



Универзитет у Београду University of Belgrade
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ FACULTY OF ARCHITECTURE
Булевар краља Александра 73 Bulevar kralja Aleksandra 73
Београд, Србија Belgrade, Serbia



ŠESTI MEĐUNARODNI NAUČNO_STRUČNI SIMPOZIJUM
INSTALACIJE & ARHITEKTURA 2015

ZBORNİK RADOVA_



Универзитет у Београду University of Belgrade
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ FACULTY OF ARCHITECTURE
Булевар краља Александра 73 Bulevar kralja Aleksandra 73
Београд, Србија Belgrade, Serbia

ŠESTI MEĐUNARODNI NAUČNO_STRUČNI SIMPOZIJUM
INSTALACIJE & ARHITEKTURA 2015

Urednik
Milan Radojević

Zbornik radova

10. decembar 2015.

Beograd

ISBN 978-86-7924-154-2

CIP - Каталогизacija u publikaciji -
Nародна библиотека Србије, Београд

721.01(082)(0.034.2)
69(082)(0.034.2)

МЕЂУНАРОДНИ научно-стручни симпозијум Инсталације & архитектура (6 ; 2015 ;
Београд)
Zbornik radova [Elektronski izvor] / Šesti međunarodni naučno-stručni simpozijum
Instalacije & arhitektura 2015, Beograd 10. decembar 2015. ; [organizator] Univerzitet u
Beogradu, Arhitektonski fakultet = [organizer] University of Belgrade, Faculty of
Architecture ; urednik Milan Radojević. - Beograd : Arhitektonski fakultet, 2015 (Beograd :
Arhitektonski fakultet). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Sistemska zahtevi: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Radovi na srp. i
engl. jeziku. - Tiraž 100. - Napomene uz tekst. - Bibliografija uz svaki rad. - Summaries.

ISBN 978-86-7924-154-2

1. Архитектонски факултет (Београд)

a) Зграде - Пројектовање - Зборници b) Зграде - Инсталације - Зборници

COBISS.SR-ID [220359948](#)

Izdavač: Univerzitet u Beogradu - Arhitektonski fakultet

Za izdavača: Prof. dr Vladan Đokić

Recenzenti: Prof. dr Gordana Čosić
Prof. dr Dušanka Đorđević
Prof. dr Milenko Stanković

Urednik: Doc. dr Milan Radojević

Uređivački odbor: Prof. dr Lidija Đokić
Doc. dr Tatjana Jurenić
Mr Milica Pejanović
Doc. dr Miloš Gašić

Tehnički urednici: Doc. dr Tatjana Jurenić
Doc. dr Milan Radojević

Dizajn korica: Asis. Vladimir Parežanin

Štampa: Arhitektonski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd, Srbija

Tiraž: 100 primeraka



10_decembar_2015

Zbornik je štampan sredstvima Arhitektonskog fakulteta u Beogradu

Organizacioni odbor – Arhitektonski fakultet, Beograd

Doc. dr **Milan Radojević** dipl.inž.arh.
Mr **Milica Pejanović** dipl.inž.arh.
Doc. dr **Tatjana Jurenić** dipl.inž.arh.
Doc. dr **Miloš Gašić** dipl.inž.arh.
Asis. **Vladimir Parežanin** mast.inž.arh.
Svetlana Tolić, dipl.ek.

Programski odbor

Prof. dr **Vladan Đokić**, dipl.inž.arh.
Dekan Arhitektonskog fakulteta - Univerzitet u Beogradu, Srbija
Prof. dr **Milenko Stanković**, dipl.inž.arh.
Dekan Arhitek.-građ.-geod. fakulteta, Banja Luka, Republika Srpska, BiH
Prof. dr **Lidija Đokić**, dipl.inž.arh.
Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija
Prof. dr **Miodrag Mitrašinović**, dipl.inž.arh.
Parsons School of Design, The New School, School of Design Strategies, Njujork, SAD
Prof. dr **Frangiskos Topalis**, dipl.ing.el.
NTUA – Nacionalni Tehnički Univerzitet, Atina, Grčka
Prof. dr **Balint Bachman**, DLA
Dekan, Pollack Mihály Fakultet Inženjerstva, Univerzitet u Pečuju, Mađarska
Doc. dr **Aleksandar Radevski**, dipl.ing.arh.
Univerzitet Sv. Kiril i Metodij, Arhitektonski fakultet, Skoplje, Makedonija
Prof. dr **Elina Krasilnikova**, Državni Univerzitet za Arhitekturu i Građevinarstvo,
Institut za Arhitekturu i Urbani razvoj, Volgograd, Rusija
Prof. dr **Dražan Kozik**, dipl.inž.maš.
Univerzitet Josipa Jurja Štrossmajera u Osijeku, Maš. fakultet u Slavon. Brodu, Hrvatska
Prof. dr **Florian Nepravishta**
Politehnički Univerzitet u Tirani, Fakultet za Arhitekturu i Urbanizam, Albanija
Prof. dr **Goran Radović**, dipl.inž.arh.
Univerzitet u Podgorici, Arhitektonski fakultet, Crna Gora
Prof. **Srđa Hrisafović**, dipl.inž.arh.
Akademija likovnih umetnosti, Sarajevo, BiH
Prof. dr **Aleksandra Krstić Furundžić**, dipl.inž.arh.
Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija
Prof. dr **Miodrag Nestorović**, dipl.inž.arh.
Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija
Prof. mr **Rajko Korica**, dipl.inž.arh.
Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija
Prof. **Vladimir Lojanica**, dipl.inž.arh.
Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija
Prof. dr **Vladimir Mako**, dipl.inž.arh.
Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija

Prof. dr **Gordana Ćosić**, dipl.inž.arh.

