



DEPARTMAN ZA
GRAĐEVINARSTVO
I GEODEZIJU

arh.ns
DEPARTMAN ZA ARHITEKTURU I URBANIZAM

15. međunarodna naučna konferencija

15th International Scientific
Conference

INDiS

Planiranje, projektovanje,
građenje i obnova graditeljstva

Planning, Design, Construction
and Building Renewal

24-26 November 2021
Novi Sad, Serbia

Zbornik radova Proceedings

Editors: V. Radonjanin, V. Vukobratović, I. Lukić





DEPARTMAN ZA
GRAĐEVINARSTVO
I GEODEZIJU

arh.ns
DEPARTMAN ZA ARHITEKTURU I URBANIZAM



iNDiS 2021

Međunarodna naučna konferencija
International Scientific Conference

ZBORNIK RADOVA
Novi Sad, Srbija, 24-26. novembar 2021.

PROCEEDINGS
Novi Sad, Serbia, 24-26 November 2021

Organizaciju Konferencije i izdavanje Zbornika radova pomogli su suorganizatori i donatori
Konferencije svojim priložima

Urednici:	Prof. dr Vlastimir Radonjanin, dipl.inž.građ. V. prof. dr Vladimir Vukobratović, dipl.inž.građ. V. prof. dr Ivan Lukić, dipl.inž.građ.
Tehnička organizacija skupa:	Departman za građevinarstvo i geodeziju, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
Tehnički urednik zbornika radova:	Ivan Lukić
Izdavač:	Departman za građevinarstvo i geodeziju, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
Štampa:	Departman za grafičko inženjerstvo i dizajn, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

69.05(082)(0.034.4)
624(082)(0.034.4)
72:502.1(082)(0.034.4)

**МЕЂУНАРОДНА научна конференција Планирање пројектовање, грађење и обнова
градитељства ИНДИС (15 ; 2021 ; Нови Сад)**

Zbornik radova [Elektronski izvor] = Proceedings / 15. međunarodna naučna konferencija
Planiranje projektovanje, građenje i obnova graditeljstva iNDiS 2021, Novi Sad, 24-26. novembar
2021. = 15th International Scientific Conference Planning, Design, Construction and Building
Renewal [iNDiS], Novi Sad, 24-26 November 2021 ; urednici V. Radonjanin, V. Vukobratović, I. Lukić.
- Novi Sad : Fakultet tehničkih nauka, Departman za građevinarstvo i geodeziju, 2018. - 1 elektronski
optički disk (CD-ROM) : tekst, ilustr. ; 12 cm

Sistemske zahteve: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovnog ekrana. - Elektronska publikacija u formatu
pdf opsega 1131 str. - Bibliografija uz svaki rad. - Rezime na engl. jeziku uz svaki rad.

ISBN 978-86-6022-253-6

а) Индустриска градња -- Зборници б) Грађевинске конструкције -- Зборници в) Архитектура --
Еколошка градња -- Зборници

COBISS.SR-ID 51562505

PROGRAMSKI ODBOR

Prof. emeritus dr Radomir Folić,
predsedavajući
Prof. dr Vlastimir Radonjanin
Prof. dr Srđan Kolaković
Prof. dr Đorđe Lađinović
Prof. dr Milan Trivunić
Prof. dr Mitar Đogo
Prof. dr Mirjana Malešev
Prof. dr Jelena Atanacković-Jeličić
Prof. dr Milena Krklješ
Prof. dr Igor Maraš
Prof. dr Mirjana Laban
Prof. dr Vladimir Bulatović

ORGANIZACIONI ODBOR

Prof. dr Vlastimir Radonjanin, predsedavajući
Prof. dr Mirjana Malešev
Prof. dr Milena Krklješ
V. prof. dr Ivan Lukić
V. prof. dr Igor Peško
V. prof. dr Vladimir Vukobratović
Doc. dr Vesna Bulatović
Doc. dr Slobodan Kolaković
Doc. dr Miloš Šešlija
Doc. dr Slobodan Šupić
Doc. dr Marko Marković

NAUČNI KOMITET

Atanacković –Jeličić Jelena, Srbija
Balasz Gyorgy, Mađarska
Banchila Radu, Rumunija
Bešević Miroslav, Srbija
Bjegović Dubravka, Hrvatska
Broćeta Gordana, BiH
Bulatović Vladimir, Srbija
Ćirović Goran, Srbija
Cvetkovska Meri, Makedonija
Dan Daniel, Rumunija
Dinulović Radivoj, Srbija
Đogo Mitar, Srbija
Folić Radomir, Srbija
Forde Michael C., Engleska
Gocevski Vlado, Kanada
Grdić Zoran, Srbija
Ignjatović Ivan, Srbija
Ivanov Radan , Bugarska
Ivanov Yatchko, Bugarska
Jakimov Todor, Bugarska

Janković Ksenija, Srbija
Knežević Miloš, Crna Gora
Kolaković Srđan, Srbija
Kovačević Dušan, Srbija
Kovler Konstantin, Izrael
Krklješ Milena, Srbija
Kukaras Danijel, Srbija
Kurtović-Folić Nađa, Srbija
Kusunoki Koichi, Japan
Kuzmanović Vladimir, Srbija
Lađinović Đorđe, Srbija
Laban Mirjana, Srbija
Lakušić Stjepan, Hrvatska
Legat Andraž, Slovenija
Liolios Asterios, Grčka
Lučić Duško, Crna Gora
Malešev Mirjana, Srbija
Maraš Igor, Srbija
Marinković Snežana, Srbija
Marković Zlatko, Srbija
Markovski Goran, Makedonija

Markulak Damir, Hrvatska
Milašinović Dragan, Srbija
Merta Ildiko, Austrija
Milojević Brankica, BiH
Netinger Ivanka, Hrvatska
Partov Doncho, Bugarska
Popović Predrag, SAD
Prokić Aleksandar, Srbija
Radonjanin Vlastimir, Srbija
Reba Darko, Srbija
Shlicke Dirk, Austria
Šajna Aljoša, Slovenija
Šumarac Dragoslav, Srbija
Tomažević Miha, Slovenija
Trivunić Milan, Srbija
Valeriu Stoian , Rumunija
Varevac Damir, Hrvatska
Veljković Milan, Holandija
Vukobratović Vladimir, Srbija
Zenunović Damir, BiH

iNDiS 2021

Departman za građevinarstvo i geodeziju, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, organizuje petnaestu međunarodnu naučnu konferenciju „iNDiS 2021“. Ove godine, konferencija se održava na pedesetogodišnjicu osnivanja Departmana, što je čini posebno važnom.

Prvi skup održan 1976. godine bio je na temu „Industrijska izgradnja stanova“ zbog njene aktuelnosti u tom periodu. Kasnije su održavane konferencije sa nešto širom tematikom „Industrijalizacija građevinarstva“, da bi se ubrzo na skupu pojavili radovi iz svih oblasti graditeljstva, od urbanističkog planiranja i projektovanja objekata različitih namena, do održavanja i većih intervencija na izgrađenom graditeljskom fondu. To je uslovalo i proširivanje oblasti koje obuhvata ovaj skup na kome, pored građevinskih inženjera, učestvuju urbanisti, arhitekta, inženjeri drugih struka koji rade u graditeljstvu, sociolozi, ekonomisti i drugi.

Ova konferencija, kao i nekoliko prethodnih, obuhvata probleme planiranja, projektovanja, građenja i obnove graditeljstva, geodezije, upravljanja rizicima od katastrofalnih događaja i zaštite od požara, što je naišlo na adekvatan odziv istraživača i inženjera različitih profila iz naše zemlje i inostranstva.

Članovi međunarodnog naučnog komiteta aktivno su učestvovali u pripremi konferencije, i kao recenzenti i kao autori. Očekuje se da će prezentacije radova i diskusije na konferenciji omogućiti definisanje glavnih pravaca razvoja graditeljstva u skladu sa savremenim trendovima, budući da je promovisano mnoštvo ideja i rezultata eksperimentalnih i teorijskih istraživanja u oblastima graditeljstva i zaštite životne sredine.

Za ovu konferenciju, Zbornik radova sadrži radove na engleskom i srpskom jeziku, što omogućuje bolju i plodniju komunikaciju i razmenu iskustava sa kolegama iz inostranstva. Dodatno, od značaja je i mogućnost sklapanja novih i jačanja postojećih profesionalnih i kolegijalnih veza. Ove godine na konferenciji učestvuju autori iz 16 zemalja, a Zbornik sadrži 116 radova.

Urednici svim autorima radova upućuju iskrenu zahvalnost na trudu uloženom u pisanje radova i doprinosu ovom događaju.

Department of Civil Engineering and Geodesy, Faculty of Technical Sciences in Novi Sad, organizes the 15th International Scientific Conference "iNDiS 2021". This year, the conference is being held on the fiftieth anniversary of the Department founding, which makes it especially important.

The first conference took place in 1976, with its main topic "Industrial construction of apartments" due to its actuality in that period. In the following years, conferences were held with a somewhat broader topic "Industrialization of Civil Engineering", and soon papers from all areas of construction appeared, from urban planning and design of structures of various purposes, to maintenance and major interventions on the built construction fund. This led to an expansion of the conference topics, where urban planners, architects, engineers from other fields working in construction, sociologists, economists and others are participating alongside civil engineers.

This conference, as well as several previous ones, covers the problems of planning, design, construction and building renewal, geodesy, disaster risk management and fire safety, which resulted in an adequate response of researchers and engineers of various profiles from our country and from abroad.

Members of the International Scientific Committee actively participated in the preparation of the conference, both as reviewers and authors. It is expected that the presentations of papers and discussions at the conference will help in defining the main directions of construction development, which will be in line with contemporary trends since many ideas and results of experimental and theoretical research in the fields of construction and environmental protection were promoted.

