

# Organizacija i tehnologija održavanja OTO 2019. : zbornik radova 28. Međunarodnog znanstvenog skupa Organizacija i tehnologija održavanja

---

Zimmer, Domagoj; Šumanovac, Luka; Jurišić, Mladen; Jurić, Tomislav;  
Barač, Željko; Vidaković, Ivan; Kraljević, Drago; Novaković, Borivoj;  
Desnica, Eleonora; Radovanović, Ljiljana; ...

**Edited book / Urednička knjiga**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Publication year / Godina izdavanja:* **2019**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:133:936797>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-02**



GRAĐEVINSKI I ARHITEKTONSKI FAKULTET OSJEK  
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

*Repository / Repozitorij:*

[Repository GrAFOS - Repository of Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek](#)



ISSN 2706-4131

**OTO 2019**

**28. Međunarodni znanstveni skup  
'ORGANIZACIJA I TEHNOLOGIJA  
ODRŽAVANJA'**

**28<sup>th</sup> International Scientific Conference  
'ORGANIZATION AND MAINTENANCE  
TECHNOLOGY'**

**ZBORNIK  
RADOVA**

**CONFERENCE  
PROCEEDINGS**

Vinkovci, 12. 12. 2019.

Vinkovci, 12 December 2019

Panon – Institut za strateške studije - Osijek  
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija - Osijek  
Građevinski i arhitektonski fakultet - Osijek  
Centar kompetencija d.o.o. za istraživanje i razvoj - Vinkovci

Panon – Think tank for strategic studies - Osijek  
Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology - Osijek  
Faculty of Civil Engineering and Architecture - Osijek  
Competence Centre Ltd. for research and development - Vinkovci

## **28. Međunarodni znanstveni skup 'ORGANIZACIJA I TEHNOLOGIJA ODRŽAVANJA' OTO 2019.**

Zbornik radova

## **28<sup>th</sup> International Scientific Conference 'ORGANIZATION AND MAINTENANCE TECHNOLOGY' OTO 2019**

Conference Proceedings

Osijek - Vinkovci, 2019.

*Izdavač / Publisher*

Panon – Institut za strateške studije, Osijek / *Panon Think tank for strategic studies, Osijek*  
<https://www.panon.eu>

*Mjesto i datum održavanja konferencije / Venue and date of the conference*

Vinkovci (Croatia), 12.12. 2019.

*Organizacijski odbor / Organizing Board*

Dr. sc. Ivan Ambroš – predsjednik / *Chairman*

Dr. sc. Milan Ivanović

Izv. prof. dr. sc Tomislav Keser

Mr. sc. Držislav Vidaković

*Portal konferencije / Conference Web*

<https://oto2019.panon.eu/>

*Službeni jezici / Official Languages*

Službeni jezici konferencije su hrvatski i engleski.

*The official languages of the conference are Croatian and English.*

*Uredništvo / Editorial Board*

Izv. prof. dr .sc. Marijana Hadzima-Nyarko - glavna urednica

Izv. prof. dr. sc. Damir Blažević

Doc.dr. sc. Krešimir Fekete

Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Glavaš

Izv. prof. dr. sc. Mirko Karakašić - izvršni urednik

*Grafička oprema / Design and layout*

Alberta naklada - Osijek

*Tisak / Printed by*

INFOS - Osijek

Naklada / *Issue*: 100

ISSN 2706-4131

*Kontakt / Contact*

*e-mail*: [panon.institut@gmail.com](mailto:panon.institut@gmail.com)

Zbornik radova sadrži radove koji su prošli neovisne recenzije. Organizator konferencije nije ulazio u načine izražavanja te oni predstavljaju stavove i stil autora.

*Each paper in the conference proceedings was reviewed by independent reviewers. The content of the conference proceedings does not reflect the official opinion of the conference organizers. Responsibility for the information and views expressed in the papers lies entirely with the respective author(s).*

## Međunarodni programski odbor / *International Programme Committee*

(Prema abecednom redu prezimena / *List in alphabetical order*)

Prof. dr. sc. Đuro Banaj (Croatia)  
Izv. prof. dr. sc. Tomislav Barić (Croatia)  
Izv. prof. dr. sc. Marinko Barukčić (Croatia)  
Izv. prof. dr. sc. Damir Blažević  
Izv. prof. dr. sc. Mirjana Bošnjak-Klečina (Croatia)  
Prof. emer. dr. sc. Safet Brdarević (BiH)  
Prof. dr. sc. Eleonora Desnica (Serbia)  
Prof. dr. sc. György Elmer (Hungary)  
Doc. dr. sc. Krešimir Fekete (Croatia)  
Izv. prof. dr. sc. Irena Galić (Croatia)  
Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Glavaš (Croatia)  
Izv. prof. dr. sc. Krešimir Grgić (Croatia)  
Ak. prof. dr. sc. Zijad Haznadar (Croatia)  
Dr. sc. Milan Ivanović (Croatia)  
Prof. dr. sc. Lajos Jozsa (Hungary)  
Izv. prof. dr. sc. Aleksandar Juric (Croatia)  
Prof. dr. sc. Isak Karabegović (BiH)  
Izv. prof. dr. sc. Mirko Karakašić (Croatia)  
Doc. dr. sc. Mirko Köhler (Croatia)  
Doc. dr. sc. Goran Knežević (Croatia)  
Doc. dr. sc. Krešimir Lacković (Croatia)  
Izv. prof. dr. sc. Silva Lozančić (Croatia)  
Doc. dr. sc. Ivica Lukić (Croatia)  
Izv. prof. dr. sc. Predrag Marić (Croatia)  
Doc. dr. sc. Emmanuel Karlo Nyarko (Croatia)  
Doc. dr. sc. Svilen Radoslavov Račev (Bulgaria)  
Izv. prof. dr. sc. Ljiljana Radovanović (Serbia)  
Prof. dr. sc. Mirsad Raščić (BiH)  
Prof. dr. sc. Tihomil Rausnitz (Germany)  
Izv. prof. dr. sc. Sebastijan Seme (Slovenia)  
Prof. dr. sc. Damir Šljivac (Croatia)  
Prof. dr. sc. Andrej Štrukelj (Slovenia)  
Doc. dr. sc. Nataša Šuman (Slovenija)  
Ak. prof. dr. sc. Božo Udovičić (Croatia)  
Izv. prof. dr. sc. Damir Varevac (Croatia)  
Mr. sc. Držislav Vidaković (Croatia)  
Prof. dr. sc. Drago Žagar (Croatia)

-----  
Odabrani radovi prezentirani na OTO konferenciji bit će pozvani za objavu u proširenom obliku na engleskom jeziku u časopisima: *Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek e-GFOS* (<http://e-gfos.gfos.hr>), *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems* ([www.etfos.unios.hr/ijeces/](http://www.etfos.unios.hr/ijeces/)) i *Journal of Energy* (<http://journalofenergy.com/>).

## **Predgovor predsjednika Organizacijskog odbora**

Ideja i realizacija prvih skupova OTO započela je prije 28 godina na tadašnjem Elektrotehničkom fakulteta u Osijeku uz sudjelovanje inženjera iz Društva održavatelja Osijek (DOO). Od tada do danas skup OTO je izrastao u regionalni interdisciplinarni znanstveni skup – koji je od prvih godina organiziran u suradnji s gospodarstvom regije te Poljoprivrednim i Građevinskim fakultetom (iz Osijeka). Kako bi se održao kontinuitet - a nakon prestanka rada DOO - Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT) je preuzeo organizaciju ove znanstvene konferencije; tako su - uz pomoć kolega s drugih fakulteta Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku - uspješno održani skupovi OTO 2017. i OTO 2018. (u Osijeku). Na ove dvije konferencije je prezentirano 56 radova koji su prošli dvostruku recenziju Recenzentskog odbora sastavljenog od znanstvenika iz pet zemalja. Tako je organizacijski i programski načinjen značajan iskorak u odnosu na skupove iz prethodnih godina, a konferencija je dobila status međunarodnog znanstvenog skupa.

Zaključnim razmatranjima Programskog i Organizacijskog odbora OTO konferencije (na osnovu prezentiranih radova i mišljenja sudionika) ukazano je na potrebu nastavka tradicije organiziranja OTO konferencije u drugim gradovima slavonsko-baranjske regije uz snažniju zastupljenost autora iz gospodarstva. Kako se tehnologije i organizacija održavanja šire iz domene industrijske i poljoprivredne proizvodnje i na poslove održavanja komunalne infrastrukture odlučeno je da organizaciju OTO konferencija preuzme think tank „Panon“ - institut za strateške studije Osijek - uz potporu FERIT-a i Građevinskog i arhitektonskog fakulteta Osijek. Nadamo se nastavku uspješne suradnje u spajanju gospodarstva sa znanosti.

Dr. sc. Ivan Ambroš

## **President of the Organizing Board (Foreword)**

*The idea and realization of the first OTO meetings began 28 years ago at Faculty of Electrical Engineering in Osijek with the participation of engineers from the Maintenance Society Osijek (DOO). Since then, the OTO has grown into a regional interdisciplinary scientific conference - organized from the first years in cooperation with the economy of the Slavonija, Srijem and Baranja region, the Faculty of Agriculture and Faculty of Civil Engineering Osijek. In order to maintain continuity - and after the termination of the DOO - Faculty of Electrical Engineering, Computing and Information Technology Osijek (FERIT) has taken over the organization of this scientific conference; so they managed - with the help of colleagues from other faculties of University J.J. Strossmayer in Osijek – to successfully held OTO 2017 and OTO 2018 conference (in Osijek); at these conferences were presented 56 papers that have undergone a double review by a Review Committee composed of scientists from five countries. Thus, a significant step forward in terms of organization and programming compared to the meetings of previous years, and the conference was given the status of an international scientific conference.*

*The concluding discussions of the Program and Organizing Committee of the OTO Conference (based on the presented papers and the opinions of the participants) indicated the need to continue the tradition of organizing the OTO Conference in other cities of the Slavonija, Srijem and Baranja region with stronger representation of authors from the private sector. As the technology and maintenance organization are expanding from the industrial and agricultural production domain to the maintenance of municipal infrastructure, it has been decided to take over the organization of OTO conferences by the think tank Panon - Institute for Strategic Studies Osijek - with the support of FERIT, the Faculty of Civil Engineering Osijek and Competence Centre Ltd. for research and development - Vinkovci. We look forward to continuing the successful collaboration on connecting business with science.*

Dr. sc. Ivan Ambroš

## Sadržaj

1. Utjecaj starosti poljoprivredne mehanizacije na troškove održavanja Domagoj Zimmer, Luka Šumanovac, Mladen Jurišić, Tomislav Jurić, Željko Barač, Ivan Vidaković, Drago Kraljević	1
2. Konstrukcija alata za zavarivanje u cilju smanjenja deformacije stuba kabine voza Borivoj Novaković, Eleonora Desnica, Ljiljana Radovanović, Darko Žikić, Mića Đurđev	5
3. Dijagnostika u održavanju poljoprivrednih strojeva Tomislav Pandurović, Drago Kraljević, Domagoj Zimmer	9
4. Sprovođenje postupaka dijagnostike na sistemima vazduha pod pritiskom Ljiljana Radovanović, Borivoj Novaković, Mića Đurđev, Jasmina Pekez, Ivan Palinkaš	17
5. Proračun struje kratkog spoja u srednjenaponskim mrežama sa priključenim obnovljivim izvorima energije Branimir Čošković, Krešimir Fekete, Slaven Kaluđer, Zorislav Kraus	25
6. Izbor osobne zaštitne opreme za zaštitu od posljedica električnog luka Damjan Simonović, Goran Knežević	31
7. Optimalni dizajn FN sustava za potrebe kućanstva temeljen na analizi isplativosti Željko Jeršek, Damir Šljivac, Matej Žnidarec, Hrvoje Glavaš	37
8. Održavanje sustava rasvjete obrazovne ustanove uvažavanjem ekonomskih i energetske pokazatelja Ivica Čabraja, Dominika Crnjac Milić, Zvonimir Klaić, Hrvoje Glavaš	45
9. Zelene infrastrukture – upravljanje i održavanje Marija Šperac, Dino Obradović	53
10. Pomaci i oštećenja zgrada uzrokovani neodržavanjem Aleksandar Jurić, Vladimir Moser, Silva Lozančić	61
11. Procjena oštetljivosti, održavanje i pojačanje konstrukcija u potresno aktivnim područjima Marijana Hadzima-Nyarko	67
12. Održavanje vodoopskrbnog sustava Valpovo – Belišće Tatjana Mijušković - Svetinović, Vinko Blažević	79
13. Održavanje višestambenih objekata Silva Lozančić, Mirjana Bošnjak Klečina, Aleksandar Jurić	87
14. Karakteristike i područje primjene cjelovitog učinkovitog održavanja Držislav Vidaković, Nataša Šuman, Daniela Dvornik-Perhavec	93
15. Osnovni elementi tehničke dijagnostike kao preventive u aktivnostima održavanja Zlatko Lacković	101

16. Važnost pristupa servisnim informacijama u postupku održavanja "novih" vozila	107
Mirko Mesić, Marina Peko, Hrvoje Glavaš	
17. Organizacija i automatsko zakazivanje termina u više liječničkom/više uslužnom okruženju	111
Ivica Lukić , Erik Kiralj, Mirko Köhler	
18. Projektiranje i održavanje informacijskog i komunikacijskog sustava za upravljanje pametnim objektom	117
Robert Šojo, Marina Peko, Krešimir Lacković	
19. Društvene mreže i javni mediji kao izvor digitaliziranog baštinskog gradiva	123
Darko Mrkonjić	
20. Edukacije iz područja klasične fotografije	131
Hrvoje Glavaš, Dalibor Mesarić, Đorđe Nešić	
21. Ekonomičnost komunalnih djelatnosti održavanja komunalne infrastrukture jedinica lokalne samouprave	139
Antun Marinac, Marko Dumančić	
22. Visokoškolska izobrazba za razvoj održivog turizma	145
Darko Mrkonjić, Vesnica Mlinarević	
23. Marketinška uloga održavanja odnosa sa poduzetnicima kroz sustav digitalne komore	153
Marko Dumančić, Antun Marinac, Marko Piletić	
24. Izgradnja pogona za kiseljenje 'Čepinskog kupusa'	157
Lara Liović	
25. Komunalno zbrinjavanje otpada - stanje u gradovima slavonske regije	163
Milan Ivanović	



## Contents

1. The Influence of Agricultural Mechanization Age on Maintenance Costs Domagoj Zimmer, Luka Šumanovac, Mladen Jurišić, Tomislav Jurić, Željko Barač, Ivan Vidaković, Drago Kraljević	1
2. Designing of Welding Tools to Reduce The Cabin Pillar Deformation Borivoj Novaković, Eleonora Desnica, Ljiljana Radovanović, Darko Žikić, Mića Đurđev	5
3. Diagnostics in the Maintenance of Agricultural Machines Tomislav Pandurović, Drago Kraljević, Domagoj Zimmer	9
4. Implementation of Diagnostics Procedures on Pressure Air Systems Ljiljana Radovanović, Borivoj Novaković, Mića Đurđev, Jasmina Pekez, Ivan Palinkaš	17
5. Short-circuit Calculations in Medium Voltage Distribution Networks with Renewable Energy Sources Branimir Čošković, Krešimir Fekete, Slaven Kaluđer, Zorislav Kraus	25
6. Selection of Personal Protective Equipment for Arc Flash Hazard Damjan Simonović, Goran Knežević	31
7. Optimal Design of a Photovoltaic System for Household Needs Based on Cost-Benefit Analysis Željko Jeršek, Damir Šljivac, Matej Žnidarec, Hrvoje Glavaš	37
8. Maintenance of the lighting system of educational institution based on economic and energy indicators Ivica Čabraja, Dominika Crnjac Milić, Zvonimir Klaić, Hrvoje Glavaš	45
9. Green Infrastructure – Management and Maintenance Marija Šperac, Dino Obradović	53
10. Movements and Damages to Buildings Caused by Non-maintenance Aleksandar Jurić, Vladimir Moser, Silva Lozančić	61
11. Vulnerability Assessment, Maintenance and Strengthening of Structures in Seismically Active Areas Marijana Hadzima-Nyarko	67
12. Maintenance of Valpovo / Belišće water supply system Tatjana Mijušković - Svetinović, Vinko Blažević	79
13. Maintenance of Apartment Buildings Silva Lozančić, Mirjana Bošnjak Klečina, Aleksandar Jurić	87
14. Characteristics and Field of Application of Total Effective Maintenance Držislav Vidaković, Nataša Šuman, Daniela Dvornik-Perhavec	93
15. Basic Elements of Technical Diagnostics as Preventive Measures In Maintenance Activities Zlatko Lacković	101

16. The Importance of Access to Service Information in the Maintenance Process of "New" Vehicles	107
Mirko Mesić, Marina Peko, Hrvoje Glavaš	
17. Information and Communication System Design and Maintenance for Smart Object Management	111
Robert Šojo, Marina Peko, Krešimir Lacković	
18. Organization and Automatic Appointment Scheduling in Multi Doctor/Multi Services Environment	117
Ivica Lukić, Erik Kiralj, Mirko Köhler	
19. Social Networks and Public Media as the Sources of Digitized Heritage Materials	123
Darko Mrkonjić	
20. Education in the Area of Classical Photography	131
Hrvoje Glavaš, Dalibor Mesarić, Đorđe Nešić	
21. Economical Municipal Activities of Maintaining Municipal Infrastructure of Local Self-Government Units	139
Antun Marinac, Marko Dumančić	
22. Higher Education for development of Sustainable Tourism	145
Darko Mrkonjić, Vesnica Mlinarević	
23. Marketing Role of Maintaining Relationships With Entrepreneurs Through the Digital Chamber System	153
Marko Dumančić, Antun Marinac, Marko Piletić	
24. Construction of 'Čepin Cabbage' Pickling Plant	157
Lara Liović	
25. Municipal Waste Management - Situation in Cities of the Slavonia Region	163
Milan Ivanović	

# UTJECAJ STAROSTI POLJOPRIVREDNE MEHANIZACIJE NA TROŠKOVE ODRŽAVANJA

## *The Influence of Agricultural Mechanization Age on Maintenance Costs*

*Original scientific paper*

Domagoj Zimmer, Luka Šumanovac, Mladen Jurišić, Tomislav Jurić,  
Željko Barač, Ivan Vidaković, Drago Kraljević

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Hrvatska  
E-mail: dzimmer@fazos.hr

### **Sažetak**

Cilj istraživanja je prikazati analizu stanja opremljenosti obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava Republike Hrvatske rabljenim poljoprivrednim strojevima i opremom, s obzirom na njihov broj i veličinu zemljišta na kojem se rabe, te prikazati utjecaj starosti mehanizacije na troškove održavanja. Tijekom razdoblja od jedne godine obavljeno je istraživanje na području Osječko-baranjske županije na deset obiteljsko poljoprivrednih gospodarstava. Provedenom detaljnom anketom i analizom utvrđeno je kako gospodarstva često ostavljaju u svome posjedu stariju mehanizaciju koju više ne mogu koristiti na poljoprivrednim površinama te ista predstavlja određen godišnji trošak kod održavanja. Promatranjem gospodarstava uviđa se raznoliko korištenje rabljenih strojeva gdje se može uočiti nelogičnost prilikom eksploatacije. Kod rabljene mehanizacije uočavaju se veliki varijabilni troškovi koji dolaze uslijed čestih popravaka starijih strojeva.

**Ključne riječi:** mehanizacija, poljoprivredno gospodarstvo, tehnološka karta, traktor, troškovi

### **Abstract**

The aim of the research is to present an analysis of the condition of equipping the family farms of the Republic of Croatia with used agricultural machinery and equipment, in view of their number and the size of the land on which they are used, and to show the influence of the age of the mechanization on the maintenance costs. During a period of one year, a survey was conducted in the Osijek-Baranja County on ten family farms. The detailed survey and analysis shows that farms often leave older machinery in their possession, which they can no longer use on agricultural land, and this represents a certain annual maintenance cost. Observation of the farms reveals the diverse use of used machinery, where it is possible to see illogicality in exploitation. Used machinery has a large variable cost due to frequent repairs of older machines.

**Key words:** Costs, Family Farms, Mechanization, Technological map, Tractor

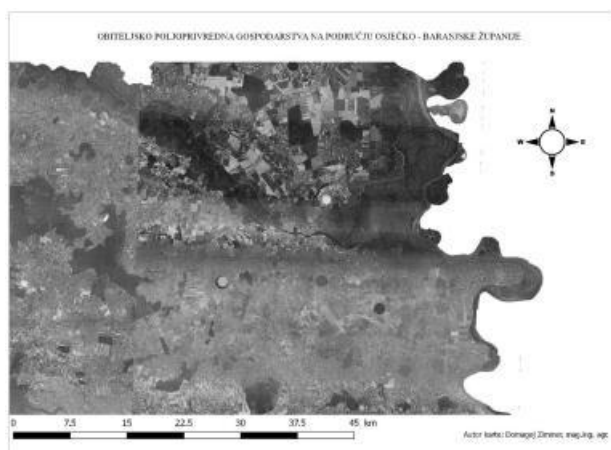
### **1. Uvod**

Bez poznavanja troškova, njihova planiranja, razvrstavanja, evidentiranja, kontrole i analize ne mogu se izračunavati relevantni pokazatelji uspješnosti poslovanja gospodarstva. Pokazatelji uspješnosti poslovanja su važni, jer omogućuju donošenje poslovnih odluka temeljenih na činjenicama, a time i upravljanje poslovnim sustavom organizacije [1]. [2] u suradnji s [3] navode kako postoje troškovi koji se mogu podijeliti u dvije grupe, a to su fiksni i varijabilni troškovi. Fiksni troškovi strojeva su amortizacija, kamate, porezi, osiguranje i smještaj, dok su varijabilni troškovi plaće, troškovi popravka i održavanje te troškovi goriva i maziva prema [4] [5] [6] Troškovi korištenja strojeva vrlo su važni kod poljoprivrednih

gospodarstava s visoko mehaniziranim proizvodnim sustavima. U posljednjih nekoliko godina strojevi s velikom snagom motora, naprednim tehnologijama, visokim troškovima za rezervne dijelove i popravcima te velikom potrošnjom goriva pridonijeli su još većem povećanju troškova strojeva, navode [7] [8] [9] [10]. Održavanje poljoprivrednih strojeva pripada jednom od najznačajnijih troškova u poljoprivrednom sektoru, navode [11] [12] [13] ističe da su popravci, među troškovima, vjerojatno najteži za procjenu. Jedan je od glavnih razloga za to jeste što troškovi popravka i održavanja imaju tendenciju povećanja kako se povećava starost stroja [14].

## 2. Evidentiranje opremljenosti i struktura poljoprivredne mehanizacije

Za potrebe istraživanja korišteni su podaci dobiveni knjigovodstvenim evidentiranjem i praćenjem deset obiteljskih gospodarstava u istočnom dijelu Republike Hrvatske, odnosno u Osječko–baranjskoj županiji. U razdoblju od jedne kalendarske godine bilježeni su najvažniji podatci o održavanju poljoprivredne mehanizacije. Istraživana obiteljska gospodarstva izabrana su na osnovu raznolikosti gospodarstava s obzirom na veličinu obradive površine i posjedovanja poljoprivredne mehanizacije. Korištenjem GPS (engl. *Global Positioning System*) uređaja proizvođača *Trimble* model *Montera* određene su precizne geolokacije svih ekonomskih dvorišta gospodarstva. Prikupljene koordinate korištene su u aplikaciji QGIS-u (engl. *Quantum GIS*) pomoću koje su prostorno prikazana obiteljska gospodarstva. Sve geolokacije u QGIS-u postavljene su na DOF (digitalnu ortofoto kartu) koja je izrađena u mjerilu 1:5.000 za cjelokupno područje Republike Hrvatske. Digitalnim snimkama te korištenjem višestrukih slojeva (layera) evidentna je višestruka prednost kod primjene digitalnih karata pri proizvodnji hrane (sl. 1).



Slika 1. Prikaz OPG-a na području OBŽ

Ukupan prosjek starosti traktora za istraživana gospodarstva je 20,71 godina starosti (sl. 2) što je prosječna starost traktora u većini zemalja Europske unije. Prema [15] prosječna starost traktora je u Sjedinjenim Američkim Državama preko dvadeset pet godina.



Slika 2. Prosjek starosti traktora za istraživana gospodarstva

Istraživajući gospodarstva utvrđen je ukupan broj traktora svih kategorija koji iznosi 30, dok je prosječan broj traktora po gospodarstvu 3,33. Najveći broj traktora je kod X. gospodarstva i to čak osam traktora, dok je kod ostalih poljoprivrednih gospodarstava najviše do četiri traktora. Potrebno je napomenuti kako dosta poljoprivrednih gospodarstava nije koristilo sve traktore zbog tehničke zastarijelosti i vrlo niskog eksploatacijskog učinka. Gospodarstvo III. ima traktore s najstarijim datumom proizvodnje s prosjekom starosti traktora od 34 godine, dok gospodarstvo V. ima traktore s prosjekom starosti od 13,3 godina.

### 2.1. Obilježja poljoprivrednih gospodarstava

Istraživajući gospodarstva utvrđene su veličine zasijanih površina koje su iznosile od 40,66 ha u VIII. do 479,25 ha u IV. gospodarstvu s prosjekom od 147,72 ha za svih deset gospodarstava. Ukupno je zasijano 12 poljoprivrednih kultura, a s udjelom od 19,09% najviše je zastupljena pšenica, slijedi kukuruz sa 17,08%, ječam s 14,84%, suncokret s 14,61%, soja s 7,9%.

Važna obilježja svakog obiteljskog gospodarstva su broj i struktura njegovih članova. Prosječan broj članova u istraživanim gospodarstvima iznosio je 4,9 od čega je 2,7 radno aktivnih ili 55,1%, što je vrlo povoljno s aspekta raspoložive radne snage za rad u gospodarstvu. Od ukupnog broja prosječno su 1,6 zaposlena isključivo na gospodarstvu, povremeno 0,3 i rijetko 0,3 člana (tab.1).

### 2.2. Troškovi rabljene mehanizacije

U varijabilne troškove ukalkulirana je potrošnja goriva i maziva za nove i rabljene traktore od 5-14 kN sila vuče (A kategorija –

snaga motora traktora do 75 kW) u iznosu od 34,08 kn/h, za traktore od 14-28 kN (B kategorija – snaga motora traktora iznad 75 kW) 57,60 kn/h i 108,19 kn/h (C kategoriju traktora – snaga motora traktora iznad 149 kW tj. iznad 28 kN). Potrošnja je predviđena na temelju prosječnog opterećenja motora traktora. Prilikom obavljanja lakših radova (drljanje, sjetva, prskanje, košnja, grabljanje itd.) odbija se 30%, a pri izvođenju teških radova (oranje, prešanje sijena i slame, siliranje, berba kukuruza i slično) pribraja se do 50% na prosječnu opterećenost. Troškovi popravka prema KTBL-u izračunavaju se korekcijskim faktorom za razdoblje sati 'od – do' u radnom vijeku traktora. Troškovi redovitog održavanja i troškovi potrošnog materijala izračunati su empirijski. Analiza strukturalnih međuovisnosti tehničko-tehnoloških parametara i rezultata istraživanja obavljena su potrebnim matematičko-statističkim metodama. Za traktore A kategorije varijabilni troškovi kretali su se od 14,51 do 180,68 kn (sl 3), dok kod B kategorije traktora varijabilni troškovi su se kretali od 87,66 kn pa sve do 179, 86 kn (sl.4). Kod C kategorije traktora varijabilni trošak iznosio je 310,07 kn (sl. 5).



Slika 3. Varijabilni troškovi sata rada traktora A kategorije



Slika 4. Varijabilni troškovi sata rada traktora B kategorije

Prosječni varijabilni trošak za A kategoriju traktora iznosi 133,48 kn, a za B kategoriju 73,53 kn. Mogu se uočiti visoki varijabilni troškovi koji su nastali pojavom sku-

pih troškova popravaka poljoprivrednih strojeva. U I. obiteljskom gospodarstvu može se uočiti niski ukupni varijabilni trošak koji je rezultat male potrošnje goriva i vrlo niskog udjela troška na ostali potrošni materijal koji sudjeluje u formiranju ukupnog varijabilnog troška. U IV. obiteljskom gospodarstvu uočava se najveći ukupni trošak po satu rada u iznosu od 180,68 kn za A kategoriju traktora i priključnih strojeva, dok u VII. Gospodarstvu za B kategoriju traktora najveći je ukupni trošak pa satu rada iznosio 328,86 kn.



Slika 5. Varijabilni troškovi sata rada traktora C kategorije

Veliki broj sati rada uočava se kod rabljenih traktora A kategorije, jer su u istraživanim gospodarstvima korišteni traktori koji su po veličini bili na granici s B kategorijom traktora te su kao takvi „zanimljivi“ i uporabljivi kod većih eksploatacijskih zadataka. Najniži broj sati rada uočava se kod rabljenih traktora B kategorije, a razlog je što su obiteljska gospodarstva nabavila noviju poljoprivrednu mehanizaciju iste kategorije u kojoj je udobnije raditi (zračna sjedala, GPS uređaji i slično).

Promatrajući varijabilne troškove logično je da su kod C kategorije rabljenih traktora bili najveći u iznosu od 310,07 kn, dok su najniži bili kod rabljenih traktora A kategorije u iznosu od 14,51 kn. Ukupni troškovi po satu rada su najveći kod rabljenih traktora C kategorije u iznosu od 383,77 kn i kod rabljenih traktora B kategorije u iznosu od 360,43 kn, dok su najniži kod rabljenih traktora A kategorije u iznosu od 78,15 kn. Kada je u pitanju ukupan broj sati sada, tada je kod rabljenih traktora A kategorije najmanji iznos od 78,14 kn, dok je najviši kod rabljenih traktora C kategorije i to u iznosu od 383,77 kn. U tab. 1 prikazani su varijabilni troškovi po godini za A, B i C

kategorije traktora u kn (troškovi popravka, tekući i investicijski te redovito održavanje).

Tablica 1. Varijabilni troškovi po godini

Opis elemenata kalkulacije	KATEGORIJE TRAKTORA		
	Traktori A	Traktori B	Traktori C
Troškovi popravka, tekući i investicijski	25.299,04	93.281,31	81.995,99
Redovito održavanje	12.178,16	21.101,79	9.268,38

### 3. Zaključak

Tijekom istraživanja obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava na području Osječko–baranjske županije promatran je utjecaj starosti poljoprivredne mehanizacije na troškove održavanja. Temeljem dobivenih podataka može se zaključiti kako je poljoprivredna mehanizacija prilično stara unatoč novim mogućnostima kupnje kroz razne fondove. Prosjek starosti mehanizacije na istraživanim gospodarstvima je 20,71 godina. Nadalje, može se zaključiti kako je čest problem kod poljoprivrednih gospodarstava posjedovanje starije poljoprivredne mehanizacije koja više nije u eksploataciji poput prskalica, sijačica i traktorskih prikolica.

Kod fiksnih troškova po satu rada rabljenih strojeva može se utvrditi kako je upotreba rabljenih traktora povoljnija zbog nižih fiksnih troškova (izamortizirani su), dok su varijabilni troškovi znatno veći zbog čestih popravaka i skupog održavanja rabljene mehanizacije.

Kod rabljenih traktora prosječna cijena sata rada traktora A kategorije iznosi 73,61 kn/h, za B kategoriju 320,97 kn/h te za C kategoriju traktora 383,77 kn/h. Analizom gospodarstava u Osječko–baranjskoj županiji utvrđen je interes za udruživanjem poljoprivrednika u strojne prstenove odnosno krugove. Može se zaključiti kako unatoč želji postoji veliki strah od raznih nepravilnosti koje su moguće uslijed nepoštivanja pravila zajedničkog korištenja strojeva.

### Literatura

- [1] M. Drljača, Karakteristike troškova kvaliteta. Kvalitet 7-8: 6-9, 2003.
- [2] Schuler, R.T., Frank, G.G. -Estimating agricultural field machinery costs, 1991, 1(2), 1-12
- [3] ASABE "Estimating agricultural field machinery costs", By: Schuler, RT, Extension Agricultural Engineer, USA, 2006.
- [4] Fairbanks, G. E., Larson, G. H., Chung, D. S. "Cost of using farm machinery", Transactions of the ASAE, 1971, 14(1): 98-0101
- [5] ASABE D497.6 "Agricultural Machinery Management Data, In: ASABE Standards", St. Joseph, Mich.: ASABE, 2009.
- [6] Stanišić, N., Knežević, G. "Prelomna tačka: Akademska igračka ili upotrebljiva alatka finansijskog analitičara", Proceedings of the 1st International Scientific Conference-FINIZ, Beograd, Srbija, 2014, 45-47
- [7] Bochtis, D. D., Sørensen, C. G. C., Busato, P. "Advances in agricultural machinery management: a review", Biosystems Engineering, 2014, 126: 69–81
- [8] Najafi, B., Torabi Dastgerduei, S. "Optimization of Machinery Use on Farms with Emphasis on Timeliness Costs", Journal of Agricultural Science and Technology, 2015, 17(3): 533-541
- [9] Sopegno, A., Busato, P., Berruto, R., Romanelli, T. L. "A cost prediction model for machine operation in multi-field production systems", Scientia Agricola, 2016, 73(5): 397-405
- [10] USDA "Characteristics and production costs of U.S. corn farms, including organic", Economic Research Service. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, 2014
- [11] Buckmaster, D.R. "Benchmarking tractor costs", Applied Engineering in Agriculture, 2003, 19: 151–154
- [12] Mazzetto, F., Calcante, A. "Come valutare i costi della manutenzione (How to evaluate maintenance costs)", Il Contoterzista, 2010, 3: 1-6
- [13] Lazarus, W. F. "Estimating farm machinery repair costs", Extension Economist, 2008, University of Minnesota
- [14] Rotz, C. A. "A standard model for repair costs of agricultural machinery", Applied Engineering in Agriculture, 1987, 3(1): 3-9
- [15] Murphy, D. J., Myers, J., McKenzie Jr, E. A., Cavaletto, R., May, J., Sorensen, J. "Tractors and rollover protection in the United States", Journal of Agromedicine, 2010, 15(3): 249-263

# KONSTRUISANJE ALATA ZA ZAVARIVANJE U CILJU SMANJENJA DEFORMACIJE STUBA KABINE VOZA

## *Designing of Welding Tools to Reduce the Cabin Pillar Deformation*

*Original scientific paper*

Borivoj Novaković<sup>1</sup>, Eleonora Desnica<sup>1</sup>, Ljiljana Radovanović<sup>1</sup>  
Darko Žikić<sup>2</sup>, Mića Đurđev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ - Zrenjanin, Srbija

<sup>2</sup>Hidra HP, Zrenjanin, Srbija

E-mail: novakovicborivoj1812@gmail.com

### **Sažetak**

Autori su se u radu bazirali na prikazu unikatnog alata za zavarivanje koji za cilj ima smanjenje deformacije koje se javljaju na stubu kabine voza. Deformacije su produkt prevelikih toplota koje se javljaju pri konstruisanju stuba kabine. Kroz rad će se vršiti uporedna analiza relevantnih parametara na stubovima kabine voza koje se zavaraju izvan konstruisanog alata i na konstruisanom alatu. Podatak koji se meri kao pokazatelj pravnosti stuba kabine jeste zazor. Konstruisanje pomenutog alata odrađeno je u softverskom alatu Catia V5.

**Cljučne riječi:** Alat za zavarivanje, Catia V5, Deformacija, Konstruisanje, Stub kabine voza

### **Abstract**

The authors of the paper are based on the presentation of a unique welding tool that aims to reduce the deformation occurring on the pillar of the train cabin. Deformations are the product of excessive heat that occurs when constructing a cabin pole. Throughout the work, a comparative analysis of the relevant parameters will be performed on the pillars of the train cab that are welded outside the engineered tool and the engineered tool. The data that is measured as an indicator of the correctness of the cabin pole is the clearance. The designing of the mentioned tool was done in the Catia V5 software tool.

**Key words:** Cabin pillar, Catia V5, Deformation, Designing, Welding tool

### **1 Uvod.**

Šinska industrija i proizvodnja u ovom domenu u većem delu bazirana je na procesu zavarivanja i taj proces predstavlja centar u ovoj industriji. Kvalitet zavarivanja može zavistiti od mnogo faktora, a jedan od faktora su i radni uslovi, to jest radne mogućnosti pri zavarivanju određenih, specijalnih delova. Kada je reč o šinskoj industriji, u radu će baza biti postavljena oko konstruisanja odgovarajućeg alata za zavarivanje, kako bi se smanjila deformacija na samom stubu kabine voza koja se javlja usled prisustva povećanih temperatura.

Primenom savremenog softverskog paketa Catia V5 pristupa se konstruisanju jedinstvenog modela alata koji će se koristiti u svrhu zavarivanja stuba. Alat u osnovnoj nameni ima svrhu da smanji zazor koji se javlja usled zavarivanja i da na taj način uspe da otkloni sve problem koji su se jav-

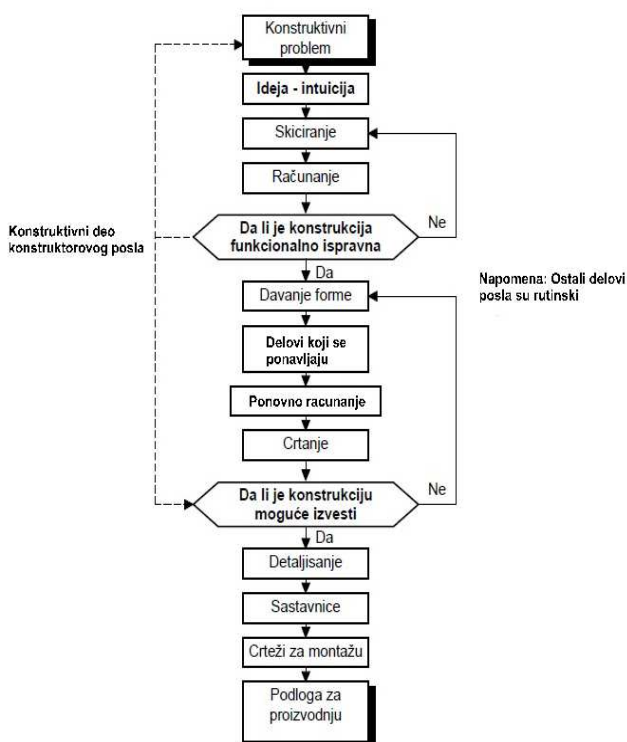
ljali pre implementacije pomenutog alata za zavarivanje i da se sve mere dovedu u dozvoljenu toleranciju i na taj način ispune odgovarajući, traženi kvalitet. Dobijeni rezultati prikazani su u mernim listama, kroz koje se upoređuju trenutne i dozvoljene mere i na taj način se vrši analiza uspešnosti primene savremenog alata konstruisanog u softveru Catia V5. Nakon procesa zavarivanja vrše se merenja zazora alatom *merni klin*, i na taj način se dobija jasna slika kakve razlike nastaju primenom konstruisanog alata [1].

Konstruisanjem savremenog alata doprinosi se i optimizaciji proizvodnje s aspekta vremenskog ciklusa indirektno proizvodnje, odnosno dorade nesavršeno konstruisanog stuba kabine voza, što se u ovom slučaju odnosi na izradu stuba kabine voza van pomenutog, konstruisanog alata za zavarivanje.

## 2. Teorijske osnove i faze konstruisanja u proizvodnim sistemima

Praktična primena nauke o konstruisanju nazvana je metodičko konstruisanje. Metodičkim konstruisanjem nastoji se razviti proces konstruisanja kao metoda koja omogućuje da se metodika konstruisanja rešava uopšteno, a ne kao problematika konstruisanja određene mašine ili uređaja. Metodičko konstruisanje omogućuje da se proces konstruisanja razradi algoritamski i rešava primenom računara. Proces konstruisanja počinje idejom (nekim konstruktivnim problemom), a završava se gotovim proizvodom – ispitanim prototipom. Sadržaj procesa konstruisanja može biti u jednostavnijem ili složenijem obliku [2].

Na sl. 1 prikazan je skraćen proces konstruisanja, onakav kakav se koristi u mašinskim elementima.



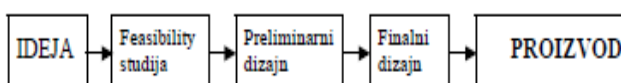
Slika 1. Šema procesa konstruisanja [2]

Osnovni i polazni uslov za rešenje zadatka koji je postavljen konstruktoru je upravo taj faktor - namena konstrukcije. Namenom su određeni opšti i posebni uslovi koji moraju biti zadovoljeni.

Konstruktor treba da vodi računa o ovim faktorima:

- o gabaritu i osovinskom pritisku kod šinskih vozila
- o težini i o aksijalnom radijusu kod osovin
- o dometu i tačnosti gađanja kod artiljerijskih oruđa
- o otpornosti prema koroziji kod mašina za prehranu
- o izdržljivosti
- o ceni koštanja
- o estetskom izgledu (npr. kod automobila) [3].

Na sl. 2 prikazan je blok dijagram procesa projektovanja od početne faze do krajnje faze, to jest proizvoda.



Slika 2. Proces projektovanja od početne do krajnje faze [4]

## 3. Projektovanje alata za zavarivanje metodom top-down u softverskom paketu Catia v5

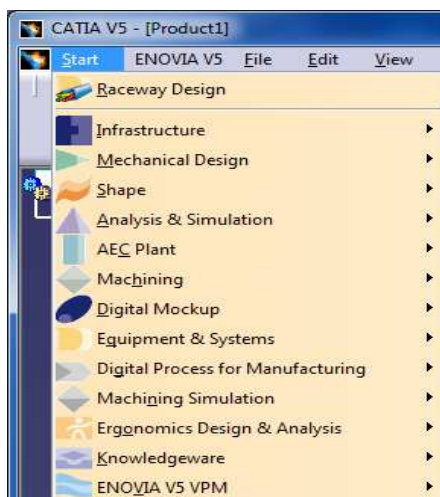
S obzirom da se u postupku konstruisanja koristi metoda *top-down*, importovaćemo 3D model stuba kabine u softverski alat CATIA V5 i na osnovu njega konstruisati alat.

CATIA se nudi u obliku različitih skupova programskih modula. Ovi skupovi imaju za cilj da grupišu različite skupove paleta sa alatima (Work-benches) da bi se udovoljilo potrebama korisnika sa različitim ulogama u procesu razvoja proizvoda.

Radno okruženje (*Work bench*) se definiše kao specifično okruženje koje se sastoji od skupa alata, koji omogućavaju korisniku da izvršava specifične konstrukcione zadatke u određenoj oblasti.

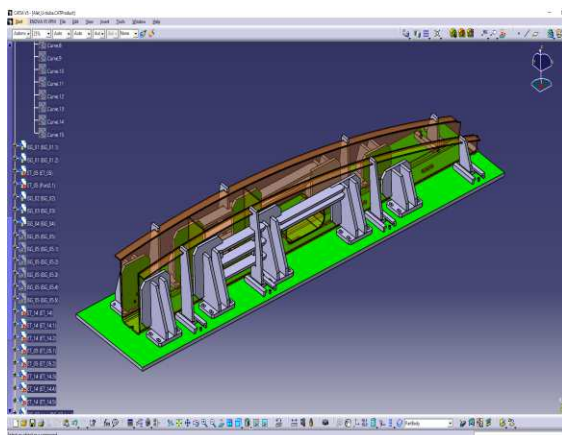
Na sl. 3 prikazani su osnovni namenski skupovi modula koji se mogu naći u programu CATIA [5].





Slika 3. Skupovi modula u programu CATIA

Na sl. 4 dat je prikaz projektovanog alata u finalnom obliku. Projektovani alat se postavlja na nosače i dalje se primenjuje u procesu zavarivanja stuba kabine voza.



Slika 4. Konstruisani alat za zavarivanje

Na slici 5. prikazan je izrađeni alat koji se koristi u proizvodnji.



Slika 5. Konstruisani alat u proizvodnji

#### 4. Prikaz rezultata istraživanja

Kroz sam rad postavljen je prikaz odgovarajućeg problema koji se javlja na realnom primeru pri izradi stuba kabine voza. Problem se ogleda u javljanju deformacija usled prevelikih toplotnih uticaja prilikom procesa zavarivanja. Rešavanje pomenutog problema zamišljeno je konstruisanjem jedinstvenog alata za izradu stuba kabine voza. Kroz sledećih par slika izvršićemo analizu i dokaz glavne hipoteze. Analizu vršimo tako što upoređujemo veličinu zazora pravosti stuba izrađenog na zavarivačkom stolu i izrađenog u alatu. Merenje zazora vrši se alatom *merni klin* na kom se očitava vrednost zazora.



Slika 6. Stub zavaren izvan alata



Slika 7. Stub zavaren u konstruisanom alatu

U tab. 1 prikazani su podaci o zazorima izmereni mernim klinom.

Tablica 1.  
Merna lista s podacima o zazorima  
na konstruisanom alatu [6]

Serijski br.	Jezik: En	Revizija : 0_2019-05-02	Strana: 2	Br.artikla 3EGH48902 1-6766
<b>FINISHED CONDITION</b>				
Pozicije	Veličine	Tolerancija	Desna	Leva
X 1.1	1448	0/-3	1447,0	1448,0
X 1.2			1445,0	1445,0
X 1.3			1447,0	1448,0
X 2.1	850	±3	847,0	850,0
X 2.2			849,0	850,0
Z 1.1	2412	0/-2	2412,0	2412,0
Z 1.2			-	2410,0
Z 2	2	+1/0	3,0	3,0
G1	Streightness Upper Beam	2	1,0	0
<b>G2</b>	<b>Streightness Pillar WE1</b>	<b>2</b>	<b>3,0</b>	<b>1,0</b>
G3	Streightness Pillar WE2	2	1,0	1,0
E1	Levelness Pillars	2	3,0	0

## 5. Zaključak

Primenom savremenih programskih paketa, kao što je slučaj sa Catia V5 omogućava se visok stepen produktivnosti u sektoru pripreme proizvodnje i same proizvodnje. Produktivnost se kroz pomenuti program najviše odražava u aspektu smanjenja vremena izrade nekog tehnološko-konstrukcionog rešenja, dok je drugi aspekt vezan za pojednostavljenje projektovanja, jer programski alati pružaju visok nivo fleksibilnosti. Kroz master rad, primena Catie bila je bazirana na konstruisanju odgovarajućeg alata za zavarivanje stuba kabine voza, u svrhu smanjenja deformacija koje se javljaju pri povišenim temperaturama.

Programskim alatom uspelo se rešenje prikazati kroz 2D model, odnosno tehnički crtež i kroz 3D model prikaz izgleda konstruisanog alata. Kao što je već prikazano u mernim listama, novo konstruisani alat za zavarivanje, dao je pozitivne rezultate, jer je kroz parametar ravnosti stuba

i uporednom analizom ravnosti stuba kabine voza koji se izrađivao van konstruisanog alata i stuba kabine voza koji se izrađivao na konstruisanom alatu za zavarivanje, došlo do zaključka da je primenom novog alata došlo do smanjenja zazor sa 3mm koji se javljao, na 1mm. Takvi rezultati istraživanja daju zaključak da se primenom novo konstruisanog alata pomoću programskog softvera Catia V5 smanjuje sveukupna deformacija stuba kabine voza, i na taj način se povećava produktivnost i ekonomičnost proizvodnje. Primena ovog alata može se koristiti u daljoj proizvodnji elemenata u pomenutoj grani industrije.

## Literatura

- [1] Vukobrat, B.; Novaković, B.; Desnica, E.; Đurđev, M.. Construction of welding tools to reduce the cabine pillar deformation, IX International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2019 (IIZS 2019), October 3-4<sup>th</sup>, 2019, Zrenjanin, Serbia (pp.) ISBN: 978-86-7672-324-9
- [2] Olević, Sato; Lemeš, Samir. Osnovi Konstruisanja, Mašinski fakultet, Zenica, 1998.
- [3] Desnica, Eleonora; Nikolić, Milan. Industrijski dizajn,. Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, 2012.
- [4] Kovačević, Ahmed. Osnovi Projektovanja, Mašinski fakultet, Tuzla, 2002.
- [5] Tickoo, Sham; Singh, Vivok; CATIAV5R18 za mašinske inženjere, CAD/CIM Technologies, Beograd, 2009.
- [6] Vukobrat, Bojan. Primena CAD softvera Catia pri konstruisanju alata za zavarivanje sa ciljem smanjenja deformacije stuba kabine voza, master rad, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, 2019.

# DIJAGNOSTIKA U ODRŽAVANJU POLJOPRIVREDNIH STROJEVA

## *Diagnostics in the Maintenance of Agricultural Machines*

*Preliminary notes*

Tomislav Pandurović, Drago Kraljević, Domagoj Zimmer  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti – Osijek, Hrvatska  
E-mail: tomislav.pandurovic@fazos.hr

### **Sažetak:**

Cilj održavanja je očuvanje funkcionalnosti strojnog parka kao temeljnog kapitala poljoprivrednog dobra. Zbog kvarova često dolazi do neplaniranih zastoja proizvodnje te ozljede rukovatelja. Najčešći modeli održavanja su: održavanje po resursu, preventivno i prediktivno te održavanje je na osnovu praćenja dijagnostički utvrđenih fizičkih parametara koji govore o stupnju fizičkog oštećenja stroja. Ono omogućava predviđanje otkaza i planiranje svih pripremnih radnji, smanjujući štetne učinke na minimum. U intenzivnim industrijskim pogonima (rad u tri smjene) održavanje je već dobro uhodano i ostvaruju se brojne uštede koje opravdavaju nabavu skupe dijagnostičke opreme. Poljoprivredni strojevi su izloženi velikim klimatskim promjenama temperature, vlage itd. (od sunca do snijega). Manje intenzivna poljoprivredna proizvodnja s teškim uvjetima rada ima potrebu za suvremenim elektronskim dijagnostičkim uređajima. Međutim, slaba investicijska situacija u poljoprivredi (gotovo socijalna) i neupućenost poljoprivrednika često su uzrok nedovoljne uporabe dijagnostike.

**Cljučne riječi:** Dijagnostika, Održavanje, Poljoprivreda

### **Abstract:**

The aim of the maintenance is to preserve technology park functionality as the equity of the agricultural property. Production failures often result in unplanned delays and operator injuries. The most common maintenance models are: by resource, preventive, predictive, and maintenance based on monitoring of diagnostically determined physical parameters. They indicate the degree of physical damage to the machine or process. This allows failure anticipation and the planning of all preparatory actions, minimizing adverse effects. Industrial plants facilities are intensive (three-shift work), maintenance is already well established and numerous savings are achieved. Agricultural machines are most often exposed to large climatic changes in temperature, humidity, etc. (from sun to snow). Less intensive agricultural production with difficult working conditions, has the need to use modern electronic diagnostic devices. However, the poor investment situation in agriculture (almost non-existent) and the lack of farmer knowledge are often causes of diagnostics under-utilization.

**Keywords:** Agriculture, Diagnostics, Maintenance

## **1. Uvod**

Većina kvarova na poljoprivrednim strojevima, bilo da su oni stacionarne ili pokretne prirode, pojavljuju se uslijed neadekvatnog odabira stroja [2]. Štednja pri odabiru stroja manje snage i lošije zaštite neminovno vodi do kvarova i zastoja. U uvjetima povišene temperature okoline ili zagrijavanja stroja uslijed povišenih opterećenja dobro je odabrati veći stroj koji će se manje grijati. Često je jednostavnije i jeftinije neodgovarajući stroj zamjeniti većim nego ulagati u skupu dijagnostičku opremu. Gdje nije moguća zamjena ili nije dobar trenutak, tijekom sezone potrebno je osigurati stalno praćenje stanja stroja.

Kvarovi na poljoprivrednim strojevima [2] [6] općenito nastaju uslijed trošenja radnih elemenata. S porastom temperature raste i trošenje, a posljedica su vibracije uslijed neravnoteženosti, povećanja zazora ležaja i vodilica, oštećenja zupčanika itd.

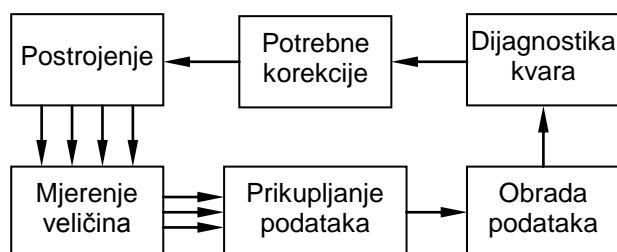
Dijagnostika kontinuirano ili periodički nadgleda stanje stroja i omogućuje procjenu pouzdanosti rada [1]. Zadatak dijagnostike je da uoči nesavršenosti novih strojeva kao sitne početne kvarove i upozori na njihov rast. Praćenje rasta kvara omogućuje predviđanje eksploatacijskog vremena u kojem će kvar postići svoju najveću dopuštenu vrijednost. To je kvar koji još osigurava zadanu tehnološku proizvodnju, a pri

tom ne stvara veće štete ljudima i strojevima. Poznavanje eksploatacijskog vremena omogućuje planiranje održavanja i popravka stroja van sezone [3], a u sezoni pravovremena nabavka rezervnih dijelova, alata i obučenog osoblja čini zastoj minimalnim.

Za pouzdan rad tijekom sezone potrebno je poznavati uvjete rada stroja i odabrati veličine koje će se nadzirati i koristiti u dijagnostičke svrhe, a iz kojih se pouzdano može dijagnosticirati kvar. Davači veličina (senzori) moraju moći pratiti veličine kontinuirano i zaštićeno od smetnji. Njihovo postavljanje mora biti jednostavno i dostupno, a da pri tom ne ometaju normalan rad stroja. Dijagnostika koja koristi veličine, koje su i upravljačke veličine npr pogonska energija, u pravilu imaju manje pretvarača i jeftinije su [5]. Poželjna je automatizacija kod kojeg alarm dijagnostike može zaustaviti pogon stroja bez operatera.

## 2. Dijagnostičke metode

Dijelove dijagnostičkog sustava možemo podijeliti prema zadatku na dio za mjerenje karakterističnih veličina, prikupljanje podataka, obradu podataka i samu dijagnostiku tj. povezivanja uočenih nepravilnosti mjernih veličina s kvarovima stroja.



Slika 1. Dijelovi dijagnostičkog sustava

Dijagnostička mjerna tehnika poljoprivrednih strojeva temelji se na: termičkim, vibracijskim, ferografskim i dr. metodama. Izbor metode, a samim tim i vrste dijagnostičke opreme, ovisi o izboru mjernih veličina. Tako termodijagnostika podrazumjeva mjerenje temperature i eventualno tlaka-naprezanja, gustoće odgovarajućim davačima signala. Vibrodijagnostika mjeri naprezanje, silu, moment, ubrzanje, brzinu, pomak itd. A ferografska dijagnostika mjeri udjele pojedinih materijala nastalih površinskim trošenjem (uslijed trenja) u vidu strugotine.

## 2.1. Termodijagnostika

Termo dijagnostika svoju osnovnu veličinu temperaturu mjeri pomoću davača u obliku: termoelementa, otpornih termometara i termistora te termovizije.

Termoelementi svoj rad temelje na pojavi napona između dva uključena štapa (konzola) različitih materijala. Oslonci štapa su električno izolirana u svrhu stvaranja napona, dok su slobodni krajevi spojeni. Dobiveni napon je razlika u temperaturi oslonca i spojnog djela. Termoelementima mjerimo temperature od  $-250$  do  $3000$  °C. Najčešći materijali termo parova su: bakar-konstantan ( $-250\div 400$ °C), željezo-konstantan ( $-200\div 850$ °C), kromel-alumel ( $-200\div 1100$ °C) i platina-platinorodij ( $0\div 1400$ °C).

Otporni termometri svoj rad temelje na promjeni otpora vodiča s promjenom temperature. To su žičani otpornici materijala s velikim temperaturnim koeficijentom npr. platina, nikal itd. Najčešći otpornik je Pt100 koji ima otpor  $100 \Omega$  pri temperaturi  $0$ °C. Ovdje je potreban izvor električne energije. Zahtjev je na stabilnosti napona izvora (a ne toliko na visini) kako bi se struja kao mjerni signal mjenjala isključivo s promjenom otpora. Poželjan je čak manji napon kako bi struja svojim tokom termometar što manje zagrijavala (tzv. Jouleovi gubici) i tako unosila netočnost u mjerenja. Za rad s nižim naponima potrebno je imati kvalitetnije kontakte i što kraće mjerne kablove. Ukratko kvalitetniju i skuplju dijagnostičku opremu. Termoelementi pak sami daju napon kao mjerni signal. Kako je on izrazito mali i mora ga se pojačalom višestruko uvećati za posljedicu ima i uvećanje grešaka i smetnji.

Termistori rade na istom principu kao i otporni termometri, ali imaju puno veću osjetljivost otpora na temperaturu. Izrađeni su od keramičkih poluvodiča i to najčešće na bazi kobalta, nikla, titana itd. Mogu biti izrazito malih dimenzija od par desetinki mm, pa je moguća ugradnja i na nedostupnija mjesta. Služe za mjerenje temperature do  $300$  °C što je više nego dovolj za termodijagnostiku i zaštitu pogonskih strojeva (elektro, hidro i dizel motora). Mana im je iz-

razito nelinearna karakteristika koju je potrebno pojačalom kompenzirati.

Termovizijska dijagnostika podrazumjeva upotrebu specijalnih termovizijskih kamera za snimanje strojeva. Kamera radi u infracrvenom području, a temperature snimanih površina prikazuje različitim bojama. Metoda je vrlo praktična i jednostavna za pokretne strojeve te daje dobre rezultate kod strojeva otvorenog kućišta, gdje postoji optička vidljivost. Kod strojeva zatvorenih kućišta dobivamo samo površinsku temperaturu koja je često višestruko manja te je efikasnost ove metode značajno umanjena. Kako su poljoprivredni strojevi većinom na otvorenom potrebno je obratiti pažnju na velike temperaturne promjene okoline tijekom dana i na zagrijavanje suncem. Preporuka je snimati za oblačnog ili noćnog vremena, a ne snimati osunčane strojeve.

## 2.2. Vibrodijagnostika

Vibrodijagnostika se temelji na porastu vibracija tijekom eksploatacije stroja. Trošenje ili bilo kakvo odstupanje od konstrukcijske geometrije radnih elemenata vodi ka pojavi vibracija. Teoretski gledano vibracije stroja počinju s nulom, a završavaju sa nekom maksimalnom vrijednošću gdje lom najslabijeg elementa vodi ka katastrofalnim oštećenjima i zastoju stroja. O visini opterećenja ovisi vremenski interval u kojem će vibracije doseći katastrofalne vrijednosti. Eksploatacijski interval je još kraći i njega određuju početne vibracije novog stroja s početne strane, a s krajnje je ostvarivanje minimalne kvalitete izlaznog proizvoda. Početne vibracije novog stroja su posljedica njegove nesavršenosti u konstrukcijskom, materijalnom i montažnom vidu i u direktnoj su vezi s cijenom.

Vibrodijagnostika ovisno o frekvenciji vibracije koju pojedini kvar uzrokuje djeli se na: niskofrekventnu (do 500 Hz), srednje frekventnu (500-2000 Hz) i visoko-frekventnu (preko 2000 Hz). Tako nisko-frekventnom dijagnostikom detektiraju se kvarovi: neravnoteženosti rotirajućih dijelova (statička i dinamička), nesaosnosti ili zakrivljenosti vra-

tila, nepritegnutosti ležaja i oštećenja mehaničkih zazora, remenskog prijenosa, kliznih ležajeva itd. Srednje frekventna dijagnostika je za kvarove zupčanika, a visokofrekventna za kotrljajuće ležajeve. Izbor mjerne veličine (tlak, naprezanje, sila, ubrzanje, brzina i pomak) a samim tim i davača ovisi o frekvenciji. Davači za mjerenje pomaka su induktivnog tipa, a preporučuju se za niže frekvencije 0-1 kHz. Davači za brzinu su elektro dinamičkog tipa za frekvencije 0,1-10 kHz, dok su davači ubrzanja induktivnog tipa za srednje i visoke frekvencije 0,5-2 kHz, a specijalne izvedbe piezoelektričnog tipa i preko 100 kHz. Davači razvlačenja materijala mjerne trake imaju najširi frekvencijski opseg 0-50 kHz, a sastavni su dio davača tlaka, naprezanja, sile, momenta itd.

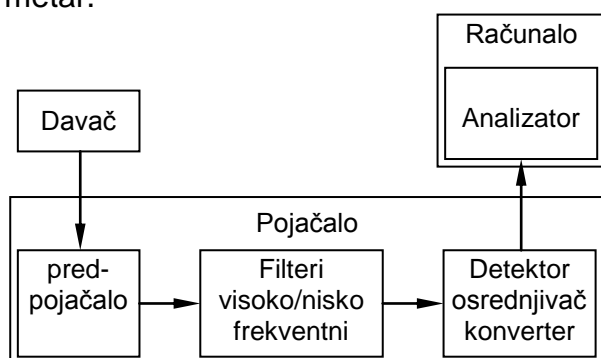
Navedene metode su kontaktne metode gdje je presudna pristupačnost mjernog mjesta. Mjerne trake i davači pomaka su za relativne vibracije, a davači brzine i ubrzanja za apsolutne vibracije. Kontaktna vibrodijagnostika daje odlične dijagnostičke rezultate kod zasebnih ili izoliranih strojeva. Nedostatak je osjetljivost na vibracije okoline, pa se u postrojenju svi ostali strojevi moraju zaustaviti ako im temelji nisu međusobno izolirani. Problem je i kod pokretnih strojeva gdje neravnine puta uzrokuju smetnje. Zato se pokretni poljoprivredni strojevi ispituju u stacionarnom stanju pri čemu improvizirani transporter hrani sirovinom ispitivani stroj. Bezkontaktna vibrodijagnostika je puno praktičnija i primjerenija pokretnim poljoprivrednim strojevima. Kako svaka vibracija stvara buku, sve se više bukomjera upotrebljava u dijagnostičke svrhe.

Najbolje rezultate postiže na višim frekvencijama pri detekciji kvarova zupčanika i ležajeva. Najveća prednost je kod strojeva s nedostupnim mjernim mjestima, a najveći nedostatak zvučna izolacija pogonskog stroja. Elektromotor je još prilično i tih, a i moguće ga je kratkotrajno prekriti-izolirati.

No, u poljoprivredi najčešći pogonski stroj je dizel motor koji je izrazito bučan i kao takav predstavlja veliki izvor smetnji. Zato se rezultati mjerenja buke uzimaju sa dosta rezerve. Pokušaj zamjene dizela s elektro motorom u svrhu smanjenja smetnji mjerenja moguć je jedino u stacionarnim uvjetima. Noviji bukomjeri sve češće uz rad snimanja buke mikrofonom imaju i opciju snimanja vibracije ubrzanja s akcelerometrom (iste radne frekvencije). Mikrofon se zamjenjuje akcelerometrom u uvjetima velike buke okoline, a u svrhu provjere sumnjivih rezultata mjerenja buke.

### 3. Davači

Izbor davača ovisi o mjernoj veličini. Za mjerenje tlaka, naprezanja i sile upotrebljava se mjerna traka. Za mjerenje ubrzanja akcelerometar, a za brzinu dinamometar.

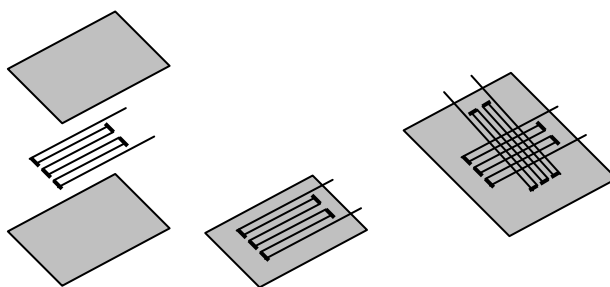


Slika 2. Mjerni lanac počinje s davačem

#### 3.1. Mjerne trake

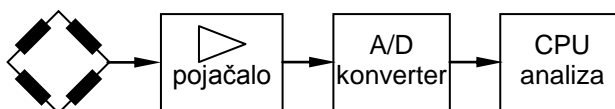
Mjerne trake ili tenzometari služe za mjerenje pomaka nastalih deformacijom. Njihov rad temelji se na principu promjene električnog otpora istegnutog vodiča. Istezanjem vodiča nastaju duljinske i poprečne deformacije tj povećanje duljine i smanjenje debljine. Obje deformacije (iako druga negativna) utječu na povećanje otpora što daje mjernoj traci posebnu osjetljivost. Radnu frekvenciju ne određuje traka, već materijal na koji se lijepi tj njegova masa i krutost. Mjernu traku čini mjerna rešetka motane žice promjera do 0,025 mm, materijala 55% Cu i 40% Ni, koeficijenta osjetljivosti 2 (promjena otpora je dvostruko veća od promjene duljine) između dva sloja polimerne folije (sl. 3). Trake su duljine 0,3-150 mm, a otpor im je

standardiziran te iznosi: 120, 350, 600 i 1000  $\Omega$ .



Slika 3. Mjerna traka i dvostruka mjerna traka za temperaturnu kompenzaciju

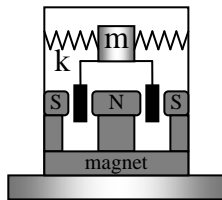
Najčešća dijagnostička greška mjerenja je posljedica temperaturnog istežanja materijala. Zato je važno mjerenja uvijek obavljati u istim temperaturnim uvjetima. Ako to nije moguće, potrebno je izvršiti temperaturnu kompenzaciju. Temperaturna kompenzacija podrazumjeva upotrebu dviju istih mjernih traka postavljenih pod 90° jer je porast otpora okomite trake negativan. Temperaturno širenje materijala je u svim smjerovima (volumno) te obje trake očitavaju istu promjenu otpora koji se poništavaju (drugi je negativan). Mjerne trake su jeftini davači, tako da danas većinom dolaze sa dvije okomite mreže gdje je osim temperaturne kompenzacije i povećanje koeficijenta osjetljivosti za 30% na 2,6. Za potrebe laboratorijskih mjerenja (visoka točnost), dodavanjem još jedne takve trake udvostručuje se osjetljivost na 5,2 što zadovoljava najstrože laboratorijske uvijete. Nedostatak je preciznost ručnog ljepljenja traka te potrebno napajanje.



Slika 4. Spajanje do četiri mjerne trake u Wheatstonov most mjernog lanca

#### 3.2. Dinamometri

Induktivni davači mogu biti aktivni za mjerenje brzine i pasivni za mjerenje pomaka i ubrzanja. Aktivni rade na elektro dinamičkom principu induciranja napona u svitku uslijed promjenjivog magnetskog polja pokretnog magneta.

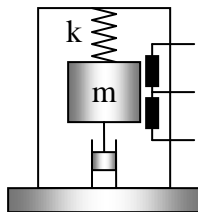


Slika 5. Aktivni induktivni dinamometar

Mjerni signal je napon i ovisi o relativnoj brzini između magnetna i svitka. Da bi se dobila što veća osjetljivost davača (veći napon) on se konstruira za rezonancijski rad gdje je vlastita frekvencija davača jednaka ili približna mjerenoj frekvenciji stroja. U davaču magnet (ili svitak) pokreće rezonancijska kombinacija masa-opruga višestruko većom vibracijskom brzinom od brzine ispitanog stroja. Razonancija kao prirodno pojačalo vibracija nekog davača je vrlo uskog područja, pa se uzima šire područje od upola manje do dvostruko veće vlastite frekvencije gdje je još naponski signal upotrebljiv.

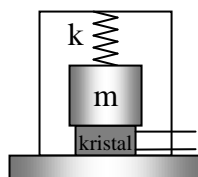
### 3.3. Davači pomaka i ubrzanja

Za mjerenje nižih i viših frekvencija koriste se pasivni induktivni davači koji pri vanjskom napajanju (naponu) imaju strujni signal i kao takvi su primjenjivi kako za statička tako i za dinamička mjerenja.



Slika 6. Pasivni induktivnog davač pomaka

Nadrezonancijski induktivni davači su za mjerenje pomaka, a podrezonancijski za mjerenje ubrzanja. Ovdje rezonanciju smatramo smetnjom mjerenja i potencijalno štetnom za davač. Jedna od velikih prednosti je kalibracija mjernog lanca zemljinom gravitacijom ( $g=9,81 \text{ m/s}^2$ ).



Slika 7. Piezoelektrični akcelerometar

Piezoelektrični princip mjerenja ubrzanja temelji se na pojavi električnog na-

pona napregnutog materijala. Materijali koji imaju ovakva svojstva su kvarc, litijum, fosfat, sulfat itd. Važna je orijentacija kristalne rešetke, jer samo naprezanje određenog smjera, stvara napon. Ovo svojstvo omogućava kompaktnu izvedbu davača ubrzanja, koji mjere u sva tri prostorna pravca tzv. troosni akcelerometri. Kako npr. kristal kvarca ima izrazito veliku krutost, na njega oslovnjena mala masa vodi do izrazito visoke vlastite frekvencije i mogućnosti mjerenja puno većih frekvencija (do 100 kHz), nego li induktivnim davačem. Nedostatak je nemogućnost mjerenja ubrzanja pri statičkom opterećenju i pri niskim frekvencijama, pa kalibracija gravitacijom nije moguća. Sami akcelerometri su prilično jeftini, k tome često i troosni, no nužan je skupi izvor stabilne vibracije za kalibraciju mjernog lanca.

### 3.4. Davači zazora kliznih ležajeva

Osim za mjerenje kinematskih veličina induktivnim principom mjeri se i debljina uljnog sloja u kliznim ležajevima, čime se detektira loše podmazivanje i trošenje ležaja. Kod velikog broja radnih poljoprivrednih strojeva, vrši se periodičko podmazivanje ručnim mazalicama bez odgovarajuće kontrole podmazivanja (vizualna kontrola). Dizel motor aktivno se podmazuje s pumpom tjeranim uljem. Uz standardno kontinuirano nadgledanje temperature motora sve češće se prati kvaliteta podmazivanja kroz praćenje temperature, tlaka, protoka ulja, prvenstveno na motorima s unutrašnjim izgaranjem, ali i sve više kod hidromotora i općenito hidraulike. Kako se motorna i hidraulična ulja periodično mjenjaju, zgodno je izvršiti ferografiju otpadnog ulja i utvrditi sastav strugotine radi uvida u dinamiku trošenja pojedinih dijelova stroja.

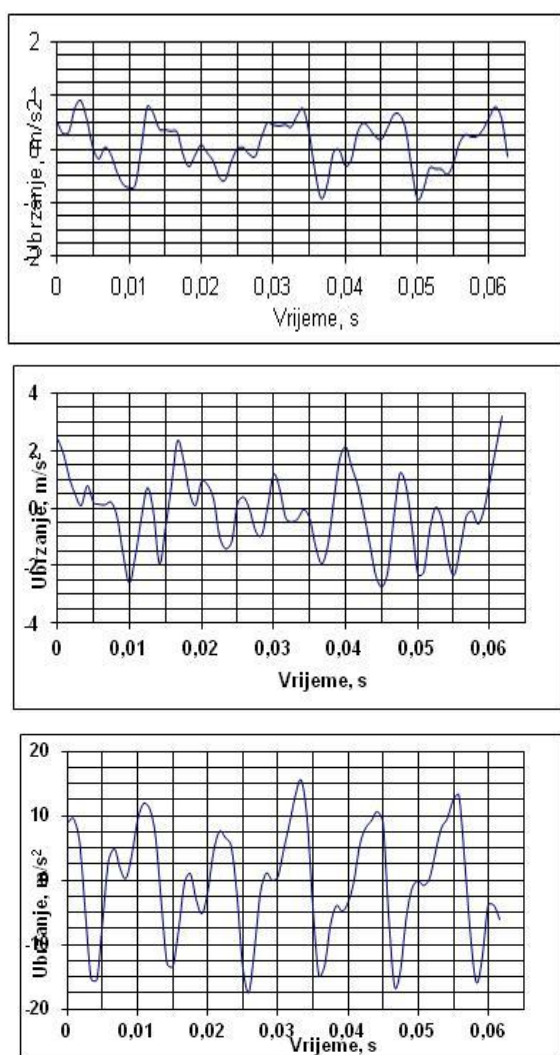
## 4. Mjerna pojačala

Navedeni davači bez obzira na princip rada i mjernu metodu moraju biti u mogućnosti dostaviti mjerni signal sa što manje smetnji mjernom pojačalu. Pojačala primaju u pravilu naponski ili strujni signal te ga pojačavaju. Ona napajaju pasivne davače stabilnim izvorom napona, vrše potrebne kompenzacije i filtriranje signala u svrhu podizanja kvalitete signala.

Izlaz pojačala je analogan za pokazne, nadzorne i alarmne uređaje te uređaje za pohranu kao što su pisači i snimači. Danas gotovo sva pojačala su opremljena analogno/digitalnim pretvaračem za isporuku mjernog signala računalu, za daljnju obradu, analizu i detekciju. Mjerna pojačala najviše se razlikuju po ulaznim kanalima koji su tipski za određenu vrstu davača i njegov princip rada.

## 5. Obrada i analiza računalom

Računalo služi za daljnju obradu i analizu podataka te pohranu. Kako su ukupne vibracije zbroj vibracija pojedinih rotirajućih elemenata potrebno ih je analizom detektirati. Analizu olakšava zasebno snimanje vibracija pogonskog stroja, vibracija pogonskog i radnog stroja u praznom hodu i opterećenju. Priložen je primjer [4] snimanja vibracija bubnja vršalice žitnog kombajna (sl. 6).



Slika 6. Mjerenja ubrzanja bubnja vršalice kombajna: u mirovanju, praznom hodu i opterećenju s 3 kg/s žita [4]

Analizom navedenog primjera uočava se da je udio vibracije pogonskog stroja 8%. Udio vibracija pogonskog stroja sa vibracijama praznog hoda radnog stroja je 15%, odnosno vibracija samog radnog stroja 7%. Vibracije pri nazivnom opterećenju koje otpadaju na udarce letvi bubnja kombajna o žitnu masu je 85%. Pri ovom ispitivanju, autor [4] je naglasio izrazito kvalitetno uravnotežen bubanj čija je vibracija manja od vibracije pogonskog stroja. Shodno konstrukcijskim standardima poljoprivrednih strojeva, preostala neuravnoteženost je mogla biti i dvostruko veća 14%. Takvi kombajni bi imali udio vibracija udaraca letvi 78% i dok je god ova vibracija dominantna (>50%), bubanj je najvjerojatnije uporabljiv. Tu bi se morala odrediti granica rasta kvara. Ona se određuje na temelju: preporuke proizvođača stroja, norme-standarda, preporuke proizvođača dijagnostičnih instrumenata i iskustva kod istih ili sličnih dijagnosticiranja [1].