Državni Univerzitet u Novom Pazaru, Srbija

Prof. dr **Dušanka Đorđević**, dipl.inž.arh.

Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija

Prof. mr **Petar Arsić**, dipl.inž.arh.

Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija

Dr **Marina Nenković-Riznić**, naučni saradnik, dipl.pr.planer

Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, Beograd, Srbija

Prof. dr **Jovan Despotović**, dipl.inž.građ.

Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Srbija

Prof. dr **Miloš Stanić**, dipl.inž.građ.

Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Srbija

Prof. dr **Branislav Živković**, dipl.inž.maš.

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Srbija

Dr **Jeremija Jevtić**, naučni savetnik, dipl.inž.maš.

IMR Institut, Beograd, Srbija

Dijana Kordić, dipl.inž.arh.

JKP Vodovod i kanalizacija, Beograd, Srbija

Ivan Ušljebrka, dipl.inž.arh, RIBA, ARB

IU Building Design Ltd., London, Engleska

Hristo Kitanoski, dipl.inž.arh.

Krin KG, Prilep, Makedonija

Naučno-stručni simpozijum
INSTALACIJE & ARHITEKTURA 2015

SADRŽAJ

Aleksandar Pecić

ENERGETSKA EFIKASNOST ZGRADE TEHNIČKIH FAKULTETA U BEOGRADU.....1

ENERGY EFFICIENCY OF THE BUILDING OF TECHNICAL FACULTIES IN SERBIA.....1

Aleksandar Radevski, Bojan Karanakov

OSVETLJENJE RADNIH PROSTORA7

LIGHTING OF THE WORK SPACES7

Aleksandar Rajčić

REGULATIVA ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA U regionu I softver „KNAUFTERM2“13

REGULATIONS ON ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS IN THE REGION AND SOFTWARE

"KnaufTerm 2"13

Aleksandra Nenadović, Žikica Tekić

PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA PREMA KRITERIJUMU ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE –
MATERIJALI I OTPAD19

