele ugrađenih i poluugrađenih zgrada različitih katnosti (P+1, P+2 i P+3) i orijentacije. Kao referentni model odabrana je ugrađena zgrada katnosti P+2 južne orijentacije. Zgrade

TABL. I. USPOREDBA SPECIFIČNE GODIŠNJE POTREBNE ENERGIJE ZA GRIJANJE ($Q_{H,nd}^*$) RAZNIH TIPOVA NESANIRANIH UGRADENIH ZGRADA DONJOGRADSKOG BLOKA U ZAGREBU

TABLE I. COMPARISON OF THE ANNUAL ENERGY NEEDS FOR HEATING ($Q_{H,nd}^*$) IN VARIOUS TYPES OF NON-REHABILITATED ATTACHED APARTMENT BUILDINGS IN ZAGREB'S LOWER TOWN BLOCKS

Opis zgrade	Ugrađena zgrada						
	Ulično pročelje jug (referentni model)	Ulično pročelje jug	Ulično pročelje jug	Ulično pročelje sjever	Ulično pročelje jug s kolnim prolazom	Ulično pročelje jug sa stambenim tavanom	Uglovna zgrada ulično pročelje jug i istok
Katnost	P+2	P+1	P+3	P+2			P+2
$Q_{H,nd}^*$ [kWh/m ² a]:	197,1	221,9	184,8	198,1	212,7	132,3	202,2
Odnos $Q_{H,nd}^*$ prema referentnom modelu [%]:	100,0	112,6	93,8	100,5	107,9	67,2	102,6
Opis zgrade	Poluugrađena zgrada						
$Q_{H,nd}^*$ [kWh/m ² a]:	211,2	236,1	197,0	212,3	227,8	143,7	209,6
Odnos $Q_{H,nd}^*$ prema referentnom modelu [%]:	107,2	119,8	100,0	107,7	115,6	72,9	106,4



SL. 4. UDIO GRADEVNIH DIJELOVA U OVOJNICI GRIJANOGA PROSTORA MODELA UGRADENE NAJAMNE ZGRADE
FIG. 4. PROPORTION OF THE BUILDING COMPONENTS IN THE ENVELOPE OF A HEATED ATTACHED APARTMENT BUILDING MODEL

veće katnosti imaju povoljniji faktor oblika (f_v), a time i manju ukupnu godišnju potrebnu energiju za grijanje. Zgrada katnosti P+3 ima oko 6% manju potrošnju, dok zgrada katnosti P+1 ima oko 13% veću potrošnju u odnosu na odabranu referentnu zgradu. Udio prozora u ovojnici zgrade iznosi svega 6% pa dobici od Sunčeva zračenja minimalno utječu na potrošnju energije za grijanje. Pri analizi uzeta je u obzir i mogućnost kolnoga prolaza kroz zgradu, koji utječe na povećanje oplošja grijanoga dijela zgrade i smanjenje volumena grijanoga dijela, što povećava godišnju potrebnu toplinsku energiju za grijanje zgrade za oko 8%. Analizom je obraden i mogući slučaj poluugradene zgrade u bloku koji zbog jednoga slobodnoga zabatnog zida ima veću ploštinu ovojnice prema vanjskom prostoru i time veću godišnju potrebnu toplinsku energiju za grijanje, kao i model zgrade kod kojeg je tavanski prostor adaptiran u grijani stambeni prostor. Povećanje grijanoga volumena zgrade i toplinski izolirani krov zahtijeva približno 30% manje specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje zgrade u cjelini, i to zbog povećanja korisne površine i smanjenja gubitaka kroz konstrukciju tavana odnosno krova.

Toplinsko-difuzna analiza izvornih građevnih dijelova ovojnice zgrada ukazuje da iako građevni dijelovi ne zadovoljavaju današnje zahtjeve koeficijenta prolaska topline, kod većine nema pojave nedopuštenoga kondenzata za predviđene uvjete korištenja prostora (projektna unutrašnja temperatura grijanja $Q_{int, set, H} = 20$ °C i unutrašnja vlaga $\phi_i = 50\%$).¹⁹ Iz analize ukupnih gubitaka topline vidljivo je da od specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje ($Q''_{H, nd}$), koja za referentni model zgrade iznosi oko 197 kWh/m²a, 57% otpada na transmisijske, a 43% na ventilacijske gubitke topline (Sl. 6.). S obzirom na učesće u ploštinu vanjske ovojnice zgrade (Sl. 4.) i toplinsko-izolacijske karakteristike građevnih dijelova, najveći su transmisijski gubici kroz zidove (45%). Transmisijski gubici kroz prozore i kutije za rolete iznose 19%, ali pritom se kroz prozore ostvaruje veći dio ventilacijskih gubitaka zbog nekontrolirane infiltracije zraka kroz nedovoljno sljubljen spojeve i preklape starih prozora (Sl. 5.).