For this conference, the Proceedings contain papers written in English and Serbian, which enables better and more fruitful communication and exchange of experiences with colleagues from abroad. Additionally, it provides a great opportunity for making new and strengthening existing professional and collegial relationships. This year the authors from 16 countries participate in the conference, and the Proceedings contain 116 papers.

The editors are sincerely grateful to all the authors for the effort invested in writing papers and for the contribution to this event.

SUORGANIZATORI KONFERENCIJE

- ❖ REPUBLIKA SRBIJA
MINISTARSTVO PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG RAZVOJA
- ❖ REPUBLIKA SRBIJA
AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA
POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA VISOKO OBRAZOVANJE I
NAUČNOISTRAŽIVAČKU DELATNOST
- ❖ INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE
- ❖ FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA Novi Sad

DONATORI KONFERENCIJE

GENERALNI

- ❖ "KARIN KOMERC MD" Veternik
- ❖ "KONSTRUKTOR KONSALTING" Rakovica-Beograd

ZLATNI

- ❖ "BBR ADRIA" Zagreb
- ❖ "INELAS ERECO" Novi Beograd
- ❖ "LAFARGE BEOČINSKA FABRIKA CEMENTA" Beočin

SREBRNI

- ❖ "ADING" Novi Beograd
- ❖ "BALDINISTUDIO INTERNATIONAL" Novi Sad
- ❖ "MAPEI SRB d.o.o. BEOGRAD" Leštane-Beograd
- ❖ "OGRANAK DIASEN SRL" - Beograd
- ❖ "PRO-ING" Novi Sad
- ❖ "ROFIX d.o.o. SRBIJA" Popovac
- ❖ "SIKA SRBIJA d.o.o." Šimanovci
- ❖ "TENSAR INTERNATIONAL" Český Těšín
- ❖ "TRC-PRO" Petrovaradin

DONATORI

- ❖ "AG UNS ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKI INSTITUT" Novi Sad
- ❖ "AXIS GRAĐEVINSKI BIRO" Sremska Kamenica
- ❖ "KNAUF INSULATION" Beograd
- ❖ "MC-BAUCHEMIE" Sremska Mitrovica
- ❖ "NORTH ENGINEERING" Subotica
- ❖ "ORBIS COMPANY" Novi Sad
- ❖ "PIRAMIDA" Sremska Mitrovica
- ❖ "VOJVODINAPROJEKT" Novi Sad
- ❖ Vinarija "DULKA" Sremski Karlovci

SADRŽAJ CONTENTS

PLENARNA PREDAVANJA

PLENARY LECTURES

1.	Snežana MARINKOVIĆ, Ivan IGNJATOVIĆ, Nikola TOŠIĆ, Jelena DRAGAŠ, Vedran CAREVIĆ SUSTAINABLE SOLUTIONS FOR STRUCTURAL CONCRETE – RESEARCH CONDUCTED BY BELGRADE’S CONCRETE STRUCTURES RESEARCH GROUP OVER THE LAST DECADE	2
2.	Koichi KUSUNOKI, Trevor YEOW, Koichi KAJIWARA TACKLING EARTHQUAKE DISASTER BY USING E-DEFENSE SHAKING TABLE FACILITY	32
3.	Bojan POLETANOVIC, Ildiko MERTA SUSTAINABLE ALTERNATIVES TO TRADITIONAL CEMENT-BASED BUILDING MATERIALS	44
4.	Svetlana K. PEROVIĆ PROSPECTS FOR BROWNFIELD INVESTMENTS IN MONTENEGRO (Oral presentation only)	53

UVODNA PREDAVANJA

KEYNOTE LECTURES

5.	Frederic BOUDER, Sanja MRKŠIĆ KOVAČEVIĆ CAN THE CONSTRUCTION SECTOR BENEFIT FROM RISK COMMUNICATION? LESSONS FROM RISK SCIENCE	55
6.	Primož MOŽE, Fei YANG, Milan VELJKOVIC IN-PLANE BENDING BEHAVIOUR OF BOLTED STEEL PLATE WITH BOLTS IN NORMAL ROUND AND FITTED HOLES	63

RADOVI NA ENGLESKOM JEZIKU

PAPERS IN ENGLISH

7.	Albert TOPIĆ ALGORITHMIC ORGANELLES SYSTEM OF PREFABRICATED HOUSES IN NATURE	76
8.	Aleksandra ČURČIĆ, Katarina MEDAR, Dušan RANDELOVIĆ, Gordana TOPLIČIĆ BIORECEPTIVE FAÇADES IN ARCHITECTURE	85
9.	Alma-Dina BAŠIĆ, Martina GRUBOR, Marijana SERDAR, Ingrid MIKANOVIC, Günther WALENTA INFLUENCE OF SUPPLEMENTARY CEMENTITIOUS MATERIALS ON COMPRESSIVE STRENGTH OF CALCIUM ALUMINATE CEMENT	95
10.	Andrej IVANIĆ, Samo LUBEJ PROPERTIES OF HIGH-STRENGTH CONCRETE CONTAINING RECYCLED WASTE TIRE RUBBER	101
11.	Andrija ZORIĆ, Dragan ZLATKOV, Marina TRAJKOVIĆ-MILENKOVIĆ, Todor VACEV, Žarko PETROVIĆ ANALYSIS OF SEISMIC RESPONSE OF AN RC FRAME STRUCTURE WITH LEAD RUBBER BEARINGS	109
12.	Angelos LIOLIOS, Antonia MOROPOULOU, Konstantinos LIOLIOS, Boris FOLIC A STOCHASTIC APPROACH FOR OLD RC STRUCTURES STRENGTHENED BY TIES TO PREVENT PROGRESSIVE COLLAPSE UNDER SEISMIC SEQUENCES	119

13.	Besim DEMIROVIĆ, Rašid HADŽOVIĆ, Nedim OSMIĆ ANALYSIS OF GEOMETRIC AND MATERIAL NONLINEARITY OF REINFORCED CONCRETE ROD BY FINITE DIFFERENCE METHOD	127
14.	Biljana ILIĆ, Vlastimir RADONJANIN, Mirjana MALEŠEV, Mirjana LABAN CHALLENGES IN STANDARDIZATION OF 3D PRINTED CONCRETE	137
15.	Biljana LOVČEVIĆ KURELJUŠIĆ, Igor PEŠKO, Anka STARČEV-ĆURČIN RESILIENCE OF INDUSTRIAL FACILITIES FROM THE ASPECT OF FIRE PROTECTION	145
16.	Danica VUKAJLOVIĆ, Vladimir MUČENSKI, Igor PEŠKO, Milan TRIVUNIĆ IDENTIFYING CRITICAL INFRASTRUCTURE ELEMENTS OF ELECTRICAL SUBSTATIONS IN THE SOUTH BAČKA DISTRICT	155
17.	Danilo DRAGOVIĆ, Branko SLAVKOVIĆ, Milena KRKLJEŠ, Julija ALEKSIĆ, Lejla ZEĆIROVIĆ THE ANALYSIS OF IMPACT OF THE SIDEWALK OBSTRUCTIONS ON PEDESTRIAN WALKING SPEED AND WALKING BEHAVIOR	163
18.	Denisa DJORDJEVIC, Vladana RAJAKOVIC-OGNJANOVIC, Dragan MILICEVIC, Mladen MILANOVIC ONLINE MONITORING OF THE DRINKING WATER QUALITY IN DRINKING WATER SUPPLY NETWORK	173
19.	Doncho PARTOV, Hartmut PASTERNAK, Alfred MANGUS, Yvona KOLEKOVÁ, Lazar GEORGIEV ABOUT THE CURVED ORTHOTROPIC BRIDGES IN THE WORLD INCLUDING BULGARIAN DESIGN PRACTICE	179
20.	Dragan KATIĆ, Hrvoje KRSTIĆ HEATING ENERGY COSTS OF BUILDINGS	191
21.	Dragan MANOJLOVIĆ, Vladimir VUKOBRATOVIĆ, Anka STARČEV-ĆURČIN, Andrija RAŠETA DESCRIPTIVE MODEL FOR THE LOAD-SLIP CURVE PREDICTION IN TIMBER-CONCRETE COMPOSITE CONNECTIONS	199
22.	Dragana KONSTANTINOVIĆ, Maja MOMIROV, Slobodan JOVIĆ LESSONS FROM MIŠELUK – INNOVATIVE METHODOLOGY FOR URBAN ARCHITECTURE DESIGN PROCESS	211
23.	Dušan GRDIĆ, Nenad RISTIĆ, Gordana TOPLIČIĆ - ĆURČIĆ, Zoran GRDIĆ, Jelena BIJELJIĆ MECHANICAL PROPERTIES AND ENVIRONMENTAL EFFECT OF CONCRETE MADE WITH RECYCLED CRT GLASS	221
24.	Dušan KOCIĆ, Milica MARKOVIĆ, Jelena MARKOVIĆ BRANKOVIĆ, Milan PROTIĆ STRENGTHENING TIES TORQUE BEAM - COLUMN BASED ADHESIVES IN STEEL STRUCTURES	229
25.	Dušan KOVAČEVIĆ, Vladimir ŽIVALJEVIĆ TEACHING AID IN FEM EDUCATION - AxisVM® X6 FEM SOFTWARE -	235
26.	Goran CHAPRAGOSKI, Golubka NECHEVSKA-CVETANOVSKA FINITE ELEMENT MODELING OF CFRP STRENGTHENED COLUMN	243
27.	Gorana MILINČIĆ STANČIĆ, Mirjana LABAN, Đorđe ĆOSIĆ, Ljiljana POPOVIĆ WIND TURBINES - RISK ASSESSMENT AND FIRE SAFETY	249
28.	Igor SVETEL BIM STANDARDS AND DIGITAL TRANSFORMATION OF AEC SECTOR	259
29.	Ivana MARAŠ, Milica VRAČARIĆ THE URBAN EXPERIENCE: ROLAND BARTHES AND THE POSSIBILITY OF URBAN SEMIOLOGY	269
30.	Ivana VLADIĆ KANCIR, Marijana SERDAR, Branko PETRINEC RADIOLOGICAL PROPERTIES OF RED MUD WITH POTENTIAL FOR APPLICATION IN BUILDING MATERIALS	277
31.	Ivica STOILOVSKI, Toni ARANGJELOVSKI, Blazhe DUKOVSKI THE INFLUENCE OF FLY ASH ON THE KEY CHARACTERISTICS OF SELF-COMPACTING CONCRETE	283