STRUCTURAL DESIGN ACCORDING TO THE CRITERIA OF ENVIRONMENTAL PROTECTION –
MATERIALS AND WASTE19

Ana Perić

GREEN INFRASTRUCTURE IN SERBIA: AN OVERVIEW OF ENVIRONMENTAL AND SPATIAL
PLANNING POLICIES26

ZELENA INFRASTRUKTURA U SRBIJI: PREGLED POLITIKA U DOMENU ŽIVOTNE SREDINE I
PROSTORNOG PLANIRANJA26

Boris Antonijević, Melanija Pavlović

SANACIJA STARIH OBJEKATA PRIMENOM BAUMIT I KEMA SISTEMA34

RENOVATION OF OLD OBJECTS APPLYING BAUMIT AND KEMA SYSTEMS34

Božidar S. Furundžić

BUILDING CORE AND SHELL CONCEPT: CONSTRUCTION EXAMPLE.....43

KONCEPT JEZGRA I LJUSKE ZGRADE: PRIMER GRADNJE43

Danilo S. Furundžić

SMALL RESTAURANT IN BELGRADE CENTRE: "bg BURGER BAR"49

MALI RESTORAN U CENTRU BEOGRADA: "bg BURGER BAR"49

Dragan Marčetić

SAVREMENI KROVNI OMOTAČ.....55

Naučno-stručni simpozijum
INSTALACIJE & ARHITEKTURA 2015

CONTEMPORARY ROOF ENVELOPE.....	55
Dragana Vasiljević Tomić	
ZELENA INFRASTRUKTURA	62
GREEN INFRASTRUCTURE	62
Dušan Vuksanović	
EDUKACIJA U OBLASTI ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA U CRNOJ GORI	68
EDUCATION IN THE FIELD OF ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS IN MONTENEGRO	68
Igor Svetel, Milica Pejanović, Nenad Ivanišević	
BIM - SREDSTVO A NE PRINCIP	74
BIM – A TOOL NOT THE PRINCIPLE	74
Ilda Koca	
STUDIJA SLUČAJA: UNAPREĐIVANJE FUNKCIONALNOG URBANOG OSVETLJENJA KORIŠĆENJEM OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE	80
CASE STUDY: IMPROVING FUNCTIONAL URBAN LIGHTING USING RENEWABLE ENERGY SOURCES	80
Jelena Ivanović Šekularac, Nenad Šekularac, Jasna Čikić Tovarović	
PRIMENA BIORAZGRADIVIH MATERIJALA U SAVREMENOJ ARHITEKTURI	86
APPLICATION OF BIODEGRADABLE MATERIALS IN CONTEMPORARY ARCHITECTURE	86
Milan Radojević	
FASILITI MENADŽMENT – JAVNI SANITARNI OBJEKTI U BEOGRADU	92
FACILITY MANAGEMENT – PUBLIC SANITARY FACILITIES IN BELGRADE	92
Milica Jovanović Popović, Ljiljana Đukanović, Miloš Nedić	
UNAPREĐENJE ENERGETSKIH PERFORMANSI ZGRADE "PALATA SRBIJA"	101
ENERGY REFURBISHMENT OF "THE PALACE OF SERBIA"	101
Milica Mirković, Zorana Petojević, Goran Todorović, Radovan Gospavić	
EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE DINAMIČKIH TERMIČKIH PARAMETARA ZIDA ZGRADE METODOM TRANSFER MATRICA	107
EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE DYNAMIC THERMAL PARAMETERS OF A BUILDING WALL BY TRANSFER MATRIX	107
Nevena Simić, Marija Petrović, Mihailo Stjepanović, Predrag Petronijević	
POST-PROJEKTNNA ANALIZA – STUDIJA SLUČAJA ZA LINIJSKI INFRASTRUKTURNI OBJEKAT	113
POST-PROJECT ANALYSIS – CASE STUDY FOR LINE INFRASTRUCTURE FACILITY.....	113

Naučno-stručni simpozijum
INSTALACIJE & ARHITEKTURA 2015

Petar Arsić, Tanja Vrbnik-Brkić, Danilo Arsić	
ZGRADA UPRAVE ZA NEKRETNINE U PODGORICI	119
MONTENEGRO REAL ESTATE ADMINISTRATION	119
Predrag Mihajlović, Ljiljana Stošić	
URBANI MENADŽMENT I UPRAVLJANJE ŽIVOTNOM SREDINOM U GRADU U USLOVIMA PERMANENTNOG INTENZIVIRANJA SAOBRAĆAJA	124
URBAN MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE CITY IN THE CONDITIONS OF THE PERMANENT INTENSIFICATION ROAD	124
Saša B. Čvoro, Malina Čvoro, Una Umićević	
DNEVNO OSVJETLJENJE KAO PARAMETAR KVALITETA U ARHITEKTONSKIM TRANSFORMACIJAMA POSTOJEĆIH OBJEKATA	134
DAILY HIGHLIGHT QUALITY PARAMETERS IN THE ARCHITECTURAL TRANSFORMATION OF EXISTING FACILITIES	134
Srđa Hrisafović	
PAMETNA GRADSKA RASVJETA - Master plan osvjetljenja istorijskog jezgra Sarajeva	142
SMART CITY LIGHTING - Lighting Master Plan for the Historical Centre of Sarajevo	142
Tatjana Jurenić, Miloš Gašić	
PRIKAZ I ANALIZA ZNAČAJNIH KLASIFIKACIJA SISTEMA I ELEMENATA U SVETSKOJ PRAKSI	148
PREVIEW AND ANALYSIS OF SIGNIFICANT ELEMENTAL CLASSIFICATIONS IN GLOBAL PRACTICE	148
Vangjel Dunovski, Damjan Balkoski	
URBANISTIČKI POKRET URBANOG DIZAJNA	153
MOVEMENT IN THE FIELD OF URBAN DESIGN	153
Žikica Tekić, Aleksandra Nenadović, Saša Đorđević	
SANACIJA ELEMENATA KROVNE DRVENE KONSTRUKCIJE	157
REPAIR OF WOODEN ROOF STRUCTURE ELEMENTS	157
Žikica Tekić, Aleksandra Nenadović, Saša Đorđević	
KONSTRUKCIJA DVOVODNOG KROVA U SISTEMU LKV	163
GABLE ROOF STRUCTURE IN LKV SYSTEM	163

Aleksandra Nenadović¹, Žikica Tekić²

PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA PREMA KRITERIJUMU ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE – MATERIJALI I OTPAD

Rezime

U ovom radu se analizira se projektovanje konstrukcija prema kriterijumu zaštite životne sredine, sa ciljem povećanja efikasnosti korišćenja materijalnih resursa, odnosno sa ciljem redukcije intenziteta njihovog korišćenja. Konstrukcije se analiziraju kao podsistem zgrade, čije je ponašanje usmereno ka cilju sistema - zgrade - ekološkom kvalitetu. Predmetna analiza je ukazala na nužnost primene kompleksnog i sistemskog pristupa projektovanju konstrukcija, u funkciji ostvarenja ekološkog kvaliteta zgrada.