Analiza energetske karakteristike zgrade daje podatke o specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje promatrane zgrade u cjelini. Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje pojedinog stana ovisi i o njegovu položaju u zgradi, npr. stanovi koji se nalaze iznad ili ispod negrijanih etaža imaju veće gubitke od onih koji su u središnjem dijelu zgrade. Podaci o stvarnoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje važni su i zbog podmirenja troškova grijanja. S obzirom na postojeću plinsku mrežu Gradske plinare Zagreb i opremljenost plinskim instalacijama u većini stanova u Donjem gradu (93,2%)²⁰, za

SL. 5. RASPODJELA TRANSMISIJSKIH GUBITAKA TOPLINE ZA GRIJANJE MODELA UGRADENE NAJAMNE ZGRADE
FIG. 5. DISTRIBUTION OF HEAT LOSS TRANSMISSION FOR HEATING AN ATTACHED APARTMENT BUILDING MODEL

SL. 6. RASPODJELA UKUPNIH GUBITAKA TOPLINE ZA GRIJANJE MODELA UGRADENE NAJAMNE ZGRADE
FIG. 6. DISTRIBUTION OF THE TOTAL HEAT LOSS FOR HEATING AN ATTACHED APARTMENT BUILDING MODEL

17 *** 2014.

18 Računalni program ENCert-HR 2010 namijenjen je izračunu potrebne količine topline i energije za grijanje i hlađenje zgrada prema normi HRN EN ISO 13790:2008 te je u sukladnosti s Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [NN 97/2014.] i s Pravilnikom o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju [NN 48/2014.].

19 VERŠIĆ, 2001.

20 Prema podacima za 2011. [Iz. 3.]

Tabl. II. UTJECAJ ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKIH MJERA NA ENERGETSKE KARAKTERISTIKE GRAĐEVNOGA DIJELA
 TABLE II. EFFECTS OF ARCHITECTURAL AND BUILDING INTERVENTIONS ON ENERGY PERFORMANCE OF A BUILDING COMPONENT

Ovojnica grijanog prostora	Opis građevnog dijela	A [m ²]	Udio u ovojnicji [%]	U [W/m ² K]	H [W/K]	Mjera	Opis arhitektonsko-gradevinske mjere	U [W/m ² K]	H [W/K]
Prozori	Ventilacijski gubitak kroz izvorne drvene prozore s velikom zrakopropusnošću spojeva i preklopa				1048,6	M1	Popravak postojećih prozora i brtvljenje spojeva i preklopa	–	489,4
						M2	Zamjena postojećih prozora i ugradnja toplinski izolirane kutije za roletu	–	349,6
	Drveni dvostruki prozor ostakljen jednostrukim staklom	62,1	5,0	2,70	167,7	M2	Ugradnja novog drvenog jednostrukog prozora ostakljenog Low-E IZO staklom minimalnih dimenzija 4+12+4 (ili više, ovisno o sigurnosnim zahtjevima) s jednim staklom niske emisivnosti	1,30	80,7
	Drveni jednostruki prozor ostakljen jednostrukim staklom	13,5	1,1	5,00	67,5			1,30	17,6
Kutija za roletu	Drvena obloga bez izolacije	9,0	0,7	2,76	25,7	M2	Ugradnja toplinski izolirane kutije za roletu	0,54	5,8
Strop prema tavanu	Drveni grednik s dasčanom oplatom, nasipom sute i zbukanim podgledom	277,5	22,5	0,91	280,3	M3	Postava tvrdih ploča MW d=12 cm ili gredica s ispunom filcem MW d=12 cm i zaštita istih daskama	0,23	91,6
Pod iznad podruma	Švod od opeke s nasipom sute i drvenim podom	277,5	22,5	1,12	203,1*	M3	Zamjena dijela nasipa sute tvrdim pločama EPS d=8 cm i zvučnom izolacijom EEPS d=2 cm potrebno izvesti i suhi ili mokri estrih	0,30	66,6*
Zid dvorišnog pročelja	Zid od pune opeke debljine 30-60 cm obostrano zbuhan	249,9	20,2	1,18	319,9	M4	Oblaganje zida s vanjske strane ETICS sustavom s MW d=12 cm i tankoslojnom zbukom	0,26	90,0
Zid uličnog pročelja		171,0	13,8	1,18	218,9	M5	Postava toplinske izolacije MW d=10 cm s unutarnje strane, postava parne brane i obloga gips kartonskim pločama	0,29	66,7
Zid prema negrijanom stubistu		159,9	12,9	1,28	88,3*	–	U slučaju pozicije stubišta između stanova višestruko je isplativije sanirati vanjsku ovojnicu stubišnog prostora	1,28	41,9*
Ulazna vrata	Puna drvena masivna vrata	14,4	1,2	2,40	13,8*	–	Ulazna vrata imaju nezamjetan utjecaj na potrošnju energije (mala površina)	2,40	6,6*

* Koefficient izmjene topline izrazen je s korekcijskim faktorima gubitaka preko negrijanih prostorija

grijanje se u pravilu koriste etažni plinski uređaji koji ujedno služe i za pripremu tople vode. Pritom utrosak energenta za pripremu topline za grijanje podmiruje svaki stan ovisno o stvarnoj potrošnji. Zbog navedenoga izvršena je i analiza godišnje potrebne toplinske energije za grijanje za pojedine stanove s obzirom na njihov položaj u zgradi.

