

**UNIVERZITET U NOVOM SADU FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA  
DEPARTMAN ZA GRAĐEVINARSTVO I GEODEZIJU  
DEPARTMAN ZA ARHITEKTURU I URBANIZAM  
DEPARTMAN ZA GEODEZIJU I GEOMATIKU  
U SARADNJI SA  
STUDENTSKOM UNIJOM FAKULTETA TEHNIČKIH NAUKA**

**UNIVERSITY OF NOVI SAD FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING AND GEODESY  
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE AND URBANISM  
SUB-DEPARTMENT FOR AUTOMATIC CONTROL  
AND SYSTEMS ENGINEERING  
IN COOPERATION WITH  
STUDENTS UNION OF FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES**

**MEĐUNARODNA KONFERENCIJA STUDENATA  
GRAĐEVINARSTVA  
ARHITEKTURE  
GEODEZIJE  
INTERNATIONAL CONFERENCE  
CIVIL ENGINEERING  
ARCHITECTURE  
GEODESY**

**ZBORNİK NAUČNIH RADOVA  
NOVI SAD - SRBIJA 31.10-3.11.2019  
CONFERENCE PROCEEDINGS  
NOVI SAD - SERBIA 31.10-3.11.2019**

Univerzitet u Novom Sadu  
Fakultet tehničkih nauka  
Department za građevinarstvo i geodeziju  
Department za arhitekturu i urbanizam  
Odsek za automatiku, geomatiku i upravljanje sistemima  
u saradnji sa  
Studentskom unijom Fakulteta tehničkih nauka Novi Sad

University of Novi Sad  
Faculty of Technical Sciences  
Department of Civil Engineering and Geodesy  
Department of Architecture and Urban Planning  
Sub-department for Automatic Control and Systems Engineering  
In cooperation with  
Students' Union of Faculty of Technical Sciences

# C O N S T R U C T I O N 19

Međunarodna konferencija studenata građevinarstva, geodezije i arhitekture  
International Conference of Civil Engineering, Geodesy and Architecture Students

ZBORNİK NAUČNIH RADOVA

Novi Sad, Srbija 31. oktobra - 4. novembar 2019.

CONFERENCE PROCEEDINGS

Novi Sad, Serbia 31 Oktober - 4 November, 2019

Autori:  
Jovana Vasić  
Marko Stevanović  
Mladen Popara

ISBN 978-86-7892-988-5

Međunarodna konferencija studenata građevinarstva, geodezije i arhitekture CoNSTRUCTION 19

CIP - Каталогизacija у публикацији  
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

624(082)

**МЕЂУНАРОДНА конференција студената грађевинарства  
CoNSTRUCTION 19 (2019 ; Нови Сад)**

Zbornik naučnih radova = Conference proceedings / Međunarodna naučna konferencija studenata građevinarstva CoNSTRUCTION 19, Novi Sad, Srbija, 31. oktobar - 4. novembar 2019. = International Scientific Conference of Civil Engineering Students CoNSTRUCTION 19, Novi Sad, Serbia, 31 October - 4 November 2019 ; [organizatori] Fakultet tehničkih nauka, Departman za građevinarstvo i geodeziju, Departman za arhitekturu i urbanizam Odsek za automatiku, geomatiku i upravljanje sistemima u saradnji sa Studentskom unijom Fakulteta tehničkih nauka Novi Sad = [organizatori] Faculty of Technical Sciences, Department of Civil Engineering and Geodesy, Department of Architecture and Urban Planning Sub-department for Automatic Control and Systems Engineering in cooperation with Students' Union of Faculty of Technical Sciences ; [urednici Jovana Vasić ... [et al.]. - Novi Sad : Fakultet tehničkih nauka, Departman za građevinarstvo i geodeziju, 2019 (Novi Sad : Fakultet tehničkih nauka, Departman za grafičko inženjerstvo i dizajn). - 114 str. : ilustr. ; 25 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 150. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-6022-222-2

a) Грађевинарство -- Зборници

COBISS.SR-ID 331383303

Tehnički organizator skupa:  
Studentska unija Fakulteta tehničkih nauka Novi Sad  
i

Departman za građevinarstvo i geodeziju,  
Departman za arhitekturu i urbanizam i  
Odsek za automatiku, geomatiku i upravljanje sistemima  
Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

Urednik zbornika  
Slobodan Šupić

Tehnički urednici zbornika  
Ivana Beatović, Radmila Đurašinović, Miloš Šešlija

Izdavač:  
Departman za građevinarstvo i geodeziju, Departman za arhitekturu i urbanizam i  
Odsek za automatiku, geomatiku i upravljanje sistemima Fakulteta tehničkih nauka,  
Novi Sad

Štampa:  
Departman za grafičko inženjerstvo i dizajn, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

## **Organizacioni odbor**

### **Organizing Committee**

Jovana Vasić, predsednik (President)  
Marko Stevanović, potpredsednik (Vice president)  
Mladen Popara, predsednik SUFTNNS  
Suzana Šormaz  
Ivana Beatović  
Radmila Đurašinović  
Konstantin Prodanović  
Dejana Kapetanović  
Maja Dragičević  
Savo Starović  
Miloš Mrkić  
Jelena Glišić  
Luka Tanasijević  
Luka Binić  
Kristina Šupić  
Milena Stevanović  
Sanja Aničić  
Sofija Priljeva  
Dragica Radić  
Emeše B. Varga  
Nikolina Delić  
Isidora Nikolić  
Danijela Lulić  
Jovana Šijakov  
Petar Salatić  
Zoran Plakalović  
Stefan Mitrović  
Nikša Nenad





## SADRŽAJ

### **SAVREMENI EKO MATERIJALI NA BAZI BIOMASE**

Tea Grbić, Jelena Knežević, Slobodan Šupić – Univerzitet u Novom Sadu

1

---

### **PROCENA STANJA AB KONSTRUKCIJE ŽELEZNIČKOG NADVOŽNJAKA U PARTIZANSKOJ ULICI U NOVOM SADU**

Savo Starović, Tijana Majkić, Dejan Šipovac, Stefan Kozić, Mirjana Terzić, Teofan Budinčić – Univerzitet u Novom Sadu

12

---

### **PROCENA STANJA BETONSKE KONSTRUKCIJE TRIBINA STADIONA "KARAĐORĐE" U NOVOM SADU**

Aleksandar Stojanović, Milica Grujić, Vladimir Muzalevski, Ivan Jovanović, Ljubica Šobot, Anja Blagojević – Univerzitet u Novom Sadu

21

---

### **UTJECAJ PUNILA OD MLJEVENIH BETONSKIH ISPITNIH UZORAKA NA SVOJSTVA SVJEŽEG I OČVRSLOG BETONA**

Iva Cakalin, Lucia Rubeša, Suzana Šipić - Svučilište u Splitu

39

---

### **IZRADA WEB KARATA ZA STATISTIČKE PODATKE U PROGRAMSKOM JEZIKU R**

Dobrivoje Matić - Univerzitet u Beogradu

50

---

### **PROSTORNO VREMENSKA ANALIZA URBANE VEGETACIJE U RADU ZAGREBU KORISTEĆI RAPIDEYE SATELITSKE SNIMKE**

Viktoria Đuračić - Svučilište u Zagrebu

62

---

### **MEGASTRUKTURE BUDUĆNOSTI KRISTAL SOLI KAO ABIogeneZNI MATERIJAL**

Jana Petrović – Univerzitet u Beogradu

87

---

### **4D PRAZNINA JUGOZAPADNOG ULAZA U ZAGREB**

Lovro Hubzin - Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek

98

---



# SAVREMENI EKO MATERIJALI NA BAZI BIOMASE

*Tea Grbić, Jelena Knežević, Slobodan Šupić*

**Rezime:** *Otpadni materijali sa cementnim svojstvima, kao što je pepeo od poljoprivrednih ostataka, se intenzivno istražuju poslednjih godina radi primene u cementnim kompozitima zbog njihove niske cene, široke dostupnosti i doprinosa održivom građevinarstvu i zaštiti životne sredine. Svake godine u svetu se generišu milioni tona žetvenih ostataka, kao što su, na primer, kukuruzovina i oklasak, pšenična, sojina i pirinčana slama, suncokretova i pirinčana ljuska. U radu su predstavljeni rezultati ispitivanja osnovnih svojstava pepela mešavine pšenične i sojine slame, kao SCM materijala i uticaja parcijalne zamene cementa biopepelom na svojstva maltera i betona. Rezultati pokazuju da se može proizvesti malteri i betoni sa 30% ovog pepela, pri čemu se dobijaju rezultati uporedivi sa svojstvima referentnih cementnih maltera i betona.*

**Ključne reči:** *otpad, poljoprivredni ostaci, biopepeo, malter, beton*

## CONTEMPORARY ECO COMPOSITES BASED ON BIOMASS

**Abstract:** *Waste cementitious materials, such as ash from agricultural residues, have been extensively studied in recent years for their usage in cement composites due to their low price, wide availability and contribution to sustainable construction and environmental protection. Every year in the world, millions of tons of harvest residues are generated, such as, corn stalks and corn cob blanks, wheat, soy and rice straw, sunflowers and rice husk. The paper presents the results of testing the basic properties of ash generated by combustion of mixture of wheat and soya straw, as SCM material, and the effect on partial replacements of cement by this ash on the properties of mortar and concrete. The results indicate that it is possible to produce mortar and concrete, with 30% of biomass ash, with physical and mechanical properties comparable with those of reference cement composites.*

**Key words:** *waste, agricultural residue, biomass ash, mortar, concrete*

# 1. Uvod

Živimo u vremenu gde je zagađenje životne sredine krucijalan problem civilizacije, a rešavanje tog problema egzistencijalno pitanje. Na vrhu liste najvećih zagađivača, s pravom se nalazi cementna industrija, što dovodi do razmišljanja o upotrebi alternativnih materijala kao zamene za ovu komponentu. Kao posledica proizvodnje, javlja se emisija enormnih količina CO<sub>2</sub> u atmosferu. Osim industrije cementa, građevinarstvo kao grana privrede ima za posledicu problem deponovanja ogromnih količina otpadnog materijala nastalog u procesu građenja. Sa druge strane, u industrijskim proizvodnjama se javlja ogromna količina pepela koju takođe treba negde deponovati, a osim obezbeđenja prostora, to iziskuje i dodatne troškove. Sve ovo ima negativan uticaj kako sa ekološkog, tako i sa ekonomskog aspekta. Možemo li učiniti nešto da rešimo ove sve aktuelnije probleme?

Na osnovu Evropske direktive 2009/28/CE, biomasa se koristi kao zamena za fosilna goriva. Ona predstavlja obnovljiv izvor energije (OIE), sa najvećim potencijalom za upotrebu u energetske svrhe. U poslednje vreme, mnogo pažnje je usmereno na identifikovanje pogodnih vrsta biomase, koje mogu da zamene konvencionalne izvore energije, kao što su fosilna goriva i da obezbede visoko-energetske rezultate. Materijale na bazi biomase karakteriše niža emisija gasova staklene bašte od onih iz neobnovljivih izvora, kao što su nafta i ugalj. Pri sagorevanju biomase dolazi do emisije polutanata, ali ne u tolikoj meri kao pri sagorevanju fosilnih goriva, a generiše se biopepeo.

Stoga, kao jedno od rešenja enormne potrošnje resursa i emisije štetnih gasova betonske industrije, dolazi se na ideju upotrebe biopepela kao supstitucije dela cementa u betonu. Na ovaj način, smanjuje se proizvodnja i upotreba cementa, a pored toga, pepeo koji primarno nema svoju dalju primenu, ipak dobija mogućnost ponovne upotrebe. Istovremeno ostvarujemo pozitivan uticaj na životnu sredinu, budući da je smanjena potrošnja prirodnih resursa i emisija CO<sub>2</sub>, i dobijamo jeftinije betone, koristeći manje količine cementa. Ovo je predstavljalo začetak same ideje i podsticaj za stručnjake da ispitaju mogućnosti realizacije u praksi.

U ovom radu je predstavljeno eksperimentalno istraživanje mogućnosti primene pepela nastalog sagorevanjem mešavine pšenične i sojine slame kao zamene za deo cementa u cementnim kompozitima. Predmetni biopepeo je nusproizvod nastao sagorevanjem biomase na području AP Vojvodine. Spravljeni su cementni kompoziti: produžni malteri i betoni u kojima je deo cementa supstituisan različitim procentima biopepela. Dobijeni rezultati ukazuju na potencijal primene ovog otpadnog materijala u širokoj građevinskoj praksi.

## 2. Eksperimentalno istraživanje

### 2.1 Komponentni materijali

Komponentni materijali koji su korišćeni za spravljanje i ispitivanje maltera su:

- Portland cement CEM I 42,5R, Našice, Hrvatska
- Pepeo mešavine pšenične i sojine slame, "Soja protein", Bečež, Srbija
- Hidratisani kreč, Krečana Čelarevo, BiH
- Agregat 1: standardni kvarcni CEN pesak
- Agregat 2: sitnozrni pesak za malterisanje, separacija Karin Komerc
- Dejonizovana voda

Komponentni materijali koji su korišćeni za spravljanje i ispitivanje betona su:

- Portland cement CEM I 42,5R, Našice, Hrvatska
- Pepeo mešavine pšenične i sojine slame, "Soja protein", Bečež, Srbija

- Agregat 1: rečni, Drina, frakcija: 0/4mm
- Agregat 2: reciklirani agregat nepoznatog porekla, separisan u frakcije: 4/8mm i 8/16mm
- Superplastifikator (HRWRA) Sika ViscoCrete 3070
- Voda iz gradskog vodovoda



Slika 1 – Biomasa: pšenica i soja

Slika 2 – Pepeo mešavine pšenične i sojine slame

## 2.2 KARAKTERIZACIJA MATERIJALA

Karakterizacija materijala je uključila ispitivanje svih relevantnih fizičkih i hemijskih svojstava biopepela u skladu sa standardom EN450-1.

### 2.2.1 Hemijski sastav biopepela

Hemijski sastav je ispitan na IMS institutu u Beogradu, prema SRPS EN 196-2 i rezultati su dati u Tabeli 1.

**Tabela 1:** Hemijski sastav običnog portland cementa i pepela biomase

Materijal (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI
Cement (C)	21.25	5.55	25.3	61.6	2.37	0.25	0.72	3,75	-	1.77
Pepeo biomase (PS)	56.4	2.03	1.53	7.13	3.54	0.2	20.0	0.2	3.72	4.8

Hemijski sastav biopepela pokazuje visok sadržaj SiO<sub>2</sub>, što predstavlja jedan od glavnih parametara potrebnih za pucolanska svojstva materijala. S druge strane, visok sadržaj alkalija bi u očvrslom betonu mogao dovesti do alkalno-agregatne reakcije.

### 2.2.2 Vreme vezivanja

Vreme vezivanja je određeno na pasti u kojoj se 25% cementa supstituiše sa ispitivanim materijalom. Dobijeno vreme se poredi sa vremenom vezivanja referentne cementne paste, prema SRPS EN 196-3 – Tabela 2.

**Tabela 2:** Rezultati ispitivanja vremena vezivanja

	Vreme mešanja komponenti	Vreme početka vezivanja	Početak vezivanja	Vreme kraja vezivanja	Kraj vezivanja
C	10:20	13:15	175	15:15	295
PS	8:50	13:55	305	16:45	475

Rezultati pokazuju da biopepeo zadovoljava oba kriterijuma za vrijeme vezivanja: vrijeme početka vezivanja je kraće od 60minuta, a vrijeme kraja vezivanja nije veće od dvostrukog vremena vezivanja referentne cementne paste.

### 2.2.3 Stalnost zapremine

Stalnost zapremine je određena na referentnoj cementnoj pasti i na pasti u kojoj je 30% cementa zamenjeno ispitivanim materijalom. Svrha ovog ispitivanja jeste dokaz postojanosti materijala tokom vremena, prema SRPS EN 196-3 – Tabela 3.

**Tabela 3: Rezultati ispitivanja stalnosti zapremine**

	Rastojanje vrha krakova igli Šatelijeovog prstena (mm)	Rastojanje vrha krakova igli nakon 3h kuvanja u vodi (mm)	Ekspanzija (mm)	Kriterijum
C	16	16,5	0,5	Zadovoljen
PS	17,5	18,05	0,55	Zadovoljen

Biopepeo se odlikuje zanemarljivom ekspanzijom, tako da je kriterijum za stalnost zapremine zadovoljen.

### 2.2.4 Klasa pucolanske aktivnosti

Klasa pucolanske aktivnosti je određena na osnovu sedmodnevne čvrstoće pri pritisku (fp) i čvrstoće na savijanje (fzs) standardnih malterskih prizmica (4x4x16cm). Nakon kompaktiranja, uzorci se hermetički upakuju i neguju 24h na 20°C, a zatim 5 dana na 55°C. Nakon hlađenja uzoraka, u narednih 24h, do temperature od 20°C, ispituju se čvrstoća pri pritisku i čvrstoća na zatezanje pri savijanju, prema SRPS B.C1.017-2001 – Tabela 4.

**Tabela 4: Rezultati ispitivanja klase pucolanske aktivnosti**

	ms (g)	Ps (kg)	fzs (MPa)	fzs,min (MPa)	Klasa	Pp (kN)	fp (MPa)	fp,min (MPa)	Klasa
PS I	500	2,115	2,62	2,62	V	12,5	7,8	7,5	V
						12	7,5		
PS II	500	2,306	2,85			12,5	7,8		
						13	8,1		
PS III	496	2,233	2,76			13	8,1		
						12,5	7,8		

Sa aspekta dobijenih vrijednosti čvrstoće maltera na pritisak i zatezanje, pepeo zadovoljava klasu V pucolanske aktivnosti.

### 2.2.5 Indeks aktivnosti

Indeks aktivnosti se definiše kao odnos (u procentima) čvrstoće pri pritisku standardnog maltera, pripremljenog sa vezivom koje sadrži 75% cementa i 25% pepela, po masi, i čvrstoće pri pritisku standardnog cementnog maltera, pripremljenog sa 100% cementa, koje su ispitane pri istim starostima (28 i 90 dana), prema EN 450-1 – Tabelama 5 i 6.

**Tabela 5: Rezultati ispitivanja indeksa aktivnosti**

	$f_{p,28d}$ [MPa]	Index, 28d (%)	$f_{p,90d}$ [MPa]	Index, 90d (%)
C	45,73	-	56,35	-
PS	34,44	<b>75,3</b>	43,02	<b>76,34</b>

Biopepeo zadovoljava kriterijum za indeks aktivnosti pri starosti od 28 dana (>75%), ali ne zadovoljava kriterijum pri starosti od 90 dana (>85%).

### 2.2.6 Specifična masa

Specifična masa materijala je određena u skladu sa procedurom datom u standardu SRPS B.B8.032 – Ispitivanje zapreminske mase bez pora i šupljina pomoću vakuuma (piknometarska metoda) – Tabela 7.

**Tabela 7: Rezultati ispitivanja specifične mase**

	$M_p$ (g)	$M_{p+s}$ (g)	$M_{p+s+w}$ (g)	$V_p$ (cm <sup>3</sup> )	$Y_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	$Y_{s,sr}$ (kg/m <sup>3</sup> )
1	27,78	48,51	90,13	50	2,47	2487
2	28,12	46,46	89,54	50	2,65	
3	23,57	45,11	86,26	50,36	2,34	

### 2.2.7 Specifična površina

Specifična površina materijala je određena u skladu sa procedurom datom u standardu SRPS B.C8.024 - aerometrijska ili Blenova metoda – Tabela 8.

**Tabela 8: Rezultati ispitivanja specifične površine**

	$Y_{s,sr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	G (g)	t (s)	tsr (s)	$S_{sr}$ (g/cm <sup>2</sup> )
KF	2487	2,3	191	191	7.438

Specifična površina je indikator finoće, odnosno usitnjenosti materijala. Što su čestice sitnije, lakše stupaju u hemijske reakcije i materijal je reaktivniji. Može se zaključiti da se biopepeo odlikuje velikom finoćom mliva, a čestice biopepela su sitnije od čestica cementa (specifična površina cementa je cca 4.000 cm<sup>2</sup>/g).

### 2.2.8 Finoća

Finoća materijala je određena u skladu sa procedurom datom u standardu EN 933 -10 – ispitivanje geometrijskih svojstava agregata Air Jet metodom. U okviru postupka ispitivanja, 50g (±1g) materijala (prethodno osušenog na 110°C) se prosejava na sito (počev od sita sa najmanjim otvorom 0,045mm) i određuje se procentualni ostatak na situ – Tabela 9.

**Tabela 9: Rezultati ispitivanja finoće materijala**

	m (g)	$m_{0,045}$ (g)	$P_{0,045}$ (%)	$P_{0,045sr}$ (%)	Kategorija
PS	50,59	9,74	19,25	19,89	N
	49,9	10,24	20,52		

Pepeo zadovoljava klasu N finoće materijala.

### 2.3 PRODUŽNI MALTERI

Razmera mešanja čvrstih komponenti (cement, kreč i pepeo) po zapremini je usvojena kao:  $V_c:V_{hk}:V_p=1:1:5$ . Varirane su dve vrste agregata: standardni kvarcni pesak (CEN) i sitnozrni pesak za malterisanje (Dunavac). Procenat supstitucije cementa biopepelom je variran kao: 30%, 50% i 70%.

Ispitana je čvrstoća pri pritisku očvrslog maltera na osnovu koje je definisana klasa produžnog maltera. Projektovanje sastava produžnih maltera je urađeno prema SRPS U.M2.010:1992 (malter za zidanje).

Sastavi maltera sa sitnozrnim peskom za malterisanje i standardnim kvarcnim peskom su dati u Tabeli 10 i Tabeli 11, respektivno.

**Tabela 10:** Sastav produžnih maltera sa sitnozrnim peskom za malterisanje za jedan mešung (g)

	$m_c$	$m_b$	$m_p$	$m_k$	$m_w$
C-D	175,1	/	1350	80,8	345,5
PS 30-D	122,6	46,35	1350	80,8	337,2
PS 50-D	87,6	77,2	1350	80,8	331,6
PS 70-D	52,5	108,14	1350	80,8	326

**Tabela 11:** Sastav produžnih maltera sa standardnim kvarcnim peskom za jedan mešung (g)

	$m_c$	$m_b$	$m_p$	$m_k$	$m_w$
C-CEN	156,8	/	1350	72,4	229,2
PS 30-CEN	109,8	41,5	1350	72,4	223,7
PS 50-CEN	78,4	69,1	1350	72,4	219,9
PS 70-CEN	47	96,8	1350	72,4	216,2

Kriterijumi za klase maltera za zidanje i malterisanje, u skladu sa SRPS U.M2.010:1992, su date u Tabeli 12.

**Tabela 12:** Klase maltera za zidanje i malterisanje na osnovu čvrstoće pri pritisku pri starosti od 28 dana

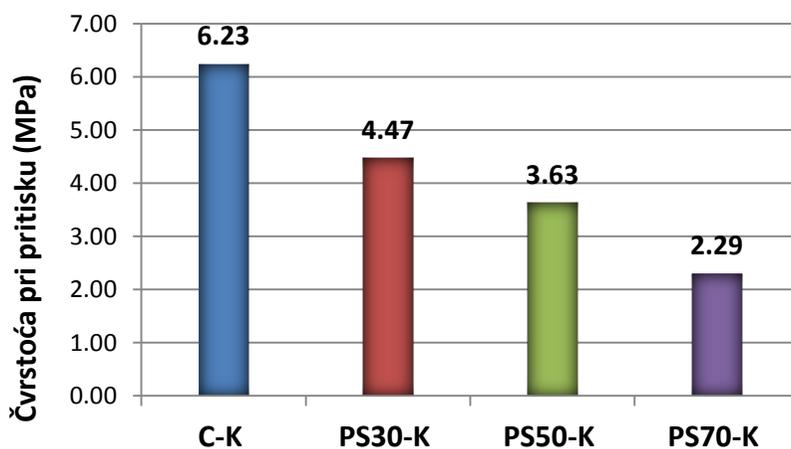
Klasa maltera	Srednja čvrstoća pri pritisku (MPa)	Minimalna pojedinačna čvrstoća pri pritisku (MPa)
M1	$\geq 1.0$	$\geq 0.8$
M2	$\geq 2.0$	$\geq 1.6$
M5	$\geq 5.0$	$\geq 4.0$
M10	$\geq 10.0$	$\geq 8.0$
M15	$\geq 15.0$	$\geq 12.0$

Rezultati ispitivanja čvrstoće pri pritisku maltera sa kvarcnim peskom dati su u Tabeli 13.

**Tabela 13:** Klase maltera sa standardnim kvarcnim peskom na osnovu čvrstoće pri pritisku pri starosti od 28 dana

		Pp(kN)		fp(MPa)		fp,sr(MPa)	MARKA
C-K	1	11	9,5	6,56	5,94	6,23	M5
	2	9,5	10,5	5,94	6,56		
	3	10,3	9,5	6,44	5,94		
PS30-K	1	8	7,5	4,69	4,69	4,47	M2
	2	6,8	7,2	4,25	4,50		
	3	7,2	6,7	4,5	4,19		
PS50-K	1	6	5,6	3,75	3,50	3,63	M2
	2	5,6	6	3,50	3,75		
	3	6,2	5,8	3,88	3,63		
PS70-K	1	4	3,6	2,19	2,25	2,29	M2
	2	3,8	3,8	2,38	2,38		
	3	3,6	3,6	2,25	2,25		

Može se zaključiti da se sa povećanjem nivoa supstitucije cementa biopepelom smanjuju čvrstoće produžnih maltera. Referentni cementni malter sa standardnim kvarcnim peskom zadovoljava klasu M5 maltera za zidanje i malterisanje, dok malteri sa biopepelom zadovoljavaju klasu M2 maltera za malterisanje. Trend pada čvrstoće je prikazan i grafički na Slici 3.



Slika 3 – Čvrstoća pri pritisku maltera standardnim kvarcnim peskom pri starosti od 28 dana

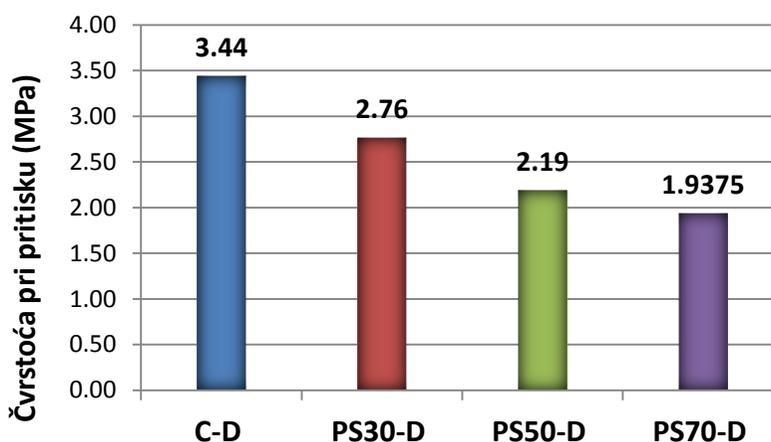
Rezultati ispitivanja čvrstoće pri pritisku maltera sa sitnozrnim peskom za malterisanje dati su u Tabeli 14.

**Tabela 14:** Klase maltera sa sitnozrnim peskom za malterisanje na osnovu čvrstoće pri pritisku pri starosti od 28 dana

		Pp(kN)		fp(MPa)		fp,sr(MPa)	MARKA
C-D	1	5,5	5,5	3,75	3,44	3,44	<b>M2</b>
	2	5,5	5,5	3,44	3,44		
	3	5,5	5,5	3,44	3,44		
PS30-D	1	4	4,4	2,75	2,75	2,76	<b>M2</b>
	2	4,4	4,4	2,75	2,75		
	3	4,4	4,5	2,75	2,81		
PS50-D	1	3	3,5	2,06	2,19	2,19	<b>M2</b>
	2	3,8	3,5	2,38	2,19		
	3	3,5	3,5	2,19	2,19		
PS70-D	1	1	3	3,1	1,81	1,9375	<b>M1</b>
	2	2	3,3	3,1	2,06		
	3	3	3,1	3,1	1,94		

Može se zaključiti da se sa povećanjem nivoa supstitucije cementa biopepelom smanjuju čvrstoće produžnih maltera. Referentni cementni malter i malteri sa do 50% biopepela sa sitnozrnim peskom za malterisanje zadovoljava klasu M2 maltera za malterisanje, dok malteri sa 70% biopepela zadovoljava klasu M1 maltera za malterisanje.

Trend pada čvrstoće je prikazan i grafički na Slici 4.



Slika 4 – Čvrstoća pri pritisku maltera sitnozrnim peskom za malterisanje pri starosti od 28 dana

## 2.4 BETONI

Referentni beton je spravljen sa portland cementom, a u sledeće tri mešavine (SP10, SP20, SP50) zamena cementa biopepelom iznosi 10%, 20% i 50%, respektivno. Vodovezivni faktor je 0,45. Hemijski dodatak je korišćen u količini od 0,4% mase veziva za mešavine referentnog betona, SP10 i SP20, a 0,5% mase veziva za mešavinu SP50. Mešavina frakcija agregata je usvojena kao kontinualna kriva, čiji prolazi kroz referentna sita odgovaraju Fulerovoj krivoj. Sastav betona je dat u Tabeli 15.

**Tabela 15: Sastav betona (kg/m<sup>3</sup>)**

	<b>m<sub>c</sub></b>	<b>m<sub>b</sub></b>	<b>Agregat 0/4</b>	<b>Agregat 4/8</b>	<b>Agregat 8/16</b>	<b>m<sub>w</sub></b>	<b>HRWR</b>
C	400	0	862,9	321,5	507,6	180	1,6
PS10	360	40	857,8	319,6	504,4	180	1,6
PS20	320	80	852,7	317,7	501,6	180	1,6
PS50	200	200	837,9	312,2	492,9	180	2

Čvrstoća pri pritisku betona je ispitana nakon 28 i 90 dana od spravljanja uzoraka. Rezultati su prikazani u Tabeli 16.

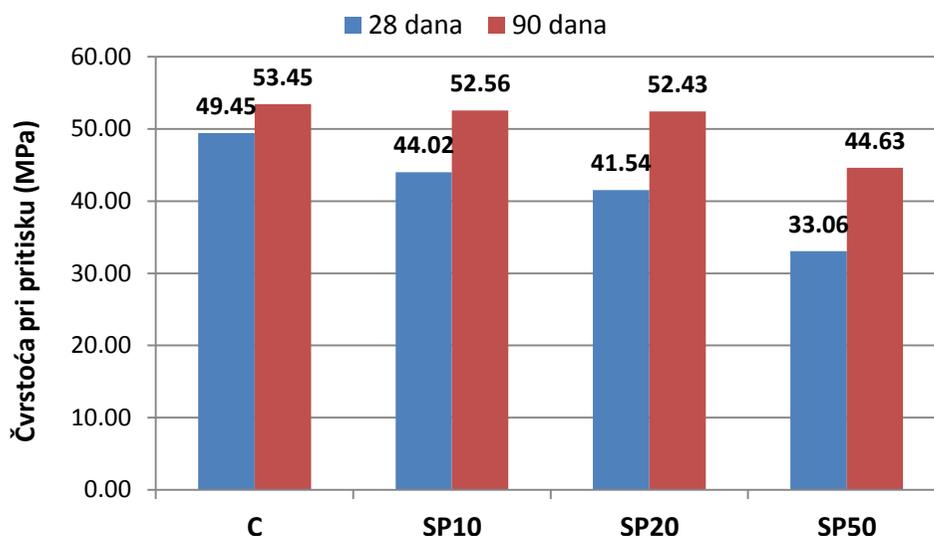
**Tabela 16: Rezultati ispitivanja čvrstoće pri pritisku betona**

	<b>Oznaka uzorka</b>	<b>P<sub>28</sub> (kN)</b>	<b>f<sub>c,28</sub> (MPa)</b>	<b>f<sub>c,sr,28</sub> (MPa)</b>	<b>P<sub>90</sub> (kN)</b>	<b>f<sub>c,90</sub> (MPa)</b>	<b>f<sub>c,sr,90</sub> (MPa)</b>
C	C/1	1105,10	49,12	<b>49,45</b>	1165.6	51.80	<b>53,45</b>
	C/2	1082,10	48,09		1200.5	53.36	
	C/3	1150,90	51,15		1241.7	55.19	
SP10	SP10/1	998,00	44,36	<b>44,02</b>	1224	54.38	<b>52,56</b>
	SP10/2	980,20	43,56		1159	51.49	
	SP10/3	993,00	44,13		1166	51.83	
SP20	SP20/1	941,20	41,83	<b>41,54</b>	1184.0	52.62	<b>52,43</b>
	SP20/2	933,10	41,47		1163.4	51.71	
	SP20/3	929,60	41,32		1191.6	52.96	
SP50	SP50/1	742,90	33,02	<b>33,06</b>	1003.3	44.59	<b>44,63</b>
	SP50/2	737,50	32,78		1015.7	45.14	
	SP50/3	751,00	33,38		993.5	44.16	

Rezultati ispitivanja čvrstoće pri pritisku betona pri starosti od 28 dana pokazuju da se sa povećanjem nivoa supstitucije cementa biopepelom smanjuje čvrstoća, pri čemu je značajan pad registrovan pri supstituciji od 50%. Sa povećanjem starosti, pri 90 dana, ove razlike se smanjuju usled pucolanske aktivnosti biopepela.

Može se zaključiti da se pri većim starostima dobijaju čvrstoće uporedive sa čvrstoćama referentnog cementnog betona, a da beton ima zadovoljavajuće mehaničke karakteristike.

Rezultati su prikazani grafički na Slici 5.



*Slika 5. Grafički prikaz rezultata ispitivanja čvrstoće pri pritisku betona*

### 3. Zaključak

Na osnovu rezultata ispitivanja svojstava biopepela, te svojstava maltera i betona sa biopepelom kao supstitucijom za deo cementa, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Hemijski sastav biopepela pokazuje visok sadržaj  $\text{SiO}_2$ , što predstavlja jedan od glavnih parametara potrebnih za pucolanska svojstva materijala. S druge strane, visok sadržaj alkalija bi u očvrslom betonu mogao dovesti do alkalno-agregatne reakcije. Ovo bi se, prema istraživanjima nekih autora, moglo predupređiti ispiranjem alkalija iz pepela pomoću vode ili upotrebom nereaktivnih agregata.
- Biopepeo ima usporenu hidrataciju, pa mu treba više vremena za vezivanje, što može biti pozitivno sa aspekta dužeg radnog vremena za rukovanje materijalom, transport i slično.
- Sa povećanjem nivoa supstitucije cementa biopepelom smanjuje se čvrstoća produžnih maltera. Referentni cementni malter sa standardnim kvarcnim peskom zadovoljava klasu M5 maltera za zidanje i malterisanje, dok malteri sa biopepelom zadovoljavaju klasu M2 maltera za malterisanje. Referentni cementni malter i malteri sa do 50% biopepela sa sitnozrnim peskom za malterisanje zadovoljava klasu M2 maltera za malterisanje, dok malteri sa 70% biopepela zadovoljava klasu M1 maltera za malterisanje.
- Rezultati ispitivanja čvrstoće pri pritisku betona pri starosti od 28 dana pokazuju da se sa povećanjem nivoa supstitucije cementa biopepelom smanjuje čvrstoća, pri čemu je značajan pad registrovan pri supstituciji od 50%. Sa povećanjem starosti, pri 90 dana, ove razlike se smanjuju usled pucolanske aktivnosti biopepela.