Najpoznatija analiza je brza Fourierova transformacija koja vibracije u vremenskoj domeni pretvara u frekventnu domenu. Analizom je potrebno utvrditi kod kojeg broja okretaja pogonskog stroja dolazi do štetnih rezonancijskih vibracija. Strojevi s velikim rasponom radnih brzina su podrezonancijski strojevi. Za rad pokretnih elemenata ispod rezonancije potrebna je njihova velika krutost i mala masa. Tako kvalitetniji materijal podiže rezonanciju i omogućuje veće radne podrezonancijske brzine. Drugim riječima, skuplji stroj veći kvantitet, a kroz regulaciju i veći kvalitet rada. Gdje je to preskupo, jeftiniji stroj radi na jednoj optimalnoj nadrezonancijskoj brzini, a prolazi kroz rezonanciju pri pokretanju i zaustavljanju. Velika većina poljoprivrednih strojeva, a pogotovo traktorski priključni strojevi se kao nadrezonancijski strojevi pokreću obavezno neopterećeni, a opterećenje se povećava brzinom gibanja traktora.

## 6. Zaključak

Prediktivno održavanje i nabavka dijagnostičke opreme je održivo i kod manjih poljoprivrednika kroz uštede. Danas je široka paleta već provjerene i uhodane dijagnostike, počevši od termodijagnostike, gdje



se prati temperatura (kao posljedica preopterećenja), a da kvar još pravo nije ni nastao, do vibrodijagnostike trenutno zatečenog stanja nekog početnog kvara i ferografije koja prepoznaje pokvareni dio ali s kašnjenjem. Najvažnije je uskladiti vrijednost dijagnostičke opreme s vrijednošću nadziranih strojeva. Manjim poljoprivrednicima preporučljivo je nabaviti dijagnostički uređaj s bezkontaktnom metodom mjerenja, koja omogućuje praćenje stanja više strojeva. Dobi-vene rezultate smatrati orijentacijskim što je za mnoge poljoprivrednike bez organizirane servisne radionice i jedino moguće. Termokamerom snimaju se pregrijani djelovi stroja za koje postoji sumnja u preopterećenje. Nakon „hlađenja“ stroja, u praznom hodu, na radnu temperaturu nastavlja se s radom. U slučaju učestalog zaustavljanja i hlađenja istih dijelova, zatražiti mišljenje servisa. Ukoliko nisu elementi snimanja optički vidljivi, snimanje bukometrom dat će bolje rezultate.

Ako poljoprivrednik raspolaže radionicom, bukometrom s akcelerometrom kao dodatnom opremom omogućio bi kvalitetnu dijagnostiku kotrljajućih ležajeva i zupčanika te eventualno njihov popravak. Ferografom se proširuje dijagnostika i na klizne ležajeve dizel motora, hidromotora i hidraulike općenito uz kontrolu tlaka. Za velike radionice i širi spektar dijagnosticiranja, skupa kontaktna vibrodijagnostika je nezaobilazna, a obuka zahtjevna. Za početnike osnovno bi bilo snimiti novi stroj u praznom hodu i pri nominalnom opterećenju, te s vremenom eksploatacije pratiti promjene. Koeficijent sigurnosti projektiranja konstrukcija kreće se od 2-10, ovisno da li je opterećenje statično, dinamično jednosmjerno, dvosmjerno ili udarno. To znači da su konstrukcije predimenzionirane minimalno dva puta. Preporuka za početnike je da vibracije opterećenog stroja, tijekom eksploatacije, smiju narasti do minimalno dvostruke vrijednosti. Tijekom ovog eksploatacijskog perioda dovoljna su periodička mjerenja. Produljenje eksploatacijskog vijeka do trostruke vrijednosti uz kontinuirani nadzor te postavljen alarm. Za dodatno produljenje eksploatacije konzultirati stručnjaka, izvršiti kvalitetnija mjerenja, dodatno provjeravanje konstruk-

cijskih koeficijenata sigurnosti pojedinih elemenata tj granice rasta kvara.

## Literatura

- [1] Slavko Sebastijanović, Osnove održavanja strojarских konstrukcija, udžbenik Strojarški fakultet, Slavonski Brod, 2002, (ISBN 953-6048-22-1)
- [2] Rudolf Emert, Tomislav Jurić, Dubravko Filipović, Emil Štefanek, Održavanje traktora i poljoprivrednih strojeva, udžbenik Sveučilište J.J.S. Osijek, 1995, (214-1/95)
- [3] Rudolf Emert, Željko Bukvić, Tomislav Jurić, Dubravko Filipović, Popravak poljoprivrednih strojeva, udžbenik Sveučilište J.J.S. Osijek, 1996, (ISBN 953-6331-02-0)
- [4] Tomislav Pandurović, Dinamička opterećenja bubnja vršalice žitnog kombajna, magistarski rad, FSB Zagreb, 2002. (UDK 534,1:631,361,022)
- [5] Alen Miletić, Dijagnostičke metode i kriteriji za ocjenu elektromehaničkog stanja asinhronog stroja, magistarski rad, FER Zagreb, 2002.
- [6] Ličen Hotimir, Ninoslav Zuber, Vibracije i vibrodijagnostika (materijali seminara), TRCpro, Petrovaradin, Srbija, 2006.



# SPROVOĐNJE POSTUPAKA DIJAGNOSTIKE NA SISTEMIMA VAZDUHA POD PRITISKOM

## *Implementation of Diagnostics Procedures on Pressure Air Systems*

*Preliminary notes*

Ljiljana Radovanović, Borivoj Novaković, Mića Đurđev,  
Jasmina Pekez, Ivan Palinkaš

Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, Srbija  
E-mail: ljiljana.radovanovic@tfzr.rs

### **Sažetak**

Vazduh pod pritiskom je jedan od najrasprostranjenijih oblika energije koja se koristi u industriji a pneumatski sistemi se primenjuju, pored industrije, i u mnogim drugim oblastima ljudskog delovanja. I pored svih prednosti vazduha pod pritiskom on može, zbog nepravilne upotrebe, da postane najskuplji oblik energije za obavljanje rada u industrijskim postrojenjima. Ovaj rad ima za cilj predstavljane strukture dijagnostičkog procesa sistema vazduha pod pritiskom kao i sam značaj ovog postupka.

**Ključne riječi:** Dijagnostika, Sistem vazduha pod pritiskom

### **Abstract**

Pressurized air is one of the most widespread forms of energy that is used in industry whereas pneumatic systems, apart from industry, are used in many other activities of human activity. Despite all the benefits of pressurized air, due to improper use it can become the most expensive form of energy for operating in industrial plants. This paper is aimed at presenting the structure of diagnostic process of the pressurized air system as well as its significance.

**Key words:** Diagnostics, Pressurized air system

## **1. Uvod**

Skoro sve faze rada fabričkih postrojenja zavise od vazduha pod pritiskom. Vazduh pod pritiskom se primenjuje za opšte namene u fabrikama, radionicama i skladištima, za sisteme pneumatskog transporta, pogon pneumatskih alata, obradu hrane, hemikalija i farmaceutskih proizvoda, bojenje sprejom, oblaganje površina praškovima, za pogon i upravljanje mašina za pakovanje kao i mnogih drugih mašina.

Pneumatske sisteme čine uređaji i mašine koji rade na sabijeni vazduh (pod pritiskom) ili razređeni vazduh (vakuum). Pneumatika je zajednički izraz za primenu pneumatskih elemenata radi obavljanja korisnog rada. Proizvodnja, priprema i distribucija vazduha pod pritiskom kao strana koja snabdeva i pneumatski sistemi kao potrošači vazduha pod pritiskom čine jedinstven sistem.

Efikan pneumatski sistem je rezultat dobrog projektovanja koje ima za cilj da obezbedi minimalan gubitak pritiska u distributivnom sistemu i odstranjivanje najvećeg dela zagađivača: vode, kompresorskog ulja, prljavštine, rđe, opiljaka od cevi i

drugih čestica. Neefikasan sistem za proizvodnju, pripremu i distribuciju vazduha pod pritiskom dovodi do povećanja troškova po jedinici proizvedenog vazduha pod pritiskom, neodgovarajućeg ili neravnomernog rada pneumatskih alata, skraćivanja radnog veka komponenti, smanjenja kapaciteta i formiranja rđe i mulja u glavnim i lateralnim vodovima.

Stručnjaci odgovorni za rad i održavanje sistema za proizvodnju i distribuciju vazduha pod pritiskom u fabrikama, skladištima, bolnicama i na drugim mestima gde se primenjuje vazduh pod pritiskom su veoma svesni problema koje sa sobom nosi neprečišćen vazduh. Najveći problem svakako predstavlja voda ali ne treba potceniti ni druge primese kao što su ostaci ulja, razne nečistoće i mnogi drugi sitniji zagađivači. Povećana primena upravljačkih sistema i automatizovanih mašina je potencirala ove probleme i izazvala povećano interesovanje u svetu za potrebu obezbeđivanja boljeg kvaliteta vazduha pod pritiskom. Primena vazduha pod pritiskom bez zagađivača po-

staje sve značajnija s razvojem industrijske automatizacije. Montažni roboti, oprema za pakovanje, nanošenje boje pomoću vazduha pod pritiskom i proizvodnja u farmaceutskoj industriji su samo neke od mnogih aplikacija koje zahtevaju maksimalno čist vazduh.

U značajnom broju industrijskih postrojenja kompresori za proizvodnju vazduha pod pritiskom troše više električne energije nego bilo koja druga oprema. Ušteda energije zbog poboljšanja sistema može da iznosi od 20 % do 50 % ili čak i više. Dobro upravljan sistem za proizvodnju, pripremu i distribuciju vazduha pod pritiskom može da uštedi energiju, smanji održavanje i zastoje, poveća produktivnost fabrike i poboljša kvalitet vazduha. Zadatak sistema za proizvodnju, pripremu i distribuciju vazduha pod pritiskom je da svaki deo pneumatskog sistema dobije vazduh pripremljen onako kako je za taj deo specificiranog projekta pneumatskog sistema određeno, kako bi se ostvarile projektovane radne karakteristike. Pored brzine rada, eksplozivne sigurnosti, sigurnosti od preopterećenja, lake regulacije brzine i sile, pouzdanost komponenti i njihov dug radni vek predstavljaju jedan od ključnih razloga za primenu vazduha pod pritiskom. Odgovarajuća priprema a naročito prečišćavanje je ključ za maksimalno povećanje pouzdanosti i dug životni vek komponenti. Nivo uspešnosti u zadovoljavanju zahteva za prečišćavanjem vazduha može da ima značajan uticaj na ukupne troškove rada proizvodnog sistema. Zagađen vazduh pod pritiskom skraćuje životni vek komponenti i sistema, smanjuje kvalitet proizvoda, značajno povećava troškove održavanja i izaziva zdravstvene i sigurnosne probleme.

Zadatak kreiranja dobrog sistema vazduha pod pritiskom treba da obuhvati izbor tipa i veličine kompresora, način pripreme vazduha i način distribucije vazduha pod pritiskom do mesta upotrebe. Mnogi sistemi koji su danas u upotrebi rezultat jednostavnog dodavanja komponenti koje su nadovezivane na prethodni sistem kao posledica povećanih potreba za vazduhom pod pritiskom [3].

## **2. Struktura procesa dijagnostike sistema vazduha pod pritiskom**

Radi uspešnog sprovođenja dijagnostike potrebno je definisati odgovarajuću strukturu ovog procesa i njime obuhvatiti sledeće analize [6]:

- potražnja sistema za vazduhom pod pritiskom,
- potrošnja energije i ukupni troškovi,
- curenja i veštačku potražnju,
- optimizacija fabričkih procesa.

Potražnja sistema vazduha pod pritiskom mora da obuhvati analizu svih potrošača u proizvodnom pogonu, kao i potrebnu količinu vazduha koja se troši na dodatne aplikacije poput čišćenja opreme, ako je to slučaj u posmatranom sistemu. Potrebna količina vazduha pod pritiskom je ulazni postulat za naknadne analize koje dijagnostika sistema vazduha pod pritiskom obuhvata. Prilikom razmatranja potrebnog protoka vazduha potrebno je obratiti pažnju i na nivo kvaliteta vazduha pod pritiskom koji se određuje na osnovu zahteva aplikacija i komponenti sistema. Visok nivo kvaliteta vazduha štedi fabrički novac tako što produžava vremenski period između održavanja opreme, a ujedno i produžava sam životni vek komponenti.

U nastavku sprovođenja dijagnostike kako bi se dobili osnovni podaci za poređenje potrebno je izračunati trenutnu potrošnju energije i troškove koji proističu iz toga. Posедуjući ove podatke nakon izvršene dijagnostike i naknadnih proračuna dobiće se uvid o povećanju energetske efikasnosti sistema i o smanjenju trenutnih troškova.

Na razne gubitke se potroši polovina pa čak i više od ukupne proizvedene količine vazduha pod pritiskom. Stoga prilikom dijagnostike posebnu pažnju treba posvetiti curenjima u sistemu. Potrebno je identifikovati i kvantifikovati mesta curenja i preporučiti na koji način upravljati curenjima vazduha pod pritiskom u analiziranom sistemu. Takođe je neophodno proučiti plan cevovoda, izmeriti pad pritiska, kao i pregledati sve odvode kondenzata. Ne tako složene izmene znatno mogu povećati efikasnost sistema.

Jedan vid gubitaka vazduha pod pritiskom je veštačka potražnja vazduha pod pritiskom. Uobičajena je praksa da se poveća pritisak u sistemu kako bi se ispunili zahtevi za vazduhom pod pritiskom a time se stvara veštačka potražnja. Iz iskustva [9] 25 - 30% snage, koja je potrebna da bi se generisao vazduh pod pritiskom, se potroši na proizvodnju nepotrebno visokog pritiska u sistemu. Analizom sistema vazduha pod pritiskom i pravljenjem profila opterećenja kompresora može se smanjiti potrebna snaga i gubitak energije.

Mnogi problemi su vezani za fluktuaciju vazduha pod pritiskom na mestima upotrebe vazduha. Niske vrednosti vazduha pod pritiskom obično se pogrešno protumače kao potreba za naknadnim povećanjem kapaciteta kompresora. Međutim potrebno je uzeti u razmatranje krajnje korisnike kao i sve komponente pneumatskog sistema. Smanjenje troškova podrazumeva i preporuke u vidu odgovarajuće zamene ili poboljšanja pneumatskih komponenti. Troškovi ovih izmena na sistemu za vazduh pod pritiskom zanemarljivi su u poređenju s efikasnošću koja će se dobiti u budućem radu sistema.

Dijagnostika je osmišljena tako da meri opterećenje sistema i sa strane proizvodnje vazduha pod pritiskom i sa strane potrošnje kako bi sistem bio što efikasniji. Cilj dijagnostike je da odredi stepen trenutnog iskorišćenja sistema i mesta na kojima se mogu učiniti poboljšanja. Nakon izvršene dijagnostike neophodno je preduzeti preporučene mere kako bi se što pre uočila dobit i korist od primene dijagnostike. Takođe, ukoliko je potrebno, izvršiti optimizaciju svih fabričkih procesa u skladu s novonastalim izmenama.

Postoje tri tipa (nivoa) dijagnostike [7-8]:

1. Dijagnostika I. nivoa - brza evaluacija
2. Dijagnostika II. nivoa - analiza sistema vazduha pod pritiskom
3. Dijagnostika III. nivoa - dijagnostika sistema vazduha pod pritiskom

Brza evaluacija predstavlja pregled sistema vazduha pod pritiskom u fabrici u kojoj se vrši dijagnostika. Ovaj proces obično traje 1 do 2 dana i pri tome se identifi-

kuje vrsta krajnjih potrošača, potrebe pritiska i zahtevani nivo kvaliteta vazduha. Vrš se analiza mreže za distribuiranje vazduha pod pritiskom i uočavaju se očigledni problemi vezani za veličinu cevovoda, pad pritiska, skladištenje vazduha, curenja u sistemu i odvođenje kondenza. Zatim se utvrđuje tip kompresora, njihovo trenutno opterećenje kao i pogodnosti i mogućnost upravljanja kapacitetom kompresora. Ako ne postoji, potrebno je nacrtati jednostavan blok dijagram sistema. Analiziraju se postojeće procedure održavanja i obuke i predlažu eventualne izmene. Potrebno je napisati izveštaj o stanju i predložiti mere koje je poželjno primeniti.

Procena sistema vazduha pod pritiskom u fabrici detaljnija je nego brza evaluacija, te je samim tim potrebno i duže vreme kako bi se sproveda. Analiza sistema vazduha pod pritiskom podrazumeva boravak u fabrici od 2 do 3 dana. Osim identifikovanja stavki i problema koji su pomenuti u brznoj evaluaciji, snimaju se određena mesta kako bi se identifikovala dinamika sistema. Nacrta se jednostavan blok dijagram. Napravi se paralela između trenutnog i potrebnog pritiska u mreži. Objedini se potrošnja svih kompresora, i napravi prikaz opterećenja svakog pojedinačno, uključujući potrošnju u kW i protok u cevovodu. Svi ovi dokumenti imaju za cilj da se fokusira i omogući identifikacija problema te da se ponudi nekoliko rešenja. Treba pregledati procedure održavanja i obuke. Na kraju se podnosi izveštaj o zaključcima sa preporukama.

Dijagnostika sistema vazduha pod pritiskom obuhvata još dublji i detaljniji pregled pneumatskog sistema. Podaci dobijeni iz obavljenih očitavanja u sistemu podrazumevaju detaljniju procenu dinamike sistema i rezultujućih problema. Tako da dijagnostika traje od 3 do 10 dana.

Očitavanja i opažanja se vrše u svakoj smeni ukoliko preduzeće radi po smenama. Intervjuju se zaposleni, kako radnici u proizvodnji tako i rukovodstvo. Da bi se odredila optimalna efikasnost, ušteda energije i pouzdanost potrebno je objektivno uskladiti proizvodnju vazduha sa potrošnjom.

Utvrđiti norme u odnosu na koje će se porediti rezultati nakon izvršenih predloženih promena.

Da bi se postigli rezultati, dijagnostika mora uzeti u obzir sve aspekte upotrebe sistema vazduha pod pritiskom uključujući kompresorsku stanicu, cevovod i rezervoare, kao i potrebnu količinu vazduha i sve potrošače u sistemu. Kvalitet i korist od dijagnostike je direktno povezana s očekivanim poboljšanjem i naknadnim troškovima.

### **3. Dijagnostika komponenti u sistemu vazduha pod pritiskom**

#### **3.1. Opšti pristup održavanju sistema vazduha pod pritiskom**

U praksi se vrlo često konstatuje da određene pneumatske komponente imaju iznenađujuće dug vek trajanja i da mogu da podnesu veoma veliki broj radnih ciklusa. Ovo ponekad dovodi do ubeđenja da su pneumatske komponente praktično neuništive. U suštini, pneumatske komponente zaista predstavljaju pouzdane i dugovečne elemente. Uz pravilan izbor i dimenzionisanje pneumatskih elemenata od velike važnosti je i čitav niz preventivnih mera, koje počinju sa adekvatnom pripremom vazduha pod pritiskom, a mogu da obuhvate posedovanje sopstvene radionice specijalizovane za otklanjanje otkaza i održavanje pneumatskih jedinica.

Radi olakšanja eventualnih intervencija neophodno je da se svi elementi sistema postave i pričvrste tako da budu pristupačni i da se može koristiti standardni alat pri intervencijama. Takođe je važno da i svi priključci budu pristupačni. Trebalo bi još pri formiranju upravljačkih šema voditi računa o tome da svi davači signala budu aktivno priključeni, odnosno da po mogućnosti budu priključeni direktno na razvodnu mrežu. Na ovaj način se pad pritiska održava u prihvatljivim granicama (putevi prenošenja signala su po pravilu dugački), a pruža se i mogućnost direktne kontrole da li određeni davač signala daje signal ili ne.

#### **3.2. Smetnje i otkazi**

Smetnje i otkazi mogu nastati usled:

- Normalnog habanja komponenti sistema i vodova.

- Intenziviranja prirodnog habanja usled spoljnih uticaja (uticaja okoline) ili usled unutrašnjih uticaja, koji su u pneumatici veza- ni, pre svega, za kvalitet vazduha pod pritiskom.
- Pohabanosti komponenti koja može da dovede do loma, zaribavanja, do prestanka normalnog funkcionisanja ili do pojave mesta curanja vazduha.
- Nečistoća vazduha koja može da dovede do otkaza u radu elemenata usled začep- ljenja, lepljenja (ulje) i do intenziviranja habanja.
- Začepjenja, kidanja ili previjanja vodova, ili ubrzanog starenja vodova pod dejstvom spoljnih uticaja.
- Usled taloženja nečistoće može da dođe do pojave dodatnih otpora u vodovima i komponentama, što dovodi do povećanja gubitaka pritiska i do eventualnog pogreš- nog reagovanja sistema u vezi s tim.
- Neregularno ponašanje sistema se može očekivati i ako usled curenja vazduha do- đe do pojave određenog pada pritiska, ili ako je prisutan promenljiv pritisak napa- janja sistema. Loše održavani filteri mogu takođe da budu uzrok pomenutom padu pritiska.
- Nepravilna ugradnja cilindara i nedozvolje- na opterećenja dovode do povremenog habanja
- Krajnji prekidači nisu pričvršćeni na odgo- varajući način, ili su vodovi za vođenje pneumatskih signala previše dugi (spori sig- nali).

#### **3.3. Smetnje usled neadekvatnog dimenzionisanja napajanja sistema vazduhom pod pritiskom**

Često se dešava, da se određeni delo- vi pneumatskog sistema privremeno prošire, a da se pri tome ne obezbedi napa- janje povećanom količinom vazduha. Prema izvedbi tog dela sistema i prema toku pro- cesa, do pojave smetnji ne dolazi stalno, već povremeno, tako da je znatno otežano otkrivanje uzroka otkaza.

Moguće manifestacije:

- Nije uvek prisutan potrebni redosled izvo- đenja pokreta cilindara, jer dolazi do nag-

log opadanja pritiska - usled aktiviranja drugih radnih elemenata.

- U toku kraćih vremenskih perioda, za vreme pada pritiska, dolazi do opadanja sile na cilindru.
- Isti simptomi mogu da se pojave usled smanjenja poprečnih preseka vodova za vazduh zbog taloženja prljavštine, ili usled curenja na otpuštenim priključcima creva (smanjenje prečnika voda za 20% dovodi do dvostruko većeg pada pritiska).

### 3.4. Smetnje usled prisustva kondenzata-

Vezano za količinu kondenzata koja će se pojaviti u razvodnoj mreži veoma ima uticaj sama priprema vazduha pod pritiskom. Do kojih posledica može da dođe kada je sadržaj kondenzata u vazduhu previše visok?

S jedne strane postoji mogućnost da dođe do oštećenja površina pneumatskih komponenti korozijom, usled dejstva ponekad vrlo agresivnog kondenzata. Sa druge strane je prisutna opasnost da dođe do zaglavlivanja delova ventila, ukoliko oni provedu duže vreme u istom položaju, a pod dejstvom opruge treba da budu vraćeni u osnovni položaj (klipovi ventila prievučeni metalnim slojem, metalni trnovi i sl.). Nelegirana sredstva za podmazivanje sklona su formiranju emulzije i stvaranju smola. Pri tome su ponovo posebno ugrožena mesta na ventilima s finim tolerancijama zazora.

### 3.5. Smetnje usled zaprljanosti vazduha pod pritiskom

U okviru sistema vazduha pod pritiskom najčešće na ulazu u sistem su postavljeni filteri. Međutim, ukoliko se pre priključivanja glavnog voda na ventil ne izvrši prodivavanje voda radi pročišćavanja, čestice nečistoće (zrnca metala nastala pri zavarivanju, rđa sa zidovima cevi, špen nastao pri rezanju navoja) nesmetano dospevaju do ventila.

Međutim, i kod postrojenja koja su duže u radu, ako vazduh sadrži veće količine kondenzata, a vodovi nisu iznutra zaštićeni od korozije, maže da dođe do odvajanja čestica rđe sa zidova.

Usled zaprljanosti vodova može da dođe do sledećih pojava:

- Zaglavlivanje ili blokiranje na sedištima ventila
- Špen utisnut u vulkanizirano sedište kod ventila sa sedištem dovodi do neprekidnog curanja vazduha
- Prstenaste dizne ventila za regulaciju protoka su posebno osetljive na prisustvo prljavštine. Dolazi do promene vremena za aktiviranje i deaktiviranje izvršnih elemenata. Kod cilindara kod kojih je izvršeno prigušenje izlaznog vazduha, dolazi do smanjenja brzine kretanja klipa.

### 3.6. Smetnje koje se javljaju kod pneumatskih cilindara

Pre nego što dođe do otkaza pneumatskog cilindra, dolazi često do signaliziranja oštećenosti još u stadijumu, kada je cilindar u stanju da bez problema obavlja svoju funkciju. Redovna inspekcija omogućava ovde da se dovoljno rano uoče otkazi koji predstoje.

#### *Optičko (vizuelno) ispitivanje*

Ukoliko se ustanovi da se stalno povećava broj uzdužnih riseva na klipnjači pneumatskog cilindra, može se računati s tim da će uskoro usled pohabanosti zaptivač na strani klipnjače cilindra. Takođe pojava crnih, suvih i čvrsto prilepljenih naslaga na većim površinama na klipnjači ukazuje na nestabilno stanje zaptivača klipnjače, usled kojeg brzo dolazi do propadanja zaptivača i vođice klipnjače. U slučaju malih pritisaka vazduha ovde dolazi do izrazitije pojave Stick-Slip efekta (rad s trzajima). Rad cilindra postaje nemiran i onda, kada se pohaba zaptivač na klipu cilindra, te dođe do taloženja osušene mešavine masti i čestica gume na zidovima cilindra.

#### *Akustičko ispitivanje*

Ukoliko je nezaptivenost na cilindru toliko velika da se može čuti šištanje vazduha koji ističe, potrebno je intervenisati veoma brzo. Neprekidno isticanje vazduha na razvodnim ventilima, koji se nalaze u stanju mirovanja, predstavlja opomenu da je ili oštećen zaptivač na klipu cilindra, ili su oštećeni zaptivni elementi.

### *Merenje vremena reagovanja ventila*

Ukoliko se, uz nepromenjene radne uslove, ustanovi da je odjednom došlo do uočljivog produžetka vremena reagovanja ventila s gumenim zaptivačima, onda je pouzdan znak da će doći do pojave smetnji u radu.

#### 3.7. Opšte preventivno održavanje za sve sisteme vazduha pod pritiskom

Svakodnevno je potrebno ispustiti kondenzat iz kućišta filtera ukoliko nisu ugrađeni automatski uređaji za ispuštanje kondenzata, a vazduh sadrži veće količine vode. Na većim rezervoarima bi po pravilu trebalo koristiti automatsko ispuštanje kondenzata. Kontrolisati nivo ulja u rezervoaru uređaja za zauljivanje. Kontrolisati ispravnost podešenosti dodavane količine ulja.

Jednom nedeljno je potrebno prekontrolisati da nije došlo do taloženja prljavštine ili strugotine na davačima signala. Ispitati ispravnost manometara na redukcionim ventilima. Ispitati da li zauljivači besprekorno funkcionišu. Svaka 3 meseca treba ispitati zaptivenost priključaka. Ukoliko je to potrebno, izvršiti dotezanje priključaka. Zameniti vodove koji se u toku rada pokreću. Ispitati da li ističe vazduh iz otvora za odzračivanje na razvodnim ventilima. Izvršiti čišćenje uložaka filtera pomoću deterdžentne vode (ne koristiti rastvarače) i nakon toga ih izduvati pomoću vazduha pod pritiskom sa strane suprotne onoj s koje filteru dostrujava vazduh u toku normalnog rada. Proveriti funkcionisanje automatskih ventila za ispuštanje kondenzata. Svakih 6 meseci treba ispitati stanje vođica klipnjača na pneumatskim cilindrima i u slučaju pohabanosti izvršiti zamenu. Takođe zameniti i prstene za struganje prljavštine i zaptivne prstene.

Rezultati planskog održavanja su:

- Smanjenje trajanja zastoja
- Povišenje produktivnosti
- Smanjenje vezanih sredstava u vidu rezervnih delova
- Bolje iskorišćene personala održavanja.

## 4. Značaj dijagnostike u sistemu vazduha pod pritiskom

Dijagnostika predstavlja procenu stanja nekog sistema, procesa, projekta ili proizvoda. Funkcija dijagnostika je da konstatuje opravdanost i pouzdanost informacije, i takođe da izvrši procenu interne kontrole u sistemu. Cilj dijagnostika je da se dobije stručno mišljenje o realnom stanju sistema. Prilikom obavljanja dijagnostika odgovorne osobe iz preduzeća u kome se vrši dijagnostika dužne su da stave na raspolaganje sve potrebne podloge i da pruže sve informacije neophodne za obavljanje dijagnostikaa i izradu izveštaja.

Uloga dijagnostike u sistemu vazduha pod pritiskom je da konstatuje stanje i utvrdi metode kojima će se smanjiti troškovi energije. Pregledom sistema vazduha pod pritiskom treba da se uoče i definišu primene svih komponenti u podsistemu potrošača vazduha pod pritiskom. Nadalje, za svakog krajnjeg potrošača treba ispitati primenu, potreban protok, potreban pritisak i eventualnu alternativnu metodu kako bi se postigli isti rezultati s manje utrošene energije.

Naredni korak je primena odgovarajuće upravljačke strategije kako bi se uskladila proizvodnja sa stvarnom potrebom vazduha pod pritiskom.

Proces povećanja energetske efikasnosti pneumatskog sistema započinje s detaljnim pregledom (dijagnostika) i analizom sistema za proizvodnju, skladištenje i distribuciju vazduha pod pritiskom s jedne strane i analizom potrošača s druge strane. Nakon pregleda, sledi uspostavljanje normi (internih standarda) po kojima se određuju karakteristike potrošnje i uslovi primene vazduha pod pritiskom za pojedine aplikacije.

#### 4.1. Primena dijagnostike u cilju povećanja energetske efikasnosti sistema vazduha pod pritiskom

Najlakši ali potencijalno najskuplji način za povećanje energetske efikasnosti sistema vazduha pod pritiskom je unajmiti nekog da izvrši dijagnostika sistema. Tim iskusnih, profesionalnih eksperata za vazduh pod pritiskom može posetiti fabriku, provesti



dane mereći pritiske i ispitujući sistem, i sastaviti listu svih stvari u sistemu koje su pogrešne ili predstavljaju potencijalne uzročne probleme. U mnogo slučajeva, zajedno sa popravkom curenja, loših cevovoda i drugih relativno minornih problema, oni će predložiti i troškove od nekoliko desetina hiljada evra za nove kompresore, pripremu vazduha i upravljanje. Prateći predloge dijagnostičara, oni će se isplatiti u kratkom roku uštedom novca za operativne troškove. Od takvog dijagnostika se može imati samo korist, ali naravno ima smisla znati šta tim za dijagnostika može da pronađe tako da se tipični problemi mogu i samostalno identifikovati. Na osnovu toga je urađeno istraživanje među proizvođačima opreme za pneumatske sisteme i kompanijama koje se bave održavanjem takvih sistema i identifikovani su sledeći problemi [1] :

1. Saniranje curenja
  2. Radni pritisak veći nego što je potrebno
  3. Dvostruka provera zahteva
  4. Normalni lukovi i T račve
  5. Loš cevovod
  6. Rešiti se komponentata u sistemu koje nisu više u upotrebi
  7. Problem instalirane opreme koja se više ne koristi
  8. Nedovoljno veliki rezervoari
  9. Neadekvatna upotreba
  10. Membranske pumpe
  11. Održavanje sistema
- 4.2. Svrha i korist od dijagnostike sistema vazduha pod pritiskom

Povećanje energetske efikasnosti je jedna od osnovnih svrha primene dijagnostika, iako su troškovi energije samo vrh ledenog brega. Osim težnje da se smanje troškovi energije, koristi od primene dijagnostika sistema vazduha pod pritiskom su:

- povećanje produktivnosti procesa proizvodnje
- poboljšanje kvaliteta proizvodnje
- smanjenje škarta
- povećanje pouzdanosti sistema i opreme
- smanjenje troškova održavanja.

Prve tri stavke ne odnose se direktno na vazduh pod pritiskom, ali su povezane sa samom proizvodnjom. Ova poboljšanja

su često vrednija od smanjenja troškova energije. Da bi se ostvarile ove dobiti, dijagnostika mora da obuhvati i proizvodni pogon, a ne samo kompresorsku stanicu.

Fluktuacija pritiska unutar tehnoloških sistema do koje dolazi zbog neadekvatnog upravljanja sistemom vazduha pod pritiskom u većini proizvodnih pogona prouzrokuje povećanje škarta i smanjenje tempa proizvodnje. Česta reakcija za rešenje problema u ovim sistemima je da se poveća radni pritisak uključivanjem dodatnog kompresora u proces snabdevanja vazduha pod pritiskom.

Nečistoće u sistemu vazduha pod pritiskom u vidu vode, ulja i rđe utiču na kvalitet proizvoda i produktivnost procesa. Ako vazduh dolazi u direktan kontakt s krajnjim proizvodom, kontaminacija prouzrokuje povećanje broja škarta, a može se desiti da čitave serije proizvodnje nisu ispravne. Nečistoće u vazduhu smanjuju period i povećavaju troškove održavanja tehnoloških sistema. Ove probleme je moguće rešiti i to s relativno niskim ulaganjima.

Poslednje dve stavke su direktno povezane jedna s drugom. Na primer, velika razlika u pritiscima ili mali rezervoar mogu da ubrzaju ciklus uključivanja kompresora, izazovu prevremeni otkaz opreme i kontaminaciju sistema. Najčešći rezultati dobrog dijagnostika su:

- ušteda energije (od 20 do 30%, ponekad i veća)
- redefinisane potrebnog broja kompresora
- povećanje efikasnosti proizvodnog pogona tako što će se stabilizovati pritisak vazduha tako da fluktuacija ne bude veća od 0,1 čaga.

Dijagnostika sistema vazduha pod pritiskom identifikuje neefikasnost sistema, ukazuje na to kako se može poboljšati sistem, a kao dodatna prednost ovih unapređenja je redukcija rada kompresora, smanjenje ukupnog vremena rada pod opterećenjem i poboljšanje kvaliteta proizvodnje.

## 5. Zaključak

Na osnovu istraživanja sprovedenog u ovom radu može se konstatovati da je vazduh pod pritiskom veoma prisutan u industrijskim postrojenjima i koristi se u mnogobrojnim aplikacijama. Iako veoma efikasan, vazduh pod pritiskom predstavlja i najskupljeg prenosnika energije, stoga potrebno posebnu pažnju posvetiti, kako proizvodnji vazduha pod pritiskom, tako i njegovoj potrošnji.

Da bi se što bolje iskoristile mogućnosti vazduha pod pritiskom neophodno je uložiti dodatne napore i sprovesti određene aktivnosti. Iz tih razloga, u ovom radu je opisana dijagnostika sistema vazduha pod pritiskom, kao jedan od načina procene stanja i upravljanja proizvodnim sistemima koji koriste vazduh pod pritiskom.

Vodeće svetske proizvodne kompanije odavno su uvidele potrebu i značaj sprovođenja dijagnostika sistema vazduha pod pritiskom, te zbog toga danas u svetu postoje dijagnostika timovi koje čine iskusni i profesionalni eksperti za vazduh pod pritiskom. Jedan od osnovnih ciljeva primene dijagnostika sistema vazduha pod pritiskom je smanjenje troškova energije i povećanje energetske efikasnosti sistema. Takođe, kao rezultat dijagnostika su povećanje produktivnosti i poboljšanje kvaliteta procesa proizvodnje, kao i povećanje pouzdanosti sistema, što direktno utiče na smanjenje troškova održavanja i smanjenje broja škarta.

U našoj zemlji još uvek ne postoji razvijena svest o potrebi i koristima od dijagnostika sistema vazduha pod pritiskom, tako da ovaj segment predstavlja slobodan prostor za mlade eksperte. U proizvodnim sistemima u Srbiji jedan vid dijagnostikaa sprovodi služba održavanja, međutim ova kva dijagnostika je nepotpuni ne obuhvata sistem u celosti već samo pojedine delove.

Kako dijagnostika sistema vazduha pod pritiskom podrazumeva procenu, rezultate i predloge o unapređenju sistema, održavanje i dalje ima bitnu ulogu u sistemima vazduha pod pritiskom. Nakon dijagnostika neophodno je investirati u predložena poboljšanja. Kako bi se uložena sredstva što

pre isplatila, posebnu pažnju treba posvetiti održavanju sistema vazduha pod pritiskom. U radu je predstavljen značaj održavanja, kao i neki od mogućih pristupa održavanja sistema vazduha pod pritiskom.

## Literatura

- [1] Šešlija, D., „Proizvodnja, priprema i distribucija vazduha pod pritiskom“, IKOS, Novi Sad, 2002
- [2] Adamović, Živoslav, Tehnologija održavanja, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1996.
- [3] Adamović, Živoslav, Totalno održavanje, OMO, Beograd, 2002.
- [4] Joseph L. Foszcz: „What to expect from an air audit“, članak iz Plant Service Magazine, August 2003 ISSUE
- [5] Rich Merritt: „The top 10 targets of a compressed air audit“, preuzeto sa [www.plantservices.com/articles/2005/475.html](http://www.plantservices.com/articles/2005/475.html)
- [6] „Compressed Air Audits [www.ecompressedair.com/air.html](http://www.ecompressedair.com/air.html)
- [7] Henry L. Kemp: „Compressed Air Systems“, an article, Plant Service Magazine, June 2002 ISSUE
- [8] Bonneville Power Administration: „Comprehensive Systems Analysis“ [www.compressedairchallenge.org](http://www.compressedairchallenge.org)
- [9] Henry L. Kemp: „Strategic Air Concepts“ [www.strat-air.com/audit.html](http://www.strat-air.com/audit.html)
- [10] FESTO multimedijalni katalog proizvoda za 2006/2007 godinu
- [11] Amidžić, N., Tehnička dijagnostika u okviru sistema vazduha pod pritiskom, diplomski rad, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, 2019.

# PRORAČUN STRUJE KRATKOG SPOJA U SREDNENAPONSKIM MREŽAMA S PRIKLJUČENIM OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE

## *Short-circuit Calculations in Medium Voltage Distribution Networks with Renewable Energy Sources*

*Professional paper*

Branimir Čošković<sup>1</sup>, Krešimir Fekete<sup>1</sup>, Slaven Kaluđer<sup>2</sup>, Zorislav Kraus<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku,

<sup>2</sup> HEP ODS d.o.o., Elektroslavonija Osijek, Hrvatska

E-mail: kresimir.fekete@ferit.hr

### **Sažetak**

U radu je opisan postupak proračuna struje simetričnog (trofaznog) kratkog spoja metodom superpozicije. Na primjeru 10 kV srednjenaponske distributivne mreže koja sadrži različite tipove obnovljivih izvora energije, izvršen je proračun struje trofaznog kratkog spoja pomoću metode superpozicije. Također, proračun je izvršen za mrežu kada elektrane na obnovljive izvore energije nisu priključene i kada su one priključene kako bi se vidio njihov utjecaj na iznos struje trofaznog kratkog spoja.

**Ključne riječi:** Distributivna mreža, Kratki spojevi, Obnovljivi izvori energije, Superpozicija

### **Abstract**

The superposition method for short-circuit current calculation is described in this paper. Using the example of 10 kV medium voltage distribution network, calculations of short-circuit currents for symmetrical fault are done using superposition method. The various types of renewable energy sources are also connected to the example network and additional short-circuit current calculations are made. Results are compared in order to see the impact of different renewable energy sources on short-circuit current.

**Key words:** Distribution grid, Renewable energy sources, Short-circuits, Superposition

## **1. Uvod**

U današnje vrijeme, izgradnja elektrana na obnovljive izvore energije u stalnom je porastu kako u svijetu tako i u Republici Hrvatskoj. Prema literaturi [1], globalni prosječni godišnji rast udjela obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije za razdoblje od 2006. do 2016. je 1,5%. Prema istom dokumentu [1] više od 50% novoizgrađenih elektrana u svijetu pripada grupi obnovljivih izvora energije. Sličan trend može se primjetiti i u Republici Hrvatskoj [2]. Neke od tehnologija elektrana na obnovljive izvore energije kao što su fotonaponske elektrane (FN), elektrane na bioplin, elektrane na biomasu, male hidroelektrane i sl. priključuju se na elektrodistribucijsku (distributivnu) mrežu. Tradicionalna distributivna mreža građena je za razdiobu električne energije koja dolazi od strane prijenosne mreže ka krajnjim potrošačima električne energije.

Tok energije u tradicionalnoj distributivnoj mreži je jednosmjern: od visoko-

naponske (VN) prijenosne mreže (110 kV) preko srednjenaponske distributivne (SN) mreže (35 kV, 20 kV i 10 kV) prema niskonaponskoj (NN) distributivnoj mreži (0,4 kV) na koju je priključena većina potrošača električne energije. Za razliku od tradicionalne distributivne mreže na koju nisu priključene elektrane, današnja distributivna mreža sadrži priključenje gore spomenute elektrane na obnovljive izvore energije čime postaje aktivna. Priključenje elektrana na obnovljive izvore energije osim smjera toka energije, može utjecati i na druge značajne električne veličine u mreži kao što su: napon [3], harmoničko izobličenje napona i struje [4], podešenja zaštitinih uređaja [5] i sl. Također, elektrane priključene na distributivnu mrežu utječu na iznose struja kratkih spojeva. U ovom radu, prikazan je proračun struja kratkih spojeva u SN distributivnoj mreži kada su na nju priključene različite elektrane na obnovljive izvore energije. Za proračun je upotrebljena metoda superpozicije, a od tehnologija elektrana na obnovljive izvore

uzete su u obzir elektrana na bioplin i fotonaponska elektrana.

## 2. Elektrane na obnovljive izvore energije

### 2.1. Elektrane na bioplin i fotonaponske elektrane

Prirodni izvori energije se prema svojstvu obnovljivosti mogu podijeliti na obnovljive izvore energije i neobnovljive izvore energije. Prema literaturi [6]: „Obnovljivi izvor energije je onaj izvor čiji se prosječni dotok svake godine ponavlja, bez smanjenja, barem za ljudsko poimanje vremena.“

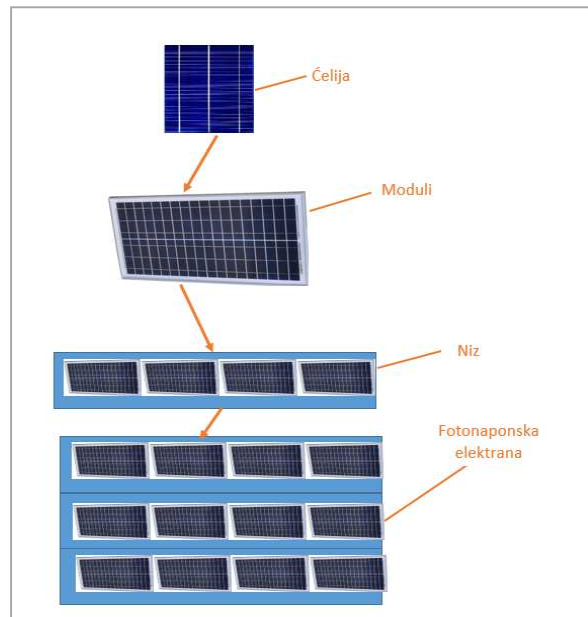
Autori u literaturi [7] navode: „Obnovljivi izvori energije su:

- energija Sunčevog zračenja
- energija vjetra
- energija biomase
- hidroenergija
- unutarnja toplina zemlje.“

U ovom radu naglasak je stavljen na fotonaponske elektrane i elektrane na bioplin koje koriste biomasu kao ulaznu sirovinu za dobivanje bioplina.

Fotonaponske elektrane rade na principu fotonaponske pretvorbe za koju je u literaturi [6] navedeno slijedeće: „Fotonaponska pretvorba je izravna pretvorba Sunčevog svjetla u električnu struju. Sunčevo svjetlo se sastoji od fotona koji sadrže različitu količinu energije, ovisno o različitim valnim duljinama sunčevog spektra.“ Pretvorba sunčeve energije u električnu odvija se u fotonaponskoj ćeliji koja čini osnovni dio FN elektrane. Pojedinačna ćelija proizvodi malo električne energije te se ćelije međusobno spajaju serijski i paralelno u fotonaponski modul. Više FN modula spojenih u seriju čini niz, a više nizova čini FN elektranu. Sl. 1 ilustrira fotonaponsku ćeliju, modul, niz i elektranu [15].

Nizovi FN modula na izlazu daju istosmjerne veličine koje je zbog prirode distributivne mreže potrebno pretvoriti u izmjenične te je izmjenjivač sastavni dio FN elektrane.



Slika 1. Od FN ćelije do FN elektrane [15]

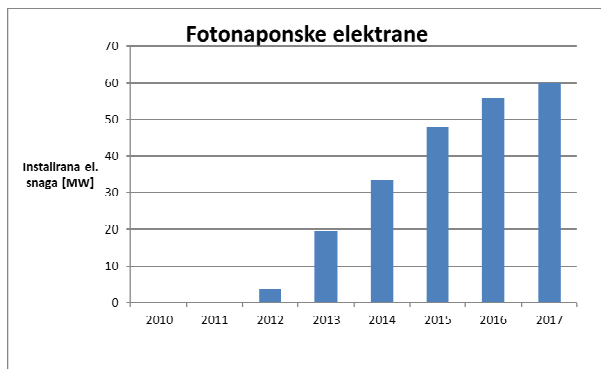
Prema literaturi [6]: „Biomasa je biorazgradivi dio proizvoda, otpada i ostataka poljoprivredne proizvodnje (biljnog i životinjskog porijekla), šumarske i srodnih industrija.“ U bioplinskim elektranama koristi se bioplin nastao razgradnjom biomase. Bioplin služi kao pogonsko gorivo motoru sa unutrašnjim sagorijevanjem koji pogoni sinhroni generator.

### 2.2. Pregled fotonaponskih elektrana i elektrana na bioplin u RH

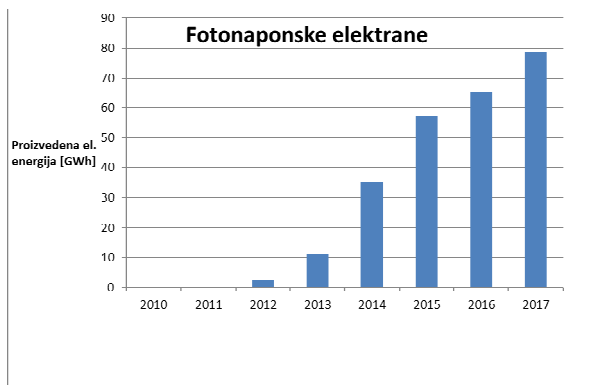
Sl. 2 prikazuje ukupnu instaliranu snagu fotonaponskih elektrana u RH za razdoblje od 2010. do 2017. Podaci za izradu dijagrama na sl.1 preuzeti su iz godišnjih energetskeg pregleda „Energija u Hrvatskoj“ [2] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14].

Sl. 3 prikazuje ukupnu proizvedenu godišnju energiju fotonaponskih elektrana u RH za razdoblje od 2010. do 2017. Podaci za izradu dijagrama na sl.1 preuzeti su iz godišnjih energetskeg pregleda „Energija u Hrvatskoj“ [2], [8], [9], [10], [11], [12], [13] [14].

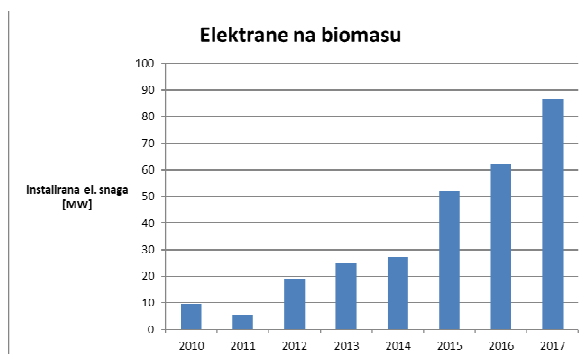
Sl. 4 prikazuje ukupnu instaliranu snagu elektrana na biomasu u RH za razdoblje od 2010. do 2017. Podaci za izradu dijagrama na sl. 1 preuzeti su iz godišnjih energetskeg pregleda „Energija u Hrvatskoj“ [2] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14].



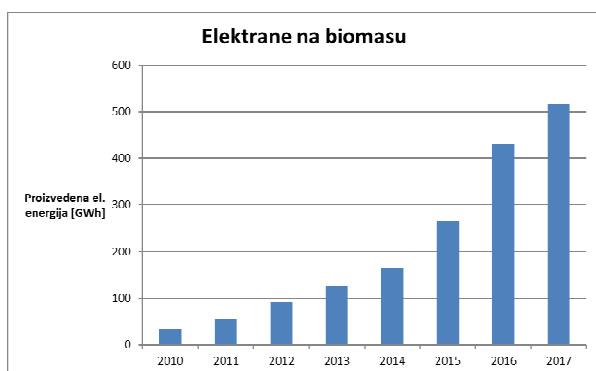
Slika 2. Ukupna instalirana snaga FN elektrana u RH [16]



Slika 3. Ukupno proizvedena godišnja električna energija FN elektrana u RH [16]



Slika 4. Ukupna instalirana snaga elektrana na biomasu u RH [16]



Slika 5. Ukupno proizvedena godišnja električna energija elektrana na biomasu u RH [16]

Sl. 5. prikazuje ukupnu proizvedenu godišnju energiju elektrana na biomasu u RH za razdoblje od 2010. do 2017. Podaci za izradu dijagrama na sl. 1 preuzeti su iz godišnjih energetskeg pregleda „Energija u Hrvatskoj“ [2] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14].

Sve FN elektrane i elektrane na biomasu prikazane na sl. 2 - 5 priključene su na distributivnu mrežu. Sl. 2 – 5 pokazuju značajan trend porasta izgradnje FN elektrana i elektrana na biomasu u zadnjih deset godina što ukazuje na potrebu uzimanja u obzir ovih elektrana kada se vrše analize distributivne mreže. U ovom radu prikazan je proračun struje trofaznog kratkog spoja u djelu srednjenaponske distributivne mreže na koju je priključena elektrana na bioplin i FN elektrana.

### 3. Metoda superpozicije primjenjena na proračun struje trofaznog kratkog spoja

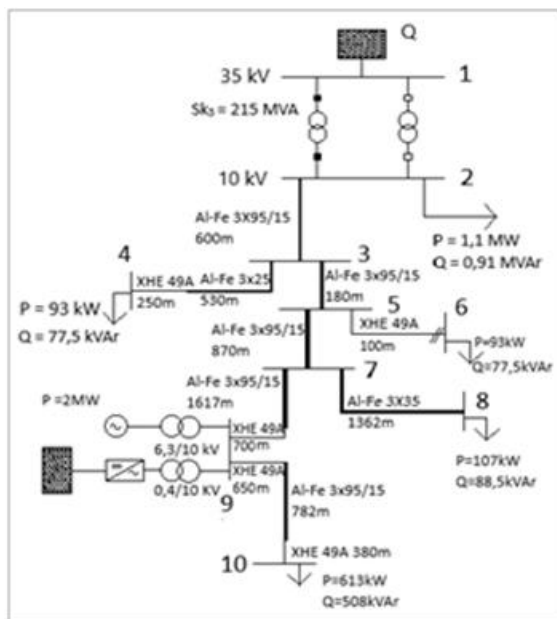
Fizikalno gledajući, trofazni kratki spoj predstavlja vodljivo premoštenje između sve tri faze trofaznog sustava. Pri trofaznom kratkom spoju u mreži će poteći struja koja je znatno veća od pogonskih vrijednosti što može dovesti do oštećenja opreme. Proračun struje trofaznog kratkog spoja može se provesti prema metodi koju propisuje standard IEC60909 [17]. Osim metode propisane navedenim standardom [17], može se koristiti i teorijski točnija metoda superpozicije koja je dobro objašnjena u literaturi [18]. Metoda superpozicije daje točniji rezultat jer uzima u obzir više utjecajnih veličina kao što je poznato opterećenje mreže u trenutku kratkog spoja čime su definirani struja i napon na mjestu kratkog spoja neposredno prije samog trenutka kratkog spoja. Metoda superpozicije temelji se na superponiranju (zbrajanju) dva stanja mreže – stanje mreže prije nastanka kvara i stanje mreže izazvano kratkim spojem. Prema literaturi [18] metoda se može podijeliti u slijedeće korake:

1. Postavljanje nadomjesne sheme mreže u admitantnom obliku
2. Proračun tokova snage u mreži
3. Inverzija matrice admitancije čvorova
4. Primjena Théveninovog teorema
5. Superpozicija inicijalnog i promijenjenog stanja.

Metoda superpozicije primjenjiva je rješavanju na računalo. Korak 3. inverzija matrice admitancija čvorova predstavlja najzahtjevniji dio u proračunu. U ovom radu, za inverziju matrice admitancija, koristio se računalni alat MATLAB.

### 3. Primjer proračuna struje trofaznog kratkog spoja u SN distributivnoj mreži

Sl. 6 prikazuje promatrani dio sred-njenaponske distributivne mreže. Na sl. 1 mogu se vidjeti iznosi opterećenja u kW i kVAr. Naponska razina promatranog djela mreže je 10 kV koja je preko transformatorske stanice 35/10 kV spojena na 35 kV distributivnu mrežu. U trafostanici se nalaze dva transformatora od kojih je samo jedan trenutno u pogonu. Električni podaci vodova, kabela i transformatora prikazani su u tab.1 - 3.



Slika 6. Promatrani dio SN distributivne mreže [16]

Tablica 1. Podaci o transformatorima [16]

Transformator	Prividna snaga (MVA)	Napon kratkog spoja uk(%)	Gubici zbog tereta (kW)
T1	4	6	33
T2	4	6	33
T3	2	7	/
T4	0,400	4	4,6

Tablica 2. Podaci o vodovima [16]

Vod	Otpor $R_1$ ( $\Omega/km$ )	Reaktancija $X_1$ ( $\Omega/km$ )	Dužina l (m)
V <sub>23</sub>	0,3058	0,4	600
V <sub>34</sub>	1,2028	0,4	530
V <sub>35</sub>	0,3058	0,4	180
V <sub>57</sub>	0,3058	0,4	870
V <sub>78</sub>	0,8353	0,4	1362
V <sub>79</sub>	0,3058	0,4	1617
V <sub>910</sub>	0,3058	0,4	782

Tablica 3. Podaci o kabelima [16]

Kabel	Otpor $R_1$ ( $\Omega/km$ )	Reaktancija $X_1$ ( $\Omega/km$ )	Dužina l (m)
K <sub>34</sub>	0,206	0,1759	250
K <sub>56</sub>	0,206	0,1759	100
K <sub>79</sub>	0,206	0,1759	700
K <sub>910(1)</sub>	0,206	0,1759	650
K <sub>910(2)</sub>	0,206	0,1759	380

Proračun struje kratkog spoja izvršava se za kratki spoj na lokaciji sabirnice 9 za tri različita slučaja:

Slučaj 1 - kada na sabirnicu 9 nisu spojene elektrana na bioplin i FN elektrana.

Slučaj 2 - kada je na sbirnicu 9 spojena samo elektrana na bioplin snage 2 MW i

Slučaj 3 - kada je na sabirnicu 9 spojena i elektrana na bioplin snage 2 MW i FN elektrana snage 300 kW.

U svrhu proračuna postavljena je matrica admitancija koja se invertira kako bi se dobila matrica impedancija prikazan na sl. 7.

Column 1 through 8

0,0008 + 0,50794i	0,0010 + 0,49123i	-0,0006 + 0,48864i	-0,0006 + 0,48864i	-0,0011 + 0,48764i	-0,0011 + 0,48764i	-0,0006 + 0,48851i	-0,0006 + 0,48851i
0,0010 + 0,49123i	0,2002 + 1,91521i	0,1930 + 1,90481i	0,1930 + 1,90481i	0,1908 + 1,90161i	0,1908 + 1,90161i	0,1761 + 1,88701i	0,1761 + 1,88701i
-0,0006 + 0,48864i	0,1930 + 1,90481i	0,3672 + 2,13941i	0,3672 + 2,13941i	0,3645 + 2,13111i	0,3645 + 2,13111i	0,3468 + 2,11561i	0,3468 + 2,11561i
-0,0006 + 0,48864i	0,1930 + 1,90481i	0,3672 + 2,13941i	0,3672 + 2,13941i	0,3645 + 2,13111i	0,3645 + 2,13111i	0,3468 + 2,11561i	0,3468 + 2,11561i
-0,0011 + 0,48764i	0,1908 + 1,90161i	0,3645 + 2,13111i	0,3645 + 2,13111i	0,4166 + 2,19461i	0,4166 + 2,19461i	0,3900 + 2,18401i	0,3900 + 2,18401i
-0,0011 + 0,48764i	0,1908 + 1,90161i	0,3645 + 2,13111i	0,3645 + 2,13111i	0,4166 + 2,19461i	0,4166 + 2,19461i	0,3900 + 2,18401i	0,3900 + 2,18401i
-0,0006 + 0,48851i	0,1761 + 1,88701i	0,3468 + 2,11561i	0,3468 + 2,11561i	0,3900 + 2,18401i	0,3900 + 2,18401i	0,4411 + 2,51541i	0,4411 + 2,51541i
-0,0006 + 0,48851i	0,1761 + 1,88701i	0,3468 + 2,11561i	0,3468 + 2,11561i	0,3900 + 2,18401i	0,3900 + 2,18401i	0,4411 + 2,51541i	0,4411 + 2,51541i
-0,0009 + 0,48929i	0,1738 + 1,88521i	0,3440 + 2,11381i	0,3440 + 2,11381i	0,3951 + 2,18221i	0,3951 + 2,18221i	0,4376 + 2,51351i	0,4376 + 2,51351i
-0,0009 + 0,48929i	0,1738 + 1,88521i	0,3440 + 2,11381i	0,3440 + 2,11381i	0,3951 + 2,18221i	0,3951 + 2,18221i	0,4376 + 2,51351i	0,4376 + 2,51351i

Column 9 through 10

-0,0009 + 0,48929i	-0,0009 + 0,48929i
0,1738 + 1,88521i	0,1738 + 1,88521i
0,3440 + 2,11381i	0,3440 + 2,11381i
0,3951 + 2,18221i	0,3951 + 2,18221i
0,3951 + 2,18221i	0,3951 + 2,18221i
0,4376 + 2,51351i	0,4376 + 2,51351i
0,4376 + 2,51351i	0,4376 + 2,51351i
0,7474 + 2,41431i	0,7474 + 2,41431i
0,7474 + 2,41431i	0,7474 + 2,41431i

Slika 7. Matrica impedancija promatrane mreže [16]

Za korak 2 u proračunu metodom superpozicije, potrebno je izračunati tokove snaga za sva tri slučaja. Za proračun tokova snaga korišten je računalni program PowerWorld Simulator. Naponi koji su izračunati proračunom tokova snaga za sva tri slučaja prikazani su u tab. 4.

Tablica 4. Izračunati naponi sabirnica za sva tri slučaja [16]

Sabir-nica	Napon Slučaj 1 [p.u]	Napon Slučaj 2 [p.u]	Napon Slučaj 3 [p.u]
1	1,00000∠0°	1,00000∠0°	1,00000∠0°
2	0,97050∠-1,62°	0,97813∠0,15°	0,97771∠0,40°
3	0,96694∠-1,67°	0,97886∠0,36°	0,97882∠0,66°
4	0,96606∠-1,65°	0,97800∠0,37°	0,97796∠0,68°
5	0,96598∠-1,69°	0,97919∠0,42°	0,97927∠0,74°
6	0,96595∠-1,69°	0,97916∠0,42°	0,97923∠0,74°
7	0,96188∠-1,75°	0,98135∠0,74°	0,98199∠1,13°
8	0,96011∠-1,73°	0,97961∠0,77°	0,98026∠1,16°
9	0,95384∠-1,86°	0,98826∠1,46°	0,99035∠2,01°
10	0,94842∠-1,91°	0,98289∠1,42°	0,98500∠1,96°

Iz tab. 4 može se vidjeti kako priključenje elektrane na bioplin (Slučaj 2) rezultira u povećanju napona sabirnica. Također i priključenje FN elektrane (Slučaj 3) rezultira u malom povećanju napona sabirnica (puno manjem nego u Slučaju 2 jer je FN elektrana manje snage od elektrane na bioplin).

Struja kratkog spoja na mjestu kvara dobiva se pomoću napona na mjestu kvara neposredno prije samog kvara i elementa matrice impedancije koji ima indeks jedank broju čvora na kojem je došlo do kratkog spoja. Za čvor 9, početna struja trofaznog kratkog spoja u sva tri slučaja se dobiva na slijedeći način:

jednadžba (1) predstavlja Slučaj 1,

jednadžba (2) predstavlja Slučaj 2 i

jednadžba (3) predstavlja Slučaj 3.

$$\bar{I}_9^K = \frac{\bar{V}_9^{(0)}}{\bar{Z}_{99}} = \frac{0,95384\angle -1,86^\circ}{0,7474 + j2,6163} = 0,351\angle -75,92^\circ \text{ p. u.} \quad (1)$$

$$\bar{I}_9^K = \frac{\bar{V}_9^{(0)}}{\bar{Z}_{99}} = \frac{0,98826\angle -1,46^\circ}{0,4140 + j1,9823} = 0,488\angle -79,66^\circ \text{ p. u.} \quad (2)$$

$$\bar{I}_9^K = \frac{\bar{V}_9^{(0)}}{\bar{Z}_{99}} = \frac{0,99035\angle 2,01^\circ}{0,4140 + j1,9823} = 0,489\angle -76,19^\circ \text{ p. u.} \quad (3)$$

Kako bi se struje kratkog spoja izraze u apsolutnim iznosima, potrebno je relativne veličine izražene u p.u. pomnožiti sa baznom strujom koja je u danom primjeru 5773 A. Usporedba struja trofaznog kratkog spoja za sva tri slučaja prikazan je u tab. 5.

Tablica 5. Izračunate struje trofaznog kratkog spoja izražene u apsolutnim vrijednostima za sva tri slučaja [16]

Slučaj	Struja kratkog spoja [kA]
Slučaj 1	2,026
Slučaj 2	2,817
Slučaj 3	2,829

Usporedbom rezultata proračuna, može se zaključiti kako je elektrana na bio-plin znatno povećala vrijednost struje kratkog spoja (s 2,026 kA na 2,817 kA). FN elektrana utječe neznatno na povećanje struje kratkog spoja (s 2,817 kA na 2,829 kA).

#### 4. Zaključak

Primjer proračuna prikazuje utjecaj različitih tehnologija elektrana na obnovljive izvore energije na struju trofaznog kratkog spoja u SN distributivnoj mreži. Iz rezultata proračuna se može zaključiti kako elektrana na bioplin utječe znatnije na struju kratkog spoja od FN elektrane. Razlog ovakvih rezultata leži u činjenici kako je elektrana na bioplin opremljena sinkronim generatorom koji ovisno o svojoj veličini doprinosi struji kratkog spoja. Kod FN elektrane situacija je drugačija jer FN modul predstavlja strujni

izvor koji je preko energetskog pretvarača spojen na mrežu. Za vrijeme trajanja kratkog spoja FN elektrana može povećati izlaznu struju samo za 10-15%.

## Literatura

- [1] REN21, Renewables 2019, Global Status Report, 2019., dostupno na: <http://www.ren21.net/gsr-2019/pages/foreword/foreword/> (2.11.2019.)
- [2] Vuk Branko i sur. Energija u Hrvatskoj 2017., Ministarstvo zaštite okoliša i energetike Republike Hrvatske, Zagreb, 2018. (ISSN 847-0602)
- [3] Knežević, Goran; Fekete, Krešimir; Nikolovski, Srete. Simulation of the Residential Photovoltaic System Expansion Impact on the Voltage Profile. / Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Power of Knowledge and Creativity" / Katalinić, Branko (ur.). (ISBN 978-3-901509-83-4). Vienna, 2011. str. 1615-1616
- [4] Fekete, Krešimir; Klaić, Zvonimir; Majdandžić, Ljubomir. Expansion of the residential photovoltaic systems and its harmonic impact on the distribution grid, / Renewable energy, 2012, Volumen 43; str. 140-148
- [5] Nikolovski, Srete; Papuga, Vanja; Knežević, Goran; Fekete, Krešimir. Relay Protection Coordination for Photovoltaic Power Plant Connected on Distribution Network. / International journal of electrical and computer engineering systems, 2014, Volumen 5; Broj 1, str. 15-20
- [6] Šljivac Damir; Topić Danijel. Obnovljivi izvori električne energije. Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek, 2018.
- [7] Šljivac Damir; Šimić Zdenko. Obnovljivi izvori energije s osvrtom na gospodarenje. Hrvatska komora arhitekata i inženjera u graditeljstvu, Razred inženjera elektrotehnike, Osijek 2008.
- [8] Vuk Branko i sur. Energija u Hrvatskoj 2010., Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva Republike Hrvatske, Zagreb, 2011.
- [9] Vuk Branko i sur. Energija u Hrvatskoj 2011., Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb, 2012.
- [10] Vuk Branko i sur. Energija u Hrvatskoj 2012., Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb, 2013.
- [11] Vuk Branko i sur. Energija u Hrvatskoj 2013., Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb, 2014.
- [12] Vuk Branko i sur. Energija u Hrvatskoj 2014., Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb, 2015.
- [13] Vuk Branko i sur. Energija u Hrvatskoj 2015., Ministarstvo zaštite okoliša i energetike Republike Hrvatske, Zagreb, 2016.
- [14] Vuk Branko i sur. Energija u Hrvatskoj 2016., Ministarstvo zaštite okoliša i energetike Republike Hrvatske, Zagreb, 2017.
- [15] Nikolić Andrea; Nova mrežna pravila i uvjeti prilikom priključenja FN elektrana na NN distributivnu mrežu, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek, 2019., završni rad
- [16] Čošković Branimir; Proračun struje kratkog spoja u SN mrežama sa obnovljivim izvorima energije, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek, 2019., diplomski rad
- [17] IEC 60909-0:2016 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems
- [18] Saadat Haadi. Power System Analysis. The McGraw Hill Companies, New York, 1999.



# IZBOR OSOBNE ZAŠTITNE OPREME ZA ZAŠTITU OD POSLJEDICA ELEKTRIČNOG LUKA

## *Selection of Personal Protective Equipment for Arc Flash Hazard*

*Professional paper*

Damjan Simonović, Goran Knežević

Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija - Osijek, Hrvatska

E-mail: goran.knezevic@ferit.hr

### **Sažetak**

Opasnost od nastanka električnog luka uvijek je prisutna pri radu pod naponom. Da bi se osigurala sigurnost operatera, potrebno je promotriti sve parametre koji dovode do pojave električnog luka te proračunati energiju električnog luka kako bi se odabrala prikladna osobna zaštitna oprema za zaštitu od posljedica električnog luka. U ovome radu prikazani su učinci električnog luka na ljudsko tijelo te električnu opremu. Modelirana je električna mreža s fotonaponskom elektranom te je izračunata energija električnog luka u niskonaponskoj mreži pomoću programa EasyPower kako bi se na temelju poznatih parametara izabrala osobna zaštitna oprema. Izvedeno je više različitih simulacija te se došlo do zaključka da se postavljanjem diferencijalne zaštite na sabirnice smanjuje energija električnog luka pri čemu je dovoljno odabrati osobnu zaštitnu opremu prve razine čime se pruža dostatna sigurnost operatera pri radu pod naponom.

**Ključne riječi:** Energija električnog luka, Osobna zaštitna oprema, Rad pod naponom

### **Abstract**

The risk of an electric arc is always present in live-line working. In order to ensure the safety of the operator, it is necessary to consider all the parameters that lead to the appearance of the electric arc and to calculate the energy of the electric arc in order to select suitable personal protective equipment to protect against the effects of the arc. This paper presents the effects of electric arc on the human body and electrical equipment. A grid with connected photovoltaic power plant was modeled and the energy of the low-voltage electric arc was calculated using Easy Power to select personal protective equipment based on known parameters. Several different simulations were performed and it was concluded that installation of the differential protection on the busbars reduces the energy of the arc, and it is sufficient to choose personal protective equipment of the first category, which provides sufficient operator safety in live-line working.

**Keywords:** electric arc energy, personal protective equipment, live-line operation.

## **1. Uvod**

Svakodnevni elektrotehnički rad provodi se diljem svijeta uz opasnost da se proizvede električni luk zbog kvara ili iz tehničkih razloga. Prilikom pojave električnog luka učinci se mogu samo približno odrediti. Osobna zaštitna oprema koja je 100% sigurna zaštita od električnog luka nije moguća nego se primjenom zaštitne opreme posljedice električnog luka smanjuju. Opasnost za osobu primarno bi trebala biti spriječena tehničkim ili inženjerskim mjerama u električnim postrojenjima. U slučaju da je bilo koji rad u blizini električnog postrojenja ili u uvjetima pod naponom neophodan, osoba je općenito u području koje nije pristupačno za normalan rad ljudi. U tim slučajevima, opće tehničke preventivne mjere, npr. ploče i vrata moraju se otvoriti ili čak

ukloniti na određeno vrijeme. Kako su ove radnje dio radova održavanja i popravaka, opasnosti zbog električnih lukova ne mogu se u potpunosti otkloniti u doglednoj budućnosti. U ovom radu na konkretnom primjeru električne mreže pomoću programa Easy Power izračunata je energija električnog luka te preporučena zaštitna oprema s obzirom na minimalnu vrijednost izloženosti termičkim svojstvima električnog luka.

## 2. Učinci električnog luka

Ovisno o snazi i vremenu izgaranja električnog luka moguća je pojava različitih fizičkih učinaka koji proizlaze iz područja visokih temperatura. Temperature do 10000° C moguće su u električnom luku, a u njegovom podnožju mogu biti i do 20000°C. Materijal u podnožju električnog luka isparava i tako se oblikuje u vodljivu vezu između elektroda. Kroz pojačani tok temperatura raste i razvija se plazma između elektroda (sl.1).



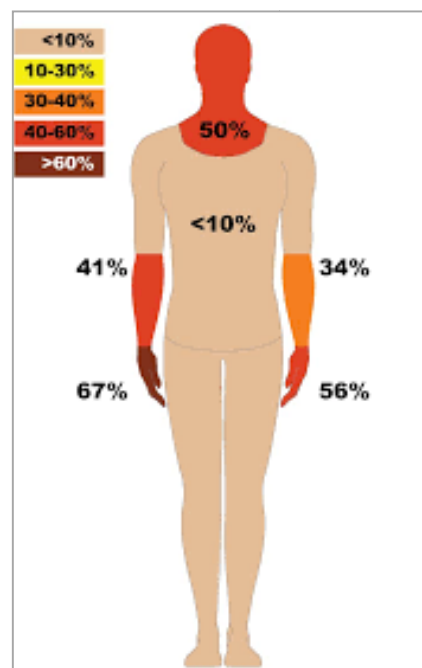
Slika 1. Posljedice električnog luka na električnim instalacijama [1]

Plazma se razlikuje po činjenici da su svi kemijski spojevi u njoj razbijeni i ionizirani. Plazmeni oblak ima vrlo visoku kemijsku agresiju. Isparavanjem metala i naknadnim zagrijavanjem dolazi do ekspanzije mase koja eksplozivno prenosi metalnu paru i prskanje u podnožju luka. Kao rezultat hlađenja i reagiranja s atmosferskim kisikom mogu se pronaći metalni oksidi koji se tijekom daljnjeg hlađenja pojavljuju kao crni ili sivi dim. Dokle god pare i dim dobiju dovoljnu temperaturu, oni talože prilično ljepljivu kontaminaciju. Daljnja fizikalna reakcija tijekom razvoja električnog luka je ogroman porast tlaka koji u 5-15 ms može dosegnuti svoj prvi maksimum do 0,3 MPa. To odgovara tlaku od 20-30 t/m<sup>2</sup> [2]. Ako se ne može odvijati neprekidno širenje valova pod tlakom, postoji rizik mehaničkog uništavanja električne instalacije i okoline. Tako se vrata i obloge mogu dignuti u zrak, kućišta i pregrade mogu puknuti i slomiti se. Iznenadnim porastom tlaka uslijed udarca električnog luka, detonacija rezultira razinom zvučnog tlaka većim od 140 dB što dovodi do oštećenja sluha za ljudska bića. Ovisno o

jakosti električnog luka, toplinplinsko zračenje može zapaliti obližnje zapaljive materijale. Rastaljene metalne mrlje koje potječu iz električnog luka povećavaju opasnost od požara. Konačno, ljudi koji rade u opasnoj zoni mogu biti izloženi toksičnim proizvodima razgradnje koji potječu iz električnog luka, a posljedica je da, osim štetnih učinaka opekline na koži, može doći do ozbiljne plućne bolesti zbog udisanja štetnih plinova.

### 2.1. Učinci na ljudskom tijelu

Institut za istraživanje električnih nesreća u Njemačkoj proučio je i analizirao teške nesreće s električnim lukom koje su se dogodile 1998. godine u Njemačkoj. Dostupna je bila medicinska dokumentacija od 61 slučaja. Procjena se odnosila na toplinsko oštećenje zahvaćenog dijela tijela. Toplinska oštećenja uključivala su opekline prvog ili višeg stupnja. Treba naglasiti da su najteže pogođeni dijelovi bili ruke i glava, uključujući vrat. U više od 2/3 nesreća ozlijeđena je desna ruka, a u približno polovici nesreća su pogođena područja lica i vrata. Osim toga, podlaktice (41% desnih i 34% lijevih) bile su često povrijeđene [3]. Svi ostali dijelovi tijela oštećeni su do razine od 10%. Rezultati su sažeti na sl. 2.



Slika 2. Distribucija toplinskih oštećenja

### 3. Klasifikacija odjeće otporne na električni luk kao zaštitne odjeće

U većini zemalja diljem svijeta postoje direktive koje zahtijevaju procjenu izloženosti opasnosti za svako radno mjesto. To je također primjenjivo u elektrotehničkom radu. Za ovu vrstu rada, navedena procjena će kao posljedicu imati da operater u velikoj mjeri riskira da bude izložen električnom luku. Koliko je to moguće, mora se otkloniti bilo kakva opasnost koja dolazi iz opasne zone, što znači – isključivanje, ali to nije moguće u uvjetima kada se zahtjeva „rad pod naponom“ ili "rad u blizini dijelova pod naponom". Međutim, ove specifične metode rada dopuštene su samo ako su postignute zaštitne mjere protiv opasnosti od električnog luka. Zaštita operatera zaštitnom odjećom treba biti posljednji korak koji treba poduzeti.