Stanovi u prizemlju nalaze se u većini slučajeva iznad negrijanih podrumskih prostora, a ponekad i uz otvorene negrijane prolaze krova zgrade. Djelomično ukopani podrumi tijekom zimskog razdoblja imaju nekoliko stupnjeva veću temperaturu u odnosu na vanjski prostor, a masivni zidovi i stropovi prema stanovima iznad osiguravaju relativno malu zrakopropusnost i ventilacijske gubitke.

Stanovi na posljednjoj etaži nalaze se ispod negrijanoga tavanškog prostora, a ponekad imaju i zabatne vanjske zidove koji nadvisuju susjedne zgrade i koji povećavaju ploštinu prema negrijanim odnosno vanjskim prostorima. Neuređeni i nekoristeni tavanški prostori provjetravani su kroz otvore na krovu, ali i kroz plohu krova zbog nebrtvljenih reški i procijepa. Međukatne konstrukcije iznad stanova prema tavanškom prostoru imaju nezamjetnu zrakopropusnost koja utječe na povećanje gubitaka topline. Upravo su zbog toga stanovi ispod negrijanih tavanških prostora najnepovoljniji u pogledu potrošnje energije za grijanje i mogu imati specifičnu godišnju potrebnu toplinsku energiju za grijanje veću i do 60% u odnosu na stanove koji

se nalaze između dva grijana stana u istoj zgradi.

Na rezultate analize energetske karakteristika zgrade u cjelini, a osobito pojedinih stanova, utjecaj ima i okolna izgradnja. Ulice Donjega grada variraju visinom gradnje i širinom – od vrlo uskih (oko 9 m) pa do širokih ulica s drvoredima (oko 25 m). Zelenilo, visina i udaljenost okolne izgradnje utječu na količinu osunčanja tijekom zime, a na taj način i na toplinske dobitke od Sunčeva zračenja (Q_{sol}) koji se ostvaruju kroz prozore (prozirni element) jer na njih upada suncevo zračenje. Dio prozora zgrade, posebice stanova u prizemlju, zasjenjen je iz navedenih razloga potpuno ili samo dio dana, a to umanjuje toplinske dobitke od Sunčeva zračenja.

Stanovi nižih etaža zgrade imaju u pravilu, zbog konstruktivnih razloga, zidove veće debljine u odnosu na zidove stanova viših etaža. Zato imaju manje transmisijske gubitke i nema veće razlike u godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje tih stanova.

Provedena analiza omogućava nastavak istraživanja na višestambenim zgradama za grebačkoga donjogradskog bloka izvedenim u sljedećem razdoblju, u kojem s vremenom dolazi do promjena konstruktivnog sustava i korištenih materijala (uvođenje skeletnih armiranobetonskih konstrukcija), a to za posljedicu ima zgrade koje imaju lošije energetske karakteristike od zgrada u ovdje obrađanom razdoblju.

ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKE MJERE U SVRHU POBOLJŠANJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

ARCHITECTURAL AND BUILDING INTERVENTIONS AIMED AT ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT

Poboljšanje energetske učinkovitosti postize se nizom mjera koje osiguravaju provjerljivo i mjerljivo ili procjenjivo smanjenje potrošnje energije. Nužne su mjere poboljšanja arhitektonsko-građevinske, koje osiguravaju smanjenje gubitaka topline kroz oplošje grijanoga dijela zgrade na način povećanja toplinskog otpora pojedinih građevnih dijelova i smanjenja zrakopropusnosti. Ušteda energije potrebne za grijanje u višestambenim zgradama može se, osim arhitektonsko-građevinskim mjerama, postići i ostalim mjerama, kao što su ugradnja sustava grijanja veće učinkovitosti, sustava grijanja s vremenskim regulatorima i uporaba ventilacijskih uređaja s rekuperacijom topline otpadnoga zraka.

Provedba poboljšanja energetske učinkovitosti na zgradama koje su upisane u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske ili se nalaze u zaštićenoj kulturno-povijesnoj cjelini, kao što je slučaj sa zgradama u području Povijesne urbane cjeline Grada Zagreba, ograničena je na mjere koje neće narušiti izvorna obilježja zgrade i cjeline u kojoj se nalazi.

