



BOOK OF PROCEEDINGS
design and technologies of architectural openings
ZBORNİK RADOVA

Urednici / Editors Mileva Stanković Naida Memić Nevena Novaković Martina Mišić

Izdavač
Marketinška i izdavačka agencija Sfera d.o.o. Mostar,
Univerzitet u Banjoj Luci
Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet

Publisher
Agency for marketing and publishing SFERA Mostar,
University of Banja Luka
Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy

SFERA d.o.o.  

Mostar, 2015

**Naučna i stručna konferencija sa međunarodnim učešćem
SFERA 2015
Oblikovanje i tehnologije arhitektonskih otvora/**

**Scientific and technical conference with international participation
SFERA 2015
Design and technologies of architectural openings**

Izdavač/Publisher

Marketinška i izdavačka agencija Sfera d.o.o. Mostar,
Univerzitet u Banjoj Luci
Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet/

Agency for marketing and publishing SFERA Mostar,
University of Banja Luka
Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy

Za izdavača/For publisher

Naida Memić

Urednici/Editors

Milenko Stanković
Naida Memić
Nevena Novaković
Martina Mišić

Tehnički urednici/Technical editors

Martina Mišić
Una Umićević

Lektori/Proofreaders

Iva Marinović

Prelom/Prepress

Sfera d.o.o.

Tiraž/Circulation

300

Mjesto i godina/Place and year

Mostar, 2015

ZBORNIK RADOVA
NAUČNO-STRUČNE KONFERENCIJE
SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM
SFERA 2015.
**OBLIKOVANJE I TEHNOLOGIJE
ARHITEKTONSKIH OTVORA**

PROCEEDINGS OF
TECHNICAL AND SCIENTIFIC CONFERENCE
WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION
SFERA 2015.
**DESIGN AND TECHNOLOGIES
OF ARCHITECTURAL OPENINGS**