Može se zaključiti da se pepeo mešavine pšenične i sojine slame može koristiti za spravljanje produžnih maltera i do nivoa supstitucije cementa od 70%, pri čemu se dobijaju određene klase maltera za malterisanje, koje mogu naći primenu u građevinskoj praksi.

Pri većim starostima, čvrstoće betona sa biopepelom su uporedive sa čvrstoćama referentnog cementnog betona, da beton ima zadovoljavajuće mehaničke karakteristike, tako da se ova vrsta pepela može koristiti za spravljanje konstrukcijskih betona. Budući da je za krupni agregat korišćen reciklirani agregat, proizveden je EKO beton, jer se pri njegovoj proizvodnji koristio otpadni materijal i za vezivo i za agregat u visokim procentima (50% i 100%).

## ZAHVALNOST

Istraživanja u ovom radu su realizovana u okviru projekta Departmana za građevinarstvo i geodeziju Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu: "Teorijska i eksperimentalna istraživanja u građevinskom inženjerstvu radi unapređenja nastavnog procesa i jačanja naučnoistraživačkih kapaciteta departmana".

## 4. Literatura

- [1] SRPS EN 197-1: Cement — Deo 1: Sastav, specifikacije i kriterijumi usaglašenosti za obične cemente. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije; 2013.
- [2] SRPS EN 196-3: Metode ispitivanja cementa - Deo 3: Određivanje vremena vezivanja i stalnosti zapremine. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije; 2010.
- [3] SRPS EN 196-6, Methods of testing cement - Determination of fineness.
- [4] EN 196-2:2013: Method of testing cement - Part 2: Chemical analysis of cement.
- [5] ISO 29581-2:2010: Cement -- Test methods -- Part 2: Chemical analysis by X-ray fluorescence.
- [6] SRPS B.C1.017-2001: Nemetalne mineralne sirovine - Zgura - sastojak za proizvodnju cementa - Klasifikacija, tehnički uslovi i metode ispitivanja.
- [7] SRPS B.C1.018-2001: Nemetalne mineralne sirovine - Pucolanski materijali - sastojci za proizvodnju cementa - Klasifikacija, tehnički uslovi i metode ispitivanja.
- [8] EN 450-1: Fly ash for concrete - Part 1: Definition, specifications and conformity criteria.
- [9] EN 933-10:2009: Tests for geometrical properties of aggregates. Assessment of fines. Grading of filler aggregates (air jet sieving).
- [10] SRPS EN 196-1:2008, Methods of testing cement - Part 1: Determination of strength.
- [11] SRPS EN 12390-3: Ispitivanje očvrslog betona - Deo 3: Čvrstoća pri pritisku uzoraka za ispitivanje. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije; 2010.

# ASSESSMENT OF RC STRUCTURE OF RAILWAY OVERPASS IN PARTIZANSKA STREET IN NOVI SAD

*Savo Starović, Tijana Majkić, Dejan Šipovac, Stefan Kozić, Mirjana Terzić, Teofan Budinčić*

**Abstract:** *Due to defects, occurred during construction, damages caused by long-term exposure to atmospherics and non-maintenance, RC structure of the overpass in Novi Sad is significantly damaged. In order to ensure the smooth functioning of rail traffic and the extension of service life of the structure, the assessment of the overpass was carried out. The assessment included a detailed visual inspection, non-destructive testing of materials, determination of environmental exposure classes and analysis of collected data. Based on the obtained results, a conclusion on the condition of the structure, from the aspect of load-bearing capacity, stability, durability and functionality, was given. The results of the conducted analysis are given in this paper.*

**Key words:** *overpass, assessment, visual inspection, defects, dam.*

## PROCENA STANJA AB KONSTRUKCIJE ŽELEZNIČKOG NADVOŽNJAKA U PARTIZANSKOJ ULICI U NOVOM SADU

**Rezime:** *Usled defekata nastalih u fazi građenja, oštećenja tokom višegodišnje izloženosti atmosferilijama i neodržavanja, AB konstrukcija nadvožnjaka u Novom Sadu je u značajnoj meri oštećena. U cilju obezbeđenja nesmetanog odvijanja železničkog saobraćaja i produženja eksploatacionog veka konstrukcije, urađena je procena stanja nadvožnjaka. Procena stanja je obuhvatila detaljan vizuelni pregled, nedestruktivna ispitivanja materijala, utvrđivanje klasa izloženosti agresivnom dejstvu sredine i analizu prikupljenih podataka, na osnovu čega je izveden zaključak o stanju konstrukcije, sa aspekta nosivosti, stabilnosti, trajnosti i funkcionalnosti. U radu su predstavljeni rezultati sprovedene analize.*

**Ključne reči:** *nadvožnjak, procena stanja, vizuelni pregled, defekti, oštećenja*

## 1. INTRODUCTION

One of the basic goals of modern civil engineering is the preservation of existing buildings, and therefore the assessment of the condition of the buildings and their repair becomes a need. The misconception about the eternity of concrete and non-maintenance leads to an increasing number of damaged buildings. Determining the cause of the damage and assessing the actual condition of the structure is a complex process which includes a series of activities.

The subject of this work is the assessment of the condition of the overpass structure in Partizanska Street in Novi Sad - Figures 1 and 2. The results of a detailed visual inspection of the structure and non-destructive examination of the elements were presented, based on which the analysis of the registered damage, defects and other collected data was carried out. The environment aggressive exposure classes of structure are defined, and a conclusion on the condition of structure from the aspect of load-bearing capacity, stability, durability and functionality has been derived.



*Figure 1. Overpass in Partizanska Street*

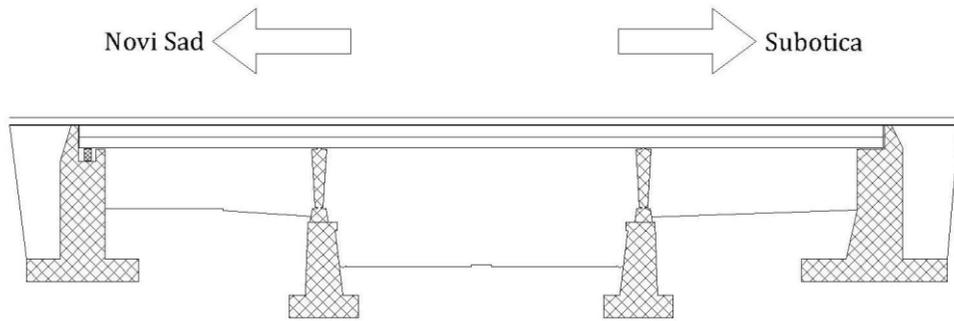


*Figure 2. The upper structure of overpass*

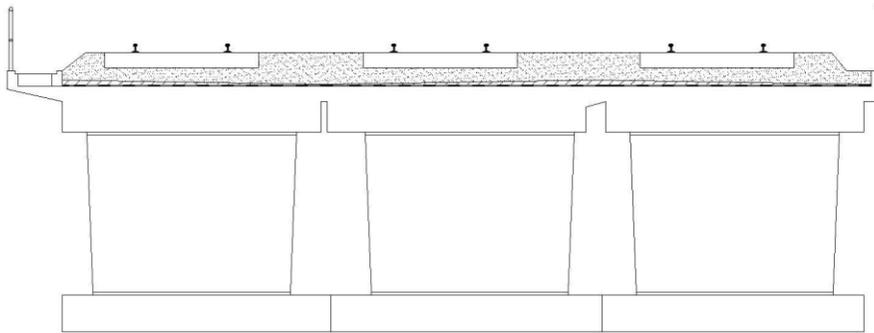
## 2. BASIC DATA ON THE STRUCTURE

The building dates back from 1951., and responsible designers was engineer Mihailo Vučković. Static system of the structure is continuous beam on three fields with spans 10+17+10m – Figure 3. The main girders are full continuous prestressed concrete slabs with designed compressive strength class C35/45. Columns, shaped as wall panels, are designed as RC with compressive strength class C16/20 – Figure 4.

The end supports are made in the form of retaining walls. The wall on the Novi Sad side was constructed with designed compressive strength class C30/37, while the wall to Subotica was constructed with designed compressive strength class C25/30. The bearing is built of reinforced concrete, class C35/45. All foundations are built of reinforced concrete, designed class C12/15. For the pedestrian walkpath, prefabricated slabs were used, with the designed class C12/15. The longitudinal section of the overpass is shown in Figure 3, while its cross-section is shown in Figure 4.



*Figure 3. The longitudinal section of the overpass*



*Figure 4. The overpass - cross-section*

### **3. ASSESSMENT OF THE OVERPASS STRUCTURE**

#### **3.1. DETAILED VISUAL INSPECTION**

All available elements of the structure were subjected to visual inspection, i.e:

- main girders,
- columns - wall panels,
- retaining walls,
- prefabricated pedestrian slabs.

Visible defects detected on RC elements by visual inspection include:

- insufficient thickness of the protective concrete layer (Figures 6,10),
- geometric imperfection (Figure 5),
- honeycombs (Figures 7,10),
- segregation zones (Figures 8,10),
- traces of formwork (Figures 9,10) and
- breaking of corners, edges and parts of the concrete surface due to adhesion of concrete and formwork (Figure 9).

Visual inspection detected the following damages:

- corrosion of steel reinforcements (Figures 11,12),
- cracks and fissures (Figure 14),
- delamination of the surface concrete layer (Figures 12,13,15),
- biological corrosion (Figure 11,13),
- chemical corrosion of concrete (Figure 11).

Results of the inspection are given in the form of photographs that illustrate the condition of the structure.



*Figure 5. RC wall - Uneven edges, rust leakage, improper horizontal break of concreting*



*Figure 6. RC wall - insufficient thickness of the protective layer visible corroded reinforcement*



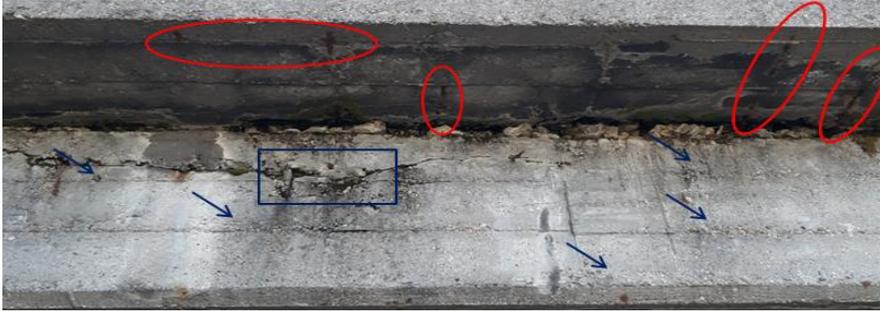
*Figure 7. Honeycombing on wall panel*



*Figure 8. Wall panel - Concrete segregation and visible reinforcement*



*Figure 9. Formwork traces, adhesion between concrete and framework*



*Figure 10. Main girder: honeycombing, insufficient thickness of the protective concrete layer, segregation at the places of framework joints*

The presence of a large number of defects, the aggressive effect of the environment (carbonization, chloride and chemical aggression) have led to a progression of damages of RC elements of the overpass: cracks, fissures, biological corrosion, chemical corrosion of concrete and reinforcement, delamination of the protective layer and breaking of concrete.

At the joint of the wall and the main girders, water penetration and deterioration of the concrete occurred - Figures 11 and 12. The drainage installations, made between the walls, were worn out, corroded, cracked, causing the constant leakage of water on the surrounding concrete. In these zones, the concrete is porous, carbonated, and in the zone of moistening, conditions for the biological corrosion were created - Figure 13.



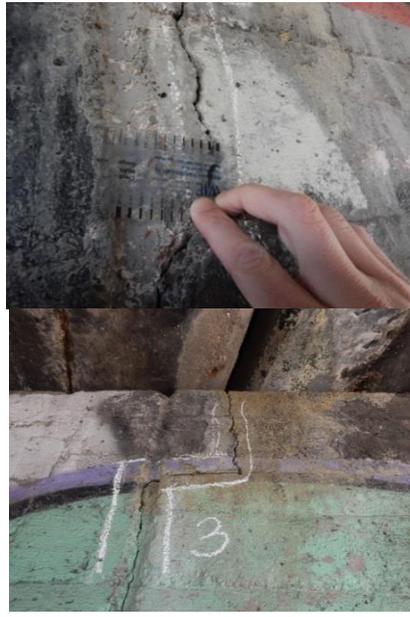
*Figure 11. Water penetration, stains on the surface, reinforcement corrosion on expansion joints between main girders, leaching of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$*



*Figure 12. Crack and crumbling of concrete at the joint of main girder and retaining wall, corrosion of reinforcement*



*Figure 13. Damaged drainage installation, leakage of water, biological corrosion*



*Figure 14. Cracks on the RC walls*

Significant damages are registered in the lower parts of the elements. Intermittent humidification and drying and the effect of frost led to the deterioration of the material in the contact with the soil, which was manifested through the appearance of damages: the delamination of the surface and protective layer of concrete and the corrosion of the reinforcement - Figure 15.



*Figure 15. Delamination of the concrete in the lower parts of RC wall, friable concrete, corrosion of reinforcement*

Figure 16 illustrates railway lines for traffic flow. Two lines are in function, while the third is non-functional. Precast slabs, a pedestrian walkway was built of, have been devastated. Slabs are cracked, drowned, and concrete was affected by biological corrosion - Figure 17. The steel fence is corroded, with no visible deformations.



*Figure 16. Railway lines*



*Figure 17. Damages of precast pedestrian walkway slabs*

### **3.2. NONDESTRUCTIVE TESTS**

In order to have an insight into the quality of materials, non-destructive examinations were performed. Among nondestructive methods, tapping with a hammer and colorimetric method were used. Tests were conducted on accessible elements: retaining walls and panels.

Colorimetric method, i.e. spraying a fresh broken concrete surface with phenolphthalein, showed that the concrete is affected by the carbonation process, which increased the risk of corrosion of the steel reinforcement – Figure 18. In order to evaluate the compressive strength of concrete, rebound hammer method was used.

Based on the results of the surface hardness testing - Figure 19, it was determined that the concrete built into the walls in the axis A has an estimated compressive strength in the range of 45-48MPa, and in the D-axis in the range of 33-37MPa.



*Figure 18. Determination of carbonation depth, using phenolphthalein test*



*Figure 19. Testing the hardness of concrete with a hammer*

On the walls in the D axis, intensive leakage and wetting was recorded, which over time led to a gradual deterioration of the concrete. Between the individual walls there are drainage installations, whose sheets were cracked and corroded, which allowed constant exposure of the surrounding concrete to wetting. The strength values are, for these reasons, considerably lower, compared to the strength of concrete in the walls in the axis A

– Figure 20. Concrete built in wall panels has high mechanical characteristics – Figure 21. Concrete built in wall panels in axis B has an estimated compressive strength in the range of 45-53MPa, and the concrete is built in panels in axis C in the range of 53-57MPa.

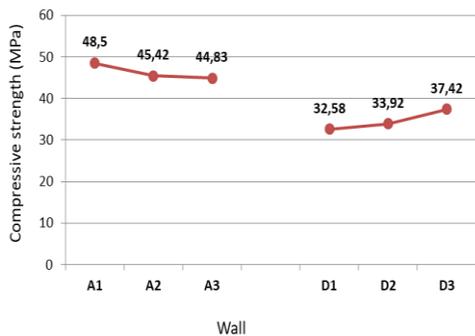


Figure 20. Estimated compressive strength of concrete built in RC retaining walls

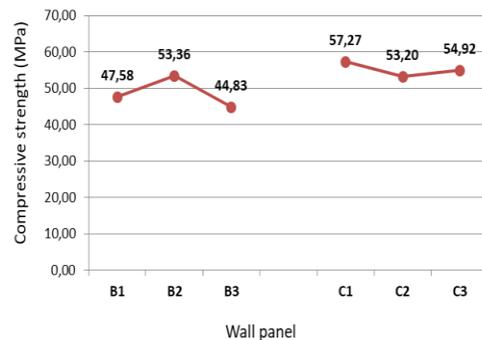


Figure 21. Estimated compressive strength of concrete built in RC wall panels

#### 4. CLASSES OF EXPOSURE

The choice of concrete, built in the structure (design phase) depends mostly on the environment it will be located in. This leads to the need for an adequate assessment of the impact of the environment on concrete during exploitation, ie the definition of exposure classes due to the influence of the environment. In accordance with EN 206-1, the classes of exposure of the structure of the overpass are defined and shown graphically in Figure 22. Concrete is exposed to the effects of: CO<sub>2</sub> penetration (carbonation), chlorides that do not originate from seawater, freezing/thawing processes and chemical aggression.

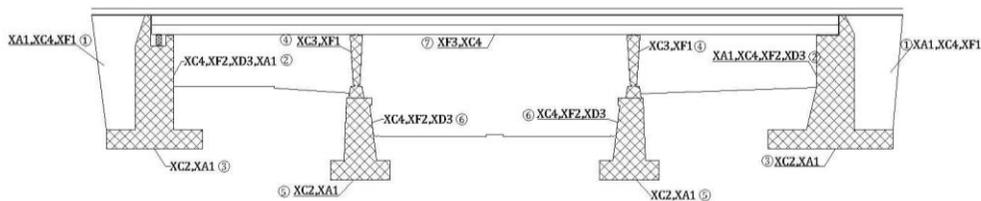


Figure 22. Classes of exposure of overpass to environmental impacts

#### 5. ANALYSIS OF OBTAINED DATA AND CONCLUSIONS ON THE CONDITION OF THE STRUCTURE

Based on all the data, obtained by detailed visual inspection and non-destructive testing, the following conclusions can be drawn:

- The stability of the structure is not endangered.

- The functionality of the structure is compromised. Out of 3 existing, 2 railway lines are in operation and railway transport takes place. Pedestrian pathway is significantly damaged and not in operation. The steel fence had corroded over time and lost its protection.
- The durability of the structure is reduced. The existence of a large number of defects in the construction phase has led to progression of damages over time. Delamination of concrete, the exposure to water penetration, the reduction of the cross-section of the supporting elements (columns and walls) and advanced process of corrosion of the reinforcement in the elements significantly impair the aesthetic appearance of the overpass, but also reduce its durability.
- Load-bearing capacity is not compromised. The elements are massive, mechanical characteristics are still satisfactory, which means that the built concrete still transfers the projected load. However, the reduction of the cross-section of the supporting elements, the reduced passivation of the protective layer of concrete, the exposure of the reinforcement to the atmosphere influences and the corrosion processes of the concrete and the reinforcement partially reduce the load-bearing capacity of the structure.
- Taking into account the significance of the structure and its purpose, as well as the fact that its non-functionality would lead to the stopping of the railway traffic on the Novi Sad-Subotica section, and further towards Europe, all precautions should be taken and the overpass should be repaired while it is still in the detected damages phase. The more we wait, the situation will get worsen as the "five dollars" rule, and the costs of repair will grow, as well.

## ACKNOWLEDGMENTS

The paper presents the part of research realized within the project "Theoretical and experimental research in civil engineering for the purpose of improvement of educational process and strengthening of scientific-research capacity of the department" conducted by the Department of Civil Engineering and Geodesy, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad.

## LITERATURE

- [1] V.Radonjanin, M. Malešev: Literatura za izvođenje nastave na predmetu „Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija“, Faculty of technical sciences – Department for civil engineering, Novi Sad, November 2011.
- [2] D.Mitrović: "Pravilnik o tehničkim merama za opterećenje železničkih mostova i propusta", Community of Yugoslav railways, Belgrade, 1977.

# PROCENA STANJA BETONSKE KONSTRUKCIJE TRIBINA STADIONA "KARAĐORĐE" U NOVOM SADU

*Aleksandar Stojanović, Milica Grujić, Vladimir Muzalevski, Ivan Jovanović, Ljubica Šobot,  
Anja Blagojević*

**Rezime:** Tema ovog rada je procena stanja jugozapadnog dela tribina stadiona "Karađorđe" u Novom Sadu. Ispitani deo konstrukcije je izveden od armiranog betona i sastoji se od glavnih nosača (greda), stubova, montažnih greda (tribine) i prstenastog nosača. Prvi korak je bio vizuelni pregled konstrukcije. Zatim su primenjena različita nedestruktivna ispitivanja kao što su: merenje površinske tvrdoće betona, merenje dubine karbonatizovanog sloja i debljine zaštitnog sloja betona. Dva glavna uzroka nastalih oštećenja su atmosferilije i nedovoljna debljina zaštitnog sloja. Analizom dobijenih rezultata zaključeno je da su nosivost, funkcionalnost i stabilnost konstrukcije zadovoljene, a da je trajnost smanjena.

**Ključne reči:** tribine, procena stanja, nedestruktivna ispitivanja, oštećenja, trajnost.

## ASSESSMENT OF THE CONCRETE STRUCTURE OF TRIBUNE OF "KARAĐORĐE" STADIUM IN NOVI SAD

*Aleksandar Stojanović, Milica Grujić, Vladimir Muzalevski, Ivan Jovanović, Ljubica Šobot,  
Anja Blagojević*

**Abstract:** The subject of this paper is the assessment of the southwestern part of tribune of "Karađorđe" stadium in Novi Sad. The examined part of the structure was made of reinforced concrete and consists of main girders, columns, precasted beams (tribune) and ring girder. The first step was a visual inspection of the chosen part of the structure. Then, the different type of non-destructive methods was performed such as: surface hardness method, carbonatization test and evaluation of the thickness of the concrete cover. The two main causes of the damage appearance are weathering and insufficient concrete cover. By analyzing the obtained results, it is concluded that the load capacity, stability and functionality of the tribune structure are fulfilled, but the durability is reduced.

**Key words:** tribune, assessment, non-destructive testing, damage, durability.

## 1. Introduction

The analyzed object is the construction of reinforced concrete stands of "Karađorđe" stadium in Novi Sad. Designer of the construction is engineer Daka Popovic, and the building dates back to 1924. Today a stadium owner is the Republic of Serbia.

## 2. Basic data of structure

The construction is located in Dimitrija Tucovića Street 1 and 3 in Novi Sad. The analyzed part of the object belongs to the south side, specifically to the southwestern part of the stands, which is located at the crossroads of the Bulevar Oslobođenja and the aforementioned streets.



Figure 1.-Location of the object [google maps]



Figure 2.-Analyzed part of the object

For the assessment of the durability and condition of the RC structure, the only accessible part on the lower side of the southern stand was chosen (part of the southwest panel - Figure 1-2), and it consists of 6 fields whose axial distance between the columns is 6x510cm. The construction of this part of the southern stand consists of 7 radially arranged frames connected by a circular annular carrier at the highest point of the stand. The height of the ring is 50 cm, and with its entire length is supported by the beams and connected by precast RC plates that are also mounted on the short element of the main beam elements.

The dimensions of the main beams (shafts) in the frame are constant - 60x40cm, while on the permeability height linearly decreases to the vertical G part of the girder (circular ring).

Columns are also a variable cross-section. The dimensions of the columns in the bottom are 40x30cm and they grow with height at 60x30cm. The spacing between the columns on the smaller radius of the curve is 400 cm and it grows with radius to the pillars where the length is 510 cm and the circular ring is 563 cm. In the places where earlier tests were carried out and where the concrete was broken which were not later recovered, the diameter of the longitudinal bars  $\varnothing 32\text{mm}$  was measured, while the diameter of the stirrups was  $\varnothing 10\text{mm}$ .

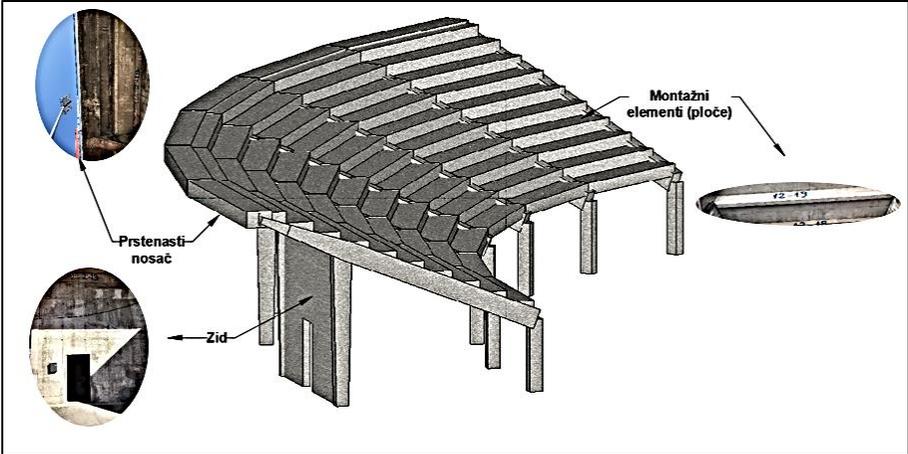


Figure 3.-Elements: wall, ring girder and precasted element [Axis VM]

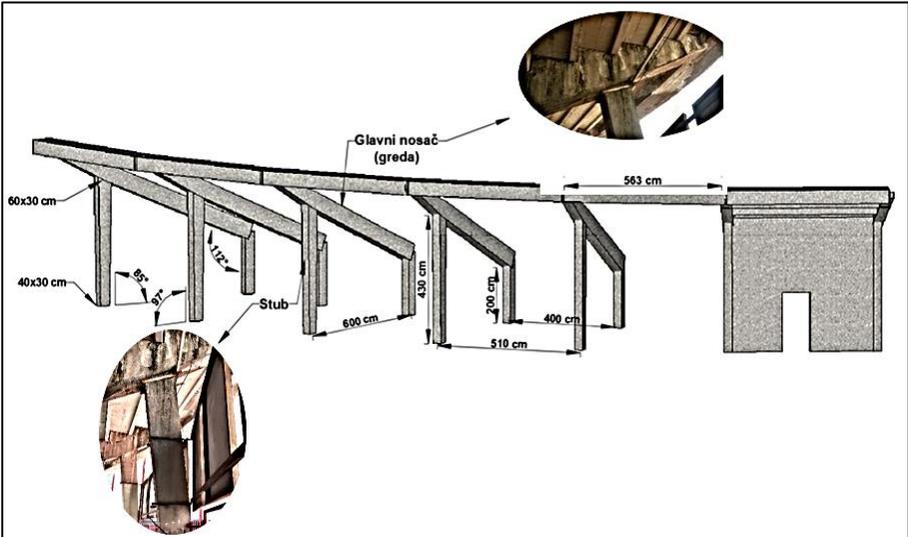


Figure 4.-Elements: column, main girder and dimensions of the main elements [Axis VM]

All previously stated data related to the span and dimensions of the elements, as well as the diameter of the reinforcing bars, were obtained by field measurements using a beam gauge, a manual and a laser meter. Due to the lack of technical documentation, it was not possible to compare the measured dimensions with the projected ones. Consequently, neither concrete class could be compared with the projected ones. Below are the disposition graphics of the basis of the analyzed part of the stands and the main carrier (frame).

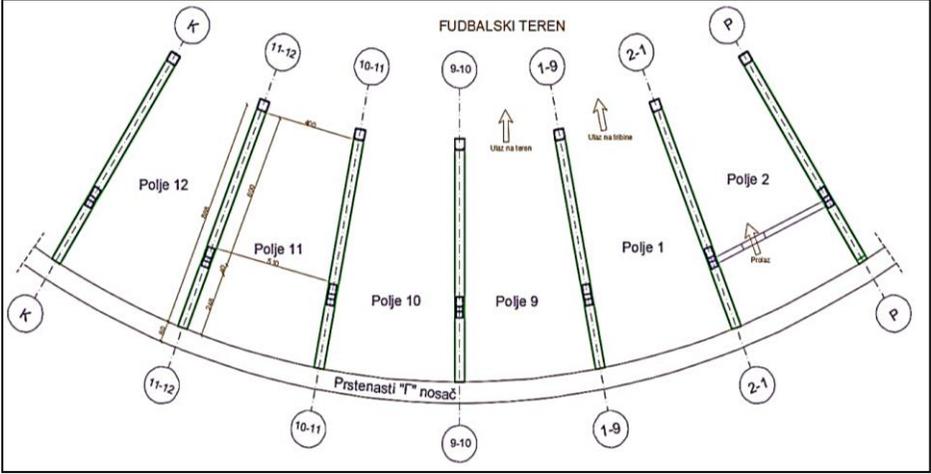
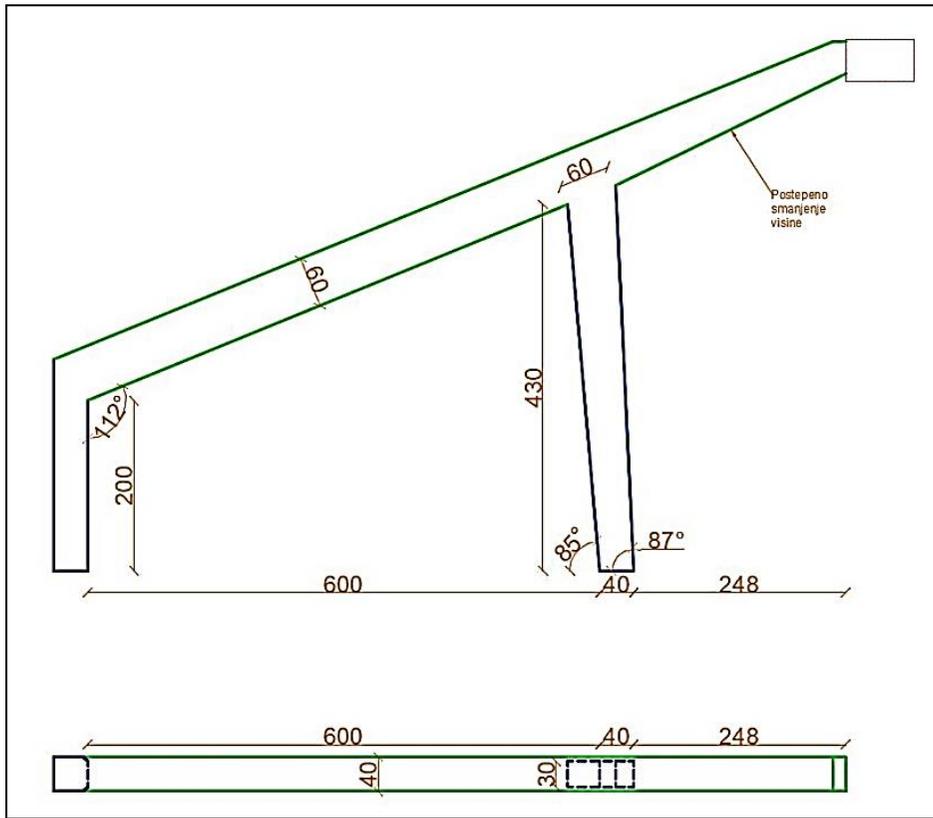


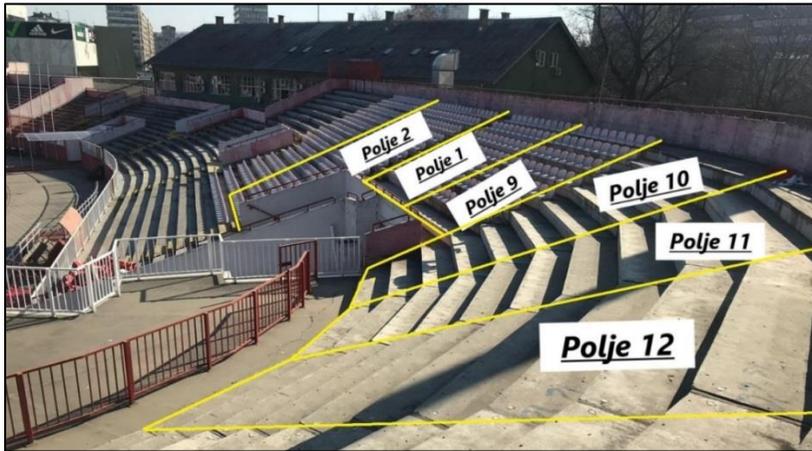
Figure 5.-Disposition of elements [AutoCad]



**Figure 6.-Disposition of the main girder (frame) [AutoCad]**

### 3. Analysis and assessment of the southwest part of the tribune

The considered part of the object is divided into several segments (Figure 7). The analyzed elements are precast reinforced concrete stands, main tributaries and columns, in all 6 fields, then circular circumferential ring in the range of 6 fields considered and reinforced concrete wall. A sclerometer, a ferodetector, phenolphthalein, a hammer, a hand and a laser meter, a beacon and an angle were used for the test.



**Figure 7.-**Division of the analyzed part of the object into segments (fields)

Detailed visual overview of the mentioned elements revealed the following defects:

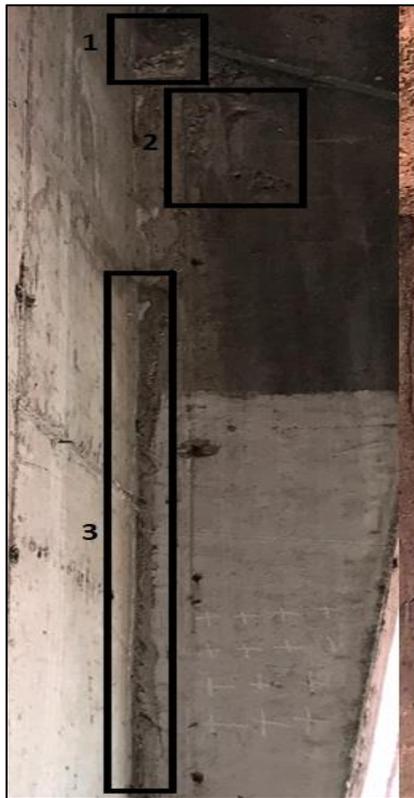
- the insufficient thickness of the protective concrete layer
- geometric imperfection
- segregation zones
- breaking of corners, edges and parts of the concrete surface due to adhesion of concrete and formwork
- honeycombs



**Figure 8.-Concrete segregation**



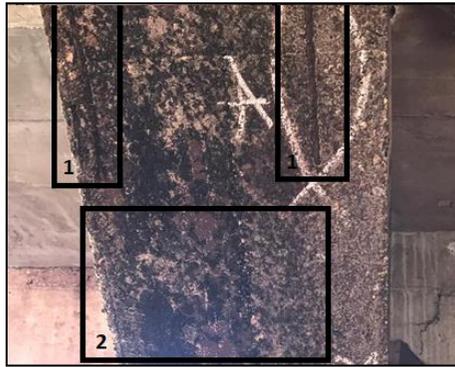
**Figure 9.-Concrete segregation and breaking of corners**



**Figure 10.-**Breaking of corners

The observed damage is as follows:

- corrosion of steel reinforcements
- damage due to the freeze-thaw cycle
- biological corrosion of concrete
- the first form of chemical corrosion (flushing  $\text{CaCO}_2$ )
- physical corrosion of concrete (abrasion)
- color change due to water spillage
- cracks in the places where the precasted elements are suspended, the discarding of concrete at the point of support
- rust from water spray



**Figure 11.-** 1)Corrosion of steel reinforcements, 2) biological corrosion of concrete



**Figure 12.-** 1)Cracks in the places where the precasted elements are suspended, 2) Corrosion of steel reinforcements, 3) Biological corrosion of concrete, 4)Color change due to water spillage, 5) The first form of chemical corrosion (flushing  $\text{CaCO}_2$ ), 6) Damage due freeze-thaw cycle

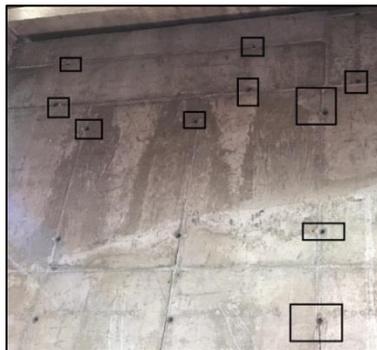
- Damages are partly due to defects, while they are significantly influenced by the very age of construction, i.e. its centenary exploitation age.
- No significant damage has been noticed on the RC wall, since the wall has been constructed relatively recently, but it is important to point out that a large number of defects have been detected, a consequence of the very poor performance of this part of the structure. This negligence points to the need for a more frequent review because these defects could lead to some significant damage in the future.