Ključne riječi

Održivo građenje, ekološki kvalitet zgrada, projektovanje konstrukcija, zaštita životne sredine, materijali i otpad

STRUCTURAL DESIGN ACCORDING TO THE CRITERIA OF ENVIRONMENTAL PROTECTION – MATERIALS AND WASTE

Summary

This paper analyzes the structural design according to the criteria of environmental protection, with the aim of increasing the efficiency of material resource use, and in order to reduce the intensity of their use. Building structures are analyzed as a subsystem of the building, whose behavior is directed towards the aim of system – building - ecological quality. The present analysis pointed to the necessity of applying a complex and systemic approach to the structural design, in function of achieving the ecological quality of buildings.

Key words

Sustainable building, ecological quality of buildings, structural design, environmental protection, materials and waste

¹Dr, docent, dipl.inž.arh., Univerzitet u Beogradu – Arhitektonski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73/2, Srbija, aleksandra@arh.bg.ac.rs

²Dr, vanredni profesor, dipl. inž. arh., Univerzitet u Beogradu – Arhitektonski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73/2, Srbija, ztekic@arh.bg.ac.rs

1. UVOD

Podizanje nivoa održivosti izgradnje podrazumeva „redukciju negativnih uticaja na životnu sredinu i potrošnju resursa usled izgradnje, upotrebe i razgradnje izgrađenih kapaciteta, uz istovremen porast kvaliteta života i zdravlja i sigurnosti u izgrađenom okruženju“ [1]. Cilj je optimizacija performansi zgrada u kontekstu održivosti, u skladu sa indikatorima ekoloških kvaliteta³. Konstrukcija zgrade, zajedno sa ostalim elementima arhitektonskog prostora, određuje performanse zgrade. Konstrukcija treba da bude projektovana i vrednovana kao podsistem zgrade, čije je ponašanje usmereno ka cilju sistema – zgrade – ekološkom kvalitetu [2], koji se u okviru kriterijuma zaštite životne sredine odnosi na redukciju štetnih emisija u vazduh, vodu i zemljište, kao i na povećanje efikasnosti korišćenja resursa, odnosno na redukciju intenziteta njihovog korišćenja.

U ovom radu se analizira projektovanje konstrukcija prema kriterijumu zaštite životne sredine, sa ciljem povećanja efikasnosti korišćenja resursa, odnosno sa ciljem redukcije intenziteta njihovog korišćenja, a na osnovu sledećih indikatora: zahtev za ukupnom količinom materijala; udeo materijala iz sekundarnih sirovina; udeo materijala iz primarnih sirovina iz obnovljivih izvora; udeo materijala iz izvora kojima se odgovorno upravlja; odlaganje otpada i udeo opasnog otpada.

2. PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA PREMA KRITERIJUMU ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE – MATERIJALI I OTPAD

2.1. ZAHTEV ZA UKUPNOM KOLIČINOM MATERIJALA

Obzirom na to da je građevinski sektor najveći potrošač primarnih sirovina u Evropi [3], cilj je smanjenje zahteva za ukupnom količinom materijala tokom životnog ciklusa zgrade, odnosno smanjenje pritiska na životnu sredinu tokom ekstrakcije resursa.

Jedan od načina da se smanje zahtevi za ukupnom količinom materijala je ponovna upotreba postojećih zgrada. Ponovna upotreba zgrade može zahtevati adaptaciju ili rekonstrukciju, odnosno zamenu elemenata zgrade. Kada je u pitanju konstrukcija zgrade ograničenja vezana za ponovnu upotrebu zgrade, mogu se ticati lošeg fizičkog stanja konstrukcije, nemogućnosti prilagođavanja prostora novoj nameni usled neadekvatne dispozicije konstruktivnih elemenata, kao i neprilagođenosti konstrukcije novim standardima. U tom smislu pri projektovanju novih zgrada, posebna pažnja treba da bude posvećena aspektu trajnosti konstrukcije i formi konstruktivnog sklopa koja omogućava adaptabilnost prostora. Takođe, rešenja treba da osiguraju robusnost, odnosno minimalnu oštetljivost konstrukcije pri različitim dejstvima.

Redukcija potrebne količine materijala može biti ostvarena i preko efikasnog iskorišćenja novoprojektovanih prostora, kroz racionalizaciju veličine prostora i povećanje udela neto korisnog prostora u ukupnom prostoru koji zauzima zgrada. Kada je u pitanju konstrukcija zgrade i efikasnost iskorišćenja prostora, ključna su pitanja adekvatnih dimenzija i pozicija nosećih elemenata. Veće oslobađanje prostora od nosećih elemenata vodi ka većoj neto korisnoj

³ Indikatori za integralnu procenu ekološkog kvaliteta zgrade se razvrstavaju po međusobno povezanim i uslovljenim kriterijumima održivosti u tri grupe: indikatori u okviru kriterijuma zaštite životne sredine, indikatori u okviru kriterijuma socijalnih dobiti i indikatori u okviru kriterijuma ekonomskih dobiti [2].

površini prostora [4]. Takođe, konstrukcije koje omogućavaju integraciju instalacija u zoni konstrukcije obezbeđuju veću neto korisnu zapreminu prostora. Na ovaj način ostvaruje se i ušteda u površini omotača zgrade. Prostorna integracija instalacionih sistema i konstrukcije je najefektivnija u slučaju primene ošupljenih konstruktivnih elemenata, sendvič i rešetkastih konstrukcija. Međutim, u procesu prostorne integracije instalacija i konstrukcije, treba imati u vidu da pojedina rešenja, tokom životnog ciklusa zgrade, mogu otežati proces popravke ili zamene elemenata, kao i proces adaptacija prostora, i voditi ka većoj potrošnji materijala i energije.