Urednici/Editors
Milenko Stanković
Naida Memić
Nevena Novaković
Martina Mišić

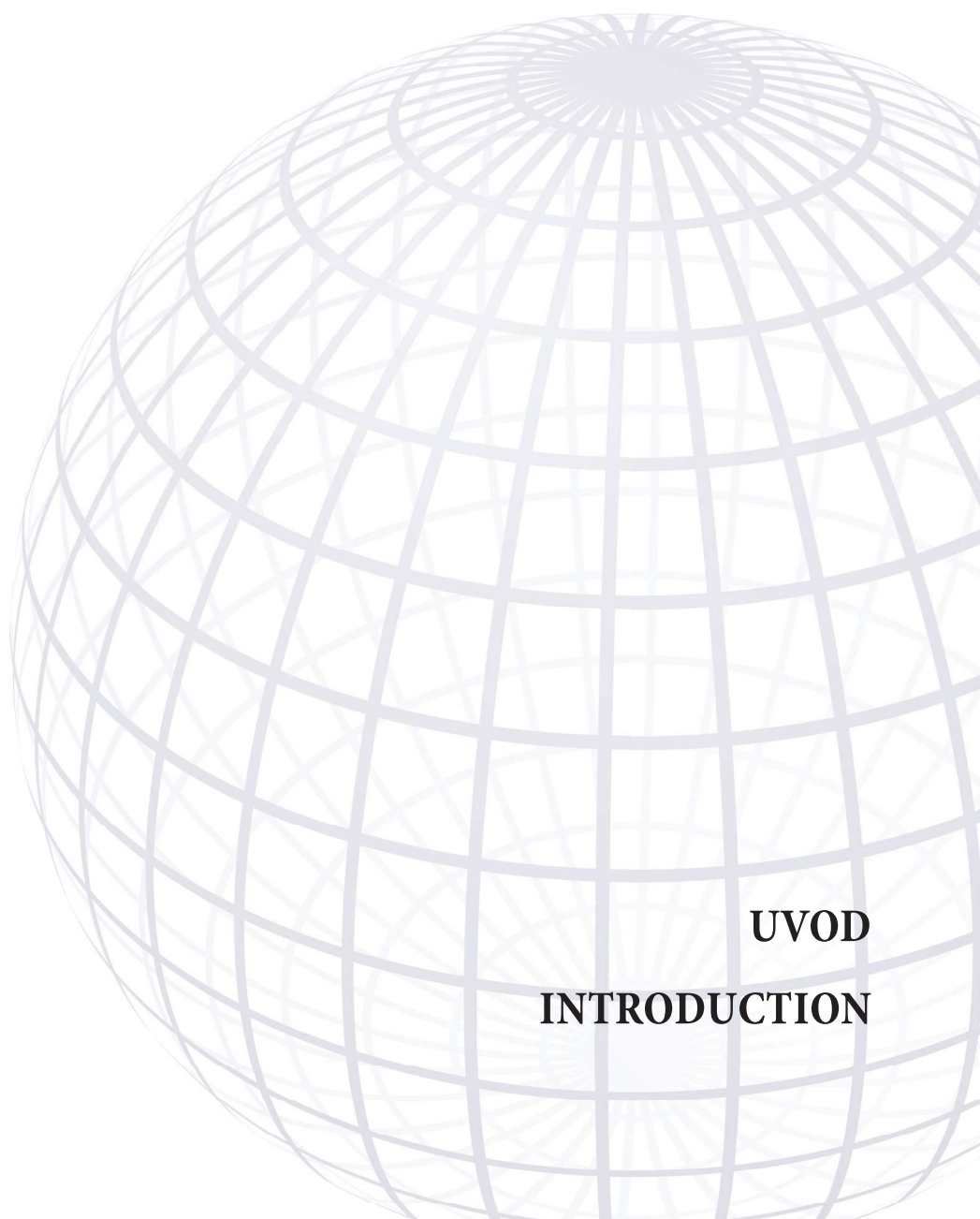
Mostar, 2015

ZAHVALNICA

Urednici se toplo zahvaljuju svim institucijama i kompanijama koje su omogućile organizaciju konferencije SFERA 2015 i doprinijele njenom izuzetnom kvalitetu. Velika zahvalnost svim članovima organizacionog odbora za veliki napor u pripremi konferencije i Zbornika radova. Takođe, velika zahvalnost članovima naučno-stručnog odbora za kritičke recenzije naučnih i stručnih radova i njihov doprinos u promociji konferencije. Posebnu zahvalanost urednici duguju gostujućim predavačima i svim autorima radova.

ACKNOWLEDGEMENTS

The editors would like to express sincere gratitude to all institutions and companies who made the conference SFERA 2015 possible and exceptional. Sincere thanks to all members of the Organizing Committee for their continuous hard work in organizing the conference and preparing the Proceedings. Also, sincere thanks to members of Scientific and Technical Committee for their critical selection and review of all papers and their contribution to promotion of the conference. Special thanks to the Keynote Speakers and to the all contributing authors.



UVOD

INTRODUCTION

UVODNA RIJEČ UREDNIKA

Naučno-stručna konferencija sa međunarodnim učešćem SFERA 2015: Oblikovanje i tehnologije arhitektonskih otvora je nastala prema ideji i inicijativi kreativne Marketinške i izdavačke agencije SFERA iz Mostara. Njena partnerska realizacija počiva na višegodišnjoj uspješnoj saradnji Agencije SFERA, Arhitektonsko-građevinsko-geodetskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci i veoma dugog niza poslovnih partnera.

Konferencija je zamišljena kao dvodnevni događaj koji preispituje naučna, odnosno tehnološka dostignuća i profesionalna opredjeljenja u kontekstu proizvodnje, primjene i oblikovanja arhitektonskih ili građevinskih otvora, kao jedne od važnih aktuelnih stručnih tema. Ovi elementi prostorne konfiguracije koje upotrebljavamo skoro ne razmišljajući o njima, kao govor, određuju naše gledanje i kretanje kroz prostor, i utiču na njegov doživljaj, osjećaj sigurnosti i komfora. Sadržaj konferencije je podijeljen u sesiju sa prezentacijama savremenih tehnologija i proizvoda u domenu proizvodnje i dizajna prozora i vrata, i sesiju sa prezentacijama naučnih i stručnih radova. Razmjena znanja i iskustva u različitim oblastima inženjerstva, kao i otvaranje mogućnosti uspostavljanja međunarodne i domaće saradnje, je cilj ove dvodnevne diskusije koja spaja pogled na prošlost, sadašnja dostignuća i buduće vizije o ovim arhitektonskim elementima.

Zbornik radova je jedan od rezultata konferencije, i u njemu su sadržani naučni i stručni radovi autora koji dolaze iz pet različitih zemalja: Italije, Slovenije, Hrvatske, Srbije i Bosne i Hercegovine. Autori radova su se bavili različitim aspektima i pitanjima koja se tiču arhitektonskih otvora kao sastavnog dijela objekta i prostora: oblikovanjem, tehnološkim performansama, strukturalnim kvalitetima, građevinskim propisima, funkcionalnim zahtjevima, sigurnošću, energetske efikasnošću, zdravljem i komforom, istorijskim razvojem. Ipak, radovi su grupisani u tri poglavlja na osnovu prepoznatih ključnih tema koje ih povezuju: Arhitektonski dizajn i arhitektonski otvori; Energetske performanse i tehnološka perspektiva na arhitektonske otvore; Arhitektonski otvori u istorijskom razvoju i simboličkom značenju arhitekture i urbanog prostora. Svi radovi u Zborniku su recenzirani.

Nadamo se da će ova knjiga pronaći svoju svrhu u akademskom i stručnom krugu čitalaca i da će na taj način nastaviti promišljanja i razgovore koji su započeti u toku konferencije.

Urednici

INTRODUCTION

Scientific Conference with international participation SFERA 2015: Design and technologies of architectural openings was created and organized according to the idea and initiative of creative Advertising and publishing agency SFERA from Mostar. The conference partnership implementation is based on a long-lasting successful cooperation between SFERA agency, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, and a long list of business partners.