U radu su predložene i analizirane arhitektonsko-građevinske mjere u svrhu poboljšanja energetske učinkovitosti koje se nadograđuju jedna na drugu prema ekonomskoj prihvatljivosti i isplativosti te koje predviđaju zahvate na vanjskoj ovojnici zgrade i dijelovima ovojnice prema negrijanom prostoru – uz zahtjev očuvanja izvornog karaktera zgrade (Tabl. II.). Ove mjere predstavljaju osnovni preduvjet za primjenu ostalih mjera radi postizanja energetske učinkovitosti zgrada te ujedno štite zgradu i njene građevne dijelove od daljnega propadanja.

Za analizirane modele predložene su mjere poboljšanja toplinskih karakteristika građevnih dijelova vanjske ovojnice zgrade, njihov utjecaj na energetske učinkovitost zgrade i njihova isplativost. Isplativost je proračunata temeljem predviđene uštede energije koju donosi pojedina mjera i ulaganja koje je potrebno za njenu realizaciju, odnosno za kombinacije mjera. Vrijeme povrata investicije izraženo je u odnosu na cijene u trenutku izračuna i ne uključuje procjenu promjene cijena u predviđenom razdoblju povrata investicija (jednostavni period povrata).

Prilikom predlaganja pojedine mjere potrebno je analizirati njen utjecaj na građevne dije-

love i zgradu u cjelini kako njenom primjenom ne bismo prouzročili nastanak građevinske štete, pojavu nedopuštenoga kondenzata, gljivica i plijesni, kao i smanjenje kvalitete životnoga prostora. Također, važno je utvrditi koja je mjera učinkovita za neki prostor s obzirom na dominantnost gubitaka topline. Ista mjera neće biti jednako učinkovita za prostor u kojem su dominantni ventilacijski gubici kao u onome gdje prevladavaju transmisijski gubici topline.

Prva predložena mjera [M1] predviđa popravak i brtvljenje spojeva i sljubnica postojećih prozora jer se na taj način smanjuje nekontrolirana infiltracija zraka i ventilacijski gubici. Ova mjera nema utjecaja na izvorni izgled građevine, a pridonosi uštedi godišnje potrebne energije za grijanje i do 28%.

Druga mjera [M2] predviđa zamjenu postojećih prozora novima, ostakljenim dvostrukim izolacijskim staklom s Low-E premazom ispunjenim inertnim plinom (argon), s U_w -vrijednosti koja zadovoljava kriterije važećega Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti²¹, te ugradnju toplinski izoliranih kutija za rolete. Ova mjera pridonosi smanjenju transmisijskih i ventilacijskih gubitaka, uz neminovno smanjenje dobitka energije Sunčeva zračenja zbog izolacijskog stakla koje ima manju vrijednost propustanja ukupne Sunčeve energije kroz ostakljenje (g_w). Doprinos ove mjere iznosi do 41%. Smanjenje ventilacije, a samim time i ventilacijskih gubitaka, dovodi do povećanja količine vlage unutrašnjeg zraka, a to za posljedicu može imati pojavu kondenzata te time prouzročenu pojavu gljivica i plijesni – na mjestima toplinskih mostova ili površinama građevnih dijelova manjega toplinskog otpora. Provedba ove mjere zahtijeva osiguranje kontrolirane ventilacije, po mogućnosti s rekuperacijom, kako bi se izbjegle te negativne posljedice.

Treća mjera [M3] predviđa izolaciju stropova iznad podruma i prema negrijanome tavanu.

Geometrija svodova, uvjeti vlaznosti u podrumu i propisi zaštite od požara sprječavaju i/ili otežavaju izvedbu toplinske izolacije na podgledu stropa podruma. Stoga je pretpostavka da će se toplinska izolacija prema podrumu izvesti prilikom adaptacije stanova. Toplinsku izolaciju konstrukcije prema tavanu moguće je jednostavno izvesti s gornje strane sa svim potrebnim slojevima zaštite. Toplinsko-izolacijski slojevi na ovim građevnim dijelovima ovojnice zgrade ne utječu na izvorni izgled građevine i pridonose uštedi godišnje potrebne energije za grijanje do 17%.

Četvrta mjera [M4] predviđa izolaciju vanjskih zidova prema dvorišnoj strani. Dodatni toplinsko-izolacijski slojevi na ovim građevnim dijelovima ovojnice zgrade ne utječu zna-

TABL. III. ISPLATIVOST ARHITEKTONSKO-GRADEVINSKIH MJERA NA PRIMJERU MODELA UGRADENE NAJAMNE ZGRADE DONJOGRAĐSKOG BLOKA U ZAGREBU

TABLE III. COST-EFFECTIVENESS OF ARCHITECTURAL AND BUILDING INTERVENTIONS EXEMPLIFIED BY A MODEL OF AN ATTACHED APARTMENT BUILDING IN A LOWER TOWN BLOCK OF ZAGREB