32.	Jasmina LUKIĆ, Jelena VUKIĆEVIĆ MODERN ARCHITECTURAL USE OF TIMBER AS AN ECOLOGICAL MATERIAL	293
33.	Jovana MAKSIMOVIĆ, Zoran SUŠIĆ, Mehmed BATILOVIĆ, Radovan ĐUROVIĆ, Vladimir BULATOVIĆ DEFORMATION ANALYSIS OF LUTOVO BRIDGE USING MODIFIED IWST METHOD	303
34.	Julijana BOJADJIEVA, Kemal EDIP, Vlatko SHESHOV, Aleksandra BOGDANOVIC, Irena GJORGESKA REVITALIZATION OF OHRID 3D SEISMIC NETWORK	311
35.	Justus LAGENDIJK, Leo KULJANKI OPTIMIZATION LOAD TRANSFER PLATFORMS	320
36.	Katarina DIDULICA, Ana BARIČEVIĆ, Marina FRANČIĆ SMRKIĆ, Marija JELČIĆ RUKAVINA PRELIMINARY STUDY ON THE INFLUENCE OF WASTE FIBERS ON EARLY AGE AUTOGENOUS SHRINKAGE OF CEMENTITIOUS COMPOSITES	326
37.	Konstantin KAZAKOV, Doncho PARTOV, Alfred MANGUS, Hartmut PASTERNAK, Lazar GEORGIEV ABOUT THE APPLICATION OF OPEN RIBS FOR ORTHOTROPIC BRIDGE DECKS IN THE WORLD, INCLUDING BULGARIAN DESIGN PRACTICE	335
38.	Ksenija TEŠIĆ, Matej BOŽIĆ, Marko ŠVACO, Ana BARIČEVIĆ, Bojan JERBIĆ, Marijana SERDAR PROTOTYPING OF A WALL-CLIMBING ROBOT FOR THE INSPECTION OF CONCRETE BRIDGES	347
39.	Liljana DIMEVSKA, Meri CVETKOVSKA, Ana TROMBEVA GAVRILOSKA DYNAMIC ENERGY SIMULATION OF A BUILDING BEFORE AND AFTER THE APPLICATION OF FAÇADE NANOMATERIALS	353
40.	Ljiljana STOŠIĆ MIHAJLOVIĆ, Marija MIHAJLOVIĆ, Marko MIHAJLOVIĆ 4.0 INDUSTRIAL REVOLUTION AND URBAN LOGISTICS	363
41.	Ljiljana STOŠIĆ MIHAJLOVIĆ, Marija MIHAJLOVIĆ, Marko MIHAJLOVIĆ MODERN MATERIALS FOR ENERGY EFFICIENCY IN SERBIAN BUILDINGS	371
42.	Marija DOCEVSKA, Goran MARKOVSKI, Peter MARK EXPERIMENTAL AND ANALYTICAL STUDY ON RECOVERY OF CONCRETE CREEP UNDER REPEATING LOADS	379
43.	Marija NEDELJKOVIĆ, Nikola TOŠIĆ, Erik SCHLANGEN, Sonja FENNIS SELECTIVE DEMOLITION OF CONCRETE STRUCTURES: APPROACH AND REVIEW OF POTENTIALLY USEFUL METHODS	389
44.	Marina AŠKRABIĆ, Dimitrije ZAKIĆ, Aleksandar SAVIĆ, Aleksandar RADEVIĆ PHYSICAL, MECHANICAL AND DURABILITY ASPECTS OF LIME-BASED COATINGS WITH ADDITION OF NATURAL ZEOLITE	402
45.	Marina CAREVIĆ TOMIĆ MIXED-USE AND URBAN MORPHOLOGY	410
46.	Marko MARKOVIĆ, Tatjana KUZMIĆ, Mehmed BATILOVIĆ, Vladimir BULATOVIĆ, Zoran SUŠIĆ INFLUENCE ANALYSIS OF THE NUMBER AND DISTRIBUTION OF CONTROL POINTS ON THE QUALITY OF DATA COLLECTED BY UAV	420
47.	Marko MILOŠEVIĆ, Srđan ŽIVKOVIĆ, Marija SPASOJEVIĆ ŠURDILOVIĆ, Dragana TURNIĆ REPRESENTATION OF REHABILITATION OF THE BRIDGE WITH USE OF STEEL REINFORCEMENTS	428
48.	Marko STOJANOVIĆ, Ksenija JANKOVIĆ, Dragan BOJOVIĆ, Lana Antić ARANDELOVIĆ, Ljiljana LONČAR POSSIBILITY OF USING AERO SOLID AS A REPLACEMENT FOR AIR ENTRAINING ADMIXTURE	438
49.	Mihai FOFIU, Carla TODUT, Daniel DAN, Valeriu STOIAN PRECAST REINFORCED CONCRETE WALL PANELS SUBJECTED TO EARTHQUAKE LOADING	446

50.	Milan TRIVUNIĆ, Dušanka PLAZINA PEVAČ, Igor PEŠKO, Vladimir MUČENSKI, Željko JAKŠIĆ CONSTRUCTION INDUSTRIALIZATION AND BIM	454
51.	Milena KRKLJEŠ, Mirjana SLADIĆ, Ranka MEDENICA TODOROVIĆ, Darko REBA, Dejana NEDUČIN CULTURAL HERITAGE ALONG THE DANUBE RIVER AS URBAN DEVELOPMENT POTENTIAL – CASE STUDY OF BAČKA PALANKA	464
52.	Milena SENJAK, Jasmina DRAŽIĆ IMPLEMENTATION OF BIM TECHNOLOGY IN THE PREFABRICATED CONSTRUCTION PROCESS	472
53.	Milena SENJAK, Igor PEŠKO, Vladimir MUČENSKI, Mirjana TERZIĆ APPLICATION OF LEAN PRINCIPLES IN ORDER TO REDUCE WASTE AND LOSSES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY	480
54.	Milica MARKOVIĆ, Jelena MARKOVIĆ BRANKOVIĆ, Jelica PROTIĆ ASSESSMENT OF SILTATION PROCESSES OF THE RESERVOIR “RASTOVNICA” BASED ON BATHYMETRY	490
55.	Mirsad TOPALOVIĆ, Damir ZENUNOVIĆ, Kemal ZAHIROVIĆ, Danijel RUŽIĆ DUCTILITY OF PLASTIC HINGES IN BEAMS OF REINFORCED CONCRETE FRAME STRUCTURES	498
56.	Nada TATALOVIĆ, Slavica DABIŽLJEVIĆ, Mladen PEČUJLIJA, Mirjana LABAN ACCIDENT PREVENTION MEASURES IN ELECTRICITY GENERATION PLANTS	506
57.	Nadja KURTOVIĆ FOLIĆ CONTRIBUTION ABOUT THE PRINCIPLE OF MINIMAL INTERVENTION IN THE CONSERVATION OF BUILT HERITAGE	514
58.	Nemanja RANČIĆ, Marko MILOŠEVIĆ, Srđan ŽIVKOVIĆ BLIND BOLTS UTILIZATION AT STEEL HOLLOW SECTIONS IN CIVIL ENGINEERING	524
59.	Nenad RISTIĆ, Jelena BIJELJIĆ, Dušan GRDIĆ, Jovan MIŠIĆ, Zoran GRDIĆ, Gordana TOPLIČIĆ-ČURČIĆ SULFATE RESISTANCE OF GEOPOLYMER MORTARS PRODUCED WITH BIOMASS WOOD ASH	530
60.	Nenad STOJKOVIĆ, Hartmut PASTERNAK, Radomir FOLIĆ INVESTIGATION OF THE FATIGUE INDUCED HYSTERESIS LOOP CHANGE OF ADHESIVELY BONDED JOINTS	539
61.	Nikola NAUMOVSKI, Viktor HRISTOVSKI RAILWAY INDUCED VIBRATIONS AND THEIR INFLUENCE ON STRUCTURES AND HUMANS IN URBAN AREAS	549
62.	Nina SERDAR, Jelena PEJOVIĆ, Radomir FOLIĆ EVALUATING EFFECTS OF SKEW ANGLE AND CURVATURE ON DUCTILITY CAPACITY OF A BRIDGE USING NSA	559
63.	Olivera BUKVIĆ, Antonino RUNCİ, Marijana SERDAR CRITICAL PARAMETERS FOR THE MIX DESIGN OF SLAG-BASED ALKALI-ACTIVATED CONCRETE	569
64.	Petar GREKOV, Anton GOROLOMOV, Doncho PARTOV, Gaetano PIANESSE, Plamen GENOV NONLINEAR SEISMIC ANALYSIS OF MASONRY BUILDINGS IN BULGARIAN DESIGN PRACTICE, USING EQUIVALENT FRAME MODEL	577
65.	Petr TRTÍLEK, Tomáš HANÁK USE OF MODERN APPROACHES FOR MEASUREMENT OF CONSTRUCTION CONTRACTS IN THE CZECH REPUBLIC	586
66.	Predrag RADOMIROVIĆ, Ivana NIKOLIĆ THE IMPORTANCE OF HYPERPRODUCTION IN ARCHITECTURE	595
67.	Primož JELUŠIĆ, Stojan KRAVANJA, Tomaž ŽULA LITERATURE REVIEW AND DESIGN OF GEOSYNTHETIC REINFORCED SOIL BRIDGE ABUTMENT	605