The conference was designed as a two-day event which examines scientific or technological achievements and professional commitment in the context of the production, application and design of architectural openings, as one of the most important professional topics. These elements of the spatial configurations that we use almost without thinking about them, as a language, determine our vision and movement through space, and affect our experience and sense of safety and comfort. The content of the conference was divided into two sessions. The one with presentations of new technologies and products in the field of manufacturing and design of windows and doors, and the session with presentations of scientific and technical papers. The aim of the two-day discussion, that connects past experiences, present achievements and future vision of the architectural elements, was sharing of the knowledge and experience in various fields of engineering, as well as the possibility of establishing international and domestic cooperation between the participants.

The Proceedings are one of the results of the conference, and the book contains scientific and technical papers of authors who come from five different countries: Italy, Slovenia, Croatia, Serbia and Bosnia and Herzegovina. Authors were engaged in various aspects and issues concerning architectural openings as an integral part of the building and space: design, technological performance, structural qualities, building regulations, functional requirements, security, energy efficiency, health and comfort, historical development. However, the works are grouped into three sections based on the identified key themes that connects them: architectural design and architectural openings; Energy performance and technological perspectives on architectural openings; Architectural openings in historical development and symbolic meaning of architecture and urban space. All works in the Proceedings are single reviewed.

We hope that this book will find its purpose in the academic and professional readership and will thus continue rethinking and discussion that were initiated during the conference.

Editors

GOSTUJUĆI PREDAVAČI/ KEYNOTE SPEAKERS

Jasmina Katica (BiH)

Federalno ministarstvo prostornog uređenja/ Federal Ministry of Physical
Planning

Miroslav Turk (HR)

Goran Jahovac (HR)

ift Rosenheim Hrvatska/ ift Rosenheim Croatia

Dr Darija Gajić (BiH)

Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-gradevinsko-geodetski fakultet/
University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and
Geodesy

Zoran Dimitrijević (BiH)

Ministarstvo civilnih poslova Bosne i Hercegovine/
Ministry of Civil Affairs of Bosnia and Herzegovina

ORGANIZACIONI ODBOR/ ORGANIZING COMMITTEE

Naida Memić (BiH)

Sfera d.o.o. Mostar

Direktor konferencije/ Conference director

Dr Milenko Stanković (BiH)

Univerzitet u Banjoj Luci, AGGF/ University of Banja Luka, FACEG

Direktor konferencije/ Conference director

Martina Mišić (BiH)

Sfera d.o.o. Mostar

Koordinator konferencije/ Conference coordinator

Dr Nevena Novaković (BiH)

Univerzitet u Banjoj Luci, AGGF/ University of Banja Luka, FACEG

Una Umićević (BiH)

Univerzitet u Banjoj Luci, AGGF/ University of Banja Luka, FACEG

**NAUČNO-STRUČNI ODBOR/ SCIENTIFIC AND TECHNICAL
COMMITTEE**

Dr Alenka Fikfak (SI)

Univerzitet u Ljubljani, Arhitektonski fakultet/ University of
Ljubljana, Faculty of Architecture

Dr Martina Zbašnik Senegačnik (SI)

Univerzitet u Ljubljani, Arhitektonski fakultet/ University of
Ljubljana, Faculty of Architecture

Dr Aleksandra Krstić-Furundžić (SR)

Univerzitet u Beogradu - Arhitektonski fakultet/ University of
Belgrade - Faculty of Architecture

Dr Aleksandra Đukić (SR)

Univerzitet u Beogradu - Arhitektonski fakultet/ University of
Belgrade - Faculty of Architecture

Mr Držislav Vidaković (HR)

Univerzitet u Osijeku, Građevinski fakultet/ University of Osijek,
Faculty of Civil Engineering

Dr Milenko Stanković (BH)

Univerzitet u Banjoj Luci, AGGF/ University of Banja Luka, FACEG

Dr Biljana Antunović (BH)

Univerzitet u Banjoj Luci, AGGF/ University of Banja Luka, FACEG

Dr Nevena Novaković (BH)

Univerzitet u Banjoj Luci, AGGF/ University of Banja Luka, FACEG

Dr Saša Čvoro (BH)

Univerzitet u Banjoj Luci, AGGF/ University of Banja Luka, FACEG

Dr Marina Radulj (BH)

Univerzitet u Banjoj Luci, AGGF/ University of Banja Luka, FACEG

Mr Gordana Broćeta (BH)

Univerzitet u Banjoj Luci, AGGF/ University of Banja Luka, FACEG

Mr Krešimir Šaravanja (BH)

Sveučilište u Mostaru/ University of Mostar

Dr Mladen Glibić (BH)

Sveučilište u Mostaru/ University of Mostar

Dr Maja Popovac (BH)

Univerzitet u Mostaru/ University of Mostar

Mario Zovko (BH)

Sveučilište u Mostaru/ / University of Mostar

Dragan Katić (BH)

Sveučilište u Mostaru/ University of Mostar

Energetska učinkovitost fasada / Energy efficiency of building facades

Držislav Vidaković

Građevinski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera, Drinska 16A, Osijek, Hrvatska, pbrana@gfos.hr

Aleksandar Jurić

Građevinski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera, Drinska 16A, Osijek, Hrvatska, ajuric@gfos.hr

Hrvoje Glavaš

Elektrotehnički fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera, Kneza Trpimira 2B, Osijek, Hrvatska, hrvoje.glavas@etfos.hr

ABSTRACT

The paper points to the impact of facades on energy consumption in buildings. Based on the energy consumption desirable characteristics of facades are presented. Basic types of facades and maintenance in order to increase energy efficiency are described. The paper highlights the importance of timely maintenance, the possibility of the additional isolation on implementation on existing facade and legislation that regulation those procedures. Investments in thermal insulation of buildings with different types of heating are analyzed.