Opasnost od paljenja električnog luka u normalnim mrežama (ovdje se u velikoj mjeri odvija elektrotehnički rad) ne može se u potpunosti otkloniti. Kako bi se spriječila bilo kakva opasnost za dotičnu osobu, u svakom slučaju treba poduzeti mjere opreza, čak i ako se čini da je rizik za određeni posao prilično mali. Ako se zahtjevi ispitivanja odjeće sastoje od očekivanog intenziteta izlaganja i zajamčeni su zahtjevi za kvalitetom svakog proizvoda, onda se pitanje treba li odjeću nazvati radnom odjećom ili radije zaštitnom odjećom otpornom na električne lukove čini od sporedne važnosti. Međutim, treba naglasiti da ispitivani materijali nisu otporni na svaki električni luk.

Električni luk je neočekivani incident čiji se intenzitet može procijeniti samo parametrima mreže. Međutim, dodatne opasnosti i nesigurnosti nastaju zbog npr. udaljenosti dotične osobe od luka. Ovdje se mora primijetiti da je u odnosu na većinu postupaka ispitivanja električnog luka udaljenost od približno 300 mm do područja prsnog koša uzeta kao osnova. U tab. 1 dan je izbor osobne zaštitne odjeće s obzirom na minimalnu vrijednost izloženosti termičkim svojstvima električnog luka prema normi NFPA 70E.

Tablica 1. Izbor osobne zaštitne opreme prema NFPA 7E [4]

Kategorija rizika od opasnosti	Opis zaštitne odjeće (broj slojeva odjeće)	Minimalna vrijednost izloženosti termičkim svojstvima električnog luka (cal/cm <sup>2</sup> )
0	Neobrađen pamuk (1)	1.2
1	FR hlače i FR majica (1)	4
2	Pamučno rublje plus FR hlače i FR majica (2)	8
3	Pamučno rublje plus FR hlače i FR majica plus radni kombinezon (3)	25
4	Pamučno rublje plus FR hlače i FR majica plus kaput i hlače s dvostrukim slojem (4)	40

### 4. Simulacija električnog luka u električnoj mreži pomoću programa EasyPower

#### 4.1. Opis računalnog modela mreže

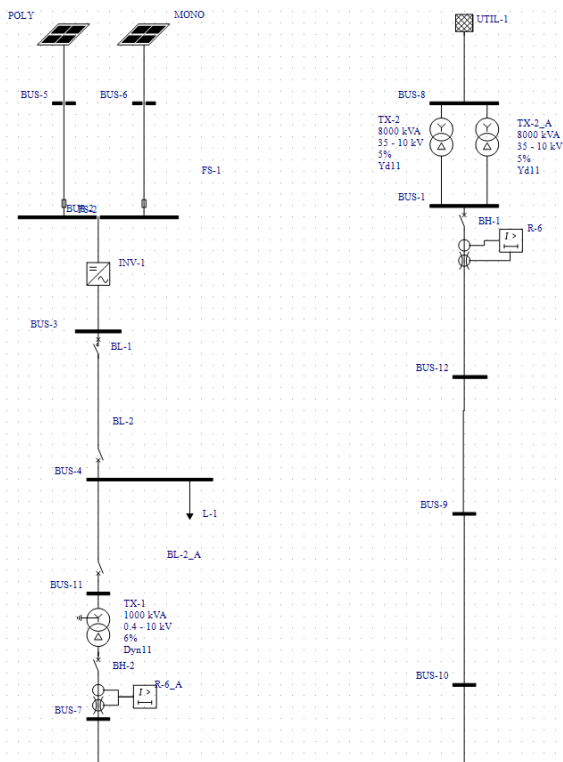
U programu EasyPower napravljen je model električne mreže na kojoj je izvršena simulacija električnog luka te je dobivena energija električnog luka i kategorija osobne zaštitne opreme za rad pod naponom s obzirom na dobivenu energiju električnog luka. Na sl. 3 prikazan je računalni model promatrane mreže koja se sastoji od dva paralelno spojena niza fotonaponskih modula snage po 5 kW, dajući ukupnu snagu od 10 kW.

Lijevi niz fotonaponskih modula izrađen je od polikristala, desni niz modula od monokristala. Njihov napon iznosi 680 V, a nazivna struja po 8,65 A. Poslije njih dolazi izmjenjivač nazivne snage 10 kW koji spušta napon na 400 V. Sabirница izmjenjivača i sabirnica na koju je spojen teret, koja predstavlja priključni ormarić, spojene su kabelom dužine 70 metara koji je u modelu parametriran po svojoj dužini i načinu izvedbe, kao i svaki od sljedećih kabela u spomenutoj mreži.

Za svaki pojedini presjek kabela određeno je nazivno opterećenje, radni otpor, induktivitet, izračunata reaktancija te kapacitet iz kataloga ELKA [5].

Transformatorska stanica 10/0,4 kV spojena je s trafostanicom 35/10 kV aluminijskim kabelima u četiri serijski spojene dionice, redom: kabel 3x1x150 mm<sup>2</sup> dužine 175 m, kabel 3x1x150 mm<sup>2</sup> dužine 235 m, kabel 3x1x150 mm<sup>2</sup> dužine 248m i kabel 3x1x120 mm<sup>2</sup> dužine 750 m. Kabeli vode do trafostanice s dva paralelno spojena transformatora 35/10 kV nazivne snage po 8000 kVA.

Osigurači postavljeni na fotonaponskim modulima su nazivne struje 20 A. Niskonaponski prekidač koji štiti sabirnicu izmjenjivača prekida struju kratkog spoja na 20 A. Niskonaponski prekidač koji štiti priključni ormarić je postavljen da prekida struju kratkog spoja na 200 A.



Slika 3. Model razmatrane mreže

Proveden je proračun struja kratkog spoja u navedenoj mreži. Doprinos struji kratkog spoja pojedinog niza fotonaponskih modala iznosi 9 A. Tu se može primijetiti kako osigurač od 20 A koji je postavljen, neće prekinuti tu struju. Stoga je potrebno dodati diferencijalnu zaštitu na sabirnici gdje su

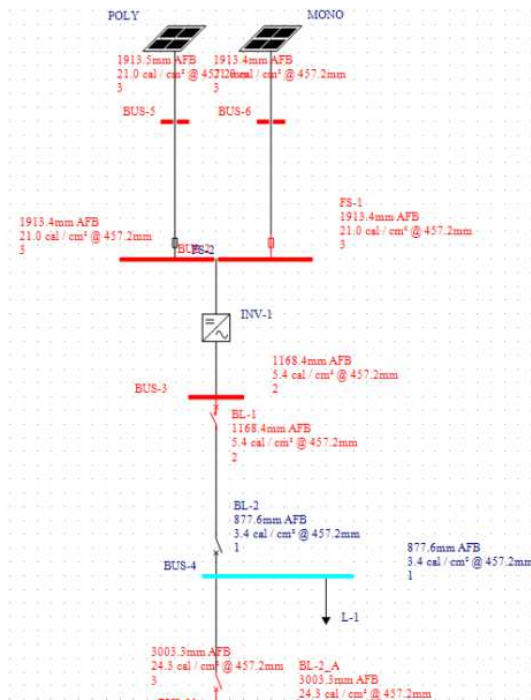
spojeni nizovi fotonaponskih modula. Od izmjenjivača do priključnog ormarića dolazi struja od 16 A.

S druge strane, od trafostanice 35/10 kV do transformatora 10/0,4 kV dolazi struja iznosa 6,85 kA, zatim od transformatora do priključnog ormarića struja kratkog spoja iznosi 21,224 kA. Izvedene su simulacije električnog luka i dobivene su vrijednosti energije električnog luka i kategorija osobne zaštitne odjeće preporučene za rad pod naponom. U nastavku će biti prikazane simulacije bez diferencijalnih zaštita i s diferencijalnim zaštitama s vremenom reagiranja od 50 ms, gdje će se promatrati energija električnog luka samo za 3 sabirnice (bus 2, 3 i 4). Jedinica za energiju električnog luka u simulacijama je dana u cal/cm<sup>2</sup>. 1 cal/cm<sup>2</sup> iznosi 4,184 J/cm<sup>2</sup>. Također će se u nekim simulacijama promatrati pretpostavka za vrijeme odmicanja od 2 sekunde. To nam govori o vremenu koje je procijenjeno da se osoba odmakne od mjesta nastanka električnog luka.

#### 4.2. Simulacija električnog luka bez diferencijalnih zaštita i vremena odmicanja

U prvom slučaju nema diferencijalne zaštite već samo zaštita koja je prethodno postavljena.

Na sl. 4 su prikazani dobiveni rezultati. Vidljivo je kako za sabirnicu bus 2 energija luka iznosi 21 cal/cm<sup>2</sup> te je preporučena osobna zaštitna oprema razine 3. Toлика vrijednost je zbog toga što osigurači dizajnirani za niz fotonaponskih modula prekidaju struju kratkog spoja tek na 20 A, a teče struja od 9 A, što znači da imamo stalni tok struje kratkog spoja. Na sabirnici bus 3 vidljivo je da se ta energija smanjila na 5,4 cal/cm<sup>2</sup> zbog izmjenjivača te je preporučena druga razina osobne zaštitne opreme. Na sabirnici bus 4 vidljivo da je energija smanjena na 3,4 cal/cm<sup>2</sup> za što je dovoljna prva razina osobne zaštitne opreme.



Slika 4. Simulacija električnog luka bez diferencijalne zaštite

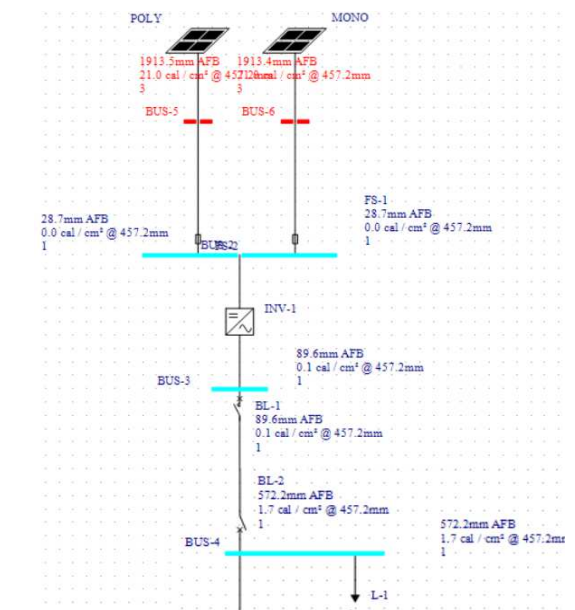
#### 4.3. Simulacija električnog luka s diferencijalnom zaštitom i bez vremena odmicanja

U drugom slučaju je postavljena diferencijalna zaštita s vremenom reagiranja od 50 ms na sabirnice bus 2, bus 3 i bus 4. Diferencijalna zaštita je postavljena budući da sami osigurači ne prekidaju struje kratkog spoja koje dolaze od fotonaponskih modula. Na sl. 5 su prikazani dobiveni rezultati. Dodavanjem diferencijalne zaštite, vrijednosti energije električnog luka značajno su se smanjile te je dovoljna prva razina osobne zaštitne opreme.

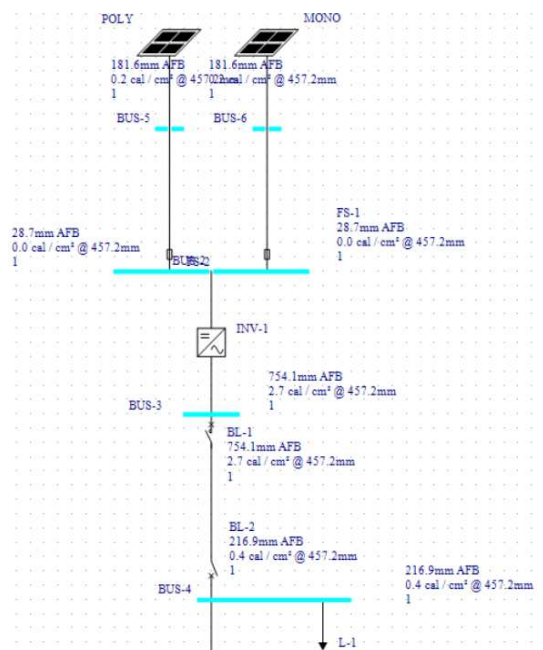
#### 4.4. Simulacija električnog luka s odmicanjem nakon 2 sekunde

U ovom je slučaju uzeto u obzir pretpostavka o odmicanju operatera od sabirnice u vremenu od dvije sekunde. Nije uzeta u obzir diferencijalna zaštita da bi se pokazao utjecaj pretpostavke odmicanja. Na sl. 6 su prikazani dobiveni rezultati. Može se vidjeti da je ta pretpostavka značajno smanjila opasnost od električnog luka. Na sabirnici bus 2 vidi se da je energija električnog luka koja je opasna za operatera svedena na nulu, jednako kao da je postavljena diferencijalna zaštita. Na sabirnici bus 3 energija električnog luka iznosi 2,7 cal/cm<sup>2</sup>, što je dvostruko manje od energije električnog luka iznosi 2,7 cal/cm<sup>2</sup>, što

je dvostruko manje od energije kada nema diferencijalne zaštite.



Slika 5. Simulacija električnog luka s diferencijalnom zaštitom na sve tri promatrane sabirnice



Slika 6. Simulacija električnog luka s odmicanjem u trajanju 2 sekunde

Može se vidjeti da je ta pretpostavka značajno smanjila opasnost od električnog luka. Na sabirnici bus 2 vidi se da je energija električnog luka koja je opasna za operatera svedena na nulu, jednako kao da je postavljena diferencijalna zaštita. Na sabirnici bus 3 energija električnog luka iznosi 2,7 cal/cm<sup>2</sup>, što je dvostruko manje od energije kada nema diferencijalne zaštite. Na

trećoj sabirnici energija električnog luka je svedena na  $0,4 \text{ cal/cm}^2$ . Pretpostavka o odmicanju od dvije sekunde ne može biti u potpunosti sigurna jer ima više faktora koji utječu na motoričke sposobnosti osobe. Iako daje rezultate koji su prihvatljivi, nije sigurno da će svaka osoba tako reagirati, što bi moglo dovesti do ozbiljnih ozljeda.

## 5. Zaključak

U ovom radu objašnjeni su učinci električnog luka na ljudsko tijelo i električnu opremu te su na računalnom modelu električne mreže s fotonaponskom elektranom provedeni proračuni energije električnog luka i izbor osobne zaštitne opreme za različita mjesta rada.

Fotonaponska elektrana ima ograničen doprinos struji kratkog spoja te će on ovisiti o dizajnu i načinu rada invertera. Inverter će nastojati predavati snagu i u uvjetima sniženog napona koji se može dogoditi u trenutku kratkog spoja te zbog toga struja može biti veća od nazivne struje fotonaponskog sustava, međutim taj iznos najčešće nema dovoljno veliku vrijednost kako bi se aktivirala nadstrujna zaštita. Budući da energija električnog luka, između ostalog, ovisi o vremenu trajanja luka, potrebno je osigurati isključenje doprinosa fotonaponske elektrane struji kratkog spoja primjenjujući druge vrste zaštite, poput podnaponske ili diferencijalne zaštite.

U ovome radu provedeni su proračuni električnog luka u računalnom modelu za slučajeve bez i s primjenom diferencijalne zaštite promatranih sabirnica. U prikazanom primjeru, postavljanjem diferencijalne zaštite na promatrane sabirnice smanjuje se energija električnog luka pri čemu je dovoljno odabrati osobnu zaštitnu opremu prve razine čime se pruža dostatna sigurnost operatera pri radu pod naponom.

## Literatura

- [1] Službena stranica Thorine & Derrick International, Arc Flash Inflicts Serious Electrical Burns, 2019, dostupno na: <https://www.powerandcables.com/arc-flash-inflicts-serious-electrical-burns/> (pristupljeno: 1.6.2019)
- [2] Guideline for the selection of personal protective clothing when exposed to the thermal effects of an electric arc, International Social Security Association, Köln, 2011.
- [3] Hugh Hoagland. Arc-Flash PPE Research Update, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol: 49, Issue: 3, 2013.
- [4] Viktor Lovrenčić, Srete Nikolovski, Thomas Jordan, Marius Engebretsen, Ana Lovrenčić. Computer Aided Arc Flash Risk Assessment According to IEEE and DGUV Standards, Proceedings of International Conference on Smart Systems and Technologies 2018 (SST 2018) / Žagar, Drago ; Martinović, Goran ; Rimac Drlje, Snježana ; Galić, Irena (ur.). FERIT, Osijek, 2018.
- [5] ELKA katalog, Energetski srednjenaponski kabeli s XLPE izolacijom za napone do 36 kV, Zagreb, 2004.
- [6] Damjan Simonović, Izbor osobne zaštitne opreme za zaštitu od posljedica električnog luka, diplomski rad, Fakultet elektro-tehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek, 2019.

# OPTIMALNI DIZAJN FN SUSTAVA ZA POTREBE KUĆANSTVA TEMELJEN NA ANALIZI ISPLATIVOSTI

## *Optimal Design of a Photovoltaic System for Household Needs Based on Cost-Benefit Analysis*

*Professional paper*

Željko Jeršek, Damir Šljivac, Matej Žnidarec, Hrvoje Glavaš

Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Hrvatska

E-mail: zeljko.jersek@ferit.hr

### **Sažetak**

Cilj rada je odabrati optimalni dizajn fotonaponskog (FN) sustava za kućanstvo kroz programski paket PV SOL Premium na temelju provedenog projektiranja i analizu isplativosti za četiri karakteristična slučaja. Prvi promatrani slučaj bio je da se na dostupnu krovnu površinu instalira sustav maksimalne snage, u drugom slučaju podloga za projektiranje FN sustava bila je zadovoljenje potrošnje električne energije, treći i četvrti slučaj je analiza utjecaja pohrane različite instalirane snage na ukupnu isplativost sustava. Na temelju provedenog projektiranja i analize detaljno opisanih u radu, zaključno se može reći da su sustavi za pohranu u ovom trenutku skupi, a najbrži rok povrata investicije ima sustav dizajniran prema zadovoljenju potrošnje.

**Ključne riječi:** fotonaponski sustav, električna energija, analiza isplativosti, pohrana, investicija, mjerenje potrošnje

### **Abstract**

The goal of this paper is to determine optimal design of a photovoltaic (PV) system for the household using PV SOL Premium program package based on conducted design and cost-benefit analysis for four characteristic cases. The first study case was to install the system with maximum capacity that available roof surface allows. In the second case, PV system size was based on measurements of household electricity consumption. Third and fourth study case analysed the influence of energy storage capacity on the feasibility of the system. Based on conducted design and analysis detailed in the paper, it can be concluded that storage systems are currently costly, while the fastest return time of investment is achieved for the system designed according to the household electricity consumption.

**Key words:** photovoltaic system, electrical energy, cost-benefit analysis, storage, investment, electricity consumption measurement.

## **1. Uvod**

Energetska politika EU popularizira proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije, poglavito Sunca. Pitanje isplativosti instalacije FN u prosječnom kućanstvu u Hrvatskoj detaljno je opisano u radu [1]. Analiza je provedena u programskom paketu PV SOL. Na osnovu tjednog mjerenja potrošnje električne energije obiteljske kuće aproksimirala se godišnja potrošnja električne energije. Model potrošnje poslužio je kao godišnji profil potrošnje električne za PV SOL te predstavlja bitan čimbenik za projektiranje fotonaponske elektrane. Drugi bitan element predstavlja investicijski troškovnik na osnovu kojeg se iskazuje isplativost. Postupak projektiranja fotonaponske elektrane i analize isplativosti izvršena je za četiri karakteristična slučaja:

Instalacija FN sustava na maksimalno iskoristivoj površini krova, FN skaliran po potrošnji električne energije kućanstva, FN sustav skaliran po potrošnji s mogućnošću pohrane jednog sustava baterija i FN sustav skaliran po potrošnji s mogućnošću pohrane dva sustava baterija.

## **2. Legislativa FN sustava**

Po Zakonu o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji definirani su sljedeći pojmovi koji su korišteni u ovom radu:

- Krajnji kupac električne energije na čiju je instalaciju priključeno proizvodno postrojenje za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije ili visokoučinkovite kogeneracije kojom se podmiruju potrebe

krajnjeg kupca i s mogućnošću isporuke viška proizvedene električne energije u prijenosnu ili distribucijsku mrežu“.

- Povlašteni proizvođač električne energije – elektroenergetski subjekt, odnosno druga pravna ili fizička osoba čije postrojenje ispunjava uvjete određene odredbama ovoga Zakona te je stekao status povlaštenog proizvođača.
- Proizvodno postrojenje koje koristi obnovljive izvore energije – proizvodno postrojenje koje koristi obnovljive izvore energije za proizvodnju električne i/ili toplinske energije.
- Neto isporučena električna energija – količina električne energije koju je proizvodno postrojenje ili proizvodna jedinica predala u elektroenergetsku mrežu, a koja je proizvedena u proizvodnom postrojenju ili proizvodnoj jedinici koja koristi obnovljive izvore energije ili kogeneracijskom postrojenju i umanjena za vlastitu potrošnju proizvodnog postrojenja, a u slučaju kupaca s vlastitom proizvodnjom umanjena za svu potrošnju krajnjeg kupca.

Za preuzetu električnu energiju od strane opskrbljivača električne energije iz stavka utvrđuje se minimalna vrijednost električne energije preuzete od krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom  $C_i$  obračunskom razdoblju i na sljedeći način:

$$C_i = 0,9 \cdot P_{KCi}$$

ako za obračunsko razdoblje  $i$  vrijedi

$$E_{pi} < E_{ii} \quad \text{i} \quad E_{pi} < E_{ii},$$

$$C_i = 0,9 \cdot P_{KCi} \frac{E_{pi}}{E_{ii}}$$

pri čemu je:

$E_{pi}$  – ukupna električna energija preuzeta iz mreže od strane kupca unutar obračunskog razdoblja  $i$ , izražena u kn/kWh;

$E_{ii}$  – ukupna električna energija isporučena u mrežu od strane proizvodnog postrojenja u vlasništvu kupca, unutar obračunskog razdoblja  $i$ , izražena u kn/kWh;

$P_{KCi}$  – prosječna jedinična cijena električne energije koju kupac plaća opskrbljivaču za prodanu električnu energiju, bez naknada za korištenje mreže te drugih naknada i poreza, unutar obračunskog razdoblja  $i$ , izražena u kn/kWh.

Zakonom o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji u pravni poredak Republike Hrvatske prenose sljedeće direktive Europske unije:

1. Direktiva 2009/28/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. travnja 2009. o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora te o izmjeni i kasnijem stavljanju izvan snage direktiva 2001/77/EZ i 2003/30/EZ, koja je posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2013/18/EU od 13. svibnja 2013. o prilagodbi Direktive 2009/28/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. travnja 2009. o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora zbog pristupanja Republike Hrvatske (tekst značajan za EGP) i

2. Direktiva 2012/27/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 25. listopada 2012. o energetske učinkovitosti, izmjeni direktiva 2009/125/EZ i 2010/30/EU i stavljanju izvan snage direktiva 2004/8/EZ i 2006/32/EZ (tekst značajan za EGP) [5].

### 3. Priključenje kućanstva s vlastitom proizvodnjom

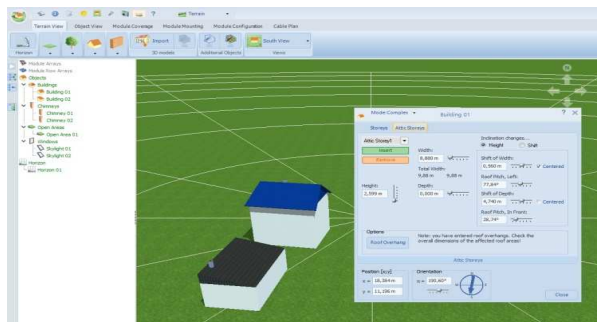
Postupak kada postojeći kupac električne energije kategorije kućanstvo traži priključenje elektrane na svoju postojeću instalaciju je sljedeći:

- podnošenje zahtjeva za provjeru mogućnosti priključenja elektrane na postojeću instalaciju
- izdavanja obavijesti o mogućnosti priključenja i prijedloga novog ugovora o korištenju mreže
- uplate troškova za opremanje obračunskog mjernog mjesta
- radovi na opremanju obračunskog mjernog mjesta
- sklapanja ugovora o korištenju mreže i podnošenje zahtjeva za promjenu statusa korisnika mreže
- izdavanja potvrde za trajni pogon.[5]



#### 4. Projektiranje FN elektrane kupca s vlastitom proizvodnjom

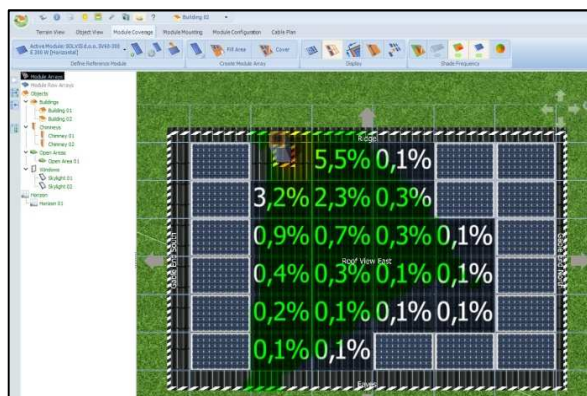
Za projektiranje fotonaponske elektrane korištena su dva objekta, obiteljska kuća i dvorišni stan. Koristile su se dostupne krovne površine, „južna“ strana obiteljske kuće i „istočna“ strana dvorišnog stana, sl.1.



Slika 1. Krovne površine

Projektiranje je izvedeno u programskom paketu PV SOL premium. Pri projektiranju foto-naponske elektrane korišten je modul hrvatskog proizvođača tipa SOL VIS d.o.o. SV60-300 E 300 W i izmjenjivača Sunny Tripower 10000TI-20. Krovne površine za projektiranje nalaze se na dva objekta. Krov stana je podijeljen na dva niza. Prvi niz čini 17 modula, a drugi 18 modula. Izabrani izmjenjivač za stan je SMA Solar Technology AG Sunny Tripower 1000 OTL-20.

Na krovu kuće predviđeno je 25 modula podijeljenih u dva niza (engl. String). Prvi niz čini 12 modula, a drugi 13 modula. Izabrani izmjenjivač za kuću je SMA Solar Technology AG Sunny Tripower 7000TL-20. Zasjenjenje dimnjakom prikazano je na sl. 2.



Slika 2. Zasjenjenje dimnjakom

Tablica 1.

Model		STC	NOCT
	Jed	SV60-300 E	SV60-300 E
Vršna snaga $P_{MPP}$	[W]	300	219.4
Dozvoljeno odstupanje	[W]	-	-
Struja KS $I_{SC}$	[A]	9,73	7,81
Napon PH $U_{OC}$	[V]	40,14	36,9
Nazivna struja $I_{MPP}$	[A]	9,13	7,31
Nazivni napon $U_{MPP}$	[V]	33,03	30
Doz. odstupanje U i I	[%]	$\pm 3$	
Učinkovitost modula	[%]	18,44	
NOCT	[°C]	46	46

Izmjenjivač (engl. *Inverter*) je uređaj energetske elektronike koji povezuje istosmjerni i izmjenični električni sustav. Smjer energije je iz istosmjernog sustava k izmjeničnom. Za izbor izmjenjivača važni su sljedeći tehnički podaci: ulazna nazivna snaga P<sub>DC</sub> [W], područje rada na DC strani U<sub>izmj,min</sub> – U<sub>izmj,maks</sub> [V], maksimalni ulazni napon na DC strani U<sub>DC,maks</sub> [V], maksimalna ulazna struja na DC strani I<sub>DC,maks</sub> [V], izlazna nazivna snaga P<sub>AC</sub> [W], nazivni napon na DC strani U<sub>AC</sub> [V], nazivna frekvencija f [Hz], faktor snage cos φ, maksimalan učinkovitost η<sub>maks</sub> [%], europska učinkovitost η<sub>eu</sub> [%]

Kako bi se na pravilan način izabrao izmjenjivač, potrebno je provjeriti da li karakteristike FN niza odgovaraju karakteristikama izmjenjivača na koji se FN niz priključuje. Koraci provjere su sljedeći:

- Provjeriti je li maksimalni napon praznog hoda FN niza U<sub>PH,n,maks</sub>, manji od maksimalnog ulaznog napona na DC strani izmjenjivača U<sub>DC,max</sub>.

$$U_{PH,n,maks} < U_{DC,max}$$

- minimalni napon vršne snage FN niza U<sub>MPP,n,min</sub> veći od minimalnog napona vršne snage izmjenjivača U<sub>izmj,mi</sub>.

$$U_{MPP,n,min} > U_{izmj,mi}$$

- maksimalni napon vršne snage FN niza U<sub>MPP,n,maks</sub> manji od minimalnog napona vršne snage izmjenjivača U<sub>izmj,maks</sub>.

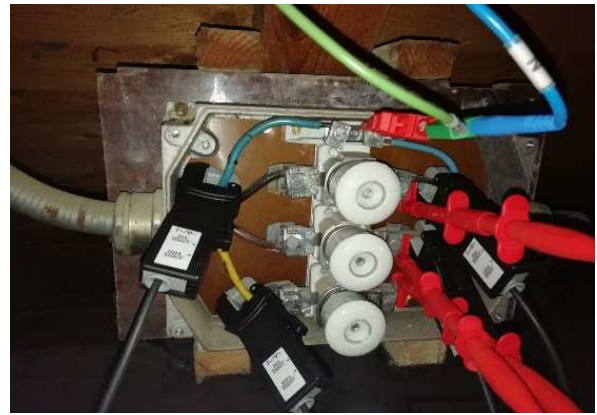
$$U_{MPP,n,maks} < U_{izmj,maks}$$

- maksimalna struja FN niza  $I_{ks,maks}$  manja od maksimalne dozvoljene ulazne struje na DC strani izmjenjivača  $I_{DC,maks}$ .

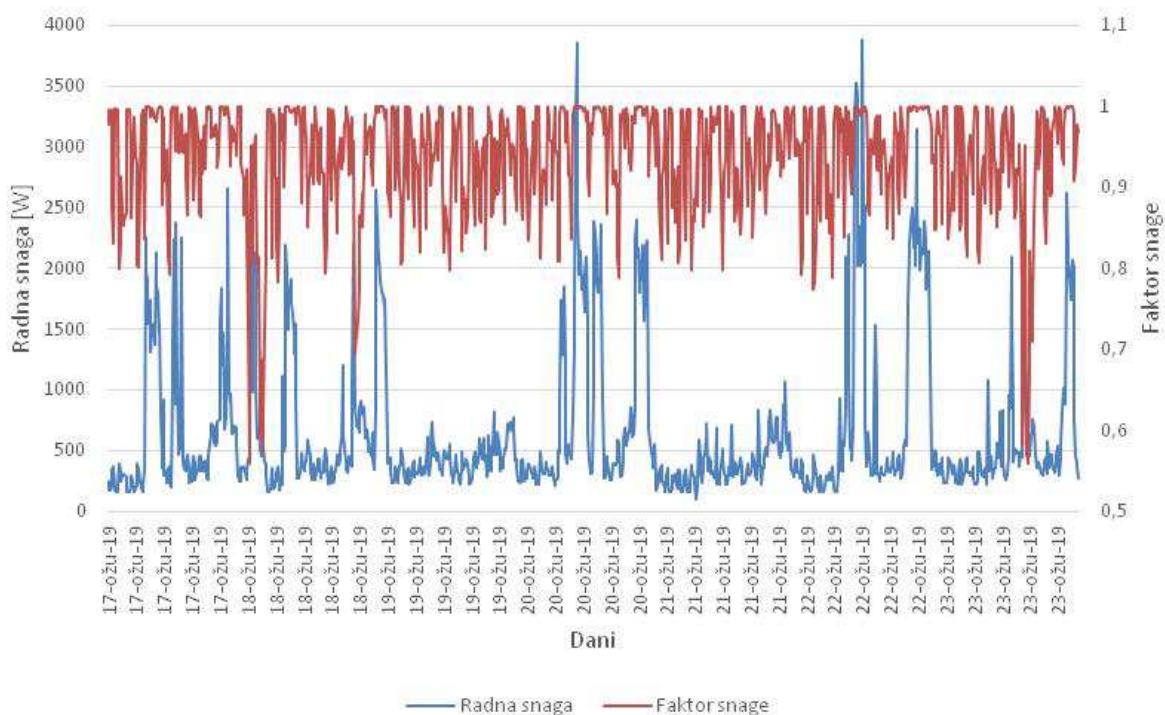
$$I_{ks,maks} < I_{DC,maks}, [2]$$

## 5. Mjerenje profila potrošnje električne energije

Za potrebe analize provedeno je tjedno mjerenje potrošnje električne energije uređajem A. Eberle PQ Box 200 i modeliranje godišnje potrebe (sl. 3). Podaci modela ne razlikuje značajno od iznosa računa za potrošenu električnu energiju; račun - 5276 kWh, a model - 5709 kWh. Razlika je manja od 8%.



Slika 3. Mjerno mjesto



Slika 4. Profil opterećenja

## 6. Analiza isplativosti

Prije same analize potrebno je odrediti cijene pojedinih komponenti koji predstavljaju ulazne podatke, odnosno cijenu ulaganja u sustav. Analiza je učinjena na četiri slučaja:

1. FN sustav na maksimalno iskoristivoj površini krova
2. FN sustav skaliran po potrošnji električne energije kućanstva
3. FN sustav skaliran po potrošnji s pohranom jednog sustava baterija
4. FN sustav skaliran po potrošnji s pohranom dva sustava baterija.

Rezultati tjednog mjerenja definiraju profil opterećenja. Profil opterećenja prikazan je na sl. 4.

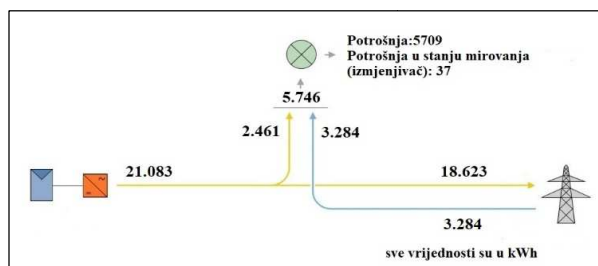
Cijene su skalirane u odnosu na trenutno stanje na tržištu. Prikaz cijena dan je tab. 2.

Tablica 2. Cijene po komponentama investicija [kn]

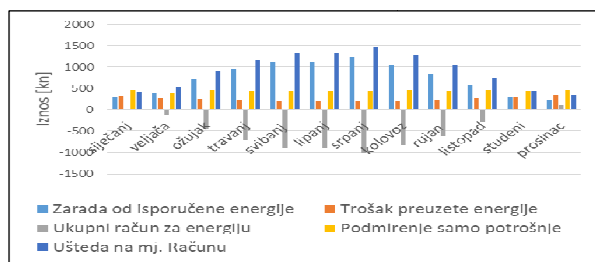
Stavka	18 kW	4,5 kW	4,5 kW i baterijski sustav	4,5 kW i 2 bater. sustava
FN modul	51000	12750	12750	12750
Izmjenjivač	16650	4162,5	4162,5	4162,5
Podkonst.	19200	4800	4800	4800
DC ormarić	2556	639	639	639
AC ormarić	2844	711	711	711
Kabeli	11340	2835	2835	2835
Projektни dokument	9000	2250	2250	2250
Priključak	10440	2610	2610	2610
Montaža	16875	4218,75	4218,75	4218,75
Održavanje (čišćenje)	2700	675	675	675
Pohrana			29250	58500
UKUPNO	142605	35651	64901	94151

### 6.1. FN sustav na maksimalno iskoristivoj površini krova

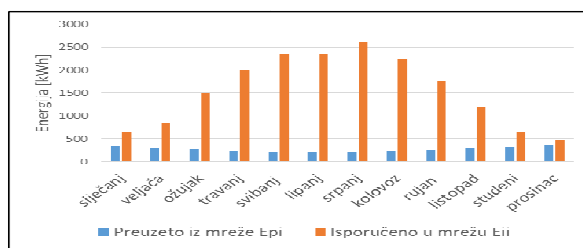
U ovome slučaju FN sustav postavljen je na „južnu“ stranu krova kuće i „istočnu“ stranu krova stana. Ukupna snaga sustava iznosi 18 kW. Izabrani izmjenjivač za stan je SMA Solar Technology AG Sunny Tripower 10000TL-20, dok je izabrani izmjenjivač za kuću SMA Solar Technology AG Sunny Tripower 7000TL-20. Na slici 4. prikazani su tokovi energije, na sl. 5 novčani tokovi i na sl. 6 mjesečni tokovi energije.



Slika 4. Tokovi energije 18 kW



Slika 5. Novčani tokovi 18 kW

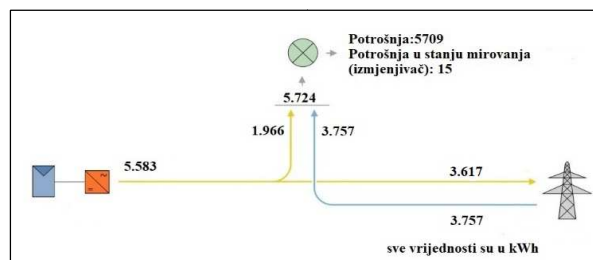


Slika 6. Mjesečni tok energije 18 kW

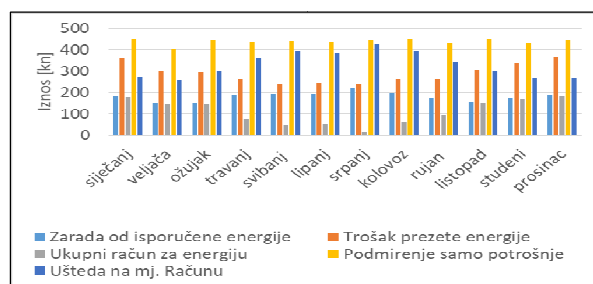
Za sustav snage 18 kW iz godišnjeg toka energije vidljivo je FN sustav proizveo 21083 kWh električne energije, od toga je na zadovoljenje potrošnje otišlo 2461 kWh, dok je ostatak 18623 kWh predan u mrežu. Da bi se zadovoljila potrošnja 5746 kWh, 3284 kWh je preuzeto iz mreže. Najveća ušteda na mjesečnom računu je od ožujka do listopada. Ukupna investicija u sustav iznosi 142605 kn. Povrat investicije je za devet godina. Nakon desete godine mijenja se izmjenjivač.

### 6.2. FN sustav skaliran po potrošnji električne energije kućanstva

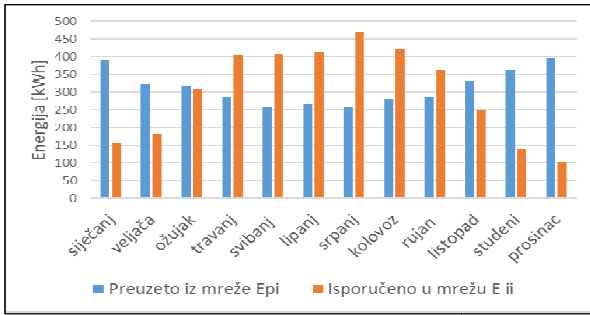
U ovom slučaju instaliran je FN sustav čija godišnja proizvodnja električne energije odgovara potrošnji kućanstva. FN sustav je snage 4,5 kW. Moduli su postavljeni na krovu kuće. Ukupno ih je 15, pojedinačne snage 300 W. Postavljeni su horizontalno. Izabrani izmjenjivač za ovakav sustav je SMA Solar Technology AG Sunny Boy 4000 TL-21. Na sl. 7 prikazani su tokovi energije, na sl. 8 novčani tokovi, a na sl. 9 mjesečni tokovi energije.



Slika 7. Tokovi energije 4,5 kW



Slika 8. Novčani tokovi 4,5 kW

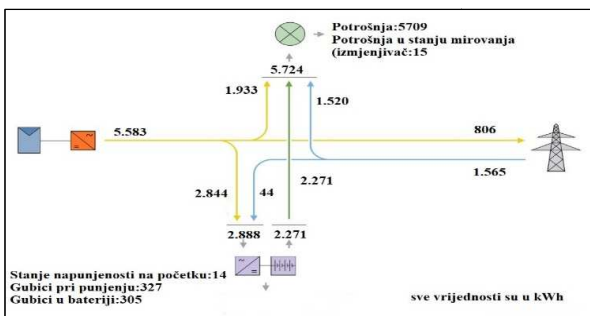


Slika 9. Mjesečni tok energije 4,5 kW

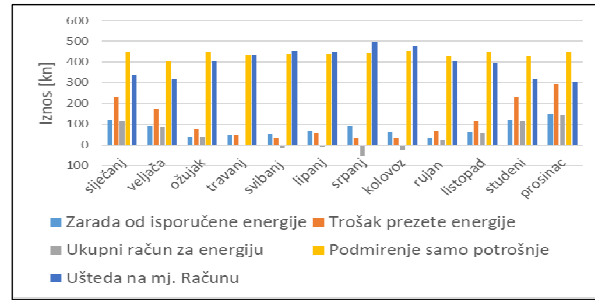
Za sustav snage 4,5 kW iz godišnjeg toka energije vidljivo je FN sustav proizveo 5583 kWh električne energije, od toga je na zadovoljenje potrošnje otišlo 1966 kWh, dok je ostatak 3757 kWh predan u mrežu. Da bi se zadovoljila potrošnja 5724 kWh, 3757 kWh je preuzeto iz mreže. Najveća ušteda na mjesečnom računu je u ljetnim mjesecima, iako je ona kroz cijelu godinu u rasponu od 257 do 428 kn. Ukupna investicija u sustav iznosi 35651,25 kn. Povrat investicije je za sedam godina.

### 6.3. FN sustav skaliran po potrošnji s pohranom jednog sustava baterija

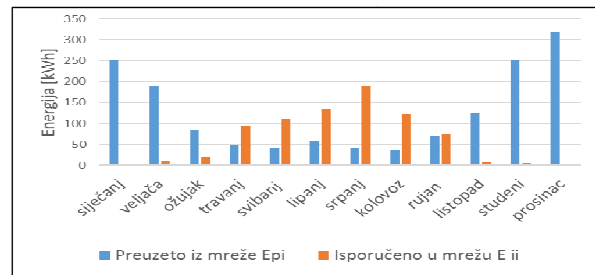
Ovo poglavlje opisuje slučaj kad je instaliran sustav čija godišnja proizvodnja električne energije odgovara potrošnji kućanstva i dodana mu je pohrana od jednog baterijskog sustava. PV SOL za jedan baterijski sustav uzima energiju od 14,4 kWh. Vidljivo je da pohrana poskupljuje cijeli sustav. Također se primjećuje i da je rok otplate gotovo udvostručen u odnosu na sustav bez pohrane. Na sl. 10 prikazani su tokovi energije. Na sl. 11 novčani tokovi. Na sl. 12 mjesečni tokovi energije.



Slika 10. Tokovi energije 4,5 kW i 1 sustav pohrane



Slika 11. Novčani tokovi 4,5 kW i 1 sustav pohrane

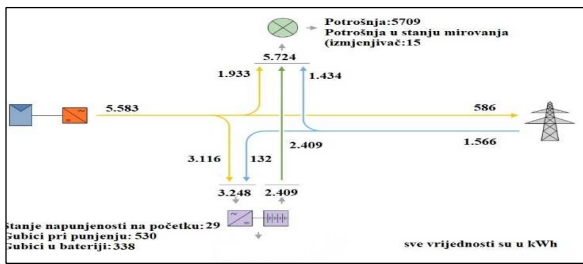


Slika 12. Mjesečni tok energije 4,5 kW i 1 sustav pohrane

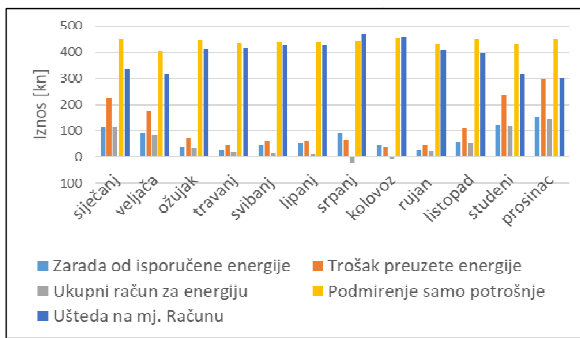
Sustav snage 4,5 kW sa baterijskom pohranom vidljivo je; FN sustav proizveo 5583 kWh električne energije, od toga je na zadovoljenje potrošnje otišlo 1933 kWh, dok je dio 806 kWh predan u mrežu, a dio u pohranu 2844 kWh. U pohranu je iz mreže došlo i 44 kWh. Da bi se zadovoljila potrošnja 5724 kWh, 1520 kWh je preuzeto iz mreže, a dio iz pohrane 2271 kWh. Najveća ušteda na mjesečnom računu je u ljetnim mjesecima, iako je ona varira kroz cijelu godinu u rasponu od 303 do 475 kn. Ukupna investicija u sustav iznosi 64901,25 kn. Povrat investicije je za četrnaest godina.

### 6.4. FN sustav skaliran po potrošnji s pohranom dva sustava baterija

Posljednji promatrani slučaj je instaliranje sustava skaliranog prema potrošnji uz dodana dva sustava pohrane. Pohrana je udvostručena u odnosu na prethodni slučaj i iznosi 28,8 kWh. Smisao pohrane je stvoriti potpuno neovisan sustav u odnosu na mrežu. Može se zaključiti da tamo gdje nije neophodna ta neovisnost ipak je isplativije ići na sustav vezan na mrežu. Na sl. 13 prikazani su tokovi energije. Na sl. 14 novčani tokovi. Na sl. 15 mjesečni tokovi energije.

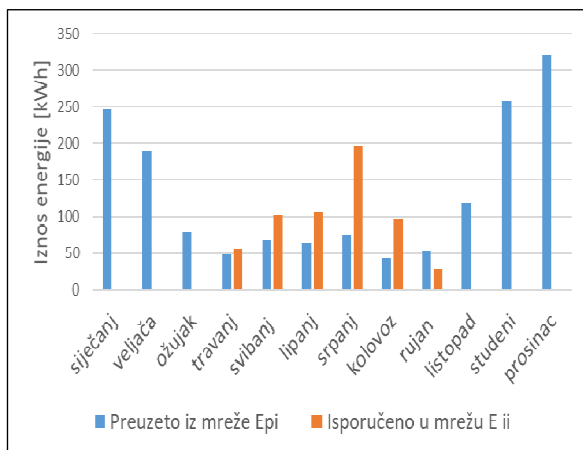


Slika 13. Tokovi energije 4,5 kW i 2 sustava pohrane



Slika 14. Novčani tokovi 4,5 kW i 2 sustava pohrane

Analiza sustava snage 4,5 kW sa 2 baterijska sustav pohrane pokazuje; FN sustav proizveo 5583 kWh električne energije, od toga je na zadovoljenje potrošnje otišlo 1881 kWh, dok je dio 586 kWh predan u mrežu, a dio u pohranu 3116 kWh. U pohranu je iz mreže došlo i 132 kWh. Da bi se zadovoljila potrošnja 5724 kWh, 1434 kWh je preuzeto iz mreže, a dio iz pohrane 2409 kWh. Najveća ušteda na mjesečnom računu je u ljetnim mjesecima, iako je ona varira kroz cijelu godinu u rasponu od 301 do 467 kn. Ukupna investicija u sustav iznosi 94151,25 kn. Povrat investicije je za dvadeset i jednu godinu.



Slika 15. Mjesečni tok energije 4,5 kW i 2 sustava pohrane

## 6.5. Usporedba rezultata analize isplativosti

Analizirana su četiri karakteristična slučaja ugradnje FN maksimalno dostupna krovna površina, zatim skalirani FN sustav čija godišnja proizvodnja električne energije odgovara potrošnji kućanstva, te dva sustava s pohranom, jedan se energijom pohrane 14,4 kWh i drugi dvostruko veći 28,8 kWh. Za sva četiri slučaja napravljena je analiza za tokove energije, tok novca i računala se neto sadašnja vrijednost.

Prvi slučaj: Instalacija FN sustava izvedena je na maksimalno dostupnoj površini krova. Snaga takvog sustava iznosi 18 kW. Godišnji tok energije je slijedeći: FN sustav proizveo je 21083 kWh električne energije. Za potrebe potrošnje je predano 2461 kWh, dok je u mrežu predano 18623 kWh. Preostali dio električne energije, potreban za zadovoljenje potrošnje preuzet je iz mreže i iznosi 3284 kWh. Ukupna godišnja potrošnja kućanstva iznosi 5709 kWh. Na gubitke u izmjenjivaču otpada 37 kWh, pa ukupni tokovi električne energije prema potrošnji kućanstva iznose 5746 kWh. Investicija u ovaj FN sustav iznosi 142605 kn uz dodatak redovnog godišnjeg održavanja koje iznosi 2700 kn. Predviđeni rad sustava je 25 godina, te neto sadašnja vrijednost za taj period iznosi 252873,05 kn. Povrat investicije je za devet godina.

Drugi slučaj: FN sustav čija godišnja proizvodnja odgovara potrošnji kućanstva. Snaga takvog sustava iznosi 4,5 kW. Godišnji tok energije je slijedeći: FN sustav proizveo je 5583 kWh električne energije. Za potrebe potrošnje je predano 1966 kWh, dok je u mrežu predano 3617 kWh. Preostali dio električne energije, potreban za zadovoljenje potrošnje preuzet je iz mreže i iznosi 3757 kWh. Ukupna godišnja potrošnja kućanstva iznosi 5709 kWh. Na gubitke u izmjenjivaču otpada 15 kWh, pa ukupni tokovi električne energije prema potrošnji kućanstva iznose 5724 kWh. Investicija u ovaj FN sustav iznosi 35651,30 kn uz dodatak redovnog godišnjeg održavanja koje iznosi 675 kn. Predviđeni rad sustava je 25 godina, te neto sadašnja vrijednost za taj

period iznosi 93108,96 kn. Povrat investicije je za sedam godina.

Treći slučaj: FN sustav čija godišnja proizvodnja odgovara potrošnji kućanstva s sustavom pohrane od 1 baterije energije 14,4 kWh. Godišnji tok energije je slijedeći: FN sustav proizveo je 5583 kWh električne energije. Za potrebe potrošnje je predano 1933 kWh, dok je u mrežu predano 806 kWh. U pohranu je otišlo 2844 kWh. Preostali dio električne energije, potreban za zadovoljenje potrošnje preuzet je iz mreže i iznosi 1520, dok je također iz pohrane preuzeto 2271 kWh. Pohrana je iz mreže preuzela 44 kWh. Ukupna godišnja potrošnja kućanstva iznosi 5709 kWh. Na gubitke u izmjenjivaču otpada 15 kWh, pa ukupni tokovi električne energije prema potrošnji kućanstva iznose 5724 kWh. Investicija u ovaj FN sustav iznosi 64901,30 kn uz dodatak redovnog godišnjeg održavanja koje iznosi 675 kn. Predviđeni rad sustava je 25 godina, te neto sadašnja vrijednost za taj period iznosi 53161,92 kn. Povrat investicije je za četrnaest godina.

Četvrti slučaj: FN sustav čija godišnja proizvodnja odgovara potrošnji kućanstva s sustavom pohrane od 2 baterije energije 28,8 kWh. Godišnji tok energije je slijedeći: FN sustav proizveo je 5583 kWh električne energije. Za potrebe potrošnje je predano 1881 kWh, dok je u mrežu predano 586 kWh. U pohranu je predano 3116 kWh. Preostali dio električne energije, potreban za zadovoljenje potrošnje preuzet je iz mreže i iznosi 1434 dok je također iz pohrane preuzeto 2409 kWh. Pohrana je iz mreže preuzela 132 kWh. Ukupna godišnja potrošnja kućanstva iznosi 5709 kWh. Na gubitke u izmjenjivaču otpada 15 kWh, pa ukupni tokovi električne energije prema potrošnji kućanstva iznose 5724 kWh. Investicija u ovaj FN sustav iznosi kn uz dodatak redovnog godišnjeg održavanja koje iznosi 675 kn. Predviđeni rad sustava je 25 godina, te neto sadašnja vrijednost za taj period iznosi 19772,73 kn. Povrat investicije je za dvadeset i jednu godina.

## 7. Zaključak

Analiziravši ova četiri moguća slučaja zaključujemo da u ovom trenutku pokazatelji su na strani sustava koji je instaliran prema potrošnji kućanstva, a to je sustav snage 4,5 kW za potrošnju kućanstva 5709 kWh i vršne snage 3,9 kW. Proizvodnja iz FN sustava zadovoljava potrošnju, a višak predaje u mrežu ili manjak uzima iz mreže. FN sustav instaliran na maksimalno dostupnoj površini krova (18 kW), također se može smatrati prihvatljivim iako je početna investicija skoro pet puta skuplja u odnosu na onu prema skaliranoj potrošnji. No, otplata investicije je samo dvije godine dulja. Analizirajući sustave s pohranom dolazimo do činjenice da je u sadašnjim uvjetima još uvijek preskupa. Može se ipak naslutiti kako će tehnološki razvoj dati ovom sustavu jak vjetar u leđa za buduću primjenu.

## Literatura

- [1] Ž. Jeršek: "Projektiranje FN sustava za potrebe kućanstva" Diplomski rad, Fakultet elektro-tehnike, računarstva i informacijskih tehnolo-gija Osijek, 2019.
- [2] D. Šljivac, D. Topić „Obnovljivi izvori električne energije“ Sveučilište J. J. Strossmayera u Osi-jeku, Fakultet elektrotehnike , računarstava i informacijskih tehnologija Osijek 2018. godina
- [3] D. Šljivac: Obnovljivi izvori električne energije, predavanja, FERIT Osijek 2018./2019.
- [4] Ljubomir Majdandžić „FN sustavi“, udžbenik, Tehnička škola Ruđera Boškovića u Zagrebu 2009.godine
- [5] Zakon o obnovljivim izvorima energije i visoko-učinkovitoj kogeneraciji, NN 100/18 i NN 111/ 18
- [6] HEP-ODS: Priključenje kućanstava s vlastitom proizvodnjom, <http://www.hep.hr/ods/pristup-mrezi/prikljucenje-na-mrezu-28/prikljucenje-kucanstva-s-vlastitom-proizvodnjom/185> (pristup 05.2019.)
- [7] SOLVIS d.o.o.: Podaci o fotonaposnom modulu: [https://solvis.hr/wp-content/uploads/2019/04/LQSOLVIS-DS-HR-SV60\\_E\\_5BB-1640x992x40-290-310-20190125-1.pdf](https://solvis.hr/wp-content/uploads/2019/04/LQSOLVIS-DS-HR-SV60_E_5BB-1640x992x40-290-310-20190125-1.pdf) (pristup 05.2019.)

# ODRŽAVANJE SUSTAVA RASVJETE OBRAZOVNE USTANOVE UVAŽAVANJEM EKONOMSKIH I ENERGETSKIH POKAZATELJA

## *Maintenance of the Lighting System of Educational Institution Based on Economic and Energy Indicators*

*Professional paper*

Ivica Čabraja<sup>1,2</sup>, Dominika Crnjac Milić<sup>2</sup>, Zvonimir Klaić<sup>2</sup>, Hrvoje Glavaš<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ET projekt d.o.o., Županijska 5, 34000 Požega, Hrvatska

<sup>2</sup> Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Hrvatska

E-mail: ivica@etprojekt.hr

### **Sažetak**

Rad na primjeru sustava rasvjete obrazovne ustanove analizira energetske i ekonomske pokazatelje neophodne za donošenje odluka o održavanju. Zatečeno stanja rasvjete radnog prostora modelirano je programskom podrškom Relux. Provedeno je mjerenje sukladno HRN EN 15193:2017 te su rezultati mjerenja uspoređeni s modelom sustava. Izračunati su faktora boravka i faktora ovisnosti o dnevnom svjetlu. Na zatečenom sustavu određena je instalirana snaga, gustoća rasvjete i iznos brojanog pokazatelja energije rasvjete u svrhu analize usklađenosti mernih rezultata s normom HR EN 12464-1. Na osnovi zatečenog stanja i optimalnog tehničkog rješenja iskazan je energetska ušteda i poboljšanje energetske učinkovitosti.

**Ključne riječi:** Energetska učinkovitost, HRN EN 12464-1, LENI, pametna rasvjeta, rasvijetljenost

### **Abstract**

Paper analyzes maintenance decisions of the lighting system in educational institution based on energy and economic indicators. The current state of workspace lighting is modeled by Relux software. The measurement was performed in accordance with HRN EN 15193: 2017 and the results of the measurements were compared with the model of the constitution. Occupancy dependency factor and Daylight Dependency Factors were calculated. The installed system determines the installed power, the lighting density and the amount of the numerical indicator of the lighting energy to analyze the compliance of the measurement results with the standard HR EN 12464-1. Based on the current situation and the optimal technical solution, energy savings and improvement of energy efficiency were reported.

**Keywords:** Energy efficiency, HRN EN 12464-1, Illumination, LENI, Smart lighting,

## **1. Uvod**

Potrebe za rekonstrukcijom sustava rasvjete obrazovne ustanove za odvijanje teorijske i praktične nastave učenika srednjoškolskog obrazovanja, Poljoprivredne škole u Požegi, dovela je do prilike za analizu energetske učinkovitosti konvencionalnog i naprednog sustav rasvjete. Konvencionalna rasvjeta koja je instalirana 80-tih godina prošlog stoljeća je izvedena bez proračunskih osnova i bez projekta. Svjetiljke su postavljane prema iskustvenim nahođenjima i potrebama u prostoru koji je svojevremeno mijenjao namjenu. Mjerenja su pokazala da radne površine nemaju rasvijetljenost sukladno normi HRN EN 12464-1:2011 (Svjetlo i rasvjeta, Rasvjeta radnih prostora, 1. dio: Unutrašnji radni prostori) [5]. Projektom rekonstrukcije i dogradnje zgrade u sklopu elektrotehničkih instalacija prove-

deni su proračuni rasvijetljenosti svih radnih prostora i određena optimalna rješenja za rasvjetu sukladno normi. Na osnovu snimke izvedenog stanja konvencionalne rasvjete obavljena su mjerenja instalirane snage s uključenim gubicima i određena je ukupna instalirana snaga konvencionalne rasvjete u zgradi. Prema rezultatima mjerenja proračunom je određeni iznos brojanog pokazatelja energije rasvjete (LENI), [4]. Kod projektiranja instalacije rasvjete u ovakvim zgradama koje su pod povijesnom zaštitom potrebno je uskladiti se s zahtjevima arhitekta i konzervatorskog odjela. Količina dnevnog svjetla je ograničena postojećim vertikalnim otvorima (prozorima) kroz koje svjetlo ulazi. Ulaz dnevnog svjetla kroz prozore ovisan je o orijentaciji i zasjenjenju od strane vanjskih utje-

caja. Radni prostori u kojima se odvija teorijska ili praktična nastava imaju različite zahtjeve za osvjetljenjem na pojedinim plohamama za rad. Za radne površine na kojima se odvijaju poslovi bržih i preciznijih zahvata potrebne su više razine rasvijetljenosti, jednolikosti i sjajnosti. Projektiranjem instalacije pametne rasvjete potrebno je predvidjeti i uskladiti jednolikost rasvijetljenosti u odnosu na ulaz dnevnog svjetla

Upravljanje rasvjetom postavlja se u jedno ili više područja rasvjete. Područja rasvjete se raspoređuju prema potrebama u prostoru i ulazu dnevnog svjetla. Za svako područje određuje se način detekcije i pozicija detektora za upravljanje rasvjetom. Detektori upravljanja rasvjetom su elementi sustava pametne rasvjete u obliku senzora pokreta i rasvijetljenosti koji reguliraju razinu umjetnog svjetla na zahtijevanoj površini. Regulacijom sustava rasvjete poboljšavaju se pokazatelji energetske učinkovitosti.

## 2. Metode mjerenja i proračuna rasvijetljenosti

Rasvijetljenost za zatečeno stanje konvencionalne rasvjete najtočnije je odrediti mjerenjem pomoću mjernog instrumenta. Mjerenja su izvršena (Luxmetrom prikazanim na sl. 1.) na radnim plohamama na kojima se obavljaju radnje teorijske ili praktične nastave. U uredskim prostorima mjerenje je provedeno na površinama radnih stolova. Rezultati mjerenja prikazani su u tab. 1.



Slika 1. Mjerni instrument TENMARS Lux/Fc Light Meter TM-201

Za postojeće stanje rasvjete potrošnju električne energije moguće je mjeriti na nekoliko načina:

- Ugradnjom brojila električne energije u pojedini strujni krug rasvjete, vatmetrom ugrađenim u strujni krug rasvjete ili integracijom vatmetra u sustav upravljanja rasvjetom.
- Pomoću sustava upravljanja prilagođenim za mjerenje potrošnje, registriranje vremena rada i intenziteta rasvjete, koji omogućuju dostupnost svih podataka u određenom formatu
- Mogućnost daljinskog mjerenja potrošnje – preporuča se za objekte koji imaju odvojenu instalaciju napajanja rasvjete.

Tablica 1.

Rezultati mjerenja rasvijetljenosti - prizemlje

R. br.	Prostor	Maksimalna izmjerena rasvijetljenost [lux]	Minimalna izmjerena rasvijetljenost [lux]
1.	Učionica 6	150	47
2.	Učionica 7	123	32
3.	Spremište	62	60
4.	Mikrob. Lab.	180	120
5.	Učionica 8	190	20
6.	Učionica 9	322	39
7.	Učionica 11	266	70

Kod projektiranja nekonvencionalne rasvjete koriste računalni simulacijski programski paketi. Najpoznatiji su, Relux i Dialux. Za potrebe rada upotrijebljen je Relux [3].

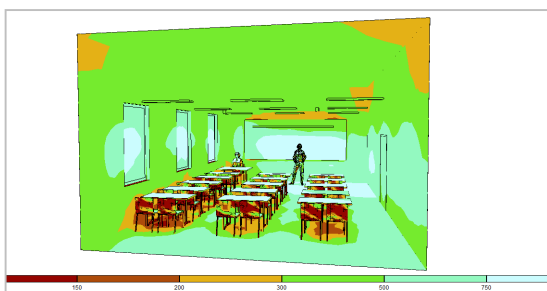
Proračun rasvijetljenosti daje rezultate na referentnoj, odnosno radnoj površini koju odredimo prema zahtjevima radnog prostora. Visinu referentne površine definiramo u postavkama za određivanje karakteristika prostora u kojem određujemo područje vrednovanja i zahtjeve za proračun. Za svaki pojedini prostor bitno je postaviti željene vrijednosti za radne površine i prostore sukladno EN 12464-1, 8.2011, [5] koja određuje zahtjeve za predmetne proračune. Rezultati proračuna dobivaju se u oblicima tabličnog prikaza, izoluxs krivulja (sl. 2) i pseudo boja (sl. 3).





Slika 2. Proračun rasvjete u Relux-u – prikaz izoluxs krivulja

U koliko u radnim površinama postoje zahtjevi za dodatnim izračunima, kao npr. na vertikalnim ploham, primjerice zidovima gdje su instalirane školske ploče, pokazni ili oglasni panoi, u karakteristikama prostora određuje se zahtjev za izračun rasvijetljenosti na dodatnim mjernim površinama. Rezultate izračuna dobijemo u trodimenzionalnom prikazu izračuna prikazanom pseudo bojama (sl. 3).



Slika 3: Proračun rasvjete u Relux-u – 3D prikaz pseudo boja

### 3. Brojčani pokazatelj energije rasvjete (LENI)

Primjena upravljanja rasvjetom projektira se prema pretpostavkama o dostupnoj količini dnevnog svjetla, korištenju prostora i starenju rasvjetnih instalacija kako bi se kroz predviđeni period vijeka trajanja i garancije instalacije uspjela održati projektirana rasvijetljenost prostora. Važno je uskladiti potrebe budućih korisnika prostora u smislu komfora, zdravlja i zaštite na radu s energetskim potrebama zgrade. One se određuju putem brojčanog pokazatelja energije rasvjete – LENI kako bi se postigli što bolji rezultati na energetskoj učinkovitosti rasvjete. Važno je odabrati vrstu rasvjete s obzirom na izvor svjetlosti koji mogu bitno utjecati na iznos pokazatelja koji se odre-

đuje na osnovu godišnje potrošnje energije za rasvjetu u odnosu na ukupnu korisnu površinu prostora. Energija vanjske rasvjete se ne uzima u obzir nego isključivo energija unutarnje rasvjete. Proračuni su izrađeni sukladno normi EN 15193:2017 [6], u kojoj su dane preporuke i upute za procjenu ukupne količine električne energije rasvjete u razdoblju od jedne godine. Navedena norma se koristi za izradu energetskih certifikata postojećih i projektiranih zgrada javne namjene u slijedećim kategorijama: uredske zgrade, sportske i obrazovne ustanove, bolnice, hoteli, restorani, maloprodajni i veleprodajni centri i tvornički pogoni. Procijenjena vrijednost se koristi prvenstveno za određivanje brojčanog pokazatelja LENI [4], a u normi su uz jednadžbe za proračun detaljno opisani svi utjecajni koeficijenti o kojima značajno ovisi procijenjeni iznos. Krajnji rezultat pokazuje koliko je energetski učinkovito projektno rješenje rasvjete zgrade, ovisno o potrebama zgrade prema [1].

Brojčani pokazatelj energije potrebne za rasvjetu zgrade prikazan je izrazom (1) [4]:

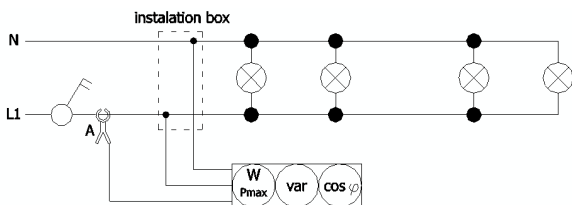
$$LENI = \frac{W}{A} \left( \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2, \text{god}} \right) \quad (1)$$

Gdje je:

- $W$  – ukupna godišnja električna energija potrebna za rasvjetu zgrade ( kWh/god.)
- $A$  – ukupna korisna površina zgrade ( $\text{m}^2$ )

#### 3.1. Mjerenje i određivanje gustoće instalirane snage u prostoru

Izlazne snage rasvjete u svakom prostoru dobivene su mjerenjem snage na ulaznim čvorovima instalacije rasvjete u prostoriju. S obzirom da instalacija nije poznata i nema projektne dokumentacije nije moguće izvršiti mjerenje rasvjete na etaži ili u cijeloj zgradi. Zbog toga je provedeno mjerenje po funkcionalnim jedinicama zgrade, tj. prostorijama (sl.3). Mjerenje je provedeno instrumentom METREL Eurotest 615 57 (sl. 4) na način da je u instalacijskoj razvodnoj kutiji na spojevima dolaznog faznog vodiča i nulvodiča spojene hvataljke instrumenta, a strujna kliješta postavljena na prekidaču zbog ograničenog prostora i kratkih vodiča u razvodnoj kutiji.



Slika 3. Mjerna točka snage rasvjete prostorije

Ukupna površina korisnog prostora A, može se jednostavno izračunati ili podacima iz arhitektonskih snimaka ili mjerenjem ploštine u prostoru. Za predmetnu zgradu korisna ploština dobivena je na osnovu arhitektonskog snimka izvedenog stanja. Nazivna instalirana snaga  $P_i$  i mjerena snaga rasvjete pojedine prostorije  $P_m$ .

Tablica 2. Korisna ploština – prizemlje

№	Prostor	Ploština [m <sup>2</sup> ]	$P_i$ [W]	$P_m$ [W]
1.	Učionica 6	80	1124	1686
2.	Učionica 7	58,2	634	951
3.	Učionica 8	58,2	634	951
4.	Učionica 9	60,4	692	1038
5.	Učionica 11	24,6	346	519
6.	Mikrob. Lab.	20,7	288	432
7.	Spremište 1	20,7	288	432
8.	Spremište 2	7,4	75	75
9.	Ulazni hall	17,8	144	216
10.	Hodnik	84,7	720	1080
11.	WC ženski	14,3	144	198
Ukupno:		448	5089	7578

Prema primjeru tab. 2 Izračunate su vrijednosti i za etažu podruma:

$$A = 402 \text{ m}^2, \quad P_i = 3775 \text{ W}, \quad P_m = 4837 \text{ W}$$

i kata:

$$A = 451 \text{ m}^2, \quad P_i = 2460 \text{ W}, \quad P_m = 3540 \text{ W}.$$

Ukupna električna energija  $W_t$  potrebna za rasvjetu [4] u promatranom vremenskom razdoblju i prostoru procjenjuje se prema jednadžbi:

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} = \quad (\text{kWh}) \quad (2)$$

gdje je:

- $W_{L,t}$  – procijenjena električna energija rasvjete zgrade u promatranom vremenu
- $W_{P,t}$  – procijenjena parazitna električna energija potrebna za potrošače koji ne pridonose rasvijetljenosti prostora

Procjena potrošnje električne energije može se napraviti za bilo koje vremensko razdoblje (satno, dnevno, tjedno, mjesečno ili godišnje) sukladno vremenskom intervalu procjene koeficijenta koji utječu na procjenu.

### 3.2. Procjena korištene godišnje energije za postojeću rasvjetu na analiziranom primjeru

Prema podacima iz snimka izvedenog stanja rasvjete (tab. 2) prikazana je ukupna instalirana snaga rasvjete  $P_n$  za pojedinu prostoriju. Nazivna snaga svjetiljke  $P_i$  dobivena je mjerenjem vrijednosti izlazne snage svjetiljke. Oznaka  $i_s$  je broj svjetiljki određene vrste u zgradi. Mjerenja su vršena za svaku vrstu svjetiljke koja ima prigušnicu. Razlog mjerenja samo te vrste svjetiljki su gubici u zavojnici i prigušnicama. Mjerenjem su dobiveni rezultati izlazne radne, prividne i jalove snage kao i faktora snage (sl. 4).



Slika 4. Mjerenje snage svjetiljke 2x36W

Tablica 3 Vrste postojećih svjetiljaka i instalirana snaga

R.br.	Oznaka	$\cos \varphi$	$i_s$ (kom)	$P_s$ [W]	$P_n$ [W]
1.	A	0,96	22	99	2268
2.	B	0,96	13	54	731
3.	C	0,96	33	108	3712
4.	D	0,96	3	54	168
5.	E	0,96	32	216	7200
6.	F	0,97	7	87	634
7.	G	1	19	75	1425
8.	H	1	1	160	160
9.	I	1	12	40	480
$\sum_1^9 P_{uk} = 16778$					

Izvor [2]

Instalirana snaga rasvjete za pojedinu vrstu svjetiljke može se izračunati preko izraza (3):

$$P_i = \frac{i_s \cdot P_s}{\cos \varphi} \quad (3)$$

Vrsta svjetiljke:

A – 2x36W, IP65

B – 2x18W, IP65

C – 2x36W, OPAL

D – 1x36W

E – 4x36W

F – 1x58W

G – 75W, E27, žarna nit

H – 4x40W, E27, luster

I – 1x40W, E14, zidna svjetiljka

Uz navedene veličine (tab.3) važno je odrediti faktore koji su utjecajni koeficijenti za dobivanje procijenjenog iznosa, kao što su:

$F_C$  – faktor konstantnosti osvjetljenosti

$F_O$  – faktor okupiranosti prostora

$F_D$  – faktor ovisnosti umjetne rasvjete o dnevnom osvjetljenju

$t_D$  – radno vrijeme rasvjete za razdoblje dana (h)

$t_N$  – radno vrijeme rasvjete za razdoblje noći (h)

$t_o$  – godišnji rad rasvjete  $t_o = t_D + t_N$  (h)

$t_y$  – broj sati u godini (8760 h)

$t$  – radno vrijeme

Iznos faktora  $F_C$ ,  $F_O$  i  $F_D$  prema tab. 6 HRN EN F1:  $F_C = 1$ ;  $F_O = 1$ ;  $F_D = 1$

$$W_{L,t} = \frac{(P_n \cdot F_C) \cdot [(t_D \cdot F_O \cdot F_D) + (t_N \cdot F_O)]}{1000} = \frac{(16778 \cdot 1) \cdot [(1800 \cdot 1 \cdot 1) + (200 \cdot 1)]}{1000} = 33556 \text{ kWh} \quad (4)$$

$$W_{P,t} = \frac{P_{pc} \cdot [t_y - (t_D \cdot t_N)]}{1000} =$$

$$\frac{0 \cdot [8760 - (1800 \cdot 200)]}{1000} = 0 \text{ kWh} \quad (5)$$

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} =$$

$$33556 + 0 = 33556 \text{ kWh} \quad (6)$$

#### 4. Procjena godišnje potrošnje energije projektirane rasvjete

Projektirana rasvjeta za razliku od postojeće konvencionalne rasvjete ima faktor snage  $\cos \varphi = 1$ , zbog čega instalirana snaga inosi:

$$P_i = i_s \cdot P_s \quad (7)$$

U tab. 4 navedeni nazivi i karakteristike rasvjete koje prema Relux proračunu zadovoljavaju zahtjeve rasvijetljenosti i ispunjavaju uvjete iz norme HRN EN 12464-1[5].

Tablica 4. Vrste novih svjetiljaka i instalirana snaga

R.br.	Oznaka	$i_s$ (kom)	$P_s$ [W]	$P_n$ [W]
1.	A1	8	39	312
2.	A2	103	37	3399
3.	A3	11	90	990
4.	A4	27	25	675
5.	A5	10	33	330
6.	A6	35	18	630
7.	A7	1	45	45
8.	A8	46	34	1564
				$\sum_1^8 P_{uk} = 7945$

Izvor [2]

Vrsta svjetiljke:

A1 – LED 39W, 5200lm

A2 – LED 37W

A3 – LED 90W

A4 – LED 25W, 3200lm

A5 – LED 33W, 4400lm

A6 – LED 18W, 2400lm

A7 – LED 45W

A8 – LED 34W

Za efikasnije upravljanje rasvjetom i dodatnim uštedama uključivanje rasvjete vrši se putem upravljačkih jedinica u obliku tipkala i senzora pokreta i prisutnosti. Uz opću rasvjetu u zgradi je obavezna i sigurnosna rasvjeta za osvjetljavanje i označavanje evakuacijskih putova.

Tablica 5. Vrste elemenata parazitnog opterećenja i njihova instalirana snaga

R.br.	Oznaka	$i_s$ (kom)	$P_s$ [W]	$P_n$ [W]
1.	S1	56	1,7	95,2
2.	P1	44	3	132
3.	P2	19	1	19
				$\sum_1^3 P_{uk} = 246,2$

Izvor [2]

Vrsta svjetiljke:

S1 – upravljačka jedinica tipkala

P1 – sigurnosna svjetiljka-osvjetljavanje, 3W LED

P2 – sigurnosna svjetiljka-označavanje, 1W LED

$$W_{L,t} = \frac{(P_n \cdot F_c) \cdot [(t_D \cdot F_0 \cdot F_D) + (t_N \cdot F_0)]}{1000} =$$

$$\frac{(7945 \cdot 0,9) \cdot [(1800 \cdot 0,9 \cdot 0,8) + (200 \cdot 0,9)]}{1000} =$$

10554,14 kWh (8)

$$W_{P,t} = \frac{P_{pc} \cdot [t_y - (t_D + t_N)] + (P_{em} \cdot t_e)}{1000} =$$

$$\frac{95,20 \cdot [8760 - (1800 + 200)] + (151 \cdot 8760)}{1000} =$$

1966,31 kWh (9)

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} = 10554,14 + 1966,31 =$$

$$= 12520,45 \text{ kWh} \quad (10)$$

## 5. Projekcija investicije i isplativost

Kalkulacija odnosa potrošnje električne energije u (kWh) za predmetnu zgradu (tab.6) u slučaju „konvencionalne“ i „pametne“ rasvjete. Izračun financijskih troškova se bazira na porastu cijene od 5% godišnje, te na konstantnoj potrošnji kroz 10 godina.