68.	Radan IVANOV, Sergey PSHENICHNOV, Maria DATCHEVA NON-STATIONARY WAVE PROPAGATION IN A VISCOELASTIC LAYER DUE TO STEP LOADING	611
69.	Radmila ĐURAŠINOVIĆ, Miljana ZEKOVIĆ TOWARDS A NEW SPATIAL CONTRACT: TRANSFORMATIVE PARTICIPATION IN WORKSPACE DESIGN	617
70.	Radomir FOLIĆ, Miloš ČOKIĆ SEISMIC ANALYSIS OF AN RC BUILDING USING DIFFERENT NONLINEAR AND DAMAGE STATE CALCULATION METHODS	627
71.	Sanja KOVIJANIĆ, Slavko LAZIĆ, Ivan LUKIĆ, Mirjana LABAN CONDITION OF TRANSFORMER STATIONS 110 / X IN FUNCTION OF FIRE PROTECTION IN DISTRIBUTION AREA NOVI SAD	637
72.	Senka BAJIĆ, Igor DŽOLEV, Anka STARČEV-ČURČIN COMPARATIVE FIRE RISK ASSESSMENT OF ELEMENTARY SCHOOL “KIŠ FERENC” IN OROM, SERBIA	645
73.	Slavica DABIŽLJEVIĆ, Nada TATALOVIĆ, Mirjana LABAN, Slobodan ŠUPIĆ SEISMIC HAZARD MANAGEMENT IN THE FUNCTION OF PROTECTION AND RESCUE ON THE TERRITORY OF GORNJI MILANOVAC MUNICIPALITY	655
74.	Slobodan ŠUPIĆ, Vesna BULATOVIĆ, Mirjana MALEŠEV, Vlastimir RADONJANIN CHARACTERIZATION OF BIOMASS ASHES GENERATED BY WHEAT AND SOYBEAN STRAW COMBUSTION	665
75.	Stojan KRAVANJA, Tomaž ŽULA, Primož JELUŠIČ OPTIMIZATION OF A HALL STRUCTURE WITH STEEL OR TIMBER FRAMES	675
76.	Tahir HANIF, Abdulla ALDHAHERI MANAGING MULTIPLE PROJECTS USING REFERENCE CLASS FORECASTING	683
77.	Tanja NOŽICA, Đorđe JOVANOVIĆ, Drago ŽARKOVIĆ SOFTWARE IMPLEMENTATION OF STABILITY DESIGN OF STEEL FRAMES	697
78.	Tatjana KOČETOV MIŠULIĆ, Aleksandra RADUJKOVIĆ PROPOSAL FOR ASSIGNMENT OF VISUALLY GRADED TIMBER INTO STRENGTH CLASSES IN EXISTING STRUCTURES	707
79.	Tiana MILOVIĆ, Mirjana MALEŠEV, Miroslava RADEKA, Vlastimir RADONJANIN EFFECT OF FLY ASH AS SCM ON REPAIR MORTARS' BOND STRENGTH IN ACCORDANCE WITH EN 1542	717
80.	Todor VACEV, Miloš MILIĆ, Andrija ZORIĆ, Ivan NEŠOVIĆ BEHAVIOUR OF A STEEL TOWER FAMILY UNDER WIND GUST ACTION	725
81.	Tomaž ŽULA, Stojan KRAVANJA, Primož JELUŠIČ COST OPTIMIZATION OF A COMPOSITE I BEAM	735
82.	Tomaž PAZLAR, Egon MILOST BUILDING DAMAGE ASSESSMENT AFTER ALBANIA 2019 EARTHQUAKE	741
83.	Uroš KLANŠEK MINLP APPROACH TO COST-OPTIMAL PROJECT SCHEDULING	751
84.	Vesna BULATOVIĆ, Slobodan ŠUPIĆ, Ivan LUKIĆ, Mirjana MALEŠEV, Vlastimir RADONJANIN SULFATE RESISTANCE OF CONCRETE WITH RCA AFTER ONE YEAR EXPOSURE TO SULFATE SOLUTIONS	757
85.	Vesna LOVEC, Robert IVANČIČ POTENTIAL USES OF THE INTERIOR THERMAL INSULATION IN KINDERGARTENS. SYSTEM SCIENTIS	767
86.	Vesna ŽEGARAC LESKOVAR, Vanja SKALICKY KLEMENČIČ RETHINKING THE ARCHITECTURAL DESIGN OF VULNERABLE BUILT ENVIRONMENTS: LESSONS LEARNT FROM THE COVID-19 PANDEMIC	777
87.	Viktor HRISTOVSKI, Emil JANKULOVSKI ASPECTS OF RC WALLS MODELLING AND DESIGN USING FINITE ELEMENT METHOD	787

88.	Violeta STEFANOVIĆ FROM SOCIALIST TO POST-SOCIALIST HOUSING IN NOVI SAD, SERBIA: A SHIFT IN SHAPING COMMUNITIES	797
89.	Vladimir GOCEVSKI ANALYSIS AND RETROFITTING OF EXISTING STRUCTURES AFFECTED BY ALKALI-AGGREGATE REACTION IN CONCRETE	805
90.	Vladimir ŽIVALJEVIĆ, Đorđe JOVANOVIĆ, Dušan KOVAČEVIĆ NUMERICAL INVESTIGATION OF CFS BEAM-COLUMNS WITH SLOTTED WEB HOLES	819
91.	Yatchko IVANOV THE INITIATIVE FOR DEEP SANITATION OF EU AND THE TASKS OF CONSTRUCTION BRANCH	828
92.	Željka BELJKAŠ, Miloš KNEŽEVIĆ, Vlastimir RADONJANIN, Mirjana MALEŠEV, Mirjana LABAN ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF ECO-SLUDGE-CONCRETE PRODUCTION USING SLUDGE FROM THE ARSENAL WAREHOUSE IN TIVAT	834

RADOVI NA SRPSKOM JEZIKU

PAPERS IN SERBIAN

93.	Aleksandar DAVIDOVIĆ, Miljana ZEKOVIĆ ISTRAŽIVANJE PROSTORNOG OKVIRA: HIBRIDNI PROSTOR MEŠOVITE STVARNOSTI	845
94.	Branko SLAVKOVIĆ, Danilo DRAGOVIĆ, Julija ALEKSIĆ PRIMENA STAKLA U FASADNIM SISTEMIMA U PROCESU ENERGETSKE OPTIMIZACIJE ZGRADE – STUDIJA SLUČAJA	853
95.	Damjana NEDELJKOVIĆ, Tatjana JURENIĆ, Aleksandra ČABARKAPA POTENCIJAL PRENAMENE POSLOVNIH U HOTELSKE OBJEKTE U BEOGRADU	863
96.	Dejan VASIĆ, Marina DAVIDOVIĆ PRIMENA MOBILNOG LASERSKOG SKENIRANJA U REKONSTRUKCIJI PUTEVA I PUTNOG INVENTARA	873
97.	Ivanka NETINGER GRUBEŠA, Marijana HADZIMA NYARKO, Hrvoje KRSTIĆ, Berislav MARKOVIĆ, Denis KOVAČ, Petra MILIČEVIĆ POTENCIJAL AGRO-BETONA U GRAĐEVNOJ INDUSTRIJI	879
98.	Ivanka NETINGER GRUBEŠA, Lidija TADIĆ, Ivana BARIŠIĆ, Anita GOJEVIĆ, Filip BROZOVIĆ SMANJENJE PRONOSA ONEŠIŠĆENJA OBORINSKIM VODAMA PRIMJENOM TIO₂ NA POROZNIM PARKIRALIŠNIM PLOČAMA ZA POPLOČAVANJE	889
99.	Jelena TATALOVIĆ, Goran MARINKOVIĆ, Milan TRIFKOVIĆ UTICAJ KOMASACIONIH PROJEKATA NA REGULACIJU NIVOA PODZEMNIH VODA	897
100.	Jovana VUKANIĆ URBANA REGENERACIJA GRADSKOG CENTRA BARCELONE (POBLENOU)	906
101.	Maja FEKETIĆ, Iva JANDRIČEK SANACIJA LOKACIJE VISOKOONEČIŠĆENE OPASNIM OTPADOM (CRNA TOČKA) JAMA SOVJAK KOD RIJEKE	915
102.	Marina DAVIDOVIĆ, Tatjana KUZMIĆ, Dejan VASIĆ METODOLOGIJA PRIKUPLJANJA I OBRADE PODATAKA U CILJU ODRŽAVANJA PUTNE INFRASTRUKTURE	925
103.	Marina RAKOČEVIĆ, Miloš KNEŽEVIĆ, Vasilije BOJOVIĆ, Ivana DROBNJAK ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA I PROCJENA TROŠKOVA ZA REKONSTRUKCIJU OSNOVNE ŠKOLE "VLADIMIR NAZOR"	934
104.	Merima SALČIN, Žana DŽUBUR OTPORNOST ČELIČNIH KONSTRUKCIJA NA POŽAR	944