Keywords: Facade, Energy consumption, Thermal insulation, Costs

SAŽETAK

U radu se ukazuje na utjecaj fasada na potrošnju energije u zgradama i u vezi toga navedene su njihove poželjne karakteristike. Opisane su osnovne vrste fasada i postupanja s njima u cilju veće energetske učinkovitosti. Istaknuta je važnost pravodobnog održavanja, mogućnost doizolacije postojećih fasada i propisi koji to reguliraju. Pokazana je financijska opravdanost ulaganja u toplinske izolacije zgrada s različitim vrstama grijanja.

Ključne riječi: fasada, potrošnja energije, toplinska izolacija, troškovi

UVOD

Fasada, s prozorima i vratima uklopljenim u nju, vanjska je ovojnica zgrade povezana s nosivom konstrukcijom. Osim estetskog dojma, fasade trebaju štititi nosivu konstrukciju (od vanjskih utjecaja i velikih temperaturnih oscilacija) i omogućavati ugodan i zdrav cjelogodišnji boravak u unutrašnjosti zgrada. Zbog iznosa ukupnih troškova, treba voditi računa o trajnosti i mogućnosti održavanja te potrošnji energije koja je opasna i zbog ugrožavanja okoliša.

Slabo izolirane zgrade, a pogotovo one bez ikakve izolacije ovojnice, imaju jako velike gubitke topline. Vanjski zidovi danas imaju oko 40% udjela u gubicima energije (S. Novak, 2014.), a u nekim slučajevima čak i znatno više, i zato je jedna od mjera koja se vrlo često preporučuje u energetske certifikatima zgrada s klasičnom fasadom poboljšanje njihove toplinske izolacije (TI).

Poželjne, a u određenoj mjeri i neophodne karakteristike fasada i materijala od kojih su napravljene su: stabilnost i postojanost, elastičnost, toplinska i zvučna izolacija, paropropusnost, vodoodbojnost te otpornost na udarce, vatru, sunčevo zračenje, kukce, kemikalije i plinove. U 21. st. gotovo da i ne postoji materijal koji se ne može iskoristiti za fasade, ali kod novih, nedovoljno provjerenih materijala uvijek postoji rizik od ponašanja pod raznim utjecajima tijekom dužeg vremena upotrebe.

VRSTE DANAŠNJIH FASADA I MATERIJALA

Kako su se mijenjali stilovi gradnje, razvijali novi materijali i tehnologije rada i kako su se proširivali zahtjevi za njih, fasade su evoluirale po izgledu, strukturi i načinu gradnje. Na starijim zgradama uglavnom su klasične fasade koje nemaju posebnu vanjsku TI, već je završni sloj fasade (obična žbuka i boja) stavljen izravno na vanjski zid. Danas postoje žbuke s termoizolacijskim svojstvima, ali one su dvostruko lošije od EPS-a, pa ni u debljim slojevima ne zadovoljavaju suvremene energetske standarde. Fasade tj. termofasade s toplinskom zaštitom na vanjskoj strani zida dijele se na:

- kontaktne ili povezane (External thermal insulation composite system – ETICS) i
- prozračne ili ventilirane.

Kod kontaktnih fasada TI je pričvršćen izravno na vanjsku stranu zida. Prema hrvatskim normama (preuzetim od europskih), to je na gradilištu izvedeni fasadni sustav koji minimalno sadržava prilagođene komponente: mort za lijepljenje i/ili mehaničko pričvršćenje, toplinsko-izolacijski materijal, mort za armaturni sloj, staklenu mrežicu (tekstilno-staklenu, alkalno-otpornu) i završno-dekorativnu žbuku.