**Figure 13.-**Rehabilitation parts of the wall



**Figure 14.-**Concrete segregation



**Figure 15.-**Visible holes of the formwork

- On some columns and main beam girder, holes from the cores extracted for analysis, as well as visible scratched reinforcements, were examined which were not adequately recovered after completion.



**Figure 16.-**Visibly scratched reinforcements



**Figure 17.-**Holes due concrete testing

- The upper surface of the stands is distinguished by the poorly-formed connections of the prefabricated elements that leak water, which progressively leads the corrosion of the structural elements that lie below the stand.



**Figure 18.-**The inadequate connection between the panel and the tribune



**Figure 19.-**Drying water through the joints

## 4. Nondestructive tests

### 4.1. Schmidt hammer test

Surface strength tests with sclerometer were performed on the columns and main brackets of all columns and on the wall in field 1. The locations are indicated in the sketch (Figure 20-22), and the results of the data test in the table (1). Each element was tested in three places (400 cm<sup>2</sup> field), and 14 blows, eliminating extreme values.

Fields	Element	Compressive strength [ MPa]			Mean value [MPa]
Field 1	POS Z 2-1	41.9	41	43	<b>42</b>
	POS GN 2-1	46	39	35	<b>40</b>
	POS S 2-1	53	55.8	58	<b>55</b>
Field 2	POS GN 9-1	24.5	23.5	28.5	<b>25</b>
	POS S 9-1	59	58.5	61.7	<b>59</b>
Field 9	POS GN 10-9	26.8	23	41	<b>30</b>
	POS S 10-9	40.5	39.2	39.8	<b>39</b>
Field 10	POS GN 11-10	46	55	51	<b>50</b>

	POS S 11-10	38.5	38	39.5	<b>38</b>
Field 11	POS GN 12-12	39	38.5	40.5	<b>39</b>
	POS S12-11	47	52	50.3	<b>49</b>

**Table 1.-Results**



**Figure 20.-Schmidt hammer testing process**



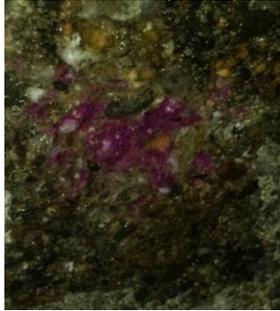
**Figure 21.-Schmidt hammer testing process**



**Figure 22.-Schmidt hammer testing process**

#### 4.2. Carbonatization testing

The degree of carbonization of the concrete can be verified by spraying the slightly deformed concrete surface with phenolphthalein. On all the elements there was a change in the color of the solution in a light pink color, meaning that the concrete did not suffer from carbonation.



**Figure 23.-**Phenolphthalein test GN 1-2



**Figure 24.-** Phenolphthalein test S 1-2



**Figure 25.-** Phenolphthalein test GN 10-11

### 4.3. Testing the thickness of the concrete cover

Testing the thickness of the protective layer of concrete on all the elements was done with the help of a device detector (metal detector - Hilti PS 20), thus requiring the position of the reinforcement, and thus the thickness of the protective layer. Layer thicknesses varied most on the horizontal, lower sides of the main carrier, while the poles yielded evener results. The following table shows the test results for columns and main supports.



**Figure 26.-**Testing process



**Figure 27.-** Testing process



**Figure 28.-** Testing process



Element of construction	Classes of exposure
Columns	XC3
Main girder	XC3, XF1, XF3
Precasted beams	XC4, XC3, XF1, XF3
Ring girder	XC4, XF1, XF3
Wall	XC4, XC3, XF1

**Table 4.-**Exposure classes by individual elements

The proper class for design is class XC4 - cyclic wet and dry environment, concrete surfaces exposed to contact with water.

## **6. Analysis of obtained data and conclusions on the condition of the structure**

Based on the analysis of the data obtained by visual inspection of the available reinforced-concrete elements of the southwestern part of the panel and the results of the field tests, it was concluded:

### Capacity:

Due to the lack of technical documentation, it is considered that the capacity, despite all defects and damage, is not compromised.

### Functionality:

Functionality is not compromised.

### Stability:

Due to the lack of technical documentation, it is considered that stability, despite all defects and damage, is not compromised.

### Durability:

The durability of the analyzed part of the structure is reduced, defects in the form of a small protective layer allow for corrosion conditions of the reinforcement, and due to the poor performance of the assemblies of reinforced concrete elements, all main carriers are exposed to water. In addition to these two main reasons, other defects and damages contribute to reducing the durability of the construction.

This general state of the object is the logical consequence of centuries of exploitation inadequate connections of prefabricated elements from the aspect of water activity, low and high temperatures, as well as poor maintenance.

## **7. Acknowledgments**

The paper presents the part of research realized within the project "Theoretical and experimental research in civil engineering for the purpose of improvement of the educational process and strengthening of the scientific-research capacity of the

department" conducted by the Department of Civil Engineering and Geodesy, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad.

## **Appreciation**

The authors gratefully thank Professor Mirjana Malešev and Professor Vlastimir Radonjanin for the constructive comments and recommendations which definitely help to improve the readability and quality of the paper.

Also, gratefull thank to Football club "Vojovidna" for making the facility available.

## **Literature**

- [1]. V.Radonjanin, M. Malešev: Literatura za izvođenje nastave na predmetu „Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija“, Faculty of technical sciences – Department for civil engineering, Novi Sad, November 2011.
- [2]. European Standard [2004]: EN 1992-1-1: Eurocode 2: Design of Concrete Structures, Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings, CEN – European Committee for Standardization.

# Utjecaj punila od mljevenih betonskih ispitnih uzoraka na svojstva svježeg i očvrsllog betona

Iva Cakalin, Lucia Rubeša, Suzana Šipić

**Rezime:** *Otpad koji nastaje građenjem, rekonstrukcijom, uklanjanjem ili održavanjem građevina predstavlja veliki problem današnjice. Recikliranjem građevinskog otpada rješavaju se dva velika problema: smanjuje se potrošnja prirodnih resursa, a isto tako smanjuje se i potreban prostor za prihvaćanje i odlaganje nastalog otpada. U radu je napravljeno i ispitano šest mješavina betona od kojih su dvije mješavine referentne, a četiri su pripravljene sa punilom dobivenim mljvenjem ispitnih betonskih kocki. Punilo je podijeljeno u četiri frakcije veličine 0-0.063 mm, 0.063-0.125 mm, 0.125- 0.25 mm i 0-0.5 mm. Kontrolne mješavine napravljene su sa dodacima silikatne prašine i letećeg pepela. Betonu se u svježem stanju ispitivala obradivost metodom slijeganja. U očvrslom stanju, kod starosti od 7 i 28 dana, ispitan je dinamički modul elastičnosti i čvrstoća na pritisak. Dobiveni rezultati pokazuju da punilo ne utječe na obradivost betona, a mehaničke karakteristike betona u skladu su sa ponašanjem referentne mješavine sa dodatkom letećeg pepela. Dodatno su izrađeni uzorci vapnenog morta sa dodatkom punila. te uspoređeni sa čistim vapnenim mortom, kao i sa vapnenim mortom sa dodatkom silikatne prašine. Utvrđeno je da punilo dobiveno mljvenjem betonskih ispitnih uzoraka nema pucolansku aktivnost.*

**Ključne reči:** *građevinski otpad, recikliranje, obradivost, mehanička svojstva betona, pucolanska aktivnost*

# Effect of filler from ground test concrete cube on the properties of concrete in fresh and hardened state

Iva Cakalin, Lucia Rubeša, Suzana Šipić

**Abstract:** *Waste generated by the construction, reconstruction, removal or maintenance of buildings is a major problem nowadays. Recycling construction waste addresses two major problems: it reduces the consumption of natural resources, and it also reduces the space needed to accept and dispose of generated waste. Six concrete mixtures were made and tested in this paper, two of which are reference mixtures, and four were prepared with filler obtained by grinding test concrete cubes. The filler is divided into four fractions of size 0-0.063 mm, 0.063-0.125 mm, 0.125- 0.25 mm and 0.25-0.5 mm. The control mixtures were made with the addition of silica dust and fly ash. The workability of the tracking methods was tested in fresh state for concrete. In an apparent condition, a dynamic modulus of elasticity and compressive strenght were tested over a period of 7 to 28 days. The results show that the filler does not affect the processing of concrete, and the mechanical characteristics of the concrete are consistent with the behavior of the reference mixtures with additional fly ash. Samples of lime mortar with additional fillers were also made. and compared with pure lime mortar as well as lime mortar with additional silica dust. It was found that the filler obtained by grinding the concrete test samples had no pozzolanic activity.*

**Key words:** *construction waste, recycling, workability, mechanical properties of concrete, pozzolanic activity*

# 1 Uvod

Građevinarstvo kao proizvodna djelatnost ima veoma važnu ulogu kako u socijalnom, tako i u ekonomskom razvoju svake sredine, a posebno zbog činjenice da se tijekom proteklih nekoliko desetljeća sve većim razvojem industrijalizacije i urbanizacije povećava količina građevinskog otpada. Građevinski otpad čine ostaci ruševina, betona, čeličnih konstrukcija...[1,2]. Prema Pravilniku o gospodarenju otpadom (NN 23/14) građevni otpad je otpad nastao prilikom gradnje građevina, rekonstrukcije, uklanjanja i održavanja postojećih građevina, te otpad nastao od iskopanog materijala koji se ne može bez prethodne uporabe koristiti za građenje građevine zbog kojeg građenja je nastao. Pod građevnim otpadom može se smatrati i otpad koji nastaje tijekom proizvodnje građevinskih proizvoda ili poluproizvoda. Glavni izvori nastajanja građevinskog otpada su proizvodnja građevinskog materijala, novogradnja, rušenje ili obnavljanje objekata, te izgradnja i obnova prometnica. Udio otpada koji nastaje od građenja je manji u odnosu na otpad koji dobijemo kod rušenja, ali iskoristivost otpada i njegov potencijal za uporabu je puno veći. [3]

Količina tog otpada, prema istraživanjima Franklin Associates (1998) u SAD-u je 1996. bila 136 milijuna tona od čega je 53% činio građevinski. [4] Pridoda li se tome činjenica da se samo određena količina otpada oporabi ili odloži na predviđena mjesta (kao u RH), dolazi se do problema koji traži svoje rješenje u pravilnom gospodarenju otpadom. [5] Gospodarenje otadom stoga postaje prioritet svakog društva jer u protivnom dolazi do ozbiljnih problema, tj. do zagađenja okoliša, te narušene kvalitete života i ekonomske štete. [2] Gospodariti otpadom između ostalog znači raspolaganje, sanacija, recikliranje tj. ponovna upotreba, minimiziranje, odnosno sprječavanje nastanka otpadnog materijala. [1]

Građevni otpad u najvećem dijelu (95%) sastoji se od inertnog otpada što znači da ne podliježe fizikalnim, kemijskim ili biološkim promjenama, znači da se ne otapa, kemijski ne reagira, nije zapaljiv, te se ne razgrađuje biološkim putem. Neke vrste inertnog građevinskog otpada su keramika, žbuka, gips, beton, željezo, čelik, otpad od rušenja zgrada, drvo plastika, papir i dr. Građevinski otpad može sadržavati opasne komponente kao što su azbest ili asfaltno vezivo, te ga ove komponente svrstavaju u opasan otpad. [3]

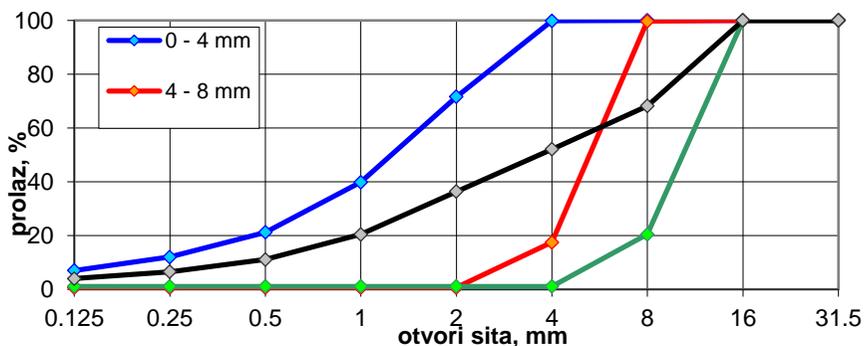
Dosada su provedena brojna istraživanja u svrhu određivanja mogućnosti ponovne upotrebe građevinskog otpada na različite vrste betona. Reciklirani beton se može koristiti kao agregat ili punilo u betonu. Moguća primjena recikliranog agregata u betonu je predmet najčešćih istraživanja [6-11]. Kesegić i ostali [2] su istraživali mogućnost upotrebe reciklirane opeke kao agregata za beton te su na osnovu rezultata mehaničkih svojstava betona došli do zaključka da se reciklirana opeka može koristiti kao agregat za beton. Kekanović i ostali su [12] izradili laki beton s recikliranim mljevenim agregatom od ekspandiranog polistirena. U sklopu istraživanja pokazano je niz prednosti mljevenog agregata od ekspandiranog polistirena u odnosu na EPS kuglice kod izrade lakih betona. Pokazano je da čak u relativno maloj količini cementa upotrebom mljevenog EPS agregata može se izraditi laki beton sa mehaničkim svojstvima koje pružaju mogućnost sveobuhvatne primjene. Autori su u [13] istražili mogućnosti upotrebe crvenog mulja i taloga industrijskog otpada u proizvodnji betona. Rezultati ispitivanja pokazali su da industrijski otpad ne spada u opasne otpade jer je stabilizacijom smanjena koncentracija kancerogenih  $Cr^{6+}$  iona kojeg sadrži industrijski otpad. Ravindrarajah [14] je zaključio da

kvaliteta recikliranog agregata ovisi o njegovom porijeklu i načinu proizvodnje. Stručnjaci sa Alžirskog sveučilišta su u [15] ispitivali utjecaj fine gline na svojstva samozbijajućeg betona a Juradin i Grbeša u [16] primjenile su mljevenu opeku kao filer u SCC betonima . Zaključile su da punilo mljevene opeke u kombinaciji s drugim dodacima daje bolju tlačnu čvrstoću i da veličina čestica punila treba biti manja od 0,04 mm. U radu [17] ispitana je mogućnost primjene građevinskog otpada kao punila za samozbijajuće betone. Punila su se dobila mljevenjem nekoliko otpada različitog porijekla i veličine čestica. Dio punila dobio se mljevenjem ispitanih betonskih kocki, koji je zatim prosijan na frakcije 0-0.063 mm, 0.063-0.125 mm, 0.125-0.25 mm, 0.25-0.5 mm i 0-0.5 mm. Rezultati su pokazali da ovako dobiveno punilo ima najveći prirast čvrstoće od 7. na 28. dan. Isto tako da uzorci napravljeni sa silikatnom prašinom i filerom veličine 0-0.063 mm i 0.063-0.125 mm imaju manju vodoupojnost u odnosu na ostale uzorke. Autori su preporučili ispitati mogućnost primjene ovakvog punila kao dodatka običnim betonima, stoga je cilj ovoga istraživanja utvrditi utjecaj ovakvog punila na ponašanje svježeg i očvrstlog običnog, vibriranog betona.

## 2 Eksperimentalni dio rada

### 2.1 Materijali I metode

Za potrebe ovog ispitivanja napravljeno je ukupno 6 mješavina betona. Sve mješavine su napravljene sa cementom CEM I 42.5 R ( $3.14 \text{ kg/dm}^3$ ), drobljenim agregatom od vapnenca ( $2.68 \text{ kg/dm}^3$ ), superplastifikatorom na bazi polikarboksilnog etera (PCE) ( $1.05 \text{ kg/dm}^3$ ). Frakcije agregata 0-4, 4-8 i 8-16 mm kao i granulometrijska krivulja betona prikazane su na slici 1. Vodocemntni faktor za sve mješavine iznosi 0.55. Kao dodaci u betonu su upotrebljeni: silikatna prašina ( $2.3 \text{ kg/dm}^3$ ), leteći pepeo ( $2.25 \text{ kg/dm}^3$ ) i dodaci dobiveni mljevenjem ispitanih betonskih kocki. Kocke na kojima se utvrđuje čvrstoća betona samljevene su u laboratorijskom mlinu sa kuglama, a onda je materijal prosijan i podijeljen na frakcije 0-0.063 mm, 0.063-0.125 mm, 0.125-0.25 mm i 0-0.5 mm. Svi dodaci dodani su u količini od 10 % mase cementa. Mješavine sa dodatkom silikatne prašine i letećeg pepela uzete su kao referentne mješavine.



**Slika 1:** Granulometrijske krivulje agregata i kumulativna krivulja betona

Sastav mješavina kao i oznake mješavina dane su u tablici 1.

**Tablica 1: Oznake, sastav mješavina i rezultati slijeganja**

Sastav(kg)		ETALON – LP	ETALON – S	M1	M2	M3	M4
Cement		300	300	300	300	300	300
Voda		165	165	165	165	165	165
Leteći pepeo		30	0	0	0	0	0
Silikatna prašina		0	30	0	0	0	0
Punilo	0-0.063 mm	0	0	30	0	0	0
	0.063-0.125	0	0	0	30	0	0
	0.125-0.25	0	0	0	0	30	0
	0-0.5 mm	0	0	0	0	0	30
Agregat(0-4mm)		933.80	934,2	934.90	934.90	934.90	934.90
Agregat (4-8 mm)		186.89	168,84	186,98	186,98	186.85	186.86
Agregat(8-16 mm)		746.91	747,36	747,92	747,92	748.04	748.04
Aditiv		2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Slijeganje (cm)		2.0	1.0	1.5	1.5	2.0	1.0

Mješavine su pripravljene u laboratorijskoj miješalici, a zatim je ispitano slijeganje, slika 2. Rezultati slijeganja dani su u Tablici 1. Prema dobivenim rezultatima sve mješavine spadaju u razred konzistencije S1.



**Slika 2:** Mjerenje veličine slijeganja na uzorku ETALON LP

Mješavine su pomoću uronjavajućeg vibratora ugrađene u kalupe oblika kocke stranice 15 cm, izvađene iz kalupa nakon 24 sata, a zatim su uzorci potopljeni u vodu temperature  $20 \pm 3$  °C, u kojoj su čuvani do dana ispitivanja. Na uzorcima se ispitao dinamički modul elastičnosti i čvrstoća na pritisak nakon 7 i 28 dana.

### **3 Rezultati I diskusija**

#### **3.1. Dinamički modul elastičnosti**

Dinamički modul elastičnosti računa se prema formuli:

$$E_{din} = \frac{v^2 \rho (1 + \mu)(1 - 2\mu)}{(1 - \mu)} [GPa],$$

gdje je:

v - brzina ultrazvučnog vala [m/s]

$\rho$  – gustoća betona [ $kg/m^3$ ]

$\mu$  – Poissonov koeficijent [ $\mu = 0.2$ ]

Na slici 3. prikazane su dobivene vrijednosti dinamičkog modula elastičnosti kod starosti uzoraka od 7 i 28 dana.

#### 4 Ispitivanje pucolnske aktivnosti

S obzirom na rezultate dobivene u ovom prethodnom istraživanju [17], ispitala se mogućnost postojanja pucolnske reakcije u punilu od recikliranog betona. Za potrebe istraživanja napravljeno je 6 uzoraka vapnenog morta. Referentni uzorak je napravljen samo od vapna, a u ostale mješavine 13 % vapna zamjenjeno je sa punilom od recikliranog betona (sve 4 frakcije). Jedan uzorak vapnenog morta izrađen je sa dodatkom silikatne prašine. Ukoliko sitne čestice recikliranog betona imaju pucolnska svojstva, tlačna čvrstoća i čvrstoća na savijanje trebale bi biti veće u odnosu na vapneni mort bez dodataka. Sastav mješavina dan je u tablici 2.

**Tablica 2:** Sastav mješavina morta

Mješavina morta	Vapno, g	Punilo, g	Silikatna prašina, g	Voda, g	Kvarcni pijesak, g
Vapno	460	-	-	350	1380
Vapno+silikatna prašina	400	-	60	350	1380
Vapno + punilo	400	60	-	350	1380

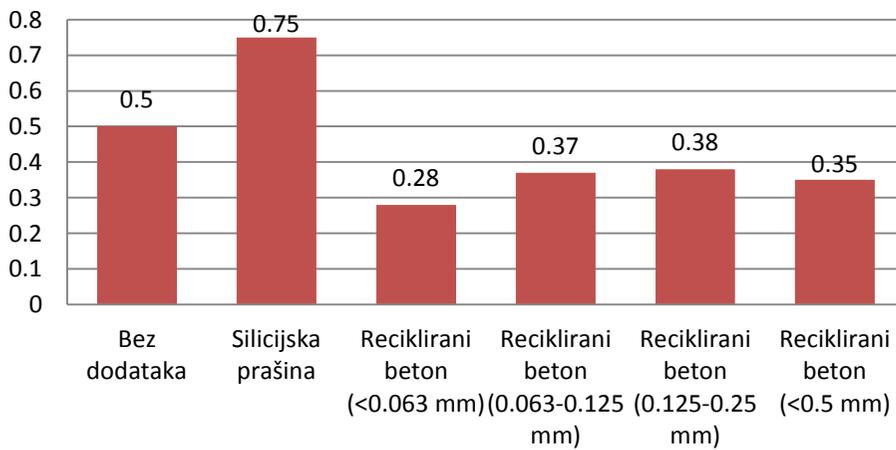
Mort je pripremljen prema standardnoj proceduri za cementni mort u skladu sa EN 196 i ugrađen u trodjelne kalupe dimenzija 40 x 40 x 160 mm na vibrostolu. Uzorci su se čuvali u kalupima (slika 5) 96 sati, a zatim su stavljeni u prostoriju temperature  $20 \pm 3$  °C i relativne vlažnosti  $55 \pm 5$  % do dana ispitivanja. Nakon 28 dana određena je čvrstoća na vlak savijanjem i čvrstoća na tlak. Rezultati su prikazani na slikama 6 i 7.





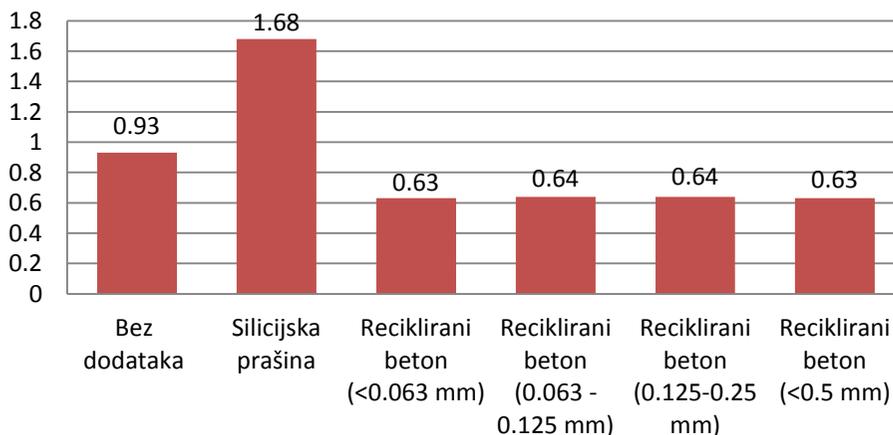
**Slika 5:** Ispitne mješavine vapnenog morta s dodatkom recikliranog betona

## Vlačna čvrstoća savijanjem (MPa)



**Slika 6:** Vlačna čvrstoća savijanjem

## Čvrstoća morta na tlak (MPa)



*Slika 7: Čvrstoća na tlak*

Prema slikama 6 i 7 najveću čvrstoću na tlak, kao i čvrstoću morta na savijanje, ima uzorak sa silikatnom prašinom. Najnižu vrijednost imaju uzorci s dodatkom recikliranog betona, a dobiveni rezultati potvrđuju da punilo od recikliranog betona nema pucolansku aktivnost.

## 5 Zaključak

Gomilanje građevinskog otpada postaje sve veći problem današnjice. Sve veća potreba za odlagalištima, te sve veća cijena koštanja recikliranja i pravilnog razdvajanja otpada zahtjeva pronalaženje načina kako bi se građevinski otpad mogao bez posebne obrade staviti u ponovnu primjenu kao punilo za izradu betona.

U ovom radu ispitan je utjecaj punila dobivenog od mljevenih ispitnih betonskih kocki na svojstva betona u svježem i očvrslom stanju, te postojanje pucolanske aktivnosti. Pripremljene su četiri frakcije punila: 0-0.063 mm, 0.063-0.125 mm, 0.125- 0.25 mm i 0-0.5 mm.

Prema dobivenim rezultatima slijeganja sve ispitane mješavine spadaju u razred konzistencije S1, što znači da punilo bez obzira na veličinu čestica nije utjecalo na obradivost betona. S obzirom da je udio punila u mješavini samo 10 % mase cementa, rezultat je očekivan.

Uzorak sa dodatkom letećeg pepela i uzorak sa dodatkom punila od mljevene ispitne betonske kocke frakcije 0-0.5 mm pokazuju gotovo jednake vrijednosti modula elastičnosti nakon 7 i 28 dana, a nakon 28 dana približnu vrijednost pokazuje u uzorak sa dodatkom punila frakcije 0.125-0.25 mm. Uzorci sa dodatkom punila mljevene ispitne betonske kocke frakcije 0-0.063 mm i 0.063-0.125 mm pokazuju veći modul elastičnosti nakon 7 nego nakon 28 dana, vjerojatno zbog manjeg broja ispitnih uzoraka nakon 7 u odnosu na

ispitivanje nakon 28 dana. Uzorak sa dodatkom silikatne prašine pokazuje najmanje vrijednost modula elastičnosti kako nakon 7, tako i nakon 28 dana.

Najveću vrijednost tlačne čvrstoće nakon 28 dana postiže uzorak sa dodatkom silikatne prašine. Mješavine sa dodatkom punila mljevene ispitne betonske kocke postigle su gotovo jednake vrijednosti tlačne čvrstoće nakon 7 i 28 dana kao i uzorak sa dodatkom letećeg pepela. Stoga se takvo punilo u ovoj količini može primjenjivati jednako kao i leteći pepeo.

Ispitivanjem uzoraka vapnenog morta nije uočena pucolanska aktivnost punila.

Preporučuju se temeljitija istraživanja o utjecaju punila na trajnost betona kao i mogućnost kombiniranja punila sa silikatnom prašinom ili letećim pepelom, kao i većim udjelom punila u mješavini.

## Literatura

[1] S. Nagapan, I. A. Rahman, A. Asmi, A.H. Memon, Q. B. Alias I. Latif: Issues on Construction Waste: The Need for Sustainable Waste Management, Conference: IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering (CHUSER 2012)At: Kota Kinabalu, Sabah, 2012., DOI: 10.1109/CHUSER.2012.6504333

[2] I. Kesegić, D. Bjegović, I. Netinger: Upotreba reciklirane opeke kao agregata za beton, GRAĐEVINAR 61 1, 15-22, 2009.

[3] J. Kontak, "Građevinski otpad - od nastanka do korištenja", Završni rad, Sveučilište Sjever, Koprivnica, 2016. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:756747>

[4] Franklin Associates (1998) Characterization of Building-Related Construction and Demolition Debris in The United States (stranica 2)

[5] Strategija gospodarenja otpadom RH - prijedlog (2003)

[6] N. Glibo: Diplomski rad, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu, 2017.

[7] K. Rahal: Mechanical properties of concrete with recycled coarse aggregate, Building and Environment, Volume 42, Issue 1, pp. 407-415, 2007.

[8] F. Debieb, L. Courard, S. Kenai, R. Degeimbre: Mechanical and durability properties of concrete using contaminated recycled aggregates, Cement and Concrete Composites, Volume 32, Issue 6, pp. 421-426.

[9] N. Fonseca, J. de Brito, L. Evangelista, 2011: The influence of curing conditions on the mechanical performance of concrete made with recycled concrete waste, Cement and Concrete Composites, Volume 33, Issue 6, pp. 637-643, 2010.

[10] N.K. Bairagi, H.S. Vidyadhara, K. Ravande: Mix design procedure for recycled aggregate concrete, Construction and Building Materials, Volume 4, Issue 4, pp.188-193, 1990.

- [11] N.K. Bairagi, K. Ravande, V.K. Pareek: Behaviour of concrete with different proportions of natural and recycled aggregates, Resources, Conservation and Recycling, Volume 9, Issues 1–2, pp. 109-126, 1993.
- [12] M. Kekanović, D. Kukaras, A. Čeh, G. Karaman: Lightweight concrete with recycled ground expanded polystyrene aggregate, Dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/289370789\\_Lightweight\\_concrete\\_with\\_recycled\\_ground\\_expanded\\_polystyrene\\_aggregate](https://www.researchgate.net/publication/289370789_Lightweight_concrete_with_recycled_ground_expanded_polystyrene_aggregate)
- [13] B.Mesci, S. Çoruh, O. Nuri Ergun: Use of Selected Industrial Waste Materials in Concrete Mixture, Environmental Progress & Sustainable Energy, 30(3) 2011, Dostupno na: <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/ep.10493>
- [14] R. Sri Ravindrarajah: Utilization of waste concrete for new construction, Conservation & Recycling, Volume 10, Issues 2–3, pp 69-74, 1987.
- [15] Z.E. Abib, H. Gaher-Abib, F. Kharchi: Effect of Clay Fines on the Behavior of Self-Compacting Concrete, Engineering, 5, pp. 213-218, 2013.
- [16] S. Juradin, K. Grbeša: Influence of Ground Clay Brick on the Properties of Fresh and Hardened Self Compacting Lightweight Concrete (SCLC), Advanced Materials Research, Vol. 1106, pp. 57-60, 2015.
- [17] S. Juradin, N. Ostojić-Škomrlj, M. Lovrić, N. Glibo: Effect of filler from recycled construction waste on properties of self-compacting concrete in fresh and hardened states, Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS, Vol. 9 No. 17, 2018.

# IZRADA WEB KARATA ZA STATISTIČKE PODATKE U PROGRAMSKOM JEZIKU R

*Dobrivoje Matić*

**Rezime:** *Kao sastavni deo sadašnjosti, računarske tehnologije su doprinele olakšanom radu u različitim oblastima nauke i inženjerstva, što je slučaj i sa kartografijom. Pored velike količine različitih kartografskih alata, kao bitan aspekt su prepoznati programski jezici. R programski jezik je prvenstveno namenjen za rad sa statističkim podacima, a ovim radom je prikazana mogućnost njihove vizuelizacije. Obuhvaćeni su osnovni paketi koji su korišćeni, podaci koji su predmet zadatka, kao i sam praktični deo rada. Opisani su kodovi koji se korišćeni za generisanje karata za različite podatke i komponente tih kodova.*

**Ključne reči:** *karta, vizuelizacija, podaci, kod, paketi*

# MAKING WEB MAPS FOR STATISTICAL DATA IN PROGRAMMING LANGUAGE R

*Dobrivoje Matić*

**Abstract:** *As an integral part of the present, computer technologies have contributed to facilitated work in various fields of science and engineering, as is the case with cartography. In addition to the large number of different mapping tools, programming languages are recognized as an important aspect. R programming language is primarily intended for working with statistics, and this document presents the possibility of their visualization. The basic packages that were used, the data which represent subject, as well as the practical part of the document are covered. The codes used to generate maps for the various data and components of those codes are described.*

**Key words:** *map, visualization, data, code, packages*

## 1. Uvod

Kartografija je nauka koja se bavi izučavanjem i izradom karata i globusa, njihovog sadržaja, načina kartografskog istraživanja, izrade, sastavljanja i korišćenja.[1] Ona je jedna od najranijih i najrasprostranjenijih nauka i zauzima veoma značajno mesto u istoriji. Od kada postoji čovek, postoji i njegova radoznalost za istraživanjem novih područja i prezentovanje istih. U dalekoj prošlosti, primarna uloga karata je bila predstavljanje tek otkrivenih područja, pri čemu su te karte služile čoveku pre svega za njegovu egzistenciju. Prezentovanje prostora, kao i sama tehnologija izrade karata se, naravno, značajno promenila, ali suština je ostala ista. To podrazumeva da se i danas na karti predstavlja prostor, ali na znatno drugačiji način, koji je u koraku sa tehnološkim razvićem. Zbog nagle progresije računara i računarskih sistema, većina nauka i naučnih disciplina je postala veoma zavisna od istih. Među njima je i kartografija. Informatički razvoj je kartografiji doneo dosta dobrog, jer je kompjuterska tehnologija odlična podloga za sofisticiranu primenu kartografije. Kako se informatika i dalje brzo razvija i kako je Internet postao glavni prostor za poslovanje, kartografija je doživela proboj i na virtuelno tržište. *Online* karte i globusi su posteli deo svakodnevnice, što je značajan pokazatelj koliko bitnu ulogu ima kartografija u ovome trenutku.

U okviru teorijskog dela ovog rada predstavljene su osnovne teorijske činjenice o programskom jeziku i okruženju, korišćenim paketima i podacima koji su predmet rada. Sve ono što je predstavljeno u teorijskom delu, ispraćeno je praktičnim delom zadatka, u okviru kog je pojašnjen sam način izrade *Web* karata za statističke podatke. To podrazumeva primenu odgovarajućih paketa, funkcija u okviru kodova, kao i prikaz rezultata u okruženju *RStudio*, koji je zasnovan na sintaksi programskog jezika *R*.

## 2. Web karte

*Web* karte pripadaju grupi virtuelnih karata. Virtuelna karta je bilo koja karta prikazana na elektronskom uređaju. Karte se danas mogu naći na desktop računarima, laptopovima, tabletima, mobilnim telefonima, GPS prijemnicima i raznim drugim digitalnim uređajuma.[2] U okviru tematske kartografije, kao jednu zasebnu celinu možemo izdvojiti *Web* kartografiju. *Web* karte ne moraju isključivo biti tematske, iako u većini slučajeva jesu. Sada, kada je doba digitalne kartografije, koja je danas najzastupljenija, možemo uočiti mnoge prednosti u odnosu na analognu kartografiju. Prednosti su:

- brža izrada karata;
- brže osavremenjavanje karata;
- manja cena izrade karata;
- bolji kvalitet izrade karata;
- sve češće stručnjaci iz drugih struka zahtevaju karte u digitalnom obliku.

Za razliku od analogne, digitalnu kartu možemo neograničen broj puta menjati i dopunjavati kartografskim sadržajem.

*Web* karte predstavljaju digitalne karte objavljene na Internetu. *Web* kartografija se može uzeti u obzir kao deo kartografije koji ima za cilj izradu, poboljšanje i korišćenje karata na *Web*-u. Ona predstavlja najmlađu granu kartografije koja se sve više razvija. Sam proces kreiranja *Web* karata naziva se *Web* kartiranje. Ono obuhvata procese dizajniranja, implementacije elemenata i objavljivanje na *Web*-u. Veoma često, *Web* kartama se prikazuju podaci iz geoinformacionih sistema.