Zahtevi za ukupnom količinom materijala mogu biti redukovani ukoliko se ostvari funkcionalna integracija elemenata prostora. Površinski konstruktivni elementi, pored noseće funkcije, mogu preuzeti i funkciju omotača zgrade, kao i funkciju završnih unutrašnjih površina, odnosno eliminisati potrebu za završnim oblogama. U tom slučaju posebna pažnja treba da bude posvećena realizaciji odgovarajuće forme konstrukcije i adekvatnoj obradi završnih površina, odnosno ostvarenju odgovarajuće teksture i boje konstruktivnih materijala. Pri razmatranju mogućnosti upotrebe konstruktivnog materijala kao spoljnog omotača zgrade, mora se uzeti u obzir njegova otpornost na agresivna dejstva sredine, kao i količina materijala koja će biti potrebna za održavanje, tokom životnog ciklusa konstrukcije.

Gljučno svojstvo konstrukcija zgrada, koji se tiče redukcije količine materijala, je njihova strukturalna efikasnost, koja se meri stepenom iskorišćenja materijala konstrukcije po pitanju nošenja opterećenja. Sandaker konstatuje da „efikasna upotreba konstruktivnih materijala znači traganje za krutošću i nosivošću kroz geometriju, pre nego kroz količinu materijala i dimenzije“ [5]. Generalno, geometrija poprečnog preseka i podužna geometrija elementa konstrukcije utiču na njegovu strukturalnu efikasnost. Kod elemenata izloženih savijanju, veća strukturalna efikasnost se može ostvariti ukoliko se redukuje količina materijala u zoni u kojoj je on nedovoljno napregnut. Ostvarenje uštede u količini materijala u okviru pojedinačnih elemenata konstrukcije, vodi ka progresivnoj uštedi materijala u okviru čitavog sklopa. Ipak, najveće uštede u materijalu mogu biti ostvarene ukoliko je celokupni konstruktivni sklop adekvatno oblikovan. Kako bi se povećala strukturalna efikasnost, forma konstrukcije treba da bude takva da se obezbede što direktnije putanje opterećenja i izbegnu koncentracije napona.

U slučaju primene kompozitnih konstruktivnih materijala, mogu se ostvariti uštede u količini materijala u okviru konstrukcije, optimalnim projektovanjem materijala. U slučaju armiranog betona, kao najčešće korišćenog kompozitnog konstruktivnog materijala, uštede se mogu ostvariti uspostavljanjem optimalnog odnosa između količine betona, količine armature i čvrstoće betona, kao i optimizovanjem rasporeda armature u elementima konstrukcije, u skladu sa očekivanim naprezanjima konstrukcije.

2.2. UDEO MATERIJALA IZ SEKUNDARNIH SIROVINA

Cilj je povećanje udela materijala obezbeđenih iz sekundarnih sirovina (neposredna ponovna upotreba, upotreba uz doradu ili upotreba recikliranih materijala), u ukupnoj količini materijala, što će smanjiti zahteve za materijalima iz primarnih sirovina, ugrađenu energiju materijala, ali i smanjiti količinu otpada koji se šalje na deponije i time potencijalno zagađenje zemljišta i voda.

Elementi konstrukcija zgrada, mogu biti ponovo upotrebljeni ili reciklirani ukoliko su dostigli kraj svog upotrebnoog veka [6]. Ponovna upotreba elemenata konstrukcije bi trebalo da ima prioritet u odnosu na recikliranje, dok bi recikliranje trebalo da ima prioritet u odnosu na odlaganje otpada. Kako bi se elementi nosećih konstrukcija mogli ponovo upotrebiti u neizmenjenoj ili delimično izmenjenoj, potrebno je da budu trajni i adekvatno održavani.

Takođe, da bi se elementi mogli ponovo upotrebiti, potrebno je sprovođenje pažljive razgradnje zgrade u koju su ugrađeni. Konstruktivni sklop treba da bude takav da je omogućena razgradnja bez većeg oštećivanja elemenata. Pogodniji su konstruktivni sklopovi od prefabrikovanih elemenata međusobno vezanih vezama montažno-demontažnog karaktera. Ponovna upotreba je češća u slučaju standardizovanih komponenti i veza, kao i u slučaju komponenti većeg poprečnog preseka, obzirom na to da su manje sklone oštećivanju tokom procesa razgradnje zgrada. Pre ponovne upotrebe nosećih elemenata potrebno je sprovesti kontrolu nosivosti, nakon prethodnog odstranjivanja oštećenih delova, spojnih sredstava i delova nosača sa oslabljenim poprečnim presekom.