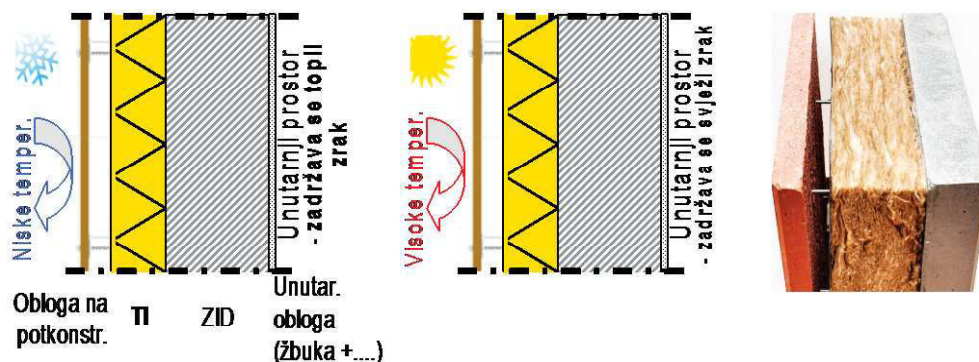
Najviše se rade stiroporom (ekspandirani polistiren (EPS), stirodur, tj. ekstrudirani polistiren (XPS) ili neopor tj. ekspandirani polistiren s dodatkom ugljenih vlakana). Stiropor se pretežno stavlja na manje stambene zgrade sa zidovima od opeke i šupljih blokova jer ne zadovoljava protupožarne zahtjeve kod visokih zgrada. Kamena vuna je prirodni materijal koji ima dobru postojanost, elastičnost, paropropusnost, negorivost, otpornost na kemikalije i kukce, pa čak i upija zvučnu energiju i pretvara je u toplinsku, i zato se stavlja i kod višestambenih zgrada i zgrada javne namjene, posebno kina i kazališta. Prema uputama proizvođača ("Knauf Insulation") preporučljiva debljina ovog materijala u fasadi je 8 (primorski krajevi) do 15 cm (kontinentalni krajevi).

Rade se i fasade s dvostrukom ljuskom gdje je TI s vanjske strane zaštićen opekama malog formata, silikatnim opekama, opekarskim pločicama i sl. materijalima. One su skupe, no imaju dobra izolacijska svojstva i dug rok trajanja.

Ventilirane fasade ne prijanjaju izravno na zid ili neku drugi nosivu konstrukciju, nego imaju zračni prostor, najčešće oko 3 - 5 cm debljine (sl. 1). Kroz druge slojeve fasade toplina se prenosi kondukcijom, a kroz zrak i kondukcijom i konvekcijom (prestaje ako se zrak ne kreće) i zračenjem. Kod ventiliranih fasada zrak struji između TI materijala i završne obloge uslijed uzgona koji izaziva razlika pritiska zraka na mjestu usisa i mjesta gdje zrak izlazi iz konstrukcije. Cirkulacija zraka treba biti neometana i za prozračivanje po vertikali, vanjski zid mora imati odgovarajuće otvore. Ljeti kada je temperatura vani veća nego unutra, zrak koji struji sprečava pregrijavanje cijele konstrukcije zbog

zagrijavanja vanjske obloge, posebno kada je od metala i tamnih boja. Tijekom hladnih dana uloga zraka je onemogućavanje kondenzacije do koje bi došlo zbog velike nepropusnosti završne obloge od materijala kao što su staklo, metali, kamen i dr. Ako zrak miruje, on pruža određenu toplinske zaštitu (oko 10 puta slabiju nego uobičajeni TI materijali), ali je kondenzacija prevelika s obzirom na dopuštene vrijednosti za naše klimatske zone, čak i kada fasada ima dobru parnu branu (zbog toga ostaje stalno vlažna što joj slabi izolacijska svojstva i skraćuje trajnost) [D. Vidaković i I. Gušić, 2015.]. Najosjetljivija točka fasade je nosač koji prolazi kroz TI. Ovakve fasade imaju privlačan, suvremeni izgled (prikrivaju eventualne vizualne nedostatke nosive stijene), pružaju i dobru zvučnu izolaciju, a predviđa im se upotrební vijek 40 - 50 godina. Primarno su namijenjene za zgrade veće od 75 m visine (> 15 etaža), a ne rade se u hladnim krajevima [Enegrosövet, 2009.].

Obloge koje se postavljaju na odgovarajuće nosače mogu biti drvene, odnosno od suvremenih materijala na bazi drveta, kamene (za razliku od tradicijskog, mokrog postupka s cementnim mortom ili ljepljivom koji se primjenjuje kod manjih zgrada, kod ventiliranih fasada se kamena obloga specijalnim profilima najčešće pričvršćuje na ab. zidove), od aluminijskih ploča (poliranih i eloksiranih) i trapezastih ili impregniranih čeličnih limova. Stakleno-aluminijske fasade uobičajene su u poslovnim, urbanim zonama. Paneli ovakvih fasada mogu biti i od raznih drugih materijala kao što su suvremeni predgotovljeni betoni (primjer pokazan na sl. 1 - desno ima 50% recikliranog agregata), eternit i kerrock itd.



Slika 1: Funkcioniranje ventiliranih fasada (lijevo) i eco-sandwich beton. panel (desno)

U tablici 1 navedena je podjela zgrada prema razvoju graditeljske struke i primjenjivanih propisa za toplinske izolacije.