Vremenom, došlo je do toga da *Web* karte može kreirati skoro svako, što je prednost ako se uzme u obzir broj zainteresovanih za *Web* kartografiju. Sa druge strane, to može biti i velika mana, jer se može desiti da *Web* karte izrađuju ljudi koji za to nisu dovoljno stručni. Najveća prednost *Web* karata je dostupnost i ažurnost.

Podela *Web* karata je pre svega izvršena na dinamičke i statičke (Slika 1.). I jedne i druge mogu se samo pregledati (*read-only*), a mogu biti i interaktivne. Uglavnom, *Web* karte su statičke i nisu interaktivne, jer su to najčešće skenirane podloge koje se samo publikuju na *Web*. Te karte mogu postati interaktivne primenom određenih opcija (npr. zumiranje, pomeranje, prikaz dodatnih informacije). Dinamičke neinteraktivne se, uglavnom, mogu samo gledati i one prikazuju različite vrste informacija. Najzanimljivija vrsta *Web* karata su dinamičke interaktivne *Web* karte koje imaju neke mogućnosti koje ostali tipovi *Web* karata nemaju:

- mogućnost menjanja sadržaja na zahtev korisnika;
- trodimenzionalni prikaz i kretanje kroz prostor;
- prikazivanje naziva objekta na mestu koje je najpogodnije za to;
- generisanje mreže meridijana i paralela ili mreže kvadrata i pravougaonika.



**Slika 1.** Podela *Web* karata

Kod statičkog linearnog zumiranja, slika se uvećava, ali sadržaj ostaje isti, jer se karta koristi kao slika. Kada se koristi statičko zumiranje po stepenu zumiranja, postoji serija karata krupnije razmere koje dopunjuju zumirano područje koje softver automatski bira. Kod dinamičkog zumiranja postoji direktna veza između nivoa zumiranja i sadržaja karte, što znači da konstantno mora postojati veza između karte i baze podataka. Treba koristiti logičnu kartografsku generalizaciju, npr. naselja treba da prikazemo tačkastim simbolima do momenta kada je dovoljno zumirano, pa se naselje prikazuje pomoću njegovih kontura.

Kod objavljivanja karata na Internet treba da obezbedimo jednostavnu interakciju sa korisnikom i da kartu prilagodimo potrebama korisnika. Najjednostavniji način prikazivanja prostornih podataka na *Web*-u je unošenje rasterske slike unutar internet stranice. Prednost ovog načina ogleda se u ekonomičnosti i jednostavnosti.

Mana je nedostatak interakcije sa korisnikom. Drugi način je pomoću sistema koji se sastoje od internet pregledača, kartografskog servera i prostorne baze podataka. Prednosti samog objavljivanja karata na Internet su:

- pronalaženje specifične lokacije;
- prikazivanje i pregledanje sadržaja sa više podataka istovremeno;
- izvršavanje prostornih upita;
- razmena podataka.

### 3. Statistički podaci

Statistički podaci su podaci koje vezujemo za pojam stanovništva. Statistički podaci se prikupljaju na osnovu popisa. Popis stanovništva, domaćinstava i stanova predstavlja organizovano prikupljanje podataka o stanovništvu jedne zemlje i on je najvažniji statistički izvor o stanovništvu. Popis je, takođe, najskuplje, najkompleksnije i najpopularnije statističko istraživanje koje se sprovodi u skoro svim zemljama sveta. Poslednji popis koji je izvršen na području Republike Srbije je popis iz 2011. godine.[3] Na osnovu statističkih podataka iz 2011. godine izrađen je popisni atlas, koji sadrži 172 karte koje su grupisane u 12 tematskih poglavlja: distribucija stanovništva, starost i pol, obrazovne karakteristike stanovništva, ekonomska aktivnost, migracije stanovništva, etnokulturne karakteristike, bračni status, fertilitet, osobe sa invaliditetom, domaćinstva, porodice i stanovi. Na osnovu navedenih kategorija možemo uočiti da kartografija kao nauka ima veoma bitnu ulogu u prezentovanju podataka o stanovništvu. Sve ove karte su dostupne na zvaničnom sajtu Republičkog zavoda za statistiku.

Cilj zadatka jeste izrada karata populacije i gustine naseljenosti po opštinama, za ruralna područja na teritoriji Republike Srbije. Populacija predstavlja ukupan broj stanovnika, dok je gustina naseljenosti prosečan broj stanovnika nastanjenih na određenu površinu. Uglavnom, u pitanju je površina izražena u kilometrima kvadratnim (km<sup>2</sup>). Karte o broju stanovnika su najučestalije tematske karte koje se tiču demografije. Pomoću njih, na veoma pregledan način, možemo predstaviti neko područje u kontekstu količine naseljene populacije. Karte gustine naseljenosti nam govore i o demografskim (direktno) i fizičkim (indirektno) svojstvima nekog područja. Demografskim karakteristikama izražavamo koliko stanovnika je u proseku, u okviru neke opštine, naseljeno na nekoj jedinici površine. Karte gusine naseljenosti nam indirektno govore o fizičkim svojstvima nekog područja, što znači da što je područje nepogodnije za život, ono ima manju gustinu naseljenosti.

### 4. Praktični deo rada

#### 4.1. Paketi za prostorne podatke

Da bismo radili sa prostornim podacima potrebno je da instaliramo pakete koji se odnose na iste. Pakete koje je neophodno instalirati su:

- *ctv*;
- *sp*;
- *raster*;
- *mapview* i
- *plotKML*.

Instaliranje paketa vršimo na sledeći način:

```
install.packages("naziv paketa")
```

Nakon što instaliramo neophodne pakete, potrebno je da ih sačuvamo u okruženje. To radimo pomoću funkcije *library*. Izgled ove funkcije je sledeći:

```
library("naziv paketa")
```

Nakon instaliranja i unošenja paketa u okruženje, potrebno je da podesimo radni direktorijum, odnosno, direktorijum iz koga će nam program uzimati podatke:

```
setwd("D:/Zavrzni/Sintezni/CLUE data final")
```

#### 4.2. Predstavljanje podataka funkcijom *plot*

Nakon podešavanja putanje, vršimo učitavanje naših podataka. Pošto su podaci dati u rasterskom obliku, koristimo paket *raster* da bismo ih učitali:

```
GNR <- raster("GNR.tif")
```

Znak `<-` predstavlja oznaku kojom podatke "GNR.tif" dodeljujemo promenljivoj *r*. Sada su podaci samo dodeljeni promenljivoj i nalaze se u okruženju u kome radimo. Da bi nam podaci bili vidljivi, potrebno je da ih pozovemo preko funkcije *plot*.

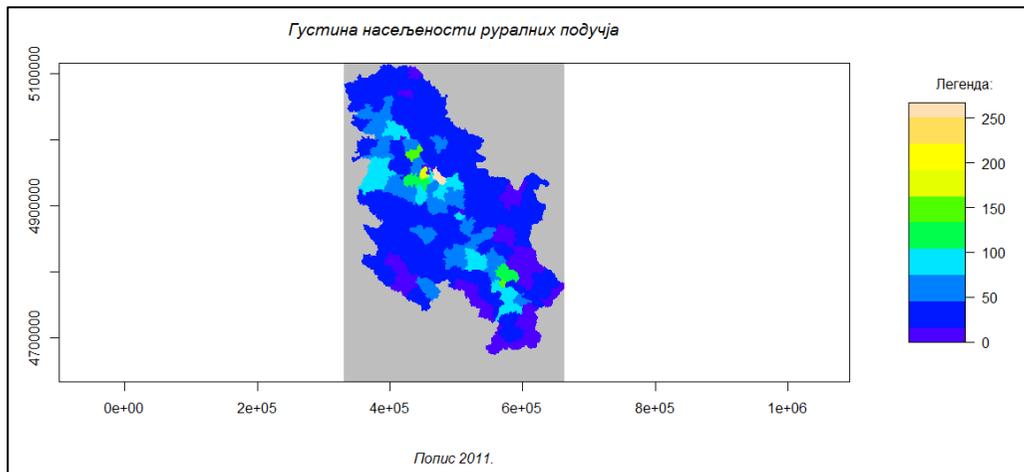
```
plot(GNR, legend.only=FALSE, col=topo.colors(10), colNA="grey",  
      legend.width=2, legend.shrink=0.75,  
      main="густина насељености руралних подучја", font.main=3, sub="Попис 2011.",  
      font.sub=3)  
grid.text("легенда:", x=unit(0.88, "npc"), y=unit(0.75, "npc"))
```

**Slika 2.** Primer izgleda funkcije *plot*

Funkcija *plot*, kao što je napomenuto, služi za prikaz podataka koje obrađujemo (Slika 2.). U okviru ove funkcije, zadajemo sledeće parametre:

- *GNR* – pozivamo promenljivu u koju su smešteni podaci;
- *legend.only* – definišemo da li želimo samo legendu da prikažemo;
- *col* – biramo paletu i broj boja kojima će nam biti prikazani podaci na karti;
- *colNA* – služi za definisanje boje područja za koje nemamo podatke;
- *legend.width* – definišemo širinu legende;
- *legend.shrink* – definišemo veličinu legende u odnosu na veličinu karte;
- *main* – služi za ispisivanje teksta iznad karte (naslov);
- *font.main* – služi za definisanje izgleda naslova (npr. šifra 2 služi za iskošavanje teksta);
- *sub* – ispisivanje teksta ispod karte;
- *font.sub* – služi za definisanje izgleda teksta ispod karte;
- *grid.text* – služi za ispisivanje teksta van karte (zadaje se tekst koji se ispisuje i njegovu poziciju);

Sve što ispisujemo na samoj karti u funkcijama se zadaje pod navodnicima ("tekst"). Rezultati funkcije sa Slike 2. prikazani su na Slici 3.



**Slika 3.** Prikaz rezultata dobijenih funkcijom *plot*

### 4.3. Predstavljanje podataka funkcijom *mapview*

Pomoću *mapview*-a podatke možemo predstaviti na odgovarajućim podlogama. Te podloge su satelski snimci ili već postojeće karte, preko kojih postavljamo obrađene podatke. Princip se bazira na preklapanju dva sloja. Ovaj način prikazivanja je interaktivniji u odnosu na *plot* [4].

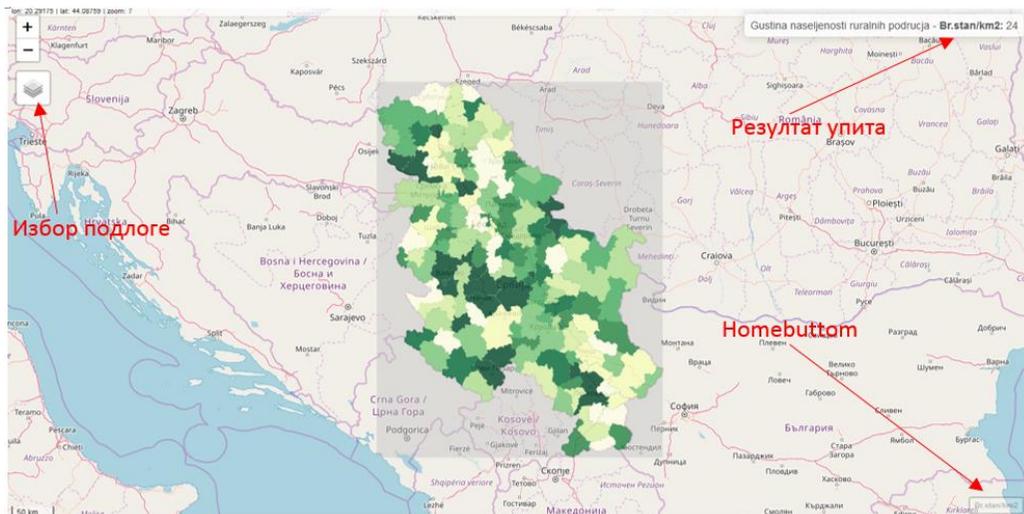
```
GNR1<-mapview(GNR,maxpixels =2567499,
  col.regions =brewer.pal(n = 9, name = "YlGn"),
  use.layer.names =FALSE, alpha.regions = 0.8,trim = TRUE,
  layer.name = "Br.stan/km2",
  homebutton = TRUE, query.type = "click", query.digits=0,
  query.position = "topright",
  query.prefix = "Gustina naseljenosti ruralnih podrucja -",
  legend=FALSE)
```

**Slika 4.** Primer izgleda funkcije *mapview*

Princip koda se sastoji u pozivanju same funkcije koja se ponovo dodeljuje nekoj promenljivoj. U okviru funkcije *mapview* definišemo sledeće (Slika 4.):

- *maxpixels* – ukoliko nam ne prihvata raster koji pozovemo, dobijemo obaveštenje o maksimalnom podržanom broju piksela;
- *col.regions* – definišemo paletu koju ćemo koristiti i broj nijansi u paleti;
- *use.layer.names* – određujemo da li ćemo koristiti naziv fajla sa podacima ili ne;
- *alpha.regions* – definišemo transparentnost poligona, da bismo mogli videti podatke sa sloja koji se nalazi ispod;
- *trim* – služi za naglašavanje granica između regija;
- *homebutton* – da li ćemo prikazati dugme koje nam vrši odaljavanje karte tako da se ona vidi u potpunosti;
- *query.type* – određujemo način vršenja upita;
- *query.digits* – definišemo broj decimala vrednosti koju će nam vraćati upit;
- *query.position* – određujemo poziciju upita i odgovora;
- *query.prefix* – definišemo tekst koji nam bliže objašnjava šta upitom zahtevamo;
- *legend* – definišemo da li želimo da prikažemo legendu.

Na osnovu zadatih parametara u okviru funkcije *mapview*, dobijena je interaktivna karta predstavljenja na Slici 5.



**Slika 5.** Prikaz rezultata dobijenih funkcijom *mapview*

#### 4.4. Predstavljanje podataka funkcijom *plotKML*

Funkcija *plotKML* služi za pravljenje *KML* fajla. Nakon dobijanja *KML* fajla, isti možemo iskoristiti za predstavljanje podataka na virtuelnom 3D globusu. U ovom slučaju, u pitanju je *GoogleEarthPro*. Funkciju *plotKML* definišemo na sledeći način:

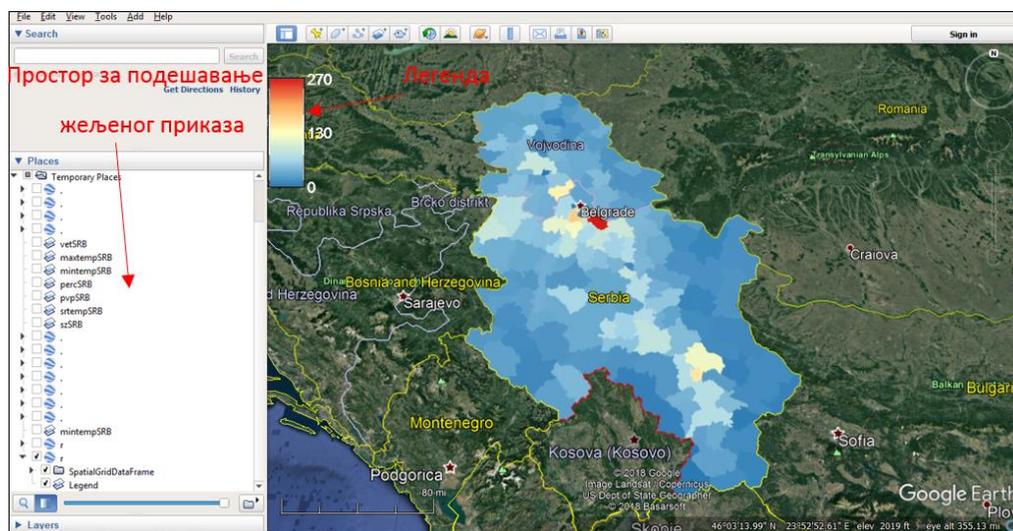
```
plotKML(r, file="Pop_density_rural2011.kml")
```

**Slika 6.** Izgled funkcije *plotKML*

U okviru funkcije *plotKML* definiše se sledeće (Slika 6.):

- *r* – promenljiva u kojoj nam je smešten raster;
- *file* – naziv *KML* fajla.

Nakon izvršavanja ove funkcije podaci smešteni u promenljivoj će se automatski generisati na platformi *GoogleEarthPro*. Rezultat koji se dobija učitavanjem *KML* fajla kreiranog pomoću funkcije prikazane na Slici 6. predstavljen je na Slici 7.



**Slika 7.** Prikaz rezultat dobijenih funkcijom `plotKML`

## 5. Zaključak

Sa saznanjem za postojanje čoveka, javlja se i saznanje o postojanju kartografije. To znači da njeni prvi oblici datiraju od davnina. Tematska kartografija se javila u XVII veku i od tada se neprekidno razvija. Kartografija kao nauka je doživela procvat sa pojavom računara i računarskih sistema. Računari su doprineli pojavi digitalnih karata koje su zamenile analogne i u mnogome olakšali sam postupak izrade karata. Pored olakšavanja samog postupka izrade, omogućene su i ostale prednosti u pogledu samog dizajna karte. Kartiranje je podignuto na viši nivo i time je kartografija postala sofisticiranija nauka. Tehnološki razvoj je olakšao i sam način distribucije karata, od momenta pojave Interneta. Internet je doveo do lakšeg deljenja karata i njihovom predstavljanju na *Web-u*, što je dovelo do toga da se karte primenjuju svakodnevno.

Karte izrađene na osnovu statističkih podataka su karte koje se tiču stanovništva. Ove karte su bitne za predstavljanje same populacije i parametara koji se tiču iste. Karte o populaciji su, najčešće, predmet interesovanja demografa. Na osnovu tih karta onu mogu da vizuelno sagledaju neke promene koje su nastale u statističkim podacima u određenom razdoblju. One mogu poslužiti i kao osnova za donošenje odluke o potrebi izgradnje nekog objekta. Na primer, pomoću karte o stanovništvu mlađem od 18 godina može se odrediti potreba za izgradnju kulturno-obrazovnih objekata.

U okviru rada su prikazane funkcije i rezultati samo za podatke gustine naseljenosti ruralnih područja, dok je celokupan spektar karata i o gustitni naseljenosti, kao i o broju stanovnika u ruralnim područjima po opštinama na teritoriji Republike Srbije predstavljen u poglavlju 7, koje se odnosi na Priloge.

R je programski jezik u okviru koga je moguće izrađivati karte. Pored same izrade karata, moguće je generisati i fajlove koje možemo učitati na viruelne globuse. Sam program je *Open Source* što je velika prednost, jer omogućava besplatno korišćenje. Postupak izrade karata je jednostavan. Jednostavnost se ogleda u dužini kodova, što se vidi iz navedenih primera. Program je podjednako adekvatan za rad i sa vektorskim i sa rasterskim podacima. U ovom slučaju, podaci o stanovništvu su dati u rasterskom obliku,

što je dovelo do pojedinih poteškoća u izvršavanju zahtevanog zadatke. Ovim podacima bi se moglo lakše upravljati da su dati u vektorskom obliku.

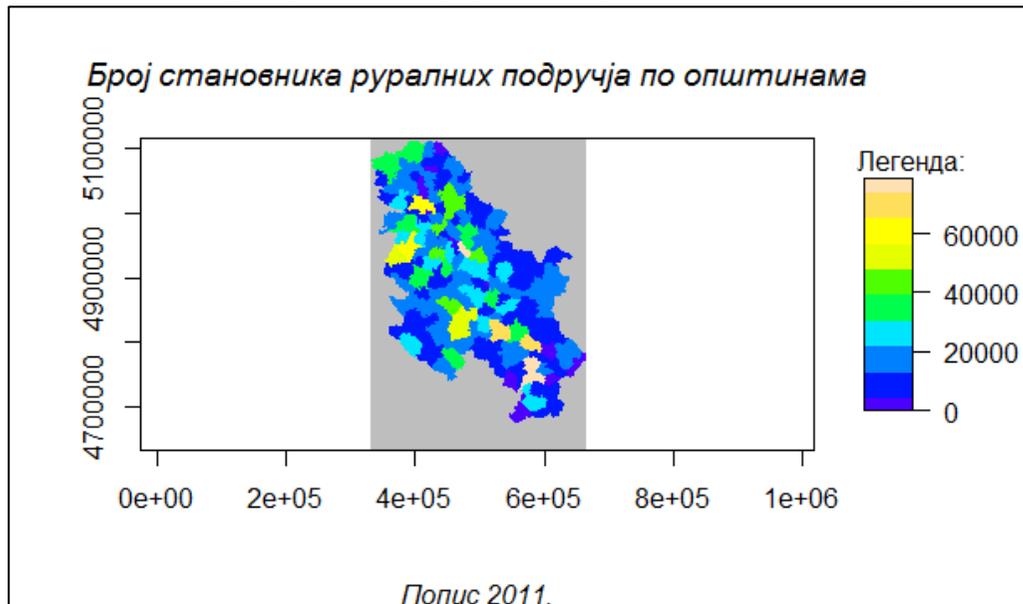
U današnje vreme kada se kartografija razvija više nego ikada, i kao nauka i kao umetnost, a posredstvom računarske tehnologije i interneta ona je postala dostupna većem broju ljudi. Naš zadatak je da svojim znanjem i sposobnošću doprinesemo očuvanju njenih kvaliteta ali i da utičemo na njen razvoj . Uz jednostavne upute, intuitivan programski interfejs, kvalitetne podatke i dovoljno znanja i kreativnosti moguće je iskoristiti sve kvalitete koje kartografija pruža.

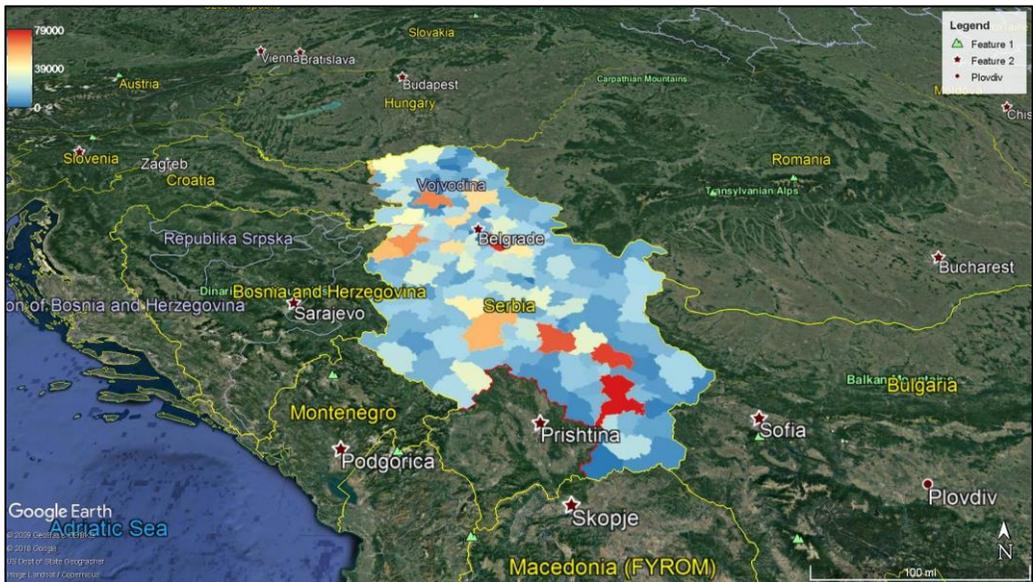
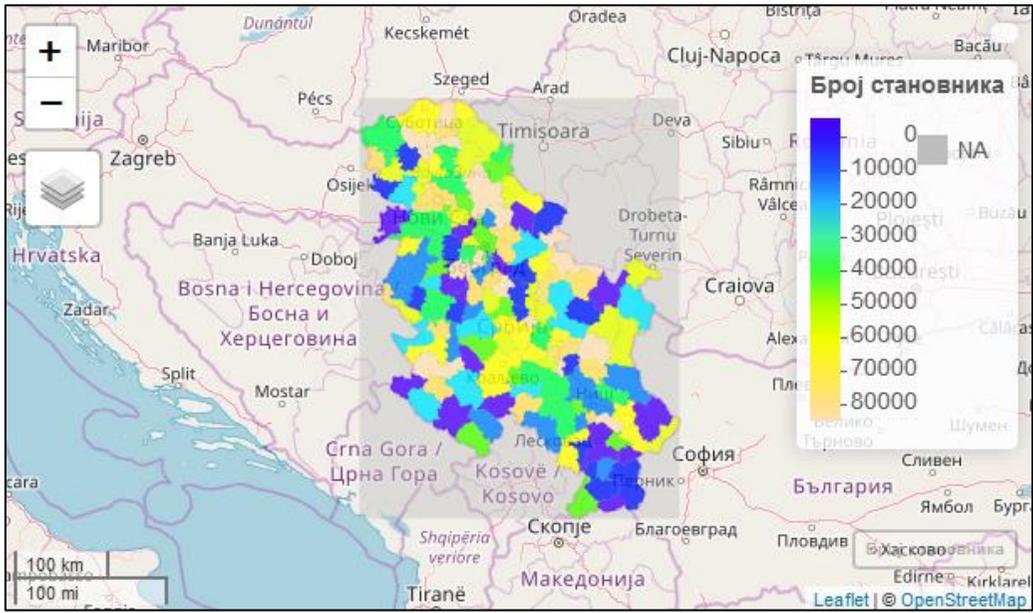
## 6. Literatura

- [1] Protić D. : Topografske i tematske karte – skripta sa predavanja, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu;
- [2] Kilibarda M., Dragutin P. : Geovizuelizacija (2018), Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu;
- [3] Republički zavod za statistiku: <http://www.stat.gov.rs>;
- [4] Radović A. : Upoznavanje sa sintaksom jezika R i njegova primjena u osnovnoj statističkoj i grafičkoj analizi podataka (2015);

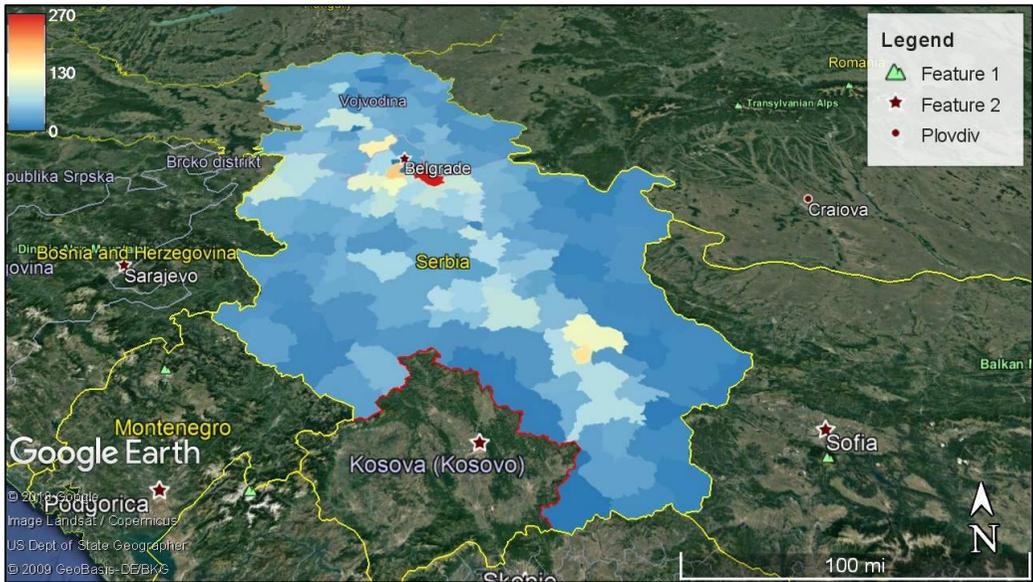
## 7. Prilozi

### 7.1. Prilog 1 – Karte broja stanovnika u ruralnim područjima po opštinama na teritoriji Republike Srbije prikazane pomoću različitih funkcija









# PROSTORNO VREMENSKA ANALIZA URBANE VEGETACIJE U GRADU ZAGREBU KORISTEĆI RAPIDEYE SATELITSKE SNIMKE

Viktoria Đuračić

**Rezime:** U ovom radu predstavljena je prostorno vremenska analiza urbane vegetacije na području grada Zagreba. Za izradu rada korištene su RapidEye satelitske snimke na kojima je osim grada Zagreba obuhvaćen i veći dio Zagrebačke županije. Cilj rada bio je upoznati se sa RapidEye satelitskim snimkama i analizom urbane vegetacije koja predstavlja mrežu prirodnih područja i zelenih površina u urbanim sredinama. Rezultati klasifikacija pokazali su promjene u količini vegetacije na promatranom području što je posljedica kontinuiranog širenja grada, ali i drugih utjecaja kao što su meteorološke prilike. Dobiveni rezultati prilično su zadovoljavajući jer točnosti klasifikacija variraju u intervalu od 85-88%, a u obzir se treba uzeti i činjenica da postoje i kvalitetniji izvori osim RapidEye satelitskih snimki.

**Ključne reči:** urbana vegetacija, klasifikacija, RapidEye, satelitske snimke, daljinska istraživanja

**Abstract:** This thesis presents the space-time analysis of urban vegetation in Zagreb area. For this research, RapidEye satellite images which contains Zagreb city area, along with big part of Zagreb county were used. The aim of this thesis was to describe the RapidEye satellite imagery and the analysis of the urban vegetation which represents a network of natural and green areas in urban surroundings. Classification results showed changes in the amount of vegetation in the research area as a result of continuous expansion of the city, but also other impacts such as meteorological conditions. Obtained results are sufficiently satisfactory since the clasiffication accuracy varies from 85-88%, but it should also be taken into account the fact that there are higher quality sources than RapidEye satellite imagery.

**Key words:** urban vegetation, classification, RapidEye, satellite imagery, remote sensing

# 1 Uvod

Temelje za razvitak postojećih i budućih satelitskih misija postavili su sateliti koji su lansirani prije četrdeset godina. Naime, prostor za razvijanje modernih satelita za opažanje zemljine površine pokrenula je serija Landsat satelita koje je u sedamdesetim godinama prošlog stoljeća razvila NASA. Nakon toga uslijedio je razvoj mnogobrojnih drugih satelita, među kojima su i RapidEye sateliti, a čiji proizvodi su korišteni pri izradi ovog rada. Svi takvi sateliti imali su različite svrhe, ali su u isto vrijeme imali mogućnost prikupljanja podataka o svemu onome što znanost i danas proučava - tlo, oceane, atmosferu i drugo. Takav razvoj misija bio je upravo ono što je utjecalo na povećanje potrebe za usavršavanjem korištenih instrumentarija i načina prikupljanja podataka, jer osim što omogućuju bolje razumijevanje klime i klimatskih promjena, navedene misije imaju i razne druge aplikacije. U tim slučajevima može se raditi o praćenju klimatskih pojava, stanja i zdravlja usjeva, promjene razine mora i drugih bitnih društvenih i geofizičkih pitanja <sup>[1]</sup>. Proučavanjem takvih pojava i promjena bave se daljinska istraživanja. Otkako postoje, tehnološki se usavršavaju s ciljem što bržeg prikupljanja sve pouzdanijih i preciznijih prostronih podataka, ali je za znanstveni i opći društveni napredak vjerojatno važnija njihova sve učestalija upotreba u civilne svrhe i otvaranje široj javnosti <sup>[2]</sup>. Ono što predstavlja vezu između daljinskih istraživanja i geografskih informacijskih sustava (GIS) jest klasifikacija satelitskih snimki, što je i predmet ovog rada.

Postoji više znanstvenih radova koji se bave tematikom klasifikacije RapidEye satelitskih snimki. Jedan od njih je i rad <sup>[3]</sup> čiji je cilj bila detekcija urbane vegetacije pomoću tri neovisna multispektralna izvora satelitskih snimaka visoke prostorne rezolucije: PlanetScope, RapidEye i WorldView-2. Cijelo područje istraživanja podijeljeno je u pet klasa - voda, tlo, izgrađenost, šume i niska vegetacija, a u konačnici je izveden zaključak da je najveću cjelokupnu točnost klasifikacije imao WorldView-2, zatim PlanetScope pa RapidEye.

Drugi bitan znanstveni rad iz obrađenog područja je rad <sup>[2]</sup>. Cilj rada bio je ispitivanje metoda klasifikacije zemljišnog pokrova, a njegova svrha bila su mjerenja i analize podataka dobivenih određenom metodom klasifikacije te izrada tematskih karata zemljišnog pokrova proučavanog prostora, odnosno Grada Zagreba. Također, primarni je cilj istraživanja bio postizanje ukupne točnosti klasifikacije s minimalnom vrijednošću od 85%, dok je sekundarni cilj bio uravnotežena točnost klasifikacije. Ciljane klase u ovom istraživanju razlikuju se od prethodnog samo u tome što vegetacija nije klasa za sebe već je podijeljena na šume i nisku vegetaciju. Također su korištene RapidEye satelitske snimke čija se razlučivost od 5 m navodi kao gornja granica za uspješno ili dovoljno točno kartiranje pokrova poput zgrada, prometnica i manjih gradskih zelenih površina.

U sljedećem poglavlju predstavljeni su materijali i metode korišteni u ovome radu koji uključuju detaljniji pregled RapidEye satelitske misije i korištene klasifikacije, a o navedenim istraživanjima bit će više govora u diskusiji o rezultatima ovog rada.

## 2 Materijali i metode

### 2.1 Pregled RapidEye satelitske misije

Povijest RapidEye-a započinje 1996. godine kada je tvrtka Kayser-Threde iz München-a uz podršku Njemačke svemirske agencije (DLR) osnovala koncept istoimene satelitske misije. Cilj misije bio je pružiti prava rješenja za korisnike čije potrebe vezane za geoprostorne informacije zahtijevaju pokrivenost veoma velikih područja i često praćenje njihovih stanja. Dvije godine kasnije, u prosincu 1998. godine, osnovana je nezavisna tvrtka RapidEye AG (u nastavku RapidEye) sa sjedištem u Berlinu.

Gotovo deset godina kasnije, 29. kolovoza 2008. uspješno je lansirano pet RapidEye satelita s lansirnog kompleksa Bajkonur koji se nalazi oko 200 kilometara istočno od Aralskog jezera u Kazastanu <sup>[4]</sup>.

Par godina kasnije RapidEye započinje distribuciju satelitskih snimki, najprije u humanitarne, a zatim i poslovne svrhe. Naime, 27. veljače 2010. snažan potres jakosti 8.8 prema Richterovoj ljestvici pogodio je područje u blizini grada Concepción u Čileu pri čemu je najviše štete nastalo u samom gradu. Vijest o potresu vrlo brzo se proširila do Europe te su RapidEye sateliti pokrili područje oko epicentra, otprilike 13 125 km<sup>2</sup>. RapidEye koristio je svoje vlastite „prije“ i „poslije“ snimke grada kako bi se mogle prikazati promjene koje je prouzročio potres. Snimke su dostavljene humanitarnim organizacijama koje su tada hitno trebale pouzdane informacije o tome gdje je njihova pomoć najpotrebnija s obzirom na opseg štete prouzročene potresom <sup>[4]</sup>.

U studenom 2013. godine RapidEye službeno mijenja ime u BlackBridge.