	Nesanimirana zgrada	Provedene zasebne mjere sanacije					Provedene kombinacije mjera sanacije					
	Ugrađena zgrada ulično pročelje jug P+2 Referentni model	M1	M2	M3	M4	M5	M1 M3	M1 M3 M4	M1 M3 M4 M5	M2 M3	M2 M3 M4	M2 M3 M4 M5
$Q''_{H,nd}$ [kWh/m ² a]:	197,1	141,3	116,8	163,7	173,4	181,8	108,5	83,2	68,7	84,2	57,8	43,5
Odnos $Q''_{H,nd}$ prema referentnom modelu [%]:	100,0	71,7	59,3	83,1	88,0	92,3	55,1	42,2	34,8	42,7	29,3	22,1
Jednostavni period povrata [god]:	–	2,6	13,5	30,7	17,6	10,7	13,2	13,9	13,6	18,7	18,1	17,5
$Q''_{H,nd}$ stan prizemlja (iznad podruma)	211,3	154,9	130,4	167,7	187,2	195,6	112,4	87,2	72,6	88,0	61,8	47,4
$Q''_{H,nd}$ stan 1. kata (između 2 stana)	147,3	92,5	68,3	147,3	123,8	132,3	92,5	67,2	52,9	68,3	42,0	28,5
$Q''_{H,nd}$ stan 2. kata (ispod tavana)	233,2	177,0	152,4	175,6	209,4	217,9	120,2	94,7	80,1	95,7	69,2	54,8

Vrijednosti prikazane u ovim tablicama se odnose na model ugrađene zgrade i ne vrijede za slobodnostojeće objekte.

Opis mjera

M1 – Mjera 1: Popravak i brtvljenje reski i preklopa postojećih prozora

M2 – Mjera 2: Zamjena postojećih prozora novima te ugrađnja izolirane kutije za roletu ($U_{r,1,3}$ W/m²K)

M3 – Mjera 3: Izolacija stropa prema tavanu (MW d=12 cm) i poda prema podrumu (EPS d=8 cm + EEPS d=2 cm)

M4 – Mjera 4: Izolacija dvorišnih zidova (MW d=12 cm)

M5 – Mjera 5: Izolacija uličnog pročelja – po potrebi s unutarnje strane (MW d=10 cm)

U proračunu su korišteni podaci za sloj toplinske izolacije – mineralna vuna [MW] i ekspanzirani polistiren [EPS]

čajno na izvorni izgled građevine i pridonose uštedi godišnje potrebne energije za grijanje do 12%.

Peta mjera [M5] predviđa toplinsku izolaciju zida uličnoga pročelja s unutrašnje strane. Doprinos ove mjere iznosi oko 8%. Ova mjera utječe na smanjenje unutrašnje korisne površine stanova. Pri postavi toplinske izolacije na unutarnju stranu zidova potrebno je izvesti i toplinsku izolaciju unutrašnjih zidova i međukatnih konstrukcija koji su u kontaktu s toplinski izoliranim vanjskim zidom, i to zbog sprječavanja građevinske štete zbog pojave kondenzata na kontaktnim površinama. Ovu izolaciju potrebno je izvesti u širini minimalno 50 cm od spoja s toplinski izoliranim vanjskim zidom.

Stubišta zgrada najčešće se nalaze uz dvorišno pročelje u prostoru zgrade između stanova. Jednostruki prozori većih površina i zrakopropusnosti na dvorišnom pročelju čine ga hladnim prostorom zgrade. Zidovi između stubišnoga prostora i stanova uglavnom su nosivi zidovi izvedeni opekom. Zidove između negrijanoga stubišnog prostora i stanova moguće je dodatno toplinski izolirati postavom toplinske izolacije (mineralna vuna zaštićena gipskartonskim pločama) na strani zida prema stubištu ili prema stanu. Provedba ove mjere smanjuje ili koristan prostor stubista ili koristan prostor stana. Analizom referentnoga primjera s ugrađenim stubištem između dva stana ukazuje da je prihvatljivije sanirati vanjsku ovojnicu stubišta kako bi se smanjili toplinski gubici negrijanoga prostora prema vanjskom prostoru i na taj

način umanjili gubici topline između grijanoga prostora stanova i negrijanoga stubišta.

Trošak izoliranja zida između stana i stubišta može biti višestruk u odnosu na izoliranje vanjske ovojnice stubišta, a s obzirom na to da je razlika u uštedi manja od 1,5% ova mjera ima izuzetno dugo vrijeme povrata investicije, što ovu mjeru čini neopravdanom.

Radom su analizirane različite kombinacije predloženih mjera koje pridonose uštedi energije za grijanje, a kojima je moguće postići značajnu uštedu godišnje potrebne energije za grijanje od 45 do 78% (Tabl. III.).