Tablica 1: Karakteristična razdoblja s obzirom na energetska učinkovitost ovojnice zgrada

Razdoblje	karakteristike zgrada (u državama s područjima bivše SFRJ)
do 1940. godine	prevladavaju masivne konstrukcije (debeli zidovi) od opeke i kamena s dvostukim prozorima
od 1940. do 1970. godine	zidovi vrlo loših izolacijskih svojstva - "lake" a.b. konstrukcije s nekvatnim jednostukim prozorima
1970. - 1987. godine	gradnja prema prvim propisima u SFRJ o toplinskoj zaštiti zgrada, ali još uvijek slično prethodnom razdoblju - samo s vrlo slabom TI (2 - 4 cm heraklita, drvolita, oklopna ili sl.) ab. zidova (d = 15 - 18 cm), ili zidova od opeke ili opekarskih blokova (d = 19 cm)
1987. - 2006. nakon 2006. godine	zgrade građene prema JUS-u koji propisuje TI vanjskih zidova 10 - 12 cm energetski učinkovita novogradnja usklađena s Tehničkim propisom o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama pa se pazilo na orijentaciju, dobar je TI cijele ovojnice i nema toplinskih mostova

UTJECAJI NA BOLJU ENERGETSKU UČINKOVITOST FASADA

Fasade novogradnje

Prema Europskoj direktivi energetske učinkovitosti (EPBD) sve nove zgrade od 1. siječnja 2021. god.

moraju biti gotovo nulte potrošnje, što podrazumijeva primjerene fasade.

U tom cilju treba nastojati projektirati prema pravilima pasivne arhitekture, što podrazumijeva kvalitetan TI zidova od barem 10 cm, ali i zidove i podove s visokim kapacitetom za akumulaciju topline, dvostruke ili trostruke prozore s izolacijskim slojem i lowe premazom, te prikladnim roletama, odgovarajuće nadstrešnice (prema kutu upada sunčeva zračenja i geografskoj širini) i izbor najpogodnijeg oblika, orijentacije zgrade (što duža južna strana s većim otvorima) i nasada u okolini (listopadno drveće na južnoj strani). Iako u upotrebi omogućuju velike uštede energije, gradnja ovakvih zgrada ne mora biti bitno skuplja od klasične.

Kada se projektiraju „štedljive“ zgrade, polazi se od uvjeta koje treba ispunjavati prostor u kojem će se boraviti. Uz raspoložive računalne programe (npr. za kreiranje 3D termodinamičkih modela) kod optimizacije fasada može se imati sofisticiraniji pristup od samog zadovoljavanja koeficijenta prolaza topline, te analizirati rješenja i s obzirom na toplinsku ugodu, osvjjetljenje i sjene [D. Bajić i M. Vučićević, 2009.].

Sada su još teže isplative, ali u budućnosti će se vjerojatno sve više raditi „pametne“ fasade koje proizvode energiju i koriste reciklirani (ekološki) materijal.

Kako bi se izbjegli kasniji problemi, izvedba fasada mora biti prema pravilima struke, odnosno uputama proizvođača materijala. Na kontaktnim fasadama, koje se kod nas najviše rade, TI ploče se polažu na rubni, početni profil za zid min. 30 cm od razine tla, tj. iznad zone prskanja (između tla i rubnog profila izolira se s XPS-om). Ljepilo je potrebno nanijeti po rubovima ploča kako bi se nakon lijepljenja postigao učinak izolirane komore (bez toga dolazi do problema s kondenzacijom i slabljenjem izolacije). Stabilnost se povećava tiplanjem cijele fasade na odgovarajućim mjestima (čvrstoća na raslojavanje između izolacije i podloge mora biti minimalno 80 kPa). Mehaničko pričvršćivanje izolacijskih ploča radi se najmanje 24 sata nakon njihova lijepljenja. Ploče se najprije postavljaju na kutovima zgrade, a polažu se odozdo prema gore, u svakom sljedećem redu s izmaknutim sljubnicama za ½ ploče. Nakon postavljanja svih ploča nanosi se ljepilo, mrežica se preklopi preko ruba ploče, utisne u ljepilo i zagladi gladilicom. Gdje treba biti veća čvrstoća na udar, utiskuju se dva sloja mrežica u tri sloja ljepila, ili se ugrađuje žičana mrežica, a može se koristiti i masa za izravnavanje ojačana karbonskim vlaknima. Na to se nanosi fasadna, završno dekorativna žbuka u jednoj operaciji od ugla do ugla.

Održavanje i obnova postojećih fasada

Hrvatski Zakon o gradnji iz 2014. godine propisuje rok od 5 godina za uređenje fasada novih obiteljskih kuća, a 10 godina za fasade složenih građevina. To se ne odnosi na stare zgrade bez fasade, već i za postojeće zgrade postoji obveza održavanja fasada. S vremenom se stanje fasada pogoršava te gube na učinkovitosti i estetici. Vlasnik je dužan osigurati održavanje građevine izvođenjem građevinskih i drugih radova kako bi se tijekom njenog trajanja očuvali temeljni zahtjevi za građevinu, te unapređivati ispunjavanje energetske svojstva.