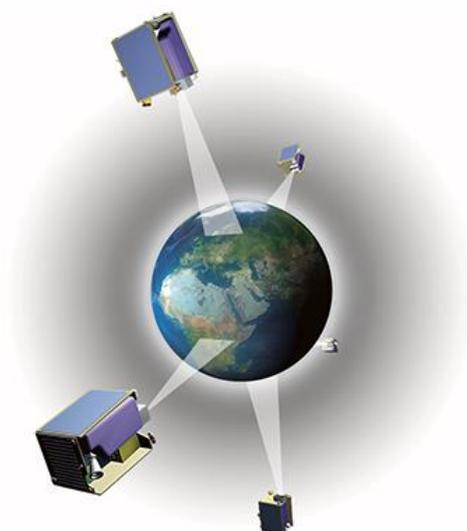
U srpnju 2015. godine kompanija PlanetLabs objavila je da preuzima BlackBridge i skupa s njom RapidEye konstelaciju satelita. U tom prelaznom vremenu PlanetLabs je imao sjedište u San Franciscu, a BlackBridge u Berlinu. Spajanjem BlackBridge-a i PlanetLabs-a očekivani cilj bio je povećanje vrijednosti proizvoda koje je do tada BlackBridge nudio postojećim korisnicima i pružanje rješenja kojima bi se posao proširio i na druga, nova područja. PlanetLabs kompanija ovim potezom je htjela, kao što je već navedeno, pružiti univerzalni pristup informacijama o planetu Zemlji koji se konstantno mijenja, odnosno satelitske snimke koje se dobivaju od svih satelita u vlasništvu PlanetLabs-a, što znači uključujući i druge izvore osim RapidEye satelita <sup>[5]</sup>.

Bitno je napomenuti da je u siječnju 2016. godine Planet Labs promijenio ime i trenutno posluje pod imenom Planet <sup>[6]</sup>.

Konstelaciju RapidEye satelita proizvela je kanadska tvrtka MacDonald Dettwiler, Ltd (danas Maxar Technologies). Korisnicima nudi pokrivenost velikih područja, kratke intervale obilazaka satelita i multispektralne kanale, a ono po čemu se RapidEye razlikuje od drugih satelitskih sustava jest sposobnost postizanja visoke

rezolucije. RapidEye satelitska misija ima dvije glavne komponente; svemirsku i zemaljsku. Svemirska komponenta sastoji se od 5 satelita lansiranih 2008. godine koji u orbiti prate jedan drugoga u razmacima od 19 minuta (slika 1). U zemaljsku komponentu uključeni su sustavi za obradu kako bi se rukovalo narudžbama korisnika, korigirali satelitski podaci, proizveli standardni ili prilagođeni proizvodi i usluge te upravljalo pohranjenim podacima <sup>[7]</sup>.

RapidEye satelitski sustav dnevno prikuplja podatke sa područja veličine 4 milijuna km<sup>2</sup> razlučivosti 6.5 metara. Svaki satelit mjeri manje od jednog kubičnog metra i teži 150 kilograma te je napravljen tako da izdrži minimalno 7 godina koliko je predviđeno za jednu životnu misiju svakog satelita. Svih pet satelita opremljeno je potpuno istim sensorima te su svi sateliti smješteni u istu orbitalnu ravninu <sup>[8]</sup>.



**Slika 1.** Prikaz konstelacije RapidEye satelita nazvanih prema grčkim izrazima: TACHYS - (Brz); MATI - (Oko); CHOMA - (Zemlja); CHOROS - (Prostor/Svemir); TROCHIA - (Orbita) (URL 6)

**Tablica 1.** Karakteristike RapidEye satelitskog sustava <sup>[9]</sup>

<b>Broj satelita</b>	5	
<b>Životni vijek</b>	7 godina	
<b>Visina orbite</b>	630 kilometara (Sun-synchronous orbita)	
<b>Vrijeme prelaska ekvatora</b>	11:00 po lokalnom vremenu (približno)	
<b>Vrsta senzora</b>	Multi spektralni <i>push broom imager</i> Sposoban prepoznati bilo koji od sljedećih spektralnih kanala:	

	Naziv	Valna duljina (nm)	Središnja valna duljina (µm)
<b>Spektralni kanali</b>	Plavi	440 – 510	475.0
	Zeleni	520 – 590	555.0
	Crveni	630 – 685	657.5
	Red Edge	690 – 730	710.0
	NIR	760 – 850	805.0
<b>Duljina prikupljenih uzoraka (nadir)</b>	6.5 metara		
<b>Veličina piksela (ortorektificiranih)</b>	5 metara		
<b>Širina otkosa (Swath width)</b>	77 kilometara		
<b>Spremanje podataka <i>on board</i></b>	1 500 kilometara na satelitskim snimkama po orbiti		
<b>Vrijeme ponovnog prolaska</b>	Dnevno (od nadira) / 5.5 dana (po nadiru)		
<b>Kapacitet obuhvata snimaka</b>	4 milijuna km <sup>2</sup> po danu		

Zemaljska komponenta RapidEye satelitske konstelacije sastoji se od sustava za predobradu i sustava za obradu korisničkih narudžbi, korekcije satelitskih snimaka, upravljanjem pohranom podataka te proizvodnju standardnih i prilagođenih proizvoda i usluga. Sustav za predobradu naziva se Sustavom za upravljanje podacima (eng. Data Management System (DMS)) koji rukovodi svim narudžbama poslanim od strane korisnika te izrađuje rasporede satelitskog snimanja onih područja obuhvaćenih narudžbom. Također sudjeluje u pripremi dobivenih podataka za proizvodnju, za što je dalje zaslužan sustav za obradu.

Planet nudi nekoliko vrsta proizvoda dobivene pomoću RapidEye satelita koji su prilagođeni potrebama korisnika:

**RapidEye Basic (Level 1B)** – snimke s minimalnom količinom obrade za korisnike koji na njima žele sami provesti geometrijsku korekciju.

**RapidEye Ortho (Level 3A)** – ortorektificiran proizvod u na kojemu je u poprečnoj Mercatorovoj kartografskoj projekciji (datum WGS 84) provedena radiometrijska i geometrijska korekcija te korekcija terena. Točnost ovisi o kvaliteti obrade veznoj za zemaljsku komponentu i korištenom digitalnom modelu reljefa. Proizvod, odnosno snimke, isporučuje se u obliku *pločica* (eng. tiles) veličine 25 km x 25 km.

**RapidEye Ortho Take (Level 3B)** – ortorektificirane snimke u poprečnoj Mercatorovoj kartografskoj projekciji (datum WGS84) s prilagođenim snopovima koje su veće od Level 3A snimki <sup>[9]</sup>.

Za izradu ovoga rada korištene su RapidEye Ortho (Level 3A) satelitske snimke, a koordinatni sustav u kojemu su snimke obrađene je WGS84.

## 2.2 Softver i obrada podataka

Korišteni softver je QGIS - besplatan program otvorenog koda koji podržava pregled, uređivanje i analizu geoprostornih podataka. Također je korišten Dodatak Semi-Automatic Classification (u daljnjem tekstu SCP) koji je besplatan QGIS dodatak otvorenog koda. Glavna svrha SCP-a jest nadzirana klasifikacija satelitskih snimaka. SCP pruža više alata kao što su besplatno preuzimanje satelitskih snimaka, procese predobrade i naknadne obrade te izračune na rasterima.

Nadalje, glavni cilj SCP-a jest pružanje seta isprepletenih alata za obradu rasterskih podataka kako bi se postigla automatizacija i olakšala klasifikacija bez obzira bavi li se korisnik daljinskim istraživanjima ili ne. Prva verzija SCP-a Congedo je razvio 2012. godine, dok je najnoviju verziju 6 razvio u okviru svog doktorskog rada na sveučilištu Sapienza u Rimu. Kao što je već navedeno, SCP pruža mogućnost klasifikacije satelitskih snimaka pomoću nadzirane klasifikacije. Pri tome je moguće koristiti jedan od postojećih algoritama u dodatku koji zahtijevaju spektralne odzive ili odabrane uzorke kako bi se identificirale klase na snimci. SCP podržava snimke dobivene od satelita, zrakoplova ili dronova, ali i pruža mogućnost direktnog pretraživanja i preuzimanja dostupnih besplatnih snimki.

Više o ovome dodatku može se pronaći na blogu „From GIS to Remote Sensing“ <sup>[10]</sup> te u službenoj dokumentaciji <sup>[11]</sup>.

Prvi korak pri obradi podataka u SCP jest učitavanje satelitske snimke na kojoj će se raditi. SCP korisniku omogućuje direktno preuzimanje snimki preko dodatka, no nažalost ta opcija nije dostupna za RapidEye snimke već samo za Landsat i Sentinel. Unatoč tome, dodatak se i dalje razvija te postoji mogućnost da u budućnost ova opcija postane dostupna i za RapidEye snimke <sup>[11]</sup>.

S obzirom na nemogućnost direktnog preuzimanja RapidEye snimaka preko SCP-a, snimke je potrebno prethodno preuzeti iz nekog drugog izvora te ručno unijeti u dodatak. Kada su kanali podešeni i sve snimke spremne za obradu, može se započeti klasificiranje svake pojedine snimke.

## 2.3 Klasifikacija

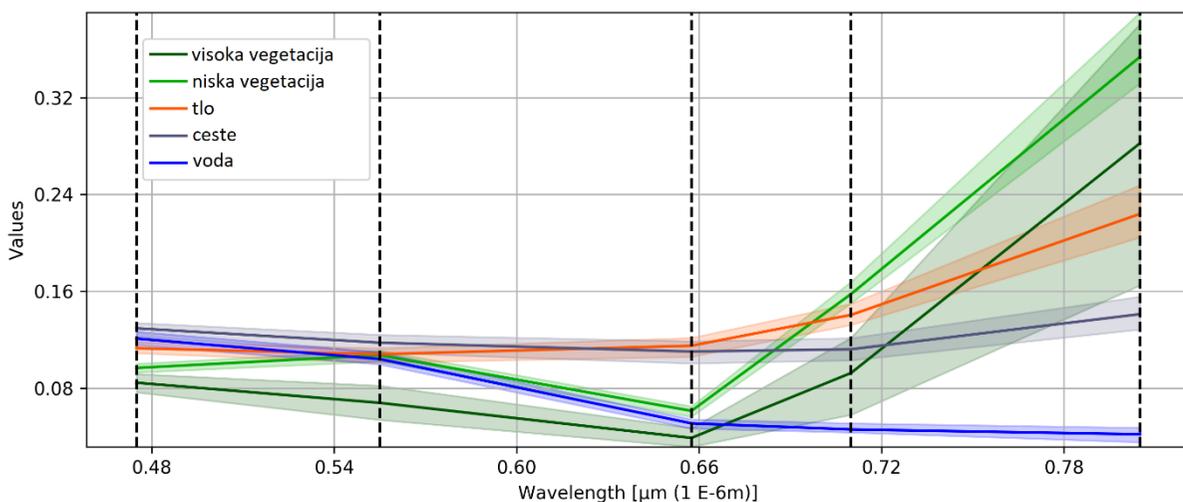
Klasifikacija snimki predstavlja vezu između daljinskih istraživanja i geografskih informacijskih sustava (GIS), a osnovna namjena klasifikacije satelitskih, ali i drugih snimaka jest prepoznavanje objekata na zemljinoj površini.

Postupak klasifikacije satelitskih snimaka dijeli se u nekoliko koraka:

- odabir pogodnih snimaka
- predobrada (ukoliko je potrebna)

- priprema testnih područja
- razvrstavanje u klase
- prepoznavanje klasa
- ocjena točnosti rezultata

Nadalje, klasifikaciju omogućava tzv. spektralni odziv, što je tipični način odbijanja elektromagnetskog zračenja u zavisnosti od valne duljine. Na grafu 1. prikazani su spektralni odzivi snimke iz 2012. godine i to klasa *Visoka vegetacija*, *Niska vegetacija*, *Tlo*, *Ceste* i *Voda*. Iz prikazanog je vidljivo da se odbijanje mijenja sa valnom duljinom i ovisnost refleksije od valne duljine omogućuje određivanje spektralnih osobina i sa tim razlikovanje različitih objekata.



**Graf 1.** Prikaz spektralnih odziva određenih klasa za snimku iz 2012. godine (SCP)

Kod klasa se razlikuju informacijske klase i spektralne klase. Informacijske klase su kategorije koje se pokušavaju prepoznati na snimkama, kao primjerice različite vrste žitarica, tipova šuma, geoloških struktura i slično. Spektralne klase skupine su sličnih piksela u odnosu na njihove sive vrijednosti u pojedinačnim kanalima. Osnovna svrha pri klasifikaciji je traženje veza između spektralnih i informacijskih klasa. Pri tome se veoma rijetko dobije veza između jedne spektralne klase i jedne informacijske klase. Često postoje spektralne klase koje ne odgovaraju nijednoj informacijskoj klasi, a sa druge strane širokoj informacijskoj klasi pripada veći broj spektralnih klasa.

S obzirom na metodu, klasifikaciju snimaka dijelimo na nadziranu i nadziranu klasifikaciju. Glavna razlika između ove dvije metode jest način na koji se kreiraju spektralni odzivi. Kod nadzirane klasifikacije korisnik određuje manja područja, gdje se određuje tip tla, a program iz njih izračunava spektralne odzive. Kod nenadzirane

klasifikacije odzive kreira program matematičkim udruživanjem (eng. *clustering*) u n-dimenzionalnom spektralnom prostoru.

### 2.3.1 Nadzirana klasifikacija

Kod nadzirane klasifikacije za stvaranje spektralnih odziva koristi se poznavanje zemljine površine. Naime, program se takoreći „nauči“ što je primjerice voda ili trava te to svoje znanje kasnije prenese na cijelu snimku.

Pri tome se može koristiti više različitih komparativnih ili klasifikacijskih algoritama, kao što su:

- metoda najmanjih kvadrata (eng. *Least squares method*)
- metoda paralelopipeda (eng. *Parallelepiped method*)
- metoda najveće vjerojatnosti (eng. *Maximum likelihood method*)

Kvaliteta klasifikacije veoma ovisi o korištenom algoritmu. Metoda najveće vjerojatnosti pri razvrstavanju piksela uzima u obzir prosječne vrijednosti klasa kao i varijance i korelacije između njih. Pri tome osigurava da su pikseli u spektralnom prostoru normalno raspoređeni (Gaussova razdioba). Metoda najveće vjerojatnosti točnija je nego kod prethodne dvije pa je i računski zahtjevnija. U postupku klasifikacije snimaka u ovome radu korištena je upravo ova metoda.

## 2.4 Postupak klasifikacije

Za cijeli postupak klasifikacije snimke koristi se SCP &Dock prozor koji je sastavni dio SCP-a. Najprije se pod karticom *Training input* kreira „trening“ datoteka koji će se nadalje koristiti za kreiranje ROIs (eng. Regions Of Interest), odnosno uzoraka klasa. Kada je trening kreiran, odabiru se ROIs za svaku klasu. ROIs se odabiru na način da se iscrta poligon na području koje što bolje predstavlja klasu kako bi algoritam koji će se koristiti imao na raspolaganju što bolje uzorke i time izvršio što bolju klasifikaciju. Vrlo je bitno napomenuti da je prije odabiranja ROIs pod RGB opcijom korisno odabrati 3-2-1 kako bi se dobio stvarni prikaz snimke i time olakšalo odabiranje uzoraka. Također, prije nego što se iscrta poligon, u SCP &Dock prozoru potrebno je uvrstiti određene informacije. Naime, u SCP-u postoje makroklase i klase koje imaju svaka svoj identifikacijski broj, odnosno ID i sukladno tome radi se o MCID i CID (eng. Macroclass ID i Class ID). Nadalje, makroklasa može imati više klasa. Tako primjerice ukoliko se uzima ROI sa područja nekog jezera, pod CID potrebno je upisati broj koji će predstavljati ID tog uzorka, a pod C Info Jezero. Nakon toga klikom na donji desni gumb ROI je spremljen i prikazan na ROIs listi pod karticom *ROI Signature list* te se postupak može ponoviti za sve ostale makroklase, odnosno klase. Makroklase koje su određene za klasifikaciju su visoka vegetacija (C Info šume), niska vegetacija (C Info trava), voda (C Info voda), zgrade-bijeli krov

(C Info bijeli krov), zgrade-crveni krov (C Info crveni krov), tlo (C Info zemlja) i ceste (C Info ceste), a lista navedenog se nalazi pod karticom *Macroclass list*. Za određene snimke iznimno su kreirane dvije dodatne makroklase – oblaci (C Info oblaci) i sjene (C Info sjene), s obzirom da su te snimke opterećene navedenim. Korišteni algoritam za klasifikaciju jest *Maximum Likelihood (Metoda najveće vjerojatnosti)*. Također, SCP nudi dvije opcije klasificiranja, a to je klasifikacija po MCID ili po CID. Sve snimke u ovom radu klasificirane su prema MCID.

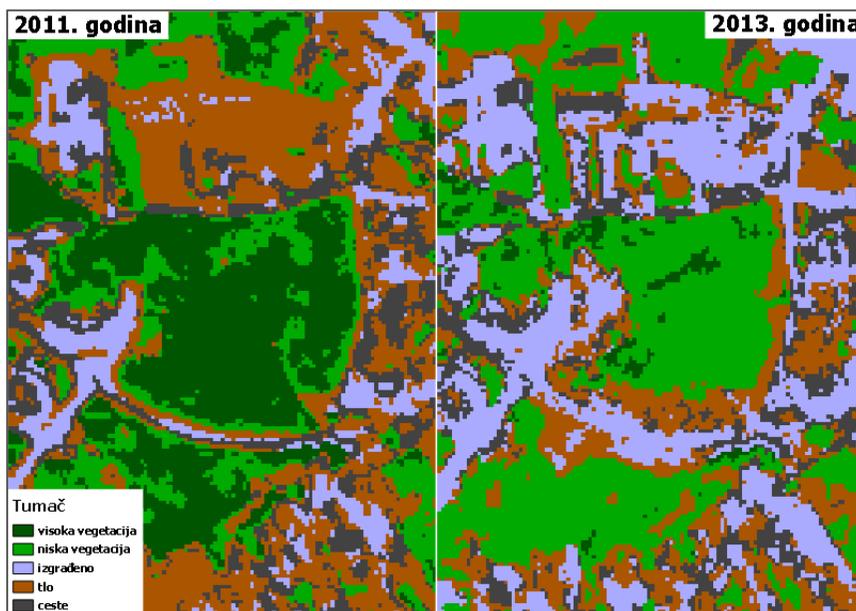
### 3 Rezultati i diskusija

Na svih sedam klasificiranih snimki u razdoblju od 2011. do 2017. godine vidljivo je da se visoka vegetacija nije promijenila u velikoj mjeri. Najviše visoke vegetacije, odnosno šuma, nalazi se na sjeverozapadnom dijelu Grada Zagreba, a većinskim dijelom ju čini Park prirode Medvednica na čijem području postoje određene promjene. Najmanje je vidljivih promjena na područjima visoke vegetacije na gradskom području.

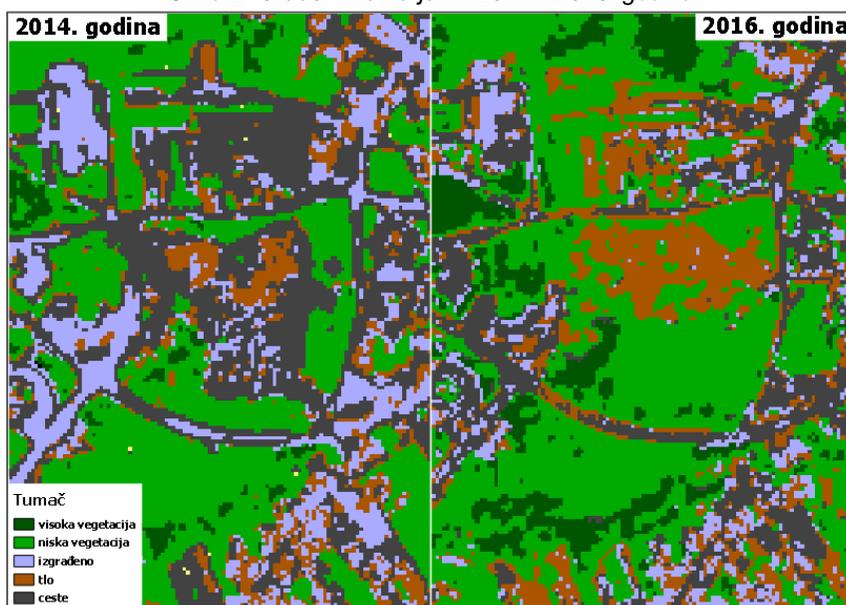
Nadalje, na gradskom području tijekom godina vidljive su promjene na području Žitnjaka. Nakon istraživanja o kojem se točno dijelu Grada Zagreba radi, zaključeno je da se radi o području Gradskog vrta Žitnjak. Naime, gradonačelnik Grada Zagreba Milan Bandić 4. travnja 2013. godine donio je Zaključak o provođenju projekta „Gradski vrtovi“ kojim se pokreće uređenje i opremanje obradivog zemljišta u vlasništvu Grada Zagreba radi davanja dijela obradivog zemljišta na korištenje građanima Grada Zagreba u svrhu proizvodnje hrane (povrće i jagodasto voće), začinskog bilja i cvijeća za vlastite potrebe. S korisnicima se sklapa Ugovor o davanju na korištenje vrtnih parcela veličine do pedeset kvadratnih metara (50 m<sup>2</sup>) na obradivom zemljištu na vrijeme od dvije godine bez novčane naknade s mogućnošću produljenja korištenja. Projekt „Gradski vrtovi“ pozitivan su primjer održivog korištenja gradskog zemljišta te poboljšanja kvalitete življenja građana Grada Zagreba u socijalnom, ekonomskom i ekološkom smislu. Na području Grada Zagreba trenutno je jedanaest gradskih vrtova s preko dvije tisuće vrtnih parcela na površini od dvadeset jednog hektara (21 ha) od kojih je i onaj na području Gradske četvrti Peščenica-Žitnjak na lokaciji Ulica Prve gardijske brigade Tigrovi <sup>[12]</sup>.

Na klasificiranoj snimci iz 2011. godine jasno je vidljivo da je gotovo cijelo područje tada još neosnovanog Gradskog vrta Žitnjak prekriveno visokom vegetacijom (slika 2). Godinu dana kasnije visoka vegetacija je puno manje izražena te se na istome području miješaju niska vegetacija i tlo s naznakama visoke vegetacije. Satelitska snimka iz 2013. godine datira samo deset dana kasnije nego što je 19. srpnja 2013. godine otvoren tada četvrti po redu Gradski vrt – Žitnjak. Na istoj klasificiranoj snimci vidljivo je da se gotovo cijelom površinom vrta prostire niska vegetacija s nešto više tla na istočnom i južnom dijelu. U 2014. godini (slika 3) došlo je do većih promjena s obzirom da se gotovo cijelo područje vrta klasificiralo poput građevinskog zemljišta, odnosno miješaju se klase tlo, ceste i zgrade (izgrađeno). S obzirom na navedeno,

postoji mogućnost da su u to vrijeme na području vrta bili planirani radovi ili određene promjene, no te pretpostavke se ne mogu s pouzdanošću utvrditi. Godinu dana kasnije, 2015. godine, područje vrta se takoreći vraća u normalu i vidljivo je da je gotovo cijelo područje zapravo tlo, odnosno zemlja. U 2016. godini isto to tlo je većinski prekrila niska vegetacija, a u 2017. godini gotovo cijela površina gradskog vrta klasificirana je kao tlo.

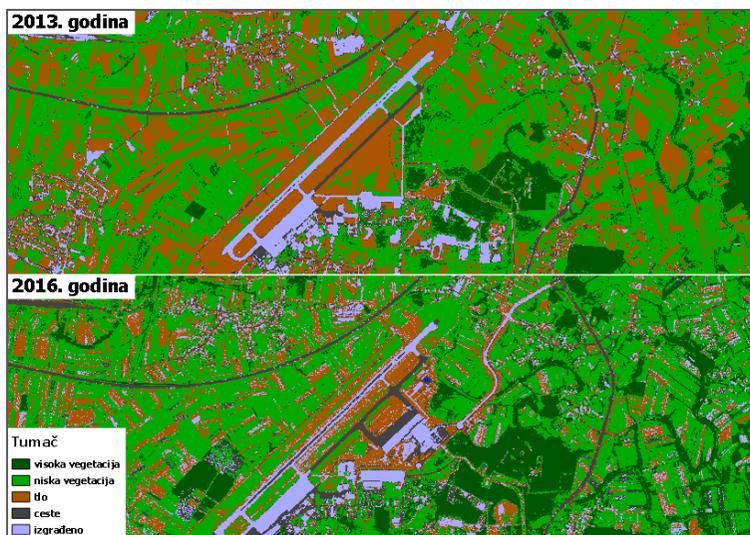


Slika 2. Gradski vrt Žitnjak – 2011. i 2013. godina



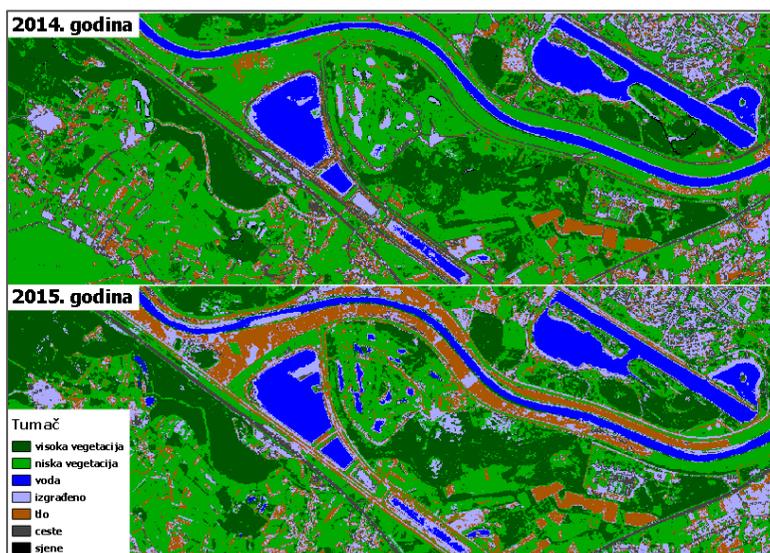
Slika 3. Gradski vrt Žitnjak – 2014. i 2016. godina

Jedna od općenito većih promjena na prostoru Zagrebačke županije jest izgradnja Zračne luke Franjo Tuđman. Proces izgradnje započeo je 2007. godine kada je postignut dogovor između predsjednika hrvatske Vlade i zagrebačkog gradonačelnika da će Vlada i Grad Zagreb sufinancirati izgradnju novog putničkog terminala u zagrebačkoj zračnoj luci. Planirano je da bi novi terminal na oko 65,6 ha mogao primiti 3,3 milijuna putnika godišnje, a putnička bi zgrada u početku imala jedanaest avio-mostova. U 2012. godini francuskom konzorciju ZAIC (Zagreb Airport International Company) kojeg čine Uprava Aeroports de Paris, francuska građevinska tvrtka Bouygues Batiment International i hrvatska građevinska tvrtka Viadukt d.d., dana je koncesija u trajanju od trideset godina za izgradnju novog putničkog terminala te upravljanje i korištenje zračne luke. Godinu dana kasnije od strane ZAIC-a osnovana tvrtka Međunarodna zračna luka Zagreb d.d. preuzela je upravljačka prava i započela s vođenjem poslovanja u Zračnoj luci „Franjo Tuđman“, a nekoliko mjeseci kasnije započela je izgradnja novog terminala čiji je kraj izgradnje tada bio planiran do kraja 2016. godine. Također je planirano da bude u operativnoj funkciji najkasnije u ožujku 2017. godine. Sukladno planiranome, 28. ožujka 2017. godine u promet je stavljen novi putnički terminal na koji je preseljen sav putnički promet sa starog terminala <sup>[13]</sup>. Na slici 4. vidljivi su prikazi zračne luke iz 2013. godine kada još nije bio izgrađen novi terminal te iz 2016. godine. Također, te godine je područje uz pistu za slijetanje/uzlijetanje kao što je vidljivo iz klasifikacije, većinski okruženo tlom. Prisutan je i veći broj oranica nego u 2016. godini. S obzirom da je u srpnju 2016. godine iz kojeg datira snimka, terminal već bio gotovo u potpunosti izgrađen sukladno planovima, vidljive su promjene. Područje oko piste u ovom slučaju je puno više okruženo travnatim površinama. Nije poznato je li navedeno posljedica planiranog sijanja trave u estetske svrhe. Ono što je na prvu odmah vidljivo kao promjena jest novoizgrađeni nastavak Ulice Rudolfa Fizira koja se nastavlja na autocestu. Na jugoistočnom području prikaza na slici 4. također se može primijetiti bolje klasificirana visoka vegetacija nego na prikazu iz 2013. godine. Na određenim dijelovima iste te vegetacije je manje zbog novoizgrađenih objekata u sklopu novog terminala. Također, na određenim dijelovima nedostatak visoke vegetacije se može pripisati različitim kvalitetama snimki o čemu je bilo riječi na početku poglavlja.



Slika 4. Zračna luka Franjo Tuđman – 2013. i 2016. godina

Također je potrebno analizirati područja na kojima se tijekom godina najviše mijenjala vegetacija – područje oko jezera Jarun, rijeke Save na tom dijelu te područje omeđeno rijekom Savom i četiri umjetna jezera što je zapravo igralište Golf kluba „Riverside“ Zagreb. S obzirom da se radi o područjima uz vodu, logički se nameće činjenica da će se vegetacija s godinama konstantno mijenjati. Naime, prisutnost vode je najvažniji čimbenik koji regulira rast biljaka na globalnoj razini. Područja Zemlje gdje su obilne i pravilno raspoređene oborine pokrivene su bujnom šumskom vegetacijom, a slično je i u nizinskim poplavnim područjima.



Slika 5. Područje oko rijeke Save – 2014. i 2015. godina

Nadalje, smatra se da su gubici u ukupnoj biljnoj proizvodnji na zemlji (poljoprivreda, šumarstvo i dr.) uzrokovani vodnim stresom veći od gubitaka uzrokovanih svim drugim biotskim i abiotskim čimbenicima zajedno <sup>[14]</sup>.

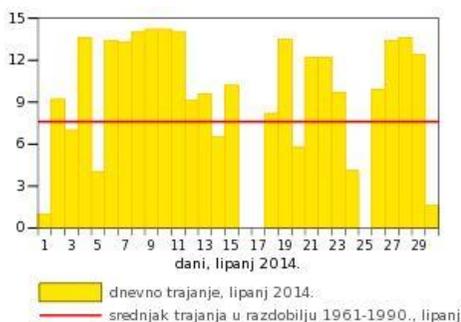
Osim vode, naravno, na stanje vegetacije i njene promijene tijekom godina mogu utjecati i drugi čimbenici kao što je temperatura, oborine i drugo, o čemu će biti riječi u kasnijem tekstu. Promatrano područje u 2011. godini obiluje i niskom i visokom vegetacijom. Na području golf igrališta miješaju se klase *Niska vegetacija* i *Tlo* s nešto manje visoke vegetacije pri čemu su manja jezera vrlo dobro klasificirana i vidljiva. Na sjeveru igrališta veći dio obale rijeke Save klasificiran je kao *Tlo*, pri čemu valja primijetiti da je oblik navedenog područja veoma precizan, odnosno proteže se gotovo točno cijelom sjevernom stranom igrališta što upućuje na moguću činjenicu da je upravo to područje održavano od strane uprave golf kluba. Zapadno od navedenog jest produžetak obalnog područja rijeke Save koji je također karakterističnog oblika, no klasificiran je gotovo u potpunosti kao niska vegetacija što također upućuje na moguće održavanje zemljišta. Područje, odnosno obale koje okružuju četiri umjetna jezera klasificirana su kao *tlo*, pri čemu su dijelovi tik uz vodu na mjestima klasificirani kao izgrađeno područje, upravo zbog u prethodnom tekstu navedenog miješanja odziva različitih objekata. U ovom slučaju radi se sličnim odzivima bijelih krovova zgrada te šljunčanog područja uz jezera. Također, jugozapadno od umjetnih jezera, uz autocestu A3 nalazi se veće šumsko područje. U 2012. godini jezera u sklopu golf igrališta te najjužnije umjetno jezero lošije su klasificirani. Na navedenim područjima prisutno je miješanje klasa *Zgrade – bijeli krov* i *Ceste* s tek neznatnim naznakama klase *Voda*, što dakako ne odgovara stanju u naravi. Takva lošija klasifikacija može se pripisati već spomenutoj različitoj kvaliteti snimaka. Područje za koje je postojala mogućnost da je u 2011. godini bilo održavano od strane golf kluba na ovoj snimci nema isti oblik već je klasificiran kao niska vegetacija te izgleda kao većinski ostatak obalnog područja rijeke Save. Također više nema ni travnatog područja zapadno od navedenog dijela, odnosno cijelo to područje više ne prekriva trava već zemlja, što upućuje na mogući prestanak održavanja ili korištenja područja.

U 2013. godini nema značajnih promjena u odnosu na prethodne dvije godine osim što su se na nekim područjima ponovno drukčije klasificirali neki objekti ovisno o kvaliteti snimke. Važno je napomenuti kako su snimke iz 2012. i 2013. godine na određenim dijelovima opterećene oblacima i njihovim sjenama što je također otežalo postupak klasifikacije s obzirom na činjenicu da se oblaci ponegdje klasificiraju kao krovovi zgrada, a njihove sjene kao vodena područja i obratno. Unatoč tome postupak klasificiranja snimki odrađen je na najkvalitetniji mogući način.

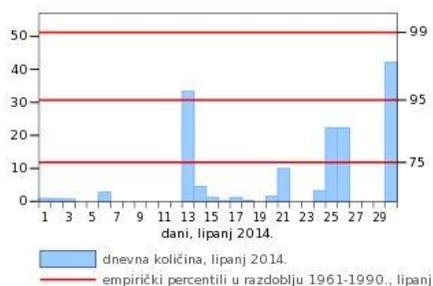
U 2014. godini dolazi do značajnih promjena. Promatrana područja u toj godini nakon klasifikacije su se očividno „zazelenila“ te je prisutan manjak zemljanih površina. Naime, u 2014. godini došlo je do značajnijih meteoroloških zbivanja koja su eskalirala sredinom svibnja kada su velike poplave pogodile istočnu Hrvatsku.

Najugroženiji su bili dijelovi županjske i brodske Posavine gdje je rijeka Sava dosegla rekordnu razinu i pri tome probila nasipe.