Troškovi konvencionalne rasvjete (tab.6) određeni su prema (11) i (12):

$$T_{kr,2018} = C_{konv} \cdot W_{konv}$$

$$= 1,08 \cdot 33556$$

$$= 36.401,55 \text{ kn} \quad (11)$$

$$T_{kr,2019} = T_{kr,2018} \cdot 1,05 = 36.401,55 \cdot$$

$$1,05 = 38.221,63 \text{ kn} \quad (12)$$

Za svaku slijedeću godinu umnožava se prethodna godina sa povećanjem od 5% povećanja cijena u svakoj godini. Koeficijent 1,05 je umnožak za povećanje

od 5%. Tako da će za zadnju predviđenu godinu 2028. iznositi prema (13).

$$T_{kr,2028} = T_{kr,2027} \cdot 1,05 = 56.470,75 \cdot$$

$$1,05 = 59.294,29 \text{ kn} \quad (13)$$

Istim postupkom određuju se troškovi za:

$T_{pr}$  za pametnu rasvjetu i godišnje uštede  $U_{god}$  samo se uzimaju vrijednosti (tab. 6.) za pametnu rasvjetu i godišnje uštede.

Gdje je:

$C_{konv}$  – cijena električne energije prema tarifnom modelu nadležnog distributera sa uračunatim PDV-om u kunama

$W_{konv}$  – godišnja potrošnja električne energije konvencionalne rasvjete u kWh

Za kumulativne uštede po godinama zbrajaju se uštede iste godine i kumulativne uštede prethodne godine, prema jednadžbi (14):

$$U_{kumul,2019} = U_{god,2019} + U_{kumul,2018} =$$

$$24.023,44 + 22.879,08 =$$

$$46.902,52 \text{ kn} \quad (14)$$

Postotne uštede na električnoj energiji -

$$W_{\%} = \left( \left( 1 - \frac{W_{tns}}{W_{tps}} \right) \right) \cdot 100\% =$$

$$\left( 1 - \frac{12520,45}{33556} \right) \cdot 100 = 63\% \quad (15)$$

Gdje je:

$W_{tns}$  – potrošnja električne energije novog stanja rasvjete u godini

$W_{tps}$  – potrošnja električne energije postojećeg stanja rasvjete u godini

Tablica 6. Kalkulacija odnosa potrošnje električne energije

Godišnji trošak rasvjete			
	Cijena (kn/kWh)	El. energija (kWh)	Porast cijene godišnje - 5%
Konv.	1,08	33.556,00	
Pametna	1,08	12.520,45	Razlika u potrošnji (15) – 63%

$G_{pp}$	$G_k$	$T_{kr}$ (kn)	$T_{pr}$ (kn)	$U_{god}$ (kn)	$U_{kumul}$ (kn)
0.	2018.	36.401,55 kn	13.522,08 kn	22.879,47 kn	22.879,08 kn
1.	2019.	38.221,63 kn	14.198,19 kn	24.023,44 kn	46.902,52 kn
2.	2020.	40.132,71 kn	14.908,1 kn	25.224,61 kn	72.127,13 kn
3.	2021.	42.139,34 kn	15.653,50 kn	26.485,84 kn	98.612,97 kn
4.	2022.	44.246,31 kn	16.436,18 kn	27.810,13 kn	126.423,1 kn
5.	2023.	46.458,63 kn	17.257,99 kn	29.200,63 kn	155.623,73 kn
6.	2024.	48.781,56 kn	18.120,88 kn	30.660,66 kn	186.284,39 kn
7.	2025.	51.220,63 kn	19.026,93 kn	32.193,69 kn	218.478,08 kn
8.	2026.	53.781,67 kn	19.978,27 kn	33.803,38 kn	252.281,46 kn
9.	2027.	56.470,75 kn	20.977,18 kn	35.493,55 kn	287.775,01 kn
10.	2028.	59.294,29 kn	22.026,04 kn	37.268,22 kn	325.043,23 kn

Sveukupno ušteda: 1.792.430,70 kn

Izvor [2]

Parametri su sljedeći: Potrošnja električne energije (konvencionalna): 33556 kWh prema (6) Potrošnja električne energije (pametna): 12520,45 kWh prema (10), Vremenski horizont izračuna: 10 godina. Cijena el. energije prema tarifnom modelu nadležnog distributera je 0,96 kn/kWh + PDV 13%. Godišnji porast cijena el. energije od 5% određen je na osnovu podataka nadležnog distributera o porastu cijena električne energije za tarifni model predmetne zgrade i na osnovu računa električne energije u proteklih 10 godina, u periodu od 2007. do 2017. cijena električne energije je porasla za 52,62%, što procijenjeno na navedeni period prosječno iznosi 5,26% godišnje. Porast je zaokružen na 5% i s tim porastom određena je projekcija porasta za idućih 10 godina. Prema uvidu u račune električne energije, cijena 2007.godine je bila 0,56 kn/kWh + PDV 22% što je bruto 0,70 kn/kWh.

Kao što je prikazano (tab. 6.) pametna rasvjeta rezultira s 63% uštede u potrošnji u odnosu na konvencionalnu. Tako svaka godina generira određenu uštedu, što ku-

mulativno iznosi 1.792.430,70 kn nakon 10 godina upotrebe.

## 6. Zaključak

Analizom postojeće konvencionalne rasvjete u javnoj obrazovnoj ustanovi, utvrđeno je da postojeća rasvjeta ne udovoljava zahtjevima iz Norme HRN EN 12464-1:2011. Mjerenja su pokazala do deset puta manju rasvijetljenost u odnosu na zahtjevanu. Arhitektonskim snimkom izvedenog stanja dobivena je stvarna slika prostorija za projektiranje energetski učinkovite rasvjete i izračuna brojčanog pokazatelja energije rasvjete (LENI). Točnom površinom i visinama prostorija možemo izvesti proračune rasvijetljenosti rasvjete i LENI. Računalnim programom Relux izrađen je proračun rasvijetljenosti kojim se utvrđuje usklađenost rasvjete sa zahtjevima Norme. Računalnom podrškom Relux možemo točnije odrediti koeficijenta faktora ovisnosti umjetne rasvjete o dnevnom osvjetljenju  $F_D$ . Faktor  $F_D$  definiran je EN 15193:2017. Način točnijeg određivanja faktora  $F_D$  možemo dobiti da iz dobivenog izračuna rasvijetljenosti pojedinog prostora isključimo

umjetnu rasvjetu i u ponovnom izračunu uključimo izračun samo dnevne svjetlosti. Omjer srednje rasvijetljenosti dnevne svjetlosti  $E_m$  i nazivne rasvijetljenosti zadanog prostora određuje  $F_D$ . Moguće su dvije varijante gdje je srednja rasvijetljenost dnevnog svjetla veća od potrebne nazivne rasvijetljenosti prostora i obrnuto. Za dokaz te teorije potrebna su mjerenja na praktičnom primjeru za koje je potrebno vrijeme od najmanje jedne godine. Kroz brojčani pokazatelj energije rasvjete i procjene potrošnje električne energije projektirane rasvjete došlo se do rezultata uštede u električnoj energiji kao i financijske uštede. Prema izračunu razlika uštede u električnoj energiji iznosi 63% na godišnjoj razini dok su financijske uštede vidljive kroz vremenski period od 10 godina.

## Literatura

- [1] Stojkov, M.; Šljivac, D.; Topić, D.; Trupinić, K.; Alinjak, T.; Arsoski, S.; Klaić, Z.; Kozak, D.: Energetska učinkovitost rasvjete, Josip Juraj Strossmayer Sveučilište u Osijeku, Elektrotehnički fakultet u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Osijek, 2015.
- [2] Čabraja, I.; Ekonomski isplativa i energetska učinkovita pametna rasvjeta-diplomski rad, Josip Juraj Strossmayer Sveučilište u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek, 2017.
- [3] Čabraja, I., Glavaš, H., Tačković, K., Petrović, I., Analiza rasvjete unutarnjeg radnog prostora i usklađenosti sa HRN EN 12464-1, Elektrotehnički fakultet u Osijeku, Osijek 2016.
- [4] Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva za rasvjetu u zgradama, Zagreb, rujna 2012.g., [http://www. encert- eihp.org /wp-content/ uploads/2014/11/5- Algoritam\\_ Rasvjeta-2012\\_09.pdf](http://www.encert-eihp.org/wp-content/uploads/2014/11/5-Algoritam_Rasvjeta-2012_09.pdf)
- [5] HRN EN 12464-1:20011 Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori
- [6] HRN EN 15193-1:2017 Energetska svojstva zgrade—Energetski zahtjevi za rasvjetu—1.dio:Specifikacije, Modul M9

# ZELENE INFRASTRUKTURE – UPRAVLJANJE I ODRŽAVANJE

## Green Infrastructure – Management and Maintenance

Subject review

Marija Šperac, Dino Obradović

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Hrvatska  
E-mail: msperac@gfos.hr

### Sažetak

EU komisija je 6. svibnja 2013. usvojila EU Strategiju zelene infrastrukture u obliku priopćenja Europske komisije COM (2013) 249 final – Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe's Natural Capital te predložila primjenu sustavnog poticanja zelene infrastrukture na području cijele Europske unije. Zelena infrastruktura predstavlja strateški planiranu mrežu prirodnih i poluprirodnih područja, uključujući i ostala obilježja ekosustava, a koja je konstruirana i upravljana sa svrhom pružanja širokog raspona usluga eko-sustava. Najčešće primjenjivane zelene infrastrukture su zeleni krovovi, kišni vrtovi, retencije, umjetne močvare, propusne površine. Pri planiranju i projektiranju zelenih infrastrukture potrebno je identificirati vrstu, odrediti veličinu i lokaciju odabrane vrste te analizirati načine održavanja istih. Neki od važnih elemenata održavanja koje treba razmotriti prije provedbe projekta uključuju: vrsta održavanja koju treba izvršiti, učestalost održavanja i raspoloživo osoblje za obavljanje održavanja, trošak zamjene komponenata, dovoljno sredstava za pokrivanje aktivnosti održavanja, uključujući troškove zamjenskih komponenti. Osnovni elementi potrebni za strateško planiranje upravljanja i održavanja su: aktivnosti održavanja, obuka; i provjeravanje – (terenska kontrola funkcionalnosti). Održavanje je ključni element efikasnosti i opstanka zelenih infrastrukture.

**Ključne riječi:** Efikasnost, Ekosustav, Održavanje, Zelene infrastrukture

### Abstract

The EU Commission adopted the Green Infrastructure (GI) Strategy in the form of Communication from the European Commission COM (2013) 249 final - Green Infrastructure (GI) - Enhancing Europe's Natural Capital on May 6, 2013 and proposed the implementation of systematic green infrastructure stimulation throughout the European Union. Green infrastructure represents a strategically planned network of natural and semi-natural areas, including other ecosystem features, designed and managed to provide a broad range of ecosystem services. The most commonly used green infrastructure includes green roofs, rain gardens, retention ponds, artificial ponds, and permeable surfaces. When planning and designing green infrastructure, it is necessary to identify the type, determine the size and location of the selected species, and analyze the ways of maintaining them. Some of the important maintenance elements that need to be considered before the implementation of the project include: the type of maintenance that needs to be carried out, maintenance frequency and maintenance personnel available, cost of replacement components. The basic elements required for strategic planning of management and maintenance are: maintenance, training, checking and monitoring. Maintenance is a key element for the efficiency and survival of green infrastructure.

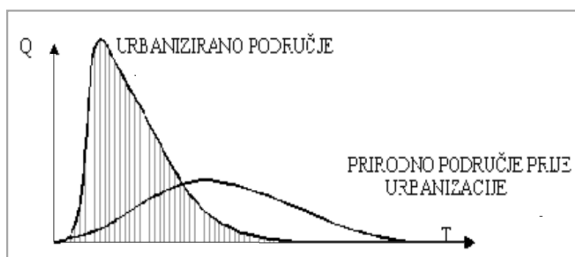
**Key words:** Ecosystem, Efficiency, Green infrastructures, Maintenance

### 1. Uvod

Karakteristika današnjice je nagli proces urbanizacije [1,2]. Otjecanje u urbanim područjima različito je od otjecanja u prirodnim. U urbanim područjima stvaranjem nepropusnih površina znatno se povećava površinsko otjecanje voda i to nekoliko puta zavisno od stupnja izgrađenosti nekog područja, manji dio infiltrira se u podzemlje, razina podzemne vode opada, smanjuje se

podzemno otjecanje, a nedostatkom zelenila smanjuje se i količina oborine koja isparava u atmosferu [3, 4].

Volumen površinskih voda raste 1,5 do 2,0 puta, a vršno otjecanje 2 do 5 puta. Ako se ovom doda i tečenje kroz kanalizacijski sustav povećanje izlaznog hidrograma je i veće [3, 4].



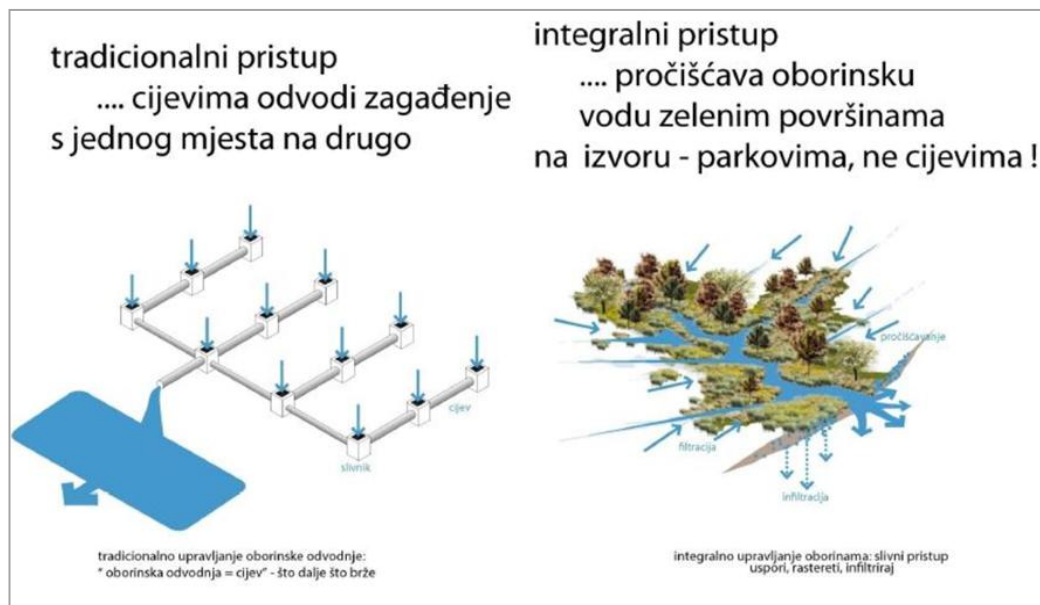
Slika 1. Hidrogrami otjecanja za prirodno i urbanizirano područje

Povećanje broja nepropusnih površina dovodi do povećanja i ubrzanja otjecanja oborinskih voda, kao i pogoršanja njezine kvalitete [4]. Urbanizacija smanjuje evapotranspiraciju i infiltraciju, a povećava količinu otjecanja oborinske vode [5].

Jedna od mjera kojima se ostvaruje održivi sustav urbane odvodnje su zelene infrastrukture.

U vezi s pojmom održivosti i integralnim pristupom su SUDS tehnike. SUDS (od eng. *Sustainable Urban Drainage Systems* - održivi sustavi urbane odvodnje) oponašaju prirodne procese retencije, infiltracije, mehaničkog i biološkog pročišćavanja te evapotranspiracije. Korištenje SUDS tehnika se preporučuje u SAD-u i u puno država članica EU [6].

Takav pristup poboljšava sve aspekte života u gradu ili bilo kojoj sredini gdje se koristi, povećava vrijednost zgrada i okoliša, a na kraju svega čak ublažava i posljedice klimatskih promjena.



Slika 2. Uloga zelenih infrastrukture [7]

## 2. Zelene infrastrukture

EU komisija je 6. svibnja 2013. usvojila EU Strategiju zelene infrastrukture u obliku priopćenja Europske komisije COM (2013) 249 final – *Green Infrastructure (GI)* – *Enhancing Europes Natural Capital* te predložila primjenu sustavnog poticanja zelene infrastrukture na području cijele Europske unije.

Integralni pristup je inovativni pristup koji se oslanja na ekološka načela planiranja i projektiranja odvodnje prema prirodnom načinu otjecanja, odnosno korištenje različitih tehnologija [4].

Zelena instaruktura (ZI) predstavlja strateški planiranu mrežu prirodnih i poluprirodnih područja, uključujući i ostala obilježja ekosustava, a koja je konstruirana i upravljana sa svrhom pružanja širokog raspona usluga ekosustava.

Prema sada važećem hrvatskom Zakonu o zaštiti prirode [10] pojam zelene infrastrukture nije definiran. Prije donošenja Izmjena i dopuna zakona o zaštiti o zaštiti prirode, zelena infrastruktura je bila definirana kao „*multifunkcionalna mreža zaštićenih i ostalih prirodnih te čovjekovim djelovanjem stvorenih područja i krajobraza viso-*



ke ekološke i okolišne vrijednosti koja unaprijeđuje ekosustavske usluge.“

Najčešće primjenjivane zelene infrastrukture su površinska infiltracija, infiltracijski jarak, kišni vrtovi, infiltracijske ekstenzije nogostupa, zeleni krovovi, propusni pločnici, kanalice za oborinsku vodu, jarci.

Tablica 1. Učinak SUDS tehnika [8, 9]

Tehnika	Učinak				
	Smanjenje višnog otjecanja	Smanjenje volumena	Djerovanje na kvalitetu vode	Dodatni potencijal	Ekološki potencijal
Porozni zastori	H	H	H	L	L
Biljni pojasevi	L	L	M	M	M
Filterska drenaža	M	L	H	L	L
Zatrvljeni jarci	M	M	H	M	M
Infiltracijski jarci	M	H	H	L	L
Mokre lagune	H	L	H	H	H
Retencijske lagune	H	L	M	H	M
Infiltracijski spremnici	M	H	H	H	H
Močvare	H	L	H	H	H
Bioretencijska područja	M	M	H	H	M
Pješčani filtri	L	L	H	L	L

Legenda:

L - malen učinak

M - srednji učinak

H - visok učinak

### 3. Upravljanje i održavanje

Upravljanje i održavanje predstavljaju ključni element efikasnosti, a time i opravdanosti primjene zelenih infrastrukture. Već u fazi projektiranja zelenih infrastrukture treba voditi računa o načinima upravljanja i održavanja pojedinih vrsta. Neki od važnih elemenata održavanja koje treba razmotriti prije provedbe projekta uključuju: vrsta održavanja koju treba izvršiti, učestalost održavanja i raspoloživo osoblje za obavljanje održavanja, trošak zamjene komponenata, npr. biljke, grmlje, porozna površina, dovoljno sredstava za pokrivanje aktivnosti održavanja, uključujući troškove zamjenskih komponenti.

Osnovni elementi potrebni za strateško planiranje upravljanja i održavanja su: aktivnosti održavanja – usredotočuju se na provođenje odgovarajućeg održavanja pojedine vrste s definiranjem potrebne učestalosti održavanja kao i potrebne opreme; obuka - osigurava da svi potencijalni subjekti odgovorni za zelenu infrastrukturu imaju stručnost potrebnu za obavljanje održavanja; provjeravanje - kontrola funkcionalnosti zelenih infrastrukture na terenu i potreba održavanja; praćenje - učinkovito održavanje zelene infrastrukture zahtijeva sveobuhvatno znanje o vrsti, lokaciji i potrebama održavanja zelenih infrastrukture. Ovaj element usredotočuje se na dokumentiranje tih informacija tijekom vremena i dijeljenje tih informacija subjektima odgovornim za kontrolu i održavanje; financiranje – to je ključni element uspješnog upravljanja i održavanja. Kada se utvrdi opći plan održavanja, potrebno je odrediti aktivnosti i zadatke povezane s održavanjem specifičane za pojedine vrste zelenih infrastrukture. Svrha ovog plana je pružiti pregled aktivnosti održavanja i pripadajuće učestalosti za optimalnu učinkovitost jer se na osnovu tih elemenata definiraju potrebe za osobljem i troškovi plana.

Održavanje zelenih infrastrukture općenito se može svrstati u dvije kategorije: redovno ili rutinsko i korektivno održavanje ili nerutinsko.

Tablica 2. Vrste zelenih infrastruktura [11, 12]

	<p><b>Površinska infiltracija</b></p> <p>Direktna infiltracija kišnice kroz zelene površine, obnavljanje podzemnih voda.</p>
	<p><b>Infiltracijski jarak</b></p> <p>Pravilan geometrijski rov u zemlji, stabiliziran poroznim materijalom, umotan u geotekstil, pokriven zemljom i vegetacijom. Najčešće dimenzije jarka: širina 0,60 m, dubina 1 m dužina nekoliko metara.</p>
	<p><b>Kišni vrtovi</b></p> <p>Kišni vrtovi su depresije u terenu namijenjene za primanje, pohranjivanje i filtriranje oborinske vode s krovova i drugih površina. To su površine zasađene posebno odabranim biljkama koje se mogu prilagoditi sušnim i kišnim uvjetima.</p>
	<p><b>Infiltracijske ekstenzije nogostupa</b></p> <p>Kišni vrtovi smješteni uz rubove nogostupa s infiltracijskim jarkom ispod njih.</p>
	<p><b>Zeleni krovovi</b></p> <p>Zeleni krovovi su pokriveni višeslojnim sustavom: sloj za rast biljaka, drenažni sloj i membranski sloj. U usporedbi s konvencionalnim krovovima, ovi krovovi usporavaju otjecanje i smanjuju volumen otjecanja. Zeleni krovovi izoliraju zgrade od zagrijavanja i mogu pružiti stanište za neke insekte i ptice, povećavaju količinu vode koja isparava.</p>
	<p><b>Propusni pločnici</b></p> <p>Propusni pločnici i kolnici omogućavaju infiltraciju kišnice. Kapacitet infiltracije ovisi o vrsti dizajna, vrsti materijala za popločavanje, te karakteristikama tla ispod i uz pločnike/kolnike.</p>
	<p><b>Kanalice za oborinsku vodu</b></p> <p>Koriste se za površinsko otvoreno vođenje kišnice na mjestima gdje ne ometaju promet.</p>
	<p><b>Jarak</b></p> <p>Jarak je uski kanal iskopan u tlu, obično se koristi za odvodnju uz cestu ili rub polja.</p>

Tablica 3. Sadržaj plana održavanja za pojedine vrste zelene infrastrukture [8, 9]

Vrsta ZI	Plan održavanja
Porozni zastori	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obnavljanje površine i filterskog sloja</li> <li>• Popravak ulegnutih površina</li> <li>• Obnova okoliša kako bi se spriječila erozija i zaprljanje zastora</li> </ul>
Biljni pojasevi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Popravak erodiranih područja</li> <li>• Poravnanje i sanacija na projektiranu visinu</li> <li>• Uklanjanje sedimenta</li> </ul>
Filterske drenaže	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Čišćenje začepljenja cjevovoda</li> <li>• Zamjena geotekstila</li> <li>• Obnavljanje filterskog sloja</li> <li>• Popravak uljeva i izljeva</li> </ul>
Zatrvljeni jarci	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Popravak erodiranih područja</li> <li>• Poravnanje i sanacija na projektiranu visinu</li> <li>• Uklanjanje sedimenta</li> </ul>
Infiltracijski jarci	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Čišćenje začepljenja cjevovoda</li> <li>• Zamjena geotekstila</li> <li>• Obnavljanje filterskog sloja</li> <li>• Popravak uljeva i izljeva</li> </ul>
Mokre lagune	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Popravak erodiranih područja</li> <li>• Popravak uljeva, izljeva i preljeva</li> <li>• Zamjena/obnova okoliša</li> </ul>
Retencijske lagune	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Popravak erodiranih područja</li> <li>• Popravak uljeva, izljeva i preljeva</li> <li>• Poravnanje i sanacija na projektiranu visinu</li> </ul>
Infiltracijski spremnici	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Popravak erodiranih područja</li> <li>• Popravak uljeva, izljeva i preljeva</li> <li>• Poravnanje i sanacija na projektiranu visinu</li> <li>• Povećanje infiltracije razrivanjem/rasplinjavanjem</li> </ul>
Močvare	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Popravak erodiranih područja</li> <li>• Popravak uljeva, izljeva i preljeva</li> <li>• Zamjena biljaka</li> </ul>
Bioretencijska područja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zamjena vegetacije oštećene ili prekrivene muljem</li> <li>• Popravak erodiranih područja</li> <li>• Zamjena oštećene ili bolesne okolne vegetacije</li> <li>• Uklanjanje nanosa mulja</li> </ul>
Pješčani filtri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Popravak erodiranih područja</li> <li>• Zamjena začepljenog filterskog sloja</li> <li>• Popravak uljeva i izljeva</li> </ul>

### 3.1. Redovito ili rutinsko održavanje

Mjerama redovnog održavanja smatraju se djelatnosti koje mogu biti planirane i propisane kao obveza djelatnicima. Ova vrsta održavanja uključuje aktivnosti povezane s preventivnim održavanjem koje se trebaju provoditi u redovitim razmacima. Iako se rutinske opreme za održavanje razlikuju ovisno o ZI tehnologiji, aktivnosti za postupanje s vegetacijom uključuju uklanjanje korova, uklanjanje smeća i sedimenta, redovitu zamjenu biljaka, zalijevanje, redovitu zamjenu filterskih podloga, zemljanog i šljunčanog materijala, dok aktivnosti za porozne površine uključuju uklanjanje sedimenta, redovitu kontrolu površine i plansku zamjenu pojedinih dijelova poroznih površina. Ovisno o vrsti zelene infrastrukture (npr. porozni zastori, zeleni krovovi, drvo-redi, itd.) potrebno je provođenje više ili manje aktivnosti održavanja, a s tim su direktno povezani troškovi održavanja istih.



Slika 3. Zamjena vegetacije i zalijevanje kod bioretencija

Sve rutinske aktivnosti se ne moraju obavljati s istom učestalošću, a učestalost održavanja se može kretati od tjedno do godišnje. U tab. 4 je dan primjer plana aktivnosti, učestalosti i cijene održavanja za godinu dana.

Tablica 4. Primjer plana aktivnosti, učestalosti i cijene održavanja za godinu dana [13]

Vrsta ZI	Potrebno redovno održavanje i učestalost po godini ( )	Cijena/godini
Porozni zastori	Usisavanje, kontrola i čišćenje (2)	1-2 kn/m <sup>2</sup>
Bioretencije/ kišni vrtovi	Kontrola, čišćenje, zalijevanje, plijevljenje, orezivanje, usitnjavanje, kontrola erozije (2)	2-10 kn/m <sup>2</sup>
Zeleni krovovi	Kontrola, čišćenje, zamjena vegetacije, Plijevljenje, orezivanje i usitnjavanje (2)	1-2 kn/m <sup>2</sup>
Drvoređi	Kontrola, čišćenje, zalijevanje, plijevljenje, orezivanje, usitnjavanje (2)	100 kn/drve tu
Cisterne	Kontrola, čišćenje, zamjena filtera (2)	670 kn /4000 l

### 3.2. Korektivno ili nerutinsko održavanje

Korektivno održavanje se odnosi na neposredno djelovanje nakon otkrivanja neke neispravnosti ili nedostatka na sustavu. Iako ih je teže predvidjeti, neki dio procjene troškova održavanja trebalo bi uzeti u obzir unutar općeg plana održavanja. Pored definiranih zadataka koji su potrebni za održavanje projekta ZI, plan održavanja trebao bi utvrditi učestalosti kontrole obavljanja poslova održavanja. Treba uzeti u obzir sljedeće elemente pri utvrđivanju učestalosti održavanja i inspekcije:

- primijenjenu vrstu zelene infrastrukture,
- čimbenike specifične za određenu lokaciju (ovisno o stvarnim uvjetima lokacije kao što je volumen ispusta, opterećenje prometom, opterećenje sedimentom, opterećenje slojeva, itd.)
- sezonske varijacije (oborine, snijeg, smrzavanje vode i tla, sušna razdoblja, ekstremne temperature)
- privremene aktivnosti na lokaciji (npr. građevinski radovi)
- nepravilna vremenska događanja (npr. uragani, vjetrovi, oluje, itd.).

Budući da su ti čimbenici različiti od mjesta do mjesta, potrebna učestalost održavanja za svako mjesto vjerojatno će varirati geografski i može varirati tijekom cijele godine. Uglavnom, ovi čimbenici imaju značajne varijacije između dva grada, pa čak i dva grada u istoj regiji. Planovi održavanja u početnom stadiju implementacije i učestalosti će se vremenom vjerojatno mijenjati jer će se iskustvo održavanja i znanje povećavati.

### 3.3. Posljedice nepravilnog održavanja

Nepravilnim održavanjem može doći do prekomjernog taloženja, začepljenja od lišća, granja, zemlje, dotrajalog filterskog materijala, kamenja, nekontroliranog propadanja vegetacije, loše infiltracije odnosno prelijevanja otpadnih voda što poništava izvornu namjenu projekta zelenih infrastrukture. Zbog nedovoljne drenaže kišnih vrtova i bioretencija može doći do loše infiltracije tla, visoke razine podzemne vode, zasićenog tla, pojave ustajale vode (više od 72 sata), propadanja biljaka. Za sigurnost pješaka i prometa potrebno je osigurati vidljivost linija raskrižja, ulica i parkirališta, osigurati da se voda sa zelenih površina ne prelijeva po kolniku i pješačkim stazama, te osigurati da ne dođe do zamrzavanja prometnih površina.



Slika 4. Bioretencijsko područje i detalj odvoda vode s kolnika [8]

U slučaju niskih temperatura i smrzavanja potrebno je ispustiti vodu iz svih sabirnih cijevi, očistiti sve filtere i popločenje, preusmjeriti protok iz zatvorenih spremnika k otvorenim površinama.

#### 4. Stanje u Republici Hrvatskoj

Upravljanje oborinskim vodama u Republici Hrvatskoj daleko je od održivog. U Hrvatskoj se oborinske vode prikupljaju i odvođe klasičnim kanalizacijskim sustavom što uključuje kolektorske cijevi povezane s postrojenjem za pročišćavanje otpadnih voda ili s direktnim ispuštanjem u recipient. Zbog takvih rješenja gradske su poplave uobičajene pojave u Hrvatskoj, a nastaju kao posljedica velikog intenziteta oborine i nemogućnosti da kanalizacijski sustav u kratkom vremenu prihvati velike količine oborinske vode. Ove pojave su očiglednije u urbanim sredinama, osobito u gradovima na jadranskoj obali [14]. Jedno od rješenja za ovaj problem je integrirani pristup odvodnji, odnosno primjena zelenih infrastrukture. Ovakav način upravljanja oborinskim vodama gotovo ne koristi cijevi niti kanale za oborinske vode. Oborinska voda je prirodno pročišćena, dio se infiltrira u podzemlje, a dio evapotranspirira.

U Republici Hrvatskoj kroz Hrvatski savjet za zelenu gradnju postoje inicijative usmjerene na popularizaciju zelenih infrastrukture i na obrazovanju vezano uz mogućnosti primjene istih. Potrebna je šira uključenost, temeljena na uključivanju sveukupne stručne i znanstvene javnosti. Hrvatska je članica EU od 2013. godine, a preporuka Europske komisije (2013.) za provedbu zelene infrastrukture izazvala je zanimanje institucija gradova [15]. Oborinska voda prepoznata je samo kao otpadna voda, ali niti jedan drugi srodni aspekt nije obuhvaćen. Postojeće zakonodavstvo prvenstveno se bavi pročišćavanjem otpadnih voda u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda i zahtjevima kakvoće iz tekućeg postrojenja. Sadašnja praksa urbanističkog planiranja pogoduje konvencionalnim rješenjima kanalizacije i odvodnje, dok se zelene infrastrukture ne prepoznaju kao moguća alternativa, izuzev nekih gradova na jadranskoj obali (npr. Pula, Zadar) i Zagreba. Također, mogućnosti za uštedu energije prikupljanjem i korištenjem oborinske vode nisu obuhvaćene bilo kojim dokumentom na nacionalnoj razini. Glavni propisi o vodama (akti) prilagođeni su propisima na europskoj

razini, ali isto tako i europski propisi još uvijek ne daju izravne smjernice, akcije ili barem osnovna rješenja za upravljanje oborinskim vodama [12]. Zelene infrastrukture pružaju idealnu priliku za lokalne vlasti da isporučuju više pogodnosti za malo ili bez ikakvih dodatnih troškova. Zapravo, ta održiva rješenja – zelene infrastrukture su vrlo često jeftinija za izgradnju i održavanje od uobičajenih rješenja za odvodnju [16].

#### 5. Zaključak

Zelene infrastrukture predstavljaju inovativan pristup upravljanja površinskim i oborinskim vodama koji se oslanja na ekološko načelo prema kojemu treba planirati i projektirati odvodnju prema prirodnom načinu otjecanja: upravljati oborinama na izvoru koristeći ravnomjerno raspoređene decentralizirane mikrosustave odvodnje, služeći se tehnikama projektiranja koje predviđaju retencioniranje, infiltraciju u podzemlje, evaporaciju, i filtraciju te biljno pročišćavanje. Ovakav način odvodnje se također odnosi na mogućnosti integralnog planiranja zelenog grada, što podrazumijeva inovativan pristup upravljanja vodama, urbanističko planiranje i krajobrazno uređenje. Temelj opstanka i efikasnosti zelenih infrastrukture je njihovo održavanje. Već u fazi projektiranja i planiranja treba voditi računa o izboru vrste zelene infrastrukture, načinu i mogućnostima njihova održavanja. Na održavanje u velikoj mjeri utječu klimatski uvjeti nekog područja, raspored postojećih infrastrukture, urbanistički planovi i svijest stanovništva o potrebi i prednostima zelenih infrastrukture. Potrebe za održavanjem različitih vrsta zelenih infrastrukture značajno variraju ovisno o vrsti i dizajnu.

#### Literatura

- [1] Abebe, Mathias Tesfaye; Megento, Tebarek. The city of Addis Ababa from 'forest city' to 'urban heat island': Assessment of urban green space dynamics, / Journal of Urban and Environmental Engineering (JUEE), 2 (2016), 10 (2); str. 254-262. (ISSN 1982-3932)
- [2] Šperac, Marija; Obradović, Dino. Parameters of interest for the design of green infrastructure, / Journal of Urban and Environmental Engineering (JUEE), 1 (2019), 13 (1); str. 92-101. (ISSN 1982-3932)

- [3] Margeta, Jure. Kanalizacija naselja, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Građevinski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Institut građevinarstva Hrvatske d.d., Split, Osijek, 1998. (ISBN 953-96691-6-2)
- [4] Miličević, B. Dragan; Anđelković, N. Ljiljana; Mitić, P. Marjan. Nužnost integralnog pristupa planiranju i upravljanju atmosferskim vodama na primeru grada Pirota, / Tehnika - kvalitet IMS, standardizacija i metrologija 6 (2015), 15 (6), str. 1065-1072. (ISSN 0040-2176)
- [5] Graaf, de Rutger. Adaptive urban development, A symbiosis between cities on land and water on the 21<sup>st</sup> century, Rotterdam University Press, Rotterdam, 2012, str. 14-15 (ISBN: 978 90 5179 799 2)
- [6] Januchta-Szostak, Anna. Urban water ecosystem services, Poznan University of Technology, Sustainable Development Applications, 3, 2012, str. 101
- [7] Penić, Hrvoje. Projekt odvodnje oborinskih voda naselja Brusje, integralni sustav odvodnje, završni rad. Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split, 2014.
- [8] Working Party SUDS: SUDS for Roads, 2008.
- [9] Obradović, Dino. Integralni pristup odvodnji oborinskih voda s prometnica i parkirališta. / Naučno-stručni simpozijum GEO-EXPO 2017 / Zekan, Sabid (ur.) (ISBN 9 772303 426009), Društvo za geotehniku u Bosni i Hercegovini, Tuzla, 26-27. listopada 2017., str. 62-71
- [10] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske. Zakon o zaštiti prirode, NN 80/13, 15/18, 14/19, Zagreb
- [11] Hoffmann, Birgitte; Laustsen, Anne; Jensen, Inge, H. et al. Sustainable Urban Drainage Systems Using rainwater as a resource to create resilient and liveable cities, State of Green, 2015.
- [12] Šperac, Marija; Obradović, Dino. Stormwater management in the urban environment / 15th International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering / Bekić, Damir; Carević, Dalibor; Vouk, Dražen (ur.). (ISBN 978-953-8168-17-8). Faculty of Civil Engineering Zagreb, University of Zagreb, Zagreb, 2017., str. 137-146
- [13] US EPA, Office of Water. The Importance of Operation and Maintenance for the Long-Term Success of Green Infrastructure, 2013.
- [14] Uzelac, Tatjana. Integralni pristup odvodnji oborinskih i površinskih voda, Građevinski fakultet Rijeka, 2012.
- [15] Bojan, Đurin; Darko, Zlatarek. Klasični i integralni način projektiranja i građenja oborinske kanalizacije, TEHNOEKO 61, veljača 2016, str. 26-29.
- [16] Europska agencija za okoliš. Zelena infrastruktura: bolji život uz rješenja koja se temelje na prirodnim načelima, 2015.

# POMACI I OŠTEĆENJA ZGRADA UZROKOVANI NEODRŽAVANJEM

## *Movements and Damages to Buildings Caused by Non-maintenance*

*Preliminary notes*

Aleksandar Jurić, Vladimir Moser, Silva Lozančić

Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Vladimira preloga 3, Osijek, Hrvatska

E-mail: ajuric@gfos.hr

### **Sažetak**

U radu je opisano nekoliko uzroka pomaka zgrada te kako ih izmjeriti i tako ukazati na važnost održavanja, kako samog objekta tako i bliže okoline. O mjerama održavanja potrebno je voditi računa, kako u postupku građenja zgrade tako i u samoj eksploataciji. Prikazani su mogući razlozi slijeganja kao i posljedice koje ona izazivaju. Za primjer je izabran slučaj vukovarske gimnazije, a prikazani su i postupci izmjere slijeganja te potrebni postupci sanacije. Na konkretnom primjeru mjerenja i sanacije dane su potrebne mjere održavanja kako bi se slijeganja izbjegla, kako u pripremi tako i prilikom eksploatacije.

**Ključne riječi:** Mjerenje Održavanje, Pomaci, Sanacija, Slijeganja

### **Abstract**

The paper describes several causes for the displacement of buildings and how to measure them, thus pointing out the importance of maintenance, both of the building itself and of the surrounding environment. Maintenance measures should be taken into account, both in the process of building the building and in the operation itself. Possible reasons for settling down and the consequences they cause are presented. The case of the Vukovar High School was selected as an example, and the methods of measuring settlement and the necessary remediation procedures are presented. In the specific example of measurements and remediation, the necessary maintenance measures are given to avoid settling, both during preparation and during operation.

**Keywords:** Maintenance, Measurements, Remediation, Shifts, Settlements

## **1. Uvod**

Vrlo često se na objektima, kako stambenim tako i javnim, pojavljuju deformacije i oštećenja. Uzroci oštećenja mogu biti brojni i ponekad vrlo različiti. Najčešće se te pojave događaju u urbanim sredinama gdje su izgradnja, pripreme radnje za izgradnju većih objekata kao i njihova rekonstrukcija vrlo česte. Najčešće su to objekti poput nebodera, podzemnih garaža, trgovačkih centara, škola kao i ostalih većih objekata. Kako bi se spriječile pojave deformacija, pomicanja i oštećenja kao i njihove posljedice, a u cilju efikasnog održavanja, potrebno je pravovremeno obavljati različita geotehnička i geodetska mjerenja. U ovom radu cilj je ukazati na uzroke deformacija i oštećenja te njihove posljedice. Ukazat će se na neke načine utvrđivanja tih pojava i njihovo mjerenje. Dakle nakon što su ustanovljene promjene na objektima kao što su pomaci, slijeganja i pucanja, geotehničkim i geodetskim radnjama potrebno pratiti vertikalne pomake, promjene nagiba kao i pojave pu-

kotina i drugih oštećenja. Temeljni cilj tih radnji je dobijanje podataka potrebnih za definiranje postupaka sanacije u cilju zaustavljanja daljnjih pomaka i deformacija te za daljnje planiranje mjera održavanja. U pravilu se takvim aktivnostima pristupa nakon što se ove pojave ne ustale, odnosno, dok se u potpunosti ne definira tijekom nastajanja ili se u konačnici ne zaustave.

## **2. Neki od uzroka deformacija i oštećenja**

### **2.1. Propusti kod izvođenja**

Česti uzrok deformacija leži u propustima u izvođenju samog objekta, koje je propisano Zakonom o građenju [1] te projektnom dokumentacijom. Uzrok tih pojava može biti i nepravilno izvođenje temelja kao i eventualno zanemarenih a potrebnih potpornih zidova. Ovdje se mogu svrstati i nepredviđene podzemne šupljine kao što su stari podrumi, zemunice (sl. 1), rovovi te os-

tatci vodova instalacija i otpadnih voda [2]. Vrlo česta pojava je i zanemarena visoka razina podzemnih voda koje uvelike mogu destabilizirati tlo na kojem se izvodi objekt.



Slika 1. Zemunice

## 2.2. Građenje drugih objekata

Jedan od najčešćih uzroka pojava slijeganja i oštećenja, pogotovo u urbanim sredinama je građenje drugih objekata u bližoj ili neposrednoj blizini već postojećih objekata, što je isto propisano Zakonom o građenju [1]. Različitim gradnjama i dogradnjama narušava se mehanička stabilnost tla što je vrlo čest uzrok pomaka postojećih objekata u blizini. Često se za potrebe većih objekata rade veliki i duboki iskopi (sl. 2), koji zbog neodgovarajuće stabilizacije tla izazivaju upravo pomake i oštećenja već postojećih objekata, a to su najčešće stambeni i javni objekti u neposrednoj blizini [3]. Dobar primjer su veliki iskopi za potrebe Eurodoma u Osijeku. Zbog toga najčešće duboki iskopi predstavljaju neposrednu opasnost za postojeće objekte.



Slika 2. Građevinski iskopi

## 2.3. Dinamička oštećenja

Dinamički uzroci mogu biti različiti. Potresi su najpoznatiji dinamički uzroci, no oni su uglavnom predvidljivi i relativno rijetki. Moguća češća oštećenja zgrade mogu biti uzrokovana uporabom građevinskih radnih strojeva kod utovara i istovara, kod zbijanja temeljnog tla, poravnanja i sl. (sl. 3 i

4). U praksi su poznati dinamički uzroci oštećenja neposredna blizina prometnica po kojima voze teški kamioni–tegljači i sl.



Slika 3. Građevinski radovi



Slika 4. Tegljači

## 2.4. Neodržavanje infrastrukture

Mogući primjeri neodržavanja infrastrukture su neodgovarajuće održavanje prometnica u neposrednoj blizini; zbog rupa i oštećenja (sl. 5), mogu, između ostalog, izazvati pojavu dinamičkih uzroka oštećenja, vozila koja voze tim prometnicama. Čest uzrok je neodgovarajuća odvodnja prometnica (sl. 6) ali i pristupnih cesta, gdje nakupljanje vode može stvoriti neposrednu opasnost za postojeće objekte. Tu se može svrstati i neodgovarajuće održavanje sustava odvođenja oborinskih voda i pripadnih slivnika. Ovo posljednje uvelike može promijeniti sastav i mehaničke karakteristike temeljnog tla.



Slika 5. Rupe na cesti





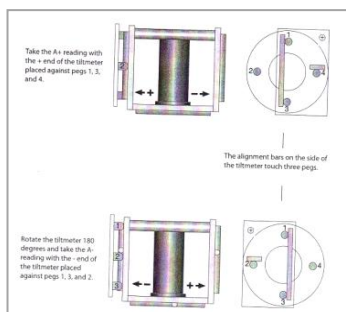
Slika 6. Voda na cesti

Zaključno, svi ovi uzroci i nastali problemi zahtijevaju nužno redovito ili izvanredno održavanje, kako bi se ove pojave spriječile ili zaustavile i sanirale.

### 3. Tehnike praćenja pomaka i oštećenja

Gotovo neizbježan, vrlo efikasan i precizan način izmjere slijeganja je geodetska metoda geometrijskog nivelmana uz pomoć nivelira, što je najtočnija geodetska metoda mjerenja, s točnošću određivanja visinskih razlika ispod 1 mm. Ukratko, na objekt se postavlja određeni broj repernih točaka na kojima se mjere slijeganja tih karakterističnih kritičnih točaka. Vrlo često u geotehničkom ispitivanju pomaka koriste se instrumenti klinometar i inklinometar (sl. 7 i 8) za unutarnje i vanjsko mjerenje. Njima se uspješno mjere horizontalni pomaci i promjene nagiba zgrade koja se promatra, odnosno, naginjanja.

Za mjerenje vertikalnih i horizontalnih pukotina koriste se klizni mikrometri, mjerna stakalca i komparatori, ali i razna ravnala (sl. 9 i 10) često u kombinaciji s geodetskim i geotehničkim pomagalicama.



Slika 7. Klinometar



Slika 8. Inklinometar

Za mjerenje vertikalnih i horizontalnih pukotina koriste se klizni mikrometri, mjerna stakalca i komparatori, ali i razna ravnala,

(sl. 9 i 10), često u kombinaciji s geodetskim i geotehničkim pomagalicama.



Slika 9. Ravnalo za mjerenje vertikalnih pukotina



Slika 10. Ravnalo za mjerenje horizontalnih pukotina

### 4. Primjeri izmjere za potrebe sanacije vukovarske Gimnazije

#### 4.1. O zgradi Gimnazije i poduzetim mjerama

Gradnja zgrade Gimnazije u Vukovaru, započeto je u proljeće 1894. a već u listopadu iste godine je useljena [4]. Pročelje zgrade je duljine 43 m desno krilo raspona je 20, a lijevo 16 m. Tijekom Domovinskog rata zgrada je doživjela iznimno stradanje – urušeno je krovništvo, međukatne konstrukcije te velik dio nosivih zidova (sl.11). Nakon mirne reintegracije zgrada je obnovljena te 2000. godine otvorena za rad (sl. 12).



Slika 11. Gimnazija nakon Domovinskog rata

Zgrada je tlocrtno razvedena, a tlo na kojem je sagrađena je les, u kojem su se nalazili nepodgrađeni podrumski iskopi. Najvjerojatnije, uslijed nepravilne odvodnje površinskih voda svodovi su počeli pucati i nakon toga se urušavati, što je doprinijelo pomacima, a nakon toga i pukotinama na samoj zgradi. Ispod platoa bili su stari obložni zidovi od opeke, a dijelom su izvedeni potporni zidovi koji su na pokosu iza zida izazvali i klizište. Nakon opsežnih geotehničkih istražnih radova te izvršenih mjerenja i opažanja na objektu i okolišu, temelji su 2008. godine dodatno stabilizirani mlazno injektiranim pilotima [5]. Kako problem oborinskih voda nije i dalje adekvatno i u potpunosti saniran, mjerenje i opažanje je nastavljeno i poslije sanacije temelja. Pojave pokotina opažene su već 2011. a promatranje traje do 2014. Negativne pojave rezultiraju potrebom ozbiljnog pristupa rješavanju problema pa je 2015. pod ručje gimnazije uključeno u međunarodni projekt „RECALL - zajedno protiv lokalnih klizišta“. Predviđeni su dodatni istražni radovi i nadopune opažanja i mjerenja, a 2016. Odnosno 2017. g. pristupa se istražnim radovima i izradi cjelovitog projektnog rješenja sanacije. U razdoblju od 2014. do 2017. obavljena su brojna ispitivanja kako o geofizičkom sastavu (šupljine, seizmika i sl.) tako i o vlažnosti, granulometrijskom sastavu, stišljivosti i brojnim drugim ka-rakteristikama tla. Nastanak slijeganja i pukotina na objektu je nastavljeno zbog izostanka potpune sanacije objekta koja obuhvaća konstruktivnu sanaciju, površinsku odvodnju te unutarnju kanalizaciju.



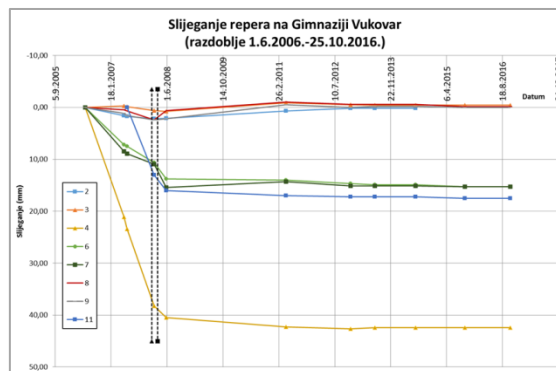
Slika 12. Gimnazija obnovljena 2000. godine

Pored vrlo opsežnih istražnih geotehničkih radova, u istim fazama vrše se i

brojna mjerenja, kako samih slijeganja, tako i mjerenja pukotina.

#### 4.2. O postupcima mjerenja

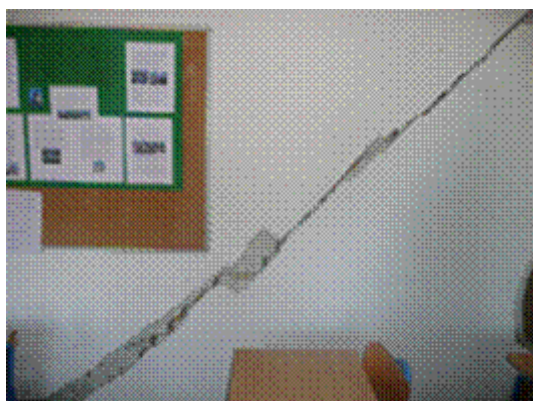
Prije sanacije temelja (2008. g.) geodetska mjerenja metodom geometrijskog preciznog nivelmana [6] počinju 2006. godine. Mjerenje je izvršeno s instrumentom Zeiss KONI007 i pripadajućim invarnim letvama. Na samoj zgradi postavljeno je 10 kontrolnih repernih točaka na kojima su se mjerila slijeganja zgrade, a kasnije je postavljeno dodatnih 20-ak kontrolnih repera. Točnije, prva 3 geodetska mjerenja slijeganja izvršeno je u srpnju 2006. da bi se u sljedećoj godini izvršilo još 6 mjerenja. U 2008. počevši od siječnja pa do rujna izvršeno je još 6 mjerenja slijeganja do početka sanacije temelja. Nakon pojave prvih pukotina, 2011. geodetsko mjerenje je nastavljeno. Od mjeseca svibnja do studenog obavljeno je još četiri mjerenja slijeganja, da bi se od 2012. do 2017. izvršilo još ukupno 11 mjerenja. Primjeri evidencije mjerenja i praćenja vrijednosti slijeganja na reperskim točkama u razdoblju od 2006. do 2016. godine prikazano je grafom na sl. 13.



Slika 13. Primjer evidencije i praćenja slijeganja geodetskim mjerenjima 2006.-2016.

Na sl. 15 prikazan je primjer evidencija i vrijednosti zadnjih i zbirnih slijeganja u 2017. [7]. Paralelno s geodetskim mjerenjima izvršeno je i mjerenje kliznim mikrometrima koje je u pravilu potvrdilo slijeganje izmjereno geodetskim instrumentima. Najveća opažena slijeganja prije sanacije temelja, iznosila su oko 40 mm. Nakon sanacije temelja slijeganje se umirilo. Mjerenja i praćenje pukotina na zidovima objekta izvršeno je prijenosnim komparatorom. Pukotine su u početku, (sl. 14) prije sanacije temelja iznosile i do 20 mm, da bi nakon sa-

nacije vrijednosti širenja pukotina iznosile oko 1 mm.



Slika 14. Primjer mjerenja pukotina

## 5. Mjere održavanja

Kako se nakon višegodišnjih postupaka mjerenja, sanacije i opsežnih geotehničkih istraživanja, bilo prije sanacije temelja ili u razdoblju nakon nje, stalno nameću mjere održavanja, može se zaključiti kako su neke mjere jednostavno izostale. Ako bi se povezali s navedenim uzrocima nastanka ovih negativnih pojava te iz izvještaja o geotehničkim mjerenjima [6], lako se može napraviti pregled eventualnih mjera poboljšanja koje bi u većoj ili manjoj mjeri spriječile ili ublažile nastanak ovakvih negativnih pojava.

### 5.1. Saniranje šupljina u temeljnom tlu

Tijekom i prije građenja te u postupku obnove zanemareno je postojanje šupljina u tlu, a koje su se mogle dodatno osigurati. Predloženo je zapunjavanje tunnelskih iskopa u zonama ispod objekta nestišljivim materijalom (beton) uz izvedbu drenaže pomoću geosintetičkih drenova.

### 5.2. Saniranje odrona - klizišta

S jedne strane zgrade bili su stari obložni zidovi od opeke koji nisu u odgovarajućoj mjeri obavljali funkciju potpornog zida. Gradnjom dijela potpornog zida izazvano je klizanje pokosa iza njega te samim tim nije na odgovarajući način osigurano. Predložena je hitna sanacija odrona oko objekta na mjestu neizvedenog potpornog zida te dogradnja istog.

06.04.2017.			18.05.2017.		
28. mj	$\Delta$ (mm)	$\Sigma\Delta$ (mm)	29. mj	$\Delta$ (mm)	$\Sigma\Delta$ (mm)
10,4294	0	0,9	10,4294	0	0,9
10,2334	0	-40,5	10,2334	0	-40,5
	0	0		0	0
10,4273	0	-15,4	10,4273	0	-15,4
9,4784	0	-14,7	9,4784	0	-14,7
11,0831	0	-0,8	11,0831	0	-0,8
11,3722	0	-0,8	11,3722	0	-0,8
	0	0		0	0
10,2146	0	-17,5	10,2146	0	-17,5
11,776	-0,4	-0,2	11,776	-0,2	-0,4
10,2934	-0,6	-0,4	10,2932	-0,2	-0,6
11,8339	-0,4	-0,2	11,8337	-0,2	-0,4
11,7159	-0,6	-0,5	11,7158	-0,1	-0,6
11,6039	-0,2	0,1	11,6039	0	0,1
11,6246	0,1	-0,2	11,6245	-0,1	-0,3
11,6069	-0,2	-0,3	11,607	0,1	-0,2
12,1284	-0,4	-0,5	12,1284	0	-0,5
11,7624	-0,3	-0,4	11,7624	0	-0,4
11,8255	-0,7	-0,7	11,8254	-0,1	-0,1
12,2058	-0,7	-0,5	12,2057	-0,1	-0,6
12,2077	-0,2	-0,1	12,2079	0,2	0,1
11,7651	-0,6	-0,6	11,7651	0	-0,6
11,7527	-0,5	-0,5	11,7528	0,1	-0,4
11,8188	-0,4	-0,3	11,8188	0	-0,3
11,7142	-0,2	-0,3	11,7142	0	-0,3

Slika 15 Primjer evidencije geodetskih mjerenja 2017. godine

### 5.3. Analiza dinamičkih utjecaja

Vjerojatno su u nekoj mjeri zanemareni dinamički utjecaji ratnih razaranja na objekt i tlo kao i eksploatacija obližnjih prometnica. Predaže se kompletnija analiza dinamičkih utjecaja prilikom projektiranja i postupka sanacije.

### 5.4. Održavanje infrastrukture

U pogledu infrastrukture, nekoliko puta se u istraživanjima i elaboratima spominje neodgovarajuće zbrinjavanje oborinske i površinske vode, što je uvelike promijenilo sastav i mehaničke karakteristike temeljnog tla. Predlaže se sprječavanje bilo kakvog procurivanja vode u podzemlje – bolja izvedba odvodnih kanala, izrada nepropusnih površinskih naslaga oko objekta te posebna i kontrolirana odvodnja vode s obližnjeg igrališta (glineni tepih ili polaganje bentonitnog tepiha na svim travnatim i drugim površinama oko objekta). Predlaže se i kontrola odvodnje s prometnica oko objekta.

### 5.5. Konstrukcijska sanacija

U promatranom razdoblju nije se pristupilo konstrukcijskoj sanaciji, a predložena je, kao jednoj od mjera održavanja, što isto tako pospješuje nastanak navedenih negativnih pojava.

### 6. Zaključci

Vrlo je bitno naglasiti da bi se negativne pojave slijeganja objekata i njihovih posljedica kao pukotine na zidovima, stropovima i podovima često mogle izbjeći. Pored pripremnih radnji prije postupaka građenja, rekonstrukcije ili sanacije, vrlo su bitni i postupci koje je potrebno napraviti i nakon završetka radova, odnosno, tijekom eksploatacije. To nisu samo postupci vezani uz stalne preglede i mjerenja, radove na objektu, pripremi ili saniranju konstrukcije i temeljnog tla, nego su veoma bitne i mjere održavanja, kako samog objekta, temeljnog tla i okolnog terena, tako i cjelokupne infrastrukture u samom objektu, ali i u njegovoj bližoj ili daljoj okolini. Tu se prvenstveno misli na održavanje instalacija unutar objekta, odvodnja oborinskih, otpadnih i površinskih voda, održavanje parkirališta i okolnih cesta te slivnika i kanala.

Na konkretnom primjeru objekta Vukovarske gimnazije ukazano je na potrebne postupke mjerenja, kako bi se objekt mogao uspješno sanirati, ali i na eventualni izostanak niza potrebnih mjera održavanja, koje su bile potrebne kako bi se opisane negativne pojave donekle izbjegle ili ublažile.

### Literatura

- [1] Web stranica, Zakon o građenju, zakon je na snazi od 25.04.2019. godine, <https://www.zakon.hr/z/690/Zakon-o-gradnji>, pristupljeno: 31.10.2019.
- [2] Web stranica eduidea.hr, link [https://www.google.hr/search?q=zemunice&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiSqsm\\_INPIAhUEMuwKHR2dAXkQ\\_AUIEigB&biw=1719&bih=814#imgrc=UTNUskpZkvfclM](https://www.google.hr/search?q=zemunice&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiSqsm_INPIAhUEMuwKHR2dAXkQ_AUIEigB&biw=1719&bih=814#imgrc=UTNUskpZkvfclM), pristupljeno: 31.10.2019.
- [3] Oreč D. (2007): Praćenje vertikalnih pomaka, nagiba i pukotina objekata uzrokovanih iskopom dubokih jama, Ekscentar, no. 10, pp. 79-83
- [4] Web stranica Gimnazije u Vukovaru, link [http://gimnazija-vukovar.skole.hr/skola/slike\\_gimnazije\\_od\\_1991\\_do\\_1999\\_](http://gimnazija-vukovar.skole.hr/skola/slike_gimnazije_od_1991_do_1999_), pristupljeno: 31.10.2019.
- [5] Kaluđer J., Damjanović I., Minažek K.: Vukovarska gimnazija – istražni radovi i opažanja složenog geotehničkog problema, Zajednički temelji '17, Zbornik radova Udruga hrvatskih građevinskih fakulteta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2011.
- [6] Građevinski fakultet Osijek: Izvještaj o geotehničkim mjerenjima gimnazije Vukovar u periodu 13.7.2016. – 25.10.2016., Osijek, studeni 2016.
- [7] Građevinski fakultet Osijek: Izvještaj o geotehničkim mjerenjima gimnazije Vukovar do datuma 24.5.2017., Osijek, svibanj 2017.

# **VULNERABILITY ASSESSMENT, MAINTENANCE AND STRENGTHENING OF STRUCTURES IN SEISMICALLY ACTIVE AREAS**

## **Procjena oštetiivosti, održavanje i pojačanje konstrukcija u potresno aktivnim područjima**

*Subject review*

Marijana Hadzima-Nyarko

Faculty of Civil Engineering and Architecture - Osijek, Croatia

E-mail: mhadzima@gfos.hr

### **Sažetak**

Posljedice potresnog djelovanja, osim materijalnih šteta i oštećenja zgrada, su stradanje stanovnika, velike ekonomske štete te troškovi oko zbrinjavanja stanovništva nakon potresa. U radu je opisana metoda brze vizualne procjene u kojoj iskusan pregledavatelj vizualno pregledava zgradu kako bi se identificirale značajke koje imaju utjecaja na ponašanje zgrade tijekom potresa; značajke mogu uključivati vrstu zgrade, seizmičnost, uvjete temeljnog tla i nepravilnosti. Metoda brze vizualne procjene je predložena kao metoda preliminarnе procjene potresne oštetiivosti zgrade na temelju koje se izdvajaju visoko rizične zgrade za koje su potrebni detaljniji pregledi te na osnovi toga i odgovarajuće pojačanje. Drugi način identifikacije zgrada nedovoljne otpornosti na izvanredna djelovanja je pregledom zgrade kao temelja u procesu održavanja zgrada opisanog u Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije. Osim predviđanja ponašanja zgrada u potresu, izuzetno je bitno provođenje i preventivno pregledavanje građevine i preventivno izvođenje radova. Da bi otpornost građevina na potrese bila što veća (a s time i sigurnost ljudi i materijalnih i kulturnih dobara), potrebno je održavati postojeće građevinske konstrukcije u zadovoljavajućem stanju (da im se ne naruši otpornost, kao npr. od vanjskih utjecaja, nestručnih intervencija vlasnika i dr.). Pojačanje zgrada visoke oštetiivosti je kritično u smanjenju potresnog rizika. Bitno je za zaštitu života i imovine stanara zgrade, kao i kontinuitet njihovog rada. Zajednice s većim brojem pojačanih konstrukcija mogu se brže oporaviti od potresa.

**ključne riječi:** Održavanje konstrukcija, Potresna opasnost, Potresna oštetiivost, Potresni rizik, Pojačanje konstrukcija

### **Abstract**

The consequences of earthquake action are material damage and buildings damages, the suffering of residents, major economic damage, and the cost of dealing with the population after an earthquake. This paper describes a rapid visual assessment method, in which an experienced viewer visually inspects a building to identify features/characteristics of buildings that affect the behavior of a building during an earthquake; these characteristics may include building type, seismicity, ground conditions and irregularities. In this article, a method of rapid visual assessment is proposed as a preliminary assessment of the building vulnerability, on the basis of which high-risk buildings are identified. For those buildings, more detailed examinations are required and, accordingly, appropriate strengthening. Another way of identifying buildings with insufficient resilience to extraordinary actions is by buildings inspections as a fundamental part in the maintenance of buildings described in Technical Specifications for Buildings. In addition to predicting the behavior of buildings in an earthquake, it is extremely important to carry out and preventively inspect the building and preventive work. In addition to predicting the behavior of buildings during an earthquake, it is extremely important to carry out preventive inspection of the building and preventive work. In order to achieve high resistance of buildings to earthquakes (and thus the safety of people and material and cultural goods), it is necessary to maintain existing buildings in a satisfactory condition (so as not to impair their resistance, such as from external influences, unprofessional owner interventions, etc.). Seismic retrofitting of vulnerable structures is critical to reducing risk. It is important for protecting the lives and assets of building occupants and the continuity of their work. On the whole, communities with more retrofitted structures can recover from earthquakes more rapidly.

**Keywords:** Maintenance of structures, Seismic hazard, Seismic risk, Seismic vulnerability, Strengthening of structures

## 1. Introduction

Earthquakes are one of the unexpected natural phenomena and in a few moments the number of victims can be counted in the thousands. No other natural force can cause as much damage and casualties as an earthquake in such a short space of time. Given the examples of recent disasters such as Kobe (Japan 1995, M = 7.3), Izmit (Turkey 1999, M = 7.6), Boumerdès (Algeria 2003, M = 6.7), Kashmir (Pakistan 2005, M = 7.6), Sichuan (China 2008, M = 7.9) and Haiti (Haiti 2010, M = 7.0), earthquakes show the weaknesses of urban areas in relation to the devastating power of these events.

Wherever they are, the same observations are made: weaker buildings suffer a great deal of damage, old structures built of earth and masonry resist the least, destroyed areas are very scattered without clear geographical distribution and there is a sudden loss in population. However, there is a hidden logic behind these recurring observations that can be better understood and controlled, and allows the impact of earthquakes in urban areas to be reduced.

There is a strong link between earthquake phenomenon, human action and disaster; it is the classic relationship with which any presentation of solutions to the concepts of risk, hazard and damage (fig. 1) usually begins [1].

$$R = H \times V \times E \quad (1)$$

This definition was provided at the International Decade for Natural Disaster Reduction [2] where:

- R represents risk, in other words "the mathematical expectation of losses in the form of human lives, injuries, damage to goods and effects on economic activity during the period and in a given area, for a given hazard"
- H represents a hazard, "a threatening event or likelihood of a phenomenon occurring in the region and over a certain period of time capable of causing harm" and
- E represents exposed or at-risk elements or "population, civil engineering structures, economic activities, public services and infrastructure, etc., exposed to hazard".

Earthquake risk began to be taken more seriously only at the end of the last

century. The main procedure for earthquake risk assessment is seismic vulnerability assessment, which gives an insight into the achieved safety measure of structural systems. Particular attention should be given to the damage to buildings, primarily due to the randomness of load action and various uncertainties in the effects of earthquakes. Damage to structures is related to exceeding given damage limit states.

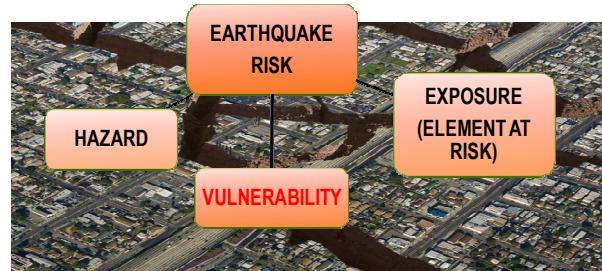


Figure 1. Elements of earthquake risk assessment

The cause of death is the collapse of the structure, not the intensity of the earthquake. The relationships between physical damage and loss in the form of human lives are indicators of the following: there is a strong correlation between the number of casualties and damaged structures after an earthquake. The roles of an earthquake engineering are: to build structures resistant to earthquake actions and thus reduce losses; to understand what kind of earthquake ground motion affects structures and be able to adapt the structures to withstand such a hazard.

With this aim, the rest of the article is divided into the following chapters: seismic hazard, seismic vulnerability, the maintenance of buildings and techniques for strengthening the existing buildings.

## 2. Seismic hazard

As part of the Mediterranean-Transasian belt, the territory of the Republic of Croatia is located in an earthquake-prone area, with two seismic zones being the key ones: the north-western continental part and the coastal area. The first seismic zone extends in the continental north-western part of Croatia from the border with Slovenia west of Karlovac, across the Žumberak highlands and Medvednica all the way to Kalnik and Bilogora, where it connects with

the active belt extending from Pokuplje in the Zagreb area. Earthquakes in this area have resulted in shifts in the Dinaric Alps. In the coastal area, from the northwest to the southeast, the seismic zone extends from the border with Slovenia to the Senj area and, with minor interruptions near Sibenik and Split, to Dubrovnik and its surroundings as a highly prone area. The cause of the earthquake in this area is the underlining of the Adriatic Plate under the Dinarides, which is caused by the movement of the African Plate towards Eurasia [3].

Each state is obliged to divide the state territory into seismic zones, depending on the exposure of earthquake occurrence. The determination of seismicity parameters is the result of complex seismological, geotectonic and geological analyzes. The general procedure on which seismic hazard maps are based includes the compilation of regional seismic catalogs and their effects, the definition of seismic focal zones, the determination of the expected return period for each focal zone, the definition of attenuation relationships for the required ground motion parameters, and the synthesis of the effects of all earthquakes at each site **Error! Reference source not found.**

According to the National Annex to Eurocode 8 (HRN EN 1998-1/NA:2011) [5], two maps of seismic zones for the return periods of 95 and 475 years have been defined for Croatia. Seismic hazard is expressed by the highest horizontal acceleration of the ground motion, which on average is exceeded once in 95 and 475 years, respectively. The first map, where a 95-year return period defined by the horizontal peak acceleration of ground type A ( $a_{gR}$ ) (ground type A refers to a rock or other geological formation including at least 5 m of weaker material on the surface, with an average surface wave velocity  $\geq 800$  m/s) with a probability of exceeding 10 % in 10 years, is used for the no-collapse requirement for buildings exposed to earthquake. The second map (fig. 2), with a probability of exceeding 10 % in 50 years for a period of 475 year, is used for damage limitation requirement of a building. In this way it is possible to determine for a given return period the value of horizontal peak acceleration of the ground ty-

pe A ( $a_{gR}$ ), which is expressed in units of gravitational acceleration ( $1g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ). The reference peak ground acceleration determined by the National Authority for each seismic zone corresponds to a reference return period of 475 years with an importance factor of  $\gamma_I = 1.0$  assigned for this return period. Seismic zones with the design ground acceleration of 0.05g or less, are considered to be areas of low seismicity, so standards permit a simplified design procedure [5].

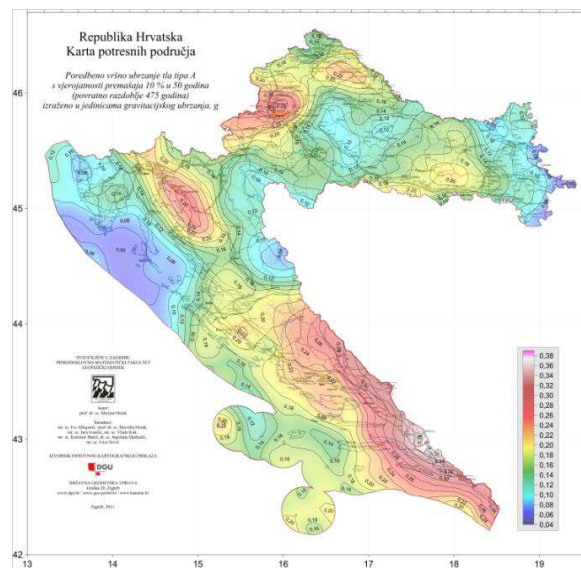


Figure 2. Seismic hazard map for 475 return period for the Croatia [21]

### 3. Seismic vulnerability

So far, earthquakes have shown a high level of damage to old and historic centers of urban areas. This leads to the importance of determining earthquake damage and calculating risks from the point of view of economic, cultural and human security. Vulnerability is the degree of loss of a given element of risk as a result of the occurrence of an event of a particular severity (hazard).

The major goals of large-scale vulnerability assessment – such as the city – are:

- 1) awareness of the impact of an earthquake on groups of buildings in an area
- 2) planning preventative interventions to mitigate earthquake risk and
- 3) assisting with emergency management after catastrophic earthquakes.

Buildings are one of the most important elements at risk. In order to assess the potential losses and the degree of damage to buildings exposed to the relevant hazards, it is necessary to define:

- the type of action that an appropriate event can have on an exposed building
- the structural characteristics of the building that define the possible degree of damage.

A building is made up of different components, the main ones being structural and non-structural elements. Bearing or structural elements are essential to preserve the structural integrity of a building, so if these elements break down or collapse, it is likely that the structure will collapse. Non-structural elements are not of great importance in preserving the structural integrity of the building, as their breakage or demolition will not cause the structure to collapse (e.g. chimneys, partition walls and all the accompanying contents of the building).

The earthquake resistance of the structure plays an essential role in earthquake protection. Most deaths and injuries that occur during and after an earthquake can be attributed to damage and collapse of buildings, and also most economic losses and social disturbances can be attributed to the collapse of buildings and other structures.

Based on studies of seismic vulnerability, it can be concluded that some structural systems are more prone to damage than others. For example, unreinforced masonry buildings can be expected to be more prone to damage than wooden frame structures. The main determinants of damage are also the position of the vertical load-bearing (structural) elements and the layout of the structure [6].

On a large scale, because the usually available data are not sufficient to determine detailed models, models of seismic vulnerability cannot be applied to buildings individually: therefore, vulnerability assessments refer to a building stock characterized by homogeneous behavior. In this sense, assessment assumes a statistical

significance that is consistent with the purpose of the risk analysis.

Several different methods for assessing vulnerability have been developed and proposed in the last few years, which are applied in addition to different types of data (from poor statistics on building type and number of floors to data specifically tested for seismic vulnerability assessment). They are based on different approaches, which can basically be classified into the following two classes: empirical and analytical methods (fig. 3). Empirical (or observed) assessment method is based on the observation of damage suffered during past seismic events and is based upon the statistical evaluation of past earthquake damage.

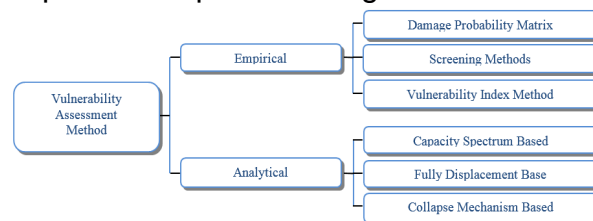


Figure 3. Main seismic vulnerability methods [7]

The analytical method is based upon the numerical analysis of the structure. The buildings with the same material and structural type are grouped into one class. The performance of the buildings is predicted based upon design specifications and construction details.

### 3.1 Rapid Visual Screening (RVS) method

Although the Rapid Visual Screening (RVS) method was originally developed by Applied Technology Council (ATC) in the late 1980s and published in 1988 in the Federal Emergency Management Agency - FEMA 154 report [8], the method has also been developed in many other countries. Some of these methods include Turkish, Greek, Canadian, Japanese, New Zealand, and Indian rapid visual assessment methods. Srikanth et al. [9] introduced a brief description of various rapid visual assessment methodologies.

It is a simple and relatively quick way to assess the earthquake damage of buildings in the form of points based on visual inspection. The procedure was developed as a preliminary inspection phase in the



multi-phase process of determining buildings which will result in potential damage. Structures identified as potentially vulnerable by the RVS method require a more detailed analysis by an experienced earthquake design expert. The RVS method was developed on the basis of a "street survey", a visual inspection of the structure externally and, if possible, from the interior to identify the primary structural system resistant to horizontal loads and structural materials. A visual inspection of the building can be completed in less than 30 minutes and can be performed from the street without entering the building. The survey is mostly conducted by filling out a survey form.

The RVS method calculates the Seismic Priority Index (SPI), which depends on the Structural index (SI) and Nonstructural index (NSI). In order to calculate the structural index (SI), it is necessary to know the year of construction of the building, seismicity of the area, soil conditions, irregularities of the building and the type of the building.