Zakon o gradnji je usklađen s EPBD iz 2010. godine koji određuje primjenu minimalnih zahtjeva za energetska svojstva na postojeće zgrade i elemente njihove ovojnice koji podliježu većim obnovama ili zamjenama. Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama iz 2013. godine nalaže da se u slučajevima kada se obnavljaju, djelomično ili potpuno zamjenjuju građevni dijelovi zgrade koji su dio ovojnice njenog grijanog dijela na najmanje 25% ukupne površine pojedinih građevnih dijelova, ili najmanje 75% ovojnice grijanog dijela zgrade, moraju primjenjivati tehnički zahtjevi za racionalnu upotrebu energije i toplinsku zaštitu koji vrijede za nove zgrade. (Navedeno se ne primjenjuje prilikom obnove vanjske žbuke vanjskog zida koja ima koeficijent prolaska topline $U = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ ili manji.) Ispunjavanje minimalnih zahtjeva za energetska svojstva, uz suglasnost nadležnog ministarstva, ne primjenjuju se na zgrade koje su registrirane kao kulturna dobra ako bi to narušilo spomenička svojstva. Na zaštićenim zgradama kod kojih se ne smije mijenjati originalni vanjski izgled nekada se TI dodaje s unutarnje strane fasadnih zidova, ali to ne daje tako dobra svojstva

kao kada je na vanjskoj strani jer se zimi zidovi puno slabije griju (od unutarnjih izvora grijanja) i ne akumuliraju toplinu.

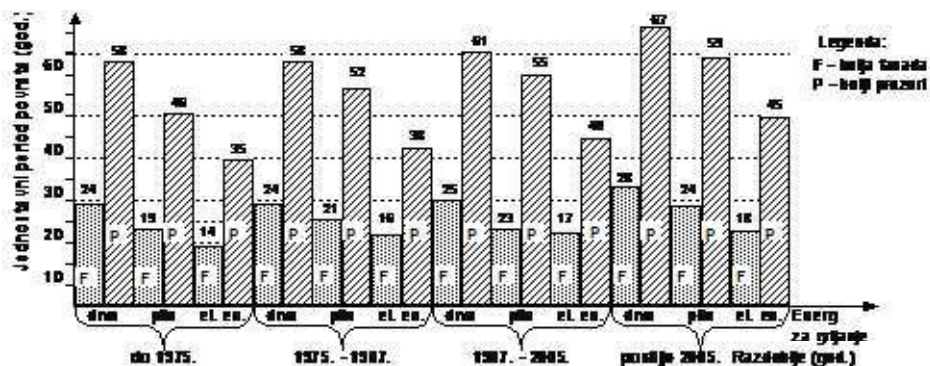
Smatra se da u Hrvatskoj više od 80% zgrada ima nedovoljnu izolaciju i zbog toga veliku potrošnju energije za grijanje ($200 - 250 \text{ kWh/m}^2$) [I. Križ Šelendić, 2012.]. Najviše zgrada je napravljeno od 50-ih do 80-ih godina 20. st. i upravo kod njih postoji najveći potencijal za uštedu energije. Za zgrade iz razdoblja nakon II. svjetskog rata do 1970. godine računa se da se povećanjem TI ovojnice (najviše vanjskih zidova, ali i ravnih krovova), te zamjenom prozora, gubici topline mogu smanjiti na $60 - 90 \text{ kWh/m}^2$ godišnje. Na zgradama iz sljedećeg razdoblja također se prvenstveno preporučuje toplinska (do)izolacija fasadnih zidova TI $d = 10 - 12 \text{ cm}$. Dodatna izolacija vanjskih zidova s $4 - 8 \text{ cm}$ kamene vune ili stiropora može biti korisna i kod zgrada iz razdoblja 1987. - 2006. godine, ali se rjeđe izvodi jer su kod njih isplativije neke druge mjere za uštedu energije [D. Vidaković i I. Gušić, 2015.].

Prvi korak kod doizolacije je ispitivanje i priprema podloge, a nakon toga slijedi temeljni premaz i ugradnja fasade s boljim izolacijskim svojstvima. Podloga se provjerava i procjenjuje kako bi se utvrdilo koliko je pogodna za postavljanje novog fasadnog sustava. Postupci pripreme za izvedbu nove termofasade ovise o vrsti podloge, a daljnje postavljanje u principu je isto kao da se radi o novogradnji. Moguće uštede u potrošnji energije