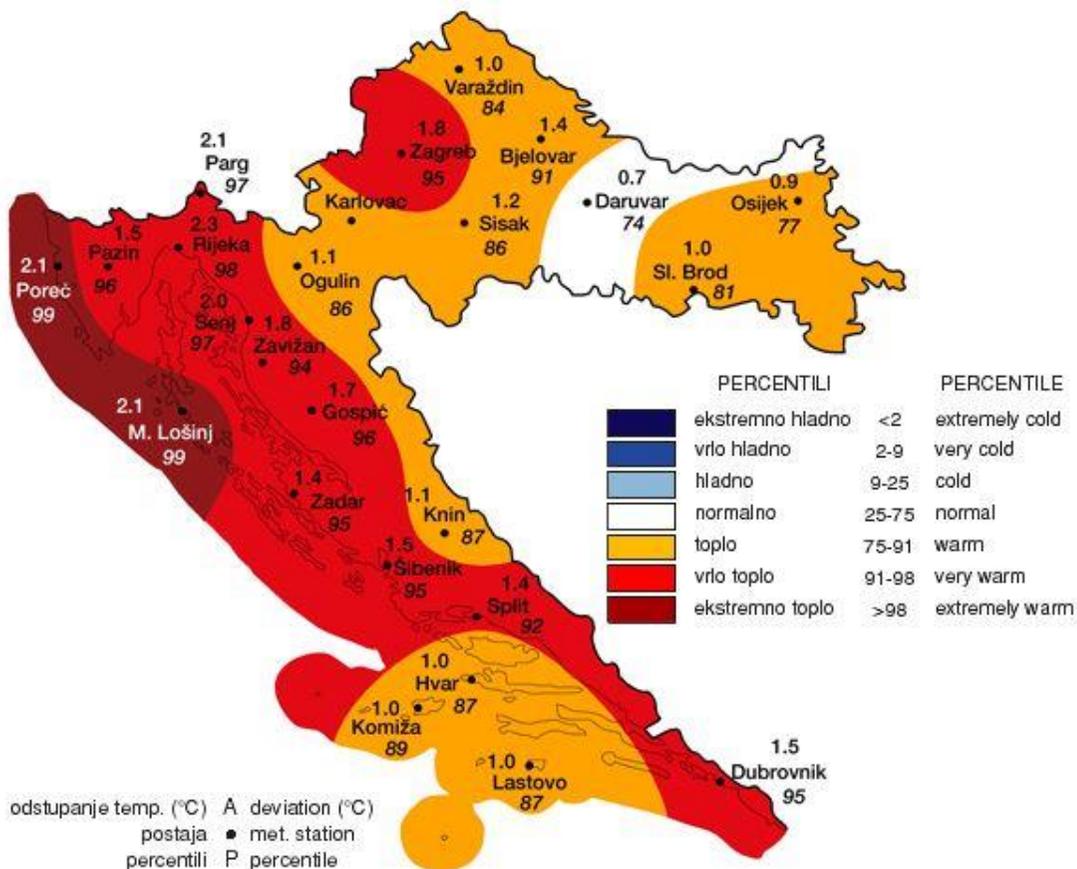
Iako područja Grada Zagreba i Zagrebačke županije nisu bila pogođena poplavama, javno dostupni podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda ukazuju na meteorološka zbivanja koja su generalno mogla imati utjecaj na stanje vegetacije. Naime, iz podataka o dnevnom trajanju Sunca i dnevnoj količini oborina za lipanj i srpanj (meteorološka stanica Maksimir Zagreb) 2014. godine (grafovi 2.-5.) vidljivo je da je kroz ta dva mjeseca bilo dosta izuzetno sunčanih dana, ali isto tako i dosta oborina što u kombinaciji pospješuje rast vegetacije. Treba napomenuti da su korišteni podaci za lipanj i srpanj s obzirom da je korištena snimka iz kolovoza te se na taj način uzelo u obzir stanje koje je prethodilo stanju na korištenim snimkama. Nadalje, na kartama analiza temperaturnih anomalija za lipanj 2014. godine vidljivo je da toplinske prilike na području oko grada Zagreba spadaju u kategoriju *vrlo toplo*, a na karti analize količine oborina oborinske prilike na području oko grada Zagreba spadaju u kategoriju *kišno*, što u konačnici odgovara prethodno opisanoj analizi grafova oborina i trajanja sisanja Sunca. Karte analiza temperaturnih anomalija i količina oborina za srpanj 2014. godine vrlo malo odstupaju od onih za lipanj; toplinske prilike za područje oko grada Zagreba spadaju u kategoriju *toplo*, dok oborinske prilike za isto područje spadaju u kategoriju *normalno*.



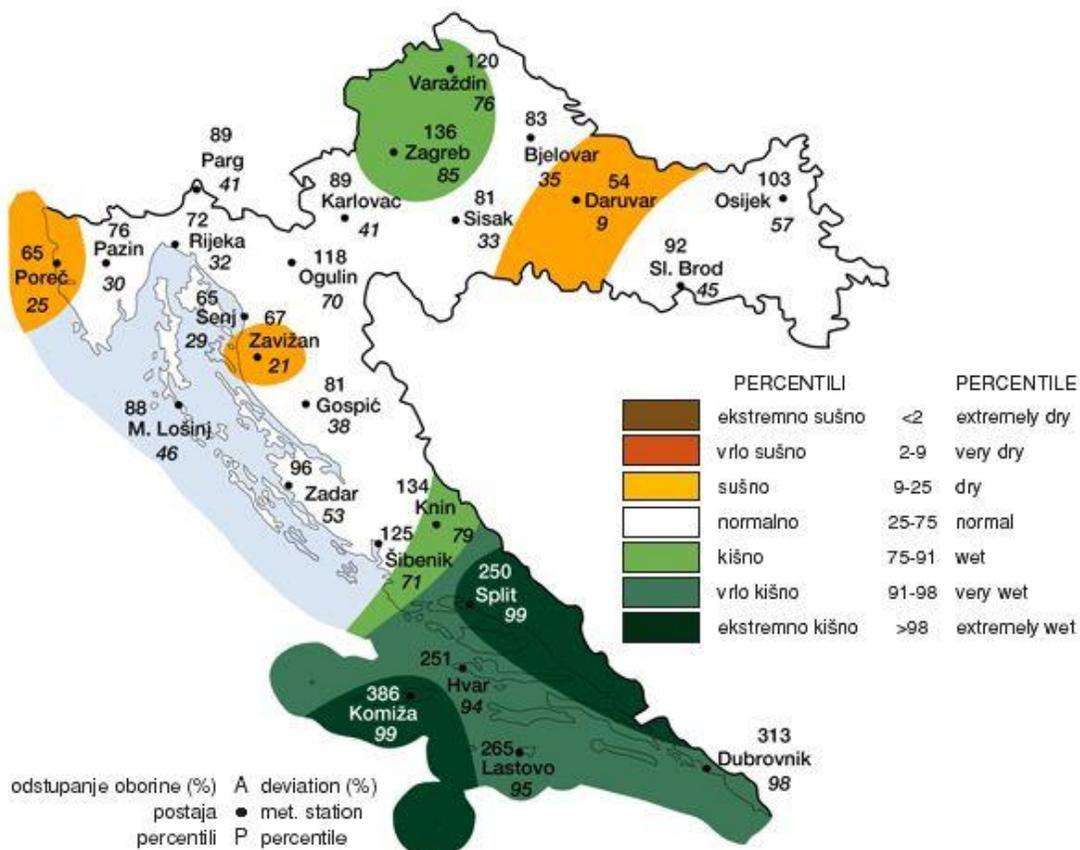
**Graf 2.** Prikaz dnevnog trajanja sisanja sunca za lipanj 2014. godine <sup>[15]</sup>



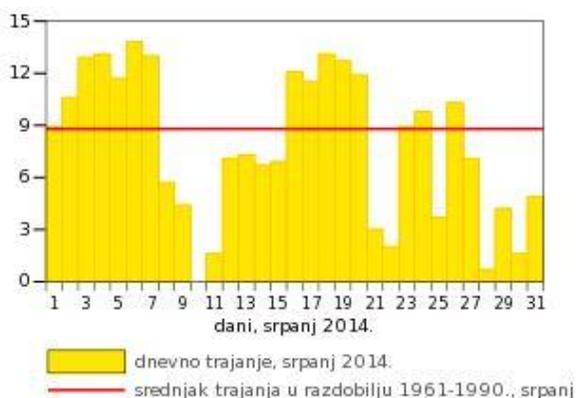
**Graf 3.** Prikaz dnevne količine oborina za lipanj 2014. godine <sup>[15]</sup>



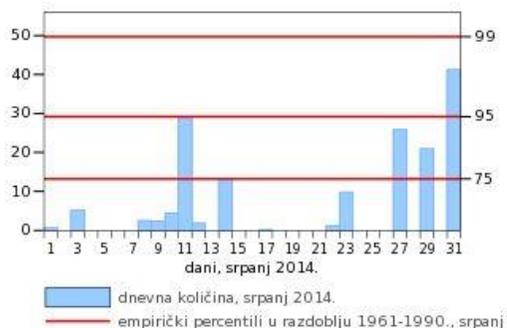
Slika 6. Karta analize temperaturnih anomalija za lipanj 2014.godine [16]



Slika 7. Karta analize količine oborina za lipanj 2014. godine <sup>[16]</sup>

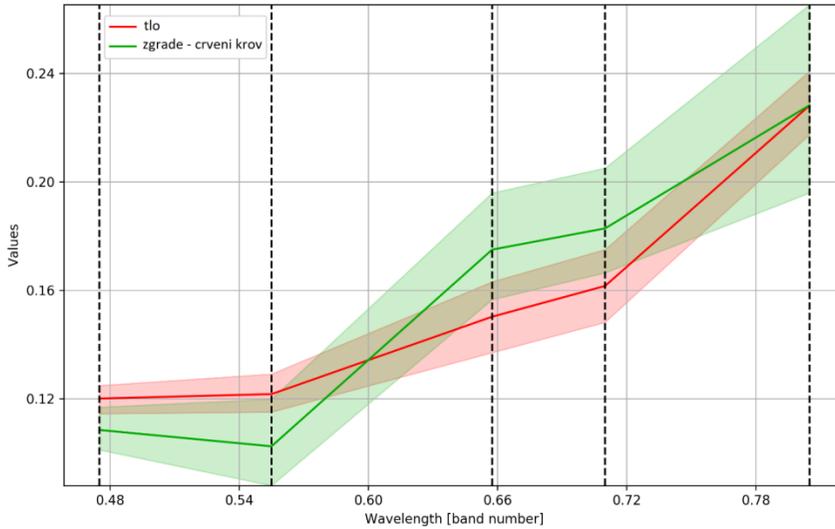


Graf 5. Prikaz dnevnog trajanja sisanja sunca za lipanj 2014. godine <sup>[15]</sup>



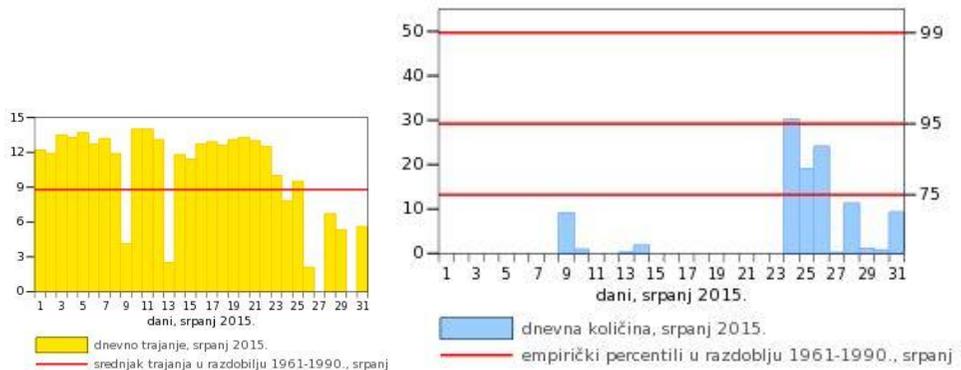
**Graf 4.** Prikaz dnevnog trajanja sijanja sunca za lipanj 2014. godine <sup>[15]</sup>

Godinu dana kasnije ponovno dolazi do promjena na promatranom području. Ono što je bitno najprije napomenuti jest ponovno pojavljivanje miješanja klasa *Zgrade – bijeli krov* i *Tlo* koje je dakako prisutno i na drugim snimkama, no na ovoj u puno većoj mjeri zbog većeg zemljanog područja (slika 5). Na grafu 6. prikaz je usporedbe spektralnih odziva klasa *Zgrade – bijeli krov* i *Tlo* na kojemu se vidi koliko su odzivi slični i sukladno tome utječu na kvalitetu klasifikacije. Doduše, upravo u takvim situacijama do izražaja dolazi jedna od najvažnijih karakteristika nadzirane klasifikacije, a to je poznavanje površine. Naime, iako je zemljano područje iz 2015. godine djelomično klasificirano kao nešto što je dio izgrađenog objekta, poznavanje površine korisniku omogućava uvid u točnost takve klasifikacije. Dio obalnog područja oko rijeke Save klasificirao se kao bijeli krov zgrada zbog sličnog odziva s onim od tla, no upravo u takvoj situaciji do izražaja dolazi poznavanje površine. Korisnik unaprijed zna da se zasigurno radi o zemljanoj površini uz rijeku te može zaključiti da je došlo do lošije klasifikacije zbog miješanja spektralnih odziva.

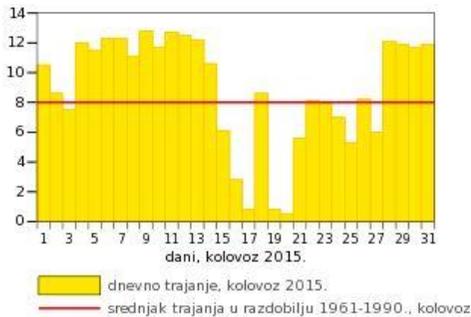


**Graf 6.** Prikaz spektralnih odziva klasa *Tlo* i *Zgrade – crveni krov* za snimku iz 2012. godine (SCP)

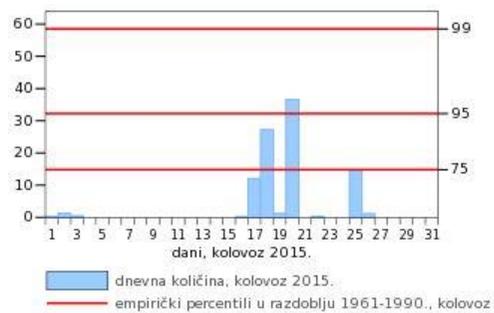
Na grafovima trajanja sisanja sunca za srpanj i kolovoz 2015. godine (grafovi 7.-10.) vidljivo je da je većina mjeseca bila izrazito sunčana, s izuzetkom druge polovice kolovoza gdje je sisanje Sunca bilo nešto manje izražajnije. Oborine u tim istim mjesecima nisu bile značajne. No karte analiza temperaturnih anomalija za 2015. godinu prikazuju značajno odstupanje od onih za 2014. godinu. Toplinske prilike u Hrvatskoj za srpanj opisane su dominantnom kategorijom ekstremno toplo (slika 8). U kolovozu je bila slična situacija, s određenim dijelovima Hrvatske koji su spadali u kategorije *toplo* i *vrlo toplo*. Prema kartama analiza količine oborina, područje oko Zagreba za oba mjeseca je spadalo je u kategoriju *normalno*.



**Graf 7. Prikaz dnevnog trajanja sijanja sunca za srpanj 2015. godine**<sup>[15]</sup>



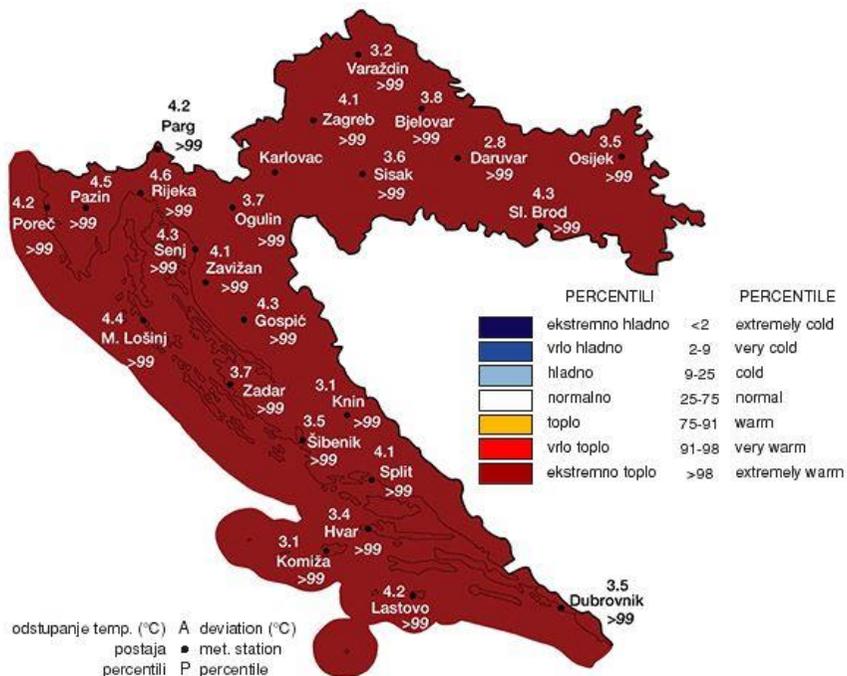
**Graf 8. Prikaz dnevnog trajanja sijanja sunca za srpanj 2015. godine**<sup>[15]</sup>



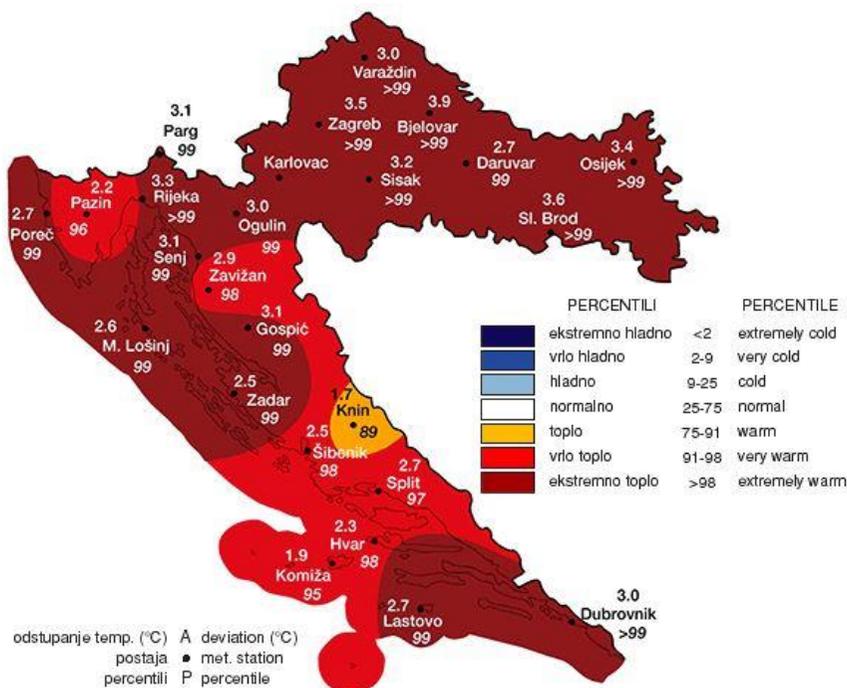
**Graf 9. Prikaz dnevnog trajanja sijanja sunca za kolovoz 2015. godine**<sup>[15]</sup>

**Graf 10. Prikaz dnevnog trajanja sijanja sunca za kolovoz 2015. godine**<sup>[15]</sup>

U 2016. godini obalno područje oko rijeke Save gotovo je u istom omjeru prekriveno tлом kao i u 2015. godini. Također je došlo do miješanja klasa *Tlo* i *Zgrade – bijeli krov* zbog sličnih odziva. Doduše, u 2016. godini su ta miješanja nešto izražajnije, odnosno pojavljuje se više manjih mjesta klasificiranih kao *Zgrade – bijeli krov* raštrkanih na područjima koja su zapravo tlo, dok su u 2015. to nešto veća područja, ali na manje mjesta. Nadalje, u istoj godini se pojavljuje vrlo velika razlika na području južno od rijeke Save, između golf kluba i nikad dovršene Sveučilišne bolnice. Prijašnjih godina je to područje bilo prekriveno visokom i niskom vegetacijom, no u 2016. godini je u potpunosti samo zemlja. Jedna od mogućnosti jest da su se oko Sveučilišne bolnice radili manji građevinski radovi u sklopu mogućeg početka obnove odnosno izgradnje koja je najavljena za 2019. godinu. Naime, izgradnja i puštanje u funkciju bolnice traje gotovo više od trideset godina<sup>[17]</sup>.



Slika 8. Karta analize temperaturnih anomalija za srpanj 2015.godine <sup>[16]</sup>



Slika 9. Karta analize temperaturnih anomalija za kolovoz 2015.godine <sup>[16]</sup>

Miješanje klasa prilikom klasifikacije, odnosno pojave da se određeno područje klasificira kao druga klasa nisu toliko neuobičajena. Naime, kao što je spomenuto u uvodu, u znanstvenom radu <sup>[3]</sup>, autori su usporedili točnost klasifikacije zemljišnog pokrova izvršene na 3 različita izvora satelitskih snimaka sa Random forrest klasifikatorom. Prema očekivanome, najveću cjelokupnu točnost klasifikacije imao WorldView-2, zatim PlanetScope i onda RapidEye – pri čemu je korišten proizvod Ortho (Level 3A) prostorne rezolucije pet metara datuma 12. rujna 2016. Također, od vrijednosti korisničke točnosti za sve klase svih tri izvora, voda i šume su imale najveću točnost klasifikacije, a niska vegetacija najmanju.

U tablici 2. prikazane su dobivene točnosti za svaku snimku. Najveću točnost klasifikacije ima snimka iz 2011. godine, a razlog tome je najvjerojatnije činjenica što je ta snimka prva klasificirana te je time samoj klasifikaciji posvećeno više pažnje. Druga po redu jest snimka iz 2017. godine s točnošću od 91,74% jer klasifikaciji također posvećeno puno više pažnje zbog povećeg miješanja klasa koje su otežavale postupak. Ostale točnosti variraju u intervalu 85-88% što je prilično zadovoljavajuće.

**Tablica 2.** Pregled točnosti klasifikacija

<b>Snimka</b>	<b>Točnost (eng. Overall accuracy)</b>
2011	97,65 %
2012	86,13 %
2013	85,83 %
2014	82,18 %
2015	85,98 %
2016	88,84 %
2017	91,74 %

U <sup>[3]</sup> je navedeno kako su PlanetScope i RapidEye satelitske snimke, koje imaju nižu spektralnu rezoluciju nego WorldView-2, imale problema sa sjenama visokih zgrada tijekom klasifikacije te da su se one krivo klasificirale kao voda. Sličan problem pojavio se i u ovome istraživanju gdje su se na određenim mjestima rubovi vodenih površina klasificirali kao sjene oblaka. Također, ako se usporedi korisnička točnost koja predstavlja pozdanost klasificiranih podataka, WorldView-2 ima gotovo 50% veću točnost nego PlanetScope i RapidEye za tlo i nisku vegetaciju i te dvije klase su često krivo klasificirane kao izgrađeno i šume <sup>[3]</sup>. Takav rezultat ide u prilog dobivenim rezultatima klasifikacije područja oko Jaruna i rijeke Save opisanim u prethodnim odlomcima te upućuje na to da je u ovom slučaju dobiven jednako dobar rezultat iako nije korištena ista metoda klasifikacije.

U <sup>[2]</sup> navedeno je da korištena nadzirana klasifikacija u tome istraživanju nije zadovoljila postavljene ciljeve. Kao uzrok neslaganja navodi da je upotrebu suviše različitih uzoraka istih klasa zemljišnog pokrova za klasifikaciju odvojenih scena te

zaključuje da bi takva metoda vjerojatno dovela do zadovoljavajuće razine točnosti klasifikacije za svaku pojedinačnu klasificiranu snimku ili za jednu datoteku koja je nastala spajanjem više satelitskih snimaka prije postupaka segmentacije i klasifikacije <sup>[2]</sup>. Dobiveni rezultati u ovome istraživanju odgovaraju takvom zaključku s obzirom da je su u ovome istraživanju korištene upravo pojedinačne klasificirane snimke, a ne odvojene scene.

Na kraju je izvršena i analiza površina klasa. U tablici 2. prikazane su površine u kvadratnim kilometrima za sve klase po godinama. Podaci su dobiveni pomoću QGIS alata *Zonal raster statistics* do kojega se dolazi preko *Processing* → *Toolbox* → *SAGA* → *Geostatistics*. U alatu se zatim odabere za koji raster sloj se želi izračunati statistika. Rezultat korištenja alata jest novi sloj *Zonal raster statistics* u čijoj se atributnoj tablici nalaze podaci o broju piksela za svaku klasu koja se nalazi na odabranom rasteru. Nadalje, s obzirom da je poznato da je veličina svakog piksela na snimci 5x5 metara (Tablica 1.) lako je izračunati površinu svake klase na način da se broj piksela svake klase pomnoži s njegovom veličinom (25 m<sup>2</sup>). Radi bolje preglednosti, rezultati su preračunati u kvadratne kilometre i tako prikazani u tablici 3.

**Tablica 3. Pregled površina pojedinih klasa po snimkama**

Klasa	Površina [km <sup>2</sup> ]						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Visoka vegetacija	343,92	522,80	413,88	164,39	190,03	193,03	159,76
Niska vegetacija	195,42	296,89	472,91	163,71	152,73	136,92	138,29
Tlo	144,12	208,73	186,95	35,47	36,61	45,42	82,14
Ceste	45,88	48,13	59,37	49,43	32,16	53,85	25,73
Zgrade - bijeli krov	42,87	125,45	83,74	34,63	50,95	17,34	57,03
Voda	7,01	6,48	6,42	3,67	3,77	3,96	3,51
Zgrade - crveni krov	2,83	2,69	1,72	31,53	22,17	36,73	15,56
Sjene	-	4,38	-	0,61	-	-	1,93
Oblaci	-	9,47	-	4,98	-	1,18	4,47

Prije same analize vrlo je važno napomenuti kako navedene brojke ne treba uzimati s stopostotnom točnošću s obzirom na činjenicu da na njihovu točnost utječe točnost klasifikacije koja varira od snimke do snimke.

Iz tablice 3. je vidljivo da je najviše visoke vegetacije u 2011., 2012. i 2013. godini, no razlog tome je što su te tri snimke zapravo površinski najveće te sukladno tome imaju i veće površine klasificiranih područja. Iako su snimke iz 2012. i 2013. godine iste veličine, površina visoke vegetacije puno je veća u 2012. godini. Također je

zanimljiva vrlo mala razlika u površini na snimkama iz 2015. i 2016. godine koje su iste veličine.

Niska vegetacija također najviše odstupa u 2012. i 2013. godini, dok u ostalim godinama varira s manjim odstupanjima. Tla površinski najviše ima u 2012. godini, dok os ostalih iskače 2017. godina u kojoj je površina gotovo dvostruka veća u odnosu na ostale manje snimke. Ceste ne pokazuju velika odstupanja bez obzira na veličine snimaka. Objašnjenje je u tome da su površinski ceste na snimkama dugačke i uske te se zapravo dosta teško klasificiraju te gube klasificiranu površinu na gradskim područjima gdje se miješaju sa zgradama. Zgrade – bijeli krov jako se ističu u 2012. godini s površinom koja je duplo veća od većine drugih površina iste klase. Takva brojka može se opravdati činjenicom što je snimka iz te godine najveća, no s obzirom da je snimka iz 2013. godine iste veličine, a ima manju površinu iste klase, moguće je da se jednostavno radi o različitoj točnosti klasifikacije. Također, zanimljive su klase Zgrade – bijeli krov i Zgrade – crveni krov u 2016. godini. Zgrade s bijelim krovovima u 2016. imaju najmanju površinu u odnosu na sve druge površine te iste klase drugih godina, a zgrade s crvenim krovovima u odnosu na ostale godine imaju najveću površinu te godine. Voda varira s minimalnim odstupanjima. Jedina iznimka su prve tri godine s obzirom na veću površinu snimaka što naravno vodi do klasifikacije novih vodenih objekata koji nisu prisutni na manjim snimkama. Oblaci se javljaju na četiri snimke, a sjene na samo tri. Najveća površina je u 2012. godini s obzirom da je ta snimka nažalost opterećena s najviše oblaka koji negativno utječu na klasifikaciju.

#### **4 Zaključak**

Satelitska industrija, točnije sadašnje i buduće satelitske misije temelje se na lansiranim satelitima od prije četrdeset godina. Cilj ovog rada bio je upravo upoznavanje sa satelitskom misijom RapidEye i analizom urbane vegetacije koja predstavlja mrežu prirodnih područja i zelenih površina u urbanim sredinama. Izvršenje cilja postignuto je nadziranom klasifikacijom RapidEye snimaka koja zapravo predstavlja vezu između daljinskih istraživanja i geografskih informacijskih sustava.

Na dobivenim rezultatima, odnosno na svih sedam klasificiranih snimki u razdoblju od 2011. do 2017. godine vidljivo je da se visoka vegetacija nije promijenila u velikoj mjeri, ali su općenito vidljive promjene na gradskom području. Na području Gradskog vrta Žitnjak tijekom godina vrsta vegetacije se mijenjala očito u ovisnosti o tome jesu li u vrtu izvođeni ikakvi radovi i sadnja ili ne. Još jedan primjer jest novoizgrađena zračna luka Franjo Tuđman kod koje se vrlo jasna razlika vidi na snimkama iz 2013. i 2016. godine s obzirom da 2013. godine nova zračna luka još nije bila izgrađena, a kraj izgradnje je bio planiran do kraja 2016. godine. Nadalje, područje podložno promjenama tijekom godina jest ono oko rijeke Save i jezera

Jarun. Zanimljivo je područje golf kluba s obzirom da se vegetacija tijekom godina mijenjala, a pretpostavka je da se radi o različitom načinu održavanja tijekom godina. U 2014. godini najviše su vidljive promjene s obzirom da je na gotovo cijeloj klasificiranoj snimci puno veća količina zelenih, odnosno travnatih površina. Jedan od mnogih mogućih uzročnika takve pojave su meteorološka zbivanja koja su eskalirala u svibnju iste godine. Velike poplave su pogodile istočnu Hrvatsku, a javno dostupni podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda ukazuju na meteorološka zbivanja koja su generalno mogla imati utjecaj na stanje vegetacije na području grada Zagreba i Zagrebačke županije.

Sveukupne točnosti klasifikacija variraju u intervalu od 85-88% što je prilično zadovoljavajuće čak i neovisno o zaključku iz opisanog istraživanja koji navodi da od druga dva izvora satelitskih snimki, WorldView-2 i PlanetScope, RapidEye ima najmanju točnost. Doduše, iznimke su snimke iz 2011. i 2017. godine čije točnosti prelaze 90%. Zadovoljavajućoj točnosti u prilog ide i zaključak navedene doktorske disertacije u kojemu autor navodi da bi korištena metoda vjerojatno dovela do zadovoljavajuće razine točnosti klasifikacije za svaku pojedinačnu klasificiranu snimku ili za jednu datoteku koja je nastala spajanjem više satelitskih snimaka prije postupaka segmentacije i klasifikacije. Iz analize površina pojedinih klasa vidljivo je da sve klase variraju za pojedinu snimku te se ti rezultati trebaju uzimati s određenim oprezom jer sve snimke nisu jednake veličine.

Provedeno istraživanje ima svoju važnost u praćenju stanja urbane vegetacije s obzirom da je ona jedan od važnih pokazatelja kvalitete života u gradovima. Ono što je sigurno jest da će se urbana vegetacija i dalje mijenjati te će zahtijevati daljnje nadgledanje i istraživanje, a za poboljšane rezultate u tim istraživanjima bilo bi korisno koristiti i druge izvore satelitskih snimaka i metode klasifikacije. Pomoću kvalitetnijih izvora mogli bi se unaprijediti rezultati u smislu određivanja vrste i kvalitete promatrane vegetacije.

## 5 Literatura

[1] NASA's Earth Observing System, <https://eospsso.nasa.gov/mission-category/2>

[2] L. Valožić, 2015: *Objektno orijentirana klasifikacija zemljišnoga pokrova pomoću multispektralnih satelitskih snimaka – primjer Grada Zagreba*, doktorska disertacija

[3] M. Gašparović, D. Dobričić i D. Medak, 2018: *Urban vegetation detection based on the land-cover classification of PlanetScope, RapidEye and WorldView-2 satellite imagery*, 18<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018

[4] Earth Observation Portal; „RapidEye Earth Observation Constellation”, <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/r/rapideye#ground>

- [5] Planet; „PlanetLabs to acquire RapidEye“, <https://www.planet.com/pulse/blackbridge/>
- [6] Planet; „A changing planet: Meet our new brand“, <https://www.planet.com/pulse/meet-our-new-brand/>
- [7] F. Jung-Rothenhäusler, H. Weichelt, M. Pach, 2008: *RapidEye - A Novel Approach To Space Borne Geo-Information Solutions*
- [8] Satellite Imaging Corporation; „RapidEye Satellite Sensors“, <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/rapideye/>
- [9] Planet, travanj 2018: *RapidEye™ Imagery Product Specifications*
- [10] From GIS to Remote Sensing, <https://fromgistors.blogspot.com/>
- [11] Službena dokumentacija za SCP dodatak, <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>
- [12] Službene stranice Grada Zagreba – Organizacija gradskih vrtova, <https://www.zagreb.hr/o-projektu/84060>
- [13] Wikipedia – Zračna luka Franjo Tuđman, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Zra%C4%8Dna\\_luka\\_%E2%80%9EFranjo\\_Tu%C4%91man%E2%80%9D](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zra%C4%8Dna_luka_%E2%80%9EFranjo_Tu%C4%91man%E2%80%9D)
- [14] Ž. Škvorc, K. Sever i J. Franjić, 2013: *Fiziologija šumskog drveća*, Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet
- [15] Državni hidrometeorološki zavod – Oborine i trajanje sunca, [http://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_pracenje&param=klel](http://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje&param=klel)
- [16] Državni hidrometeorološki zavod – Ocjena mjeseca, sezone, godine, [http://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_pracenje&param=ocjena](http://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje&param=ocjena)
- [17] Izgradnja dječje bolnice u Blatu, <https://www.vecernji.hr/vijesti/obnavlja-li-se-stara-bolnica-u-blatu-ili-se-grad-nova-za-djecu-1224455>

# MEGASTRUKTURE BUDUĆNOSTI

## KRISTAL SOLI KAO ABIogeneZNI MATERIJAL

*Jana Petrović*

**Rezime:** Inspiracija za istraživanje kristala soli kao abiogeneznog materijala, pronađena je u korelaciji „duha mesta“ zadate lokacije master projekta (Varšave) i održive arhitekture budućnosti.

U potrazi za abiogeneznom, samoodrživom arhitekturom, kristal soli se izdvojio kao potpuno organski materijal, pogodan za gradnju. Na ovaj način zadovoljena su osnovna načela regionalističke arhitekture, pri korišćenju lokalnih materijala i direktnom vezom sa tradicionalnom lokalnom kulturom, u konceptu održive arhitekture.

Analizom oblikovne molekularne strukture kristala soli, usvojeni su specifični arhitektonski oblici, tj. „moduli“, koji su direktno primenjeni pri oblikovnom formiranju megastrukture budućnosti, koja je tema master projekta.

**Ključne reči:** *arhitektura, regionalizam, kristal soli, tradicija, abiogeneza, modul*

# MEGASTRUCTURES OF THE FUTURE

## CRYSTAL SALTS AS ABIogENESIC MATERIAL

*Jana Petrović*

**Abstract:** The inspiration for the study of salt crystals as abiogenesis material was found in the correlation of the "genius loci" of the given location of the master project (Warsaw) and the sustainable architecture of the future.

In the research of abiogenic, sustainable architecture, the salt crystal stood out as a completely organic material, usable as construction material. In this way, the basic principles of regionalist architecture, such as usage of local materials and its direct connection with traditional local culture, in the concept of sustainable architecture are achieved.

By analyzing the form of the molecular structure of salt crystals, specific architectural forms were created, ie. "Modules", which were directly applied to the form of the megastructure of the future that is the topic of the master project.