The Seismic Priority Index (SPI) is calculated based on the Structural index (SI), related to possible damage or failure of the building structure and Non-structural index (NSI), related to failure or damage of non-structural components of the building [10]:

$$SPI = SI + NSI \quad (2)$$

The Structural Index (SI) can be calculated as follows [10]:

$$SI = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \quad (3)$$

where:

A – seismicity; B - soil conditions; C - type of structure; D – irregularities; E - building importance.

The Non-Structural Index (NSI), which is based on falling elements dangerous to life or hazards to vital operations in post-disaster buildings, building importance and soil conditions, can be calculated as follows [10]:

$$NSI = B \cdot E \cdot F \quad (4)$$

where:

B - soil conditions; E - building importance; F = max (F1, F2), where F1 - falling elements which are life dangerous and F2 - hazards to vital operations.

The RVS method gives priority points on the basis of which buildings are ranked in priority building groups for further, more detailed, evaluation. Buildings are ranked on the basis of the final scores and are therefore divided into four groups [10]:

- 1) low priority buildings
- 2) moderate priority buildings
- 3) high priority buildings
- 4) high-risk buildings.

Such a division is sort of arbitrary and depends on local resources and the type of buildings involved. The following values for the Seismic Priority Index (SPI) are proposed as a starting point: less than 10 for low priority, between 10 and 20 for moderate priority and more than 20 for high priority. Buildings with an earthquake priority index having STIs greater than 30 are considered to be potentially dangerous and as such belong to the high-risk group of buildings.

The seismic priority index (SPI) obtained for earthquake intensity VII is presented in fig. 4 for one small city block in Osijek.



Figure 4. The seismic priority index (SPI) obtained for earthquake intensity VII

This method is proposed as the preliminary assessment of the seismic vulnerability of a building, on the basis of which high-risk buildings are identified for which more detailed inspections and analysis are required and, accordingly, appropriate strengthening of these buildings.

#### 4. Maintenance of buildings

Timely prevention and repair of damage that occurs over time, as well as, preventive and protective measures, ensures, through the maintenance process, a sufficient level of safety and usability of the existing buildings.

Croatian Technical Specification for Buildings (Official Gazette (OG) 17/2017) [11] includes the mandatory application of HRN EN 1993-1-3:2011 regulating how to restore and reinforce all types of buildings. This category also includes cultural monuments (undamaged or damaged due to earthquake). The standard gives a lot of freedom to the designer/constructor for decision making, in agreement with the investor and other participants (architects, conservators), on how to proceed with respect to earthquake hazard, residual life, purpose, architectural and conservation restrictions, etc.

Croatian Technical Specification for Buildings (OG 17/2017) [11] consists of the chapters: General Rules, Special Rules for Concrete Structures, Special Rules for Steel Structures, Special Rules for Composite Structures made of Steel and Concrete, Special Rules for Timber Structures, Special Rules for Masonry Structures and Special Rules for Aluminum Structures.

Maintenance of structures is carried out using the rules given in the Croatian standards, and they are listed in Annex II of the Technical Specification. Certain technical properties of the building must be preserved during the service life of the building.

The Technical Specification for Building Maintenance (OG 122/14 and OG 98/19) [12] covers all works, inspections and documentation in order to meet the basic requirements for a building and its basic properties. Works include all construction and other works performed on an already constructed structure. In order to keep the building safe and functional, except for the quality construction works, it is necessary to determine the plan and program of its maintenance, which include [12]:

a) regular and extraordinary inspections and maintenance

b) performance of works

c) documenting and storing all construction data.

Regular inspections and maintenance are carried out preventively and include a set of measures to preserve the basic characteristics and requirements of the building.

Regular inspections (basic, main and supplementary) are part of regular maintenance procedures. The general state of the structure is determined by implementation of the basic inspection, by checking the available documentation and by visual inspection of the main structural elements. Main inspections determine the state of the structure and materials. The technical specification stipulates the time interval between inspections: 1 year between basic inspections, 10 years between main inspections for the building and 5 years for bridges, towers and other engineering structures [11].

Regular maintenance and preventative measures include [12]:

a) control and recording of the existing condition of the building

b) elimination of any defects of the building which have appeared which are not in accordance with the design of the building

c) repairs of all construction parts and components

d) troubleshooting of devices during use

e) restoration and rehabilitation of protective layers of buildings

f) servicing and cleaning of plant and equipment

g) replacement of parts of construction and equipment.

Regular maintenance is carried out according to a previously established maintenance plan that is required to be drawn up by the owner of the building. In the case of accidental events that have a negative impact on the structure, extra-ordinary maintenance is prescribed.

Extraordinary inspection and maintenance cover all those procedures and actions that must be taken in the event of an emergency that could not have been fore-

seen earlier. Emergency events include the effect of the atmosphere on the building and its parts, erosion of the surrounding soil, floods caused by precipitation, fires, explosions and seismic activities.

As a result of the above-mentioned emergency actions, measures and work are taken to eliminate the consequences of their action, to restore the building to its original state and to remain safe and functional for use [12].

Additional inspections are prescribed by special rules for specific types of structures. For structures where, during the construction inspection, it is noted that they do not satisfy the technical specification, in accordance with which they have been designed and constructed, it is necessary to conduct certain construction works (repairs, rehabilitation, adaptations, reconstruction) to restore them to the required minimum or eventually to remove the structure.

### 5. Strengthening techniques

Buildings that require strengthening can be distinguished in two ways: the first method is represented by a rapid visual method for the purpose of seismic vulnerability assessment, and the second method is a building inspection required by the Technical Specification for Buildings. Buildings designated as buildings with insufficient resistance to horizontal or other actions need to be strengthened.

The good seismic behavior of the entire structure is the basic task of strengthening of existing buildings, which can be achieved through operations that increase the resistance and ductility and ensure the dispersion of earthquake energy. Based on the observed damage, the basic structural defects are defined and the procedures and techniques will be identified with the aim to [13]:

- reduce earthquake effects by limiting the transmission of the energy to the foundations or only to individual, sensitive parts of the building, through the control of the percentage of dissipated energy, so that the structure absorbs only a part of the energy, in accordance with its resistance

- reduce induced forces by reducing masses, especially at the highest level
- increase the flexural strength of the masonry by vertical and horizontal connections
- improve the load-bearing capacity of the foundation by extending the foundation or by some form of support
- strengthen existing structures by selecting appropriate materials and/or adding new structural elements
- eliminate impermissible changes to individual elements (cracks, weak mortar).

Before choosing the right reinforcement and reconstruction technique, some general indicators need to be considered:

- the importance of the facility/building
- the price of the procedure
- accessibility of certain technologies and materials and
- workforce skills.

The strengthening techniques can be divided into two main categories: traditional and modern techniques. Traditional strengthening techniques are shown in fig. 5.

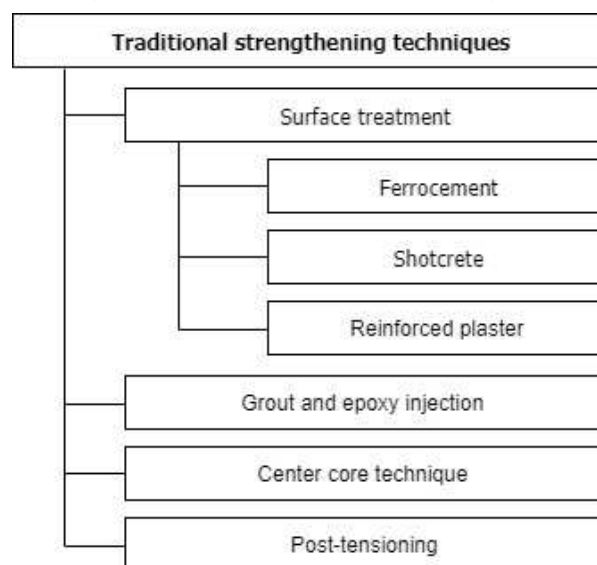


Figure 5. Traditional strengthening techniques

The strengthening of masonry surface is most often performed with ferrocement, reinforced plaster and grouting or shotcrete. For brick walls, the technical solutions for strengthening are: a) filling cracks, b) refilling mortar joints, c) adding reinforcement mesh covered with cement mor-

tar, d) grouting with cement milk or mortar, e) prestressing the walls horizontally or vertically, f) replacement of damaged wall components. Traditional techniques indicate several disadvantages in the sense of reducing the available space, impact on the architectural value of the structure, possibilities of corrosion due to environmental impact and similar.

More detailed description of each traditional technique can be found in the works [15], [16], [17]. According to [16], the efficiency, advantage, and disadvantage of each technique are presented in tab. 1.

Modern techniques to strengthen buildings represent different types of composite polymers and devices of specific use and function (Fig. 6).

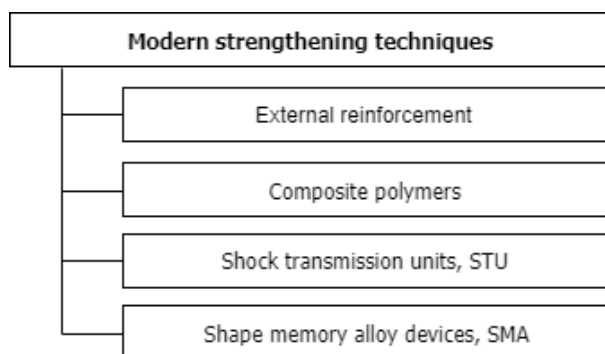


Figure 6. Modern strengthening techniques

Depending on the purpose, composite polymers may be thin, in the form of strips, lamellas, sheets and nets, or rods and strips of square or round cross-section.

FRP have been used for strengthening of masonry structure for several decades, however, some significant drawbacks limited its massive application.

One of the major disadvantages is the usage of organic matrixes (epoxy resin) which lack adequate bond characteristics in the sense of incompatibility to clay, unsatisfactory vapor permeability, poor behavior at high (60 - 80 °C) and low temperatures, requirement for dry surfaces for its application, potential hazard for the manual workers, high costs, irreversibility and, finally, difficulty to implement post earthquake assessment of the damage to the constituent materials behind the FRP [18], [19]. Most

commonly used composite polymers and devices for restoration and strengthening of buildings, their effects, advantages and disadvantages are shown in tab. 2 [20].

One of the major disadvantages is the usage of organic matrixes (epoxy resin) which lack adequate bond characteristics in the sense of incompatibility to clay, unsatisfactory vapor permeability, poor behavior at high (60 - 80 °C) and low temperatures, requirement for dry surfaces for its application, potential hazard for the manual workers, high costs, irreversibility and, finally, difficulty to implement post-earthquake assessment of the damage to the constituent materials behind the FRP [18], [19]. Most commonly used composite polymers and devices for restoration and strengthening of buildings, their effects, advantages and disadvantages are shown in tab. 2 [20].

## 6. Conclusion

In order to provide better protection from earthquakes, in addition to the need for new structures to be constructed with a high level of earthquake resistance, considering the risk to the population and infrastructure, it is necessary to take care of existing buildings through the process of monitoring and maintenance. The vulnerability assessment of a group of buildings is a basic component of earthquake risk assessment. Earthquake risk is often, when it comes to existing and especially old buildings, more the result of high vulnerability of buildings than high seismic hazard. An earthquake results in damage that depends on the magnitude and frequency of the earthquake, building vulnerability and exposure. Estimated damage is expressed in terms of expected economic loss, possible consequences for people (injury, death) or physical damage to property.

The results of the Rapid Visual Screening method help to determine whether a building should be subjected to more detailed investigations regarding earthquake suitability. It is clear that no rapid research can provide highly reliable estimates of seismic behavior, and the review process itself is intended to identify those buildings

Table 1. The efficiency, advantage, and disadvantage of traditional techniques [16]

Technique	Efficiency		Advantage	Disadvantage
	In-plane	Out-of-plane		
<b>Ferrocement</b>	$F_r \rightarrow 1.5 F_{ur}$ $D_r \rightarrow 1.7 D_{ur}$	Improves stability	Low cost Low technology Limited added mass	Space reduction Arch. Impact Requires arch. finishing Limited efficiency Limited E.D.
<b>Reinforced plaster</b>	$F_r \rightarrow 2-3 F_{ur}$ Improves Dr	Improves stability	Low technology Limited added mass	Space reduction Arch. Impact Required arch. finishing
<b>Shotcrete</b>	$F_r \rightarrow 3 F_{ur}$ $D_r \rightarrow D_{ur}$	Improves stability	High increment in $F_{ur}$ Very significant improvement in E.D.	Space reduction Heavy mass Violation of perform. level Disturbance occupancy Arch. Impact Required arch. finishing
<b>Injection</b>	Restores initial stiffness $F_r \rightarrow 0.8-1.4 F_{ur}$	Can restores initial stiffness	No added mass No effect on building function No space reduction No arch. impact	Epoxy create zones with varying stiffness and strength High cost of epoxy No significant increment in $F_r$ using cement-based grout
<b>External Reinforcement</b>	$F_r \rightarrow 4.5-10 F_{ur}$ $E.D_r > 1.5 E.D_{ur}$	N.A.	High increment in $F_{ur}$ Prevent disintegration Improves ductility and E.D.	Corrosion Heavy mass Violation of performance level Requires arch. Finishing Disturbance occupancy
<b>Confinement</b>	$F_r \rightarrow 1.2-1.5 F_{ur}$ $D_r \rightarrow D_{ur}$	Prevent disintegration	Prevent disintegration Improve ductility and E.D.	Not easy to introduce Limited effect on $F_{ur}$ Required arch. finishing Disturbance occupancy
<b>Post-tension</b>	Improves $F_{ur}$	Improves $F_{ur}$	No added mass No effect on building function	High losses Anchorage system Corrosion potential
<b>Center Core</b>	$F_r \rightarrow 2 F_{ur}$ $D_r \rightarrow 1.3-1.7 D_{ur}$	Improves $F_{ur}$	No space reduction No arch. impact No effect on building function	Creation of zones with varying stiffness and strength.

$F_r$ ,  $F_{ur}$ : lateral resistance for retrofitted and unretrofitted specimens respectively,  $D_r$ ,  $D_{ur}$ : lateral displacement for retrofitted and unretrofitted specimens respectively, E.D.: energy dissipation

where reasonable doubt exists. A special problem is structures that were not constructed according to current-regulations (many of them belong to the category of protected monumental heritage), which guarantee a high level of safety for earthquake action. Therefore, it is necessary to take into account their weaknesses and to monitor their condition (cracks, etc.) and to strengthen or make them more resistant to earthquakes when performing construction works (reconstruction, adaptation), which usually does not significantly increase such projects.

Table 2. The effects, advantages and disadvantages of modern strengthening techniques [20]

Technique	Effects	Advantages	Disadvantages
<b>Polymers reinforced with carbon fiber STRIPS</b>	increase of the bending resistance from actions acting perpendicular to the plane of the masonry and increase of shear resistance in-plane of masonry	good behavior and endurance under dynamic loads, high tensile strength in the direction of fibers, easier adoption to the surface of the wall	linear elastic behavior to failure, small total elongation
<b>Polymers reinforced with carbon fiber SHEETS</b>	static strengthening and renewal	good behavior and endurance under dynamic load, high tensile strength in the direction of fibers, easier adoption to the surface of the wall	humidity and air impermeability through the wall, different tensile resistance along and perpendicular to the direction of the fiber
<b>Polymers reinforced with carbon fiber LAMELLAS</b>	increase of bending resistance against actions acting out-of-plane and increase of shear resistance	increase of shear resistance up to 80%	problems of anchoring in the joints and at the ends, the abrupt release due to long-term stresses close to the strength
<b>Polymers reinforced with carbon fiber RODS</b>	increase of bending and shear resistance	no mechanical damage and negative environmental impact on fibers in the rod	problems of anchoring, the abrupt release due to long-term stresses close to the strength
<b>Polymers reinforced with carbon fiber NETS</b>	increase of structure ductility and ability to dissipate energy	prevention of partial or total collapse of the building	ultraviolet radiation nonresistance, plaster-dependent performance
<b>Polymers reinforced with aramid fiber STRIPS</b>	the connection of structural elements whose behavior depends on the speed of relative displacements	higher final strength, alkaline chemical resistance of connections, waterproofness, good reversibility, low thermal and electrical conductivity	humidity and air impermeability through the wall
<b>Stiff polyurethane foam</b>	filling cavities and cracks, insulation properties	connecting the elements of the masonry, higher strength and reduction of earthquake vibrations among the elements	ultraviolet radiation nonresistance
<b>Striking devices</b>	preventing momentary displacements (earthquakes), possible small displacement (temperature elongation)	securing seismic stiffness without causing undesirable forces under the conditions of use	maintenance and replacement
<b>Devices based on smart materials – Shape memory alloys</b>	displacement control and force limitation to the design value	reducing the risk of collapse of the wall out-of-plane	the influence of temperature change on smart materials maintenance, financial aspects

## References

- [1] Gueguen, Philippe. Seismic Vulnerability of Structures, ISTE Ltd, London, UK and Wiley & Sons, Inc., Hoboken, USA, 2013 (ISBN 978-1-84821-524-5)
- [2] Décennie Internationale de la Prévention des Catastrophes Naturelles. Glossaire international multilingue agréé de termes relatifs à la gestion des catastrophes, Technical report, UN DHA, Geneva, 1992.
- [3] Markušić, Snježana; Herak, Marijan. Seismic Zoning of Croatia. Natural Hazards 1999, 18, str. 269-285 (ISSN 0921-030X)
- [4] Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. Comité Européen de normalization, Brussels, Belgium, 2004.

- [5] HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Euro-code 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings – National Annex, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 2011.
- [6] Hadzima-Nyarko, Marijana; Mišetić, Valentina; Morić, Dragan. Seismic vulnerability assessment of an old historical masonry building in Osijek, Croatia, using Damage Index, Croatia, Journal of Cultural Heritage, 2017, 28, str. 140 – 150. (ISSN 1296-2074)
- [7] Ademović, Naida; Hadzima-Nyarko, Marijana. Seismic Vulnerability, Damage and Strengthening of Masonry Structures in the Balkans with a Focus on Bosnia and Herzegovina, Proceedings of 16th European Conference on Earthquake Engineering, EAEE/ETAM, Solun, June 18-21, 2018.
- [8] FEMA 154 (Federal Emergency Management Agency). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. Prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington D.C., FEMA 154 Report, 1988.
- [9] Srikanth, Terala; Kumar, Ramancharla Pradeep; Singh, Ajay Pratap; Rastogi, Bal Krishna; Kumar, Santosh. Earthquake Vulnerability Assessment of Existing Buildings in Gandhidham and Adipur Cities Kachchh, Gujarat (India), European Journal of Scientific Research, 2010, 41(3), pp. 336-353 (ISSN 1450-216X)
- [10] Rainer, J.H.; Allen, D.E.; Jablonski, A.M. Manual for screening of buildings for seismic investigation. Institute for Research in Construction National Research Council, Ottawa, Canada, 1993.
- [11] Tehnički Propis za Građevinske Konstrukcije, NN 17/2017 Technical Specifications for Buildings, Official Gazette 17/2017.
- [12] Pravilnik o održavanju građevina, Urednički pročišćeni tekst, Narodne novine 122/14 i 98/19, Technical Specification for Building Maintenance, OG 122/14 and OG 98/19
- [13] Čaušević, Amir; Rustempašić, Neriman. Rekonstrukcije Zidanih Objekata Visokogradnje, Univerzitet u Sarajevu, Arhitektonski fakultet, 2014.
- [14] Tomažević, Miha. Seismic rehabilitation of existing masonry structures, Gradevinar, 2010, 52(11), pp. 683-683. (ISSN 0350-2465)
- [15] Španić, Martina; Hadzima-Nyarko, Marijana; Morić, Dragan. Strengthening of historical buildings with composite polymers, Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS, 2012, 5, pp. 74-85. (ISSN 1847-8948)
- [16] ElGawady, Mohamed; Lestuzzi, Pierino; Badoux, Marc. A review of conventional seismic retrofitting techniques for URM, Proceedings of the 13th International Brick and Block Masonry Conference, Amsterdam, July 4-7, 2004.
- [17] Pavić, Gordana; Ademović, Naida; Kalman Šipoš, Tanja; Hadzima-Nyarko, Marijana. Tehnike ojačanja zidanih zgrada graditeljske povijesne baštine, Proceedings of the 27. Međunarodni znanstveno-stručni skup „Organizacija i tehnologija održavanja - OTO 2018”, Glavaš, Hrvoje; Barić, Tomislav; Nyarko, Emmanuel Karlo; Keser, Tomislav; Karakašić, Mirko; Barukčić, Marinko (eds). Osijek, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, April 13, 2018, pp. 41-52
- [18] Papanicolaou, Catherine G.; Triantafyllou, Thanasis C.; Papathanasiou, Myrto; Karlos, Kyriakos. Textile reinforced mortar (TRM) versus FRP as strengthening material of URM walls: out-of-plane cyclic loading. Materials and Structures, 2008, 40, pp. 143–157 (ISSN: 1359-5997)
- [19] Corradi, Marco; Borri, Antonio; Castori, Giulio; Sisti, Romina. Shear strengthening of wall panels through jacketing with cement mortar reinforced by GFRP grids, Composites: Part B, 2014, 64, pp. 33–42. (ISSN 1359-8368)
- [20] Hadzima-Nyarko, Marijana; Ademović, Naida; Pavić, Gordana; Kalman Šipoš, Tanja. Strengthening techniques for masonry structures of cultural heritage according to recent Croatian provisions. Earthquakes and Structures, 2018, 15(5), pp. 473-485. (ISSN 2092-7614)
- [21] <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>





# ODRŽAVANJE VODOOPSKRBNOG SUSTAVA VALPOVO – BELIŠĆE

## *Maintenance of Valpovo / Belišće water supply system*

*Professional paper*

Tatjana Mijušković – Svetinović<sup>1</sup>, Vinko Blažević<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska

<sup>2</sup> Dvorac d.o.o. za komunalne djelatnosti, Valpovo, Hrvatska

E-mail: tatjanam@gfos.hr

### **Sažetak**

U radu su dani osnovni podatci o vodoopskrbnom sustavu Valpovo – Belišće te njegovom održavanju s naglaskom na FASEP projekt. To je projekt rekonstrukcije dijela vodovodne i kanalizacijske mreže kao i izgradnja novog uređaja za proizvodnju pitke vode (UPPV). U radu su analizirani različiti cjevovodni materijali, njihove prednosti i nedostaci pogotovo s aspekta pojave pukotina. Također su analizirani kvarovi/puknuća na vodoopskrbnom sustavu Valpovo – Belišće, ovisno o vrsti materijala, a na temelju prikupljenih podataka u razdoblju od 2011. do 2018. godine.

**Cljučne riječi:** vodoopskrbni sustav, Valpovo, Belišće, održavanje, materijali, kvarovi

### **Abstract**

The article provides basic information of the Valpovo - Belišće water supply system and its maintenance with an emphasis on the FASEP project. It is the project of reconstruction of part of the water supply and sewerage network as well as the construction of a new drinking water treatment plant (WTP). The article analyzes various pipeline materials, their advantages and disadvantages, especially in terms of the failure possibility. Failures / cracks in the Valpovo - Belišće water supply network were also analyzed, depending on the type of pipe material. The data used for analysis were collected in the period from 2011 to 2018.

**Key words:** water supply system, Valpovo, Belišće, maintenance, pipe materials, failures

## **1. Uvod**

Kontrola gubitaka vode je od izuzetne važnosti za svaki vodoopskrbni sustav. Kvarovi, odnosno oštećenja na vodoopskrbnoj mreži, curenjima direktno doprinose gubitcima u vodoopskrbnom sustavu, zato ih je nužno smanjiti na najmanju moguću mjeru. Da bi smanjili broj kvarova na mreži i istjecanje, odnosno poboljšali razinu svoje usluge, komunalna poduzeća sve više koriste statistiku za predviđanje kvarova i planiranje održavanja. Za to su nužni kvalitetni (detaljni, potpuni i točni) podatci o samom vodoopskrbnom sustavu kao i učestalosti pojave kvarova ovisno o razlogu pojave kvara, mjestu pojave, materijalu i profilu cjevovoda kao obliku oštećenja. Osim kvalitetne baze podataka vrlo je bitno na primjeren način tumačiti i koristiti ove podatke, pa je vrlo bitno dobro razumijevanje zašto i kako cijevi otkazuju.

U ovom radu dani su osnovni podatci o vodoopskrbnom području Valpovo – Belišće i njegovom održavanju. Prikazano je

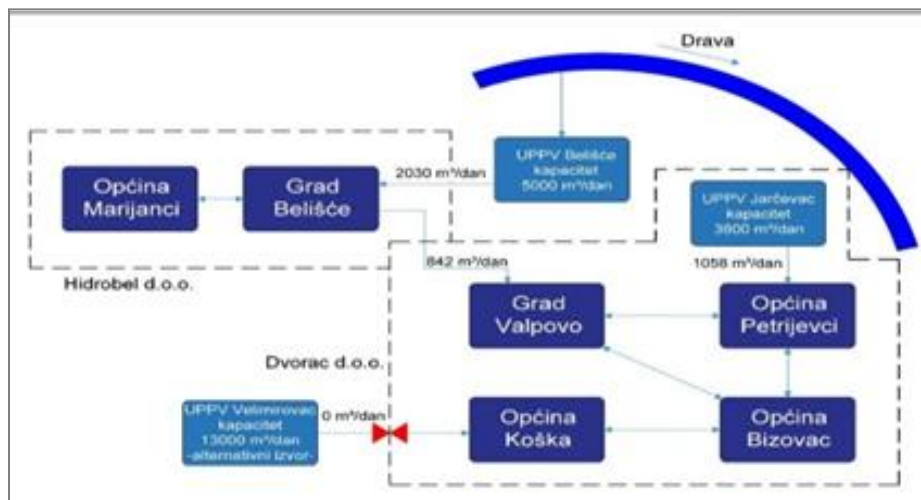
tekuće i investicijsko održavanje koje se provodi kroz FASEP program, te su analizirani kvarovi na vodoopskrbnoj mreži u ovisnosti o materijalu cijevi za razdoblje od 2011. do 2018. godine.

## **2. Vodoopskrbno područje Valpovo - Beliše**

Vodoopskrbno područje Valpovo - Belišće dio je Osječko-baranjske županije, a objedinjuje uslužno područje dviju komunalnih tvrtki, Dvorac d.o.o. Valpovo i Hidrobela d.o.o. Belišće. Promatrani vodoopskrbni sustav vodom se opskrbljuje iz dva vodocrpilišta, Jarčevac i Belišće. Vodocrpilište Jarčevac crpi vodu iz podzemlja i u vlasništvu je tvrtke Dvorac d.o.o. te vodom opskrbljuje oko 60 % korisnika promatranog područja. Vodocrpilište Belišće, koje crpi vodu iz rijeke Drave, u privatnom je vlasništvu tvrtke DS - Smit Belišće d.o.o. ali njime upravlja tvrtka Hidrobela d.o.o. Belišće i vodom opskrbljuje pored vodoopskrbnog područja Belišće i oko 40 % promatranog pod-

ručja grada Valpova. Sl. 1 prikazuje područje opskrbe vodom navedenog području te mogućnost alternativne opskrbe s UPPV

Našice/Velimirovac s kojeg se povremeno opskrbljuje dio vodoopskrbnog područja općine Koška.



Slika 1. Struktura vodoopskrbnog sustava Valpovo - Belišće [2]

Vodovodna mreža koju opskrbljuje vodocrpilište Jarčevac je dužine 233 km, a izgrađena je od azbest – cementa (AC), polivinil klorida (PVC), polietilena (PEHD) te lijevanog željeza (LŽ). Broj priključaka s ugrađenim vodomjerom je 3.427. Duljina vodovodne mreže koju opskrbljuje vodocrpilište Belišće je 66 km, a mreža je izgrađena od AC, PVC, PEHD i LŽ cijevi. Broj priključaka s ugrađenim vodomjerom je 3.476[3].

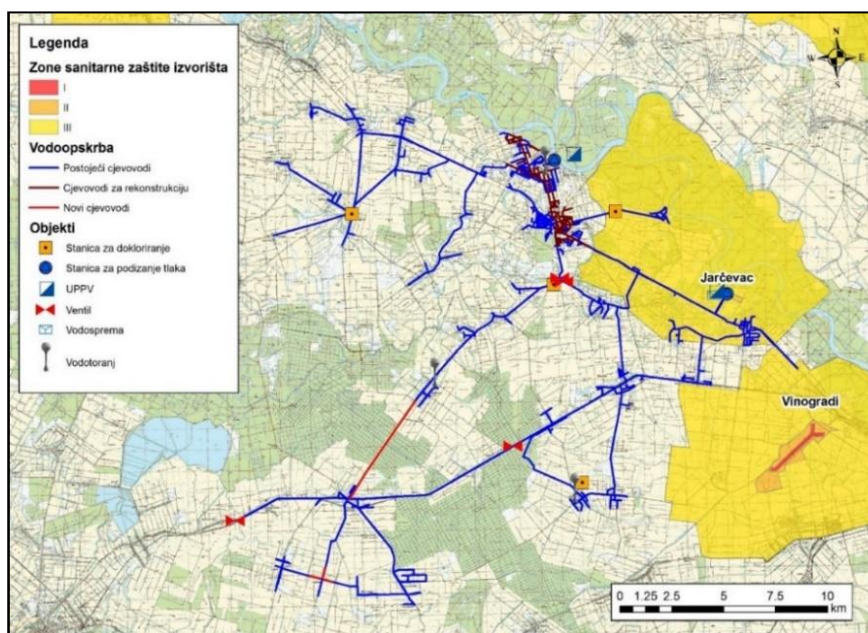
Na vodoopskrbnom području je u provedbi projekt rekonstrukcije dijela vodovodne i kanalizacijske mreže kao i izgradnja novog uređaja za proizvodnju pitke vode (UPPV) pored sadašnjeg vodocrpilišta Belišće – tzv. FASEP program. Projekt je započeo 2006. godine i trenutno je u fazi realizacije, a planirani završetak projekta je 2022. godine. Započeo je kao zajednički projekt razmatranih vodoopskrbnih tvrtki Hidrobela d.o.o i Dvorac d.o.o., a trebao bi završiti njihovim spajanjem u jednu jedinstvenu tvrtku. Pored rekonstrukcije mreže i izgradnje novog UPPV projektom je predviđena i izgradnja novog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) na području općine Petrijevci kapaciteta 9800 ES (ES – ekvivalent stanovništva) te zamjena UPOV Belišće novim i modernijim uređajem ukupnog kapaciteta 24.200 ES. Ukupna vrijednost projekta približno je 300.000.000,00 kuna i većim dijelom je sufinanciran sredstvima EU.

Ciljevi projekta, vezanih za vodoopskrbu, su [3]:

- Povećanje stupnja priključenosti;
- Dovedi cjelokupnu proizvodnju pitke vode (kao i pročišćavanje otpadnih voda) u vlasništvo komunalnih tvrtki;
- Izgradnja spojnog cjevovoda Harkanovci – Koška duljine 5,6 km;
- U normalnim uvjetima rada osigurati minimalni tlak od 2.5 bara u svakoj točki mreže;
- Osigurati da prilikom iznimnih potreba za vodom u slučaju požara, hidranti mogu isporučiti minimalno 10 l/s pod tlakom od 2.5 bara u trajanju od 2 sata;
- Održavanje tlaka u mreži na zadanoj razini pomoću stanica za regulaciju tlaka;
- Osigurati da u kriznim situacijama vodospremni kapacitet bude dovoljan za neprekidnu vodoopskrbu u trajanju od 12 sati;
- Na vodoopskrbnoj mreži predviđena je zamjena svih azbestno cementnih (AC) i lijevano željeznih cijevi (LŽC);
- Rekonstrukcija cca 31,3 km vodoopskrbnih cjevovoda u Valpovu, Belišću i Bistrincima s prespajanjem kućnih priključaka;

- Spajanje grana vodovodne mreže kako bi se dobilo prstenasto kruženje vode u sustavu;
- Kvarove popravljati u najkraćem roku, u tom cilju predviđena je nabavka opreme za detekciju curenja i uspostava nadzorno upravljačkog sustava (NUS-a);
- Općenito poboljšati kakvoću vode za piće (predviđen je uređaj za dokloriranje) prema važećim zakonskim propisima.

Sl. 2 prikazuje vodoopskrbno područje obje tvrtke te poboljšanja na vodovodnoj mreži koja se planiraju izvesti prema programu FASEP. Na slici je prikazan i dio cijevi koji ide u rekonstrukciju, to su AC i LŽ cijevi koje je potrebno zamijeniti PEHD cijevima.



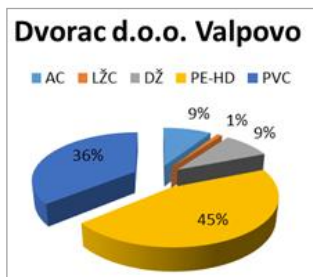
Slika 2.  
Vodovodna mreža  
vodoopskrbnog područja  
gradova Valpova i Belišća [2]

Opći plan održavanja sustava mora obuhvaćati: [3]

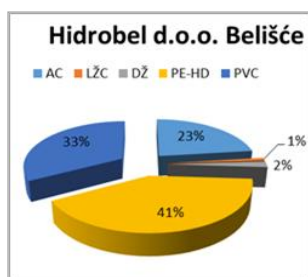
- program razvoja i upravljanja vodoopskrbnim sustavom (uvođenje novih tehnologija NUS-a, GIS-a, SCADA sustava i sl.)
- razvoj i praćenje programa kakvoće (monitoring prema HACCP sustavu)
- ispiranje vodoopskrbne mreže (izraditi plan ispiranja)
- program održavanja hidranata, i to redovita kontrola u proljeće i pred zimu da ne bi došlo do smrzavanja
- program održavanja mjernih uređaja (redovna izmjena i umjeravanje)
- plan održavanja zasuna, odzračnih ventila i drugih vodovodnih armatura i pogonskih uređaja (izraditi plan održavanja i zamjena dotrajalih armatura novim)
- plan održavanja sustava u cjelini.

Ukupna duljina distributivne mreže s profilima jednakim ili većim od 80 mm iznosi oko 299 km, a oko 56% (170 km) mreže ima promjer veći od 150 mm [3].

Sl. 3 i 4 prikazuju udio cijevi u sustavu prema vrsti materijala (kratice označavaju: AC – azbestno-cementne cijevi; LŽC – lijevano - željezne cijevi; DŽ – cijevi od duk-tilnog željeza; PEHD – cijevi od polietilena visoke gustoće; PVC – polivinil kloridne cijevi). Iz slika je vidljivo da AC i LŽ cijevi ima puno te je potrebna izmjena ovih cijevi. AC cijevi treba promijeniti jer su štetne za ljudsko zdravlje i materijal je vrlo krh te lako dolazi do lomova. Čelične cijevi se mijenjaju jer je dugogodišnja izloženost utjecaju vlage u zemlji uzrokovala njihovu koroziju te su ove cijevi izrazito porozne i također uzrokuju velike gubitke vode u vodoopskrbnom sustavu.



Slika 3. Vrste materijala cijevi na uslužnom području Dvorac d.o.o. Valpovo



Slika 4. Vrste materijala cijevi na uslužnom području Hidrobel d.o.o. Belišće [1]

### 3. Materijal cjevovoda – karakteristike, lomovi i puknuća cijevi

#### 3.1. Azbestno - cementne cijevi (AC)

Azbestno cementne (AC) cijevi su se upotrebljavale zbog niza prednosti kao što su otpornost na koroziju, mala gustoća materijala pa je ujedno bio lakši transport i gradnja, dobra svojstva na niskim i visokim temperaturama te lagana montaža u odno-

su na čelične cijevi koje su se do tada upotrebljavale. Mana AC cijevi je štetan utjecaj na ljudsko zdravlje te krtoš materijala, odnosno loša otpornost na udarce i dinamička opterećenja. Prilikom puknuća ovih cijevi nastaje vrlo veliki gubitak vode koja iscuri, jer ova cijev u pravilu puca od spoja do spoja susjednih cijevi (sl. 5). Prilikom loma ostalih vrsta cijevi iscuri u pravilu manja količina vode. Kroz dugogodišnju uporabu AC cijevi kao jedan od velikih nedostataka primijećen je i spoj cijevi odnosno neizdrživost prstenastih spojnika koje su korištene prilikom spajanja. Nadalje kako upotreba AC cijevi više nije dopuštena zbog vrlo lošeg utjecaja azbest-cementnih čestica na ljudsko zdravlje pojavio se veliki problem zbrinjavanja takvih cijevi nakon kvarova ili rekonstrukcije cjevovoda. Za sanaciju lomova na AC cijevima potrebni su opsežni građevinski radovi prilikom pronalaska i sanacije samog kvara, a kako bi se prostor doveo u prvobitno stanje.



Slika 5. Vidljivo curenje - puknuće azbestno cementne cijevi 15.11.2017., godine u Ulici Zinke Kunc Belišće, puknuta i sanirana azbestno cementna cijev

#### 3.2. Cijevi od polivinilklorida (PVC)

PVC cijevi su se, također, upotrebljavale zbog niza prednosti kao što su otpornost na koroziju, mala gustoća materijala zbog čega je bio lakši transport i ugradnja, te lagana montaža u odnosu na čelične cijevi, koje su se do tada upotrebljavale. Mane ovih cijevi su laka lomljivost, vrlo su osjetljive na promjenu temperature te je otežano izvođenje kućnih priključaka zbog krtoš materijala. Prilikom projektiranja novih vodoopskrbnih sustava više se ne koriste

kao ni AC cijevi. Na sl. 6 prikazan je lom/puknuće PVC cijevi u Valpovu te stanje nakon sanacije iste. Vidljivo je iz iste slike da su za sanaciju upotrebljavane iste armature kao i kod AC cijevi.



*Slika 6. Lom PVC cijevi i curenje u Ulici I. L. Ribara u Valpovu (travanj 2015.) te stanje nakon sanacije*

### 3.3. Cijevi od polietilena (PEHD)

Upotreba PEHD cijevi je danas vrlo rasprostranjena te se gotovo svi novi cjevovodi projektiraju i izvode upravo s PE HD cijevima. Prednosti ovih cijevi su višestruke: vrlo su lagane, lako je spajanje ovih cijevi (sučeono zavarivanje ili zavarivanje PEHD spojnica) otporne su na dinamička opterećenja, dugotrajne su, imaju dobra hidraulička svojstva, itd. Lomovi na PE HD cijevima su rijetki i otvori na cijevima, kao posljedica puknuća/loma, su manji za razliku od AC ili PVC cijevi koje u pravilu pucaju od spoja do spoja. Kod PEHD cijevi nastaju oštećenja u obliku manjih otvora koje je često moguće sanirati upotrebom reparaturnih ogrlica kako je to prikazano na sl. 7.



*Slika 8. Vidljivo curenje nakon puknuća duktilnog cjevovoda i cijev nakon sanacije (veljača 2017. Petrijevi na mostu DC 34)*



*Slika 7. Lom PEHD cijevi na magistralnom cjevovodu te sanacija loma reparaturnom ogrlicom (rujan 2017.) Bizovačka bb. Valpovo*

### 3.4. Duktilne cijevi

Pored već navedenih cijevi danas su u uporabi cijevi od duktilnog čelika koje se upotrebljavaju uglavnom za transport vode magistralnim cjevovodima. Prednosti ovih cijevi su velika čvrstoća i duktilnost što ih čini vrlo otpornim na vanjske utjecaje. Mane su im visoka cijena, teške su pa je otežana manipulacija, teška je izvedba kućnih priključaka i ne preporučuje se njihova izrada ovim cijevima. U praksi se prilikom izvođenja ovakvih cjevovoda pored cjevovoda od duktilnog čelika izvodi i sekundarni cjevovod manjeg profila, obično od PEHD cijevi, na kojem se onda izvode kućni priključci, a duktilni cjevovod služi samo kao transportni magistralni cjevovod. Na sl. 8 prikazan je lom transportnog cjevovoda od duktilnog čelika koji je postavljen na mostu preko rijeke Vučice i njegova sanacija upotrebom reparaturne ogrlice.

### 3.5. Općenito o oštećenjima cijevi

Prema uočljivosti curenja, oštećenja cijevi možemo podijeliti na vidljiva i prikrivena. Kod vidljivih curenja (sl. 5 i 8) voda prodire kroz slojeve tla iznad mjesta oštećenja, te izbija na površinu. U ovom slučaju smjer istjecanja je dominantno vertikalno prema gore. Vidljiva oštećenja cjevovoda se lako otkrivaju. Kod prikrivenih oštećenja, pitka voda iz cjevovoda otječe u podzemlje (krški predjeli) ili prema kanalizacijskom cjevovodu (ako isti postoji u blizini), a smjer vode je u tom slučaju dominantno horizontalan. Mlaz vode pod tlakom izbuši i ispere tlo između vodovodne i kanalizacijske cijevi, te kroz formirani tunel i mjesto spoja dvije kanalizacijske cijevi (najčešće betonske) voda otječe i ulazi u

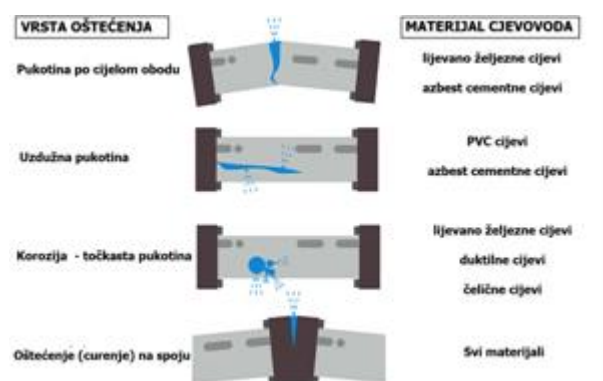
kanalizaciju. Prikrivena oštećenja predstavljaju veliki problem vodoopskrbnim tvrtkama, jer se pri obilasku trase vizualnim pregledom ne mogu otkriti, pa takva curenja mogu trajati i godinama.

Oštećenja na cjevovodima, također mogu biti različita, ovisno o karakteristikama dijelova cjevovoda, kao što su materijal, starost, promjer cjevovoda te tlak vode. Ovisno o navedenim karakteristikama nastaju i različita oštećenja cijevi [3]: uzdužne, poprečne i ovalne pukotine te rasprkavanje cijevi. Također prisutna su i oštećenja na elementima cjevovoda [3]: prirubničkim elementima, naglavnim brtvenim spojevima, ventilima, loše izvedenim kućnim priključcima te loše zvedenoj sanaciji prethodnog oštećenja.

Različiti čimbenici utječu na pojavu kvara/ oštećenja na cijevima [5,6]. Vrste oštećenja, s obzirom na materijal prikazane su na sl 9, a tab. 1 prikazuje najčešće oblike oštećenja cijevi u odnosu na vrstu materijala [7]

Tablica 1. Najčešći oblici oštećenja cijevi u odnosu na vrstu materijala cijevi [7]

UOBIČAJENO OŠTEĆENJE VODOVODNIH CIJEVI	ČC	LŽ	DŽ	AC	PVC	PE
PUKOTINA PO CIJELOM OBODU	X	X	X	X	X	X
UZDUŽNA PUKOTINA PRUJELOM CIJEVI	X	X	X	X	X	X
ODVALJEN DIO STIJENKE CIJEVI		X	X	X	X	X
PERFORACIJA ILI RUPA KAO POSLJEDICA KOROZIJE	X	X	X		X	X
CURENJE NA SPOJU	X	X		X	X	X

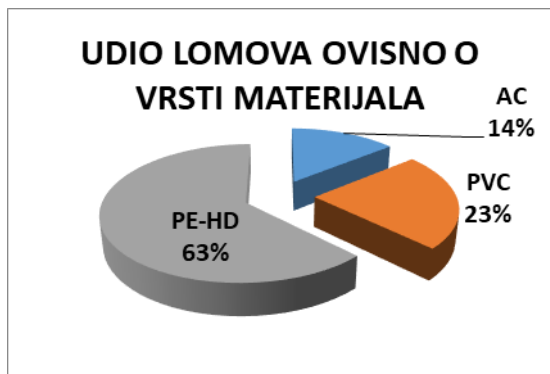


Slika 9. Vrste oštećenja prema materijalu cijevi [5]

#### 4. Analiza kvarova na vodoopskrbnom sustavu Valpovo - Belišće

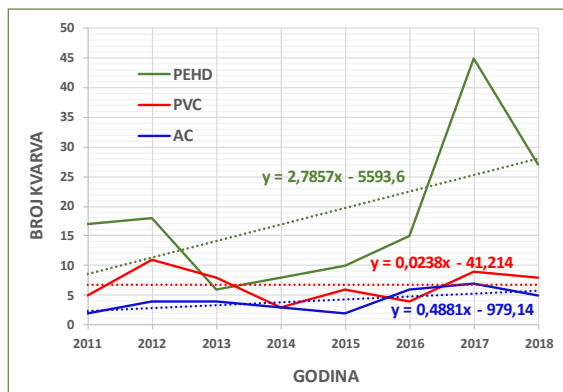
U razdoblju 2006. - 2018. godine na vodovodnoj mreži bilo je ukupno 1.429 intervencija zbog uočenog curenja vode [3,7]. Od toga se 1.032 intervencije odnosilo na kvar kućnog priključka DN 20 - 40 mm. Od 361 kvara otklonjenih na vodovodnoj mreži, 299 kvarova bilo je na cjevovodima DN 50 pa sve do DN 300 što je i najveći profil (najčešće pucanje PVC ili AC cijevi većim dijelom u Valpovu i to u prometnim površinama, manjim dijelom PEHD DN 50 - dionica u Bizovcu), a ostalih 40 kvarova odnosilo se na hidrante DN 80 (pucanje zbog smrzavanja zbog neispuštanja vode iz zimskog ventila). Relativno najveći broj kvarova događa se u gradu Valpovu, ali tu je mreža i najstarija (preko 40 godina), a cjevovodi su izgrađeni od najlošijeg materijala (AC i PVC) [3,7].

Na promatranom vodoopskrbnom sustavu evidencija o kvarovima, koja uključuje i vrstu materijala cijevi, vodi se od 2011. godine, tako da je analizirano razdoblje od 2011. do 2018. godine. Sl. 10 prikazuje udio lomova na vodovodnoj mreži prema vrsti cijevi iz koje se vidi da je od ukupnog broja lomova 63% lomova nastalo na PEHD cijevima što nije bilo za očekivati jer je mreža od PEHD cijevi relativno nova i trebala bi biti otporna na lomove. Najmanje lomova je bilo na AC cijevima što nije bilo za očekivati jer se radi o vodovodnoj mreži izgrađenoj 1974. g. Pored starosti AC mreže negativan učinak na količinu lomova ima i položaj polaganja vodovodne mreže. Vodovodna mreža izgrađena od AC cijevi većim je dijelom ugrađena u kolničku konstrukciju te uslijed djelovanja prometnog opterećenja lako mogu nastati lomovi. Uzrok relativno manjem broju lomova AC cijevi u odnosu na ostale je u dubini polaganja cijevi. AC cijevi su ugrađene na dubini preko 1,8 m što je čini zaštićenom od dinamičkog opterećenje prometa.

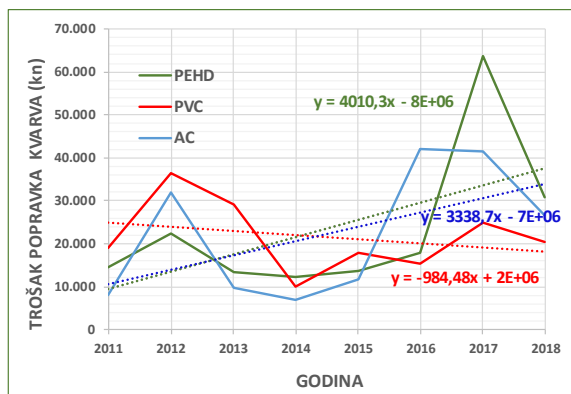


Slika 10. Udio lomova ovisno o vrsti cijevi [3,7]

Sl. 11 prikazuje broja kvarova na mreži prema vrsti materijala cijevi, a sl. 12 troškove popravaka kvarova. Vidljivo je da da postoji trend porasta i broja kvarova i troška otklanjanja, jedino trošak otklanjanja kvarova PVC cijevi ima negativan trend.



Slika 11. Broj kvarova prema vrsti materijala cijevi

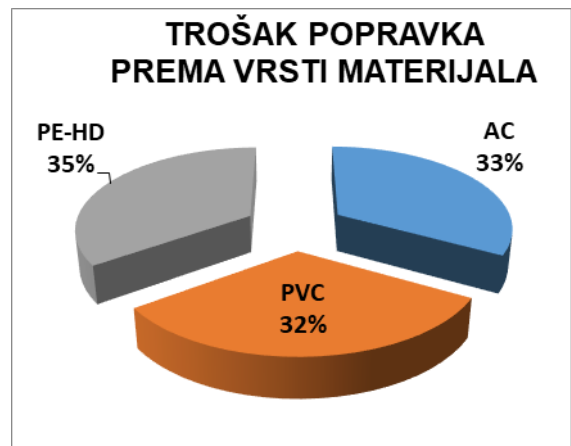


Slika 12. Troškovi popravke kvarova prema vrsti materijala cijevi

Korelacija između broja kvarova i troška popravka je statistički značajna ( $p < 0,05$ ), a najbolja je kod PEHD cijevi ( $R = 0,966$ ), a najmanja kod AC cijevi ( $R = 0,876$ ).

Sl. 13 prikazuje udio troška popravka pojedinih vrsta cijevi u ukupnom trošku. Iz slike je vidljivo da je, bez obzira na broj

kvarova, u razdoblju 2011. – 2018. udio podjednak.



Slika 13. Trošak popravka ovisno o vrsti materijala [3,7]

## 5. Zaključak

Na Vodoopskrbnom sustavu Valpovo – Belišće u tijeku je tzv. FASEP projekt. To je projekt rekonstrukcije dijela vodo-vodne i kanalizacijske mreže kao i izgradnja novog uređaja za proizvodnju pitke vode (UPPV). U okviru ovog projekta na vodoopskrbnoj mreži predviđena je zamjena svih azbestno cementnih (AC) i lijevano željeznih cijevi (LŽC).

Za svaki vodoopskrbni sustav je korisno praćenje, evidencija i analiza kvarova a sve u cilju donošenja najboljih upravljačkih odluka i efikasnijeg održavanja sustava, tako da se na vodoopskrbnom sustavu prate kvarovi po lokaciji, mjestu nastanka (cjevovod, kućni priključak, hidrant) ali i po vrsti materijala cijevi na kojoj se kvar pojavio. U razdoblju 2011. - 2018. od ukupnog broja kvarova 63% je nastalo na PEHD cijevima što nije bilo za očekivati jer je mreža od PEHD cijevi relativno nova. Najmanje lomova je bilo na AC cijevima (14 %) što, također, nije bilo za očekivati jer se radi o vodovodnoj mreži izgrađenoj prije više od četrdeset godina. Na PVC cijevima je uočeno 23 % kvarova.

Udio popravaka pojedinih vrsta cijevi u ukupnim troškovima je podjednak, pa se može zaključiti da je cijena popravka PEHD cijevi najmanja, a AC cijevi najveća. Uzrok tomu je cijena vodovodnih armatura i opsežnost samih radova na popravku kvarova. Cijena popravka PVC cijevi nešto je manja

jer je vodovodna mreža projektirana i ugrađena pored kolnika, a ne u samom kolniku što smanjuje cijenu popravka jer cestu nije potrebno popravljati.

## Literatura

- [1] Dvorac d.o.o. Valpovo. Opći i tehnički uvjeti isporuke vodnih usluga na uslužnom području , Valpovo, 2017.
- [2] Hidroing d.o.o. Osijek. Studija izvodljivosti Projekt vodoopskrbe i odvodnje Valpovo – Belišće, Osijek, 2017.
- [3] Blažević, Vinko. Statistička analiza rada komunalnih vodnih građevina, Diplomski rad, Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, lipanj 2019.
- [4] Blažević, M.; Samardžić, I.; Kolumbić, Z. Rezultati sustavnog smanjivanja gubitaka u vodovod-u d.o.o. Slavonski Brod, Gubitci vode u vodoopskrbi i odvodnji, Suvremene metode praćenja, pronalaženja i otklanjanja, Poreč, 2007.
- [5] Barton, N. A. et al. Improving pipe failure predictions: Factors affecting pipe failure in drinking water networks, Water research, Vol. 164, november 2019.
- [6] Mijušković – Svetinović, Tatjana; Blažević, Vinko; Maričić, Siniša: Analiza kvarova na vodoopskrbnom sustavu, 17. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi, 10. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi, 2019.
- [7] Friedl, F.; Moderl, M.; Rauch, W. Failure Propagation for Large-Diameter Transmission Water Mains Using Dynamic Failure Risk Index, EWRI (Environmental and water Resourced Congress), 2012.



# ODRŽAVANJE VIŠESTAMBENIH OBJEKATA

## *Maintenance of Apartment Buildings*

*Subject review*

Silva Lozančić, Mirjana Bošnjak Klečina, Aleksandar Jurić

Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Hrvatska

E-mail: lozancic@gfos.hr

### **Sažetak:**

U uporabnom vijeku objekata održavanje je sastavni dio istoga. Količina i troškovi održavanja objekata ovisi o kvaliteti izvedenih radova, starosti objekata, uvjetima okruženja, financijskim mogućnostima suvlasnika. Cilj je produžiti životni vijek objekata i osigurati sigurno i kvalitetno stanovanje. Međutim, obzirom u višestambenim zgradama ima više vlasnika i veći su prostori u održavanju istih nailazi se na brojne probleme. Pošto je većina stambenog fonda u poodmaklom uporabnom stanju zahtijevi za održavanjem i obnovom su veliki. Najveći problem u tome su izvori financiranja održavanja i inicijatori istoga.

**Cljučne riječi:** Održavanje, Višestambeni objekti, Zajednički dijelovi

### **Abstract**

An important part of every building's functional lifetime is its maintenance. The extent and cost of maintenance depends on the quality of the works performed, facility's age, environmental conditions and financial capabilities of the co-owners. Extending buildings' functional lifetime and providing safe and quality housing is the ultimate goal for everyone involved. However, considering the fact that apartment buildings have numerous owners and larger square footage to maintain, several problems can occur. Since most of the housing stock is old, the maintenance and renovation requirements are high. Both the sources of funding and the drivers for regular maintenance present significant problems.

**Keywords:** Apartment buildings, Common parts, Maintenance

## **1. Uvod**

Životni vijek građevinskih objekata ovisi o vrsti i namjeni objekata, o kvaliteti građenja, o održavanju objekata i kreće se od nekoliko godina do preko stotinu godina. Životni ciklus objekata moguće je podijeliti u tri faze kako je prikazano na sl. 1:



*Slika 1 Životni ciklus objekata [1]*

Najveći utjecaj na životni vijek objekta su kvaliteta građenja i ugrađenih materijala, što ujedno znači i najveće troškove [1]. I troškovi održavanja nisu zanemarivi, ponekad dosežu vrijednost troškova građenja

– raspoređeni kroz duži niz godina, veličina im je određena sa kvalitetom građenja i vrstom građevina.

Kako će se održavati objekti ovisi o gospodarskim prilikama u regiji u kojoj se objekt nalazi, zakonskoj regulativi koja isto propisuje ili ne, o vrsti objekata. U visokogradnji najviše se održavaju privatni objekti, dok su problem višestambene i javne zgrade. U ovom radu naglasak je na održavanju stambenih objekata.

Stambeni fondovi u Republici Hrvatskoj su dosta stari, najviše se gradilo 1945.-1970. Problem je što je građeno po starim propisima, sa slabim izolacijskim svojstvima objekata, ograničenim izborom ugrađenih materijala. Rezultat istoga su derutirani objekti nakon kratkog vremena korištenja, naselja sumornog izgleda sa nezdravom bojom fasada (alge i gljivice) i polutrulom stolarijom kao i veliki računi za toplinsku energiju.

U prošlosti su postojali zavodi za stanovanje koji su vodili svu brigu o stambenom fondu i održavanju istoga, a stambeni fond je bio noviji te je trebalo manje sredstava za održavanje. Otkupom stanova i prelaskom u privatno vlasništvo Zavodi su se ugasili i ostala su otvorena brojna pitanja vezana za održavanje objekata.

## 2. Zakonska regulativa o održavanju građevina

Ako nešto nije propisano zakonom slabo se pokreće inicijativa građana u svezi održavanja objekata i drugih sfera vezanih za uređenje okoliša. Država mora zakoni- ma tražiti i stimulirati društvo za uređenje, promjene, zaštitu okoliša i uštedu energije.

Zakoni i propisi u Republici Hrvatskoj koji se tiču održavanja su:

- Zakon o gradnji [2]
- Zakonu o vlasništvu i drugim stvarnim pravima [3]
- Uredba o održavanju zgrada [4]
- Pravilnik o sigurnosti dizala [5] i drugi.

U pripremi je Zakon o upravljanju i održavanju zgrada koji bi najviše definirao i pokrivao probleme vezane za održavanje stambenih objekata.

Zakonom o gradnji uređuje se projek- tiranje, građenje, uporaba i održavanje gra- đevina, uvažavajući i energetske učinko- vitost zgrada.

Zakon u posebnom poglavlju o odr- žavanju građevina (8.3 ) kroz četiri članka (150-154) definira tko je dužan i kako održa- vati građevine. Što se podrazumjeva pod tim održavanjem definirano je u čl.150 st. 2 i st. 3 [2]:

„(2) *Vlasnik građevine dužan je osigurati održavanje građevine tako da se tijekom njezina trajanja očuvaju temeljni zahtjevi za građevinu te unapređivati ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu, energetskih svojstava zgrada i nesmetanog pristupa i kretanja u građevini.*

(3) *U slučaju oštećenja građevine zbog kojeg postoji opasnost za život i zdravlje ljudi, okoliš, prirodu, druge građevine i stvari ili stabilnost tla na okolnom zemljištu, vlasnik*

*građevine dužan je poduzeti hitne mjere za otklanjanje opasnosti i označiti građevinu opasnom do otklanjanja takvog oštećenja.“*

Zakon ne definira detaljno što se po- drazumjeva i specificira tim održavanjem, ali ga nalaže kao dio životnog vijeka objekata.

Zakon o vlasništvu i drugim stvarnim pravima [3] između ostaloga definira što je vlasništvo posebnog i zajedničkog dijelakoje je karakteristično za stambene zgrade. Naj- više se primjenjuje kod etažiranja objekata. Definira obveze održavanja posebnog dijela (od. 3, čl. 80), redovito održavanje zajedničkih dijelova, nužnosti imenovanja upravitelja, zajedničke pričuve iz kojih se obavlja redo- vito održavanje, dizanje zajmova za isto, iz- najmljivanje zajedničkih dijelova (od. 4, čl. 46).

Poseban dio su privatni stanovi i pri- padci istim (spremišta, parkirna mjesta), a u za- jedničke dijelove zgrade spadaju konstruk- cijski elementi zgrade, zajedničke prostorije zgrade (hodnici, stubišta, ulazi, prilazi), instala- cije zgrade, uređaji u zgradi, ostali zajed- nički dijelovi zgrade. I ovaj zakon ne definira detaljno što podrazumjeva održavanje obje- kata, odnosno zajedničkih dijelova istoga.

Uredbom o održavanju zgrada [4] uređuju se pitanja namjene sredstava za- jedničke pričuve radi održavanja zgrada u suvlasništvu više vlasnika, odnosno zajed- ničkih dijelova, vrste i način poduzimanja hitnih i nužnih popravaka na zgradama. Definira šta su redovito, hitno i nužno održa- vanje, koji poslovi spadaju u isto. Također, točno definira koji su dijelovi višestambenih objekata zajednički dijelovi.

Ova uredba najviše definira puno poj- mova vezanih za održavanje, koji nisu defi- nirani niti precizirani prethodno navedenim zakonima.

Na sl. 2 šematski su prikazane vrste održavanja i koji poslovi, prema uredbi, uz to pripadaju.



Slika 2: Vrste radova na održavanju zajedničkih dijelova zgrada prema Uredbi [2]

Propisano je da je obaveza vlasnika stanova u višestambenim i javnim zgradama koje imaju više od 3 stana da moraju imati upravitelja i tvrtku koja će organizirati održavanje i upravljanje zgradom. Ukoliko sami ne odaberu, grad im nametne istu.

Pravilnik o sigurnosti dizala [5] definira koliko često se vrši pregled ispravnosti dizala, šta pregled uključuje, tko ga izvodi i koje su njegove obveze, te obveze vlasnika dizala. U pripremi je Zakon o upravljanju i održavanju zgrada kojim bi se detaljno definiralo sve vezano za održavanje i upravljanje zgradama.

### 3. Osnovni problemi u održavanju višestambenih objekata

Osnovni problemi vezani za održavanje objekata su izvori financiranja, inicijativa odnosno neinicijativa vlasnika, različiti interesi i različite materijalne mogućnosti suvlasnika, nepostojanja plana održavanja, neracionalno raspolaganje financijskim sredstvima, štetno ponašanje pojedinaca i česte promjene i nepoznavanje propisa.

Predviđena je stambena pričuva koju uplaćuju suvlasnici u zgradama, međutim i tu je puno problema oko neplaćanja, kada stanari nisu u zgradi, kada su državni stanovi ili pripadaju nekoj od državnih insti-

tucija, kada su u stanovima socijalni slučajevi, kada su zgrade s malo stanova.

Sredstva su uvijek jako ograničena, puno je mjera koje treba poduzeti, treba odrediti prioritete. Predložena je metoda višekriterijskog odlučivanja o prioritetima u održavanju objekata, ali nije zaživjela u praksi [6].

Stambena pričuva ne pokriva više od redovnog održavanja, kod manjih zgrada čak ni to. Čim su u pitanju veći zahvati na zgradama nužno je dizati kredite kojima se povećavaju obveze stanarima i izaziva se negodovanje i nesloga kod istih. Ukoliko se nešto nekoga ne tiče direktno, taj ne želi da se problem rješava iz njegovih novčanih potraživanja.

Većina stambenih zgrada odnosno stambenog fonda je starosti preko 40 godina i došlo vrijeme je za veća ulaganja. Negativni primjeri u praksi su sanacije krovništa koja prokišnjavaju. Krovništa, iako su zajednički dio zgrade, uglavnom se tiču (na žalost) najviše stanara na zadnjoj etaži. Slično je i s krovnim prozorima, fasadnom stolarijom ili snjegobranima.

Problem su i komunalne infrastrukture koje su loše i dotrajale, koje se samo krpaju i rješavaju curenja, dok se rijetko rješava zamjena cijevi iako im je rok trajanja upitan. Veliki problem su fasade koje teško dolaze na red, a koje su često i izvor opasnosti, nerijetki su primjeri otpadanja fasada i povreda prolaznika, oštećenja balkona.

Drugi veliki problem je nedostatak inicijative stanara iako su uvedeni i upravitelji stambenih zgrada. Premalo je inicijative za poboljšanja. Pozitivni primjeri su korištenje fondova za obnovu liftova, državni i europski poticaji zbog povećanja energetske učinkovitosti.

U posljednjih nekoliko godina pojavili su se europski fondovi kojima se daju dio bespovratnih sredstva (60-85 %) vezano za smanjivanje potrošnje energije i izoliranje objekata – odnosno njihovih dijelova kojima se smanjuje protok topline, fasada, krovovi i fasadne stolarije. To su projekti energetske obnove višestambenih i javnih zgrada, kao aktivnosti Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. Da bi dobili bespovratna sredstva treba se prijaviti i voditi projekt obnove višestambenog objekta, što je zahtjevno, to rade ili predstavnici stanara ili netko umjesto njih uz naknadu. Uz to nužno je objekt energetske certificirati. Na taj način se mogu realizirati bespovratna sredstva, odnosno krediti. Veliki problem u tome može biti nesloga stanara zbog povećanja stambene pričuve za povrat nesubvencioniranog dijela kredita.

Pozitivni primjer je obnova većeg broja višestambenih zgrada u Osijeku, u više stambenih blokova ali najviše na Sjenjaku koji je najveći stambeni blok u Osijeku. Naselje je obnovom fasada odnosno ovojnica zgrada, krovovi i stolarija na više objekata dobilo sasvim drugačiji izgled. Iskoristivši ove fondove napravili su pozitivno okruženje, buduće smanjivanje potrošnje toplinske energije, povećali vrijednost svojim nekretninama i zaposlili djelatnike građevinskih tvrtki i proizvođače građevinskih materijala. Od tmurnih derutnih fasada napravljene su moderne lijepo uređene građevine (sl. 3).

Natječaji za energetske obnovu namijenjeni su višestambenim zgradama u kojim se najmanje 66% korisne ploštine zgrade koristi za stanovanje, koja ima tri ili više stambenih jedinica, kojom upravlja upravitelj zgrade i koja čini jedinstvenu arhitektonsku cjelinu.



*Slika 3: Obnova ovojnica, stolarije i krovovišta uz korištenje poticajnih sredstava energetske obnove; zgrada u naselju Sjenjak*

Za manje stambene zgrade u centru Osijeka koje imaju karakter spomenika kulture moguća je obnova pročelja iz fondova spomeničke rente koje Osijek sufinancira. Sredstva spomeničke rente koriste se za zaštitu i očuvanje nepokretnih kulturnih dobara prema Programu - što ga za svaku godinu donosi Gradsko vijeće Osijeka. Ovim načinom uređivanja grada povećava se i turistička privlačnost grada (sl. 4).



*Slika 4. Obnova zgrada - spomenika kulture putem sufinanciranja grada*

#### 4. Zaključak

Cilj nam je živjeti u što ljepšem i uređenijem društvu, koje čine i uređeni objekti. U tu svrhu nužno je objekte održavati i obnavljati da im produžimo životni vijek i uljepšamo prostor. Veliki problemi su u održavanju višestambenih objekata iz više razloga: financiranja, neinicijative, nepoznavanja zakonskih prava i obaveza. Održavanje ovih objekata se financira iz obvezne stambene pričuve i kredita, te se rješavaju samo mali poslovi redovitog održavanja i izvanredni radovi uslijed kvarova.

Sadašnje okolnosti zahtijevaju poboljšanje zakonske regulative za održavanje, jer što nije propisano teško je sprodivo, a također istima se mogu usmjeriti poticaje država u tu svrhu. U skorije vrijeme veliku pomoć u održavanju višestambenih objekata pruža sufinanciranje energetske obnove objekata kojom se nalažu obnova ovojnice zgrada, stolarije i krovništva i dr. U Osijeku je uz pomoć istih obnovljeno nekoliko višestambenih objekata što je dalo gradu ljepši izgled.

#### Literatura

- [1] Vidaković, D., Lacković, K., Pešić, J. (2010). Organizacija sustava za održavanje cesta, Zbornik radova Održavanje, Zagreb, 2010. str. 17-24.
- [2] Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19)
- [3] Zakonu o vlasništvu i drugim stvarnim pravima NN 91/96, 68/98, 137/99, 22/00, 73/00, 129/00, 114/01, 79/06, 141/06, 146/08, 38/09, 153/09, 143/12, 152/14
- [4] Uredba o održavanju zgrada (NN/ 64/97)
- [5] Pravilnik o sigurnosti dizala (NN 15/2003)
- [6] Cerić, A., Katavić, M., (2000). Upravljanje održavanjem zgrada, Građevinar, 53/00. str. 83-89.
- [7] URL: <http://zavodzastanovanje.hr/putem-spomenicke-rente/> , 8.11.2019.



# KARAKTERISTIKE I PODRUČJE PRIMJENE CJELOVITOG UČINKOVITOG ODRŽAVANJA

## *Characteristics and Field of Application Total Productive Maintenance*

*Subject review*

Držislav Vidaković<sup>1</sup>, Nataša Šuman<sup>2</sup>, Daniela Dvornik-Perhavec<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Sveučilišta J. J. Strossmayera, Hrvatska

<sup>2</sup> Fakulteta za građbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo, Univerza v Mariboru, Slovenija

E-mail: dvidak@gfos.hr

### **Sažetak**

Naglašena je današnja potreba za sustavima održavanja koji omogućuju veću učinkovitost i pouzdanost poslovanja proizvodnih i drugih organizacija. U članku je opisan razvoj pristupa održavanju koji vodi k Svjetskoj klasi proizvodnje. Pojašnjeni su ciljevi i karakteristike cjelovitog učinkovitog održavanja, alati koji se koriste te tijekom implementacije u tvrtki. Navedene su prepreke koje smetaju provedbi ovakvog održavanja i područja gdje je ono pogodno za primjenu.

**Cljučne riječi:** Cjelovito učinkovito održavanje, Koristi, Prepreke, Primjena

### **Abstract**

Today, the need for maintenance systems that enable greater efficiency and reliability of the operations in manufacturing and other organizations is emphasized. The article describes the development of a maintenance approach that leads to World class production. The goals and characteristics of Total productive maintenance, the tools used and the course of implementation in the company are explained. Obstacles that impede the implementation of such maintenance and areas where it is suitable for use are listed.

**Keywords:** Application, Benefits, Obstacles, Total productive maintenance

## **1. Uvod**

Zahtjevi tržišta mijenjaju se za sva područja poslovanja, a da bi ih tvrtke mogle zadovoljiti i biti konkurentne moraju imati odgovarajući sustav održavanja. Strategija održavanja ključno utječe na učinkovitost sustava održavanja i raspoloživost opreme [1].

Održavanje određenog tehničkog sustava uvijek se može realizirati na više, u osnovi, različitih načina (prema koncepciji, organizaciji i tehnologiji) i s više varijantnih rješenja koja se razlikuju u nizu detalja [2]. Pod strategijom, odnosno koncepcijom održavanja podrazumijeva se princip donošenja odluka o vremenu kada koje aktivnosti treba da se provode. Tehnološki aspekt se odnosi na vrstu i način izvođenja aktivnosti održavanja, a organizacija određuje strukturu sustava održavanja, nadležnosti, odnose i koordinaciju između pojedinih razina na kojima se te aktivnosti provode [3].

## **2. Razvoj pristupa održavanju**

U posljednjih sedamdeset godina upravljanje opremom i funkcija održavanja doživjeli su značajne promjene i prošli kroz mnoge faze [4]. Tradicionalni pristup održavanju je pasivan, s reaktivnim djelovanjem (gotovo isključivo orijentirano na otklanjanje nastalih kvarova). Pri takvom održavanju dolazi do dugotrajnijih, neplaniranih zastoja i prekomjernog oštećivanja, pa je ukupni trošak velik, a pouzdanost niska. Danas se tradicionalnim smatra čak i preventivno djelovanje ako je primarno usmjereno na neposredne i kratkoročne ciljeve. U tradicionalnim tvrtkama na održavanje se gleda kao na trošak koji se lako može reducirati u relaciji ukupnog poslovanja, naročito kratkoročno [3].

Nakon Drugog svjetskog rata razvija se znanstveni pristup održavanju, koji rezultira uvođenjem prvih velikih programa preventivnog održavanja (prema vremenskom planu ili na osnovu utvrđenog stanja elemenata sustava). Rapidne promjene potreba moderne proizvodnje i sve veće globalno natjecanje nametnuli su potrebu za preispitivanjem

unaprjeđenja upravljanja održavanjem s ciljem jačanja konkurentnosti organizacije [4].

U posljednje vrijeme upravljanje održavanjem mijenja se kao ni jedno drugo područje upravljanja, osim informatičkog sistema upravljanja. To je povezano s rastom očekivanja od održavanja, boljim razumijevanjem toga kako dolazi do kvarova i podizanjem razine uspješnosti tehnika održavanja i upravljanja s njim [5]. Jedan od odgovora na takve zahtjeve je cjelovito (prevođeno i kao integrirano ili potpuno) učinkovito održavanje (*Total productive maintenance – TPM*). Ono se, kao i upravljanje na osnovu rizika (*Risk Based Management – RBM*), održavanje usmjereno na pouzdanost (*Reliability centered maintenance – RCM*), održavateljski pregledi na osnovu rizika (*Risk Based Inspection – RBI*), upravljanje kontinuitetom poslovanja (*Business Continuity Management – BCM*) i slični suvremeni koncepti odražavanja, ubraja u “4. Generaciju” održavanja [6],[7],[8]. Te novije strategije održavanja nastale su na osnovi prethodnih, ali se bitno razlikuju prema ukupnim troškovima i riziku te pretpostavljaju veću razinu povezanosti između projektiranja i funkcioniranja opreme i veću ulogu informatičke tehnologije. S TPM je povezano “Sveukupno efikasno upravljanje imovinom” (*Total Productive Equipment Management - TPEM*), koje je definirano kao produktivno održavanje uz potpuno uključivanje svakog zaposlenog pojedinca i kontrolu upravljanja opremom [8]. Također, TPM zajedno s cjelovitim upravljanjem kvalitetom (*Total Quality Management – TQM*), pristupom “upravo na vrijeme” (*Just in Time – JIT*) i cjelovitim industrijskim inženjerstvom (*Total Industrial Engineering – TIE*) predstavlja komponente “Svjetske klase proizvodnje” (*World Class Manufacturing*) [9].

Koncept TPM-a predstavljen je 1971. godine od *Nippon Denso Co. Ltd.* u Japanu (dobavljač *Toyota Motor Company*). Zbog razlika u radnoj kulturi i prihvaćanju i provođenju zadataka na poslu ovaj koncept je dobio svoju zapadnjačku inačicu 1994. godine u knjizi Petera Willmotta “*Total Productive Maintenance: The Western Way*”.

Cjelovito učinkovito održavanje temelji se na filozofiji razvijenoj na temelju koncepta i metoda produktivnog održavanja

(*Productive maintenance*), koje je usmjereno na podizanje učinkovitosti opreme i cijele tvrtke i smanjenje ukupnog troška opreme kroz aktivnosti preventivnog i korektivnog održavanja tijekom njenog cijelog životnog ciklusa. Programi preventivnog održavanja uobičajeno su koncentrirani u odjelima održavanja i inovativnost pristupa TPM-a je u promicanju samostalnog (autonomnog) održavanja kroz svakodnevne aktivnosti na poslu u koje je uključena sveukupna radna snaga tvrtke (iz svih odijela) [4].

“1. generacija TPM-a” imala je samo pet glavnih aktivnosti koje su bile fokusirane na poboljšanje performansi opreme ili samo na učinkovitost. U 80-tim godinama 20. st. primijećeno je da, i pored potpune posvećenosti TPM-u i eliminacije ili minimalizacije šest grupa velikih gubitaka, i dalje postoji šansa za gubitke. Zato je razvijena “2. generacija TPM-a”, koja se bavila cjelokupnim proizvodnim procesom. Poslije se shvatilo da ukoliko se želi ostvariti pun potencijal u iskorištenju kapaciteta i smanjivanju troškova mora biti uključena cijela organizacija i tako je nastala “3. generacija TPM-a” [3], koja se bavi s još više vrsta gubitaka (obuhvaćaju gubitke u svezi učinkovitost opreme, gubitke kod pokretanja uređaja, gubitke izazvane kod ljudskog rada i gubitke kod korištenja proizvodnih resursa (potrošnja alata, gubici energije i dr.) [10].