Izolacija, odnosno doizolacija fasadnih zidova, jedna je od vrlo čestih mjera koje se preporučuju u energetske certifikatima postojećih zgrada. Proračuni redovito pokazuju isplativost ulaganja u TI slabo izoliranih zgrada zbog ušteda na potrošnji energije za grijanje (pogotovo ako je el. energija), samo je pitanje koliko su velika potrebna ulaganja i moguće uštede i prema tome u što se najviše isplati investirati. To treba analizirati s obzirom na karakteristike svake pojedine zgrade kao što su dimenzije, ugrađeni materijali, klimatski uvjeti, zahtijevana unutarnja temperatura, energija za grijanje itd. Investiranje u energetske učinkovitost zgrada u Hrvatskoj je još povoljnije ako se znatni dio ($40 - 80\%$) sredstava uspije dobiti iz nepovratnih sredstava Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. Uobičajeni vanjski zid obiteljskih kuća, od opekarskih blokova $d = 30 \text{ cm}$ i s TI od 8 cm , ima koeficijent prolaska topline $U = 0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$, što znači da je godišnja energija za grijanje oko $3,6 \text{ m}^3$ plina po m^2 vanjskog zida, dok se povećanjem TI na 15 cm potrošnja smanjuje na cca. $2,3 \text{ m}^3$ plina po m^2 zida (stvarna potrošnja uvelike ovisi i o prozorima i izolaciji poda i krova). Proračun za jednu tipičnu višestambenu zgradu u kontinentalnoj Hrvatskoj pokazuje da se dodavanjem sloja kamene vune od 14 cm na postojeći neizolirani zid od pune opeke $d = 25 \text{ cm}$ koeficijent prolaska topline smanjuje skoro 9 puta (na $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Za svaku zgradu se s obzirom na troškove i uštede može utvrditi optimalna debljina TI fasade. Npr. za jednu obiteljsku kuću staru 10 godina, neto površine 95 m^2 na osnovi potrošnje plina za grijanje i cijena za doizolaciju analizirano je koliko debljinu EPS-a se najviše isplati staviti na postojeći sloj od 5 cm . Programom KI expert za projektnu temperaturu od $20 \text{ }^\circ\text{C}$, odnosno traženi C energetske razred, izračunato je da je potreban TI $d = 18 \text{ cm}$. Nije razmatrana opcija izolacije poda zbog velikog troška skidanja i stavljanja svih podnih obloga, već se odlučilo za postavljanje stiropornih ploča na strop. U tom slučaju pokazalo se da je uz 7 cm XPS-a na coku debljina EPS-a od 10 cm optimalna jer ima najmanje jednostavno razdoblje povrata (bez obračuna kamata), a povećanje TI iznad 20 cm u konkretnom slučaju zbog neizoliranih podnih površina i toplinskih mostova uopće ne pruža daljnje poboljšanje energetske svojstava [B. Perković, 2015.].

Danas postoje različiti računalni programi za izračun troškova zahvata za povećanje energetske učinkovitosti zgrada i onoga što se njima postiže. U ovom radu je pomoću programa na internetskoj stranici www.energetskeobnove.com/izracun-usteda/ paušalno određena veličina potrebnih ulaganja u energetske učinkovitije fasade i prozore te godišnje uštede na grijanju i vrijednost investicije, i to je iskazano kroz jednostavno razdoblje povrata uložених sredstava. Na sl. 2 pokazan je odnos isplativosti tih ulaganja na tipičnoj kući prizemnici $12,5 \times 8,5 \text{ m}$ u Osijeku, za slučajeve karakteristične gradnje iz različitih razdoblja i s najčešćim vrstama grijanja (drvo, plin i el. energija).



Slika 2: Orijentacijske veličine razdoblja povrata za ulaganja u energetska učinkovitost

ZAKLJUČAK

Kod nas je pri izboru materijala i izvođača za fasade najčešće prvi kriterij najniža cijena, a to u pravilu dovodi do znatno većih troškova u upotrebi - za grijanje, hlađenje i održavanje. Osim ušteda, bitan je i osjećaj ugođe korisnika, a smanjenjem potrošnje energenata smanjuje se i emisija štetnog CO₂ u atmosferu.

Ekonomično postupanje zahtijeva holističko planiranje svih troškova zgrade od izvedbe do razgradnje. Uz lako dostupne i dosta jednostavne računalne programe nije problem analizirati isplativost ulaganja u fasade ili druge elemente zgrade s boljim TI svojstvima. Primjer proračuna za jedan uobičajeni tip obiteljske kuće u kontinentalnom kraju pokazuje da je povrat ulaganja u učinkovitije fasade redovito puno kraći nego za ulaganje u prozore.

IZVORI

- Branimir Perković i dr. 2015. "Finding an optimal ETICS Thickness." u Zborniku radova 6nd International Natural Gas, Heat and Water Conference, ur. Pero Raos, str. 51-57. Osijek: Strojarski fakultet u Sl. Brodu
- Dejan Bajić i Milan Vučićević. 2009. "Modeliranje energetski efikasnih zgrada.", Build magazin, 12, str. 26-29.
- Držislav Vidaković i Ismet Gušić. 2015. "Oštećenja, održavanje i poboljšanja fasada." u Zborniku radova 24. međunarodnog znanstveno-stručnog skupa OTO 2015, ur. Zlatko Lacković, str. 121-135. Osijek: Albert naklada
- Energosovet, 2009. "Energobereženije pri rekonstrukciji i novom stroiteljstvu zdanij s pomošju sistemi nevesnih ventiliruemih fasadov." Energosovet - Informativni bilten, 3, str. 22-23.
- Irena Križ Šelendić. 2012. "Stanje postojećih zgrada u RH - Usklađenost sa današnjim zahtjevima energetske učinkovitosti." Datum preuzimanja 10.08.2015. <http://slidegur.com/doc/195636/stanje-postoje%C4%87ih-zgrada-uskla%C4%91enost-s-dana%C5%A1njim-zahtjevima>
- Silvio Novak. 2014. "Sanacija stare fasade." Datum preuzimanja 15.03.2015. <http://www.gradimo.hr/clanak/sanacija-stare-fasade/90516>