**Key words:** *architecture, regionalism, salt crystal, tradition, abiogenesis, module*

## 1 Uvod

Predmet rada je istraživanje abiogeneznog materijala na bazi kristala soli i mogućnosti njegove primene na objektu u formi megastrukture. Abiogeneza se bazira na istraživanjima samoreprodukcije molekula i njihovih komponenti. U tom svojstvu, analizirane su metode primene kristala soli, kao potpuno organskom materijalu, u izgradnji objekta budućnosti, poštujući načela održivosti pri projektovanju.

Imajući u vidu lokaciju pomenute megastrukture (Varšava, Poljska), istražena je veza između arhitekture i „duha mesta“, uzimajući u obzir osnovne principe regionalizma u arhitekturi zasnovane na klimi, topografiji, lokalnim materijalima i tradicionalnoj lokalnoj kulturi. Analizirajući svaki od pomenutih kriterijuma, pronađen je osnov za formiranje autentične moderne arhitekture, upravo u kristalu soli.

Primena kristala soli u građevinske svrhe nije novitet, o čemu govore analizirana iskustva prošlosti. U današnje vreme kada formiranje ekološki održivih sistema nije samo potreba, već i zahtev, rešenje možemo pronaći upravo u tradicionalnim lokalnim metodama gradnje. Uspostavljanjem arhitektonske tipologije koja otvoreno usvaja strategije održivosti, uzimajući u obzir kontekst u kojem je zgrada fundamentalno ukorenjena, dobili bismo rešenje koje odgovara svim zahtevima savremenog društva.

Osim fizičke primene materijala na bazi kristala soli, istraživanje je obuhvatilo i metode arhitektonskog oblikovanja megastrukture u kontekstu kristala soli. Bazirajući se na kristalnu rešetku kristala soli i analizom njene strukture, formirani su različiti arhitektonski oblici – moduli, koji su primenjeni pri izradi projekta.

### 1.1 Održiva arhitektura kroz primenu materijala sa lokaliteta

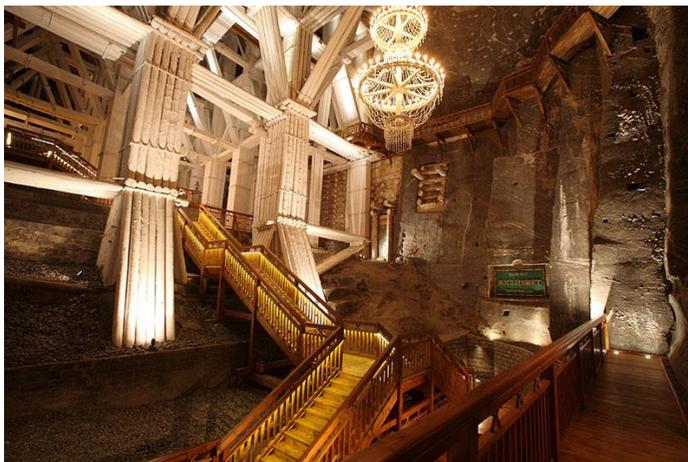
Regionalizam u arhitekturi možemo pronaći u skoro svakom objektu. Počevši od najstarijih i najprostijih primera gradnje kao što su zemunice i sojenice, napravljene isključivo od gradivnih materijala sa lokaliteta, prilagođene geografskim uslovima, predstavljaju prototip regionalizma u arhitekturi.

Održiva arhitektura u savremenom kontekstu uglavnom se shvata kao pitanje odabira tehnologije i energetske performansi. Zanemarujući okruženje, ostala je odvojena od šire diskusije o arhitekturi kao načinu izbegavanja kulturne politike. Kroz istoriju, arhitektura je odigrala bitnu ulogu u definisanju odnosa čovečanstva prema njegovom širem okruženju. Arhitektura nije samo sredstvo za pružanje skloništa, već je funkcionisala kao osnov za formiranje tradicije i kulture jednog naroda. Kao takva, arhitektura igra i praktičnu i simboličnu ulogu. U tom smislu onase može posmatrati kao veći paradigmatki pokret održivosti zarad dobiti ljudske civilizacije.

Imajući ovo na umu, dolazimo do shvatanja da regionalizam u arhitekturi, oslanjajući se na tradicionalne diskurse, u svom tumačenju sadrži tendencije ka ostvarivanju održivosti. Poštovajući regionalističke odredbe arhitekture, tj. projektovanje u skladu sa klimom, topografijom i lokalnom tradiciom, koristeći materijale sa lokaliteta, proizveli bismo održivu arhitekturu, koja bi zadovoljava ekonomske uslove – u vidu uštede na uvozu materijala,

političke – aktiviranjem regionalnih privreda, društveno-socijalne – podizanjem svesti o nacionalitetu, kao i ekološke – primenom organskih, održivih materijala.

Ukoliko se osvrnemo na projekat u okviru Master teze, polazna tačka projektovanja mi je upravo bila ispunjenje gore navedenih odredbi, tj. poštovanje regionalizma u arhitekturi u kontekstu održivosti. Kako je lokacija projekta u Varšavi, glavnom gradu Poljske, vezu sa lokalnom tradicijom sam pronašla u najvećem rudniku soli u Poljskoj, rudniku Velički.



*Slika 1 Unutrašnjost rudnika Veličke*

Rudnik koji je proizvod rada desetina generacija rudara, spomenik kulture Poljske i poljske nacije, predstavlja brend, prisutan u poljskoj istoriji vekovima. Kao infrastrukturni objekat od velikog značaja, koji ima velike eksploatacione kvalitete, javlja se ideja primene soli iz rudnika u svojstvu izrade građevinskog materijala. Ovakav poduhvat bi povećao trenutnu eksploataciju soli, pa samim tim bitno uticao na razvoj privrede regiona. Spoj tradicije, ekologije i privrede mogao bi da rezultira isključivo pozitivnim ishodom.



*Slika 2 Zid u kristalnoj pećini u rudniku Velička*

## 1.2 So kao građevinski material

Ideja da se so koristi u građevinske svrhe seže još u dvanaesti vek, za područja koja se obilovala količinama sonog minerala. Najčešći primer iz tog doba možemo pronaći na objektima lociranim u blizini slanih voda, tj. mora ili jezera. U kasnijem periodu, kada je otpočeta industrijska obrada sonih minerala, javlja se upotreba sonog betona, kao konstruktivnog materijala na bazi soli, prvenstveno u izgradnji rudnika soli i pratećih objekata u okviru solana. Danas se smatra da je so materijal budućnosti, pa ga neki i nezivaju „novim betonom“. Zbog svojih obnovivih svojstava, i velikom broju resursa, može se smatrati održivim materijalom, pogotovu pogodnim za upotrebu na lokalitetima koji su bogati izvorima sonih minerala.

Posebno zanimljivo istraživanje je sprovedeno na TU Delftu, u okviru projekta pod nazivom "The Salt Project". Polazna tačka za ovo istraživanje je sam materijal. Morska so se testirala na Građevinskom fakultetu. Nakon ispitivanja, došli su do rezultata da materijal ima istu snagu kao i drugi uobičajeni građevinski materijali kao što su led, nabijena zemlja i jednostavne zidane konstrukcije. Slično svojstvima ovih materijala, soni materijal se dobro reaguje na sile pritiska, ali ne toliko na sile zatezanja. To znači da bi tipična struktura od soli bila, na primer, luk, kupola ili struktura ljuske.

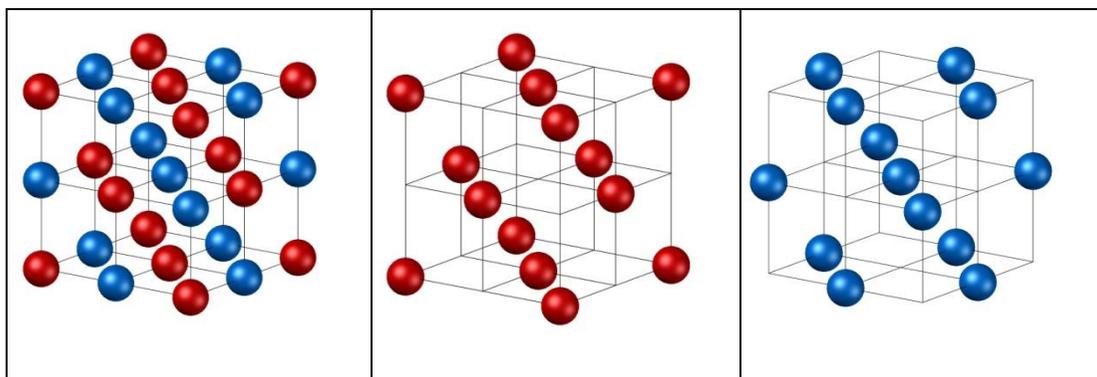
Naravno, slaba tačka soli je činjenica da se rastvara u vodi. Ovo se trenutno rešava nanošenjem premaza na materijal. Trenutno se vrše istraživanja o premazima na bazi biološkog materijala koji što manje oštećuju životnu sredinu.



**Slika 3** Izgled konstruktivnog materijala na bazi soli

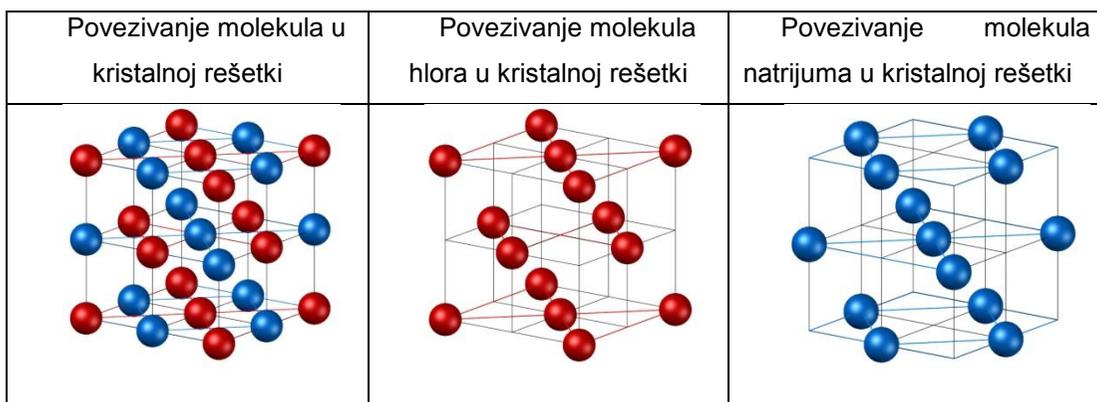
Pretpostavka „projekta soli“ je da pumpa morsku vodu u sušnim područjima širom sveta, podeli ih na slanu i slatku vodu, koristi svežu vodu za navodnjavanje i koristi so za arhitekturu. Ovaj dijagram (Slika 4) toka predstavlja vizualizaciju načina na koji se izvući najviše iz morske vode.





**Tabela 1** Prostorni prikaz kristalne rešetke i molekula hlora i natrijuma

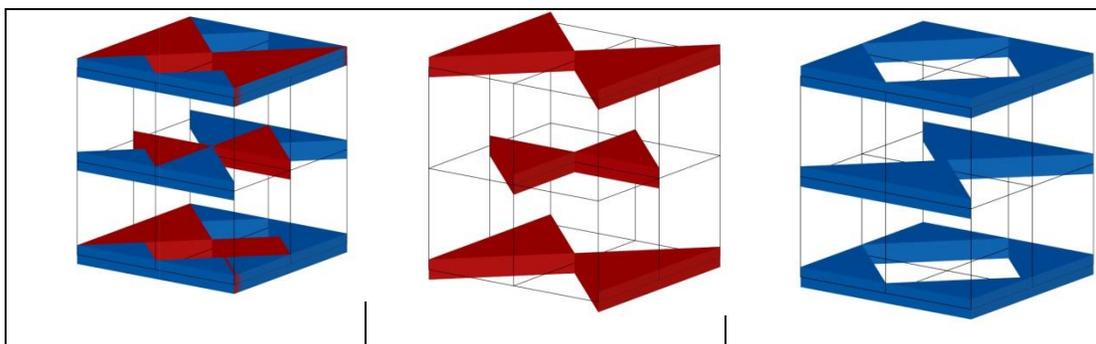
Povezivanjem molekula hlora i natrijuma u odvojenim prostornim jedinicama u ortogonalnim pravcima pružanja rešetke, kao i povezivanjem molekula dijagonalama, dobijamo pravilne geometrijske oblike poput trougla i kvadrata, što je poslužilo kao početna tačka prostornog istraživanja. Kako je kristalna rešetka striktno određena svojom pravilnošću, javila su se dva rešenja kao najoptimalnija. (Tabela 2)



**Tabela 2** Prostorni prikaz povezivanja molekula u kristalnoj rešetki

Kristalnu rešetku možemo podeliti u tri ravni u horizontalnom pravcu, i šest u vertikalnom (po tri u dva pravca pružanja ivica). Kako je raspored molekula simetričan po srednjoj osi, najkompaktnije prostorno rešenje se javlja uzimajući u obzir horizontalne ravni, kao potencijalne etaže objekta koji modul formira. (Tabela 3)

Ravni dobijene od horizontalnog povezivanja molekula	Ravni dobijene od horizontalnog povezivanja molekula hlora	Ravni dobijene od horizontalnog povezivanja molekula natrijuma
--	--	--



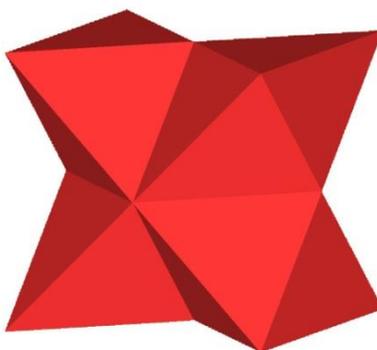
**Tabela 3** Prostorni prikaz ravni dobijenih horizontalnim povezivanjem molekula

Povezujući ivične tačke ravni u preseku sa ivičnim tačkama kristalne rešetke, sa ivičnim tačkama horizontalnih ravni ispod (ili iznad) dobija se finalni oblik arhitektonskog modula. (Slika 5 i Slika 6)

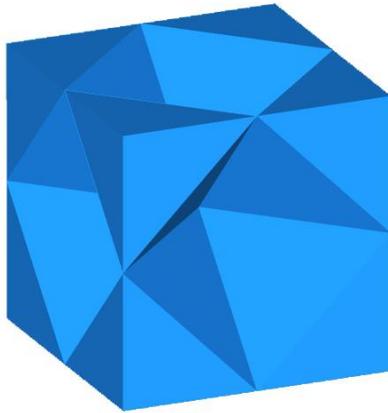
Obe celine imaju jedinstvenu geometrijsku formu, koja je simetrična po srednjoj osi, kao i sama kristalna rešetka.

Imajući u vidu da formirani modul predstavlja arhitektonski objekat (ili deo njega), usvaja se kompaktnije rešenje, tj. modul formiran povezivanjem molekula hlora. (Slika 5)

Odabrani arhitektonski modul se sastoji iz dve jedinstvene etaže, koje su oblikovno sastavljene iz dva trouga u jednoj, i kvadrata u drugoj.



**Slika 5** Arhitektonski modul dobijen povezivanjem molekula hlora u okviru kristalne rešetke



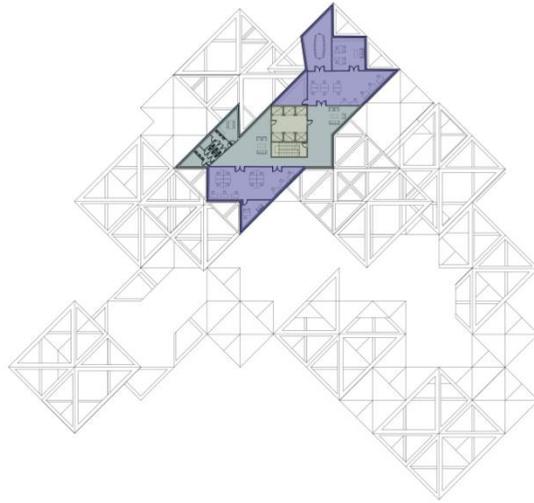
**Slika 6** Arhitektonski modul dobijen povezivanjem molekula natrijuma u okviru kristalne rešetke

Zbog drugačije klime projektne lokacije (Poljska), kao i projektnog zadatka megastrukture, nije iskorišćen konstruktivni materijal na bazi soli, već je primenjen na fasadnoj obradi modula.

## 2.1 Prikaz projekta

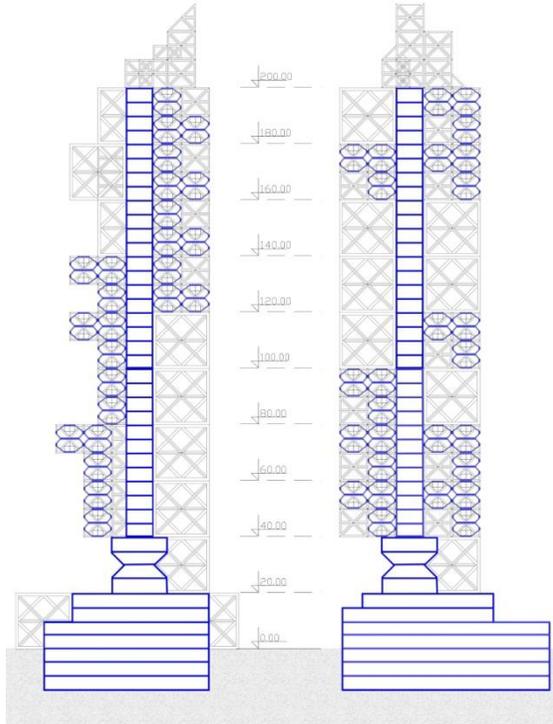


**Slika 7** Situaciono rešenje objekta

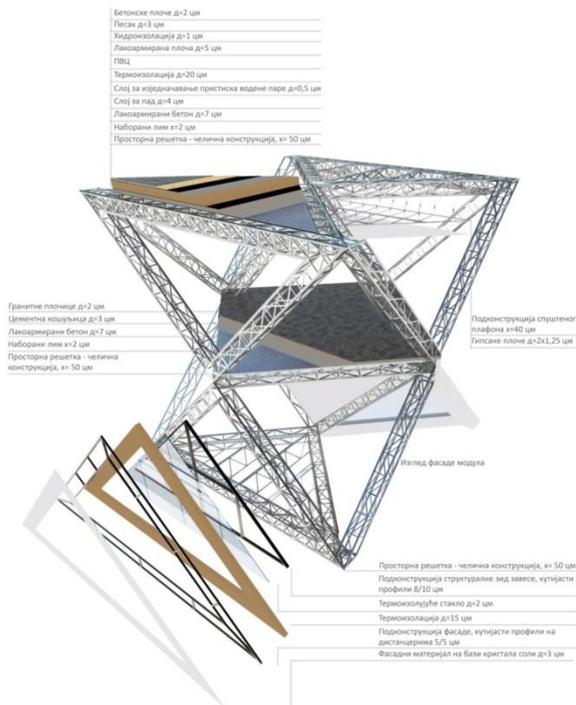


- Заједнички простори
- Комуникације
- Пословање

**Slika 8** Primer tipske osnove



**Slika 9** Preseci



**Slika 10 3D detalj modula**



**Slika 11 3D prikaz objekta**

### 3 Zaključak

Održiva arhitektura u savremenom kontekstu uglavnom se shvata kao pitanje odabira tehnologije gradnje i energetske performansi, nezavisno od lokaliteta na kome se nalazi. Svedoci smo masovnog internacionalizma u arhitekturi, što dovodi do gubitka jedinstvenosti arhitekture u skladu sa duhom mesta.

Uzevši to u obzir, težnja ovog istraživanja je bila upravo u pronalasku autentične arhitekture, koja poštuje osnovne principe regionalizma u arhitekturi zasnovane na klimi, topografiji, lokalnim materijalima i tradicionalnoj lokalnoj kulturi. Kao takva, ona se može smatrati abiogeneznom.

Direktnu vezu sa regionalističkim principima predstavlja istraživani kristal soli. U skladu sa zadatom lokacijom megastrukture, povezanost sa lokalnom tradicijom je pronađena u jednoj od istorijski najznačajnijih industrija Poljske, sonoj industriji, preciznije, u najvećem rudniku soli Velički.

Težnja da se koristi lokalni materijal, koji je i potpuno organski, jasno je definisana u istraživanju primene materijala na bazi kristala soli. Navedeni su različiti načini primene soli u građevinskom materijalu, i na osnovu sprovedenih istraživanja dobijeni su rezultati koji potvrđuju da je takva vrsta materijala održiva i lako primenljiva. Vodeći se pozitivnim ishodom istraživanja, javlja se ideja da se pomenuti rudnik soli, Velička, može iskoristiti u svrhu proizvodnje soli za izradu građevinskog materijala.

### Zahvalnost

Zahvalila bih se prvenstveno mentoru master završnog rada, prof. dr Budimiru Sudimcu, kao i profesorima saradnicima prof. dr Predragu Arsiću i prof. dr Dimitriju Mladenoviću, koji su mi upotpunili istraživanje svojim savetima, i bili velika podrška u toku izrade master teze i projekta.

### Literatura

- [1] Kenneth Frampton, "Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance", y The Anti-Aesthetic. Essays on Postmodern Culture (1983)
- [2] Colquhoun, Alan. "Citique of Regionalism." (1996): 50-55.
- [3] Colquhoun, Alan. "The Concept of Regionalism." (1997).
- [4] Daniel Boesen Nolan, "Sustainable Architecture is Best Achieved Through the Concept of Regionalism" (2014).
- [5] L. Rovero , U. Toniatti , F. Fratini , S. Rescic, The salt architecture in Siwa oasis – Egypt (XII–XX centuries), (2009)
- [6] Aleksander Garlicki, " Salt Mines at Bochnia and Wieliczka", Przegł'd Geologiczny, vol. 56, nr 8/1, (2008)
- [7] Rudnik Velička, <https://www.wieliczka-saltmine.com/>
- [8] Projekat soli, <http://buildingwithseawater.com/>

# 4D PRAZNINA JUGOZAPADNOG ULAZA U ZAGREB

*Lovro Hubzin*

**Rezime:** Prostor jugozapadnog dijela grada Zagreba, definiran prirodnim i umjetnim odrednicama kao što su rijeka Sava, prirodni prostor uz rijeku, umjetno jezero Jarun, odteretni kanal promjenjive namjene i dostupnosti, vizualna podloga-scena Medvednice, longitudinalna infrastruktura brzih prometnica i mostova, nova pojavnost multifunkcionalnih volumena sporta i kupovnih centara trenutno je neartikuliran te procijenjen kao neodrživ. Ocjena prostora koji ne pridonosi kvaliteti života u gradu, niti percepciji ulaza u glavni grad od kojega očekujemo opravdavanje uloge strukturom, ambijentom i vizualnim inputom. Središnji dio promatranog prostora - prazni void - opterećen je i transformacijom prirodnog područja uz rijeku u sportsku namjenu ograničenog javnog pristupa (golf teren) te brownfield područjem velikog mjerila dodatno označenog povijesnim diskursom (bolnički kompleks građen kao klinička, kasnije sveučilišna bolnica Blato). U istraživačkom radu je, iz pozicije postojeće prostorne problematike preispitan promatrani prostor kroz dimenziju trajanja puta i percepcije istog. Rad se oslanja na koncepte teorije estetike krajolika s fokusom na urbani krajolik kao i na premise vizualne percepcije i preferencije urbanog krajolika. Početna premisa je da intervencija u prazni void ili nekoherentno izgrađeni prostor mora imati za cilj uspostavu dovoljne kompleksnosti koja definira grad i obvezne koherentnosti kojom se osigurava preferencija. Istraživanje predstavlja proces obrnut tradicionalnom pristupu u kojemu 2D prethodi 3D posljedici koja se odvija u 4D. Ovaj pristup prikuplja podatke iz 4D koje provjerava i preispituje u 3D kako bi ih prevalio naposljetku u 2D.

U prvom dijelu rada analizira se cjelina grada kao urbani krajolik s ciljem identifikacije prevladavajućih struktura, elemenata, motiva, simbola i slika. Analizira se dinamika promjene namjene zemljišta uz glavne prometnice za pregled propusnosti istih. Zatim se uži odabrani prostor – prazni void - sagledava kroz analizu prostornih sličica koje oko može prihvatiti u određenom vremenu (srednja vrijednost za prosječnu odraslu osobu je 50 do 60 sličica u sekundi). U drugom dijelu rada primjenjuje se intervencija u vizualni prostor putem skaliranja mjerila i veličine prostornog uzorka kao primarnog oblikovnog alata. Instrument oblikovanja kreće od anonimnog, besadržajnog rastera 3x3 koji proizlazi iz prostorne analize te se donose odluke o usitnjavanju, preklapanju i prilagodbi. Rezultat ovog istraživanja je prostorni prijedlog mjerila i usitnjenosti strukture koja osigurava dovoljnu kompleksnost i obveznu koherentnost za uspješni urbani krajolik.

**Ključne reči:** *kolaž, vizualna percepcija, preferencija, vrijeme-prostor, Zagreb*

# THE 4D VOID OF THE SOUTHWEST CITY ENTRANCE IN ZAGREB

*Lovro Hubzin*

**Abstract:** The area of the southwestern part of the city of Zagreb, defined by natural and artificial features such as the Sava River, the natural area along the river, the artificial lake Jarun, the drainage channel of variable purpose and accessibility, the visual base-scene of Medvednica, longitudinal infrastructure of highways and bridges, new appearance of multifunctional volumes sports and shopping centers are currently unarticulated and assessed as unsustainable. Assessment of space that does not contribute to the quality of life in the city, nor to the perception of the entrance to the capital from which we expect to justify the role by structure, ambience and visual input. The central part of the observation space - empty void - is also burdened by the transformation of the natural riverfront area into a sport of restricted public access (golf course) and a large brownfield area further marked by historical discourse (hospital complex built as a clinical, later Blato University Hospital). In the research paper, from the standpoint of the existing spatial problems, the observed space was examined through the dimension of the path duration and the perception of the same. The paper draws on concepts of landscape aesthetics theory focusing on the urban landscape as well as on the premise of visual perception and urban landscape preferences. The initial premise is that intervention in a void void or incoherently constructed space must aim to establish sufficient complexity that defines the city and mandatory coherence to ensure preference. Research is a process reversed by the traditional approach in which 2D precedes the 3D consequence that takes place in 4D. This approach gathers data from 4D which it checks and re-examines in 3D to eventually translate it into 2D.

The first part of the paper analyzes the entire city as an urban landscape with the aim of identifying the dominant structures, elements, motifs, symbols and images. The dynamics of land use change along the main thoroughfares are analyzed to review their permeability. Then, the narrow space selected - void - is viewed through the analysis of spatial frames that the eye can accept at a given time (the average for the average adult is 50 to 60 frames per second). In the second part of the paper, intervention in the visual space is applied by scaling the scale and size of the spatial sample as the primary design tool. The design tool starts with an anonymous, gratuitous 3x3 raster resulting from spatial analysis, and decisions are made about shredding, folding, and adjusting. The result of this research is the spatial proposal of scale and fragmentation of a structure that provides sufficient complexity and mandatory coherence for a thriving urban landscape.

**Key words:** *collage, visual perception, preference, time-space, Zagreb*

# 1 Uvod

Grad je složena prostorno vremenska, fizička i društvena cjelina. U poimanju prostora iskustveno krećemo od segmenata koje slažemo kognitivno u cjelinu. U memoriji ostaje cjelina grada složena od kolaža utisaka. Grad možemo sagledati kao kompleksnu cjelinu, ali i kao kompleksni mozaik sastavljen od više manjih cjelina. U radu se predstavljaju rezultati istraživanja grada Zagreba u više razina – cjelina grada, jugozapadni ulaz u grad i prazni void unutar promatranog prostora. Za svaki obuhvat primjenjena je odabrana tematska analiza prostora dok je za sve razine kolaž odabran kao grafički izričaj rezultata analize.

## 1.1 Grad-kolaž

Prilikom rješavanja prostornih izazova, neophodno je slojevito istražiti prostor te pronaći njegovu esenciju. Kolaž kao medij slaganja cjeline od fragmenata predstavljen je strukturom i sadržajem gradivnih elemenata. Baziran na međusobno diferenciranim segmentima, može poslužiti kao istraživački alat ili grafički izraz koji otkriva prostor do njegovih gradivnih elemenata. Teorijski je grad kolaž predstavljen esejom (1975.) i knjigom (1978.) *Collage City* autora Rowe i Koetter.

## 1.2 Jugozapadni ulaz u grad - vizualni krajolik

Teoretska uporišta istraživanju vizualnih varijabli prostora pronalazimo u konceptima teorije estetike krajolika s fokusom na urbani krajolik kao i na premise vizualne percepcije i preferencije urbanog krajolika.

### 1.3 Void - vrijeme-mjesto

Za analizu užeg odabranog prostora odabran je postupak segmentiranja prostora kroz određivanje vremenskog obuhvata i analizu prostornih slika koje ljudsko oko može prihvatiti u određenom vremenu. Korištena je metoda autora Parkes i Thrift (1975).

## 2. Metodologija istraživanja

Istraživanje je strukturirano prostornim razinama od cjeline grada do najmanje prostorne jedinice – proizvedenog grida promatranog obuhvata. Za svaku prostornu jedinicu odabrana je metoda analize cjeline i tematska analiza te grafička metoda izričaja rezultata - kolaž.

### 2.1 Grad - kolaž

Analiza razine grada sastojala se od sljedećih koraka:

Izrađena je analiza i prepoznavanje uzorka vizualnim pregledom topografske karte, Hrvatske osnovne karte i otisnute Digitalne ortofoto snimke iz 2011. godine grada Zagreba u mjerilu 1: 100 000 te dodatnih tematskih karata (openstreet map, turistička karta Zagreba i slično)

Ocijenjena je kartografska reprezentacija rezultata i izrađena njihova vizualna interpretacija u odnosu na holističko prepoznavanje uzorka;

Zatim, slijedi analiza grada kao cjeline s ciljem identifikacije u genealoškom, strukturnom i vremenskom kontekstu, popratno pojednostavljenim grafičkim prilogom. Cjelina grada istražena je dodatno kroz tematsko istraživanje željezničkog prometa kao jednog od glavnih prostornih razgraničenja, njegovu genezu u kontekstu područja te namjenu koju veže uz sebe. Propitivana je homogenost/heterogenost namjene prostora kroz koju prolazi željeznički infrastrukturni koridor.

## **2.2 Jugozapadni ulaz u grad - vizualni krajolik**

Rad se oslanja na koncepte teorije estetike krajolika s fokusom na urbani krajolik kao i na premise vizualne percepcije i preferencije urbanog krajolika.

Početna premisa je da intervencija u prazni void ili nekoherentno izgrađeni prostor mora imati za cilj uspostavu dovoljne kompleksnosti koja definira grad i obvezne koherentnosti kojom se osigurava preferencija.

## **2.3 Void - vrijeme-mjesto**

U istraživačkom radu je, iz pozicije postojeće prostorne problematike preispitan promatrani prostor kroz dimenziju trajanja puta i percepcije istog. Istraživanje predstavlja proces obrnut tradicionalnom pristupu u kojemu 2D prethodi 3D posljedici koja se odvija u 4D. Ovaj pristup prikuplja podatke iz 4D koje provjerava i preispituje u 3D kako bi ih prevalio naposljetku u 2D.

U radu će se prezentirati grafički rezultati analiziranih podataka na razini cjeline grada, tematskih struktura (željeznica) na razini cjeline grada, istraživanja složenosti, koherentnosti i mjerila promatranog obuhvata, vremenske dimenzije voida i prijedlog aplikacije mjerila (grida) u promatranom obuhvatu.

# **3. Rezultati**

## **3.1. Slika o gradu – kolaž**

U kontekstu grada proučavamo genealoški kontekst tepromjene u prostornoplanskoj dokumentaciji grada.

### **3.3.1. Genaologija grada Zagreba**

Kronološkim redosljedom pokušavamo utvrditi najvažnije povijesne trenutke grada te kako su oni utjecali na današnji urbanitet. U ranom srednjem vijeku zabilježavamo Zlatnu bulu Bele IV 1242. godine. Nakon stoljeća sukoba, 1850. godine, Gradec i Kaptol se ujedinjavaju u jedinstveni grad, Zagreb tada broji oko 16 000 stanovnika. Prva detaljna karta Zagreba u mjerilu 1:14 400 izrađena je 1853. godine. Godine 1871. Milan Lenuci izradio je plan urbanističkog razvoja Donjeg grada sa nizom parkovnih površina po uzoru na Bečki Ring. 1876. godine izgrađeno je novo gradsko groblje Mirogoj. Mikro urbanistički poduhvat Oktogon dovršen je 1899., u to doba Zagreb broji oko 60 000 stanovnika. U razdoblju od 1917.-1925. godine otvoreno je više fakulteta i visokih škola, od čega i Visoka tehnička škola s arhitektonskim odjelom 1919. godine, u to doba grad broji nešto više od

100 000 stanovnika. Oko 1930. godine grade se željeznički nadvožnjaci na Savskoj radi povećanja protočnosti gradskog prometa (arhitekti M. Kauzlarić i J. Denzler). Prethodno i za vrijeme Univerzijade 1987. održane u Zagrebu, u gradu se grade i obnavljaju mnoga područja sa javnom namjenom. Godine 1991. Zagreb broji 706 000, 2011. 790 000 stanovnika sa gravitirajućim područjem ukupno 1 100 000 stanovnika.