Kada je u pitanju ponovna upotreba drvenih nosača ograničavajući faktor može biti redukcija poprečnog preseka, koja nastaje nakon uklanjanja oštećenih delova, eksera, klinova ili zavrtnjeva i zona sa rupama. U tom kontekstu ponovna upotreba je češća u slučaju drvenih nosača velikog poprečnog preseka [7]. Kada je u pitanju ponovna upotreba čeličnih nosača, ograničavajući faktori mogu biti vezani za probleme korozije i zamora materijala. Ponovna upotreba elemenata za zidanje, može biti limitirana velikim utroškom rada koji je potreban kako bi se komponente vezane malterom razdvojile. U slučaju monolitnih armiranobetonskih konstrukcija, ponovna upotreba komponenti je retka, obzirom na otežanu razgradnju bez većih oštećenja [8]. Takođe, novu upotrebu često limitiraju dimenzije elemenata koje su projektovane za specifičnu namenu, kao i nemogućnost sagledavanja ugrađene armature. Sa druge strane, prefabrikovani betonski elementi standardnih dimenzija, sa standardizovanom armaturom, su pogodniji za ponovnu upotrebu. Ipak, u slučaju prefabrikovanih betonskih elemenata, monolitizacija pojedinačnih montažnih elemenata na licu mesta, sa ciljem ostvarenja adekvatnih seizmičkih performansi, otežava buduću razgradnju.

Pored ponovne upotrebe nosećih elemenata, smanjenje zahteva za materijalima iz primarnih sirovina je moguće ostvariti primenom upotrebljenih proizvoda drugih industrija, bez prethodnog procesiranja, u okviru konstrukcija zgrada. Kao ugrađena oplata armiranobetonskih konstrukcija mogu se koristiti plastične boce, balirane plastične kese i drugi komprimovani plastični materijali iz otpada.

Sa ciljem redukcije potrošnje materijala iz primarnih sirovina, u okviru nosećih konstrukcija zgrada mogu se primeniti i materijali dobijeni procesom reciklaže materijala iz otpada. Primarni problem koji se tiče upotrebe recikliranih materijala za izradu elemenata konstrukcija zgrada, odnosi se na potencijalno umanjeње kvaliteta materijala, odnosno na teže ostvarenje potrebnih performansi. Obzirom na to da čelik ne gubi na kvalitetu prilikom reciklaže, on se uspešno primenjuje za izradu čeličnih nosećih elemenata i armature betonskih nosača. U slučaju betona za izradu nosećih konstrukcija, moguća je primena recikliranih konstruktivnih materijala kao agregata.⁴ Primena recikliranih agregata, kao što su drobljena opeka i beton, treba da bude zasnovana njihovom prethodnom testiranju, pre svega po pitanju čvrstoće pri pritisku, poroznosti, apsorpcije vode i udela štetnih sastojaka, obzirom na to da svojstva agregata utiču na projektovanje mešavine i svojstva betona. Treba imati u vidu da prisustvo recikliranih agregata u betonu, može imati negativne efekte po obradljivost, ugradljivost, čvrstoću i trajnost betona, što je i jedan od razloga za odsustvo njihove šire primene. Primena agregata od recikliranog betona u okviru nosećih armiranobetonskih konstrukcija je ograničena i zbog velikih varijacija u kvalitetu betona, kao posledica različitog porekla i stanja "starog" betona [9]. Obzirom na navedeno, agregat od recikliranog betona se još

⁴ U Srbiji je upotreba recikliranih konstruktivnih materijala kao agregata limitirana nepostojanjem sistemski organizovanog, odvojenog sakupljanja, sortiranja i reciklaže građevinskog otpada. Građevinski otpad završava na deponijama.

uvek dominantno koristi za izradu tampona i podloga u putogradnji, dok je primena u okviru nosećih konstrukcija još uvek u fazi istraživanja.

Kako bi se redukovali zahtevi za primarnim sirovinama, pri projektovanju kompozitnih konstruktivnih materijala i kompozitnih nosećih komponenti, treba imati u vidu potencijal materijala i komponenti za buduće recikliranje, koji je u velikoj meri uslovljen mogućnošću separacije komponentnih materijala. Cilj je omogućiti kasnije razdvajanje materijala uz malu upotrebu energije.

Redukcija količine primarnih sirovina u okviru nosećih konstrukcija je ostvariva i kroz primenu nusproizvoda. Cement može biti delimično zamenjen nusproizvodima kao što su elektrofilterski (leteći) pepeo, zgura visokih peći, silikatna prašina i drugi komplementarni cementi materijali. Zamena cementa letećim pepelom je obično limitirana na 15-20%. Međutim pojedini istraživači ukazuju na to da je moguće zameniti i do 50% cementa, a da se pri tome ostvari bolja ugradljivost, veća kasnija čvrstoća i veća trajnost betona [10], kao i poboljšane mehaničke karakteristike, pre svega veća kasnija čvrstoća na pritisak i savijanje [11]. Međutim, rane čvrstoće ovih betona su obično niže nego čvrstoće betona na bazi čistog cementa, što se može odraziti na brzinu gradnje. Problem koji ograničava širu primenu betonima sa letećim pepelom i drugim komplementarnim cementnim materijalima je što im performanse i kvalitet variraju u skladu sa klasom komplementarnih materijala. U tom smislu potrebno je više ranih testiranja, što za projekte manjih razmera može biti ekonomski neisplativo.