Da bi TPM bio implementiran u sve odjele unutar tvrtke, naknadno je modificiran tako da [10][11]:

- ima za cilj stvoriti korporativni sustav koji maksimalizira (sveukupno unapređuje) učinkovitost sustava proizvodnje
- osigurava mehanizam za sprječavanje pojave gubitaka na prvoj liniji proizvodnje i usmjeren je na krajnji proizvod
- se primjenjuje u svim sektorima, uključujući proizvodnju, razvoj i administraciju
- se temelji na sudjelovanju svih zaposlenika, od najvišeg menadžmenta do radnika na prvoj liniji proizvodnje i
- postiže nula gubitaka kroz preklapanje aktivnosti malih grupa.



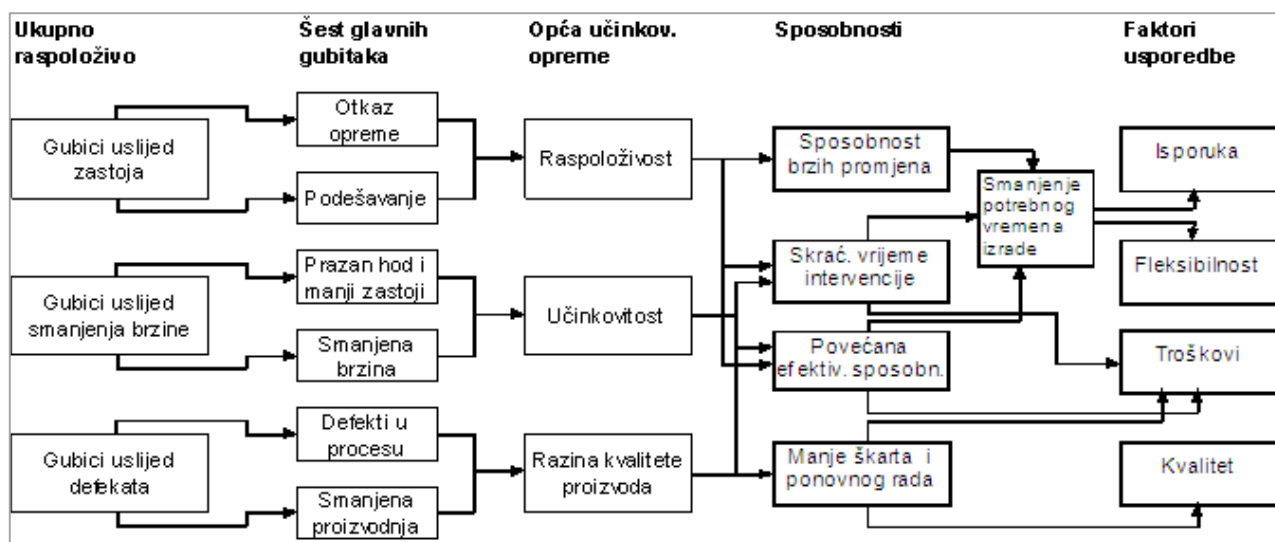
### 3. Karakteristike TPM-a

#### 3.1. Načela TPM-a

Cjelovito učinkovito održavanje se temelji na prevenciji na izvoru i primarno je usmjereno na identifikaciju i eliminaciju izvora (uzroka) oštećenja opreme [3]. Naziv TPM-a proizlazi iz toga da je odgovornost za pravilan rad i funkcioniranje tehničkih sustava prebačena na zaposlenike koji direktno rukuju s njima [12] i potiče se suradnja i povezivanje znanja operatera, prodavača opreme, inženjera i osoblja za podršku. Kroz timski rad (aktivnosti malih grupa – samostalnih radnih timova, koji se sami usmjeravaju u radu, te grupa za rješavanje problema) u održavanje su uključeni zaposlenici od vrha do dna organizacije. Teži se proizvodnji s 0 kvarova, 0 incidenata, 0 defekata (nedostataka, tj. grešaka) i 0 otpada (nepotrebnih gubitaka vremena i materijala). Nakon identifikacije gubitaka treba identificirati uzroke da bi se poduzele odgovarajuće korektivne mjere i kon-

tinuirano provodilo mala poboljšanja (*Kaizen*) za spriječavanje daljnje pojave gubitaka.

Ovakvo održavanje iziskuje veću spoznaju o prirodi kvarova i cjeloživotnu obuku svih zaposlenika te promjenu načina razmišljanja na svim razinama. Uprava mora prepoznati važnost pouzdanosti održavanja i ekonomske učinkovitosti u projektiranju postrojenja (sagledava se cjelokupni životni vijek). Konceptom održavanja kojim se eliminiraju kvarovi i smanjuju neplanirane aktivnosti i promjene vremenskog rasporeda, optimiziraju se radne performanse opreme (strojeva) i otkrivaju njeni skriveni kapaciteti. Tako se radikalno smanjuje neiskorištenosti resursa što rezultira maksimiziranjem učinkovitosti. Uz to, TPM doprinosi boljoj pouzdanosti, kvaliteti i sigurnosti zaposlenika. Kako TPM smanjujući glavne grupe gubitaka može poboljšati konkurentnost tvrtke prikazuje sl.1.



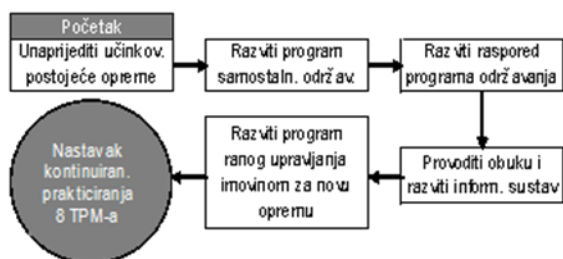
Slika 1. Utjecaji TPM-a na konkurentnost tvrtke [13]

#### 3.2. Provedba TPM-a

Odluku o izboru strategije održavanja treba donijeti u što ranijoj fazi razvoja proizvodnog ili uslužnog sustava, najbolje kada se sustav projektira. Kako bi održavanje omogućilo maksimalnu efikasnost postrojenja mora se uzeti u obzir cjelokupni sustav (uključujući zaposlenike i ostale raspoložive resursa) i njegovo okruženje. Tvrtke koje uvode TPM obično koriste osnovni koncept Japanskog instituta za održavanje postrojenja (*Japan*

*Institute of Plant Maintenance – JIMP*), pa ga prilagođavaju svojoj organizaciji i svojim ciljevima [14].

Cjelovito učinkovito održavanje zahtijeva odgovarajuću strukturu i direktive [4], a uspostavlja se u sustavno, u fazama. Da bi TMP potpuno zaživio u većoj, složenijoj tvrtki potrebno je i više godina. Razvoj TPM-a u tvrtki koji usvaja osnovna načela te strategije pokazan je na sl. 2.



Slika 2. Tijek TPM-a u tvrtki (prema [15])

Za implementaciju TPM-a JIMP preporuča osam “podupirućih stupova”. Oni su s inicijativama za njihovu provedbu navedeni u tab. 1.

Tablica 1. Inicijative povezane sa stupovima koji podupiru TPM-a (prema [4])

Osnovni stupovi TPM	Inicijative unutar stupova
<b>Samostalno održavanje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Razvoj vještina operatera;</li> <li>- Gajenje osjećaja vlasništva operatera;</li> <li>- Izvođenje čišćenja, podmazivanja, zatezanja, podešavanja, pregleda, ponovnog podešavanja na opremi</li> </ul>
<b>Održavanje fokusirano na unaprjeđenje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustavna identifikacija i eliminacija glavnih grupa gubitaka;</li> <li>- Rad bez gubitaka i smanjenje gubitka kroz strukturnu analizu;</li> <li>- Postići unaprjeđenje učinkovitosti sustava;</li> <li>- Unaprjeđenje sveukupne učinkovitosti proizvodne opreme sustava</li> </ul>
<b>Planirano održavanje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planiranje učinkovitog i djelotvornog sustava preventivnog i prediktivnog održavanja na temelju vremena za cijeli život ciklusa opreme;</li> <li>- Uspostavljanje kontrolnih lista preventivnog održavanja;</li> <li>- Skraćivanje prosječ. vremena između kvara i popravka</li> </ul>
<b>Održavanje kvalitete</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Postizanje nula defekata;</li> <li>- Praćenje problema s opremom i njihovih početnih uzroka;</li> <li>- Postavljanje 3M (stroj/čovjek/materijal) uvjeta</li> </ul>

<b>Edukacija i osposobljavanje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prenošnje tehnoloških vještina, vještina kontrole kvalitete i međuljudskih vještina;</li> <li>- Obučavanje radnika za više vještina;</li> <li>- Usmjeravanje zaposlenika na ciljeve tvrtke;</li> <li>- Periodično ocjenjivanje vještina i njihovo obnavljanje</li> </ul>
<b>Sigurnost, zdravlje i okoliš</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Briga o odgovarajućoj radnoj okolini – postizanje sigurnih uvjeta rada;</li> <li>- Eliminiranje incidenata koji rezultiraju ozljedama i nesrećama;</li> <li>- Osiguranje standard. radnih procedura</li> </ul>
<b>Ured (služba) za TPM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Povećanje sinergije između različitih poslovnih funkcija;</li> <li>- Uklanjanje proceduralnih smetnji;</li> <li>- Fokusiranje na bilježenje problema u svezi troškova;</li> <li>- Primjena 5S u svim radnim prostorima</li> </ul>
<b>Razvojni menadžment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimalni problemi i vrijeme pokretanja nove opreme;</li> <li>- Korištenje znanja od postojećeg sustava za nove sustave;</li> <li>- Inicijative unaprjeđivanja održavanja.</li> </ul>

Za planiranje, pripremu, praćenje i analizu uspješnosti složenih procesa održavanja, kako bi se osigurao bolji protok i raspoloživost informacija te veća razina automatizacije, potreban je odgovarajući kompjuterski sustav (*Computerized maintenance management system – CMMS*).

Kako bi se analiziralo i riješilo probleme s opremom i procesima TPM koristi različite tehnike i alate, među kojima su često Pareto dijagram (da se uoči ono što je najvažnije jer u pravilu oko 80% onoga što utječe ima samo oko 20% utjecaja), radar karta (može npr. pokazivati razinu znanja zaposlenika potrebnu za eliminaciju identificiranih gubitaka, iz čega je vidljivo koja područja treba pojačati), shematsko opisivanje pojave i problema (crtanje skica pomaže boljem shvaćanju pojave/ problema u detaljima), statistička kontrola procesa (SPC – kontrolne karte), tehnike rješavanja problema, kao što su *brainstorming*, uzročno-posljedični dijagrami i 5-M pristup (podrazumijeva sagledavanje problema u svezi ljudi (*Man*), metoda (*Methods*), materijala (*Materials*) i strojeva (*Machines*), a pod petim 'M' može biti mjerenje (*Measurement*),

upravljanje (*Management*), misija (*Mission*), održavanje (*Maintenance*) ili okolina (*Medium* ili *Mother nature*), *Poka Yoke* (tehnika za sprječavanje da iz proizvodnog procesa izlaze dijelovi neprimjerene kvalitete), 5S – razvoj radne discipline do promjene svijesti zaposlenih o radnom okruženju kroz pet koraka: razvrstavanje (*Seiri*), smještanje po redu (*Seiton*), čišćenje (*Seiso*), standardiziranje (*Seiketsu*) i ustaljivanje (*Shitzuke*), redukcija vremena postavljanja (*Setup Time Reduction*), brza i učinkovita izmjena alata (*Single Minute Exchange of dies – SMED*), *benchmarking* (usporedba s drugima prema ključnim pokazateljima), analiza uskog grla, analiza pouzdanosti, pogodnosti održavanja i raspoloživosti (*Reliability, Maintainability and Availability – RMA*), obrazac za otkrivanje skrivenih problema (*The Way to Teach People – TWTP*), 5G - alat za opisivanje prirode gubitaka kod kompletnog i detaljnog opisivanja situacije, održavanja odnosa između teorije i prakse te praćenja logičnog slijeda radnji u procesu - prema početnim slovima japanskih riječi: tvornica, materijal, analiza, teorija i metoda i sl. Još četiri tehnike analize primjenjive za kontinuirano pronalaženje i eliminiranje gubitaka (u okviru *Kaizen*) u tipičnoj tvrtki u farmaceutskoj industriji navedene su u tab. 2.

Tablica 2. Primjer primjene tehnika analize gubitaka kod TPM-a [16]

Tehnike analize	Svrha
Zašto - zašto analiza ( <i>Why-Why Analysis</i> )	Jednostavni kvarovi
Zašto - zašto - zato logička analiza ( <i>Why-Why Because Logical Analysis</i> )	Ponavljajući i složeni kvarovi
Razjašnjavanje pojava, tj. analiza Fenomen - fizički mehanizam ( <i>Phenomenon, Physically Mechanism Analysis</i> )	Kronični gubici i nedostaci kvalitete
Eliminacija, kombinacija, smanjenje, pojednostavljenje ( <i>Elimination, Combination, Reduction, Simplification</i> )	Kompletna izmjena

## 4. Primjena TPM-a

### 4.1. Problemi kod implementacije TPM-a

Implementacija TPM-a nije lak zadatak, pa se smatra da je broj organizacija koje uspješno provode TPM program relativno mali. U praksi je TPM dosta teško primijeniti u cjelosti, pogotovo u malim i srednjim tvrt-

kama jer one često nemaju dovoljno potrebnih resursa za to [11]. Postoje pojedini uspješni slučajevi, ali istraživanja o TPM-u dokumentirala su i niz propusta u implementaciji TPM programa. Stoga je bitno pitanje: "Misli li neka tvrtka da ima TPM ili ga zaista ima?"

Organizacije se mogu podijeliti na one kod kojih stvarno postoji strukturirana i radna metodologija TPM, one koja kažu da ga imaju, ali nemaju čak ni strukturirana osnovna načela i one koja su uspostavile stupove TPM-a, ali puštaju da struktura propada (koristeći samo elemente kako bi zadovoljili reviziju) [17].

Zbog različitih problema i nedostataka događa se da provedba TPM-a ne uspijeva te da bude samo djelomična i površna. Naravno, nije dobro ni ako su očekivanja preoptimistična, odnosno nerealna obzirom na postojeće uvjete i ograničenja. Prepreke koje smetaju implementaciji TPM-a u tvrtkama Ahuja [4], [18] je grupirao kao u tab.3.

### 4.2. Područje primjene i pozitivna postignuća TPM-a u svjetskoj praksi

Neke tvrtke primjenjuju TPM da bi preživjele, a druge da bi bile svjetski lideri na tržištu. Seger smatra da se TPM može primijeniti u različitim tvrtkama i u svakom odjelu organizacije [14]. No, TPM je najpogodniji za složene, heterogene sustave, pa ga koriste najveće svjetske kompanije u proizvodnoj industriji (gdje su velike serije, kao npr. *Toyota, Ford* i *Harley Davidson*), ali i tvrtke u drugim djelatnostima. Npr. ovogodišnja studija slučaja efekata primjene TPM-a u sveučilišnom centru za kopiranje u Etiopiji takođe pokazuje pozitivan utjecaj na parametre poslovanja [19].

Prvi efekti primjene TPM-a osjetni su već nakon 6 mjeseci, a prema nekim proučavanjima najveća poboljšanja su u prve 3 godine implementacije, nakon čega uspješnost sporije raste [4], [20]. Najniža razina postignuća uspješne implementacije TPM inicijativa u organizaciji uključuje manje operativne troškove, dulji radni vijek opreme i manje ukupne troškove održavanja [4].

Tablica 3. Grupe prepreka uspješnoj implementaciji TPM-a (prema [4], [17], [18])

Grupe prepreka	Primjeri prepreka
<b>Organizacijski</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nedostatak predanosti top menadžmenta i nedostatak komunikacije u svezi TPM-a;</li> <li>- Nedostatak razumijevanja TPM koncepta i principa (nerazmijevanje što je TPM i zašto TPM);</li> <li>- Pogrešan tempo implementacije TPM-a i fokusiranje na previše inicijativa unaprjeđenja;</li> <li>- Manjkavosti mehanizma nagrađivanja i nagrada;</li> <li>- Nesposobnost organizacije da poveća kompetencije zaposlenika za posao;</li> <li>- Neadekvatni uvjeti za zaposlene u organizacijama;</li> <li>- Problemi s nabavom zamjenskog materijala koji sprječavaju izvršenje planiranog održavanja;</li> <li>- Nedostatak praćenja mjerila izvedbe održavanja i napretka programa TPM i kritičke evaluacije;</li> <li>- Implementacija TPM-a na brzi način kod kojeg izostaju neki koraci konsolidacije i dr.</li> </ul>
<b>Kulturni</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nemogućnost usklađivanja zaposlenih s ciljevima i namjerama tvrtke;</li> <li>- Jaki sindikati, kruti načini razmišljanja, nefleksibilni pristup i neprilagodljivi stavovi;</li> <li>- Odnos zaposlenika prema poslu sa stavom "kakvu korist ja imam u tome";</li> <li>- Marginalno sudjelovanje zaposlenika u donošenju odluka u tvrtki;</li> <li>- Kompromitiranje stava o kvaliteti proizvodnje s prihvaćanjem ponovnog rada kao dijela proizvodnih aktivnosti;</li> <li>- Odbacivanje prijedloga zaposlenika za unaprjeđenje bez obrazloženja i dr.</li> </ul>
<b>Bihevioralni</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nedovoljni naponi za stjecanje više vještina i periodično obnavljanje vještina zaposlenika;</li> <li>- Nedostatak dragovoljne spremnosti operatera da nauče više o funkcioniranju proizvodnog sustava;</li> <li>- Otpor prihvaćanju promjena zbog nesigurnosti posla i straha od gubitka specijalizacije zbog tehnoloških unaprjeđenja i dr.</li> </ul>
<b>Tehnološki</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Premalo nastojanja da se proizvodni kapaciteti unaprijede izvan dosega projektiranja;</li> <li>- Nepostojanje mehanizama za istraživanje neučinkovitosti proizvodnog sustava;</li> <li>- Jedan operater istovremeno radi s više strojeva;</li> <li>- Mali naglasak na inicijative prevencije održavanja (dijelovi opreme projektirani tako da nemaju potrebe za održavanjem) i dr.</li> </ul>

<b>Operativni</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neustrajavanje na standardnim operativnim procedurama;</li> <li>- Nehaj top menadžmenta za prakticanje sigurnog rada na radnom mjestu;</li> <li>- Nedostatak vremena za samostalno održavanje;</li> <li>- Pogrešno dimenzioniranje tima za održavanje koji se bavi programiranim aktivnostima – povećavanje dnevnog ritma proizvodnje, s istim radnim timom;</li> <li>- Loše i slabo poticajno okruženje na radnom mjestu zbog neprovođenja 5S-a;</li> <li>- Naglasak na obnovi stanja opreme, umjesto na prevenciji kvarova.</li> </ul>
<b>Financijske</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zahtjevi za značajnim dodatnim resursima na početku implementacije TPM programa s umjerenim unaprjeđenjem izvedbe u tom razdoblju;</li> <li>- Smanjenja proračuna bez jasnih kriterija i objašnjenja za operatere i stručnjake održavanja;</li> <li>- Nepodržavanje inicijativa unaprjeđenja zbog poteškoća s resursima - financijski sektor blokira prijedloge (pogotovo je loše ako izostanu objašnjenja) i dr.</li> </ul>
<b>Odnos odjela u tvrtki</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niska sinergija i koordinacija između odjela održavanja i odjela proizvodnje;</li> <li>- Podjeljenost odgovornosti u tvrtki između službe održavanja i proizvodne funkcije;</li> <li>- Općeniti nedostatak povjerenja odjela održavanja u sposobnosti operatera u proizvodnji za obavljanje osnovnih zadataka samostalnog održavanja i dr.</li> </ul>

Zastoji se skraćuju 20 - 30%, pa i preko 50% i investicije u TPM se vraćaju za najmanje 3 puta [21]. Npr. japanske tvrtke koje su dobile JIPM PM nagradu između 1984. i 1986. godine postigle su da im je smanjen mjesečni broj kvarova opreme s 1.000 na 20, proizvoda s greškom s 1,0% na 0,1%, potraživanje jamstva za 25%, troškova održavanja za 30%, rad u tijeku za 50%, a produktivnost je poboljšana za 50% [22]. Izvan Japana implementacija TPM-a inicijativa dovela je do toga da su pozivi za održavateljske servise smanjeni za 29%, brzina proizvodnje povećana je za 10%, defekti su smanjeni za 90%, produktivnost je povećana za 50%, troškovi održavanja su smanjeni za 30%, a povrat ulaganja povećan je za 262 - 500% [23]. Primjerice, *Kodak* u svojem izvješću navodi da je investicija od 5 milijuna dolara u primjenu TPM-a imala za direktnu posljedicu povećanje dobiti od 16 milijuna dolara, dok *Texas Instruments* pri-

javljuje povećanje proizvodnje u nekim oblastima i do 80%. Sve navedene, poznate tvrtke imale su 50% ili više umanjene vremena zastoja, manje zalihe rezervnih dijelova i kraće vrijeme isporuke [11].

Od 1005 godišnjih nagrada za TPM (*TPM Award-winners*) u razdoblju od 2005 do 2012. godine najviše ih je dodjeljeno u Japanu (279), Indiji (156), Tajlandu (96), Tajvanu (50), Turskoj (45), Kini (41), Brazilu (41) i Francuskoj (39) [24].

## 5. Zaključak

Sadašnji uvjeti na tržištu od većine tvrtki zahtijevaju maksimalnu konkurentnost, a za to je potrebna implementacija koncepta održavanja koji se razlikuje od tradicionalnog pristupa. Izborom i provođenjem optimalne strategije održavanja, kroz maksimalnu iskorištenost raspoloživih resursa, može se povećati pouzdanost, učinkovitost postrojenja i kvalitet proizvoda/usluga i smanjiti ukupne troškove (gledano kroz cjeloživotni vijek opreme za rad). U nekim organizacijama to može najbolje pružiti TPM strategija, koja se u zadnjih 25 godina proširila iz Japana na Zapad i ostali svijet, gdje su istraživane mogućnosti primjene u tvrtkama različitih djelatnosti.

Uočene su brojne prepreke koje u praksi ometaju i onemogućavaju implementaciju TPM-a u tvrtkama i obvezno ih treba imati u vidu te nastojati izbjeći (prevenirati pravilnim pristupom). No, postoje i mnogi uspješni primjeri provođenja TPM-a gdje se pokazalo da vrlo pozitivno djeluje na učinkovitost, kvalitet, troškove, isporuku i fleksibilnost proizvodnje, a također i na sigurnost zaposlenika, njihovu radnu kulturu i način razmišljanja, tj. mentalni sklop.

Uspješno uspostavljanje TPM-a i kontinuirano unaprjeđivanje ne zahtjeva skupu dodatnu opremu, ali je potrebna odgovarajuća obučenost (koja prati napredak tehnologije i nove zahtjeve posla) i interakcija menadžmenta svih razina, stručnjaka održavanja i operatera - radnika koji svakodnevno rade na opremi koju treba održavati. Uz to, važna je dobra motiviranost svih uključenih i visoka razina organizacijske kulture (ozračje u tvrtki, norme ponašanja, odnosi i

stavovi zaposlenika prema poslu). Bez toga svi pokušaji mogu imati samo ograničeni i privremeni učinak na rezultate održavanja i poslovanja.

## Literatura

- [1] Šegulja, I.; Tomas, V.; Vlahinić, I. RCM computer – based model in commercial shipping. / Zbornik referata 7<sup>th</sup> International Symposium on electronics in traffic (ISEP 98) / Žitnik, A. (ur.). Elektrotehniška zveza Slovenije, Ljubljana, 1998. str. 173-179
- [2] Vidaković, D., Glavaš, H., Pavelić, K. Mogućnosti primjene suvremenih strategija održavanja za složene tehničke sustave. / Zbornik 7<sup>nd</sup> International Natural Gas, Heat and Water Conference / 14. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi / Raos, P. (gl. ur.). HEP-Plin Ltd., Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod i Faculty of Engineering and Information Technology in Pecs, Osijek, 28.-30.09.2016. str. 243-253
- [3] Milekić, M. Pristupi koji doprinose poboljšanju održavanja nastali u proizvodnji transportnih sredstava. / Zbornik radova 3. Konferencija Održavanje 2014. / Brdarević, S.; Jašarević, S. (ur.). Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Zenica, 11-13.06.2014. str. 91-96
- [4] Ahuja, P. S. Handbook of Maintenance Management and Engineering, Chapter 17 – Total Productive Maintenance, Springer-Verlag, London, 2009.
- [5] Dunn, S. Re-inventing the Maintenance Process. / Queensland Maintenance Conference, Queensland, 1998. [www.plant-maintenance.com/tzd.shtml](http://www.plant-maintenance.com/tzd.shtml) (Pristupljeno 15.02.2019.)
- [6] Study of existing reliability centered maintenance approaches used in different industries. Technical Report. Facultad de Informatica, Universidad Politecnica, Madrid, 2000.
- [7] Industrial Maintenance. VATEH Presentation for CTSI. Zagreb, 2003.
- [8] Papić, Lj.; Milovanović, Z. Održavanje i pouzdanost tehničkih sistema. Istraživački centar za upravljanje kvalitetom i pouzdanošću – DQM, Prijedor, 2007.
- [9] Cua K. O.; McKone K. E.; Schroeder R. G. Relationships between implementation of TQM, JIT and TPM and manufacturing performance, / Journal of Operations Management 6 (2001) 19; pp 675 - 694

- [10] Shirose, K. Total Productive Maintenance: New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries. Japan Institute of Plant Maintenance, Tokio, 1996.
- [11] Čekerevac, S.: Totalno produktivno održavanje, Tehnička dijagnostika, 2 (2004); str. 62-67
- [12] Milosavljević, P.; Rall, K. Six Sigma Concept in the Maintenance Process of Technical Systems, / Mechanical Engineering, 1 (2005) 3; pp 93 -108
- [13] Fredendall, L. D.; Patterson, J. W.; Kennedy, W. J.; Griffin, T. Maintenance: Modeling its strategic impact, / Journal of managerial issues, 4 (1997) 9; pp. 440 - 448
- [14] Seger, M. Total Productive Maintenance, mogućiheter och begransningar. Licentiate work, Luela Technical University, 1994.
- [15] Learning Center. Total Productive Maintenance (TPM), Information for building effective maintenance programs.  
<https://www.onupkeep.com/learning/maintenance-types/total-productive-maintenance> (Pristupljeno 28.10.2019.)
- [16] Ahmed, T.; Ali, S. M.; Allama, M. M.; Parvez, M.S. A Total Productive Maintenance Approach to Improve Production Efficiency and Development of Loss Structure in a Pharmaceutical Industry, / Global Journal of Management and Business Research, 2 (2010)10; pp 186 -190
- [17] Rodrigues, M.; Hatakeyama, K. Analysis of the fall of TPM in companies, / Journal of Materials Processing Technology, 1-3 (2006) 179; str. 276-279.
- [18] Ahuja, P. S.; Khamba, J. S.: Strategies and Success factors for overcoming Challenges in TPM Implementation in Indian Manufacturing Industry, / Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2 (2008)14; pp 123-147.
- [19] Ali, A. J.: Application of Total Productive Maintenance in Service Organization, International Journal of Research in Industrial Engineering, 2 (2019) 8; str. 176-186.
- [20] Tomas, V.; Šegulja, I.; Čišić, D. Mogućnosti i problemi primjene suvremenih strategija održavanja u pomorstvu, / Pomorstvo - Scientific Journal of Maritime Research, 19 (2005); pp 29-41.
- [21] Kennedy, R.: Re-inventing the maintenance process. / Queensland Maintenance Conference, Queensland, 1998.
- [22] Patterson, J. W.; Kennedy, J. W.; Fredendall, D. V. Total Productive Maintenance Is Not for This Company, Production and Inventory Management Journal, 2(1995) 36; pp 61 - 64
- [23] Hartmann, E. Successfully Installing TPM in a Non-Japanese Plant, TPM Press, Inc, Pittsburgh, 1992.
- [24] Jain, A.; Bhatti, R.; Singh, H. Total productive maintenance (TPM) implementation practice - A literature review and directions, International Journal of Lean Six Sigma, 3 (2014) 5; str. 293 - 323

# OSNOVNI ELEMENTI TEHNIČKE DIJAGNOSTIKE KAO PREVENTIVE U AKTIVNOSTIMA ODRŽAVANJA

## *Basic Elements of Technical Diagnostics as Preventive in Maintenance Activities*

*Preliminary notes*

Zlatko Lacković

Panon-institut za strateške studije, Osijek, Hrvatska

E-mail: zalackovic@gfos.hr

### **Sažetak**

U radu se ukazuje na tehničku dijagnostiku kao poseban oblik održavanja tehničkih sustava u cilju osiguranja pouzdanosti i učinkovitosti njihovoga funkcioniranja. Definirani su temeljni elementi održavanja, a posebice tehnička dijagnostika. U cilju aplikativnosti prikazuju se neki karakteristični pristupi tehničke dijagnostike. S obzirom na vrstu i vremensku periodičnost poslova tehničke dijagnostike, predlaže se outsourcing kao najučinkovitiji način i vrsta izvođenja samih operacija osobito kod manje složenih sustava. U tom su smislu prikazani pojedini specifični oblici tehničkog dijagnosticiranja u različitim vrstama tehničkih sustava.

**Cljučne riječi:** Dijagnostika, Održavanje, Outsourcing, Tehnički sustav

### **Abstract**

Technical diagnostics is a special form of maintenance of technical systems in order to ensure reliability and efficiency of their functioning. Basic maintenance elements, in particular technical diagnostics, have been defined. For the sake of applicability, some characteristic approaches to technical diagnostics are presented. Considering the type and timing of technical diagnostics jobs, outsourcing is suggested as the most efficient way and type of operations to be performed, especially in less complex systems. In this regard, some specific forms of technical diagnostics in different types of technical systems are presented.

**Key words:** Diagnostics, Maintenance, Outsourcing, Technical systems,

### **1. Uvod**

U svim tehničkim sustavima bitna je učinkovitost i sigurnost funkcioniranja. Učinkovitost održavanja nekog složenog tehničkog sustava, može se utvrditi kontrolom i analizom pouzdanosti njegovog funkcioniranja. Ishodište razmatranja je prevencija održavanja u različitim tehničkim sustavima kao što su građevinski objekti, strojevi, oprema, instalacije te poljoprivredna tehnika i mehanizacija.

Razlog za perfekciju u održavanju energetskih postrojenja i instalacija proizlazi već iz same prirode energenta. Naime svaka neispravnost, odnosno kvar u bilo kojem segmentu proizvodnje odnosno funkcioniranja sustava može prouzročiti ne samo velike troškove nego i uzrokovati opasnost za ljudski život. Zato treba, osobito u održavanju, primjeniti sve savršenije metode i sredstva. U tom se smislu apostrofira i tehnička dijagnostika kao poseban oblik preventivnog održavanja.

Razvojem tehničkih sustava i povećanjem njihove složenosti prirodno se javlja i problem njihova pouzdanog funkcioniranja. To se posebno odnosi na tehničke sustave kod kojih eventualna neispravnost, kako je već konstatirano, može prouzročiti velike ekonomske gubitke ili ugroziti sigurnost ljudi uopće. Kako bi tehnički sustav ostvario učinak moraju se angažirati određena novčana sredstva, kako u početnim investicijama, tako i u troškovima kontinuirane proizvodnje odnosno funkcioniranja. Uspoređivanjem ukupnih troškova s radnim učinkom dolazi se do ekonomičnosti proizvodnje i saznanja koja osiguravaju optimalnu pouzdanost, a time i najnižu cijenu po proizvedenoj, odnosno potrošenoj jedinici.

Kako je već poznato, pod tehničkim sustavom podrazumijeva se stroj ili neko postrojenje, tj. skup dijelova koji predstavljaju cjelinu s jedinstvenom radnom funkcijom. Pod pojmom komponente podrazu-

mjevaju se sastavnice odnosno oni dijelovi sustava koji služe za prijenos i distribuciju raznih fluida.. Očigledno je da je uz ekonomsku učinkovitost, zbog više razloga nužno permanentno raditi na pozdanosti funkcioniranja opreme, postrojenja i instalacija.

U nastavnom je djelu ovog sadržaja, pozornost posvećena definiranju pouzdanosti održavanja različitih tehničkih sustava. U ishodište razmatranja je postavljena tehnička dijagnostika kao najstručniji oblik preventive u održavanju. Kao objekti dijagnostike posebno su apostrofirani nekoliko jednostavnih i djelovi složenih tehničkih sustava. S obzirom da se radi o periodičnim, visokosofisticiranim operacijama, predlaže se organizacijski oblik implementacije outsourcinga, te su navedeni i razlozi za takav pristup.

## 2. Pouzdanost tehničkih sustava

Pouzdanost sustava, kao tehnički termin pojavio se između dva svjetska rata, a to je bilo vezano za sigurno funkcioniranje zrakoplova. To se proširilo na sigurnost letenja i u civilnom zrakoplovstvu. U prvoj fazi se to svodilo na analiziranje uzroka kvarova prilikom letova ondašnjih zrakoplova. Iz toga su nastali određeni uglavnom matematičko-statistički obrasci za procjenu pouzdanosti funkcioniranja zrakoplova ali i ostalih tehničkih sustava. Razvojem tehničkih sustava i složenih tehničkih jedinica javila se potreba za istraživanjem fenomena pouzdanosti gdje su prevladavali sljedeći motivi [1]:

1. Tehnički se procesi i sustavi sve više šire i traže da budu sve složeniji uslijed čega raste vjerojatnost otkaza i nemogućnost održavanja sustava na razini maksimalne učinkovitosti.
2. Nastojanje da se smanji težina i zapremina proizvoda kao i sigurnost funkcioniranja.
3. Nastojanje da se poveća trajnost proizvoda.
4. Teškoće u održavanju koje se mogu pojaviti kod teže pristupačnih djelova sustava, kao i onih sustava koji moraju raditi bez mogućnosti popravka.

5. Želja da se eliminiira rizik bilo ljudskih, bilo materijalnih gubitaka.
6. Ekonomska šteta koja nastaje zbog lošeg funkcioniranja jednog tehničkog sustava.
7. Porastom pouzdanosti sustava osigurava se kvaliteta sustava u cjelini a to znači i uspješno osvajanje tržišta.

Analizom navedenog sadržaja može se zaključiti da postoji potreba, osobito kod složenih tehničkih sustava, da se pouzdanost utvrđuje preventivnim zahvatima. U slučaju složenih tehničkih sustava, preventivni zahvati iziskuju sofisticirane tehnike i osposobljene kadrove. Na taj način se preventivnim postupcima utvrđuje, odnosno dijagnosticira stanje sustava, a to omogućuje procjenu pouzdanog rada.

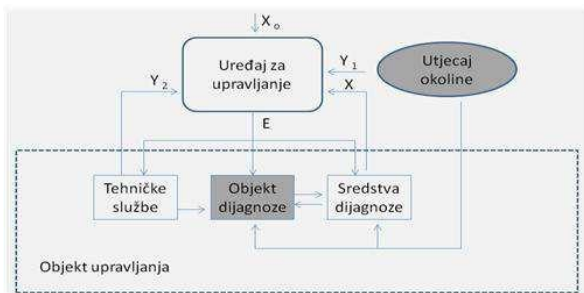
## 3. Tehnička dijagnostika

Sam pojam dijagnostika je najviše vezan za medicinu, premda određene korelacije mogu biti primijenjene i za tehničke sustave. Naime i u jednom i u drugom slučaju se utvrđuje uzrok i posljedice te se poduzimaju mjere sanacije. Kao i kod medicine, mogu se poduzimati postupci utvrđivanja stanja sustava te određene mjere i zahvati kako bi sustav pouzdano funkcionirao. Sa šireg aspekta se radi o praćenju promjena stanja i to mjerenjem određenih parametara sukladno vrsti i složenosti tehničkog sustava. Tehnička dijagnostika predstavlja sve aktivnosti koje se vrše nad konkretnim tehničkim sistemom radi ocjene trenutnog stanja ili davanja prognoze ponašanja sistema u određenom vremenskom periodu. Pri tome koristi sve raspoložive algoritme, pravila i modele radi određivanja stanja sistema, s ciljem pravovremenog predviđanja pojave neispravnosti [2]. Dijagnostika, kao sastavni dio održavanja prema stanju, treba utvrditi tehničko stanje sastavnih komponenata sa određenom točnošću u određenom trenutku vremena. Utvrđivanje radnog stanja sastavnih komponenata se ostvaruje primjenom odgovarajućih suvremenih instrumenata i na osnovu čulnih opažanja specijalista za dijagnostiku. [3]



Tehnička dijagnostika je i znanstveno-tehnička disciplina koja se bavi teorijom, metodama i opremom za otkrivanje uzroka, prognoza i geneza otkaza tehničkih sustava te traženjem rješenja [4]. Prema tome tehnička dijagnostika, kao sastavni dio procesa održavanja prema stanju, treba utvrditi stanje djela sustava s određenom točnošću u određenom trenutku vremena. Dakle, to je znanost koja se bavi prepoznavanjem stanja tehničkog sustava. Na sl. 1 prikazan je osnovni proces tehničke dijagnostike u kojemu sudjeluju kadrovi i oprema.

Kako je vidljivo na sl.1 proces je u osnovi jednostavan, ali su postupci ovisni o složenosti sustava koji se dijagnosticira. U tom smislu treba imati u vidu korištenje određenih metoda a posebice i dijagnosticiranje potrebnih parametara što svakako može proces učiniti izuzetno složenim. Osim toga za uspješno dijagnosticiranje su potrebni specijalno osposobljeni kadrovi i odgovarajući instrumenti i ostala sredstva dijagnostike.



Slika 1. Osnovni proces tehničke dijagnostike [5]

#### 4. Postupci i objekti tehničke dijagnostike

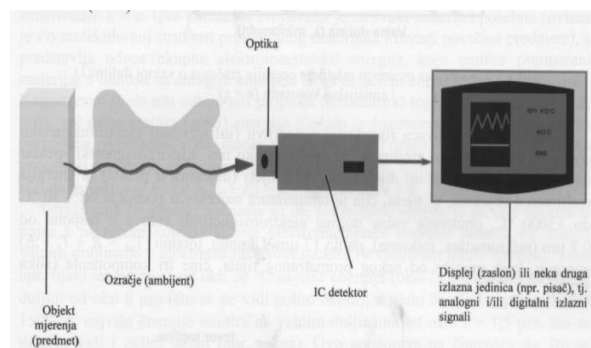
Kako je već pripomenuto tehnička dijagnostika je dio održavanja prema stanju nekog tehničkog sustava. U tom smislu treba utvrditi stanje tehničkog sustava ili njegovoga dijela i to s određenom točnošću u određenom vremenu ili trenutku. U biti takva vrsta ispitivanja ovise o složenosti tehničkog sustava a posebice i od ciljeva odnosno zadataka tehničke dijagnostike. Bez obzira na složenost sustava, potrebno je do neke mjere provoditi sljedeće postupke:

- Ispitivanje u cilju prepoznavanja zadnjih parametara kojima će biti utvrđeno stanje tehničkog sustava
- U slučaju potrebe mogu se postaviti određeni algoritmi kako bi se ispitivanja, odnosno mjerenja mogla oblikovati u neki model i tako omogućiti daljnju operacionalizaciju
- Potrebno je unaprijed postaviti pravila te moguća rješenja u obliku rezultata ili modela koji omogućuju više varijanti rješenja
- Posebna pozornost je posvećena procesima kontrole u cilju dijagnosticiranja zadnjih informacija
- Upotrijebiti potrebnu informatičku potporu u cilju više informacija i stvaranje mogućnosti za bolju operacionalizaciju
- Posebno i precizno kontrolirati i utvrditi pojave otkaza u radu tehničkog sustava.

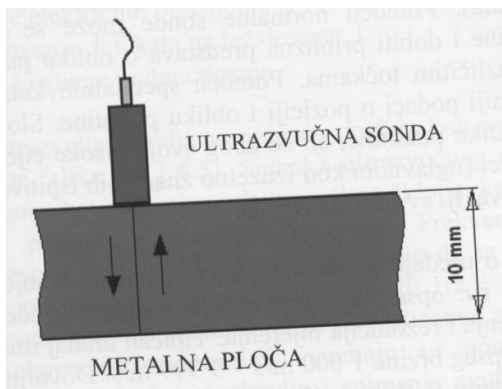
Sl. 2 – 4 prikazuju primjere tehničke dijagnostike u nekoliko sustava.



Slika 2. Tremogram dijagnoze oštećenja podnog grijanja [7]

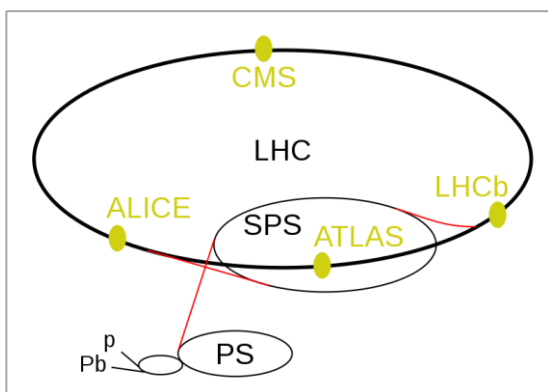


Slika 3. Sustav beskontaktnog mjerenja temperature objektima [8]



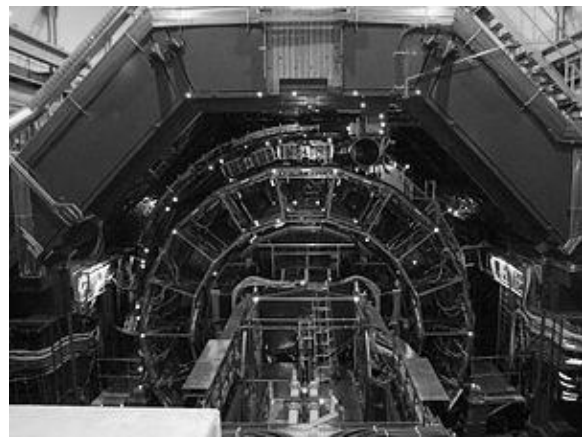
Slika 4. Ultrazvučno mjerenje debljine ploče [9]

Na sl. 5 prikazan je jedan složeni tehnički sustav - to je LHC (Large Hadron Collider - Veliki hadronski sudarivač) u Ženevi. Radi se o akceleratoru dužine 26.659 m koji se sastoji LHC-a i od dva manja akceleratora (PS i SPS) te četiri detektora (ALICE, ATLAS, LHCb i CMS). Čestice se ubrzavaju do približno brzine svjetlosti te se detektorima ustanovljavaju nove subatomske čestice i to nakon sudara složenih čestica, primjerice proto proton

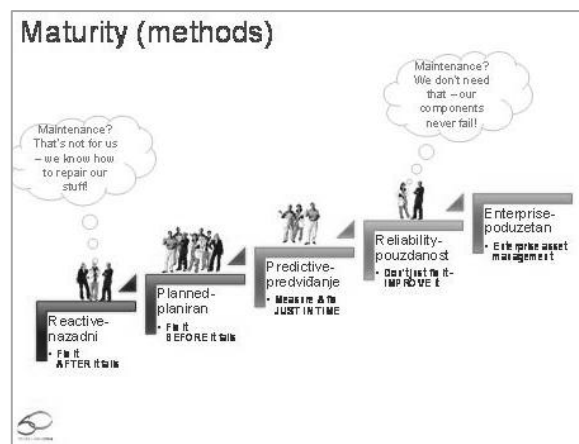


Slika 5. LHC-Veliki hadronski sudarivač u CERN-u u Ženevi [10]

U tako složenom tehničkom sustavu mora se osigurati takva prevencija da do kvara uopće ne dođe. Održavanje je zapravo složena tehnička dijagnostika sa postupcima koji su prikazani na sl. 6 gdje je prikazan detektor ALICE te na sl. 7 koja pokazuje faze preventivskog održavanja LHC-a odnosno tehničku dijagnostiku. Na sl. 7 je prikazan sustavni pristup održavanju LHC-a i ostalih uređaja: sve se planira i predviđa a na temelju ranijih sličnih iskustava iz toga područja. Konačni cilj je apsolutna pouzdanost ali i stvaranje uvjeta za suradnju s velikim brojem pojedinaca-istraživača pa i poduzeća.



Slika 6. Detektor ALICE [11]



Slika 7. Sustavni pristup dijagnostici na CERN-u [12]

## 5. Outsourcing

Outsourcing je prepoznatljiva djelatnost i sveobuhvatni novi pristup tržištu u kojemu se traži stano razvojno razmišljanje. Bit je u primjeni već poznatih poslovnih rješenja uz pomoć novih saznanja i alata za izvođenje postupaka i obradu informacija i brzo donošenje zaključaka.

Poslovna filozofija outsourcinga s gledišta tvrtke koja povjerava posao vanjskim izvršiteljima je sljedeća:

- koncentracija na osnovnu djelatnost
- smanjenje troškova
- raspoloživost poznatog dijela usluga po tržišnim cijenama
- poboljšanje kvalitete
- veća transparentnost troškova i usluga.
- veća raspoloživost postrojenja.
- izbjegavanje rizika zapošljavanja i efikasnosti osnovne djelatnosti
- raspoloživost modernih tehnika održavanja bez vlastitih investicija.

Prema raspoloživim izvorima mnoge tvrtke nisu mogle proizvodno i kvalitetno obavljati neke jednostavne, a pogotovo mnoge kompleksne poslove isključivo vlastitim kapacitetima. Obavljanje nekih poslova vlastitim kadrovima i sredstvima izazivalo je i sve veće troškove. Osim toga, u početku se javljao problem kvalitete novoosnovanih outsourcing-poduzeća. Primjerice - outsourcing-poduzeće preuzme previše klijenata te nije u mogućnosti poslove obaviti na vrijeme i kvalitetno. U tim su se počecima poduzeća i ustanove oslanjale na vanjsku suradnju uzimajući u obzir sljedeće [13]:

- Vanjski suradnik ili poduzeća bira se na temelju preporuke. Poduzeće nema mogućnosti zaposliti odgovarajuću stručnu osobu iz više razloga
- Ukoliko i ima kvalitetnu osobu možda ta osoba nije u mogućnosti pratiti sve promjene izvan poduzeća
- Poduzeće nema dostatan kapacitet.

Iz prethodnog razmatranja može se zaključiti da primjena outsourcinga – općenito gledano ima određene prednosti, kao što su [14]:

- Upravljanje rizicima zato što vanjski partner jamči količinu, kvalitetu i rokove pojedinih poslova
- Smanjenje troškova zbog angažiranja vanjskog suradnika na temelju tržišne utakmice
- Opća učinkovitost zato što vanjski suradnik, kao razvojni profesionalac, primjenjuje sve novije metode, educiranije i spremnije kadrove i sredstva rada
- Vanjski suradnik ima potrebu za stalnim razvojem zaposlenika.

Osim navedenih prednosti, u širem smislu ključni čimbenici koji su doveli do rastućeg trenda outsourcinga su sljedeći:

- Nedostatak stručne radne snage u nekim dijelovima poslovnog procesa
- Dostupnost jeftinije i stručnije radne snage
- Sposobnost i mogućnost koncentracije na druge ključne poslovne procese.

Navedeni čimbenici implicirali se sve veći udio vanjskih partnera u različitim granama gospodarstva i infrastrukture. U suvremenim uvjetima poslovanja može se govoriti o sljedećim objektivnim prednostima eksternalizacije nekih poslova i zadataka [9].

Vanjska suradnja potiče učinkovitost u područjima poslovanja u kojima nedostaje znanje i resursi.

- Omogućuje pristup kvalificiranijoj usluzi po povoljnijoj cijeni
- Smanjuje troškove poslovanja
- Omogućuje veću usredotočenost prema poslovima osnovne funkcije poduzeća u smislu veće proizvodnosti, manjih troškova, povećanja kvalitete rada i proizvoda
- Poboljšava ukupnu učinkovitost poslovanja i kvalitetniji pristup nabavnom i prodajnom tržištu.

Isti izvor omogućuje uvid i daje upozorenje na određene nedostatke koji proizlaze iz sljedećih činjenica:

- Postoji izvjesni stupanj ugroženosti sigurnosti i povjerljivih informacija ako vanjski partner zahtijeva veći pristup osjetljivim informacijama o poslovanju poduzeća i elementima proizvodnog procesa
- U određenoj se mjeri gubi kontrola nad dijelom poslovnog procesa koji obavlja vanjski partner
- Ponekad vanjski partner ne može održati razinu kvalitete standarda poslovnog ili proizvodnog procesa
- Vanjski partner pružajući slične usluge i drugim klijentima (konkurenciji) može doći u sukob interesa na štetu primatelja usluge
- Poseban je problem ako vanjski partner uđe u poslovni odnos i dođe u uvjete otežanog poslovanja (stečaj), kada mogu nastati velike materijalne štete, zato što primatelj usluge dijeli sudbinu ostalih stečajnih vjerovnika.

## 6. Zaključak

Iz prethodnog sadržaja može se donijeti više zaključaka. Prije svega je to pozivanje na pozornost u smjeru sigurnijeg i pouzdanijeg funkcioniranja tehničkih sustava. Kao bitan pristup osiguranju pouzdanog rada preferira se tehnička dijagnostika kao oblik preventivnog održavanja u kombinaciji s održavanjem po stanju. U tom smislu se razmatraju posebnosti tehničke dijagnostike, ali i njezina aplikacija. Iz prikazanih primjera može se vidjeti da se radi o primjeni sofisticirane opreme, posebnim metodama i postupcima te o specijaliziranim kadrovima. Kao oblik organizacije i neke vrste strateškog opredjeljenja predlaže se outsourcing. Razlog za uključivanje vanjskog partnera je njegova viša razvojna razina, specijaliziranost i raspoloživost kapaciteta, a to znači i veća ekonomska učinkovitost. Sve ovo je bitno i zbog činjenice da sustavi, oprema i instalacije jednostavno moraju funkcionirati sa što manje rizika jer kvarovi nisu samo tehnički i ekonomski problem nego i opasnost za imovinu i ljudski život.

## Literatura

- [1] Tomić, Milan., Adamović, Živoslav, Pouzdanost u funkciji održavanja tehničkih sistema, Tehnička knjiga, Beograd, 1986, ISBN 86-325-0043-0, str.21
- [2] [https://www.researchgate.net/publication/2271700876\\_Tehnicka\\_dijagnostika-03.11.2019](https://www.researchgate.net/publication/2271700876_Tehnicka_dijagnostika-03.11.2019).
- [3] <https://r.search.yahoo.com/ylt=AwrJ61jQcr5dP50Amg9XNyoA-03.11.2019>
- [4] <http://www.rgf.ac.rs>. str.6.-01.11.2019.
- [5] Lacković, Zlatko, Sustav tehničke dijagnostike, Alberta, Osijek, 2015, ISBN 978-953-7973-049-4 str. 37
- [7] Đurđević Damir, Dijagnosticiranje kvarova u građevinskim objektima, Zbornik, Znanstveni skup OTO 2008, DO Osijek, Urednici: Đuro Banaj i Vjekoslav Tadić, Osijek, 2008, str.17. ISBN 978-953-6331-58-1
- [8] Novinc, Željko; Halep, Antun; Tehnička dijagnostika i monitoring, u industriji, Kigen, Zagreb, 2010, str.77., ISBN 953-6970-902
- [9] Novinc, Željko., Halep, Antun.: Tehnička dijagnostika i monitoring, u industriji, Kigen, Zagreb, 2010, str.69., ISBN 953-6970-902
- [10] Lacković, Zlatko, Sustav tehničke dijagnostike, Alberta, Osijek, 2015, ISBN 978-953-7973-049-4 str.117
- [11] Lacković, Zlatko, Sustav tehničke dijagnostike, Alberta, Osijek, 2015, ISBN 978-953-7973-049-4 str.118
- [12] Lacković, Zlatko, Sustav tehničke dijagnostike, Alberta, Osijek, 2015, ISBN 978-953-7973-049-4 str.117
- [13] <http://www.adriaimmo.hr/id.5> -01.12.2019.
- [14] Lacković, Zlatko, Sustav tehničke dijagnostike, Alberta, Osijek, 2015, ISBN 978-953-7973-049-4 str. 53

# VAŽNOST PRISTUPA SERVISNIM INFORMACIJAMA U POSTUPKU ODRŽAVANJA "NOVIH" VOZILA

## *The Importance of Access to Service Information in the Maintenance Process of "New" Vehicles*

Professional paper

Mirko Mesić<sup>1</sup>, Marina Peko<sup>2</sup>, Hrvoje Glavaš<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Elektrotehnička i prometna škola Osijek, Hrvatska

<sup>2</sup>Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Hrvatska

E-mail: hrvoje.glavas@ferit.hr

### Sažetak

Broj osobnih automobila od prve pojave na cestama kontinuirano raste. Složenost tehničkih rješenja iziskuje usavršavanje servisera na različitim tehničkim područjima. Pojedini proizvođači problemu interdisciplinarnosti procesa održavanja pristupa stvaranju zatvorenih servisnih informacijskih sustava, dozvoljavajući pristup samo mreži ovlaštenih servisa. Cilj rada je na praktičnom primjeru "novog" vozila ukazati kako je potrebu pristupa servisnim informacijama neophodna za kvalitetan proces održavanja.

**Cljučne riječi:** Informacija, Održavanje, Osobna vozila

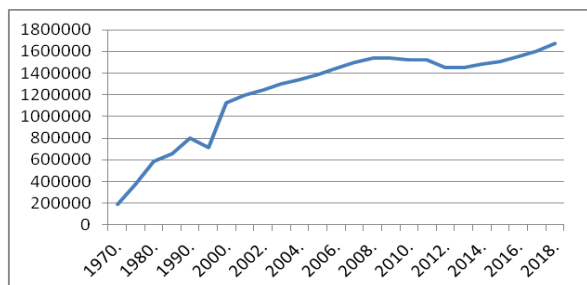
### Abstract

The number of passenger cars has been steadily increasing since its first appearance on the roads. The complexity of technical solutions requires the training of service technicians in various technical fields. Some manufacturers challenge the interdisciplinary process of maintaining access to the creation of closed service information systems, allowing access only to a network of authorized services. The aim of this paper is to demonstrate, on a practical example of a "new" vehicle, that the need to access service information is necessary for a quality maintenance process.

**Key words:** Car, Information, Maintenance

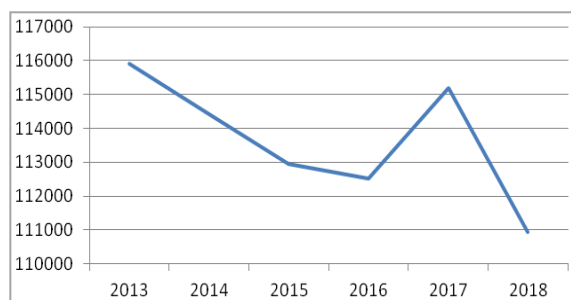
## 1. Uvod

Održavanje vozila produljuje njegov uporabni vijek, smanjuje nepotrebne financijske izdatke, ali i nepotrebnu indirektnu potrošnju energije. Učinkoviti postupak održavanja podrazumijeva postizanje tehničkog optimuma uz prihvatljiv financijski izdatak. Broj vozila na prometnicama Republike Hrvatske (RH) kontinuirano raste (sl. 1).



Slika 1. Broj vozila u RH [1]

Prosječna starost vozila u RH je 12 godina [2]. Broj prijeđenih kilometara posljednjih godina bilježi pad (sl. 2).



Slika 2. Prijedeeni kilometri vozila u RH [2]

Preventivne radnje održavanja vozila se provode na osnovu broja prijeđenih kilometara i trenutne starosti vozila. Pod novim vozilom kolokvijalno se podrazumijeva vozilo koje je pod jamstvom, do dvije/tri godine starosti. Pravno gledajući, novo motorno vozilo predstavlja motorno vozilo koje u trenutku unosa, uvoza ili prodaje u RH nije bilo registrirano, tj. koje nije bilo registrirano u evidencijama motornih vozila nadležnog tijela bilo koje države i za koje nije izdana propisana registarska isprava i registarske pločice [3].

## 2. Primjer radnji održavanja

Nova vozila zbog jamstva (npr. KIA do 7 godina starosti) pružaju korisniku određenu sigurnost i načelnu predvidivost financijskih izdataka. Kako bi se ostvarilo pravo na jamstvo, servisiranje je neophodno provoditi u ovlaštenom servisu. Najčešće se održavanje novog vozila svodi samo na radnje redovitog održavanja kao što su promjena ulja i filtara. Priručnik za korisnika, ali i servisna knjižica, sadrže samo načelne informacije o servisnim intervalima. Sl. 3 prikazuje raspored održavanja vozila vrijednosti 80.000 kn, starosti 5 godina ili prijeđenih 150.000 km.

ODRŽAVANJE	
RASPORED REDOVITOG ODRŽAVANJA	
150.000 km ili 60 mjeseci	
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte filter zraka</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte rash, sredstvo/kompresor klime (ako je dio opr.)</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte stanje akumulatora</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte vodove kočnica, crjeva i priključke</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte ostokupni električni sistem</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte disкове i kočne pločice</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte pogonska vratila i manžete</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte ispušni sustav</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte kuglone zglobove prednjeg ovjesa</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte vodove goriva, crjeva i priključke (Diesel)</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte parkirnu kočnicu (mehanička ručna kočnica)</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte zupčastu levu upravljača, poluzje i manžete</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte tekućinu i cijevi serva upravljača (ako je dio opr.)</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte kardansko vratilo (ako je dio opreme)</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte gume (tlak i dubinu profila)</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte rashladni sustav</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte cijev vakuma (za EGR i kućičke zaklopke gasa) (Benzinski)</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte pogonski remen (Diesel) ** (Prvi put 60.000 km ili 48 mjeseci, nakon toga svake 30.000 km ili 12 mjeseci)</li> <li><input type="checkbox"/> Pregledajte pogonski remen (Benzinski) ** (Prvi put 90.000 km ili 36 mjeseci, nakon toga svake 30.000 km ili 12 mjeseci)</li> <li><input type="checkbox"/> Pregled umetka filtera goriva (Diesel) **</li> <li><input type="checkbox"/> Zamijenite filter goriva</li> <li><input type="checkbox"/> Zamijenite ulje motora i filter (Diesel) ***</li> <li><input type="checkbox"/> Zamijenite ulje motora i filter (Benzinski) ***</li> <li><input type="checkbox"/> Zamijenite svječice (injele) (Benzinski)</li> </ul>

Slika 3. Primjer raspored redovitog održavanja za 60 mjeseci ili 150.000 km

Pojedine stavke redovitog postupka održavanja i njihov trošak tijekom 5 godina prikazani su tab. 1.

Tablica 1. Trošak redovitog održavanja

god. starosti	1.	2.	3.	4.	5.
prijeđenih tkm	15	14	14	13	15
rad	292	216	187	259	0
filter ulja	46	37	37	42	43
brtva kartera	7	6	8	7	7
sitni materijal	10	11	9	13	0
ulje 5W40	380	244	243	243	144
filter klime	354	283	283	255	90
filter zraka	0	136	0	135	0
antifriz	0	0	0	9	0
kočiona tek.	0	0	0	48	0
Ukupno (kn)	946	1181	960	1265	284

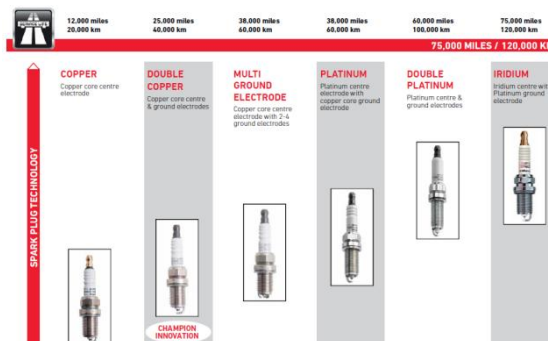
Iz tab. 1 možemo uočiti da se osnovne radnje redovitog održavanja vozila u petoj godini nisu izvršene u ovlaštenom servisu. Iz sl. 3 možemo zaključiti da je na osnovu rasporeda izostala zamjena svječica koja je predviđena za peti servisni interval. Na osnovu informacije o 72000 prijeđenih kilometara i načelnom servisnom intervalu za iridijske svječice, zamjena prije 100.000

km čini se preuranjena. Vozilo nije ukazivalo na znakove koji su karakteristični za zamjenu svječica. Na osnovu informacija iz servisne knjižice vozila ipak se pristupilo zamjeni. Nabavka novih svječica po VIN broju rezultirala je kupnjom Champion RER8YC, sl.4.



Slika 4. Svječica Champion RER8YC

Informacije proizvođača [4] ukazuju da se radi o bakrenim svječicama servisnog intervala 40.000 km procijenjenog uporabnog vijeka 60.000 km u slučaju premium konstrukcije. Iridijske svječice deklarirane su sa 120.000 km, sl. 4.



Slika 5. Servisni intervali svječica

Iz dosadašnjeg postupka održavanja, a na primjeru zamjene kočione tekućine može se uočiti da je zamjena napravljena po principu učinkovitog održavanja tj. nakon što je tekućina pokazala loša svojstva, a ne nakon preporučene dvije godine. Postupak učinkovitog održavanja zasnovan na informaciji iz servisne knjige bio bi energetski i ekološki doprinos, ali zbog pogrešne informacije svječice su prešle 25% više od preporuke proizvođača.

Preporuka proizvođača zasnovana je na statističkim podacima i ne uzima u obzir način korištenja vozila i ponašanje vozača [5]. Pravo stanje svječica može se procijeniti samo nakon zamjene, sl. 6.



Slika 6. RER8YC nakon 72000 km

Fotografski zapis zamijenjenih svjećica (sl. 6) pokazuju da su svjećice u ispravnom stanju. Detalji stanja elektroda jedne od svjećica vidljivi su na sl. 7.



Slika 7. Stanje elektroda svjećice

Na osnovu slike moglo bi se zaključiti da je svjećica ispravna i da motor radi savršeno. Mjerenjem zazora utvrdilo se da je došlo do promjene sa inicijalnih 0,8 mm no 0,95 - 1 mm. Utjecaja zazora svjećice može se vidjeti u literaturi [6]. Nedostupnost informacija o održavanju vozila analiziranog u radu rezultirao je da se postupak zamjene, zračni raspored i moment zatezanja odvija sukladno nalogu drugog proizvođača sa sličnim tehničkim rješenjima. Informacije o vozilu, proizvođaču vozila i serviseru namjerno su izostavljene. Opisani postupak pristupa servisnim informacijama karakterističan je za skoro sve proizvođače. Pravo pristupa servisnim informacijama godinama zagovara Louis Rossmann [7].

### 3. Zaključak

Redovito održavanje automobila kao i većine tehničkih sustava presudno je za pouzdanost i smanjenje ukupnih troškova. Ograničen pristup servisnim informacijama otežava postupak održavanja i korisnika ograničava u postupku odabira ser-

visera. Primjer zamjene svjećica opisan u radu samo je ilustracija. Cilj održavanja je postići učinkovitost tehničkog sustava i na taj način, u konačnici, poduprijeti provedbu energetske politike.

### Literatura

- [1] Državni Zavod Za Statistiku - Republika Hrvatska, Transport – pregled od 1970., pristup ostvaren 07.11.2019.
- [2] CVH, Centar za vozila RH, Prosječna starost vozila po vrstama vozila i ukupno (2007-2018)., pristup ostvaren 07.11.2019.
- [3] RH, Ministarstvo financija, Carinska uprava: <https://carina.gov.hr/.../posebni-porez-na-motorna-vozila-3714/3714>, pristup ostvaren 07.11.2019.
- [4] Champion, Spark & Glow Plugs, CATCM1404, 2015-2016, 19.08.2014.
- [5] Glavaš, Hrvoje; Ivanović, Milan; Keser, Tomislav, "Energetska učinkovitost u cestovnom prometu", Tridesetdrugi skup o prometnim sustavima s međunarodnim sudjelovanjem Automatizacija u prometu 2012., urednik Željko Šakić, KoREMA, Unska 3, Zagreb Croatia, 2012. str. 19-25
- [6] Serpa, Gabriel; Zumba, Xavier; Montalvo, Francisco; et al. "Influence of the type of spark plug in the evaluation of the performance and emissions caused in an ignition engine", ENFOQUE UTE Volume: 10 Issue: 2, Pages: 115-125, 2019, DOI: 10.29019/enfoque.v10n2.465
- [7] Louis Rossmann, <https://rossmann-group.com>, pristup ostvaren 07.11.2019.





# ORGANIZATION AND AUTOMATIC APPOINTMENT SCHEDULING IN MULTI DOCTOR/MULTI SERVICES ENVIRONMENT

## Organizacija i automatsko zakazivanje termina u više liječničkom/više uslužnom okruženju

*Professional paper*

Ivica Lukić, Erik Kiralj, Mirko Köhler

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek, Croatia  
E-mail: ivica.lukic@ferit.hr

### Abstract

Appointment scheduling systems are used by all health care providers to manage access to their services. In this paper an algorithm and a web application for automatic appointment scheduling is presented. They are implemented through the concept of booking appointments for patients for a specific service offered by each doctor. The purpose of the application is to make signing up for a specific service easier for patients. Providers are added to the system, they add the services they provide, and each service offered has its own duration. Users register, search for services matching their parameters, and schedule an appointment for the requested service. Available appointments are generated through the algorithm, which is the main part of this project. The algorithm searches the database and returns an available appointment, before the previously existing appointment, between two appointments, or at the end of the last appointment.

**Keywords:** Algorithm for scheduling, Health tourism, Organization, Web application.

### Sažetak

Sustave raspoređivanja termina koriste svi pružatelji zdravstvenih usluga za upravljanje pristupom njihovim uslugama. U ovom radu je predstavljen algoritam i web aplikacija za automatsko zakazivanje termina. Provode se kroz koncept rezerviranja termina za pacijente za određenu uslugu koju nudi svaki liječnik. Svrha aplikacije je olakšati prijavu za određenu uslugu pacijentima. Davaatelji se dodaju u sustav, dodaju usluge koje pružaju i svaka ponuđena usluga ima svoje trajanje. Korisnici se registriraju, traže usluge koje odgovaraju njihovim parametrima i zakazuju sastanak za traženu uslugu. Dostupni se termini generiraju putem algoritma, što je glavni dio ovog projekta. Algoritam pretražuje bazu podataka i vraća raspoloživi termin, prije prethodno postojećeg termina, između dva termina ili na kraju posljednjeg termina.

**Cljučne riječi:** Algoritam za raspoređivanje, Zdravstveni turizam, Organizacija, Web aplikacija.

## 1. Introduction

Internet and mobile applications have become really popular and part of our every-day life. Their aim is to make life much more comfortable by providing users with information and services in a transparent and easy way as possible. Thus, users do not need to worry about complicated calculations, configuration and scheduling tasks to get appointment for services that they need.

Organization of an appointment scheduling systems is a core of efficiency and timely access to health services. Timely access is a key factor for achieving successful medical results. It is also an important determinant of patient satisfaction. For a lot's of people, the biggest burden is

making an appointment and going to doctor's office, because they know beforehand that they will be waiting, before the doctor will see them. On the other hand, the doctors are also very busy people. Every time that patient fails to come on time or just doesn't come doctors will run out of his schedule and have lot of idle or overtime time.

Organizing an appointment in one doctor office is a complex task. First, one of the patient scheduling models must be selected [1, 2, 3]. However, without additional information, such as the patient's medical history, the patient's condition, whether it is a first or follow up visit, or some different reason, it is difficult to determine the du-

ration of the examination. That's why organizing and ordering patients in a multi doctor/multi services environment is especially complicated.

The focus of this paper is to present algorithm for organization and automatic appointment scheduling of patients in multi doctor/multi services environment. It does not consider problems pertaining to the size of staff and facilities or with resource allocation in multiple-service-site systems like in [4].

## 2. Algorithm for scheduling

In this paper is presented algorithm for automatic appointment scheduling in multi doctor/multi service environment. We observed different approaches and combined them to get final algorithm which suits for multi doctor/multi services environment. Our algorithm uses the usual block schedule similarly as in [5, 6]. In these studies, authors use analytical methods instead of simulation to estimate performance. Some other studies use a dynamic programming approach to determine the optimal variable-sized multiple-block schedule approaches [7, 8, 9]. Another study [10] suggests heuristics approach in which service time depends on the relative position of the service in the schedule. In other study [2] simulation-based techniques are used to compare the performance Appointment scheduling in health care using variety of heuristic appointment rules. Another approaches use genetic algorithms and machine learning for patient scheduling in highly constrained situations [11].

Our algorithm is combination of heuristic, dynamic programming and genetic approach. The algorithm is presented using flowchart diagram which is consisted of a series of arrow-related symbols that define the flow and direction of program execution. This algorithm representation is simple, easy to review and easy to find. Problems can be easily analysed and compared to another problem, which shortens the time to find a solution. In order to find available appointment time, it is necessary to create

database for storing data. Database E-R diagram is shown in fig. 1.

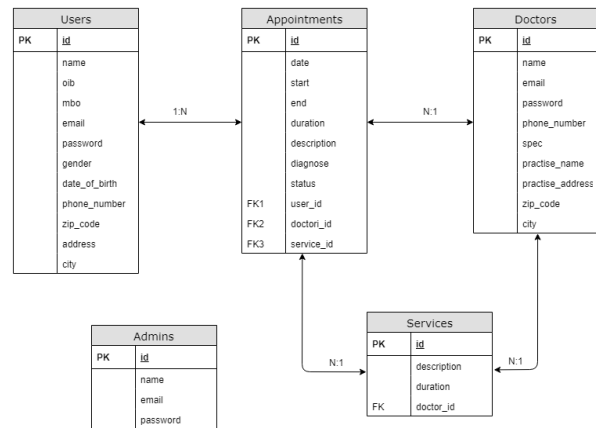


Figure 1. Database E-R diagram

As shown in fig. 1 database contains the following tables:

- Table Users represents the users (patients)
- Table Doctors represents the doctors
- Table Appointments represents the scheduled appointments of users with each doctor
- Table Admins contains information about the application administrators
- Table Services is providing all possible services offered by individual doctors

User and Appointments tables are related by a 1: N relation, which means that one user can have more than one appointment, while one appointment only applies to one user (patient). Further, the Appointments and Doctors tables are related by a N: 1 link, indicating that one appointment can only refer to one doctor, while one doctor may have multiple appointments. The Appointments and Services table are related by a N: 1 relation, since one appointment can have only one service, while the same service can belong to several different appointments. In addition, the Doctors and Services tables are related by a N: 1 relation, indicating that one doctor may offer multiple services while one service belongs to only one doctor. The Admins table is not related with other tables, but has a separate role. Application is made using PHP framework named Laravel which uses migration to create this tables.

The algorithm starts by looking for already reserved appointment to make it unavailable. When a user chooses the date range in which he or she would like to book an appointment, it is primarily followed by checking that the selected dates are valid. The user can set the start date as early as tomorrow, while the end date is unlimited.

The following is a check of whether there are already records in the table for the selected days. If there is no record for the selected day range, the user is offered an appointment at the beginning of the day at 08:00 for each selected business day. If there is a record in the database for the selected dates, it is checked when first appointment starts for that day. If the start of the first appointment is greater than 08:00, it means that there are empty time slots before the first appointment of the day, and it is checked can be offered for appointment. In order to be able to offered, it is necessary to check whether the appointment time fits in the empty space until the next reserved appointment. If the condition is fulfilled appointment is reserved for current user.

In case these conditions are not fulfilled, and there is no free time slot before first reserved appointment, it is followed by checking whether there is another free time slot for comparison in the database on the same day. If free time slot is found, it is checked whether the selected appointment ends until 16:00 hours, since it is the end of working hours. If the condition is fulfilled, appointment is reserved for current user, and if not, it means that the day has been filled and appointment checking will be moved to a next date selected by user.

In case there is a next date in the day for comparison, it is checked for free times slot same as first day in algorithm. After all days are checked and appointment is not reserved algorithm has failed, failure to meet this requirement means that there is not enough free time between start and end date, thus user is prompted to select another time period. Algorithm is shown in fig. 2.

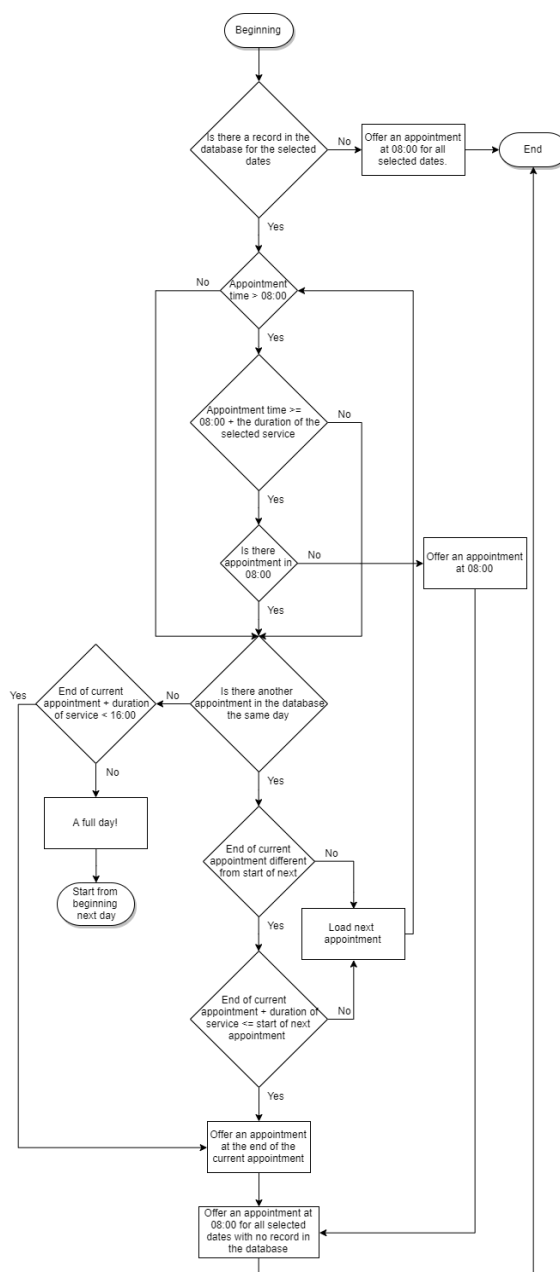


Figure 2. Block diagram for appointment scheduling

### 3. Application

The concept of the application is conceived so that the user selects the medical institute and the city in which he wants to make an appointment. After selection, all available doctors are shown to the user, and by selecting one, he or she reserves one of the available appointments that suits him best. In fig. 3 the homepage of the internet application is displayed.