105.	Mladen DUNĐEROVIĆ IZGRADNJA KONSTRUKCIJE ŠOPING-MOLA DELTA PLANET U NIŠU	950
106.	Olivera DOKLESTIĆ PROJEKTOVANJE VODOVODNOG SISTEMA U PRIMORSKOM (TURISTIČKOM) REGIONU	963
107.	Petar MIRKOVIĆ TRANSFORMACIJA OBJEKATA INDUSTRIJSKOG NASLEĐA U KREATIVNE DISTRIKTE, SLUČAJ KOMPLEKSA "PETAR DRAPŠIN"	970
108.	Radomir KOJIĆ TRANSFORMACIJA SALONSKOG STANA U KOKTEL BAR	978
109.	Salko KULUKČIJA, Faris TREŠNJO, Jasmina DŽINO, Adi BOJIČIĆ, Merima ŠAHINAGIĆ-ISOVIĆ MEHANIČKA SVOJSTVA ZIDANIH ZIDOVA OD PRIRODNOG KAMENA	986
110.	Šemso KALAČ, Naja ZEJNELAGIĆ, Bojana STERNIŠA PATCH LOADING – NUMERIČKA ANALIZA STABILNOSTI I NOSAČA SA I BEZ PODUŽNOG UKRUĆENJA	996
111.	Slobodan KRNJETIN BEZBEDNOST ZGRADA GRAĐENIH BALIRANOM SLAMOM	1006
112.	Slobodan RANKOVIĆ, Mladen MILINKOVIĆ, Todor VACEV, Žarko PETROVIĆ, Bojan MILOŠEVIĆ PRIMENA FEROCEMENTA ZA IZRADU PREFABRIKOVANIH ELEMENATA I ISPITIVANJE NJIHOVE NOSIVOSTI PROBNIM OPTEREĆENJEM	1012
113.	Snežana ILIĆ, Ljiljana POPOVIĆ, Đorđe ĆOSIĆ KOMPARATIVNA ANALIZA ISPITIVANJA POŽARNOOTPORNIH VRATA PREMA SRPSKIM STANDARDIMA	1020
114.	Tijana MAJKIĆ, Đorđe LAĐINOVIĆ UTICAJ VREDNOSTI HORIZONTALNOG PSEUDOSTATIČKOG KOEFICIJENTA U ANALIZI STABILNOSTI KOSINE	1028
115.	Višnja ŽUGIĆ, Bojan STOJKOVIĆ STRATEGIJE I PRISTUPI REKONSTRUKCIJI IKONIČNIH MEGASTRUKTURA 20. VEKA	1036
116.	Zdravko BIJELIĆ, Biljana MILANOVIĆ, Željka BIJELIĆ, Mitar BIJELIĆ MODEL TRAJNOG SISTEMSKOG UČENJA U FUNKCIJI OPTIMALNOG RAZVOJA GRADITELJSTVA U SRBIJI	1046

DONATORI / DONATORS

Branko SLAVKOVIĆ¹

Danilo DRAGOVIĆ²

Julija ALEKSIĆ³

PRIMENA STAKLA U FASADNIM SISTEMIMA U PROCESU ENERGETSKE OPTIMIZACIJE ZGRADE – STUDIJA SLUČAJA

Rezime: Ovo istraživanje ima za cilj da proveriti različite mogućnosti primene stakla u fasadnim sistemima na južnoj fasadi postojećeg objekta. Kao model za ovo istraživanje uzet je industrijski objekat tekstilnog kombinata „Vesna“ u Sjenici, koji je potrebno adaptirati u objekat poljoprivrednog fakulteta. Na južnoj fasadi objekta ispitane su mogućnosti redukcije termičkih gubitaka klasičnom sanacijom omotača zgrade i sanacijom sa primenom dvostruke fasade kao modalitetom pasivne solarne arhitekture. U radu su rađeni proračuni redukcije transmisionih gubitaka rekonstrukcijom fasadnog omotača upotrebom određene vrste stakla. Rekonstrukcija fasade rukovođena je postojećim Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada, čime je određena potrebna vrsta stakla, vrsta prozorskih okvira, tip vertikalnih i horizontalnih nosača zid zavesa i potrebna debljina termoizolacionog sloja za netransparentne delove fasade.

Glavne reči: staklo, energetska efikasnost, regulativa, adaptacija, dvostruka fasada, energetska sanacija

APPLICATION OF GLASS IN FACADE SYSTEMS IN THE PROCESS OF ENERGY OPTIMIZATION OF BUILDINGS - CASE STUDY

Abstract: This research aims to examine the different possibilities of applying glass in facade systems on the southern facade of an existing building. As a model for this research, the industrial building of the textile factory "Vesna" in Sjenica was taken, which needs to be adapted into the building of the Faculty of Agriculture. On the southern facade of the building, the possibilities of reducing thermal losses by classical rehabilitation of the building facade and rehabilitation by using of a double skin facade as a modality of passive solar architecture were investigated. The paper calculates the reduction of thermal losses by reconstructing the facade skin by using a certain type of glass. Reconstruction of the facade is guided by the existing Rulebook on energy efficiency of buildings, which determines the required type of glass, type of window frames, type of vertical and horizontal beams curtain wall and the required thickness of the thermal insulation layer for non-transparent parts of the facade.

Key words: glass, energy efficiency, legislation, adaptation, double skin facade, energy rehabilitation

¹Docent, Državni Univerzitet u Novom Pazaru, Novi Pazar, Srbija, bslavkovic@np.ac.rs

²Asistent, Državni Univerzitet u Novom Pazaru, Novi Pazar, Srbija, ddragovic@np.ac.rs

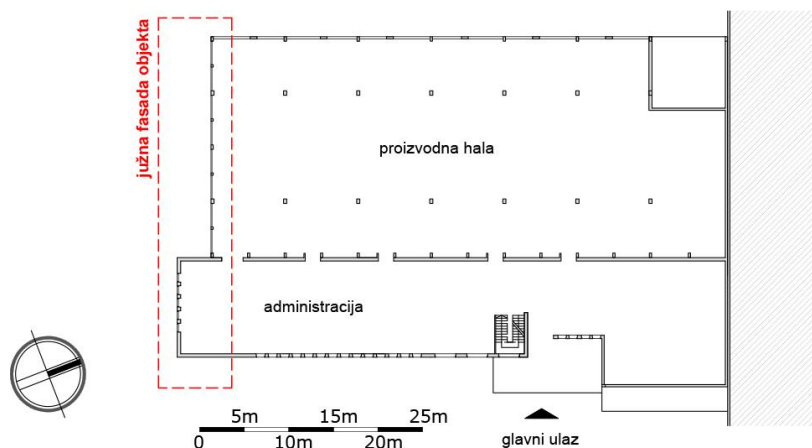
³Docent, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Prištini, Priština, Srbija, julija.aleksic@pr.ac.rs

1. UVOD

Primenom dvostruke fasade u procesu energetske sanacije industrijskih objekata moguće je ostvariti velike uštede energije za grejanje i hlađenje objekta [1]. Ovim radom su prikazani potencijalni načini primene stakla u postupku rekonstrukcije i energetske rehabilitacije postojećeg objekta. Naime, postojeći industrijski objekat je potrebno adaptirati u objekat budućeg poljoprivrednog fakulteta. Adaptacijom postojećeg objekta potrebno je obezbediti maksimalne koeficijente prolaza toplote omotača zgrade, pa su u skladu sa tim, ovim radom ispitani različiti načini primene stakla na južnoj fasadi uz primenu dvostruke fasade, rekonstrukciju prozorskih otvora i rekonstrukciju netransparentnih delova fasade sa dodavanjem termoizolacionog sloja sa ciljem smanjenja transmisionih gubitaka. Ovim predlogom rekonstrukcije objekta pristupilo se poštujući propise Pravilnika o energetske efikasnosti zgrada [2], o maksimalnim dozvoljenim koeficijentima prolaza toplote za određene konstruktivne elemente, proračunom redukcije transmisionih gubitaka i pozicioniranjem dvostruke fasade na najoptimalniji način.

2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

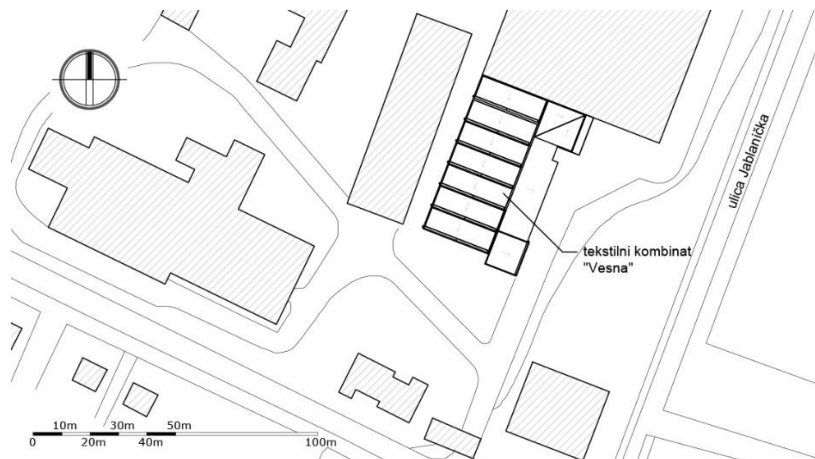
Objekat tekstilnog kombinata „Vesna“ u Sjenici sagrađen je šezdesetih godina 20. veka i predstavlja tipičan industrijski objekat građen u Jugoslaviji u tom periodu. Objekat se sastoji iz administrativnog dela zgrade i proizvodne hale. Osnova objekta je pravougaonog oblika orijentacije jugozapad – severoistok sa odstupanjem od pravca sever-jug za 20°. Proizvodni pogon se nalazi na zapadnoj strani i prizemne je spratnosti, dok je administrativni deo na istočnoj strani, spratnosti P + 2.