Poboljšanjem toplinsko-izolacijskih karakteristika samo pojedinih građevnih dijelova zgrade može se postići smanjenje ukupnih gubitaka topline pojedinih stanova, a time i ukupnih gubitaka topline građevine. U određenim slučajevima moguće je postići zadovoljavanje propisane vrijednosti toplinskih gubitaka i potrebne energije za grijanje zgrade (iako pojedini građevni dijelovi ovojnice zgrade ne zadovoljavaju propisanu vrijednost koeficijenta prolaska topline). U tom slučaju te građevne dijelove treba ocijeniti sa stanovišta difuzije vodene pare kako u njima ili na njihovoj površini ne bi došlo do pojave kondenzata jer to uz građevinsku štetu predstavlja i opasnost za zdravlje korisnika.

Energetska sanacija građevina koje su pod zaštitom ili se nalaze u zaštićenim povijesnim cjelinama treba prilagoditi i ostalim zahtjevima kako ispunjavanjem propisanih zahtjeva energetske učinkovitosti ne bi narušili njenu spomeničku vrijednost. Iz navedenog razloga

obvezno je izvršiti konzervatorsku valorizaciju zgrade i odrediti dopustene intervencije koje neće narušiti njenu spomeničku vrijednost. Temeljem jasno postavljenih zahtjeva zaštite zgrade treba izraditi projekt sanacije koji bi uključio i toplinsku odnosno energetske sanaciju. Pritom treba naglasiti da pristup sanaciji kojeg je primarni i jedini cilj energetska sanacija – može dovesti do narušavanja spomeničke vrijednosti zgrade kao pojedinačnoga kulturnog dobra ili dijela kulturno-povijesne cjeline.

ZAKLJUČAK

CONCLUSION

Ugrađene najamne zgrade zagrebačkih donjogradskih blokova dio su zaštićene Povijesne urbane cjeline Grada Zagreba. Vecina je ovih zgrada u nezavidnome građevinskom stanju zbog neodržavanja tijekom vremena pa je sanacija i rekonstrukcija neminovna kako bi se zgrade sačuvale od daljnjeg propadanja. Temeljem konzervatorske valorizacije, jasno postavljenih zahtjeva zaštite i dopuštenih intervencija na svakoj pojedinoj zgradi potrebno je izraditi projekt sanacije koji bi uključio i toplinsku odnosno energetske sanaciju u svrhu poboljšanja energetske karakteristika zgrade i građevnih dijelova njene ovojnice.

Nužne su mjere poboljšanja energetske učinkovitosti zgrada arhitektonsko-građevinske, koje osiguravaju smanjenje gubitaka topline kroz oplošje grijanoga dijela zgrade. Provedba ovih mjera zahtijeva povećanje toplinskog otpora pojedinih građevnih dijelova, a to se postiže ugradnjom dodatnih toplinsko-izolacijskih materijala. Pritom je potrebno predvidjeti mjere kod kojih dodatni toplinsko-izolacijski materijali neće narušiti izvorna obilježja zgrade i cjeline u kojoj se nalazi. U većini slučajeva ne postoji mogućnost postave toplinske izolacije s vanjske strane zidova uličnog pročelja a da pritom ne narušimo izvorni izgled zgrade (arhitektonska plastika, profilacije...) i cjeline u kojoj se nalazi. Analizom modela i primjene određenih arhitektonsko-građevinskih mjera prikazano je da se poboljšanjem toplinsko-izolacijskih karakteristika samo pojedinih građevnih dijelova zgrade može postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine, te u određenim slučajevima i zadovoljavanje propisane vrijednosti toplinskih gubitaka i potrebne energije za grijanje zgrade, uvažavajući pritom njenu spomeničku vrijednost.

No ipak treba naglasiti da pristup sanaciji kojeg je primarni i jedini cilj energetska sanacija – može dovesti do narušavanja spomeničke vrijednosti zgrade kao pojedinačnoga kulturnog dobra ili dijela kulturno-povijesne cjeline.