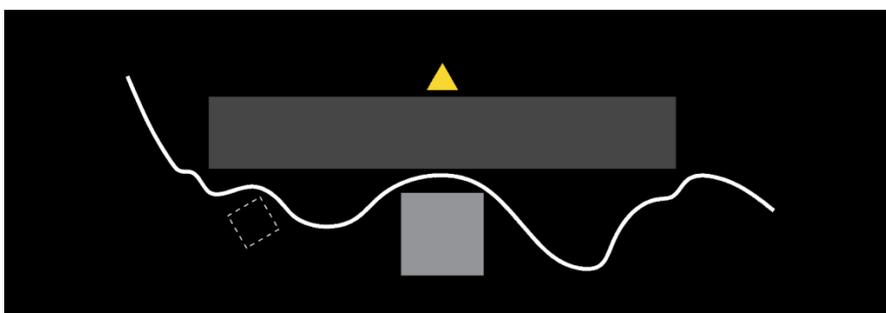
### 3.3.2. Prostornoplanska dokumentacija

Unutar ovog okvira sagledati ćemo GUP 1971., PP 1986. te PP 2001. godine. Prvi prostorno planski dokument za zagrebačko područje donesen nakon formiranja Zagreba 1850. godine predstavlja Generalna regulatorna osnova iz 1865. godine koja integralno sagledava tadašnji urbani prostor. 1971. godine usvojen je Generalni urbanistički plan Grada Zagreba. Obuhvaćajući širi funkcionalni prostor grada, predviđa intenzivniju urbanizaciju rubnih dijelova grada (primarno stanovanje) s naglaskom na prostornom širenju duž povijesnih komunikacija (Sesvete i Dugo Selo prema istoku, Velika Gorica i Sisak prema jugoistoku, Stupnik i Karlovac prema jugozapadu te Samobor prema zapadu) između kojih bi se provlačile neizgrađene površine s intenzivnim visokim zelenilom. Iako se predviđa jači razvoj trgovine i tercijarnih djelatnosti u odnosu na industriju, planom je predviđeno formiranje 5 većih industrijsko-skladišnih zona: Jankomir, Stupnik, Jakuševac te Žitnjak. Obzirom na planiranu urbanizaciju, predviđena je značajna redukcija poljoprivrednih površina, a istovremeno značajno povećanje šumskih i ozelenjenih površina. Uz gradnju hotela na lokacijama u užem centru grada, rezervirane su lokacije za ugostiteljske kapacitete pri čemu je posebna pozornost posvećena aktivaciji sjevernih predjela, sljemenske i podsljemenske zone, predviđa se formiranje izletničko-rekreacijskih površina, dok su moteli i kampovi dislocirani u rekreacijsko područje uz Savu. U cilju postizanja višeg standarda stanovanja za potrebe previđenih milijun stanovnika do 2000. godine posebna je pozornost posvećena stambenoj izgradnji, pri čemu se predviđa smanjenje broja stanovnika u postojećim stambenim predjelima, a povećanje u novim stambenim zonama (viši standard stanovanja te veći stupanj motorizacije). Planirani novi stambeni predjeli koncentrirani su na osnovnim smjerovima širenja grada, dok je za postojeća manja naselja (podsljemensko i prekosavsko) određen režim održavnja bez daljnjeg širenja. Plan predviđa širenje postojećeg gradskog središta na prostor Trnja koji bi s postojećim centrom činio organsku cjelinu. Zelene i rekreacijske površine planirane su u funkciji stvaranja ekološke ravnoteže i prostorne raščlambe gradskih predjela, pri čemu razlikujemo javne zelene površine, zelene površine ograničenog korištenja, nasadi posebne namjene i šumsko-rekreacijski kompleks Medvednice. U tom kontekstu formiranje neizgrađenih prostora posebnu ulogu ima zelena dilatacija (prostor priobalja rijeke Save) zammišljena kao velika rekreacijska zona. Odgovor na problem porasta intenziteta automobilskog prometa krije se u nadopunjavanju postojeće gradske mreže suvremenim prometnicama veće propustljivosti, također se naglašava potreba unaprjeđenja kvalitete javnog gradskog prijevoza, dok se buduće parkirališno-garažne potrebe predviđaju na rubu stare gradske jezgre (dijelovi Trnja i Južnog Zagreba) te uz sve veće gradske zone. Planom su određena i osnovna načela oblikovanja grada, naglašavajući vrijednost vizura na grad i Medvednicu (posebice s juga). Prostorni plan Grada Zagreba 1986. godine je u cilju sprječavanja stvaranja hipertrofirane aglomeracije s nedovršenim dijelovima urbane strukture naglašena

potreba policentričnog razvoja grada. Neke od glavnih smjernica prostornog razvoja su: usklađivanje razvoja grada s razvojem šireg prostora i drugih urbanih središta, zaustavljanje neprimjerenog prostornog širenja izgradnjom stambenih naselja bez komunalne infrastrukture i ostalih sadržaja, rekonstrukcija postojećeg zapuštenog urbanog tkiva uz realniji opseg rekonstrukcija u odnosu na zahvate predviđene GUP-om iz 1971. godine, očuvanje kvalitetnih poljoprivrednih površina, orijentacija na javni promet i željeznicu uz kompleksnije mjere rješavanja prometnih problema, primarno boljom prostornom organizacijom grada.

Prostorni plan Grada Zagreba 2001. godine kao ciljeve prostornog uređenja ističe: planiranje razvitka prigradskog prometnog sustava, koncentraciju novih lokacija i ograničavanje dinamike širenja naselja, zaštitu identiteta marko i mikro lokacije i lokalne graditeljske tradicije, zaštitu povijesno-arhitektonskih vrijednosti, vrednovanje i odgovarajuće korištenje postojećeg graditeljskog fonda, zaštitu krajobraznih i prirodnih vrijednosti, zaštitu krajolika te vrednovanje morfoloških i strukturnih elemenata naselja, usporavanje rasta gradskog stanovništva s ciljem policentričnog razvitka, poticanje naseljavanja stanovništva matičnog grada u naselja gradske okolice, revitaliziranje demografski najugroženijih i strateški značajnih područja, obnovu i uređivanje povijesnih središta, racionalno planiranje građevinskih područja te praćenje dinamike gospodarskog rasta gradnjom stambenih građevina, građevina društvenog standarda komunalne infrastrukture. Za razliku od prostornog plana iz 1986. godine koji je kao alat provedbe policentričnog razvoja odredio zone kompleksne gradnje u vangradskim naseljima, prostornim planom iz 2001. godine uvode se gradski projekti kao novi model planiranja na gradskom prostoru.

Apstrahiranjem gradskih genealoških te strukturnih cjelina dobivamo jasnu kompoziciju grada. U kompoziciji se paralelno s tekstualnim dijelom prati geneza grada te prostornoplanske odrednice (Slika 1).

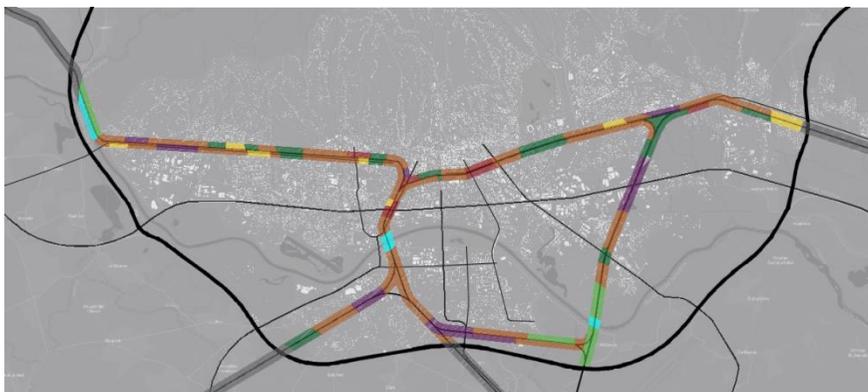


**Slika 1.** Kolaž 1 – slika o gradu Autor: Lovro Hubzin

### **3.1.3. Tematsko istraživanje – željeznička infrastruktura i namjena prostora**

Prva pruga za javni promet otvorena je 1803. godine u južnome Londonu, a prva javna željeznica u uporabu je puštena 1825. godine (Darlington-Stockton). U povijesno-političkom okviru, zbog centralistički nastrojene Austrije i Ugarske, prve pruge na hrvatskim prostorima grade se znatno kasnije. Austrija dobija željezničku prugu već 1832. godine (Česke Budejovice-Linz), a Ugarska 1846. (Pešta-Vac). Gledajući razvoj željeznice u Hrvatskoj, prve inicijative i prijedlog dolazi od riječkog poduzetnika A. L.J. Adamovića 1825.

godine u svrhu snažijeg i bržeg razvoja riječke luke. No, na prvu prugu Zagreb će čekati sve do 1862. godine kada je u promet puštena trasa Zidani Most-Zagreb-Sisak što u Zagrebu rezultira pojavom prvih željezničkih kolodvora. Prva željeznička pruga na području današnje Hrvatske bila je Pragersko-Čakovec-Kotriba-Nagykanizsa, izgrađena 1860. godine. Kasnije, na našem području postaju popularnije uskotračne pruge kojima se povezuju gradovi (Mostar-Metković 1885., Zagreb-Sombor 1901., Poreč-Trst / Parenzana 1902.). Željeznička povezanost s Dalmacijom i Likom nastaje tek 1914. godine kad je u promet puštena prva dionica Ličke pruge sa ciljem povezivanja Splita i Knina. Kako smo ranije spomenuli, položaj i razvoj željezničkog prometa u Hrvatskoj, direktno je bio povezan sa smjernicama i direktivama centralističke Austrije i Ugarske. Evidentan primjer je mreža željezničke pruge u gradu, položena tako da najprikladnije obavlja svoju svrhu u kontekstu razmjene dobara i prijevoza ljudi za Austriju i Ugarsku, no efektom rijeke uvelike koči razvoj grada preko nje. U prvom dijelu vidjeli smo kako se Zagreb u 19. st. širio u smjeru istok-zapad, a tek kasnije smogao snage za prelazak razvoja i gradnje preko pruge. U tom kontekstu pruga razapinje grad pa tako uočavamo puno različitih namjena uz prugu. Dominantna je mješovita namjena dok je gospodarska namjena kao i „zelena“ površina najčešća namjena kroz koju trasa prolazi na način da prolazi „kroz“. Stanovanje se najčešće samo tangira na jednoj strani s iznimkom na sjeveroistočnom prostoru grada. Iz tematske analize proizašla je interpretacija kolažom iz koje se može iščitati koji dijelovi grada imaju potencijal za ostvarivanje koherentnosti prilikom ulaska u grad željeznicom (Slika 2).



**Slika 2.**

Kolaž 2 – namjena prostora uz željeznicu – kroz i pored Autor: Lovro Hubzin

### **3.2 Jugozapadni ulaz u grad - vizualni krajolik**

Sljedeći korak u poimanju zadanog prostora je analiza kroz terenski obilazak gdje se prostor doživljava iz subjektivne perspektive pri čemu se čitaju složenost, koherentnost i mjerilo prostora.

Prikupljanje podataka s terena uključuje mapiranje prostora, obilazak i raslojavanje kontaktnih zona, identifikaciju područja, bilježenje prevladavajućih struktura i tipologija pojedinih zona, kvantifikaciju i evaluaciju izgrađenih struktura i skupina struktura, sagledavanje vidljivih dijelova povijesne slojevitosti pojedinih prostora te uvjetovanje prisutnosti pojedinih tvorevina.

U svome djelu „Prispevek k teoriji mestenga in krajinskega motiva“ autor Pogačnik (1987) bavi se temama kao što su motiv, doživljaja motiva te skladno oblikovanje motiva. Motiv autor stavlja u sferu subjektivnog doživljaja, samim time znanstvene činjenice nisu alat kojim bi ga definirali i opisali. Kritizira tzv. „filmske motive“ te kaže kako mediji oduzimaju nevinost doživljaja prostora. Krajolik valorizira kao kvalitetan okvir nekog motiva koji može biti i motiv za sebe, a na interesnom akteru je da urbane motive i teme spretno uklopi u krajolik. Umjesto objektivne, statističke obrade podataka, Pogačnik (1987). zagovara grafički izraz kao djelomičnu interpretaciju informacija te postavlja jasne, jednostavne grafičke simbole kojima opisuju promatrani motiv. npr. akcent=trokut, arhitektonske markacije=kvadrat, planina/brdo=luk. Korištenje jasnih grafičkih simbola služi kao alat za valorizaciju motiva te kasnije pravilno i skladno oblikovanje motiva (urbani prostor, pejzaž...).

### 3.2.1. Broj i raznovrsnost uzoraka kolaža

Iz prikupljenih podataka zaključujemo da su glavne odrednice u prostoru: **Oteretni kanal rijeke Save.** Umjetni vodotok za zaštitu gradova i područja od poplava. Uzrok poplave najčešće je bujični karakter vodotoka s velikim razlikama između redovnih i velikih voda s jedne strane ili čovjekom uzrokovana uska grla s ograničenjem za protjecanje velikih voda s druge strane. Rasterećenjem riječnog toka nastaje specifičan oblik kanala.

**Gradsko naselje Blato.** Gradsko naselje koje broji nešto više od 2000 stanovnika. Pozicionirano periferno na jugozapadnom dijelu grada. Karakterizirano je slabim odlikama urbanog područja, uglavnom individualne tipologije gradnje sa tradicionalnim izričajem i velikim udjelom poljodjelskih površina.

**Rijeka Sava.** Danas u svojem reguliranom toku, oblik koji je počela dobivati početkom prošlog stoljeća, a onaj koji nam je i danas poznat dobiva 1964. godine. Upravo to je bio jedan od preduvjeta za ozbiljniji razvoj gradskog područja južnije od željezničke pruge pa sve do same rijeke.

**Umjetno jezero Jarun.** Prilikom izgradnje savskog nasipa 1964. godine na području današnjeg jezera se iz rijeke Save vadio šljunak potreban za nasip. Nasip je svojom izgradnjom fizički odvojio taj dio, stvarajući današnje jezero. 70-ih godina prošlog stoljeća dolazi do ideje za izgradnju sportsko-rekreacijskog centra, a Zagreb biva izabran za domaćina univerzijade 1987. Tada se jezero uređuje i poprima današnji oblik te postaje jedan od glavnih sportsko-rekreacijskih središta u gradu.

**Gradska naselja u neposrednoj blizini jezera Jarun.** Naselja kao što su Jarun i Vrbani u kojima je prevladavajuća tipologija višestambena izgradnja sa implementacijom individualne gradnje, kao oblik višeg standarda stanovanja. Neposredna blizina sportsko-rekreacijske zone povećava kvalitetu življenja u izgrađenoj strukturi. Na primjeru naselja Vrbani III možemo proučavati teme kolektivnog stanovanja sa integracijom javnih gradskih sadržaja unutar naselja.

Unutar užeg promatranog područja – Voids - nalazimo dvije specifične strukture. **Sveučilišna bolnica Blato.** Usljed velikog povećanja broja stanovništva u Zagrebu, javila se potreba za izgradnjom novog kliničkog bolničkog centra, obzirom da adaptacije i preinake postojećih struktura nisu bile dovoljne. Danas prostrano brownfield područje, a

nekad ambiciozan projekt koji spletom povijesnih okolnosti ostaje nedovršen. **Golf tereni Zagreb.** Područje ograničenog pristupa sa upitnim vrednovanjem javnog dobra.

Tehnikom digitalnog kolažiranja u grafičkom prikazu suprostavljene su glavne odrednice u prostoru. Poimanje prostora kreće od jednostavnog raslojavanja na tvorbene elemente (Slika 3).

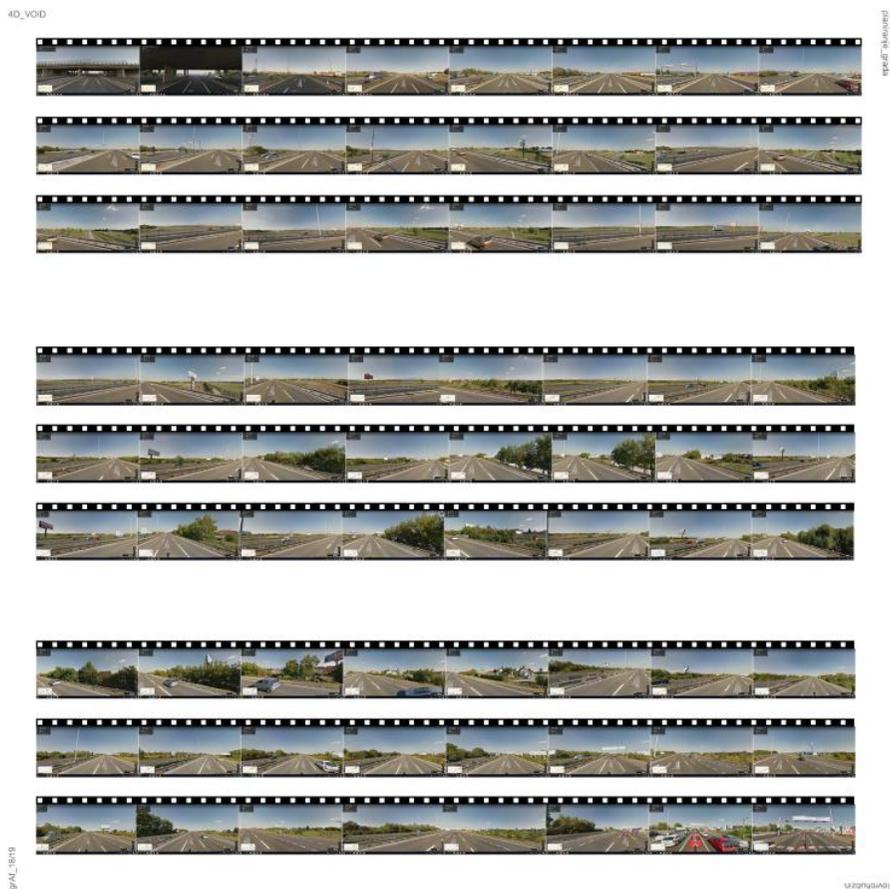


**Slika 3.** Kolaž 3 Složenost, koherentnost i mjerilo JZ ulaza u Zagreb Autor: Lovro Hubzin

### 3.2.2. Opis vizualnog prostora uz obuhvatne prometnice

Analiza grafičkog materijala daje nam podatke o dvije, karakterom najsnažnije, prometnice koje tangiraju uži promatrani prostor. Doživljaj prostora sa odabranih prometnica je specifičan time što on tvori sliku ulaza u grad. Sliku, koja je uvertira jasnoj gradskoj strukturi. No, iz analize zaključujemo kako je onaj tko ulazi u grad zakinut za kvalitetnu uvertiru, već se nalazi u uskom hodniku koji samo želi proći. **Gradska obilaznica E70.** Prikazane su sličice od dolaska na gradsku obilaznicu (zapadni ulaz u grad) do čvorišta Lučko. Zaključujemo kako je put cijelo vrijeme poprilično

jednoličan te isprazan i kao takav ne pridonosi kvaliteti vizure pri ulasku u grad. Put je neartikuliran te mu nedostaju vizualna obilježja (Slika 4). **Jadranska avenija.** U ulozi glavnog puta jugozapadnog ulaska u grad Jadranska avenija također karakterno slab i neartikuliran put, ali prometno vrlo jasan. Od početka se pruža pogled na gradski motiv Medvednicu, no onaj tko prolazi putem pod utjecajem je, vizualno neugodnim, mega plakatima komercijalnog karaktera. (Slika 5).



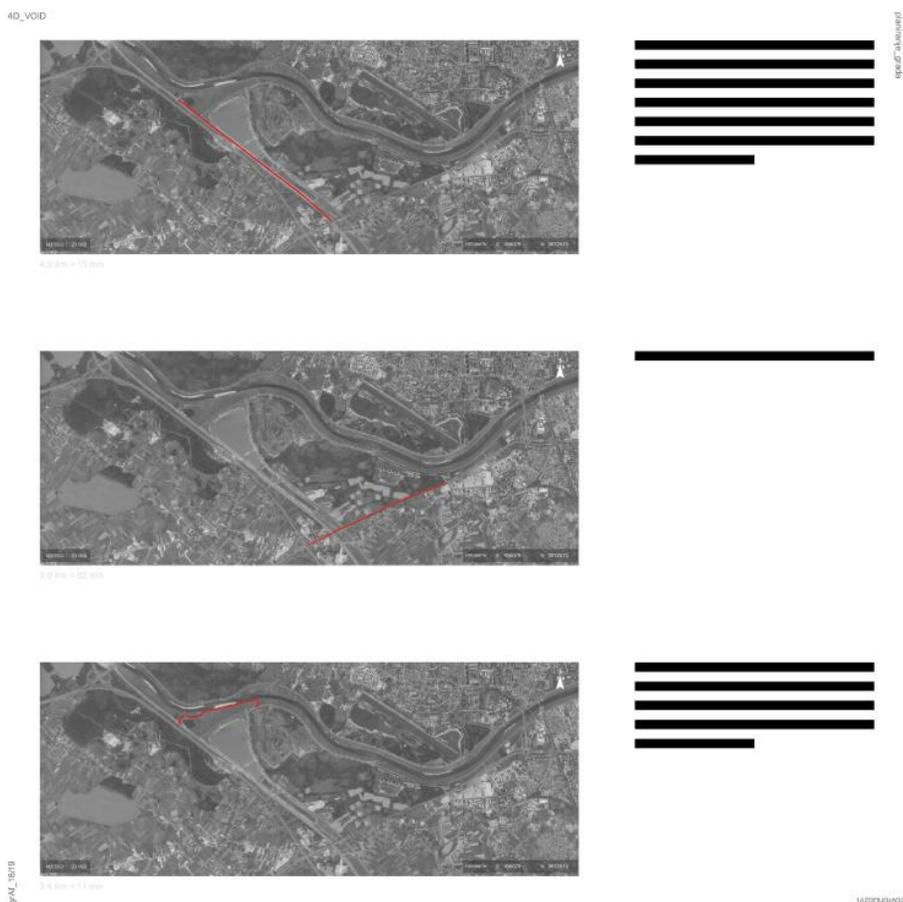
**Slika 5.** Google street view fotografije Jadranske avenije Autor: Lovro Hubzin

### 3.3 Void - vrijeme-mjesto-mjerilo

#### 3.3.1. Vremenska odrednica prostora voida

U okviru analize 4D uvodi se nova dimenzija. Vrijeme. Iako to uglavnom tako ne percipiramo, ono je integralni dio sagledavanja te shvaćanja prostora. Uvelike određuje na koji način doživljavamo motive u prostoru. U analizi su prikazani glavni putevi unutar uže

promatranog područja te je vrijeme potrebno za doživljavanje određenog puta prikazano jednostavnim grafičkim modulom (2 minute=1 redak). Također, duljina puta i potrebno vrijeme iskazani su i brojučano za svaki od odabranih puteva. Tako možemo paralelno iščitati lokaciju i karakter određenog puta u odnosu na gradski prostor, duljinu puta te vrijeme potrebno za doživljavanje/savladavanje puta. Takvom metodologijom dobijamo više informacija te možemo odrediti karakter prostora i puta, potenciraju li oni zadržavanje i jesu li javnog karaktera ili su kao kakav uski i neugodan hodnik koji samo želimo što brže proći (Slika 6).



**Slika 6.** Prikaz vremenskog trajanja terenskog obilaska puta oko voida Autor: Lovro Hubzin

### 3.3.2.

### Mjerilo

### voida

Grafička analiza mjerila pruža nam uvid u veličinu prostora iz perspektive ljudskog oka te kako se prostor doživljava s područja prometno značajnog gradskog portala. Kao alat u analizi odabrana su prepoznatljiva urbanističko-arhitektonska djela radi lakšeg prepoznavanja i valorizacije djela u novom kontekstu. Djela su različitih mjerila te je cilj aplikacije percepcija prostora kroz simulaciju poznatog mjerila (Manhattan, Voisin, La Defanse) u nepoznato mjerilo praznine voida.

**New York, Manhattan.** Predstavlja područje s vrlo visokim stupnjem konsolidacije, također valja uzeti u obzir i mjerilo zasebnih građevina koje su u konfliktu konteksta doživljaja Medvednice kao jednog od gradskih obilježja.

**Plan Voisin, Paris.** Le Corbusieru je služio kao alat za predstavljanje „prave arhitekture“, pomoću njega ispituje formalističke koncepcije vremena, ali i odnos (ne)izgrađenog prostora.

**La Defense, Paris.** Poslovna zona na sjeverozapadnom dijelu grada, visokim stupnjem izgrađenosti te jakim volumenima predstavlja područje racionalne i ekonomski isplative iskorištenosti.



**Slika 7.** Kolaž 4 a b c – aplikacija poznatog mjerila u nepoznato Autor: Lovro Hubzin

#### 4. Grid 3x3

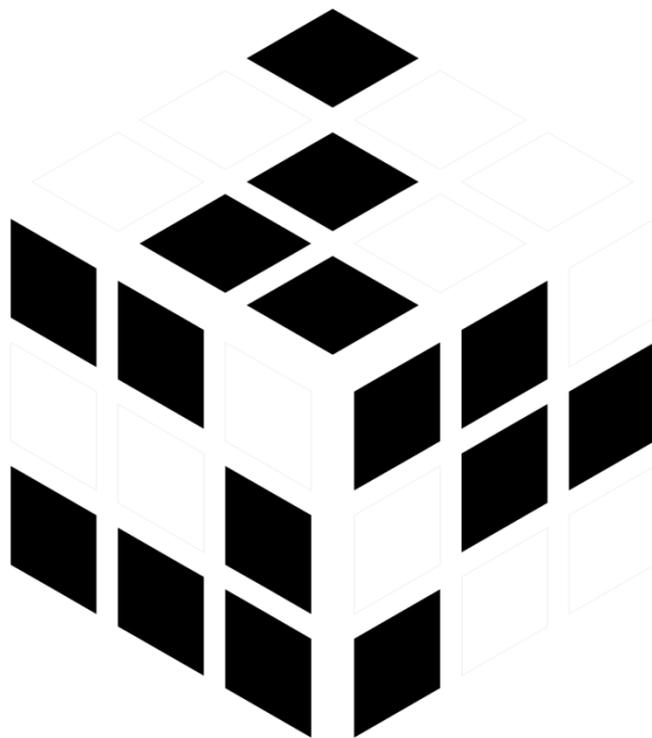
Promatrani void jugozapadnog ulaza u Zagreb prostor je na koji se primjenjuje intervencija skaliranja mjerila u uzorak grida. Instrument oblikovanja kreće od anonimnog, bezsadržajnog rastera 3x3 koji proizlazi iz prostorne analize te se donose odluke o usitnjavanju, preklapanju i prilagodbi. Rezultat ovog istraživanja je prostorni prijedlog

mjerila i usitnjenosti strukture koja osigurava dovoljnu kompleksnost i obveznu koherentnost za uspješni urbani krajolik.

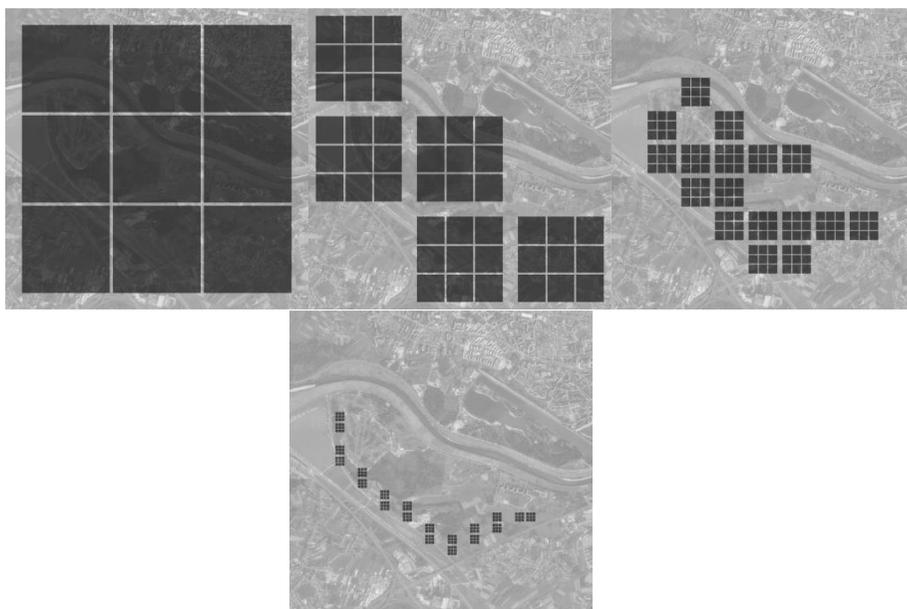
Problem ili koncept rastera s devet jednakih polja postavlja John Hejduk (1929-2000) sa suradnicima u drugoj polovini prošlog stoljeća. Hejduk koristi alat 3x3 kao jedan od zadataka studentima, a kasnije ga primjenjuje i u svojim djelima (Slika 8). Do danas mnogobrojno puta interpretiran u arhitekturi, ostalim granama umjetnosti ali i šire, koncept rastera predstavlja vrlo jasna, općenita pravila unutar kojeg pojedinac djeluje. Koncept ne definira stroge granice i ograde u prostoru, već postavlja fleksibilan modul unutar kojega je moguć niz varijanti i alternativa u više slojeva razvoja. Takvim se okvirom u prostor uvodi red i a priori anulira prostor za pogrešku i nesklad.



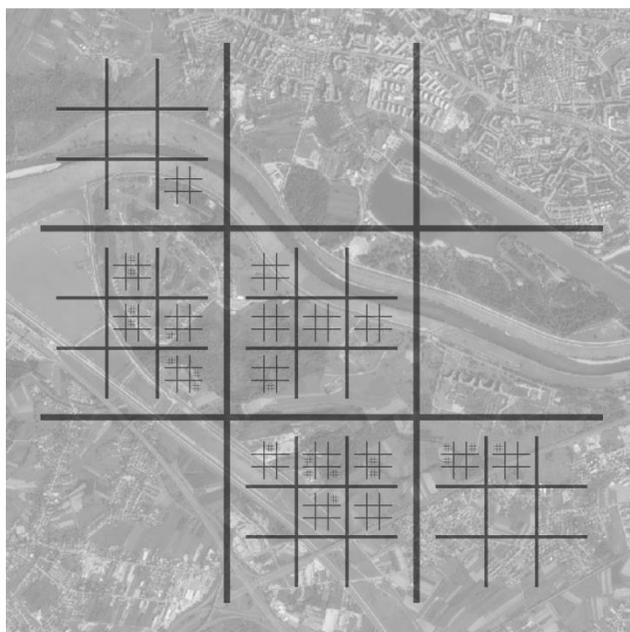
**Slika 8.** John Hejduk *The Silent Witnesses*, pl. 2, 1976.  
Izvor: Parametro, 49-50 (1976), str. 7. u Søberg (2012:117)



**Slika 9.** Interpretacija Grida 3x3 u 3D Autor: Lovro Hubzin



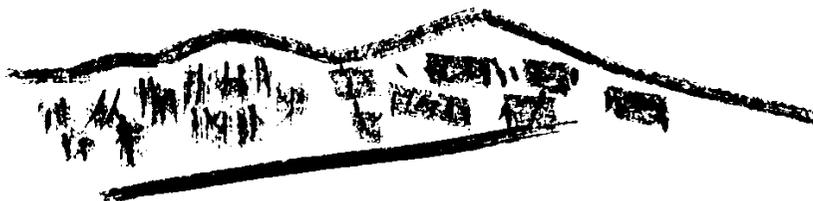
**Slika 10.** Primjena Grida 3x3 u 2D Autor: Lovro Hubzin



**Slika 11.** Primjena Grida 3x3 u 4D Autor: Lovro Hubzin

Na promatrani void (preispitanog, ali nedefiniranog) mjerila primjenjen je anonimni 3x3X3x3X3x3 grid kao okosnica bez striktnih pravila i grubih granica u prostoru. Postavljena su pravila igre koja nisu ograničavajuća za kreativan izričaj već ograničuju nesklad i pogrešku te kreativni subjekt i dalje ima mjesta za vlastiti izričaj. U takvom gridu moguće je kontrolirati niz prostorno-vremenskih odrednica :

- odnos javnog i privatnog
- interpretacija i kontinuitet 1. povijesne cijeline grada (ikonofilija ili ikonoklastija; Rowe i Koetter, 1978) i 2. ideje prošlih prostornih planova primjenjive i danas (npr. vizura na Medvednicu, čista prometna infrastruktura, naglasak na javnom prijevozu i slično),
- upravljanje komplementarnošću namjene prostora,
- nizanje planova u vizuri dolaska prema gradu (manje mjerilo-veće mjerilo-void - Medvednica) (Slika 12),
- složenost slike i koherentnost koje daju karakter uvertire u gradski krajolik.



**Slika 12.** Primjena Grida 3x3 u 4D Autor: Lovro Hubzin

## 5. Zaključak

Slojevitost grada svladavamo kroz perceptivne slojeve – istraživanjem inputa, skretanjem u motive koje grad nudi, odabirom interesnih sadržaja, prepuštanjem osjetilnim spoznajama. U ovom radu predstavili smo metodološki omnibus istraživanja grada Zagreba, njegovog jugozapadnog ulaza, njegovog praznog prostora kao *dijamantne* površine ako evociramo radove Johna Hejduka. Rezultati na svakoj razini upućuju na mogućnost stvaranja kognitivnog kolaža koji se producira na grafičkoj razini digitalnim kolažem. U radu se na razini grada primjenila metoda čitanja 2D informacija o gradu (čitanje karata) te interpretacija istih uz obradu prema konceptima autora The Collage City Rowe i Koetter iz 1978. Rezultat percipiranja odnosa punog i praznog (poché), strukture i događaja (infrastrukturni koridori, namjena, vizualni markeri i ostalo) te istraživanje njihovog povijesnog slijeda u ritmu plan-provedba rezultirali su Kolažem 1 – Slika o gradu. Pet raznorodnih elemenata koji nose strukturu i događaj izfiltrirana je slika o gradu koja ostaje na samoj površini. Istraživanje na drugoj razini bavilo se domenom vizualnog – urbanog krajolika. Istraživačka tema vizualne percepcije i preferencije urbanog krajolika, koja svoj uzlet doživljava krajem 20. stoljeća, provela se prema metodologiji autora Pogačnika (1987) i Ode et al. (2010) analizom broja i sadržaja motiva u ograničenom, odabranom prostoru. Rezultat - digitalni Kolaž 2 predstavio je složenost, koherentnost i mjerilo promatranog prostora. Istraživanje treće razine prostora – prazni void analiziran je simulacijom aplikacije poznatih struktura i mjerila (3.3.2. Mjerilo voida) te aplikacijom grida 3x3, pozivajući se na rad Johna Hejduka. Provedeno je i istraživanje praznog voida vremenskim mjerenjem prostora. rezultati ove analize poslužili su kao ulazna informacija za interpretaciju grida do potrebnog mjerila. Završni *loop* tj. povratak u početnu cjelinu grada odvija se kolažiranjem rezultata sa svih razina te producira kroz završnu skicu.

#### **Zahvala:**

Autori se zahvaljuju izv.prof.dr.sc. Sanji Gašparović na svim materijalima koje je stavila na raspolaganje i vođenom obilasku promatranog prostora.

#### **6. Literatura**

1. Antrop, M., Eetvelde, V.V. (2000). Holistic aspects of suburban landscapes: Visual image interpretation and landscape metrics, *Landscape and Urban Planning* 50(1), str.43-58, doi: 10.1016/S0169-2046(00)00079-7
2. Kaplan, R., Kaplan, S. *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*. New York: Cambridge, 1989. University Press. str. 340
3. Ode, Å., Hagerhall C. M., Sang N.(2010) Analysing Visual Landscape Complexity: Theory and Application, *Landscape Research*, 35:1, str. 111-131, doi: 10.1080/01426390903414935
4. Parkes, D. N., Thrift, N. (1975). Timing Space and Spacing Time. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 7(6), str. 651–670. doi.org/10.1068/a070651
5. Pogačnik, A., *Prispevek k teoriji mestenga in krajinskega motiva*, Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Katedra za prostorsko planiranje, VTOZD Gradbeništvo in geodezija, 1987. str.132

6. Rowe C., Koetter, F., Collage City, Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1978, str. 186.

7. Søberg, M. (2012) John Hejduk's Pursuit of an Architectural Ethos. FOOTPRINT, str. 113-128, ISSN 1875-1490. pristup<<https://journals.open.tudelft.nl/index.php/footprint/article/view/753>>. doi.org/10.7480/footprint.6.1-2.753.

8. prostorno planska dokumentacija zagreba i zagrebačkog područja 20. stoljeća i početka 21. stoljeća čimbenici koji su utjecali na provedbu planova od 1986. godine, K. Šmit, S. Gašparović, L. Petrović Krajnik, I. Mlinar, D. Krajnik, autorski tim – zavod za urbanizam, prostorno planiranje i pejzažnu arhitekturu, Sveučilište u Zagrebu, Arhitektonski fakultet  
9. Hrvatska enciklopedija, leksikografski zavod Miroslav Krleža  
10. Hrvatska tehnička enciklopedija, leksikografski zavod Miroslav Krleža

OGANIZES OF CONFERENCE



Студентска унија  
Факултета техничких наука



DEPARTMAN ZA GRAĐEVINARSTVO  
I GEODEZIJU

**arh.ns**

DEPARTMAN ZA ARHITEKTURU I URBANIZAM



ODSEK ZA AUTOMATIKU GEOMATIKU  
I UPRAVLJANJE SISTEMIMA



9 788660 222222 >