Slika 1 – Osnova objekta tekstilnog kombinata „Vesna“, postojeće stanje

2.1. Kontekst užeg okruženja objekta

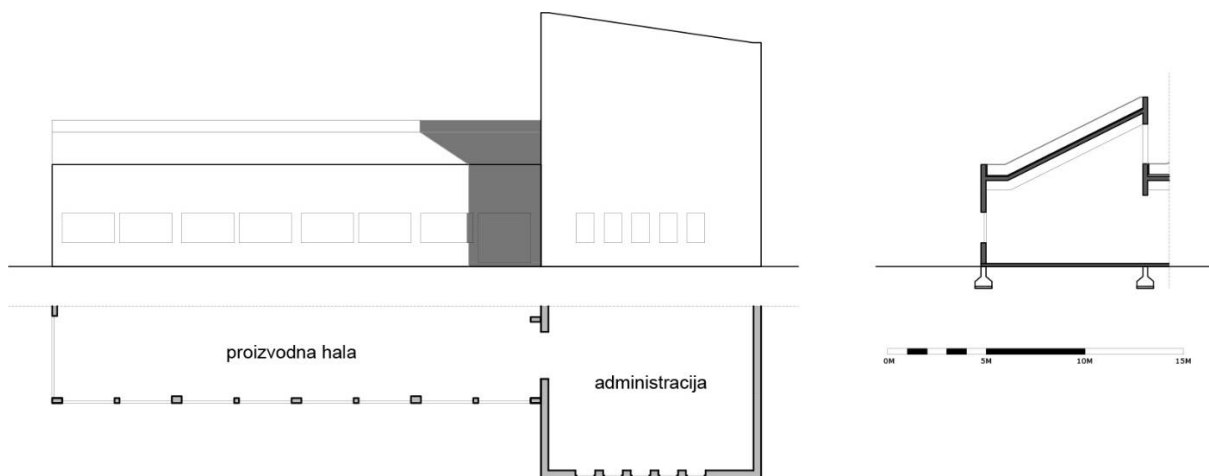
U neposrednom okruženju objekta, nalaze se objekti koji su predstavljali prateće objekte tekstilnog kombinata „Vesna“. Na osnovu položaja objekata na užoj lokaciji, konstantovana je spratnost objekata na južnoj strani u odnosu na objekat tekstilnog kombinata. Posmatrani objekti su niže spratnosti u odnosu na budući poljoprivredni fakultet i na dovoljnoj udaljenosti da ne mogu svojim položajem, visinom i senkom uticati na osunčanost pomenutog objekta (slika 2).



Slika 2 – Situacioni plan

2.2. Morfologija južne fasade objekta

Južnu fasadu objekta čini južni zid proizvodne hale, sa južnim zidom administrativnog dela objekta. Položaj zidova nije u istoj ravni, južni zid proizvodne hale je uvučen 3,65m u odnosu na južni zid administrativnog dela zgrade. Samim tim, na osunčanje uvučenog zida jedino može uticati administrativni deo zgrade (slika 3).



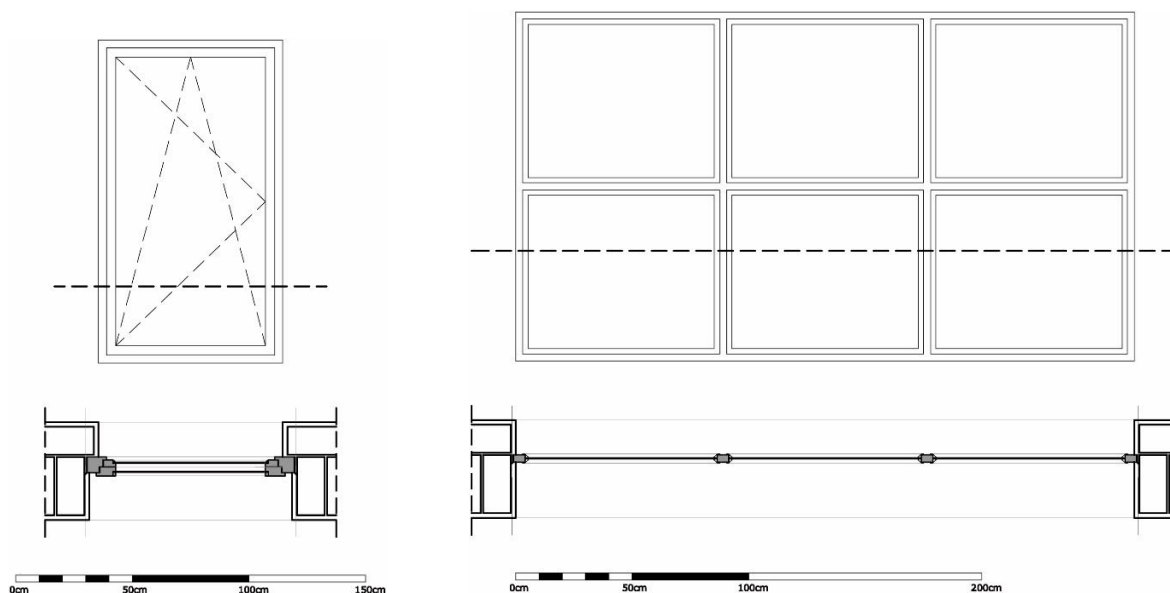
Slika 3 – Osnova, presek i izgled južne fasade objekta, postojeće stanje

2.2.1. Transparentni i netransparentni delovi južne fasade

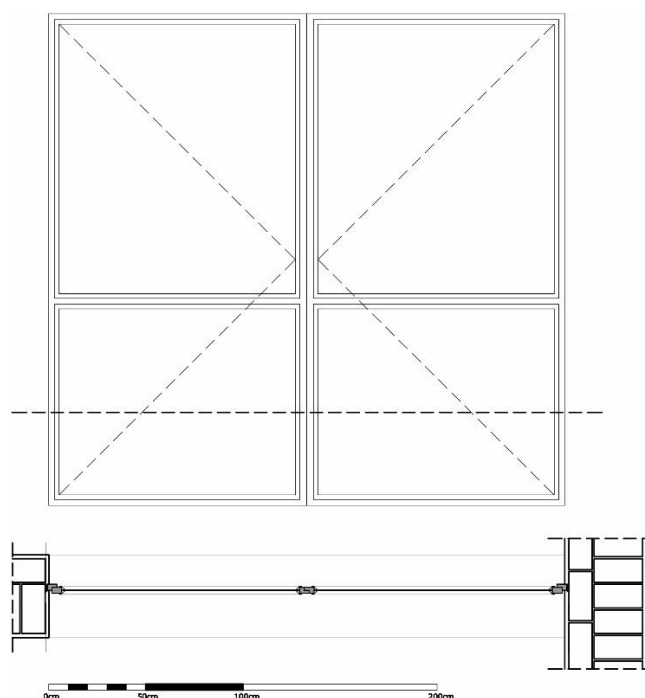
Transparentni deo fasade čine prozori na administraciji i proizvodnoj hali i tehnički ulaz proizvodne hale. Transparentni deo iznosi ukupno 15,74 % ukupnog dela južne fasade. Netransparentni deo čini zid od opeke administrativnog i proizvodnog dela zgrade, $d=38\text{cm}$, iznosi ukupno 84,26 % ukupnog dela južne fasade.

Posmatrajući posebno južni zid proizvodnog dela i južni zid administrativnog dela, južni zid proizvodnog dela se sastoji od 72,93% netransparentnog dela fasade i 27,07% transparentnog dela fasade, dok se južni zid administrativnog dela sastoji od 94,99% netransparentnog dela fasade i 5,01% transparentnog dela fasade.

Prozori na administrativnom delu objekta su drveni dvostruki krilo na krilo sa jednoslojnim staklom 4mm (slika 4 levo), na proizvodnoj hali jednostruki prozori sa jednoslojnim staklom 4mm i metalnim okvirom bez termo prekida (slika 4 desno). Vrata na proizvodnoj hali su sa jednoslojnim staklom i 4mm i metalnim okvirom bez termo prekida (slika 5).



Slika 4 – Osnove i izgledi prozora administrativnog i proizvodnog dela objekta



Slika 5 – Osnova i izgled vrata proizvodnog dela objekta

Koeficijent prolaza toplote transparentnog građevinskog elementa određujemo proračunom, saglasno standardu SRPS EN ISO 10077-1:

$$U_w = \frac{A_g \times U_g + A_f \times U_f + l_g \times \Psi_g}{A_g + A_f} \quad (1)$$

Na osnovu poznatih vrednosti transparentnih delova fasade, navedenih u prethodnom delu rada, u tabeli 1 date su vrednosti toplotnih gubitaka kroz njih dobijeni proračunom prema prethodno navedenoj formuli.

Tabela 1 – Koeficijenti prolaza toplote postojećih prozora i vrata

Oznaka	Konstruktivni element		
	Prozor na administrativnom delu	Prozor na proizvodnoj hali	Vrata na proizvodnoj hali
U [W/m ² K]	2,715	5,92	5,92

Netransparentni deo fasade na administrativnom i na proizvodnom delu zgrade čini zid od opeke d=38cm malterisan sa obe strane.

Koeficijent prolaza toplote netransparentnog građevinskog elementa, U [W/m²K], proračunava se, u opštem slučaju – za građevinski element jednostavne heterogenosti, saglasno standardu SRPS EN ISO 6946, na sledeći način:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_m \frac{d_m}{\lambda_m} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,38}{0,76} + \frac{0,01}{1,4} + 0,04} = 1,43 \quad (2)$$

2.3. Proračun transmisivnih gubitaka južne fasade

Na osnovu površine transparentnih i netransparentnih delova južne fasade, kao i vrednosti koeficijenata prolaza toplote pojedinačnih konstruktivnih elemenata fasade i faktora korekcije temperature, u tabeli je prikazana vrednost transmisivnih gubitaka toplote kroz južnu fasadu objekta izražene u W/K.