LITERATURA

BIBLIOGRAPHY

1. KAHLE, D. (2003.), *Zagrebacka ugrađena najamna kuća u razdoblju od 1935. do 1945. godine*, „Prostor”, 11 (1 /25/): 33-43, Zagreb
2. KAHLE, D. (2004.), *Zagrebacka uglovnica u razdoblju od 1928. do 1944. godine*, „Prostor”, 12 (1 /27/): 77-85, Zagreb
3. KAHLE, D. (2014.), *Multi-story Attached Houses in Zagreb between 1850 and 1927*, „Prostor”, 23 (2 /48/): 174-187, Zagreb
4. MURAJ, I.; VERŠIĆ, Z.; ŠTULHOFER, A. (2014.), *Energy Efficient Solutions for Multi-apartment Buildings in Croatia*, u: Proceedings of the 1st South East Europe Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, SEESDEWES2014.50, 1-8, Ohrid, Macedonia
5. SLUKAN ALTIC, M. (2006.), *Morphological and Functional Change in Zagreb Lower Town 1862-1914 Based on Cadastral Sources*, „Prostor”, 14 (1 /31/): 2-19, Zagreb
6. VERŠIĆ, Z. (2001.), *Metode sanacije starih građevina i građevina pod zaštitom sa stanovišta zahtjeva toplinske zaštite i uštede energije*, magistarski rad, Arhitektonski fakultet, Zagreb
7. VERŠIĆ, Z.; ŠTULHOFER, A.; MURAJ, I. (2014.), *Multi-apartment Buildings in Croatia: Methods and Techniques of Protection in the Process of Energy Renovation*, u: Proceedings of the International Scientific Conference Protection of Cultural Heritage from Natural and Man-made Disasters, Zagreb-Šibenik
8. *** (2007., 2009., 2013.), *Generalni urbanistički plan grada Zagreba*, „Službeni glasnik Grada Zagreba”, 16/2007., 8/2009. i 7/2013., Zagreb
9. *** (2011.), *Povijesna urbana cjelina Grad Zagreb (Z-1525)*, „Narodne novine”, 92, Zagreb
10. *** (2013.a), *Energija u Hrvatskoj 2013.*, Ministarstvo gospodarstva RH
11. *** (2013.b), *Program energetske obnove stambenih zgrada za razdoblje od 2013. do 2020. godine s detaljnim planom za razdoblje od 2014. do 2016. godine*, Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja, Zagreb
12. *** (2014.), *Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti*, „Narodne novine”, 97, Zagreb

IZVORI

SOURCES

ARHIVSKI I DOKUMENTACIJSKI IZVORI [DI]

ARCHIVE AND DOCUMENT SOURCES [DI]

- DI. 1. Sveučilište u Zagrebu, Arhitektonski fakultet, Kačićeva 26, Zagreb, kratkoročna financijska potpora istraživanjima Sveučilišta u Zagrebu, Određivanje modela referentnih višestambenih zgrada iz različitih razdoblja gradnje u Hrvatskoj u svrhu energetske analize (5.1.2.1), voditelj istraživanja: Z. Veršić (2013.)
- DI. 2. Gradski zavod za zaštitu spomenika kulture i prirode, Kuševičeva 6, Zagreb

INTERNETSKI IZVORI [IZ]

INTERNET SOURCES [IZ]

- Iz. 1. Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja RH – Energetska učinkovitost <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=14520> [9.10.2015.]
- Iz. 2. Energetska učinkovitost, Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/ [9.10.2015.]
- Iz. 3. Državni zavod za statistiku <http://www.dzs.hr/> [9.10.2015.]
- Iz. 4. GeoPortal Zagrebačke infrastrukture prostornih podataka / Tematske karte / Glavni preglednik <https://geoportal.zagreb.hr/Karta> [9.10.2015.]

IZVORI ILUSTRACIJA I TABLICA

ILLUSTRATION AND TABLE SOURCES

- SL. 1. Grad Zagreb, Gradski zavod za zaštitu spomenika kulture i prirode, 2015.
- SL. 2.-6. Autori
- TABL. I.-III. Autori

SAŽETAK

SUMMARY

A MODEL OF ATTACHED APARTMENT BUILDING IN ZAGREB'S LOWER TOWN BLOCKS ANALYSIS AIMED AT ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT

This paper aims to draw attention to specific architectural and building measures that might effectively contribute to the improvement of energy performance of the present building envelopes, not forgetting, however, the historic buildings that deserve special treatment. Selective measures targeted at energy efficiency improvement of buildings in the historic city cores should be undertaken with the utmost caution in order to preserve their authentic value inextricably linked with the identity of an area. This paper is the result of a research conducted at the Faculty of Architecture of the University of Zagreb within a short-term scientific research named "Defining a referential model of the apartment buildings from various construction periods in Croatia for the purpose of energy efficiency analysis supported by the University of Zagreb. The attached buildings of Zagreb's Lower Town blocks were built between 1850 and 1927. They are markedly similar in terms of their geometrical characteristics, size and dwelling spaces, structural systems, building materials, and the composition of the main building parts of their envelopes including the built-in elements of their openings.

Nowadays, the Lower Town of Zagreb is an area of high population density (37.017 inhabitants, i.e. 4.7% out of the total 789.966) with 23.397 apartments (6,1% out of the total 384.333). Of this number, 16.425 apartments are used for permanent dwelling occupying an area of 1.185.065 m² (72,2 m² per apartment on average). The attached apartment buildings in Lower Town blocks are a part of the protected Historic City Core of Zagreb. Since the majority of buildings have seriously deteriorated due to poor maintenance, it is strongly advised that effective rehabilitation and reconstruction strategies are designed in order to prevent their further degradation. In view of improving the energy performance of buildings and building parts of their envelopes, it is necessary to design a rehabilitation project (including a thermal, i.e. energy efficiency rehabilitation project) based on a conservation assessment study, a clearly defined set of protection requirements and the permissible interventions on each building. The implementation of energy-efficiency measures in buildings in the

protected cultural and historic areas and in the buildings listed in the Register of Cultural Goods of the Republic of Croatia is limited to those measures that will not disrupt the original features of the buildings and their immediate environment.