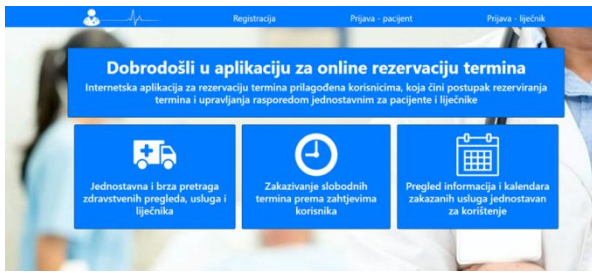


Figure 3. Home page of application

If a user wants to book an appointment, they need to log in with their user information. The patient is logged in by entering the Insured Identity Number (MBO) and password. In case the user does not have an account, registration is required. By choosing to register, the form shown in the fig. 4.

Figure 4. Registration form

After registration user is redirected to user profile as shown in fig.5.

Figure 5: 5. User profile

Logged user can search for the medical institution where the appointment (service) is scheduled. The first thing the user chooses is the medical institute and the city

where they want to book an appointment. In case the user's selection does not find any result, the user receives feedback and is offered a return to the homepage. In the next step all founded doctors are shown that fit the parameters and their basic information (first and last name, address, email, phone number, office address, etc.). The user selects the doctor who best suits his requirements. After the user has selected the doctor with whom he wants to request a service, then the service itself is selected. The user chooses the service for which he wants to book an appointment. Also, in this boo-king step you will see a map with the exact location where the examining office is located as shown in fig.6.

In the next step, it is necessary to select the date range for which the user wants to see the available appointments, and to choose the one that suits him best. The start date of the range must be one day longer than the current day, since it is not possible to book an appointment in the current day, but no earlier than the next day. In the event that this condition is not fulfilled, the same page is reloaded and the user is informed of an error he made. After selecting a valid date range, the algorithm performs its task and returns to the user the appointment information and process is over.

Figure 6. Information about doctor and his location on map

In addition to being able to sign up for patients, there is also the option to sign up for doctors who offer their services.

The doctor is not able to register himself, but the doctor is added to the system by the application administrator. When an administrator enters a new doctor into the system, the doctor receives a welcome message at the email address with the user name and password that he

logs in to. A password is randomly generated when creating a doctor, and only the created doctor has access to the password. When a doctor is logged in, a home page opens showing all the terms of the registered doctor. As with patients, a calendar view of the appointment schedule is set. Below the calendar view, all the appointments of the user are listed in card form, where it is possible to see the details of the appointments. In addition to scheduling details, below the calendar is a form to add services that the doctor offers. Selecting the "Add new service" option opens a page where the doctor fills in a description of the service offered and the duration of the service itself. Successful entry reloads the profile listing the services offered. Each enrolled service can also be removed by selecting the "Delete Service" option, located at the end of the name of each service. Doctor's profile with all appointments and services offered are shown in fig. 7.

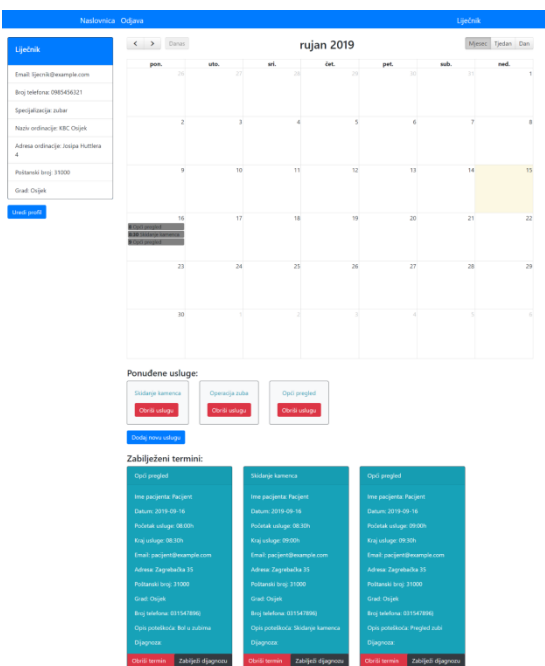


Figure 7. Doctor's profile

In addition to reporting patients and doctors, there is also a way to sign up for a site administrator. Once logged in administrator can see all the doctors in the database and their information. There are options for each doctor with which the administrator has the ability to edit information and remove the doctor from the database.

In addition to existing doctors, the administrator also has the option "Add a new doctor", since doctors do not have the option to register with the system. The admin dashboard layout is displayed in fig. 8.

ID	Ime i prezime	E-mail adresa	Broj telefona	Specijalizacija	Naziv ordinacije	Adresa ordinacije	Politički broj	Grad	Opcije
1	Matej Jukić	matej@example.com	0958748562	kirurg	KBC Osijek	Josipa Hutlera 4	31000	Osijek	<a href="#">Uredi</a> <a href="#">Obriši</a>
3	Petar Marković	petar@example.com	0912478356	infektolog	KBC Osijek	Josipa Hutlera 4	31000	Osijek	<a href="#">Uredi</a> <a href="#">Obriši</a>
4	Tin Marković	tin@example.com	0925478356	infektolog	KBC Osijek	Josipa Hutlera 4	31000	Osijek	<a href="#">Uredi</a> <a href="#">Obriši</a>
6	Miško Marković	misiko@example.com	0957843214	infektolog	KBC Osijek	Josipa Hutlera 4	31000	Osijek	<a href="#">Uredi</a> <a href="#">Obriši</a>
7	Ivan Marković	ivan@example.com	25485784	pedijatar	KBC Osijek	Josipa Hutlera 4	31000	Osijek	<a href="#">Uredi</a> <a href="#">Obriši</a>
8	Dino Perkočić	dino@example.com	0954123457	neurokirurg	KBC Osijek	Josipa Hutlera 4	31000	Osijek	<a href="#">Uredi</a> <a href="#">Obriši</a>
9	Hrvanje Perkočić	hrvanje@example.com	0985456321	dermatolog	KBC Osijek	Josipa Hutlera 4	31000	Osijek	<a href="#">Uredi</a> <a href="#">Obriši</a>
10	Mate Horvat	mate@example.com	0985456321	ortoped	KBC Osijek	Josipa Hutlera 4	31000	Osijek	<a href="#">Uredi</a> <a href="#">Obriši</a>

Figure 8. Administrator's profile

#### 4. Conclusion

In this paper is presented algorithm and online application for automatic appointment scheduling, which was implemented through the concept of booking patients' appointments for a specific service offered by individual doctors. Primarily plan was to improve health tourism in Croatia by developing algorithm which will maximize doctor's efficiency and minimize patient waiting time. By maximizing efficiency patients will be more satisfied and have more services by one visit. The algorithm is developed for that purpose and it allocates appointments to the data-base. The application itself is created in a Laravel which is used to build web applications based on MVC architecture. The layout scheme of the database was de-signed to contain all necessary data for the proper operation of the application. The main part of this paper is the development of the algorithm, with the focus on functionality and simple layout. The algorithm is designed to view the database and return an empty appointment which is appropriate for doctors and patients, remove overlaps and minimize waiting time. The application has two modes of user login, namely patients and doctors. Each has different functions and different views of the content, since they have different roles. Patients have been registered, logged in, selected, and scheduled appointments with the ability to edit their information, while

doctors have been disabled from registering and added by the application administrator. Doctors have the ability to view scheduled appointments, add and delete individual services they offer, and edit their information. The response of the application is relatively fast, but after a while the amount of data in the database would increase and the speed would depend on the strength of the ser-ver. The problem could be solved by storing data in another memory location after a certain amount of time has elapsed since the end of the term. In future work we plan different improvements based on practical experience by using this application. We plan to assess doctors and patients to get feedback and find out possible improvements.

## Literature

- [1] Norman T. J. Bailey. A study of queues and appointment systems in hospital outpatient departments, with special reference to waiting times. *Journal of the Royal Statistical Society*, B14, (1952) 185–199
- [2] Chrwan-Jyh Ho and Hon-Shiang Lau. Minimizing total cost in scheduling outpatient appointments. *Management Science*, 12 (1992), Vol (38), 1750–1762.
- [3] Tugba Cayirli and Emre A Veral. Outpatient scheduling in health care: a review of literature. *Production and Operations Management*, 12, (2003) 519–549
- [4] Xiuli Chao, Liming Liu, Shaohui ZhengChao. Resource allocation in multisite service systems with intersite customer flows. *Management Science*, 49 (2003) Vol (12), 1739–1752
- [5] M. White, M. Pike, M. Appointment systems in outpatient clinics and the effect of patients' unpunctuality. *Medical Care*, (1964) 2, 133–145
- [6] A. Soriano, Comparison of two scheduling systems. *Operations Research*, (1966) 14, 388–397
- [7] E. L. Villegas, Outpatient appointment system saves time for patients and doctors. *Hospitals J.A.H.A.*, (1967) 41, 52–57
- [8] Edward Rising, Robert Baron, Barry Averill, A system analysis of a university health service outpatient clinic. *Operations Research*, (1973) 21, 1030–1047
- [9] Brant Fries, Vijay Marathe, Determination of optimal variable-sized multiple-block appointment systems. *Operations Research*, (1981) 29, 324–345
- [10] Lawrence. W. Robinson, Rachel R. Chen, Scheduling doctors' appointments: optimal and empirically-based heuristic policies. *IIE Transactions on Scheduling and Logistics*, (2003) 35, 295–307
- [11] Vili Podgorelec, Peter Kokol, Genetic Algorithm Based System for Patient Scheduling in Highly Constrained Situations. *Journal of Medical Systems*, Plenum Press, (1997) vol. 21, num. 6, pp. 417-427

## Acknowledgments

The paper is financed by project *Optimization and scheduling in a dynamic system with multiple users and service providers*.

# PROJEKTIRANJE I ODRŽAVANJE INFORMACIJSKOG I KOMUNIKACIJSKOG SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE PAMETNIM OBJEKTOM

## *Information and Communication System Design and Maintenance for Smart Object Management*

*Professional paper*

Robert Šojo<sup>1</sup>, Marina Peko<sup>1</sup>, Krešimir Lacković<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Hrvatska

<sup>2</sup> Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Koprivnica, Hrvatska

E-mail: marina.peko@ferit.hr, robert.sojo@ferit.hr

### **Sažetak**

Pametni objekt omogućava korisniku upravljanje s dislocirane lokacije, pri čemu je važno definirati informacijsko-komunikacijske protokole pomoću kojih se osigurava sigurnost i efikasnost izvedbe. S tehničkog aspekta, potrebno je definirati mogućnosti koje nudi takav integrirani sustav automatizacije u pametnom objektu. U radu je prikazan primjer primjene koji može biti implementirani u građevinski pametni objekt kroz sustava informatizacije. Navesti će se idejni prijedlog obrade informacija koje se integriraju u jedinstvenu cjelinu radi upravljanja pametnim objektom.

**Ključne riječi:** Informacija, Informacijski Sustav, Održavanje, Pametni objekt, Upravljanje

### **Abstract**

The smart facility allows management from a dislocated location for the user, where it is important to define information and communication protocols which ensure security and efficiency of performance. From a technical point of view, it is necessary to define the possibilities offered by such an integrated automation system in a smart facility. The paper presents an example of an application that can be implemented in a building-smart facility through computerization systems. An outline for information process, which are integrated into a single entity for managing a smart object, will be given.

**Keywords:** Control, Information, Information, Maintenance, Smart Object, System,

## **1. Uvod**

U današnjem modernom, tehnološki orijentiranom društvu, sve je veći broj procesa koji se žele automatizirati. Stoga ne čudi da se automatizacija rapidno širi u kućanstvo, kao što je to već mnogo godina vidljivo u industriji. Integrirani sustav informacija u kućanstvu pruža korisniku veći komfor, sigurnost i efikasnost u svakodnevnom životu, uz značajnu uštedu energije.

Pametne mreže (eng. Smart Grid) predstavljaju jedno od glavnih područja istraživanja u elektroenergetici. Cilj pametnih mreža je poboljšati trenutni elektro-energetski sustav integracijom obnovljivih izvora energije i raznih informacijsko-komunikacijskih tehnologija. Jedna od osnovnih ideja je stvoriti uvjete za dvosmjernu komunikaciju između korisnika i električne mreže. Osnovna jedinica u pametnoj mreži je pametna kuća (engl. Smart House) [1]

Pametna kuća je objekt s kojim se može udaljeno upravljati te je potrebno osigurati sigurnost takve komunikacije, kako bi se ukućani osjećali sigurno ovakvim sustavom. Manipulacija informacijama je od izrazitog značaja pri projektiranju pametnih kuća. Senzori, aktuatori, kontroleri, regulatori i kontrolni paneli trebaju biti međusobno povezani kompleksnim funkcijama koji će mrežnim putem ostvariti komunikaciju s upravljačkom aplikacijom.

Sumirano, automatizacijom stambenih objekata, tj. stvaranjem tzv. pametnih kuća se:

- štedi energija čime se osigurava financijska isplativost
- povećava komfor ukućana
- povećava sigurnost

## 2. Primjeri pametnih objekata

Stambene građevine za povremeno stanovanje su kuće za odmor i zgrade s apartmanskim stanovima namijenjene povremenom stanovanju. Stambene građevine za stalno stanovanje su više stambene zgrade i obiteljske kuće koje su namijenjene stalnom stanovanju. Poslovne građevine su zatvoreni prostori (prostorije namijenjeni prometu roba, radova i usluga, kao npr. trgovine, prodajni centri i druge građevine slične namjene [2].

Nevezano o kakvom je tipu građevine riječ, moguće je popratiti različite informacije s različitih senzora (temperatura, vlažnost, ugljični monoksid, ugljični dioksid, kisik, status alarma) o kojima ovisi upravljanje građevinom, kao što je grijanje, ventilacija, klimatizacija, sigurnost, vatrogasni sustav gašenja požara i sl. Na temelju određenih statusa i veličina koji se uzimaju sa senzora može se odraditi određena akcija, tj. upravljanje spomenutih objekata.

Različiti industrijski pogoni traže stalno nadgledanje ispravnog rada na temelju praćenja različitih veličina koje su dohvaćene sa senzora. Statusi sa senzora se trebaju prikazati na jednom mjestu kao što je npr. SCADA sustav na kojemu se može pratiti ispravnost rada cjelokupnog radnog pogona. Težnja je kod nekih industrijskih pogona potpuna automatizacija kako bi se u potpunosti isključila ljudska prisutnost, dok je kod drugih pogona opasno izložiti čovjeka tijekom njihova rada. No kako se traži kontinuirani rad pogona, njihov nadzor se može obavljati bez direktnog ljudskog prisustva. Neki primjeri pogona su CNC obrada drveta, željeza, razvrstavanje otpada, talionice čelika, industrijski pogon sastavljanja automobila.

Kod poljoprivrednih objekata kao što su vinarije, informacijskim sustavom omogućava se praćenje automatizirane obrade grožđa, od prijema, odvajanja peteljki, prešanja, do održavanja stabilne temperature, vlažnosti, sastav zraka u prostorijama gdje se nalazi obrađeno grožđe. Kod sustava za navodnjavanje koji se koriste za nadomještanje prirodnih oborina, potrebno je pažljivo

primijeniti kako bi se ostvario puni genetski potencijal rodosti, odnosno ne smije se navodnjavati previše niti premalo. Kako bi se ostvarila idealna količina navodnjavanja za određenu kulturu, potrebno je kontrolirati tlo, tj. njegove parametre kao što su vlažnost. Osim toga, za visoko učinkovito navodnjavanje potrebno je pravilno odrediti obrok navodnjavanja i trenutak početka navodnjavanja što je moguće povezati s informacijskim sustavom radi danje obrade podataka i automatizacije.[3] Informacijskim sustavom se olakšava proces automatskog upravljanja i nadgledanja jer ne zahtjeva stalnu ljudsku intervenciju izlaženja na teren kako bi se konstantno fizički i vizualno očitavali parametri s mjernih uređaja, već se mjerenja dobivaju očitavanjem sa senzora koji su instalirani na specifičnim mjestima, a njihova očitavanja su prikazana unutar informacijskog sustava.

Javne zgrade kao što su škole, vrtići, lokalne uprave također zahtijevaju upravljanje i nadgledanje, kako u vremenu dok su zgrade aktivne, tako i u vremenu kada su izvan radnog vremena, radi održavanja cjelokupnog sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije, rasvjete, praćenje alarmnog sustava i sl.

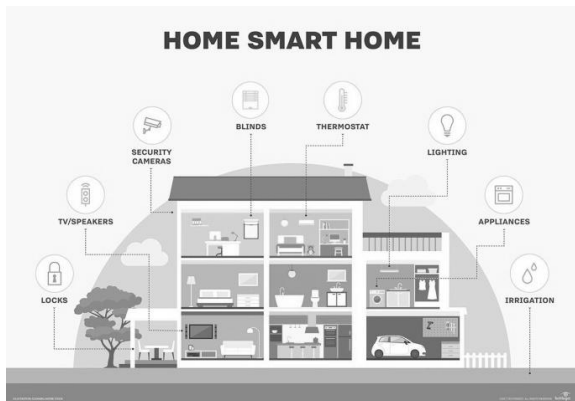
Postrojenja kao što su solarna postrojenja za grijanje sanitarne vode i podrška grijanju, postrojenje za prihvatanje, obradu otpada te priprema za njihovu daljnju upotrebu, bioplinska postrojenja, i sl. zahtijevaju informacijski sustav koji prati automatizirano postrojenje i korisniku omogućava uvid u različite parametre te grafički prikaz procesa, čime se daje povratna informacija o stanju procesa.

Važno je naglasiti kako se informacijskom sustavu može pristupiti od 0 do 24 sata preko specijalizirane aplikacije instalirane na kontrolnom računalu, mobilne aplikacije i web portala kojim se omogućava intuitivni pregled svih važnih parametara, te grafički prikazi pojedinih vrijednosti.



### 3. Pametne kuće

Sustavi pametne kuće (sl.1) integriraju sustav grijanja, hlađenja, protuprovalni i protupožarni sustav, kućnu rasvjetu, audio/video sustav u jedinstvenu cjelinu koja omogućuje optimalno korištenje energije i komforno upravljanje kućom.



Slika 1. Model pametne kuće [4]

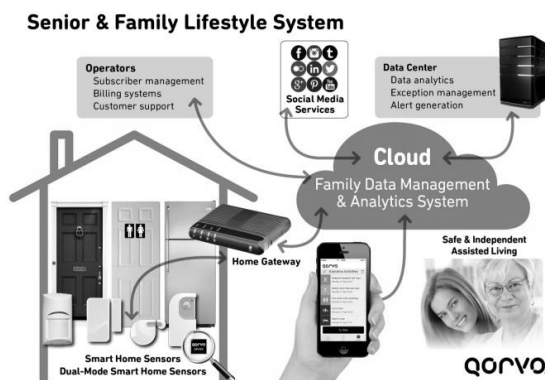
Cijeli sustav je temeljen na centralnom procesorskom sustavu koji kontrolira i upravlja svim ostalim kućnim sustavima. Centralni procesor dobiva informacije iz izvanjskog svijeta putem različitih senzora temperature (prostorije, ali i vanjskog prostora), svjetlosti, mehaničkih senzora otvorenosti/zatvorenosti vrata i prozora, senzora vlage (kupaonica), senzora detekcije pokreta, vatre, dime i dr.

Dobivene informacije se obrađuju u procesoru i na temelju definiranih pravila, procesor upravlja ostalim uređajima, svjetlom, klima uređajima, sustavom za grijanje, automatskim sustavima prozora, vrata, ventilima za vodu, plin, i slično. Svi uređaji su međusobno povezani u centralnu mrežu kako bi se mogli nadzirati i upravljati s različitim pozicija. Mreža može biti izvedena pomoću žičanih kabela, bežično ili korištenjem postojeće strujne mreže. Pravila procesiranja, iako unaprijed definirana, mogu se programirati prema zahtjevima korisnika, uz istovremenu fleksibilnost i jednostavnost upravljanja sustavom.[5]

No, da li je umrežavanje uređaja u kući te njihova kontrola putem udaljenih panela, bilo da su oni na mobilnom telefonu ili tabletu, dovoljna da bismo kuću nazvali „pametnom kućom“? Takav sustav možemo promatrati kao sustav koji spa-

janjem uređaja putem Interneta daje korisniku samo daljinski upravljač koji radi na velikoj udaljenosti, no ne čini kuću „pametnom“.

Skup senzora, aktuatora i kontrolera čine sustav sentrolera (engl. sentrollers) koji se putem *hub*-a ili *gateway*-a spajaju putem Interneta na oblak, koji predstavlja sustav za upravljanje informacijama (sl. 2) [6]. Čvorište pametne kuće (engl. smart home hub) je hardverski uređaj koji je centralni uređaj pametne kuće te ima zadaću primanja podataka, njihove obrade te bežične komunikacije.



Slika 2. Prikaz informacija pomoću informacijskog sustava u oblaku.[6]

Na sl. 2. je vidljivo da je oblak centralno mjesto koje prima informacije (podatke), analizira ih, te ima mogućnost komunicirati s društvenim mrežama.

Odgovornost za instalaciju i održavanje treba dati pružatelj usluge, dok se podatkovni centar brine o „odlukama“. Naime, ako ponašanje uređaja odstupa od definiranih pravila, obavještava se odgovorna osoba, bilo da je to pružatelj usluge ili korisnik.

Zigbee i Z-Wave su dva najčešća komunikacijska protokola u automatizaciji današnjih pametnih kuća. Oba protokola su iz *mesh* mrežne tehnologija, te koriste kratak domet, radio signale male snage kako bi se povezala putem *hub*-a na sustav pametne kuće [6].

Događaje u pametnoj kući možemo ugrubo podijeliti u dvije skupine, prvi su vremenski određeni dok su drugi potaknuti određenim stanjem (engl. triggered). Primjer prvog događaja je da se svakim radnim da-

nom rolete roditeljske sobe podižu u 7<sup>h</sup>, dok bi primjer druge skupine događaja bio prilagođavanje jačine svjetala u sobi nakon što korisnik upali televizor kako bi pogledao film. Upravo radi ovakvih pametnih solucija, umjetna inteligencija te strojno učenje postaju sve popularnije u automatizaciji pametnih kuća.

#### 4. Informacijski sustav pametne kuće

Funkcija informacijskog sustava je neprekidna opskrba svih razina upravljanja, odlučivanja i svakodnevnog upravljanja pametnim objektom, pomoću podataka i informacija. Temeljne aktivnosti informacijskoga sustava su prikupljanje, razvrstavanje, obrada, čuvanje i raspoređivanje informacija.

Razvoj cjelokupnog informacijskog sustava je redovito složen posao i rad na njegovom projektiranju i razvoju predstavlja složen organizacijski i tehnološki proces u kome sudjeluje veći broj ljudi. Svaki projekt razvoja informacijskog sustava nastaje kao rezultat potreba nekog poslovanja, bilo da je riječ o potrebi popravka, nadogradnje postojećih programa, o potrebi da se gotovo programsko rješenje uvede u poslovanje, ili potrebi da se izradi potpuno novi programski proizvod [7]. Informacijski sustav koji je sastavni dio oblaka služi korisniku pametnog objekta kao centralna točka na koju se korisnik može spojiti pomoću web sjedišta ili aplikacije na svom mobilnom uređaju.

Centralna jedinica koja pomoću senzora, ekspertnog sustava i/ili umjetne inteligencije upravlja aktuatorima i kontrolerima, šalje sve statuse i relevantne podatke u oblak i preko informacijskog sustava omogućava korisniku pametnog objekta uvid u stanje cjelokupnog sustava pametnog objekta. Informacijskim sustavom korisniku su vidljive sve potrebne informacije vezane za pametni objekt i korisnik je u mogućnosti po potrebi i prepisati automatiziranu radnju s nekom svojom vrijednosti radi postizanja željenog učinka, kao što je promjena željene temperature, prilagodba rasvjete i sl.

To je upravo omogućeno komunikacijskim mehanizmima preko Interneta primjenom OSI modela (engl. Open System Inter-

connection). Svrha ovog modela je omogućiti nesmetanu međusobnu komunikaciju različitih hardversko/softverskih platformi i općenito informacijskih sustava u lokalnih i rasprostranjenih mreža uz uvjet da njihove karakteristike odgovaraju zahtjevima specificiranim u modelu [8].

Sam informacijski sustav mora proći kroz testiranja prije nego se „pusti“ u svakodnevnu upotrebu, kako bi se otklonile sve moguće greške i time smanjila mogućnost pojave pogrešaka u „hodu“. Poželjno je da razdoblje testiranja sustava i njegova uvođenja u rad traje od jedan do tri mjeseca, kada korisnici uz stari sustav paralelno koriste i novi.

Proces održavanja počinje onog trenutka kada je informacijski sustav pušten u produktivan rad. Održavanje se može odnositi na [7]:

- popravak grešaka koje su utvrđene nakon što se sustav počeo koristiti
- unapređenje i doradu postojećih funkcionalnosti programskog rješenja
- dodavanje novih funkcionalnosti i/ili novih podsustava postojećem rješenju.

Izmjena postojećih programa najosjetljiviji je dio održavanja. Provodi se u tri koraka [7]:

1. Korak čini oblikovanje promjene programa, što često uključuje ponovno modeliranje procesa te doradu modela podataka i resursa.
2. Korak čini izrada programskog koda koji mijenja postojeći programski kod. Ponekad se taj posao obavlja relativno brzo i jednostavno. U slučaju da ne postoji kvalitetna dokumentacija programskog rješenja koje treba mijenjati, ovaj posao može biti mukotrpan i slijedi uglavnom nakon povratnog reinženjeringa.
3. Korak je provjera ispravnosti rada novog programa, te umanjivanje tzv. bočnog efekta (engl. *side effect*) promjene na druge programe ili na druge funkcionalnosti sustava. Može se dogoditi da tražena nova funkcionalnost programa ukida neku od postojećih opcija, ili da im je suprotstavljena. Slučajne posljedice promjene programa moraju se utvrditi i otkloniti u ovom koraku.

#### 4. Zaključak

S obzirom na ubrzani razvoj i veliku prisutnost informacijskih tehnologija, informacijski sustav je ključni softver u radu s pametnim objektima i s njime se stvara međudjelovanje među drugim sustavima, jer omogućava povezivanje s klijentom, pružateljem usluga i ostalim subjektima preko telekomunikacijskih mreža. Može se reći kako je informacijski sustav kontrolna ploča koja korisniku daje detaljni uvid u funkcioniranje pametnog objekta sa svim stvarno vremenskim promjenama koje utječu na pametno upravljanje objektom. Stoga potrebno je ulagati u informacijske sustave kako bi se na što intuitivniji način predočile sve relevantne informacije krajnjim korisnicima pametnih objekata.

#### Literatura

- [1] Laboratorij za sustave i signale: Sigurnost pametnih kuće, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilište u Zagrebu, travanj 2012.
- [2] <http://www.propisi.hr/print.php?id=3922>, 13.11.2019.
- [3] Stjepan, Sito; Kušec, Vlado; Ostroški, Natalija; Duvnjak, Vinko; Martinec, Jasmina; Palinić, Blanka; Harapin, Mateja; Zrinjan, Vedrana. Oprema za navodnjavanje u trajnim nasadima, Glasnik Zaštite Bilja, 4 2016, Volumen (39).
- [4] <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/smart-home-or-building>, 14.11.2019.
- [5] <http://www.eko.zagreb.hr/inteligentna-kuca-smart-home-smart-house/109>, 14.11.2019.
- [6] <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/blog/IoT-Agenda/Making-a-smart-home-system-smart-Why-connectivity-is-not-enough>, 14.11.2019.
- [7] Klarin, Karmen. Programsko inženjerstvo skripta, Sveučilište u Splitu, Split, 2012.
- [8] Panian, Željko. Kontrola i revizija informacijskih sustava, Sinergija-nakladništvo, Zagreb, 2001, (ISBN 953-6895-00-5



# **DRUŠTVENE MREŽE I JAVNI MEDIJI KAO IZVOR DIGITALIZIRANOG BAŠTINSKOG GRADIVA**

## ***Social Networks and Public Media as Sources of Digitized Heritage Materials***

*Preliminary notes*

Darko Mrkonjić

BIT Hrvatska – Osijek, Hrvatska

E-mail: dmrkonjic@ffos.hr

### **Sažetak**

Polazna pretpostavka rada je da su društvene mreže i javni mediji izdašni i lako dostupni izvori vrijednog digitaliziranog baštinskog gradiva, o čemu, prema relevantnim izvorima, svjedoče brojni primjeri u svijetu, te neki domaći. Cilj je rada istražiti sadašnju praksu, prilike te moguće prepreke u specifičnim hrvatskim uvjetima, imajući u vidu činjenicu da je pojavnost digitalnog gradiva, u skladu s razvojem informacijskih tehnologija i društvenih mreža, u "eksponencijalnom" porastu, dok materijalni izvori "obrnutom proporcijom" ubrzano nestaju. U predmetnom priopćenju iznose se rezultati istraživanja unutar kojega se metodom pilot-intervjua nastojalo utvrditi postojeće stanje, aktualni trendovi te viđenje mogućnosti razvitka na tom planu u nekoliko najvećih baštinskih institucija Istočne Hrvatske. Također, s nekoliko pilot-anketa i eksperimenata provedenih na popularnim društvenim mrežama u kvantitativnom i kvalitativnom pogledu ispitani su pojedini modeli i mogućnosti prikupljanja digitaliziranog materijala te poticanja digitalizacije baštinskog gradiva, kako bi se stvorila osnova za sustavan pristup predmetnom pitanju. Prema mišljenju ispitanika, mjerodavnih stručnjaka, digitalizacija u Hrvatskoj općenito nije na zadovoljavajućoj razini, a osobito je tomu tako kada je riječ o sustavnosti, strategiji i umreženosti, stoga je navedena pitanja potrebno regulirati. Također, osim zakonski propisanoga, ne postoji sustavno prikupljanje digitaliziranoga materijala od građana, dok se prikupljanje na društvenim mrežama ocjenjuje perspektivnim pristupom.

**Ključne riječi:** Baština, Digitalizacija, Društvene mreže, Institucije, Kultura, Mediji

### **Abstract**

The underlying premise of the paper is that social networks and public media are rich and easily accessible sources of valuable digitized heritage, which, according to relevant sources, is proved by numerous examples in the world and some domestic. Therefore, the aim of the paper is to explore the current practice, opportunities and possible obstacles in specific Croatian conditions, bearing in mind the fact that the appearance of digital material, in line with the development of information technologies and social networks, is in an "exponential" growth, while material sources are disappearing in "inverse proportion." In this paper, the results of the pilot interview were used to investigate the existing situation, current trends and the vision of the possibility of development in this domain, in several of the largest cultural heritage institutions in Eastern Croatia. Furthermore, with several pilot surveys and experiments conducted on popular social networks in quantitative and qualitative terms, some models and possibilities for collecting digitized material were examined, as well as the possibilities of promotion of digitization of heritage materials, in order to create the basis for a systematic approach to the subject matter. According to the respondents, the relevant experts, digitization in Croatia is generally not at a satisfactory level, especially when it comes to the question of systematics, strategy and networking, so the issues mentioned need to be regulated. Also, except from legally prescribed, there is no systematic collection of digitized material from citizens, while collecting on social networks is evaluated as a perspective approach.

**Keywords:** Culture, Digitization, Heritage, Institutions, Media, Social networks

## 1. Uvod

Društvene mreže (DM) mjesta su na kojima se sve učestalije nalazi vrijedno digitalizirano baštinsko gradivo<sup>1</sup> (DBG) [5] [6] [3], a jednako je i s javnim medijima gdje je, s obzirom na današnju tehnologiju, sve gradivo, u najmanje jednoj fazi obrade, digitalizirano.

Predmet ovoga rada je istraživanje mogućnosti i problema prikupljanja DBG-a koje se pojavljuje u sve većem opsegu [3], dok su materijalni izvori u nestajanju. To su digitalizirane stare obiteljske fotografije, dokumenti i tiskovine, te novije fotografije koje su izvorno digitalne. Velik dio tog gradiva može se pronaći na danas vodećem Facebooku [8] gdje su u trendu skupine koje su ciljano orijentirane na objavu digitaliziranih sadržaja iz specifičnih područja - npr. *Zagreb kakav je bio nekada* - 45.000 članova [9], ali i na drugim mrežama kao što su Instagram, Flickr i sl.

Preuzimanje takvoga gradiva *ad hoc* je jednostavno, no sustavno praćenje je zahtjevno, jer se objavljuje različitom učestalošću 7/24, često istovremeno. Naknadno pretraživanje i prikupljanje dodatnih podataka osobit je problem stoga što gradivo nije indeksirano - npr. *Family History Daily* [9] - često je bez opisa sadržaja, vremena i mjesta nastanka, imena autora, prikazanih osoba i objekata, ili se vrijedni podatci nalaze u odvojenim komentarima.

Ovi problemi ukazuju na potrebu sustavnoga pristupa navedenim izvorima te nekog oblika educiranja sudionika na društvenim mrežama o potrebi i načinima digitalizacije, ali i važnosti indeksiranja. Moguć izvor DBG-a i javni su mediji, no to je gradivo u pravilu teže dostupno zbog njihove neumreženosti s kulturnim institucijama koje se bave pohranom gradiva, ali jednako tako i nedovoljne uzajamne umreženosti AKM-a. Zbog toga je dio gradiva, koji je u fazi pri-

preme već digitaliziran, javnosti dostupan tek u npr. tiskanom obliku, dakle zahtijeva ponovnu digitalizaciju.

## 2. Metodologija

Imajući u vidu da je cilj prvenstveno utvrditi postojeću situaciju u Hrvatskoj u pogledu mogućnosti korištenja društvenih mreža kao izvora DBG-a, istraživanje je provedeno putem strukturiranih intervjua, i pisanih mrežnih upitnika, i to s administratorima na društvenim mrežama i stručnjacima baštinskih institucija.

Također su komparativno sagledani i pojedini primjeri postojeće prakse u svijetu te neka relevantna istraživanja.

Pritom, u kontekstu društvenih okolnosti, u obzir je uzeta činjenica da na jednoj strani postoji povećan interes za očuvanje baštine i orijentacija ka tradiciji, te da se na drugoj strani još uvijek osjetne posljedice Domovinskog rata, dakle raseljenost stanovništva, te devastacija brojnih zbirki baštinskog gradiva.

U kontekstu tehnoloških okolnosti, u obzir je uzeta dominantna popularnost Facebooka kao vodeće društvene mreže, uz određeno kašnjenje za svjetskim trendovima na ciljnom području, slabija tehnička i tehnološka opremljenost i nezadovoljavajuća opća razina informatičke pismenosti.

## 3. Istraživanje

S ciljem uvida u aktualnu praksu, prilike te moguće prepreke u specifičnim hrvatskim uvjetima, metodom intervjua i pisanoga upitnika, prikupljena su mišljenja četiriju ispitanika - rukovoditelja, odnosno stručnih osoba u velikim baštinskim institucijama Istočne Hrvatske<sup>2</sup> i knjižnice Instituta za turizam u Zagrebu (tab.1).

Također, metodom pisanoga upitnika zatraženo je mišljenje sedam administratora različitih grupa na društvenim mrežama, odnosno stranica koje se bave baštinom, tj. prikupljanjem i objavom baštinskog

1 U kontekstu digitalizacije hrvatske kulturne baštine, u brojnim se relevantnim izvorima (npr. [www.enciklopedija.hr](http://www.enciklopedija.hr), „digitalizacija“) izrazi „gradivo“ i „građa“ pojavljuju kao istoznačnice (iako prema nekim izvorima one to nisu). U predmetnom radu koristi se izraz „gradivo“, dok pojedini ispitanici u razgovoru o digitalizaciji koriste riječ „građa“ pa je tako citirano.

2 Muzej Slavonije Osijek, Državni arhiv Osijek i Gradska i sveučilišna knjižnica Osijek.

gradiva<sup>3</sup>, ali i raspravom i interpretacijom, pa se tako mogu svrstati pod termin *citizen science*<sup>4</sup> (tab. 2).

Odgovori ispitanika u najvećem se dijelu podudaraju, a mogu se sažeti na sljedeće tvrdnje:

- a) digitalizacija baštinskog gradiva nije usustavljena na zadovoljavajući način,
- b) ne postoji jasna strategija i umreženost,
- c) ne postoji potrebna zakonska i podzakonska regulativa kojom bi se navedena pitanja uredila.

Moguće je uočiti manja neslaganja u odgovorima u odnosu na konkretno prikupljanje gradiva na društvenim mrežama i educiranje dionika, no ona su između odgovora dobivenih usmenim intervjuom i pisanim upitnikom.<sup>5</sup>

Svojim odgovorima dionici na društvenim mrežama iskazuju zanimanje za suradnju s institucijama, no nekoliko odustajanja od sudjelovanja u anketiranju ukazuje i na određeni otpor, koji će trebati uzeti u obzir i propitati u cjelovitom radu. Iz nekoliko je izjava u predmetnoj prepisci npr. moguće iščitati sumnju u to da institucije pokazuju namjeru preuzeti administriranje grupa, te da se predstavnici institucija ne bi prilagodili specifičnim potrebama odnosno načinu komunikacije među članovima grupa i sl.

Sve ukazuje na potrebu manje formalnog i kreativnog pristupa s obzirom na to da su grupe nekoherentne. A i same su platforme društvenih mreža sklone promjenama, pa i manipulacijama u komercijalne svrhe, te je za pretraživanje podataka nužno koristiti različite pretraživače, ali i razli-

čite nekomercijalne hakerske alate; npr. preuzimanje većeg broja fotografija s Facebooka, nije predviđeno na platformi, te je uz standardni pretraživač potrebno koristiti različite ekstenzije i *plugin-ove*.<sup>6</sup>

Iako je istraživanje usmjereno na otkrivanje mogućnosti korištenja DM-a u hrvatskim uvjetima, jedna je od obuhvaćenih grupa bila i *Croatian Heritage and Genealogy*. Naime, s jedne strane, članovi grupe su Hrvati, a fokus je grupe na hrvatskoj baštini i rodoslovlju, po čemu je grupa referentna. No s druge strane, članovi grupe mahom su američki rezidenti, te je moguće uočiti višu organizacijsku razinu, npr. angažman profesionalnih geneologa u istraživanju rodoslovlja, te organizaciju zajedničkih putovanja u mjesta porijekla članova koja su u fokusu grupe. Pritom, viša je organizacijska razina usklađena s drugim obuhvaćenim primjerima iz SAD-a, te potvrđuje rezultate komparativnih analiza.

---

3 Facebook grupe, „Osijek kakav je bio nekada“ 1/3 (upitnik upućen na tri administratora, dobiven jedan odgovor), Zagreb kakav je bio nekada 1/1, Starozagrebački recepti 1/1, Croatian Heritage and Genealogy 1/1, te Hrvatski povijesni portal 0/1.

4 The collection and analysis of data relating to the natural world by members of the general public, typically as part of a collaborative project with professional scientists. (Oxford, 2017).

5 S obzirom da je formulacija pitanja u pisanoj formi reducirana, upitnik je potrebno doraditi, odnosno složenost problematike upućuje da je usmeni intervju pouzdaniji metodološki instrument te da postiže veću vjerodostojnost.

---

6 Npr. Google Chrome "AlbumDown"

Tablica 1. Pilot-intervju i upitnik baštinske institucije (2017.)

Društvene mreže kao izvor digitaliziranog baštinskog gradiva – <b>institucije</b> (2017.) <sup>7</sup>	Sažetak odgovora <sup>8,9</sup>
1. <i>Je li digitalizacija gradiva usustavljena u Hrvatskoj na zadovoljavajućoj razini u odnosu na Europu i Svijet?</i>	Ne, nikako, sada je naglasak na usustavljanju. Digitalizacija kaska za svijetom i EU, nema strategije i nema propisanih standarda. Ne! Sustav u Hrvatskoj nije na zadovoljavajućoj razini
2. <i>Postoji li organizirano prikupljanje digitaliziranog gradiva i njegova pohrana u bilo kojoj formi?</i>	Ne vodi se evidencija što se digitalizira u kojem se smjeru ide i onda se događa da se ponavljaju iste stvari. Samo korisnički, projektno i zaštitno. Hrvatski arhiv web-a NSK. U Hrvatskoj je prikupljanje i pohrana digitaliziranoga gradiva samo djelomično organizirano
3. <i>Postoji li umreženost kulturnih institucija koje se bave čuvanjem gradiva kao što su arhivi, knjižnice i muzeji (AKM) u pogledu pretraživanja i razmjene digitaliziranog gradiva?</i>	Nedostaje sustav hijerarhije, kod nas je taj problem umreženosti, ako ste nacionalna kuća, vi praktički ne znate što rade gradske. Kao cjeloviti sustav ne. Da, preko NSK. Mislim da nisu sve institucije umrežene.
4. <i>Postoji li bilo kakvo organizirano dostavljanje gradiva u digitaliziranom obliku - onih subjekata koji imaju obvezu dostavljati neko gradivo kao i onih koji nemaju obvezu?</i>	Sami radimo sitni tisak, u pionirskim smo projektima. Nadamo se da će doći na posebno računalo, sada građa nije online. Ne, nije se još počelo sa sustavnim preuzimanjem. Ne. Koliko je meni poznato, nema organiziranog dostavljanja gradiva
5. <i>Smatrate li da bi izdavači svoje obvezne primjerke trebali dostavljati (i) u digitaliziranom obliku - npr. pdf pripreme za tisak?</i>	To bi bilo idealno. Ne obveza, ali nema prepreke da se preda i digitalno, to je hibridni pristup koji štedi novac i vrijeme. Da, uz tiskani. Smatram da ne bi trebali.
6. <i>Što mislite općenito o mogućnosti organiziranog prikupljanja digitaliziranog baštinskog gradiva na društvenim mrežama?</i>	Jako potrebno, ali sustavno prikupljanje na nacionalnoj razini, potrebni su timovi. Kao mogućnost zvuči zanimljivo. ---
7. <i>U nekim svjetskim zemljama (npr. SAD) građane se potiče na prikupljanje digitaliziranog baštinskog gradiva (npr. digitalnih fotografija spomeničke i druge baštine, osobito one ugrožene, i dostavu institucijama. Bi li bilo dobro pokrenuti u Hrvatskoj takav trend?</i>	Primijetili smo, u tom kontekstu, da npr. nema dovoljno fotografija iz domovinskog rata. Oduvijek je postojalo kolekcionarsko prikupljanje, kod kojih često nedostaju meta podatci - to je prednost i problem. Da, ali teško je komentirati primjenjivost istoga u Hrvatskoj. Možda – nemam o tome jasno mišljenje
8. <i>Smatrate li da bi educiranje/informiranje građana/sudionika društvenih mreža, putem različitih konvencionalnih i online radionica, ili na druge načine (npr. na temu "koje je podatke potrebno zabilježiti uz obiteljsku fotografiju i kako ju čuvati") moglo pod nekim uvjetom biti korisno za očuvanje baštine?</i>	Potrebno je educirati ljude koji imaju građu. Postoje kolekcionari kojima je stalo da bolje upoznaju sebe i druge s poviješću, dok neki rade komercijalno. Nekome je stalo da to dođe u instituciju da se bolje čuva i da bude dostupno i drugima. Da, no edukacija je nadgradnja, treba zakonski okvir, a nedostaju temelji. Ne – mislim da ljudi najbolje znaju što je njima bitno i da je to najbolji kriterij.

7 Pitanja za intervju na temu: *Društvene mreže kao izvor digitaliziranog baštinskog gradiva*, za rukovoditeljice odnosno stručne osobe u baštinskim institucijama, 2017.

8 Intervju: dr. sc. Marina Vinaj, voditeljica Odjela knjižnice Muzeja Slavonije u Osijeku, dr.sc. Dražen Kušen, ravnatelj Državnog arhiva u Osijeku.

9 Pisani upitnik: Dubravka Pađen-Farkaš, viša knjižničarka, ravnateljica Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek, dr.sc. Ksenija Tokić, voditeljica knjižnice Instituta za turizam, Zagreb.



Tablica 2. Pilot-upitnik društvene mreže (2017.)

Društvene mreže kao izvor digitaliziranog baštinskog gradiva - <b>administratori na društvenim mrežama</b> (2017.) <sup>10</sup>	Sažetak odgovora <sup>11</sup>
1. <i>Kako ste, Vi i vaše kolegice /kolege, došli na ideju da formirate ovu grupu</i>	Na internetu smo našli stranicu o Zagrebu pa smo mislili da bi bilo dobro skupljati slike starog Osijeka. Grupnu sam osnovala ja, i zamislila cijeli koncept. Baveći se dugo rodoslovljem, uočio sam mogućnost razmjene podataka s velikim brojem ljudi koju pruža Facebook
2. <i>Što je bio motiv?</i>	Zapazili smo da mnogi Osječani ne znaju skoro pa ništa o povijesti starog Osijeka. Očuvanje starinskih recepata i starinskih običaja. Motiv mi je bio spojiti ljude koji su možda u rodbinskoj vezi, a drugi motiv je dijeljenje informacija o hrvatskoj kulturi.
3. <i>Bavite li se profesionalno poviješću, muzealstvom, arhivarstvom ili srodnom djelatnošću??</i>	Ne. Ni jedna se ne bavi profesionalno kuhanjem. Ne profesionalno.
4. <i>Što ste po struci??</i>	Umirovljenik, nekada službenik sa završenom gimnazijom. Završila sam novinarstvo i političke znanosti. Umirovljenik sam, a bavio sam se softverom.
5. <i>Koje ste godište - dobi?</i>	Prosječna dob ispitanika je 65 godina.
6. <i>Koliko dnevno posvetite vremena administriranju grupe?</i>	6-8 sati. Min. 2 sata, nekad i nekoliko sati. 2-4 sata dnevno.
7. <i>Koliko ste (otprilike - ako ne znate točno) do sada prikupili fotografija i video materijala ukupno, i koliko je onih koje smatrate posebno značajnim (% otprilike - opisno)?</i>	Oko 10.000 slika i podataka s interneta i knjiga (koje sam kupila nakon što sam postala admin). Imamo preko 1500 autohtonih recepata u datoteci i više od 15 starinskih kuharica u pdf u svi recepti su provjereni, točni, primijenjeni, probani, a većina njih je iz starinskih tekica bake, mame, tete, omame i slično tome. Također sam stavljala članke o povijesti kulinarstva, pivarstva Zagreba i okolice, a prije neki dan sam stavila popis zaštićenih autohtonih hrvatskih jela...u grupi ima građe za sedam knjiga. Procjenjujem da sam prikupio nekoliko stotina dokumenata, od toga 75% značajnih.
8. <i>Što je konačni cilj vaše grupe?</i>	Stare generacije podsjetiti na vremena kad su bili mladi pa da onda oni s nama podijele svoja sjećanja na neke događaje, poznate ljude ili građevine što je po meni vrlo bitno i jedan pravi povjesničar bi trebao pratiti stranicu i sakupljati ta sjećanja jer to su podatci kojih nema u knjigama, a ima detalja koji bi bili korisni nekom tko se bavi poviješću. Krajnji cilj grupe je očuvati starinske recepte...imamo takvih živih enciklopedija u grupi da je to milina, voljela bih za krajnji cilj imati objavljivanje ovog blaga sa stranice. Cilj grupe je povezati obitelji i otkriti njihovu povijest, te ih podučavati o Hrvatskoj.
9. <i>Smatrate li da bi stručna pomoć - sudjelovanje stručnjaka iz oblasti povijesti, arhivarstva, kulture - etnologije, bili korisni sudionici rasprava?</i>	Bili bi korisni, ali bi se morali prilagoditi stranici, komentirati jednostavnim jezikom da svi razumiju, tekstovi ne smiju biti predugi (najviše jedna stranica). Možda bi uistinu neki stručnjak uspio nešto objasniti, iako sumnjam. Da.
10. <i>Bi li aktivno sudjelovanje stručnjaka iz baštinskih institucija u grupi bilo doprinos u educiranju članova grupe o načinima prikupljanja i sistematizaciji podataka i gradiva?</i>	Mislim da sakupljanje i sistematizacija gradiva ne bi članove zanimala, jer se neće previše potruditi oko toga, oni vole gotovanski pročitati gotovo, mlađi članovi ako rade, nemaju ni vremena. Prvenstveno treba educirati ljude, od prvih koraka. Da.
11. <i>da li bi stručnjaci iz nabrojanih oblasti na ovaj način, putem rasprava u grupi, također mogli doći do vrijednih podataka za svoje institucije?</i>	Da – mislim da bi mnogi pravi povjesničari našli u komentarima naših članova materijala koji bi ih zanimali, a dosta i sami članovi stavljaju privatne slike. Itekako, zato jer smisao grupe je sačuvati baštinu i žute kuharice i recepte, običaje, govor i tome slično. Da.

10 Pitanja za intervju na temu: *Društvene mreže kao izvor digitaliziranog baštinskog graiva*, za administratore grupa na društvenim mrežama, 2017.

11 Facebook-grupe: OKBN, SZR, CHG. Od sedam dostavljenih upitnika, samo su tri upitnika ispunjena, a ostali ispitanici su izrekom, ili prešutno odustali od sudjelovanja u anketi.

U cilju ocijene vrijednosti dostupnog gradiva, na primjeru jedne objavljene zbirke fotografija, pribavljeno je mišljenje stručnjaka, etnologa.<sup>12</sup> Na pitanje - može li se konkretna objava smatrati „amaterskom izložbom“ [5] te bi li se navedena izložba mogla stručno doraditi da bude kvalitetnija i informativnija, odgovor je: „Dio građe za tematsku izložbu o tvornici žigica. Puno građe ima u Arhivu, kao i u MSO, možda i kod nas.“<sup>13</sup> Ovo je dio kostura koji treba kronološki i tematski smisljeno složiti i dopuniti...“ Iz odgovora proizlazi da bi se suradnjom institucija na društvenim mrežama mogao ostvariti određeni dobitak, za što postoje brojni primjeri [7]. Također, prema mišljenju iste etnologinje, kao posljedica ratnog razaranja, u nas je dosta građe uništeno, a dosta je i razneseno prestankom održavanja različitih lokalnih zbirki, tijekom i nakon Domovinskog rata. Osobe koje su to gradivo preuzele, u velikom su broju raseljene i nalaze se u drugim krajevima Hrvatske, Europe pa i svijeta. Takvo je gradivo zbog toga teško dostupno, desortirano i često razdvojeno od pripadajuće dokumentacije.<sup>14</sup>

U skladu s navedenim je i ideja *Citizen Science*, ili sudjelovanje javnosti u znanstvenim istraživanjima,<sup>15</sup> pojam građanske znanosti, ili građana znanstvenika, kako ga obrazlaže Nedjeljko Frančula [1], u Hrvatskoj je još uvijek slabo poznat, a u predmetu prikupljanja DBG-a nedovoljno iskorišten. S druge strane, u svijetu je takav način doprinosa građana znanosti vrlo raširen pa je Internetskom pretragom moguće pronaći milijune naslova (2.770.000)<sup>16</sup> koji se bave tim pitanjem kroz različita područja – astrono-

miju, seizmologiju, hidrologiju, biologiju, ornitologiju, Internet, povijest umjetnosti i mnoge druge grane.<sup>17</sup> Istovremeno, uz prijevod na hrvatski jezik, „građanska znanost“ ili *građani znanstvenici*, Google nalazi 202, odnosno 902 rezultata, što je oko 100 puta manje od engleskog pojma, i kada se uračuna veličina govornog područja,<sup>18</sup> a treba imati na umu i da dio engleskog govornog područja pokriva i slabo razvijene zemlje, što smanjuje pojavnost. Zoran je primjer *The U.S. National Archives* koji je otvorio platformu *Citizen Archivists Dashboard* i od 2011. poziva građane da digitaliziraju i pohranjuju zapise na platformi *Flickr* [2]. Međutim, više su usmjereni na opise postojećeg gradiva negoli na objavu vlastitog [5]. Nasuprot tome, Hrvatska akademska i istraživačka mreža, zaključno s 2017. godinom, građanima nudi besplatnu mrežnu domenu s (premalih) 50 MB hostinga i najvećom datotekom od 5 MB, što odgovara prostoru za deset fotografija slabije rezolucije,<sup>19</sup> bez inicijative za pohranu baštinskog gradiva. S obzirom na to da Nacionalna i sveučilišna biblioteka arhivira sve sadržaje objavljene na *.hr*-domenama, postojanje nacionalne platforme, dakle platforme na *.hr*-domeni, za prikupljanje i razmjenu digitalnih i digitaliziranih dokumenata, tj. DBG-a, automatizmom bi osiguralo i arhiviranje predmetnog gradiva.

12 Intervju: Mirela Strahinić, etnolog.

13 Državni arhiv u Osijeku, Muzej Slavonije, Osijek i Konzervatorski odjel u Osijeku. (op.a.)

14 Intervju: Mirela Strahinić, etnolog.

15 Eksperimentom provedenim među članovima grupe Starozagrebački recepti potvrđena je mogućnost provođenja istraživanja. U roku 24 sata prikupljeno je 300 odgovora na upitnik koji je sadržavao specifična pitanja o poželjnim svojstvima i načinu pripreme ciljanog jela, tj. recepta.

16 Pretragom pojma "citizen science" Google pronalazi 2.770.000 naslova za 0,71 sec. <https://www.google.hr/search?q=%22citizen+science%22&oq=%22citizen+science%22&aqs=chrome..69i57.9406j0j7&client=ubuntu&sourceid=chrome&ie=UTF-8> (2.11.2017.)

17 Npr. Pod pojmom Citizen science, na Wikipediji su izlistane 163 reference. [https://en.wikipedia.org/wiki/Citizen\\_science#cite\\_note-1](https://en.wikipedia.org/wiki/Citizen_science#cite_note-1) (2.11.2017.)

18 Podatak je izračunat ilustrativno na bazi engleskog govornog područja za oko 500 mil. osoba te okvirno pretpostavljenog govornog područja za oko 20 mil. osoba na kojem bi se očekivano mogli koristiti pojmovi "građanska znanost" ili "građani znanstvenici".

19 CARNet, Hrvatska akademska i istraživačka mreža. <http://from.hr/> (31.12.2017.)

#### 4. Zaključak

Provedenim pilot-istraživanjem potvrđena je polazna teza da DBG nije na zadovoljavajući način usustavljena, da ne postoji jasna strategija i umreženost te da ne postoji potrebna zakonska i podzakonska regulativa kojom bi se ta pitanja uredila.

U predmetnom pitanju društvenih mreža kao izvora DBG-a razvidno je da se one ne koriste, odnosno da ne postoji institucionalni pristup tom pitanju, kao što je to u inozemstvu, iako se mogu pronaći određeni pomaci na općem planu uključivanja javnosti u znanstvena istraživanja.

Prema mišljenju mjerodavnih stručnjaka obuhvaćenih ovim istraživanjem, društvene su mreže, sukladno polaznoj tezi te svjetskoj praksi, ocijenjene kao vrijedan izvor DBG-a, a to se odnosi i na dio javnih medija.

S druge strane, dionici na društvenim mrežama iskazuju zanimanje za suradnju s institucijama i svjedoče o velikom ljudskom potencijalu, te opsegu prikupljene građe čiju je stvarnu vrijednost potrebno procijeniti posebnim istraživanjem, tj. rezultat je *prije smjernica nego zaključak* [5].

To vodi konačnom zaključku prema kojemu je potrebno preciznije utvrditi metodologiju i instrumente, te provesti detaljniju analizu aktualnog stanja na društvenim mrežama i moguće dobitke, odnosno razviti strategiju korištenja tog izvora. Pri tome treba uvažiti i potrebu simultanog djelovanja na planu provedbe, s obzirom na istaknute prijetnje brzog nestajanja vrijednog gradiva, odnosno izvora.

#### Literatura

- [1] Frančula, Nedjeljko. *Sudjelovanje javnosti u znanstvenim istraživanjima*. Geodetski List 70(1):95-96 · March 2016
- [2] Grant, Elisabeth. „Citizen Archivist Dashboard from the National Archives“. *American Historical Association*, 2012. <http://blog.historians.org/2012/01/citizen-archivist-dashboard-from-the-national-archives/> (31.12.2017.)
- [3] Lewi, Hannah, Andrew Murray, Wally Smith and Sarah Webber. „Some implications of digital social media for heritage practice“. *The Threads of Conservation*, Adelaide 2015
- [4] Liew, Chern Li. „Participatory Cultural Heritage: A Tale of Two Institutions' Use of Social Media“. *D-Lib Magazine*, March/April 2014 Volume 20, Number ¾, Oxford University Press. [https://en.oxforddictionaries.com/definition/citizen\\_science](https://en.oxforddictionaries.com/definition/citizen_science) (2.11.2017.)
- [5] Terras, Melissa. „The Digital Wunderkammer: Flickr as a Platform for Amateur Cultural and Heritage Content“. *Library trends*, Vol. 59, No. 4, 2011, 686–706
- [6] Volarević, M., Bebić, D. „Društvene mreže kao izvor vijesti u najgledanijim središnjim informativnim emisijama u Hrvatskoj“. *Medijske studije*, 4(8) 2013, 60-74.
- [7] Zastrow, Jan. „Crowdsourcing Cultural Heritage: 'Citizen Archivists' for the Future“. *The Digital Archivist*, Vol. 34 No. 8 — October 2014
- [8] Zagreb - Kakav je bio nekada <https://www.facebook.com/groups/292980229098/>



# EDUKACIJE IZ PODRUČJA KLASIČNE FOTOGRAFIJE

## *Education in the Area of Classical Photography*

*Subject review*

Hrvoje Glavaš<sup>1</sup>, Dalibor Mesarić<sup>1</sup>, Đorđe Nešić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija – Osijek, Hrvatska

<sup>2</sup>KZC "Milutin Milanković" – Dalj, Hrvatska

E-mail: hrvoje.glavas@ferit.hr

### **Sažetak**

Fotografija kao tehnička disciplina predstavlja našu svakodnevicu. Formalna edukacija iz područja klasične fotografije postepeno iščezava iz sustava školstva. Održavanje bazičnih znanja prepušteno je udrugama i entuzijastima koji se uz pomoć Mreže jednostavno povezuju te se znanje iz područja širi i usvaja naizgled puno lakše. Rad prikazuje praktično iskustvo tri udruge koje su slijedom zajedničkih aktivnosti združenim poduhvatom proveli postupak dokumentiranja trajektorije Sunca primjenom kamere sa rupicom i svoja iskustava i finalne rezultate podijelili sa javnošću s ciljem promidžbe edukacije i očuvanja znanja.

**Ključne riječi:** Fotografije, Održavanje, Solarografija

### **Abstract**

Photography as a technical discipline is our everyday activity. Formal education in the field of classical photography is gradually disappearing from the education system. Maintaining basic knowledge is left to associations and enthusiasts who, with the help of the Internet, are easily connected, and the knowledge in the field is distributed and acquired much easier. The paper presents the practical experience of three associations that, through their joint activities, carried out the process of documenting the trajectory of the Sun through a pinhole camera, and shared their experiences and final results with the public to promote education and preserve knowledge.

**Key words:** Maintenance, Photography, Solarography

## **1. Uvod**

Fotografija u trenutku pisanja rada predstavlja tehničku disciplinu staru 193 godine. Prva fotografije sa svojom ekspozicijom od 8 sati u mnogome posjeća na Solarografiju koja će biti okosnica rada. Solarografija je postupak praćenja kretanja Sunca pomoću kamere s rupicom (pinhole kamera) na fotoosjetljivom materijalu, tehnički je nezahtjevan postupak. Kvaliteta rezultata s tehničkog i kompozicijskog stajališta uvelike ovisi o znanju i iskustvu operatera. Osnovna misao vodilja realizacije Solarografije je revitalizacija klasične fotografske tehnike u edukaciji i diseminacija spoznaje o potrebi razvijanja tehničkih vještina. Praktična realizacija kamere dovodi do usvajanja osnovnih znanja o funkcioniranju fotografskih aparata te bazične spoznaje fizike kroz analizu svjetlosti i optike. Sam postav kamere iziskuje usvajanje znanja o kretanju Sunca i planeta kako bi konačni rezultat kompozicijski bio uspješan.



*Slika 1. Kulturni i znanstveni centar „Milutin Milanković“ u Dalju*

Suradnja Astronomskog društva Osijek, Fotokluba Osijek i Kulturnog i znanstvenog centra "Milutin Milanković" Dalj dovela je do realizacije projekta "Zapis kretanja Sunca", pilot projekta snimanja azimuta i kuta Sunca (pomoću kamere s rupicom) u trajanju od šest mjeseci. Cilj projekta je utvrditi mogućnosti primjene postupka u edukaciji podmlatka te potaknuti usvajanja osnovnih

znanja o astronomiji i fotografiji, kao i tehničkih vještina izrade kamere.

Na prostoru KZC „Milanković“ (sl. 1) instalirane su tri kamere koje su otvorene na svečanosti 10. Milankovičevi ciklusi, skupu održanom u Dalju 27. svibnja 2017. Kojim je obilježeno 138. godina od rođenja akademika. Uvodnu riječ u samu realizaciju projekta održao je Hrvoje Glavaš, a kamere su svečano otvorili predstavnici institucija, Damir Rajle ispred Fotokluba Osijek (FKO) (sl. 2.), [1] Đorđe Nešić (sl. 3) i Dalibor Mesarić predstavnik Astronomskog društva Osijek (sl. 4).



*Slika 2. Kamera s rupicom na ružičnjaku svečano otvorena od strane FKO*



*Slika 3. Kamera puštena u rad od strane centra "Milutin Milanković"*

Realizaciji projekta prethodile su aktivnosti Fotokluba Osijek (FKO) tijekom ožujka 2017. na području revitalizacije edukacije

klasične crno - bijele fotografije, pod pokroviteljstvom Zajednice tehničke kulture.



*Slika 4. Kamera otvorena od strane Astronomskog društva Osijek*

## 2. Fotoradionice Fotokluba Osijek

Na inicijativu Miroslava Adama i poticaj Leona Zakanji, nakon 15 godina isključivo digitalne edukacije, Fotoklub Osijek organizira radionicu klasične fotografije, [2]. Od 15. ožujka 2017. uprava i članovi FKO, s voditeljem radionice Hrvojem Glavaš, proživljavaju postupak fiksiranja fotografskog zapisa iščekujući finalne rezultate. Početak praktičnog rada prikazan je na sl. 5.



*Slika 5. Voditelj radionice umeće 35 mm film u fotoaparát, autor fotografije Marija Poplaša*

Fotografiranje na području Tvrđe (sl. 6) dovelo je do prve spoznaje kako fotografija nije trenutno vidljiva i da finalni rezultat treba pričekati.



*Slika 6. Fotografiranje na prostoru Tvrđe 16. ožujka 2017.*

Prisjećajući se vremena u kojem je bilo neophodno strpljenje da bi snimljeni materijal ugledao svjetlo dana, razvijeni su prvi negativi (sl. 7). Nakon kontakt kopije i odabira fotografija, koje idu u proces uvećavanja na fotografskom papiru, neophodno je utvrditi optimalno vrijeme ekspozicije fotografskog papira potrebno za formiranje slike (sl. 8). U konačnici, nakon više od 90 sati, pojavile su se fotografije na fotografskom papiru (sl. 9).



*Slika 7. Primjer snimljenog negativa na 35 mm filmu*



*Slika 8. Utvrđivanje optimalne ekspozicije fotografskog papira*



*Slika 9. Klasična crno bijela fotografija izrađena na fotopapiru*

### **3. Suradnja Fotokluba Osijek s MLU**

Navedene aktivnosti su nastavljene u suradnji s Muzejom likovnih umjetnosti Osijek 18. ožujka 2017., kada je 'Malim prijateljima muzeja' pokazan postupak fiksiranja fotografskog zapisa. Kroz radionicu, namijenjenu pomlatku, polaznici su upoznati s izazovom nastanka klasične fotografije.

Analizirajući pojedine korake transformacije svjetlosti, stvoren je preduvjet za snimanje klasičnim 35 mm filmom koji su polaznici iskoristili za stjecanje novih znanja i dokumentaciju zajedničkog druženja (sl. 10).



*Slika 10. Mali prijatelji muzeja s djelatnicima Muzeja*

Ugodne reakcije polaznika prethodnih aktivnosti dovele su do realizacije radionice izrade kamere s rupicom 11. svibnja 2017. u OŠ Miroslava Krležu u Čepinu. Sl. 11 prikazuje voditelja radionice Hrvoja Glavaš i učenike u postupku stvaranja kamere s rupicom.



Slika 11. Radionica izrade kamere s rupicom, autor fotografije Leon Zakanji

Kamere su napravljene od crnog papira smotanog u tuljac, aluminijske folije kao poklopca na kojem je načinjena rupica i zaslona od PVC vrećice. Analiza rada inverzije slike na zaslonu iziskuje promatranje okoline. Kako bi došlo do spoznaje, potrebno je izvjesno vrijeme (sl. 12).



Slika 12. Analiza rada kamere s rupicom

Nastala slika je okrenuta za  $180^\circ$  i tamna zbog male količine svjetlosti koja može prodrijeti do zaslona u unutrašnjost kamere. Snimanje unutrašnjosti digitalnom kamerom i okretanje slike (sl.13) daju jedva vidljivu spoznaju o automobilima i rasvjetnom stupu koji su jasno vidljivi na prethodnoj slici (sl. 12).



Slika 13. Slika vidljiva na zaslonu kamere

#### 4. Izrada kamera s rupicom

U travnju 2017. pristupilo se izradi najjednostavnijeg oblika kamera s rupicom tzv. pinhol kamere [4] napravljene su od konzerve ananasa na kojima, zbog tvrdoće materijala nije bilo moguće napraviti malu rupicu pa, su načinjene rupe od 6 mm, [5]. Na rupe je postavljena blenda od aluminijske folije koja je izbušena svrdlom manjeg promjera (sl. 14).



Slika 14. Blende za kameru načinjene od tankog aluminijske folije

Za promjer odabrano je dostupno svrdlo 0,4 mm sukladno napatku Josefa Petzval (sl. 14), koji je sredinom 19. stoljeća došao do spoznaje optimalnog promjera rupice s obzirom na dimenziju kamere, [6]. Manja rupica pruža bolju kvalitetu zapisa u pogledu oštine, ali značajno produžuje vrijeme potrebno za nastanak slike [7], [8].

f (cm)	d (mm)	svrdlo	f (cm)
4	0,28	0,3	4,53
5	0,32	0,4	8,06
10	0,45	0,5	12,59
15	0,55	0,6	18,13
20	0,63	0,7	24,68
30	0,77	0,8	32,23
40	0,89	0,9	40,80
50	1,00	1	50,37
		1,1	60,94
		1,2	72,53

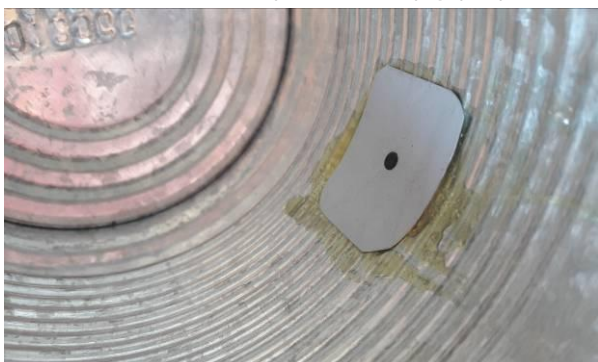
Slika 15. Optimalni promjer rupice na kameri

U konačnici blenda je ljepljivom folijom fiksirana s unutrašnje strane konzerve (sl. 16), (sl. 17), a kako bi se spriječile neželjene refleksije, unutrašnjost kamere obojana je u crno (sl. 18), štiteći samu rupicu zaštitnom naljepnicom (sl. 17), koja je uklonjena prije umetanja fotografskog papira.





Slika 16. Fiksiranje blende lijepljenjem



Slika 17. Smještaj blende u unutrašnjosti kamere



Slika 18. Bojanje unutrašnjosti kamere crnom mat bojom

## 5. Postupak snimanja pinhole kamerom

Testiranje četiri kamere s rupicom provedeno je da bi se utvrdila svojstva trenutno raspoloživog fotografskog materijala u Fotoklubu Osijek. Tijekom druge probe osječkih maturanata u plesanju Quadrille [3] (27. travnja 2017. u 13 h na Trg sv. Trojstva) izvršena je proba tj. analiza osjetljivosti fotografskog papira snimanjem s različitim vremenima ekspozicije (sl. 19).



Slika 19. Osječki maturanti vježbaju Quadrillu 27. travnja 2017.

Formiranje fotografije iz negativa, za koji je korišten je klasični fotografski papir, provelo se presnimavanjem digitalnim fotografskim aparatom. Postupak ekspozicije fotografskog papira iznosio je od jedne do dvije minute (ovisno o intenzitetu svjetlosti koja se probijala kroz oblake), zbog čega su maturanti gotovo neprepoznatljivi (sl. 20).



Slika 20. Osječki maturanti fotografirani kroz rupicu kamere na fotografskom papiru

## 6. Solarografija na području KZC "Milutin Milanković"

Na prostoru KZC „Milanković“ u instalirane tri kamere umetnut je materijal osjetljiv na svjetlost. Fotografski papir umeće se u polumraku i, nakon fiksiranja kamere na mjesto snimanja, eksponira uklanjanjem zaštitne naljepnice koja je postavljena s vanjske strane. Sl. 21 prikazuje fotografski papir korišten za snimanje.

Vrijeme ekspozicije kreće se od nekoliko dana do više mjeseci. U tom periodu papir je izložen Sunčevom zračenju koje ostavlja nepovratan trag mijenjajući izgled emulzije fotografskog papira. Vremenske prilike izlažu papir značajnim oscilacijama temperature i vlage koja ulazi u unutrašnjost kamere. Zbog toga moguće je da dođe i do uništenja snimljenog materijala što sam postupak ponekad čini neizvjesnim.



Slika 21. Fotografski papir korišten za snimanje EMAKS K888 UB karton bijeli sjajni srednje gradacije, proizvođač Fotokemika - Zagreb

Za razliku od klasičnog fotografiranja kratkom ekspozicijom i transformacije latentne slike kemijskim postupkom u trajnu fotografiju, zapis solarografije se skenira (sl. 22).



Slika 22. Kamere ispred skenera za digitalizaciju fotografskog materijala



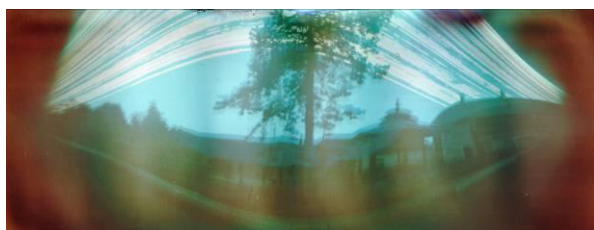
Slika 23. Izgled zapisa prilikom otvaranja kamere prikazane slikom 2.

Prebacivanje u digitalni oblik pogodno je za transformaciju u pozitiv i ispis trajnog svjedočanstava proteklog vremena. Otvaranjem kamere zapis je vidljiv, ali u ob-

liku negativa (sl. 23). Originalni zapis se arhivira u mraku kako ne bi došlo do gubitka snimljenog materijala (sl. 24.).



Slika 24. Zapis iz kamere prikazane slikom 4



Slika 25. Zapis kamere sa slike 2.

U zapisu prve kamere (sl. 26.) vidljiv je pomak objekata, koji je posljedica popuštanja korištenog toplog ljepila i vezica kojim je kamera fiksirana na metalnu konstrukciju ružičnjaka.



Slika 26. Zapis kamere sa slike 3.

Zapis druge kamere (sl.27) pretrpio je oštećenja uslijed kiše. Nagib kamere dopustio je ulaz oborina u unutrašnjost kamere. Kiša koja je padala u protekom vremenu trajno je degradirala dio fotografskog papira. Mjesto kapanja, slijevanja i akumulacije vode u donjoj zoni vidljivo je u obliku crnog traga.



Slika 27. Zapis kamere sa slike 4.

Treća kamera (sl. 27.) smještena na drvenoj ogradi spremnika plina, rezultirala je tehnički izvrsnim zapisom.

Uspješna suradnja ranije navedenih institucija došlo je spontano, slijedom preklapanja pojedinačnih samostalnih aktivnosti na području edukacije i diseminacije znanja. Projekt je potvrdio da uspjeh realizacije svakog zadatka ovisi o ljudima i dostatnom vremenu.

## 7. Zaključak

Solarografija s tehničke strane predstavlja krajnje jednostavnu i pristupačnu tehniku dokumentiranja kretanja Sunca. Gustoća zapisa se može upotrijebiti za analizu meteoroloških podataka statističke zastupljenosti insolacije, ali i određivanja optimalnog kuta iskorištenja maksimalne upadne energije Sunca na plohu. Ideja provedbe ovog pilot projekta je ostaviti trajni zapis proteklog vremena koji će motivirati promatrača na repliciranje rezultata. Kako bi postupak mogli provesti na najjednostavniji mogući način, tehnički izazov ne smije biti smetnja realizacije individualnih izričaja, što je ujedno potvrđuju finalni rezultati projekta.

Foto-klub - Osijek, Astonomsko društvo - Osijek i Kulturno znanstveni centar „Milutin Milanković“ - Dalj nastavljaju daljnju suradnju na području popularizacije tehničkih vještina koji promiču znanost i znanstvenu spoznaju.

## Literatura

- [1] Glas Slavonije broj 30425 16. ožujak 2017. str. 10
- [2] <http://www.fotoklubosijek.hr/index.php/90-vijesti/370-tecaj-klasicne-fotografije-fotokluba-osijek-2017>
- [3] [http://www.osijek031.com/osijek.php?topic\\_id=67125](http://www.osijek031.com/osijek.php?topic_id=67125) (30. travnja 2017.)
- [4] Eric Renner, Pinhole Photography From Historic Technique to Digital Application, Elsevier Inc. 2009
- [5] <http://www.pinhole.cz/en/pinholecameras> (30. travnja 2017.)
- [6] M. Young, Pinhole Optics, Applied Optics Vol. 10, Issue 12, pp. 2763-2767 (1971) doi: 10.1364/AO.10.002763
- [7] <https://jongrepstad.com/pinhole-photography/pinhole-photography-history-images-cameras-formulas> (30. travnja 2017.)
- [8] <https://www.lomography.com/magazine/247-104-the-man-behind-the-lens-joseph-petzval> (30. travnja 2017.)