Tabela 2 – Transmisivni gubici toplote kroz južnu fasadu objekta

Konstruktivni element	U [W/m ² ×K]	A [m ²]	F _x	H _T [W/K]
Zid	1,43	221,00	1	315,66
Prozor na proizvodnoj hali	2,715	6,75	1	18,33
Prozor na proizvodnoj hali	5,918	27,89	1	162,86
Vrata na proizvodnoj hali	5,913	6,64	1	38,69
Ukupno		262,28		538,30

3. UNAPREĐENJE ENERGETSKIH PREFORMANSI FASADE

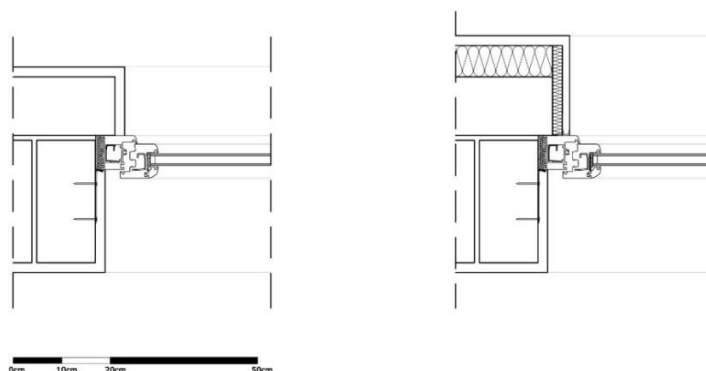
Staklo je materijal čija je osnovna osobina transparentnost. Osim što je transparentan materijal, staklo, u zavisnosti od vrste, poseduje određene karakteristike: transmisija svetlosti, direktna transmisija energije, solarni faktor, koeficijent prolaza toplote, koeficijent specifične toplote, koeficijent toplotne provodljivosti i dr. U ovom istraživanju akcenat je na energetske efikasnosti primenjenih materijala i njihova primena u pasivnim solarnim fasadnim sistemima. U skladu sa tim, poseban osvrt pri odabiru određene vrste stakla odnosi se na koeficijent prolaza toplote.

Koeficijent prolaza toplote (U) – odražava količinu toplote koja prođe kroz građevinski element u sekundi. Jedinica mere je $W/m^2 \times K$. Staklo je dobar provodnik toplote, stoga su staklene površine obično kritična mesta sa aspekta toplotnih gubitaka.

U ovom delu rada prikazani su različiti scenariji unapređenja energetske performansi postojeće južne fasade objekta primenom stakla. U skladu sa tim istraženi su: predlog rekonstrukcije (zamene) postojećih prozora sa novim i predlog primene drvostruke fasade. Predlogom rekonstrukcije postojeće fasade akcenat je da se na najoptimalniji način izvrši primena nekog od navedenih fasadnih sistema. Procena unapređenja energetske efikasnosti fasade vrši se na osnovu poređenja transmisivnih gubitaka energije postojeće fasade i predloženog rešenja rekonstrukcije.

3.1. Rekonstrukcija prozorskih otvora i fasadnog zida – klasična sanacija

Pri rekonstrukciji prozorskih otvora pristupilo se zameni postojećih prozora sa novim, koji sadrže niskoemisiono staklo staklo 4-12-4 (Kr), koga karakteriše koeficijent prolaza toplote $U=1,1W/m^2 \times K$ i 5-komorni PVC – šuplji okviri sa koeficijentom $U=1,4W/m^2 \times K$.



Slika 6 – Predlog rekonstrukcije prozorskih otvora bez i sa dodavanjem termoizolacionog sloja kamene vune debljine 8 cm

Tabela 3 – Koeficijenti prolaza toplote novih prozora i vrata

Oznaka	Konstruktivni element		
	Prozor na administrativnom delu	Prozor na proizvodnoj hali	Vrata na proizvodnoj hali
U_w	1,39	1,43	1,32

Pri rekonstrukciji zida dodat je sloj termoizolacije na postojeći zid južne fasade objekta. Obzirom da je maksimalna dozvoljena vrednost koeficijenta prolaza toplote spoljnog zida za postojeće objekte $U=0,40 W/m^2 \times K$, na postojeći zid je potrebno dodati 8 cm kamene vune.

Na osnovu dobijenih rezultata prikazanih u tabeli 4, možemo konstatovati da su ovim scenarijom sanacije transmisivni gubici kroz južnu fasadu objekta smanjeni za 30,75%.

Tabela 4 – Transmisioni gubici toplote kroz južnu fasadu objekta nakon zamene vrata i prozora

Konstruktivni element	U [W/m ² ×K]	A [m ²]	F_x	H_T [W/K]
Zid	1,43	221,00	1	315,66
Prozor na proizvodnoj hali	1,39	6,75	1	9,63
Prozor na proizvodnoj hali	1,43	27,89	1	38,77
Vrata na proizvodnoj hali	1,32	6,64	1	8,73
Ukupno		262,28		372,80

U tabeli 5 dati su rezultati sanacije prema scenariju gde se pored zamene stolarije vrši i sanacija spoljnog fasadnog zida dodavanjem termoizolacionog sloja kamene vune u debljini od 8 cm.

Tabela 5 – Transmisioni gubici toplote kroz južnu fasadu objekta nakon zamene stolarije i dodavanja TI

Konstruktivni element	U [W/m ² ×K]	A [m ²]	F_x	H_T [W/K]
Zid	0,32	221,00	1	70,58
Prozor na proizvodnoj hali	1,39	6,75	1	9,63
Prozor na proizvodnoj hali	1,43	27,89	1	38,77
Vrata na proizvodnoj hali	1,32	6,64	1	8,73
Ukupno		262,28		127,71

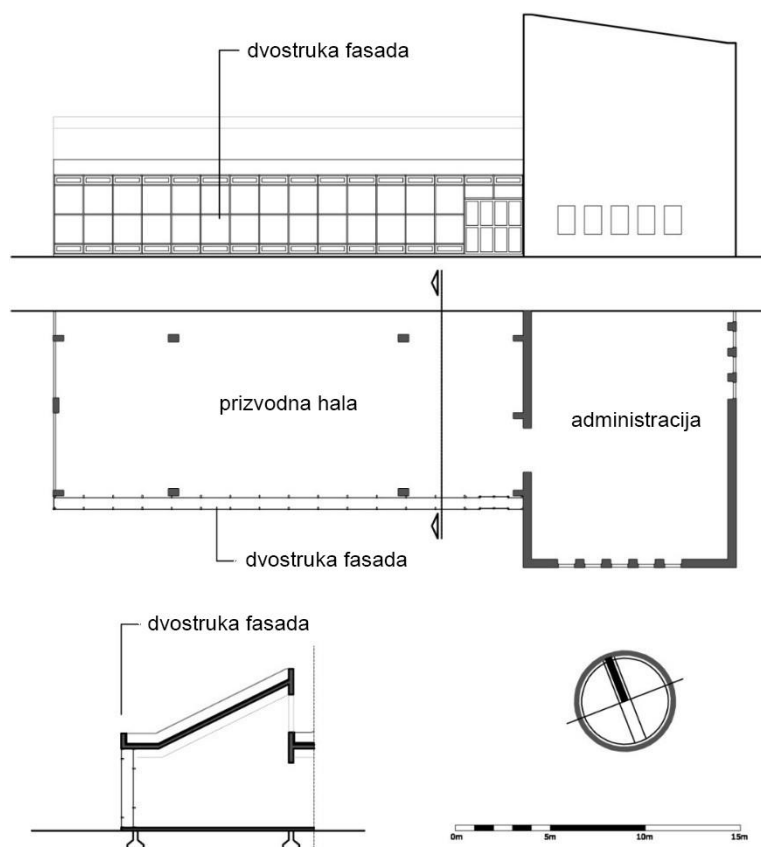
Ovim pristupom transmisioni gubici kroz južnu fasadu objekta smanjeni su za 76,28 %.

3.2. Primena dvostruke fasade pri sanaciji omotača zgrade

Dvostruke fasade predstavljaju složeni multifunkcionalni sistem omotača u sklopu arhitektonskih objekata [4]. Poseban značaj primene dvostrukih fasada je u ulozi koju imaju u pogledu energetskog optimizovanja zgrade, zaštite od negativnih spoljašnjih uticaja i postizanja optimalnih parametara unutrašnjeg komfora [5].

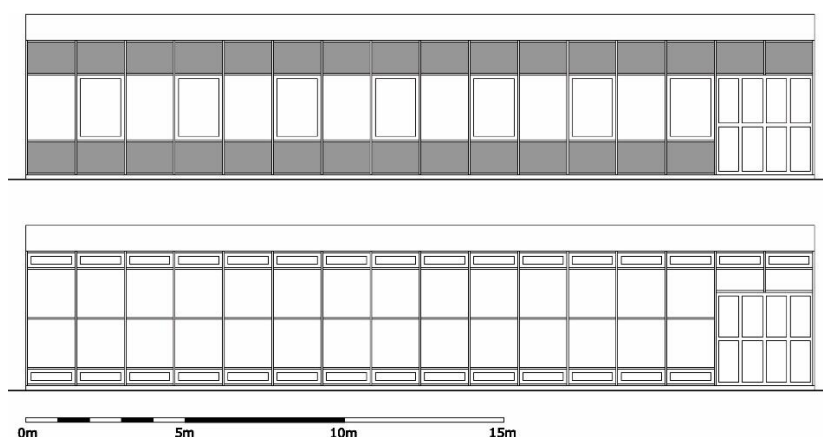
3.2.1. Pozicija i karakteristike dvostruke fasade

Postavljanjem drvostruke fasade na postojeću fasadu objekta značajno će se smanjiti koeficijent prolaza toplote. Obzirom da administrativni deo objekta čini samo 5,01% transparentnog dela fasade i da je ovaj deo objekta građen u masivnom sistemu gradnje, na ovom delu neće biti postavljena dvostruka fasada. Dvostruka fasada će u ovom slučaju biti pozicionirana na južnom zidu proizvodnog dela zgrade. Pri ovoj rekonstrukciji uklonjen je postojeći zid od opeke, na čijem je mestu predviđena unutrašnja zid zavesa dvostruke fasade (slika 7).