Leteći pepeo i zgura mogu biti inkorporirani u betonske blokove za zidanje. Zgura visokih peći može biti upotrebljena kao zamena za cement i kao zamena za grubi pesak u betonu, uz unapređenje svojstva betona, kao što su čvrstoća pri pritisku i propusnost za vodenu paru i gasove [12]. Pesak u betonu može biti delimično ili u potpunosti zamenjen kamenom prašinom, nastalom tokom iskopavanja kamena.

2.3 UDEO MATERIJALA IZ PRIMARNIH SIROVINA IZ OBNOVLJIVIH IZVORA

Obzirom na to da građevinski sektor u Evropi, u najvećem procentu još uvek koristi primarne sirovine, i to iz neobnovljivih izvora, cilj je povećanje udela materijala iz primarnih sirovina iz obnovljivih izvora.

Proizvodnja betona, betonskih ili glinenih elemenata za zidane konstrukcije zasniva se na ekstrakciji primarnih sirovina koje se mogu smatrati obnovljivim ukoliko tempo potrošnje ne prevazilazi brzinu stvaranja novih rezervi, što trenutno nije slučaj sa većinom resursa. Međutim, potrošnja šljunka i peska za potrebe betonske industrije u Evropi, prevazilazi brzinu stvaranja novih rezervi. U tom kontekstu, trend je prelazak na drobljene i reciklirane agregate [13], bez obzira na malu ugrađenu energiju prirodnog šljunka na izvorištu.

Sa druge strane, drvo je obnovljiv, bio bazirani konstruktivni materijal, čije se rezerve pošumljavanjem mogu održavati na adekvatnom nivou. Ipak treba imati u vidu da se u slučaju mladih šuma mogu javiti problemi vezani za formiranje nosača potrebnih dimenzija poprečnog preseka kao i problemi vezani za slabiji kvalitet drveta brzorastućih vrsta. Ovi problemi mogu biti prevaziđeni kroz primenu kompozitnih drvenih nosača umesto rezane građe.

2.4 UDEO MATERIJALA IZ IZVORA KOJIMA SE ODGOVORNO UPRAVLJA

Eksploatacijom primarnih sirovina, degradira se prirodna sredina, narušava ekološka ravnoteža i ugrožava zdravlje bioloških resursa. Navedeni efekti su posebno izraženi u slučaju

ilegalne eksploatacije. Cilj je upotreba sertifikovanih materijala, iz izvora kojima se odgovorno upravlja. Primarni problem vezan za upotrebu sertifikovanih materijala je nepostojanje sistema sertifikacije ili nedovoljno razvijen sistem sertifikacije.

Obzirom na navedeno, tokom procesa projektovanja potrebno je poznavati efekte eksploatacije sirovina na životnu sredinu. Kada su u pitanju sirovine za izradu konstrukcija zgrada, potrebno je primarno poznavati uticaje koji se javljaju u slučaju eksploatacije šuma, peska, šljunka, krečnjaka, gline i rude gvožđa, obzirom na njihovu obimnu potrošnju. Nekontrolisana eksploatacija šuma, primarno vodi ka deforestizaciji, eroziji tla, promeni sastava tla i smanjenju biodiverziteta. Eksploatacija peska, šljunka, krečnjaka, gline i rude gvožđa, primarno podrazumeva zauzimanje velikih površina zemljišta, narušavanje prirodnih ambijentalnih vrednosti, gubitke staništa i zagađenje vode, vazduha i tla. Po životnu sredinu su posebno nepovoljne eksploatacije koje isključuju rekultivaciju.

2.5 ODLAGANJE OTPADA I UDEO OPASNOG OTPADA

Svi materijalni ulazi tokom životnog ciklusa zgrade, će pre ili kasnije biti transformisani u materijalne izlaze. Ukoliko završe na deponijama, materijalni izlazi ugrožavaju životnu sredinu, remeteći ekosisteme, preko zauzimanja zemljišta i mogućih ekotoksičnih efekata. Cilj je redukovanje količine građevinskog otpada, odnosno količine materijala koji će završiti na deponijama, kao i redukovanje udela opasnog otpada.