This research is based on the analysis of the simplified models of an attached and a corner apartment building in a Lower Town block. In the first stage these models served for calculating and defining the thermal and insulating properties of the building parts of the original building's envelope as well as the analysis of the annual thermal energy needs for heating. In the second stage they served for the analysis of the measures aimed at improving energy efficiency. The analysis was made for the attached and semi-attached buildings of different height (P / "ground-floor" / +1, P+2, and P+3) and orientation. An attached south-facing two-storey building (P+2) was selected as a referential model. The thermal diffusion analysis of the original building parts of the envelope indicates that although the building parts do not meet the modern requirements regarding heat transfer coefficient, most buildings do not show signs of unacceptable condensation for the planned conditions of space use. The analysis of the building's energy performance provides data about the specific annual thermal energy needed for heating ($Q_{H,nd}$), which amounts to approximately 197 kWh/m²a for the referential building model. Of this, transmission heat loss accounts for 57% while ventilation heat loss accounts for 43%. Considering the ratio between the building parts of the envelope and the overall envelope size as well as the thermal insulating properties of the former, the greatest transmission losses occur through walls (45%). Transmission losses through windows and shutter boxes amount to 19% but the former cause most of the ventilation losses due to uncontrolled air intake through insufficient adherence of the old windows in the area of window joints and folding.

Energy efficiency improvement can be accomplished through a series of measures ensuring a measurable reduction of energy consumption. The necessary improvement measures are those related to architecture and construction interventions with the aim to

reduce heat losses through a surface area of the heated part of the building by increasing thermal resistance of some building parts and reducing air permeability. Besides architecture and construction-related measures, energy savings for heating needs can be achieved through other measures as well such as building in a more efficient heating system or a heating system with time regulation or waste heat recovery through air-conditioning systems.

This paper brings forward an analysis and a proposal for a set of complementary measures in terms of economic acceptability and cost-effectiveness, designed for the external building envelopes and their parts towards the unheated spaces without disrupting the authentic character of the building. The first proposed measure (M1) targets repair and caulking of the joints and adherence lines of the present windows in order to reduce uncontrolled air intake and ventilation losses. The second measure (M2) envisages replacing the existing windows with new double-glazed windows with Low-E coating filled with inert gas (argon) as well as building in thermally insulated shutter boxes. The third measure (M3) is aimed at the insulation of the ceilings above the basement and towards the unheated attic. The fourth measure (M4) is aimed at the insulation of the exterior walls facing the courtyard while the fifth measure (M5) suggests thermal insulation of the street front from the inside.

This set of measures is seen as an essential prerequisite for the implementation of other measures with the aim to achieve energy efficiency in buildings and save them and their building components from further degradation. Various combinations of the proposed measures are analyzed with the aim to achieve energy savings for heating needs. They can help achieve considerable energy savings ranging from 45 to 78% at the level of the annual heating needs.

The analysis of the model and the implementation of architectural and building measures shows that the improvement of thermal insulating properties of only some parts of the building could reduce the overall heat losses in buildings and in some cases also meet the required standards of thermal loss and energy needs for heating without affecting the buildings and their historic value.

ZORAN VERŠIĆ
IVA MURAJ
MARIN BINIČKI

BIOGRAFIJE

BIOGRAPHIES

Dr.sc. **ZORAN VERŠIĆ**, dipl.ing.arh., docent pri Kabinetu za arhitektonske konstrukcije, fiziku zgrade, materijale i tehnologiju građenja na Arhitektonskom fakultetu u Zagrebu. Magistrirao s radom „Metode sanacije starih građevina i građevina pod zaštitom sa stanovišta zahtjeva toplinske zaštite i uštede energije”.

Dr.sc. **IVA MURAJ**, dipl.ing.arh., docentica pri Kabinetu za arhitektonske konstrukcije, fiziku zgrade, materijale i tehnologiju građenja.

MARIN BINIČKI, dipl.ing.arh., predavač pri Kabinetu za arhitektonske konstrukcije, fiziku zgrade, materijale i tehnologiju građenja.

ZORAN VERŠIĆ, Dipl.Eng.Arch., Ph.D., Assist. Prof. in the Department of Architectural Structures, Building Physics, Materials and Building Technology. He earned his M.Sc. degree with his thesis entitled *Methods of Rehabilitation of Historic Buildings and Buildings under Protection from Standpoint of Thermal Insulation Standard and Energy Saving Demands*.

IVA MURAJ, Dipl.Eng.Arch., Ph.D., Assistant Professor in the Department of Architectural Structures, Building Physics, Materials and Building Technology.

MARIN BINIČKI, Dipl.Eng.Arch., lecturer in the Department of Architectural Structures, Building Physics, Materials and Building Technology.