Slika 7 – Osnova, presek i izgled južne fasade sa primenom dvostruke fasade

Unutrašnju zid zavesu čine transparentni i polutransparentni delovi, sa pozicijom ulaza u objekat i prozorskim otvorima (slika 8 gore). Spoljnu zid zavesu dvostruke fasade čine transparentni delovi sa ulazom i otvorima u donjoj i gornjoj zoni fasade, koji su predviđeni za ventilisanje fasade u letnjem periodu (slika 8 dole).



Slika 8 – Izgledi unutrašnje i spoljašnje zid zavesu dvostruke fasade

Prema standardu EN 13947 [2] za proračun termičkih karakteristika zid zavesu koeficijent prolaza toplote unutrašnje zid zavesu iznosi:

$$U_{cw1} = \frac{\sum A * U + \sum \Psi * l}{A_{cw}} = 1,42 \quad (3)$$

dok koeficijent prolaza toplote spoljašnje zid zavese iznosi:

$$U_{cw2} = \frac{\sum A * U + \sum \Psi * 1}{A_{cw}} = 1,82 \quad (4)$$

Prema istom standardu koeficijent prolaza toplote dvostruke fasade iznosi:

$$U_{cw} = \frac{1}{\frac{1}{U_{cw1}} - R_{si} + R_s - R_{se} + \frac{1}{U_{cw2}}} = 0,85 \quad (5)$$

Prvim proračunom predviđena je rekonstrukcija južnog zida proizvodne hale dodavanjem staklene fasade na 50cm od postojećeg fasadnog zida.

Tabela 6 – Rezultati rekonstrukcije fasade dodavanjem dvostruke fasade

Konstruktivni element	U [W/m ² ×K]	A [m ²]	F_x	H_T [W/K]
Dvostruka fasada	0,85	103,95	1	88,68
Prozor na administrativnom delu	2,715	6,75	1	18,33
Zid	1,43	151,59	1	216,52
Ukupno		262,28		323,51

Na osnovu dobijenih rezultata prikazanih u tabeli 6, možemo konstatovati da su ovom rekonstrukcijom transmisioni gubici kroz južnu fasadu objekta smanjeni za 39,90%.

Drugom rekonstrukcijom, pored dodate dvostruke fasade na proizvodnoj hali, zamenjeni su prozori na administrativnom delu zgrade. Dobijeni rezultati su prikazani u tabeli.

Tabela 7 – Rezultati rekonstrukcije fasade dodavanjem dvostruke fasade i rekonstrukcijom prozorskih otvora

Konstruktivni element	U [W/m ² ×K]	A [m ²]	F_x	H_T [W/K]
Dvostruka fasada	0,85	103,95	1	88,68
Prozor na administrativnom delu	1,39	6,75	1	9,38
Zid	1,43	151,59	1	216,52
Ukupno		262,28		314,57

Ovim pristupom transmisioni gubici kroz južnu fasadu objekta smanjeni su za 41,56 %. Obzirom da površina transparentnih delova fasade na administrativnom delu iznosi oko 5% njene površine, razlika u rezultatu ovog i prethodnog proračuna nije velika.

Trećom rekonstrukcijom, pored dodate dvostruke fasade na proizvodnoj hali, zamenjeni su prozori na administrativnom delu zgrade i na fasadnom zidu je dodat termoizolacioni sloj kamene vune 8cm. Dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 8.

Tabela 8 – Rezultati rekonstrukcije fasade sa dvostrukom fasadom, rekonstrukcijom zida i prozorskih otvora

Konstruktivni element	U [W/m ² ×K]	A [m ²]	F_x	H_T [W/K]
Dvostruka fasada	0,85	103,95	1	88,68
Prozor na administrativnom delu	1,39	6,75	1	9,38
Zid	0,32	151,59	1	48,41
Ukupno		262,28		146,46

Ovim pristupom transmisioni gubici kroz južnu fasadu objekta smanjeni su za 72,79 %.

4. ZAKLJUČAK

Opšta konstatacija jeste da se velike uštede energije sanacijom omotača objekta ne mogu ostvariti samo sanacijom transparentnih delova omotača, već da se moraju sanirati i netransparentni delovi fasade dodavanjem adekvatne debljine termoizolacionog sloja. Dodavanjem termoizolacionog sloja na netransparentnim delovima fasade uz rekonstrukciju transparentnih, moguće je umanjiti količinu transmisionih gubitaka i preko 70%. Klasičnom sanacijom i sanacijom sa primenom dvostruke fasade postignut je skoro identičan rezultat u pogledu redukcije transmisionih gubitaka kroz fasadni omotač. Scenarijom prema kome se vrši upotreba dvostruke fasade značajno se povećava površina transparentnog dela fasade čime se sigurno povećava i količina solarnih dobitaka, što će biti tema nekog sledećeg istraživanja. U radu, takođe, nije razmatrana primena ventilisanih netransparentnih fasada, jer to nije bila tema ovog rada, već samo energetska sanacija omotača sa minimalnim intervencijama ali u skladu sa dozvoljenim koeficijentima prolaza toplote. Takođe, projektovanjem debljih slojeva termoizolacije i upotrebom stakla boljih termičkih karakteristika, transmisioni gubici se mogu dodatno redukovati.

Posmatrajući samo rekonstrukciju transparentnih delova fasade rezultati smanjenja transmisionih gubitaka su prilično ujednačeni i variraju između 30,75% - 39,90%.

Posmatrajući sa vizuelno-estetskog stanovišta i sa aspekta projektantski najprihvatljivijeg rešenja, obzirom da se radi o prenameni postojećeg industrijskog objekta u objekat poljoprivrednog fakulteta, osvetljenje predstavlja bitan faktor u donošenju projektantskih odluka. Tako da sa ovog aspekta prednost bi imali fasadni sistemi sa izraženom transparentnošću fasade.

LITERATURA

- [1] Slavković, B. (2017.) Modaliteti primene pasivnih solarnih sistema pri sanaciji industrijskih objekata u Srbiji. Doktorska disertacija. Beograd: Arhitektonski fakultet.
- [2] Ministarstvo energetike. Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada. Službeni glasnik RS: 061/2011. 19.08.2011. 28-49.
- [3] European committee for standardization: European standard EN 13947 - Thermal performance of curtain wall – Calculation of thermal transmittance, 2006
- [4] Andjelković, A. S. et al. (2015). The Development of simple calculation model for energy performance of double skin facades, Thermal Science, 16, Suppl. 1, pp. S251-S267
- [5] Slavković, B., Application of the double skin façade in rehabilitation of the industrial buildings in Serbia, Thermal Science, 21 (2017), No. 6B, pp. 2945-2955



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

UNIVERSITY OF NOVI SAD FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES

Факултет техничких наука, основан 1960. године, једна је од најсавременије организованих високообразовних институција у региону. Факултет је данас научно-образовна институција састављена од 13 департмана, 15 стручних служби и 38 научно-стручног центра. Лоциран је у неколико зграда и располаже са преко 35.000 м². Има око 1.200 запослених и око 16.000 студената. Факултет техничких наука изводи наставу на свим нивоима академских и струковних студија из следећих области високог образовања:

1. Машинско инжењерство
2. Електротехничко и рачунарско инжењерство
3. Грађевинско инжењерство
4. Саобраћајно инжењерство
5. Архитектура
6. Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент
7. Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду
8. Геодетско инжењерство

Интердисциплинарне студије:

1. Графичко инжењерство и дизајн
2. Мехатроника
3. Управљање ризиком од катастрофалних догађаја и пожара
4. Примењена математика
5. Рачунарска графика
6. Енергетска ефикасност у зградарству
7. Сценски дизајн
8. Биомедицинско инжењерство
9. Техничка механика
10. Енергетске технологије
11. Урбанизам и регионални развој
12. Третман и заштита вода
13. Инжењерство информационих система
14. Информациони инжењеринг

ВИСОКО МЕСТО У ДРУШТВУ НАЈБОЉИХ

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад
021/6350-413, 021/485-2222

The Faculty of Technical Sciences, which was established in 1960, is one of the best organized high-educational institutions in the region. Today, Faculty of Technical Sciences is scientific and educational institutions of 13 institutes/departments, 15 administrative sectors and 38 scientific technical centers. The Faculty is located within the University campus in several separate buildings of 35.000 m² in area, with about 1.200 employed personal and about 16.000 students. The Faculty of Technical Sciences offers the following profiles of high education:

1. Mechanical engineering
2. Electrical engineering and computing
3. Civil engineering
4. Traffic engineering
5. Architecture
6. Industrial engineering and engineering management
7. Environmental engineering and occupational safety engineering
8. Geodesy

Interdisciplinary studies:

1. Graphic engineering and design
2. Mechatronics
3. Disaster Risk Management and Fire Safety
4. Applied mathematics
5. Computer graphics
6. Energy Efficiency in Buildings
7. Scene design
8. Biomedical engineering
9. Technical Mechanics
10. Energy technologies
11. Urban planning and regional development
12. Water treatment and protection engineering
13. Information Systems Engineering
14. Information Engineering

HIGH PLACE IN TOP SOCIETY

Trg Dositeja Obradovica 6, 21000 Novi Sad
021/6350-413, 021/485-2222

www.ftn.uns.ac.rs

ORGANIZATORI / ORGANIZERS



Univerzitet u Novom Sadu
UNIVERSITY OF NOVI SAD



Fakultet tehničkih nauka
FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES



Departman za građevinarstvo i geodeziju
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING AND
GEODESY

arh.ns

Departman za arhitekturu i urbanizam
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE AND
URBAN PLANNING

ISBN 978-86-6022-253-6

DONATORI KONFERENCIJE DONATORS OF THE CONFERENCE



Serbian Chamber
of Engineers



Ministry of Education, Science
and Technological Development,
Republic of Serbia, Belgrade



Provincial Secretariat for Higher Education
and Scientific Research
Republic of Serbia, Autonomous Province
of Vojvodina



karin komerc md



konstruktor
KONSTRUIŠEMO VAŠU VIZIJU

BBR ADRIA



LAFARGE