Građevinski otpad, koji je uglavnom inertan i neotrovan, generiše se prilikom gradnje, održavanja, rekonstrukcije ili rušenja zgrada. Najveća količina građevinskog otpada, koga u najvećem procentu čine beton i opekarski elementi (do 70%) [14], se generiše pri rušenju. Kada je u pitanju redukcija količine građevinskog otpada nastalog rušenjem, ključno je razmatranje aspekta koji se odnose na smanjenje količine ugrađenih materijala, pri čemu su u vezi sa konstrukcijom zgrade posebno značajni aspekti strukturalne efikasnosti, kao i aspekti funkcionalne integracije elemenata prostora. Kada je u pitanju redukovanje količine konstruktivnih materijala koji će završiti na deponijama, intervencije se pored smanjenja količine ugrađenih materijala, tiču i povećanja udela konstruktivnih materijala koji se mogu neposredno ponovo upotrebiti, upotrebiti uz doradu, reciklirati ili upotrebiti kao gorivo (uz brigu o problemu štetnih emisija). Kako bi se navedeno realizovalo, ključno je razmatranje aspekata trajnosti konstrukcije, zatim pitanja karaktera veza između elemenata, nivoa standardizacije komponenti i veza, kao i razmatranje potencijala materijala i komponenti za buduće recikliranje, u velikoj meri uslovljenog mogućnošću separacije komponentnih materijala.

Redukciju otpada u fazi izvođenja konstrukcije, moguće je ostvariti kroz primenu sistema koji ne podrazumevaju upotrebu ambalaže, krojenje komponenti na licu mesta, kao i korišćenje oplata za mali broj upotreba (drvene oplata pri izvođenju klasičnog armiranog betona).

Kako bi se redukovao udeo opasnog otpada, potrebno je u okviru konstrukcija izbegavati materijale koji sadrže opasne materije (ulja, boje, lakovi, lepkovi, nusproizvodi i dr., sa udelom opasnih materija).

3. ZAKLJUČAK

U radu je analizirano projektovanje konstrukcija prema kriterijumu zaštite životne sredine, sa ciljem povećanja efikasnosti korišćenja resursa, odnosno sa ciljem redukcije intenziteta njihovog korišćenja. Konstrukcije su analizirane kao podsistem zgrade, čije je

ponašanje usmereno ka cilju sistema - zgrade - ekološkom kvalitetu. Predmetna analiza je ukazala na nužnost primene kompleksnog i sistemskog pristupa projektovanju konstrukcija, u funkciji ostvarenja ekološkog kvaliteta zgrada. U tom kontekstu, potrebno je istražiti i nove modele edukacije projekatana uključenih u proces projektovanja zgrada, sa ciljem da se osposobe za optimizaciju rešenja zasnovanu na mnogostrukim analizama brojnih aspekata ekološkog kvaliteta.

LITERATURA

- [1] Working Group for Sustainable Construction: "Competitiveness of the Construction Industry: An agenda for sustainable construction in Europe", A report drawn up by the Working Group for Sustainable Construction with participants from the European Commission, Member States and Industry, Brussels, 2001.
- [2] A. Nenadović: "Integrirano projektovanje konstruktivnih sistema zasnovanih na primeni ferocementa", Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, 2014.
- [3] Jock, M., T. Henrichs, A. Pirc-Velkavrh, A. Volkery, D. Jarosinska, P. Csagoly, and Y. Hoogeveen: „The European environment – state and outlook 2010: Synthesis”, EEA European Environment Agency, Copenhagen, 2010.
- [4] Sev, A., and A. Özgen: „Space efficiency in High-rise Office Buildings“, METU JFA 26, no.2 (2009): 69–89.
- [5] Sandaker, Bjorn: “On Span and Space: Exploring structures in architecture”, Routledge, London, 2000.
- [6] John, V.M. and SE. Zordan: „Research and development methodology for recycling residues as building materials“, Waste Management 21, (2001): 213-219.
- [7] Nakajima, S., and Futaki, M: „National R&D project to promote recycle and reuse of timber constructions in Japan – the second year’s results“, Paper presented at the CIB Task Group 39 - Deconstruction Meeting, Karlsruhe, 2002.
- [8] Addis, Bill: “Building with Reclaimed Components and Materials: A Design Handbook for Reuse and Recycling”, Routledge, 2006.
- [9] Radonjanin V., M. Malešev i S. Marinković: „Mogućnosti primene starog betona kao nove vrste agregata u savremenom građevinarstvu“, Zaštita materijala 51, no.3 (2010): 178-188.
- [10] Malhotra, V.M., and P.K. Mehta: “High-Performance, High-Volume Fly Ash Concrete”, WOC, 2010.
- [11] Naik, T. R., and B.W. Ramme: „High Strength Concrete containing large quantity of fly ash“, ACI Material Journal 86, no.2 (1989): 111-116.
- [12] Wang, Y.: „The effect of Bond Characteristics Between Steel Slag fine Aggregate and Cement Paste on Mechanical Properties of Concrete and Mortar“, In MRS Proceedings, vol. 114. Materials Research Society, 1988.
- [13] Danish Technological Institute, Icelandic Building Research Institute, NCC, Franzefoss, and ERGO Engineering Geology Ltd.: “Baseline Report for the Aggregate and Concrete Industries in Europe”, ECO-SERVE Network, Cluster 3: Aggregate and Concrete Production, 2004.
- [14] N.D. Oikonomou: „Recycled concrete aggregates“, Cement and Concrete Composites 27 (2005): 315-318, 316.