# EKONOMIČNOST KOMUNALNIH DJELATNOSTI ODRŽAVANJA KOMUNALNE INFRASTRUKTURE JEDINICA LOKALNE SAMOUPRAVE

## *Economicity of Municipal Services to Maintenance Municipal Infrastructure in Local Government Units*

*Professional paper*

Antun Marinac<sup>1</sup>, Marko Dumančić<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Veleučilište u Požegi - Požega, Hrvatska

<sup>2</sup> HGK – Županijska komora - Požega, Hrvatska

E-mail: amarinac@vup.hr, mdumancic@hgk.hr

### **Sažetak**

Cilj rada je analizirati regulaciju ekonomičnog održavanja komunalne infrastrukture jedinica lokalne samouprave kroz komunalne djelatnosti. Osim uvodnog i zaključnog razmatranja, rad obuhvaća još tri poglavlja. Drugo poglavlje se bavi određenjem komunalnih djelatnosti jedinica lokalne samouprave; staknuto je da su komunalne djelatnosti, Ustavom Republike Hrvatske uvrštene u poslove iz djelokruga lokalnih jedinica. U sljedećem poglavlju, naglasak je na obavljanju komunalnih djelatnosti koje se obavljaju kao javna služba. Obvezna primjena načela ekonomičnosti u obavljanju komunalnih djelatnosti analizira se u sklopu četvrtog poglavlja.

**Ključne riječi:** Ekonomičnost, Jedinice lokalne samouprave, Komunalne djelatnosti, Komunalno gospodarstvo, Održavanje komunalne infrastrukture

### **Abstract**

The aim of this paper is to analyse the regulation of economical maintenance of communal infrastructure of local self-government units through communal activities. In addition to the introductory and concluding considerations, the paper includes three more chapters. The second chapter, after introduction, deals with the definition of communal activities of local self-government units. Within this chapter, it was highlighted as communal services, enshrined in the Constitution of the Republic of Croatia in affairs within the scope of local units. In the next chapter, the emphasis is on performing utilities that are performed as a public service. Mandatory application of the principle of economy in the performance of public utilities analyses in Chapter Four.

**Keywords:** Communal economy, Communal services, Economy, Local self-government units, Maintenance of communal infrastructure

## **1. Uvod**

Komunalne djelatnosti, u sklopu komunalnog gospodarstva spadaju u posebno područje gospodarstva kojima se građanima i gospodarskim subjektima isporučuju javne usluge, važne za neposredno ostvarivanje njihovih potreba. Te se potrebe manifestiraju, prvenstveno u održavanju: nerazvrstanih cesta, javnih površina na kojima nije dopušten promet motornim vozilima, građevina javne odvodnje oborinskih voda, javnih zelenih površina, građevina, uređaja i predmeta javne namjene, groblja i krematorija unutar groblja, čistoće javnih površina i javne rasvjete. Komunalne djelatnosti, premda predstavljaju gospodarske djelatnosti, ne potpadaju pod zakone slobodnog tržišta.

Ove sudjelatnosti posebno važne jer se njihova osnovna namjena, zbog njihova iznimna društvenog značenja, ne može ostvariti isključivo primjenom tržišnih mehanizama. Bez obzira na ovu činjenicu, primjena ekonomičnosti u obavljanju ovih djelatnosti predstavlja zakonsku obvezu. To se prvenstveno odnosi na ekonomičnost i svrhovitost trošenja sredstva iz lokalnih proračuna.

Kao djelatnosti od interesa za jedinicu lokalne samouprave (općina ili grad), komunalne djelatnosti predstavljaju temeljni značaj za život stanovnika i odvijanje gospodarskih djelatnosti na određenom teritorijalnom području.

## 2. Određenje komunalnih djelatnosti jedinica lokalne samouprave

Ustavom Republike Hrvatske, među poslovima iz lokalnog djelokruga kojima se neposredno ostvaruju potrebe građana određene su i komunalne djelatnosti<sup>1</sup>. Iz navedene ustavne odredbe moguće je uočiti kako komunalne djelatnosti pripadaju u samoupravni djelokrug poslova lokalnih jedinica.

Zakonom o komunalnom gospodarstvu koji je na snazi od 4. 8. 2018. godine, komunalne djelatnosti su definirane kao djelatnosti kojima se osigurava građenje i/ili održavanje komunalne infrastrukture u stanju funkcionalne ispravnosti i komunalne djelatnosti kojima se pojedinačnim korisnicima pružaju usluge nužne za svakodnevni život i rad na području jedinice lokalne samouprave [7]. Nakon definiranja komunalnih djelatnosti, Zakonom su određene komunalne djelatnosti kojima se osigurava održavanje komunalne infrastrukture:

- 1) održavanje nerazvrstanih cesta
- 2) održavanje javnih površina na kojima nije dopušten promet motornim vozilima
- 3) održavanje građevina javne odvodnje oborinskih voda
- 4) održavanje javnih zelenih površina
- 5) održavanje građevina, uređaja i predmeta javne namjene
- 6) održavanje groblja i krematorija unutar groblja
- 7) održavanje čistoće javnih površina
- 8) održavanje javne rasvjete<sup>2</sup>.

Zakon o komunalnom gospodarstvu, u čl. 23. opisuje svaku od gore navedenih djelatnosti, kako slijedi u nastavku.

Održavanje nerazvrstanih cesta podrazumijeva skup mjera i radnji koje se obavljaju tijekom cijele godine na nerazvrstanim cestama, uključujući i svu opremu, uređaje i instalacije, sa svrhom održavanja prohodnosti i tehničke ispravnosti cesta i prometne sigurnosti na njima (redovito održavanje), kao i mjestimičnog poboljšanja elemenata ceste, osiguravanja sigurnosti i traj-

nosti ceste te cestovnih objekata i povećanja sigurnosti prometa (izvanredno održavanje), a u skladu s propisima kojima je uređeno održavanje cesta.

Održavanje javnih površina na kojima nije dopušten promet motornih vozila obuhvaća održavanje i popravke tih površina kojima se osigurava njihova funkcionalna ispravnost.

Pod održavanjem građevina javne odvodnje oborinskih voda podrazumijeva se upravljanje i održavanje građevina koje služe prihvatu, odvodnji i ispuštanju oborinskih voda iz građevina i površina javne namjene u građevinskom području, uključujući i građevine koje služe zajedničkom prihvatu, odvodnji i ispuštanju oborinskih i drugih otpadnih voda, osim građevina u vlasništvu javnih isporučitelja vodnih usluga koje, prema posebnim propisima o vodama, služe zajedničkom prihvatu, odvodnji i ispuštanju oborinskih i drugih otpadnih voda.

Održavanje javnih zelenih površina uključuje košnju, obrezivanje i sakupljanje biološkog otpada s javnih zelenih površina, obnova, održavanje i njega drveća, ukrasnog grmlja i drugog bilja, popločenih i nasipanih površina u parkovima, opreme na dječjim igralištima, fitosanitarna zaštita bilja i biljnog materijala za potrebe održavanja i drugi poslovi potrebni za održavanje tih površina.

Održavanje građevina i uređaja javne namjene podrazumijeva održavanje, popravke i čišćenje tih građevina, uređaja i predmeta.

Pod održavanjem groblja i krematorija unutar groblja podrazumijeva se održavanje prostora i zgrada za obavljanje ispraćaja i ukopa pokojnika te uređivanje putova, zelenih i drugih površina unutar groblja.

Održavanje čistoće javnih površina uključuje čišćenje površina javne namjene, osim javnih cesta, koje obuhvaća ručno i strojno čišćenje i pranje javnih površina od otpada, snijega i leda, kao i postavljanje i čišćenje košarica za otpatke i uklanjanje otpada koje je nepoznata osoba odbacila na javnu površinu ili zemljište u vlasništvu jedinice lokalne samouprave.

<sup>1</sup>[6] čl. 135., st. 1.

<sup>2</sup>Ibid, čl. 22., st. 1.

Pod održavanjem javne rasvjete podrazumijeva se upravljanje i održavanje instalacija javne rasvjete, uključujući podmirivanje troškova električne energije, za rasvjetljavanje površina javne namjene.

Komunalna infrastruktura mora biti u funkciji ekonomskog razvoja lokalnih jedinica, a one moraju biti konkurentne u usporedbi s drugim jedinicama, u svrhu privlačenja gospodarskih aktera.

Osim komunalnih djelatnosti za održavanje komunalne infrastrukture, Zakon o komunalnom gospodarstvu poznaje i uslužne komunalne djelatnosti. U te djelatnosti spadaju: usluge parkiranja na uređenim javnim površinama i u javnim garažama, usluge javnih tržnica na malo, usluge ukopa i kremiranje pokojnika u krematoriju unutar groblja, komunalni linijski prijevoz putnika te obavljanje dimnjačarskih poslova (čl.24. st.1.).

### 3. Obavljanje komunalnih djelatnosti

Obavljanje komunalnih djelatnosti regulirano je Zakonom o komunalnom gospodarstvu<sup>3</sup>, prema kojemu:

- komunalne djelatnosti obavljaju se kao javna služba, a usluge koje se pružaju u obavljanju tih djelatnosti od općeg su interesa - načelo javne službe (čl. 8.);
- komunalne djelatnosti mogu obavljati različiti isporučitelji: trgovačko društvo koje osniva jedinica lokalne samouprave ili više jedinica lokalne samouprave zajedno, javna ustanova koju osniva jedinica lokalne samouprave, služba – vlastiti pogon koju osniva jedinica lokalne samouprave, pravna i fizička osoba na temelju ugovora o koncesiji te pravna i fizička osoba na temelju ugovora o obavljanju komunalne djelatnosti (čl. 33.);
- komunalne djelatnosti ne obavljaju se radi stjecanja dobiti, već radi osiguravanja isporuke komunalnih usluga korisnicima prema načelima komunalnog gospodarstva propisanim ovim Zakonom – načelo neprofitnosti (čl. 9.); Pristup, dostupnost i korištenje komunalnih usluga osigurava se svim korisnicima pod jednakim i nediskrimina-

<sup>3</sup> [7] op.cit., čl.33.

tornim uvjetima (načelo univerzalnosti i jednakosti pristupa).

- isporuka komunalnih usluga obavlja se na način i pod uvjetima koji su prilagođeni potrebama lokalne zajednice – načelo prilagodljivosti (čl. 12);
- komunalne djelatnosti obavljaju se kontinuirano na način koji osigurava održavanje komunalne infrastrukture u stanju funkcionalne sposobnosti radi ostvarivanja neprekidne isporuke komunalnih usluga, uz mogućnost uskrate isporuke komunalnih usluga korisnicima samo u iznimnim i opravdanim slučajevima - načelo kontinuiteta obavljanja komunalnih djelatnosti (čl.13.)<sup>4</sup>;

Komunalne djelatnosti obavljaju se prema standardima kakvoće pružanja komunalnih usluga propisanim posebnim propisima - načelo kakvoće obavljanja komunalnih djelatnosti (čl. 14.);

- obavljanje komunalne djelatnosti organizira se i obavlja na području jedinice lokalne samouprave na način uređen ovim Zakonom i posebnim zakonom (čl. 27., st. 1.);
- više jedinica lokalne samouprave na području iste ili različitih županija može obavljanje komunalne djelatnosti organizirati zajednički. (čl. 27., st.2.);
- održavanje komunalne infrastrukture financira se sredstvima iz: komunalnog doprinosa, komunalne naknade, cijene komunalne usluge, naknade za koncesiju, proračuna jedinice lokalne samouprave, fondova Europske unije, ugovora, naknada i drugih izvora propisanih posebnim zakonom i iz donacija (čl. 75.).
- cijene komunalnih usluga utvrđuju se tako da osiguravaju postupnost povrata troškova građenja i održavanja komunalne infrastrukture i obavljanja komunalnih djelatnosti, vodeći računa o tome da one budu socijalno prihvatljive za stanovništvo te poštujući zaštitu prava potrošača u skladu s posebnim propisima - načelo prihvatljivosti cijene komunalnih usluga (čl. 19.).

<sup>4</sup> U većini slučajeva, za javnu službu je odlučno, što je njezin nositelj dužan kontinuirano obavljati djelatnost, pri tome nemajući pravo prekinuti njezino obavljanje, ukoliko zbog toga trpi čak i gubitke.

S obzirom da komunalne djelatnosti obuhvaćaju gospodarske djelatnosti isporučivanja javnih usluga građanima i pravnim osobama, u tom smislu isporučitelj ima posebne obveze prema korisnicima usluga. To predstavlja i relativno monopolistički položaj jedinog isporučitelja pojedinih usluga na lokalnom tržištu.

Premda je osnovno obilježje komunalnih djelatnosti njihovo obavljanje kao javne službe, često se ta karakteristika neopravdano zanemaruje te se ističe njihov tržišni karakter<sup>5</sup>.

#### **4. Obveza primjene načela ekonomičnosti u obavljanju komunalnih djelatnosti**

Više je definicija ekonomičnosti, od kojih se neke navode u nastavku. Općenito, ekonomičnost se definira kao smanjenje troškova resursa koji se koriste u obavljanju neke aktivnosti na najmanju mjeru, uz osiguranje primjerene kvalitete [4]. S obzirom da komunalne djelatnosti predstavljaju javne poslove u nadležnosti lokalne samouprave, kao dijela javne uprave korisno je predočiti i definiciju ekonomičnosti po Eugenu Pusiću te Ministarstvu uprave. Eugen Pusić definira ekonomičnost upravne djelatnosti kao nastojanje da se postigne što veći ukupni rezultat po što nižoj ukupnoj cijeni. Izraze „rezultat“ i „cijena“ treba pri tome, u pravilu shvatiti nešto šire od uobičajenog ekonomskog smisla. S obzirom na situaciju u kojoj se odvija upravna djelatnost, može se ekonomičnost shvatiti kao opća i specijalna. Opća ekonomičnost znači što manju cijenu po jedinici rezultata (jednom predmetu, jednom đaku, jednom bolesniku itd.), a specijalna znači štednju jedne, naročito određene, komponente sredstava tijekom radnog procesa (npr. obaviti posao sa manje stručne radne snage ili što manje nekog skupoga i rijetkog materijala)<sup>6</sup>. Ministarstvo uprave pod načelom ekonomičnosti podrazumijeva postupanje što je moguće jednostavnije uz što manje troškova, ali tako da se utvrde sve činjenice i okolnosti bitne za rješavanje upravne stvari [1]. Prema Žageru i suradnicima, po-

kazatelji ekonomičnosti prikazuju omjer prihoda i rashoda te se pomoću njih ocjenjuje koliko se prihoda ostvaruje po jedinici rashoda, stoga predstavljaju mjeru djelotvornosti poslovanja<sup>7</sup>.

Na razini Europske Unije, pod načelom ekonomičnosti podrazumijeva se da su sredstva kojima se institucija koristi u obavljanju svojih djelatnosti pravodobno dostupna, u primjerenoj količini i primjerene kvalitete te po najboljoj cijeni [5].

Prilikom određivanja djelokruga jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave, u skladu s Ustavom mora se voditi računa o širini i prirodi poslova i o zahtjevima učinkovitosti i ekonomičnosti<sup>8</sup>. Iz ove ustavne odredbe može se uočiti kako se poslovi lokalnih jedinica, u sklopu kojih su i komunalne djelatnosti moraju se obavljati ekonomično.

Gore navedenu ustavnu odredbu razrađuje Zakon o komunalnom gospodarstvu prema kojemu se komunalno gospodarstvo temelji, između ostaloga i na načelu ekonomičnosti i učinkovitosti. Jedinice lokalne samouprave i osobe koje obavljaju komunalne djelatnosti u provedbi ovoga Zakona dužne su postupati u skladu s navedenim načelom<sup>9</sup>.

Zakon o komunalnom gospodarstvu također obvezuje isporučitelja komunalne usluge da u obavljanju komunalne djelatnosti postupa na učinkovit, ekonomičan i svrhovit način uz najmanje troškove za korisnike (načelo ekonomičnosti)<sup>10</sup>. Međutim, po pitanju ekonomičnosti komunalnih djelatnosti održavanja komunalne infrastrukture jedinica lokalne samouprave ovdje se javlja problem. Često se polazi od zahtjeva kako cijena komunalne usluge mora odgovarati troškovima isporuke komunalne usluge, a nasuprot tome naglašavaju se visoki troškovi izgradnje i održavanja sustava komunalne infrastrukture.

<sup>5</sup> [3] str. 1055-1086., str. 1062-1063.

<sup>6</sup> [2] str. 290., 291.

<sup>7</sup> [6] str. 51.

<sup>8</sup> [6] op.cit., čl. 135., st. 5.

<sup>9</sup> [7] op.cit., čl. 4., st. 4., t. 11. i st. 2.

<sup>10</sup> Ibid, čl. 15.



Uslijed visokih troškova izgradnje objekata i uređaja komunalne infrastrukture, cijene komunalnih usluga ne mogu uvijek biti dovoljne za održavanje i izgradnju sustava infrastrukture, a istovremeno prihvatljive i dostupne za sve korisnike.

Ovdje je važno spomenuti i Europsku povelju o lokalnoj samoupravi koju je Republika Hrvatska u cijelosti ratificirala. Prema navedenoj Povelji, prilikom dodjeljivanja javnih poslova, na različitim razinama mora se voditi računa o zahtjevima učinkovitosti i ekonomičnosti. [8]

## 5. Zaključak

Zbog iznimnog društvenog značenja komunalnih djelatnosti (značaj za život stanovnika i odvijanje gospodarskih djelatnosti na određenom području), osnovnu namjenu komunalnih djelatnosti nije moguće ostvariti isključivo primjenom tržišnih mehanizama.

Ustavom Republike Hrvatske, komunalne djelatnosti su svrstane u poslove lokalnog djelokruga. Kao javni poslovi, komunalne djelatnosti su u nadležnosti jedinica lokalne samouprave. One su prije svega usmjerene na ostvarenje širokih društvenih ciljeva pa im nije primarni cilj ostvarivanje dohotka.

U obavljanju komunalnih djelatnosti potrebno je zadovoljiti dva kriterija. S jedne strane, nužno je poštivanje ustavnog i zakonskog zahtjeva za njihovom ekonomičnošću, kao ekonomskog pokazatelja. U pružanju komunalnih usluga, njihovi isporučitelji obvezni su u obavljanju komunalne djelatnosti postupati na učinkovit, ekonomičan i svrhovit način, uz najmanje troškove za korisnike (načelo ekonomičnosti i učinkovitosti). S druge strane potrebno je ostvariti javni interes.

## Literatura

- [1] Ministarstvo uprave, dostupno na: <https://uprava.gov.hr/15-nacelo-ucinkovitosti-i-ekonomicnosti-12149/12149>, pristup: 20.10.2019.
- [2] Pusić, Eugen; Nauka o upravi, Školska knjiga, Zagreb, 2002.
- [3] Sarvan, Desa; Obavljanje komunalnih djelatnosti kao javne službe, Hrvatska javna uprava, god. 8 (2008.), br. 4., str. 1055-1086.
- [4] Strategija razvoja javne uprave za razdoblje od 2015. do 2020. godine, Narodne novine br. 70/15.
- [5] Uredba br. 966/2012 Europskog parlamenta i Vijeća o financijskim pravilima koja se primjenjuju na opći proračun Unije, Službeni list Europske unije, L 298/1, 26.10.2012.
- [6] Ustav Republike Hrvatske, Narodne novine br. 85/10- pročišćeni tekst, 05/14
- [7] Zakon o komunalnom gospodarstvu, Narodne novine br. 68/18, 110/18
- [8] Zakon o potvrđivanju Europske povelje o lokalnoj samoupravi, Narodne novine, br. 14/97, 4/08.
- [9] Žager, Lajoš, et.al.: Analiza financijskih izvještaja, načela – postupci – slučajevi, treće izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Hrvatska zajednica računovođa i financijskih djelatnika, Zagreb, 2017.



# VISOKOŠKOLSKA IZOBRAZBA ZA RAZVOJ ODGOVORNOG TURIZMA

## *Higher Education for Development of Responsible Tourism*

*Preliminary notes*

Darko Mrkonjić <sup>1</sup>, Vesnica Mlinarević <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Društvo za interpretaciju baštine u turizmu istočne Hrvatske - Osijek, Hrvatska

<sup>2</sup> Fakultet za odgojno obrazovne znanosti – Osijek, Hrvatska

E-mail: mrkonjicdarko@gmail.com

### **Sažetak**

Cilj rada je procjena potrebe uvođenja i mogućih učinaka izobrazbe u domeni održivog i odgovornog turizma; stjecanja kompetencija o uzajamnoj uvjetovanosti sociokulturne, gospodarstvene i ekološke održivosti u sustavu visokoškolskog obrazovanja s motrištem na turizam kao regionalan i nacionalan strateški razvojni smjer Republike Hrvatske. Prethodna istraživanja potvrdila su pretpostavku o niskoj razini razumijevanja turizma kao društvenog i kulturnog fenomena. Rezultati istraživanja (obuhvat: turistička regija Slavonija) upućuju na potrebu sustavnijeg obrazovanja, za specifične potrebe receptivnog turizma, koji zavisi o više značajki turističkih odredišta. Na osnovi dobivenih rezultata istraživanja izvodi se zaključak o potrebi uvođenja predmetne izobrazbe kao sveučilišnog izbornog kolegija te predlaže kurikulum tog sveučilišnog kolegija.

**Ključne riječi:** Kurikulum, Obnovljivi Izvori, Održivi razvoj, Tradicijska znanja, Slobodno vrijeme

### **Abstract**

The aim of the paper is to evaluate the need for introduction and possible effects of training in the field of sustainable and responsible tourism; acquiring competencies on the mutual conditionality of socio-cultural, economic and environmental sustainability in the higher education system with a view on tourism as a regional and national strategic development direction of the Republic of Croatia. Previous research has confirmed the assumption of a low level of understanding of tourism as a social and cultural phenomenon. The results of the study (scope is the tourist region of Slavonia) indicate the need for a more systematic education, for the specific needs of receptive tourism, which depends on more features of tourist destinations. On the basis of the obtained research results, a conclusion is drawn about the need to introduce the subject education as a university elective course and propose a curriculum for this university course.

**Keywords:** Curriculum, Renewables, Sustainable Development, Traditional Knowledge, Leisure

## **1. Uvod**

Turizam (kao važan regionalni i nacionalni strateški razvojni smjer Republike Hrvatske) danas zahtijeva osnaživanje kompetencija i uvođenje izobrazbe u sustavu visokoškolskog obrazovanja o temi održivog i odgovornog turizma - što je i cilj ovog rada; ukazati na nužnost stjecanja kompetencija i znanja o uzajamnoj uvjetovanosti sociokulturne, gospodarstvene i ekološke održivosti. Rad je usmjeren području istočne Hrvatske (turistička regija Slavonija). Ranije provedena istraživanja među studentima s nekoliko sastavnica osječkog Sveučilišta potvrđuju pretpostavku o niskoj razini razumijevanja turizma kao socijalnog fenomena, osobito nekih nepovoljnih utjecaja na prirodni i kulturni prostor, koji posljedično mogu dovesti u pitanje ekonomsku korist (eksternalije koje treba uzeti u

obzir kao rashodovnu stranu u bilanciranju prihoda od turizma). Rezultati istraživanja upućuju na potrebu sustavnijeg obrazovanja, stvaranja budućih stručnjaka, donositelja odluka iz više interdisciplinarnih područja.

## **2. Odgovorni i održivi turizam**

U najširem smislu, prema [1] odgovorni turizam temelji se na principima socijalne i ekonomske pravde te uvažavanju okoliša i lokalne kulture odredišta, i prepoznaje ulogu lokalne zajednice domaćina, koja je ključna u razvoju održivog i odgovornog turizma. Odgovorni turizam potiče pozitivnu interakciju između turističke industrije, lokalnih zajednica i putnika.

Arifhodžić ukazuje kako je sve je veći broj turista s izgrađenom kritičkom ekološkom svijesću, koji zahtijevaju odgovornost prema nasljeđu na odredištima koja posjećuju i žele provesti odmor bez 'osjećaja krivice' (za negativne učinke turizma). To se može iskoristiti kao dodatna snaga naporima u zaštiti okoliša i stoga je putem izobrazbe potrebno usmjeriti prema lokalnoj razini, tako da se odgovornost gosta iskoristi i time unaprijedi ekološki senzibilitet lokalne zajednice, kao primarne jedinice turizma [2].

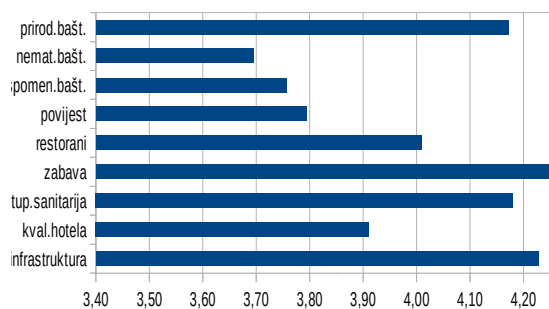
Iz navedenog se može zaključiti da će posjetitelji vrednovati lokalnu zajednicu prema onome kako se ona sama odnosi prema vlastitoj kulturnoj i prirodnoj baštini [3]. Takav zaključak donosi i Jurišić koja navodi da značajan utjecaj na izgrađivanje marke turističke destinacije ovisi o percepciji lokalnog stanovništva o održivom turističkom razvoju [4]. Pritom, važno je imati na umu da, održivi turizam podrazumijeva zadovoljavanje sva tri ključna uvjeta: ekonomsku, ekološku i kulturnu održivost [5] odnosno - suvremeni poslovni modeli zasnivaju se na društveno odgovornom poslovanju. Novi analitički pristupi namijenjeni cjelovitoj procjeni ekonomske vrijednosti orijentirani su na ciljeve održivog razvoja i eko-efikasnosti u poslovanju, te se nova ekonomska vrijednost naziva održivom dodanom vrijednosti [6].

## 2.1. Stanje u Republici Hrvatskoj

Analiza ključnih dokumenata Republike Hrvatske u oblasti turizma (prije svega Zakona o pružanju usluga u turizmu [7], Strategije razvoja turizma Republike Hrvatske do 2020. godine [8] i Operativnog priručnika za primjenu modela destinaijske menadžment organizacije [9]) potvrđuje da ne postoji podloga za razvitak kulturnog i odgovornog turizma, kao održivog i time prihvatljivog modela. Jednako je i s promotivnim spotom HTZ 'Hrvatska puna života' – službeno najavljenim kao promocija "novog hrvatskog brenda", za koji je opitom potvrđeno da u njemu nema ničega prepoznatljivog, pa da on čak nije nužno niti promidžba turizma [10].

Imajući u vidu nesuglasje koje postoji u analiziranim strateškim dokumentima - svrhu utvrđivanja stvarnog smjera razvitka

hrvatskog turizma - te kakvu poruku sustav o tome šalje javnosti kroz medije i obrazovni sustav (čime utječe na smjer njegovoga razvitka), provedena je anketa među osječkim studentima na temu značaja infrastrukture i usluga te kulturne i prirodne baštine u turizmu kao i povijesnih osoba iz hrvatske kulture, znanosti i politike.<sup>1</sup> U prvoj skupini od devet pitanja studenti su ocjenom od jedan do pet izjašnjavali o značaju turističke infrastrukture, hotela, dostupnosti sanitarija, zabavnih sadržaja i restorana te značaju povijesti, spomeničke baštine, nematerijalne baštine i prirodne baštine za privlačenje turista (sl. 1). Statistički značajno visoko su ocijenjeni: zabava 4,25, a od ponuđene baštine, prirodna 4,17. Značajno najniže je ocijenjen značaj nematerijalne baštine 3,69 iako je Hrvatska zemlja sa 139 zaštićenih nematerijalnih kulturnih dobara od kojih je 7 na UNESCO-voj listi svjetske baštine [10]. Dobivenim rezultatima istraživanja, nedvojbeno su potvrđeni rezultati provedenih analiza strateških i razvojnih dokumenata na nacionalnoj razini, odnosno polazne pretpostavke rada, da ne postoji podloga za razvitak kulturnog i odgovornog turizma, kao i to da je za rješenje problema nužno otkloniti manjkavosti upravo u inicijalnom obrazovanju.



Slika 1. Infrastruktura i baština [10]

<sup>1</sup> Anketom „Značaj infrastrukture, usluga, kulturne i prirodne baštine u turizmu“ provedenom među studentima Sveučilišta J. J. Strossmayera, u svibnju i lipnju 2015. g. obuhvaćeno je 354 ispitanika, a odgovarali su na ukupno 36 pitanja od koji se dio odnosi na značenje infrastrukture te prirodne i kulturne baštine za turizam.

## 2.2. Baranja – zemlja kruha, ribe i vina

U kontekstu kvantitativnom i kvalitativne analize prirodnih i kulturnih značajki područja, infrastrukture, te prakse iz bližeg i šireg okruženja, u istraživanju provedenom 2016. godine razmotrene su mogućnosti zaštite i stavljanja u turističku funkciju pojedinih prepoznatljivih prirodnih i kulturnih obilježja Baranje kroz više tekućih projekata i inicijativa [11].

Baranja, kao turistička cjelina, objedinjuje važne značajke šireg prostora istočne Hrvatske što ju čini pogodnom za ruralni turizam pa su tu i zabilježeni najveći razvojni pomaci. Model je primjenjiv na cjelokupnu Turističku regiju Slavonija s obzirom na raznolikost konfiguracije terena, koji obuhvaća izdignute lesne terase s razvijenim vinogorjem, nizinu s dominantnom proizvodnjom žitarica, te poplavnim prostorom Drave i Dunava. Radi toga je naslovni projekt Društva za interpretaciju baštine u turizmu prvenstveno usmjeren na uređenje tri etno sela Karanca, Kopačeva i Zmajevca isticanjem njihovih prepoznatljivih obilježja, tipičnog krajobraza i arhitekture, te tradicijskih umijeća gradnje panonske kuće i vinskih podruma, lončarstva, ribolova, proizvodnje vina i hrane te povezanih običaja. Pritom su analizirani i drugi tekući projekti, koji su izravno i neizravno povezani razvitkom ruralnog turizma, kroz promicanje ekološke poljoprivrede, njegovanje tradicijske kuhinje i obrta, korištenja prirodnih materijala iz obnovljivih izvora, te drugih tradicijskih znanja koja su svojom ekološkom prihvatljivošću i energetsom učinkovitošću primjenjiva u suvremenom kontekstu, (napitak) *Osječki višnjevac*, *Muzej u loncu* i *Tradicijski ribarski čamac* [11].

Iz osnovnih značajki projekata obuhvaćenih istraživanjem, vidljivo je da se temelje na stavljanju u turističku funkciju prirodnih i kulturnih obilježja prostora, uključujući i graditeljsku baštinu kao infrastrukturu, te lokalno stanovništvo kao dionike turističke ponude, što zajedno čini platformu održivosti, odnosno odgovornog pristupa razvitku.

Nasuprot projektima obuhvaćenim istraživanjem, analizirana je promidžba turis-

tičke regije Slavonija u strategiji i kampanji Hrvatske turističke zajednice, na primjeru spotova *'Slavonia Full of Life'*, u odnosu na usporediva odredišta, te recentni projekti područnih turističkih zajednica, kako u odnosu na ranije nabrojane projekte, tako i u odnosu na suvremena mjerila i trendove u domeni kulturnog i odgovornog turizma. Primjer su projekti uvršteni u Strategiju kulturnog razvitka Osijeka (koji su poticajni i za razvitak šireg područja, iako stručno verificirani i objavljeni), koji nasuprot tomu nisu uvršteni u strategije i projekte lokalnih TZ-a i HTZ-e. Tako nisu racionalno iskorištena ranija ulaganja i smanjena je efikasnost na očuvanju i stavljanju u turističku funkciju baštine, dakle njezine održive zaštite iz čega proizlazi da je potrebno uskladiti djelovanje i unaprijediti suradnju sustava turističkih zajednica i lokalne samouprave. Projekte lokalnih TZ potrebno je usmjeriti na očuvanje postojeće materijalne i nematerijalne kulturne baštine umjesto na stvaranje generičkih sadržaja, kakav je npr. analizirani projekt, tematski park „*Sulejmana Veličanstvenog*,” koji nema uporišta u lokalnoj kulturi i običajima, dok na drugoj strani zahtijeva znatan ulaganja u infrastrukturu kao supstitut za nedostatak spomeničke baštine iz ciljnog razdoblja. Dakle, takav planirani generički turistički sadržaj ne oslanja se na lokalnu kulturu i običaje, a u kontekstu ruralnog turizma na promidžbu domaćeg poljoprivrednog proizvoda, te općenito nije povezan s lokalnom zajednicom. Jednako tako, iz analize turističko promidžbenog video spota *Slavonia Full of Life*, Hrvatske turističke zajednice vidljivo je da uopće ne prikazuje ljude, dakle negira lokalnu zajednicu. Spot prikazuje prazna polja, naselja i građevine, što je nespojivo s idejom turističke promidžbe, već s promo materijalima koji se koriste u svrhu prodaje nekretnina, a što je dokazano eksperimentom opisanim u istraživanju. Nadalje, dobiveni je rezultat u liniji s činjeničnom depopulacijom istočne Hrvatske osobito ruralnih područja s obzirom na to da nestaju čitava sela. Kao i u pogledu promicanja nepostojeće osmanske baštine, nije upitno samo je li „strategija“ sustava turističkih zajednica učinkovita u razvitku turizma, već je li razvoj turizma uopće njezina svrha [11].

Iz sažetog pregleda provedenog istraživanja vidljivo je da studije slučaja i njihova komparativna analiza upućuju na zaključak da ne postoji zadovoljavajuća strategija i suradnja na planu razvoja kulturnog i održivog turizma između sustava turističkih zajednica, institucija u kulturi, realnog sektora, neprofitnih udruga u domeni očuvanja tradicijske kulture i okoliša, te drugih dionika. Takvo je stanje jasan pokazatelj da je nužna duboka promjena u pristupu turističkom razvitku, koja treba početi izobrazbom kadrova s obzirom da je već na institucionalnoj razini uočljiv nedostatak znanja i kompetencija potrebnih za razvitak održivog modela.

### 3. Obrazovni aspekti

Europska unija prepoznaje Hrvatsku kao turističku destinaciju s potencijalom u interesu rasta vlastitog blagostanja, a koristeći vrijednosni sustav održivog razvoja i konkurentne strategije EU na području turizma. Europska unija je primarno u održivom razvoju te posljedično i održivom turizmu, prepoznala mogućnosti za budući razvoj (i izvan okvira turizma) te je kao takva, implementirala koncepciju održivog razvoja u brojne dokumente, programe, odnosno projekte EU.

U važećem dokumentu Republike Hrvatske naglašava se razvijanje ključnih aktivnosti turističke politike usmjerene na osiguravanje proizvodnih, institucionalnih, organizacijskih i ljudskih pretpostavki za poboljšavanje konkurentne sposobnosti hrvatskog turizma i korištenje resursne osnove na načelima odgovornog i održivog razvoja (Strategija razvoja turizma RH do 2020. str. 3). Kao dominantni proizvod izdvaja se kulturni turizam, posebno relevantni proizvodi kulturnog turizma za Hrvatsku uključuju turizam baštine, turizam događanja i kreativni turizam, a kao proizvodi s izraženom perspektivom razvoja su između ostalih, gastronomija i enologija, ruralni turizam i ekoturizam dok u dokumentu izrazi odgovorni, održivi ili obrazovni turizam nije pronađen u dokumentu (Strategija razvoja turizma RH do 2020. str. 9).

Globalni kriteriji za održivi turizam - osim teme smanjenja negativnih utjecaja na

okoliš, uključuju još i [18]:

- a) učinkovito planiranje za održivi razvoj turizma
- b) maksimiziranje društvenih i ekonomskih dobiti za lokalnu zajednicu
- c) unapređivanje kulturne baštine.

Promjene koje se događaju na području znanosti, tehnologije, informatizacije, demografije, kulture i cjelokupnom načinu života stvaraju nove pretpostavke za razumijevanje prostora slobodnog vremena djece, mladih i odraslih, primjerice na koji način ispuniti i iskoristiti slobodno vrijeme, te kako pojedince i društvo pripremiti za njegovo aktivno korištenje.

Slobodno vrijeme je važno za odmor, zabavu, rekreaciju i razvoj ličnosti osoba te im otvara mogućnosti za zadovoljavanje interesa i potreba te pomaže u aktiviranju stvaralačkih snaga za čije zadovoljavanje i izražavanje nisu imali prilike u ostalim vidovima života [19]. U suvremenom globalnom društvu, slobodno vrijeme će zasigurno ostati fenomen koji će iziskivati nove sposobnosti nužne za "gospodarenje" tim područjem čovjekova života [20].

Shvaćanje slobodnog vremena u suvremenom društvu pretpostavka je za razumijevanje njegova sadržaja i utjecaja na razvoj čovjeka odnosno djece i mladih. Uz pretpostavku kako se u nadolazećem vremenu eventualne promjene u količini i kvaliteti provođenja slobodnog vremena mogu dogoditi, nužno je aktivno sudjelovanje u njegovu osmišljavanju i provođenju, kao i pripremanje mlade generacije za stjecanje iskustava iz tog područje radi razvijanja kulture slobodnog vremena. Važna je interakcija individue i okruženja, pri čemu socijalizacija čini ključni okvir za prihvaćanje i usvajanje vrijednosti društveno poželjnih normi ponašanja naglašavaju Ilišin i Radin [20] dok se sadržaji i aktivnosti obrazovnog turizma mogu povezati s pozitivnim obrazovnim, društvenim i razvojnim ishodima u osoba.

Zemlje s razvijenim gospodarstvom, koje prakticiraju odgovorni turizam, razvijaju inovativnost i kreativnost, uključujući tu i potragu za autentičnošću i identitetom. To je

prostor koji otvara mogućnost proširenoga odgojnog djelovanja u slobodnom vremenu, kako u sferi razvoja kognitivnih sposobnosti, vještina i vrijednosti, upravo su u aktivnostima odgovornog turizma. „Globalizacijski procesi, progresivno umnažanje znanstvenih otkrića, nove tehnologije i načini komunikacije, pojava novih oblika pismenosti u kojima nezaobilazno mjesto zauzima i ekološka pismenost, razlozi su koji ekološku osviještenost čine obrazovnim imperativnom.“ [22]. a autor je smatra važnom za održivi turizam s ishodom ekološkog odgoja i obrazovanja.

Okosnici razvoja odgovornog turizma Wanhill dodaje „rekreativni i edukativni element, zaključujući kako je turističku atrakciju moguće interpretirati kao područje rekreacije i obrazovne aktivnosti izletnika i turista koje oni često dijele s domaćim stanovništvom“ [23].

Sustav obrazovanja ne nudi dostatna rješenja u današnjoj urbaniziranoj kulturi koja je orijentirana prema potrebi za konzumiranjem, a postoji opći interes za odgovornim turizmom i navedenim sadržajima i aktivnostima u radu i za ovakvim odgojem i obrazovanjem koji korespondira s brigom za opće dobro [24.] tj. razvijanje znanja, svijesti, vrijednosti, novih humanih odnosa među ljudima. Kako bi se uspješno mogli suočiti s brojnim nadolazećim izazovima, osim kognitivnih vještina i sposobnosti koji se u najvećoj mjeri promoviraju u obrazovnom sustavu, mladi ljudi trebaju stjecati i razvijati nekognitivne "sklonosti, vrijednosti i samopoimanja" [25].

Turističke agencije danas nude kreativne programe koji uključuju tečajeve crtanja/slikanja, izrade predmeta od keramike, tradicijskih uporabnih predmeta, kuhanja i sl. Odgovorni i kreativni turizma inzistira na učenju osobite vještine koja pripada kulturi receptivne zajednice, a turistički boravak uključuje vlastitu izradu određenih predmeta ili učenje nove vještine kreativni je izraz turista.

#### 4. Zaključak

Suvremena kretanja u turizmu ukazuju na sve veću potrebu izobrazbe o odgovornom turizmu radi stjecanja kompetencija o uzajamnoj uvjetovanosti socio-kulturne, gospodarstvene i ekološke održivosti. To se posebno odnosi na visokoškolsko obrazovani kadar. Na ovu potrebu ukazuje i usvajanje strateških razvojnih smjerova na regionalnoj i nacionalnoj razini u Hrvatskoj.

Rezultati provedenih istraživanjima među studentima osječkog Sveučilišta potvrđuju ovu pretpostavku. Vjerujemo da će učenje o lokalnoj kulturi i izrada predmeta lokalne kulture u okviru sveučilišnog izbornog kolegija s nastavnim sadržajem, ishodima učenja, studenti stjecati potrebnih znanja i praktičnih vještina, a sve navedeno će imati veću promidžbenu vrijednost u postmodernističkom shvaćanju turizma.

Stoga je u okviru ovoga rada koncipiran prijedlog predmeta „Odgovorni i održivi turizam“ kao kolegija na visokoškolskim ustanovama u Slavonskoj regiji; definirani su i didaktički pristup te način provedbe izobrazbe. Prostorni uvjeti ne dozvoljavaju izlaganje kompletnog prijedloga strukture i sadržaja kolegija u ovome radu – već se u prilogu rada daju samo bitni elementi.

Usvajanjem ovoga prijedloga – i provedenom edukacijom - pridonijet će se usmjeravanju postojeće prakse k razvijanju pozitivnih vrijednosti i stavova prema drugima, prirodi, kulturi i društvu u cjelini i polaziti od usvajanja znanja o prirodnim procesima, spoznaje o povezanosti globalnih promjena na Zemlji, njihova utjecaja na čovjeka i okoliš i pridonijeti uvjerenju o vlastitoj participaciji u promjenama. To će onda imati i značajnog utjecaja na razvoj održivog turizma u slavonskoj regiji i njegove poslovne rezultate.

## Literatura

- [1] European Alliance for Responsible tourism and Hospitality  
<https://earthresponsible.files.wordpress.com/2013/05/earth-broc5a1ura-final.pdf> (25.11.2019.)
- [2] Arifhodžić, Melika. (2014). Odgovorni turizam i proces edukacijske interakcije. Godišnjak Titius, 6-7 (6-7), 195-204.
- [3] Živaković-Kerže Z., Mrkonjić, D. (2014). Interpretacija baštine u turizmu kao čimbenik očuvanja identiteta i posebnosti područja", Kultura, društvo, identitet – europski realiteti, Zbornik radova (ur. I.Žužul), Odjel za kulturologiju, Osijek- Zagreb, 615
- [4] Jurišić, Marijana (2018). Održivost kao sastavnica marke turističke destinacije, Sveučilište u Rijeci, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu  
<https://dr.nsk.hr/islandora/object/fthm:1280/preview>
- [5] Throsby, D., (2010). The Economics of Cultural Policy, New York, 150-151
- [6] Miljenović, D. (2018). Testing sustainable value added as an integrative measure of business sustainability. Zbornik radova, Ekonomski fakultet Rijekai, 36 (1), 155-181.
- [7] Zakon o pružanju usluga u turizmu, NN br. 68, Zagreb, 2007.
- [8] Vlada Republike Hrvatske, Strategija razvoja turizma Republike Hrvatske do 2020. godine, Zagreb 2013.
- [9] Horwath HTL (2013) Operativni priručnik za primjenu modela destinacijske menadžment organizacije (DMO). Zagreb: Glavni ured Hrvatske turističke zajednice
- [10] Mrkonjić, D. (2016). Strossmayer - Croatia Full of Wisdom", Zbornik Znanstvene, kulturne, obrazovne i umjetničke politike, (ur. Ž. Pavić et. al.), Osijek: Odjel za kulturologiju Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku, 339-341
- [11] Živaković-Kerže, Z.; Mrkonjić, D. (2016). Baranja – zemlja kruha, ribe i vina. Znanstveno-stručni skup, 14. hrvatsko-slovenske etnološke paralele, Etnologija i selo 21. Stoljeća: Lug u Baranji, 1.–4. 10. 2016., Programska knjižica str. 26
- [12] Alfier, D. (2010), Zaštita prirode u razvijanju turizma, Nebo, Zagreb.
- [13] Müller, H. (2004), Turizam i ekologija, Masmedia, Zagreb.
- [14] Grabovac, V. (2012), UNESCO sva blaga svijeta, Meridijani
- [15] WTO (2007), A Practical Guide to Tourism Destination Management
- [16] Petrić, L. (2011), Upravljanje turističkom destinacijom, Načela i praksa, Ekonomski fakultet Split, Split
- [17] Institut za turizam, Zagreb (2006), Održivi turizam u deset koraka
- [18] Global Sustainable Tourism Criteria - GSTC, 2013
- [19] Mlinarević i Gajger, (2010). Slobodno vrijeme mladih - prostor kreativnog djelovanja. U Međunarodna kolonija mladih Ernestinovo: 2003.-2008.: zbornik radova znanstvenog skupa s međunarodnim sudjelovanjem/ J. Martinčić; D. Hackenberger (ur.). Osijek: HAZU, Zavod za znanstveni i umjetnički rad, 43-58
- [20] Valjan Vukić, (2013). Slobodno vrijeme kao „prostor“ razvijanja vrijednosti u učenika. Magistra Iadertina, 8 (1). 59-73
- [21] Ilišin i Radin (2002) Mladi uoči trećeg milenija. Zagreb, Institut za društvena istraživanja u Zagrebu i Državni zavod za zaštitu obitelji, materinstva i mladeži
- [22] Jukić, (2011): Ekološko pitanje kao odgojno-obrazovna potreba, Soc.ekol., Zagreb, Vol. 20, No. 3., 267
- [23] Wanhill S.R.C. (2009): Innovation in attraction development: Lessons of experience, Acta Turistica Vol. 21, No. 1, EF Zagreb, 8
- [24] Lay i Puđak, (2008). Sociološke dimenzije odgoja i obrazovanja za održivi razvoj. U: Uzelac, V., Vujičić, L. (ur.), Cjeloživotno učenje za održivi razvoj, svezak 1 (str. 95 – 105). Rijeka, Sveučilište u Rijeci
- [25] RH (2013) Strategija razvoja turizma RH do 2020. godine,  
<http://www.mint.hr/UserDocsImages/Strategija-turizam-2020-editfinal.pdf> UNDP, Pristupljeno 12. 11. 2019.
- [26] Toomela, A. (2008) Noncognitive correlates of education. Learning and Individual Differences, 18, 19-28., 19



## PRILOG

### ODGOVORNI I ODRŽIVI TURIZAM

#### - tradicijska znanja, ekonomska, kulturna i prirodna održivost

- Sveučilišni izborni kolegij, namijenjen studentima preddiplomskih i diplomskih studija

- 6 ETCS

- Kolegij je namijenjen studentima:

Fakulteta za agrotehničke znanosti i Tehnološkog fakulteta (s obzirom da se obrazuju za primjenu znanja o proizvodnji hrane uz korištenje poglavito prirodnih resursa, poljoprivrednih površina kao glavnog regionalnog obilježja); Akademije za umjetnost i kulturu (smjerovi Kulturalni menadžment i Medijska kultura u kontekstu korištenja kulturne baštine kao ključa održivosti te promicanja domaćeg proizvoda i turističkog odredišta); Ekonomskog fakulteta (u kontekstu gospodarskih aspekata turizma i stavljanja u funkciju kulturnog kapitala, studentima različitih društvenih smjerova u kontekstu kulturalnih praksi i turizma kao socijalnih fenomena); i Odjela za biologiju Sveučilišta J.J. Strossmayer (u kontekstu ekološke održivosti tradicijskih djelatnosti i odgovornog turizma).

- Obuhvaćena disciplinarna područja:

kulturni turizam, seoski turizam, urbani menadžment, menadžment promjena, analiza kulturalnih praksi, etnologija i kulturna antropologija, povijest, sociologija, ekonomika, ekologija, s posebnim naglaskom na stare zanate, arhitekturu, poljodjelstvo, stočarstvo, ribarstvo-ribolov, enologija, gastronomija, lovstvo, upravljanje slobodnim vremenom, sport i rekreacija.<sup>2</sup>

- Cilj kolegija

Opći ciljevi: Upoznati studente s pojmovima odgovornog i održivog turizma, kulture, tradicijskih kulturalnih praksi, tj. tradicijskih

---

<sup>2</sup> Predmetni kolegij razlikuje se od postojećih kolegija kao što su 'Kulturni turizam', koji je pojmovno znatno širi i ne podrazumijeva održivost kao preduvjet, te kolegija 'Seoski turizam', koji je pojmovno užu te se u prvom redu bavi izravnim ekonomskim učincima na seoska domaćinstva. Uvidom u više izvedbenih programa različitih sveučilišta i fakulteta u RH nije pronađen kolegij koji je specifično orijentiran na odgovorni i održivi turizam kao odlučujući čimbenik u izgradnji turističke razvojne strategije. Također, u inozemstvu (npr. Velikoj Britaniji i Španjolskoj) postoje fakulteti, odnosno diplomski i poslijediplomski studiji koji su posvećeni isključivo ovoj temi.

znanja i djelatnosti, kulturnog prostora kao ključnih za ukupnu kulturnu, ekonomsku i prirodnu (ekološku) održivost, odnosno održivi razvitak promatranog područja.

Posebni ciljevi: Upoznavanje s različitim oblicima turizma (kao društvenog fenomena) i njihovim mogućim korisnim i štetnim učincima na odredište: ekonomiju (makro-ekonomiju i socio-ekonomski položaj lokalne zajednice), kulturu odredišta (kulturni prostor) te okoliš (prirodni prostor).

- Upoznavanje studenata predavanjem, seminarskom nastavom i vježbama o djelatnostima i starim zanatima vezanim uz proizvodnju i pripremu hrane, arhitekturu i stanovanje te svakodnevnicu – kulturalnim praksama, osobito značajnim iz nabrojanih aspekata, ekonomije, kulture, okoliša, te kao mogućih kulturno turističkih potencijala (uvažavajući činjenicu da je turizam najširi spektar kulturne razmjene), koji je uz učinke izravnog prihoda obilježen snažnim potencijalom za promidžbu područja i lokalnog proizvoda, ali i kao čimbenik vrlo erozivnog pritiska na kulturni i prirodni prostor (okoliš), čime kompromitira željene učinke.

- Sadržaj kolegija

1. Upoznavanje s pojmovima: kultura, tradicija, kulturni prostor – značaj i potreba zaštite; odgovorni i održivi turizam nasuprot konvencionalnim oblicima turizma.
2. Turizam temeljen na prirodnim resursima (SSS) i spomeničkoj kulturnoj baštini, nepoželjni učinci i ograničenost kapaciteta. Generički turistički sadržaji. Primjeri iz domaće i inozemne prakse.
3. Odgovorni i održivi turizam temeljen na nematerijalnoj kulturnoj baštini kao neiscrpnom resursu. Osnovne značajke. Opće korisne funkcije. Primjeri iz domaće i inozemne prakse.
4. Turistička promidžba, ciljno tržište.
5. Istraživanja učinaka turizma kao kompleksnog društvenog fenomena.
6. Razvojne strategije turizma.
7. Uloga kulturnih i baštinskih institucija u održivom turizmu (Muzej i uloga muzeja u turizmu).
8. Seminarska nastava.

- Seminarska nastava (radionice na terenu)

Gradnja čikla – tradicijski zanati

Tradicijski ribolov u Kopačkom ritu

Panonska kuća – tradicijska arhitektura

Muzej u loncu – tradicijska prehrana

Vinski turizam - tradicijske poljoprivredne kulture

Nove tehnologije i obnovljivi izvori

- Ishodi učenja

Nakon završenog kolegija studenti će razumjeti pojmove odgovornog i održivog turizma, ali i uvjete održivosti svih oblika gospodarskog razvitka koji nužno uključuje sva tri vida održivosti – ekonomske, kulturne i prirodne kao preduvjeta bez kojih se ne može. Studenti će nakon završenog kolegija razumjeti moguće nepoželjne učinke turizma te moguće korisne funkcije turizma osim izravnog prihoda koji se ostvaruje kroz turističku djelatnost kao što su promidžba lokalnog poljoprivrednog, industrijskog i kulturnog proizvoda. Također, studenti će razumjeti metode istraživanja u turizmu kao alata u planiranju ekonomskih aktivnosti koje su izravno ili neizravno vezane za turizam te će steći kompetencije za primjenu znanja i rezultata istraživanja u razvojnim projektima i praksi. Studenti će usvojiti i praktična tradicijska znanja koja se mogu staviti u funkciju održivog turizma, ali primijeniti i u drugim sferama ekonomije i suvremenog načina života, sportu, rekreaciji te učinkovito korištenju slobodnog vremena.

# MARKETINŠKA ULOGA ODRŽAVANJA ODNOSA SA PODUZETNICIMA KROZ SUSTAV DIGITALNE KOMORE

## *Marketing Role of Maintaining Relationships with Entrepreneurs Through the Digital Chamber System*

*Professional paper*

Marko Dumančić <sup>1</sup>, Antun Marinac <sup>2</sup>, Marko Piletić <sup>2</sup>

<sup>1</sup> HGK – Županijska komora Požega - Požega, Hrvatska

<sup>2</sup> Veleučilište u Požegi, Požega, Hrvatska

\* E-mail: mdumancic@hgk.hr, amarinac@vup.hr, mpiletic@vup.hr

### **Sažetak**

Marketinška informacija je presudni element djelotvornog poslovanja, a javlja se kao rezultat određenog trenda nacionalnog i međunarodnog marketinga, prijelaza od potreba kupaca na njihove želje i prijelaza od konkurencije cijene na konkurenciju druge prirode, između ostaloga i na tržištu u području sektora održavanja. U upravljanju marketingom uvijek je postojala potreba za stalnim priljevom informacija, te u tom dijelu ulogu preuzima Hrvatska gospodarska komora te pomoću nove usluge digitalne komore održava odnose sa poduzetnicima te im olakšava donošenje poslovnih odluka, o čemu će teorijski i praktično biti riječi u ovom radu.

**Cljučne riječi:** Digitalna komora, Marketing, Održavanje,

### **Abstract**

Marketing information is a crucial element of effective business, and occurs as a result of a certain trend of national and international marketing, the transition from customer needs to their preferences and the transition from price competition to competition of a different nature, including in the market in the maintenance sector. There has always been a need for a steady flow of information in marketing management, and this is where the Croatian Chamber of Commerce assumes the role and, through the new digital chamber service, maintains relationships with entrepreneurs and facilitates business decisions, which will be discussed theoretically and practically in this paper.

**Keywords:** Digital chamber, Maintenance, Marketing

## **1. Uvod**

U upravljanju marketingom u sektoru održavanja uvijek je postojala potreba za stalnim priljevom informacija. Na području razmjenskih odnosa u marketingu ta je potreba posebno snažno izražena jer menadžeri koji donose tržišne odluke svakodnevno osjećaju potrebu za informacijama. Brojne su informacije koje stoje na raspolaganju u poslovnom odlučivanju, ali od svih se očekuju sljedeće zajedničke osobine: [3]

- točnost
- pravodobnost
- pouzdanost, da služe kao podloga za odlučivanje i akcije.

Razvoj suvremene telekomunikacijske i digitalne tehnologije, pruža marketingu, pa tako i istraživanju tržišta kao njegovom sastavnom dijelu, brojne nove mogućnosti. Tehnologija je posljednjih godina otvorila neslućene mogućnosti brzoga prikup-

ljanja točnih i pouzdanih informacija, u što se aktivno uključuje i Hrvatska gospodarska komora kao važan tržišni dionik i potporna institucija.

## **2. Pojmovno određenje marketinškog informacijskog sustava**

Noviji organizacijski oblik za prikupljanje podataka, nazvan je marketinški informacijski sustav (*Marketing Information System ili MIS*) [1]. On predstavlja organizirani niz postupaka i metoda kojima se kontinuirano i planirano prikupljaju, analiziraju i interpretiraju podaci, ocjenjuju, čuvaju i distribuiraju informacije koje služe poslovnom odlučivanju. Definicija upućuje na tri skupine bitnih komponenti MIS-a [7]:

- ljudi i oprema za prikupljanje podataka
- postupci prikupljanja, analize, procjene i distribucije prikupljenih podataka
- količina i vrijednost informacija.

Britanski profesor marketinga Mc Donald MIS gleda iz nešto šireg aspekta - pa tako on uključuje [4]:

- dodavanje šifri u prodajno knjigovodstvo kako bi se prepoznali klijenti i proizvodi
- sažetak transakcija klijenata na razini djelatnosti koja je potrebna za marketing
- izvlačenje podataka o klijentima i proizvodima
- njihovo pohranjivanje u bazama podataka
- dodavanje šifri radi lakše segmentacijske analize
- dobivanje softverskih alata za analiziranje i izvješćivanje o bazi podataka

Putem takve mreže izuzetno je unaprjeđen informacijski sustav tvrtke a poboljšanja su najvidljivija u sljedećim aplikacijskim područjima [5]:

- razmjena službenih i privatnih informacija među djelatnicima tvrtke
- potencijalno sudjelovanje svih zaposlenika u participaciji kod upravljanja tvrtkom
- stvaranje, kolanje i dostava poslovne dokumentacije
- razvojne aktivnosti
- obrazovne aktivnosti
- ostali kontakti koji služe za poslovne ali i rekreativne svrhe (čavrljanje).

Kao takav, MIS osigurava stalni pri-tok informacija o cijenama, troškovima propagande, prodaji, konkurenciji i troškovima distribucije u sektoru održavanja. Kad se informacijski sustavi formiraju strateški, a zatim institucionaliziraju kroz organizaciju, njihova je vrijednost povećana te je poduzetnicima lakše donositi odluke.

### 3. Struktura i održavanje Marketinškog Informacijskog sustava

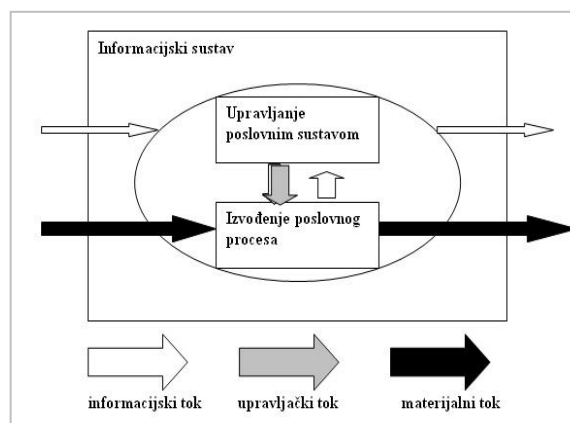
Suvremeni marketinški informacijski sustav praktički je nemoguće zamisliti bez računala, no samo računalo neće dati informacije ako ne postoje ljudi i ako nisu razrađeni standardni postupci koji omogućuje njegovo funkcioniranje i održavanje odnosa sa poduzetnicima. MIS je moguće smatrati skupnim pojmom za razne aplikacije na računalima kao što su: sustavi upravljanja prodajom, sustavi praćenja i izvještavanja prodaje, sustavi telemarketinga, sustavi podrške klijentima itd., ili ako se gleda u odno-

su na istraživanje tržišta, MIS se opisuje kao računalno zasnovan pristup istraživanju tržišta i obavještavanju vezano uz tržište. Za potrebe informacijskih sustava u marketingu, potrebno je uzeti u obzir [6]:

1. sveobuhvatnost i fleksibilnost - zato što su marketinške aktivnosti međusobno povezane kao uzrok i posljedica, uz istodobno promjenjivu okolinu, te sustav menadžerima mora omogućavati razne informacije
2. formalnost i kontinuiranost - zato što sustav mora biti projektiran tako da uzima u obzir određene ciljeve poduzeća promatrane kao cjelina, drugim riječima, sustav se ne projektira za određene organizacijske dijelove već za poduzeće kao cjelinu, imajući na umu duži vremenski horizont te sadašnje, ali i buduće potrebe donositelja odluka
3. organiziranost tijeka informacija za upravljanje procesom donošenja marketinških odluka - zato što sustav mora biti projektiran tako da s jedne strane ne pruža previše podataka, a s druge strane premalo podataka.

Na slici je vidljivo da se MIS sastoji od četiri dijela, tj. podsustava koji komuniciraju međusobno i kao cjelina s okolinom. Pri tome se u svakom od njih podaci evidentiraju i obrađuju radi pružanja informacija za donošenje odluka u marketingu. Ti dijelovi MIS-a su [6]:

- podsustav internih izvještaja
- podsustav marketinškog obavješćivanja
- podsustav marketinških istraživanja
- podsustav analize i potpore za donošenje marketinških odluka.



Slika 1. Marketinški informacijski sustav [10]

Svi navedeni podsustavi su međusobno povezani i razmjenjuju velik broj podataka. Zbog svega toga svaki MIS treba projektirati na način da on bude jedinstven, barem sa stajališta ciljeva, sadržaja i komuniciranja između njih unutar sustava i sustava s okolinom, te precizno odrediti koje aktivnosti se obavljaju u okviru kojeg podsustava, pa tako i u segmentu održavanja odnosa sa poduzetnicima.

#### **4. Hrvatska gospodarska komora kao potporna institucija**

Hrvatska gospodarska komora (HGK) krovna je kuća domaćeg poduzetništva. Osnovana je sa zadaćom da promiče, zastupa i štiti interese članica u zemlji i inozemstvu. Hrvatska gospodarska komora je strukovna udruga gospodarstvenika, najstarija institucija te vrste na području Hrvatske. Potječe od trgovačko-obrtničke komore, koja je počela radom 16. 2. 1852. u Zagrebu (temeljem carskog patenta od 18. 3. 1850.)

Prema Zakonu iz 1991. djeluje pod nazivom Hrvatska gospodarska komora, a zadržala je ustroj koji se temelji na europskoj tradiciji organiziranja komora, s obvezatnim članstvom i djelokrugom poslova utvrđenih zakonom (javno-pravni model komore).

Osnovne su zadaće HGK-a su: zastupanje, usklađivanje i zaštita zajedničkih interesa članica pred državnim tijelima; sudjelovanje u oblikovanju gospodarskog sustava i mjera ekonomske politike; promicanje hrvatskoga gospodarstva u inozemstvu; pružanje usluga burze roba, usluga i sekundarnih sirovina; poslovna izobrazba te izvršavanje povjerenih joj javnih ovlasti i dr. [9]. U sastavu HGK-a danas djeluje 19 županijskih komora i Komora Zagreb.

#### **5. Digitalna komora kao informacijski sustav u funkciji održavanja kontakta s poduzetništvom**

Informacijski sustav se definira kao integrirani korisnik – stroj sustav za osiguranje informacija za potporu managementa, analizi i funkcijama donošenja odluka u kompanijama, ali korištenjem kompjutorskog *hardware*-a i *software*-a, manualnih procedura, modela za analizu, planiranje,

nadzor i donošenje odluka te baze podataka. [2] Ovakvu pozornost strateškim pristupima donošenja informacija potreban je zbog činjenice da treba u svakom vremenskom razdoblju izabrati pravu odluku, u čemu pomažu sustavi HGK-a. U tom smislu takav strateški informacijski sustav treba osigurati takve informacije da ih poduzetnik ima u dovoljnoj mjeri i da nisu napravljeni preveliki troškovi a pogotovo ih treba imati u dovoljnoj količini te u pravom trenutku. Prema tome odluke se mogu donositi na temelju pravovremenih i relevantnih informacija. Osim donošenja odluka poduzetnik mora imati relevantne informacije koje će omogućiti signale upozorenja za nadolazeće prijetnje ili upozoriti na slabosti poduzeća.

Posebno treba pripomenuti da informacije u vidu signala upozorenja moraju biti prepoznatljivi odnosno moraju se znati prvi simptomi nadolazećih prijetnji koje mogu spriječiti ili omesti realizaciju strateških odluka. U današnjem poduzeću gdje ne postoje posebne službe i stručnjaci koje rade na kreiranju i održavanju informacijskog sustava nužno je da i sam poduzetnik posjeduje znanje kako bi u kreirao te učinkovito održavao informacijski sustav, ili koristio sustave HGK o kojima će biti riječi u nastavku.

Digitalna komora je projekt Hrvatske gospodarske komore koji predstavlja komunikacijsku platformu za poslovne subjekte, javnu upravu i građane.

Provedba projekta označava digitalnu transformaciju poslovanja HGK kroz formiranje jedinstvene komunikacijske platforme za e-usluge koja će biti dostupna članicama HKG i poslovnoj zajednici te javnoj upravi i građanima, a značajni postojeći ljudski potencijali biti će učinkovitiji i dostupniji čim će se HGK potvrditi kao vodeća gospodarska aso-cijacija u okruženju.

Tri sadržajna projektna elementa su [9]:

1. Uspostava modela upravljanja i razvojne platforme za Digitalnu komoru te aplikativno-podatkovne infrastrukture za razvoj aplikacija i servisa digitalne komore

- Digitalizacija javnih servisa HGK uz digitalizaciju internih poslovnih procesa za potporu rada s članicama i uspostavu komunikacijske platforme HGK
- Dizajn i digitalizacija sustava za poduzetništvo i razvoj poslovanja te sustava za poslovnu analizu kretanja i pokazatelja gospodarstva i industrije.

Provedbom aktivnosti unutar prije navedenih elemenata postići će se unapređenje postojećih šest usluga i uspostava novih e-usluga:

- e-javne ovlasti
- e-učenje
- e-zakonodavstvo
- e-sajmovi i promocija
- e-financiranje
- e-članice
- e-gospodarske informacije



Slika 2. Digitalna komora [9]

Nadalje, dugoročni rezultati provedbe projekta će biti:

- Unaprijedit će se poduzetničko okruženje i povećati kvaliteta pruženih javnih usluga
- Povećat će se konkurentnost hrvatskih poduzetnika na domaćem i inozemnom tržištu
- Povećat će se učinkovitost i razina kvalitete usluga HGK
- Doprinijet će se stvaranju platforme e-Poslovanje u okviru ciljeva Strategije e-Hrvatska
- Povećat će se razina digitalne internacionalizacije hrvatskog gospodarstva te će se uvesti nove mogućnosti za hrvatske MSP-ove (e-učenje, e-dozvole, e-prijave itd.).

## 5. Zaključak

Razvoj tehnike i tehnologije a time i upravljanja s poduzećima donosi stalne inovacije. Tehnološka sredstva pomoću kojih poduzetnici komuniciraju omogućila su stvaranje Interneta što je dovelo do neslučenih mogućnosti za obavljanje određenih poslovnih sadržaja.

Navedenu funkciju obavlja i Digitalna komora u organizaciji Hrvatske gospodarske komore koja će i u budućnosti pomagati poduzetnicima u donošenju poslovnih odluka i održavanju kvalitetnijeg poslovanja.

## Literatura

- [1] Dibb S., Simkin L., Pride W. M.: Marketing, Europsko izdanje, Mate, Zagreb, 1995., str. 174
- [2] Lacković, Z.: Menadžment malog poduzeća, Osijek, 2003., str.149
- [3] Marušić M., Vranešević T.: Istraživanje tržišta, Adeco, Zagreb, 2001., str. 10
- [4] McDonald M.: Marketinški planovi- kako ih pripremati, kako ih koristiti, Masmedia, Zagreb, 2004., str. 484
- [5] Panian, Ž., Izazovi elektroničkog poslovanja, Narodne novine, Zagreb, 2002. str. 473
- [6] Previšić J., Ozretić Došen Đ.: Marketing, Adverta, Zagreb, 2004., str. 97
- [7] Ružić D., Tomčić Z., Turkalj Ž.: Razmjenski odnosi u marketingu - organizacija i provedba, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet Osijek, Osijek, 2002. str. 27
- [8] Strategija e- Hrvatska 2020
- [9] <https://www.hgk.hr/hrvatska-gospodarska-komora/onama>, 1.10.2019.
- [10] Kotler P.: Upravljanje marketingom- analiza, planiranje, primjena i kontrola, Informator, Zagreb, 1994.

# IZGRADNJA TVORNICE ZA KISELJENJE ČEPINSKOG KUPUSA

## *Construction of 'Čepin Cabbage' pickling plant*

*Professional paper*

Lara Liović

Panon - institut za strateške studije, Osijek & Udruga „Čepinski kupus“, Hrvatska  
E-mail: lara.liovic@gmail.com

### **Sažetak**

Čepinski kupus je autohtono povrće s tradicijom uzgoja od više stoljeća. Unatoč njegovoj kvaliteti (pogodan za pripremu više vrsta hrane) na tržištu slavonske regije, Hrvatske i šire – još uvijek nema odgovarajući tržišni tretman. Nekoliko mještana naselja Čepin je u proteklim godinama realiziralo više važnih koraka u pripremi tržišne valorizacije čepinskog kupusa koje su završile konceptom projekta za izgradnju tvornice za kiseljenje ovog povrća u naselju Čepin. Mnogo je entuzijazma, stručnosti i volonterskog rada uloženo u ovaj proces i sada je na poduzetnicima i lokalnim/regionalnim vlastima da se projekt oživi.

**Ključne riječi:** Čepinski kupus, Kiseljenje, Ruralni razvoj, Tvornica

### **Abstract**

Cabbage is an indigenous vegetable with a centuries-old cultivation tradition. Despite its quality (suitable for the preparation of several types of food) in the market of the Slavonian region, Croatia and beyond - there is still no appropriate market treatment. Several local residents of Čepin have made several important steps in the past few years in preparing the market valorization of Čepin cabbage, which ended with the concept of a project for the construction of a plant for the acidification of these vegetables in Čepin. A lot of enthusiasm, expertise and volunteer work have been invested in this process and now are businessmen and local government office project to bring about the full realization.

**Keywords:** Acidification, Čepin cabbage, Industrial facility, Pickling

## **1. Uvod**

Čepinski kupus je tradicionalna autohtona sorta kupusnjače vezana za geografski smještaj Općine Čepin. Povod za brendiranja Čepinskog kupusa je upravo i bila višestoljetna tradicija uzgoja čepinskog kupusa. Prije nekih 30-ak godina kada je Republika Hrvatska ušla u tranzicijsko razdoblje, čepinski kupus polagano gubi na značaju i nestaje s površina za uzgoj, te se zadržava samo na malim parcelama koje po tradiciji čuvaju stariji mještani Čepina, te usmeno prenose znanje o tzv. odgoju sjemena. Unatoče njegovoj kvaliteti na tržištu slavonske regije i Hrvatske čepinski kupus još uvijek nema odgovarajući tržišni položaj.

### **1.1. Proizvodnja kupusa u Hrvatskoj**

U Hrvatskoj se kupus uzgaja na oko 9.500 hektara, s kojih ga se godišnje ubere oko 125.000 tona. Po zastupljenosti u proizvodnji, kupus je najraširenija povrtna kultura u Hrvatskoj. Najveće površine pod kupusom nalaze se u Zagrebačkoj, Zadarskoj i

Splitsko-dalmatinskoj županiji, gdje ga se najviše proizvedi. Prosječan prinos kupusa u Hrvatskoj je 13,5 t/ha, što je gotovo 8 tona manje od svjetskog prosjeka odnosno 3-4 puta manje od prinosa koji se postiže u državama našeg bližeg okruženja kao što su Slovenija, Austrija ili Njemačka. Razlog relativno niskim prosječnim prinosima je taj što je u nas statistički evidentirana i proizvodnja u vrtovima i na okućnicama namijenjena isključivo za potrošnju u vlastitom domaćinstvu gdje su prinosi izrazito niski. Proizvođači koji proizvode kupus na većim površinama, i čija je proizvodnja namijenjena za tržište, ostvaruju znatno veće prinose. U priobalnim područjima kupus se najviše uzgaja za zimsku i proljetnu i ranoljetnu berbu kada se postiže i najviša cijena. Iz te se proizvodnje koristi isključivo za svježju potrošnju. U kontinentalnom području osim za svježju potrošnju tijekom ljeta i jeseni, značajna je proizvodnja kasnih jesenskih sorti namijenjenih kiseljenju. Osim kiseljenja u domaćinstvima, preko 6.000 t godišnje se

preradi u industrijskim pogonima. Uz domaću proizvodnju, Hrvatska godišnje uvozi oko 1.800 tona kupusa, a izvozi svega 450 tona."

Osim kulturnog i socijalnog aspekta, koji čepinski kupus ima zaslužen - u široj zajednici, njegov nekadašnji agro-ekonomski i agro-socijalni učinak jednostavno je izbljedio, i ljudi koji su se s njim bavili postupno su odustajali od komercijalne proizvodnje čepinskog kupusa, te kao i svaka zemlja koja nije najbolje uspjela prerasti razdoblje tranzicije, poljoprivrednici su se prebacivali na uzgoj komercijalnih kupusnjača iz uvoznog sjemena zbog niza razloga, poput tipičnog marketinškog trika 'velikih prinosa'.<sup>1</sup>

Nekoliko mještana naselja Čepin je u proteklim godinama realiziralo više važnih koraka u pripremi tržišne valorizacije čepinskog kupusa koje su završile konceptom projekta za izgradnju pogona za kiseljenje ovog povrća u naselju Čepin. Mnogo je entuzijazma, stručnosti i volonterskog rada uloženo u ovaj proces

## 2. Odgoj sjemena i brendiranje čepinski kupus

Tradicionalan uzgoj čepinskog kupusa je sačuvan među domicilnim stanovništvom, te je znanje o uzgoju sjemena prenošeno obiteljskim naraštajima. Taj trend je sačuvan do danas iako je proizvodnja čepinskog kupusa svedena na minimum obiteljskih potreba domaćinstava koja ga proizvode gotovo samo za osobne potrebe; neke manje količine prodaju se na osječkoj zelenoj tržnici.

Žene koje se većinom bave očuvanjem sjemena taj postupak nazivaju "odgoj sjemena". Postupak je jednostavan, a sjeme uspijeva preživjeti i zadržati svoju klijavost i do 10 godina. Lokalna tradicija je održala autohtonu sortu čepinskog kupusa među nekoliko obitelji u Čepinu.



Slika 1. Sjeme Čepinskog kupusa

### 2.1. Povijesni detalji

Zbog velikih potencijala čepinskog kupusa te u isto vrijeme i zbog prijetće opasnosti da ovo autotno i kvalitetno povrće nestane u procesima globalizacije (veliki uvoz povrća i prerađevina od povrća u velikim trgovačkim lancima) ova autorica je više godina prikupljala podatke o čepinskom kupusu.

Između ostalog čepinski kupus se pojavljuje i u spisima iz razdoblja turske vladavine u Slavoniji; npr. osmanlijski harač u Požeškom sandžaku.<sup>2</sup> Potom se čepinski kupus, provlači kroz povijesne spise samo kao kupus, te njegova velika proizvodnja i opisi glavica tog kupusa ostaju samo seoska usmena predaja, poput onih kako se zaprežnim kolima odvozile glavice i promjera do 80 cm.

Ozbiljnija studija se pojavila 1959. godine u Zagrebu, kada je inženjerka Vera Mikolčević radila svoju doktorsku disertaciju te izdala knjigu „Prilog poznavanju gospodarskih važnijih morfoloških i bioloških svojstava domaćih sorata kupusa”.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Valja posebno naglasiti djelovanje uvoznčkih lobija i regule koje omogućavaju zasićenje domaćeg tržišta manje kvalitetnom robom, te uništavanje domaće proizvodnje i njene izvozne ambicije.

<sup>2</sup> Ovo je područje (Nahija Čepin, koja pripada Požeškom sandžaku) plaćalo harač najvećim dijelom u kupusu, lanu, konoplji i bijelom i crvenom luku, jer ga najviše uzgaja.

<sup>3</sup> Fakultet poljoprivrednih znanosti (Zagreb) i Institut za jadranske kulture i melioraciju krša (Split), osnivaju u Splitu 1978. godine Centar za studije poljoprivrede mediterana, te se na postdiplomskom studiju "Vrtlarstvo" izdaju skripte "Kupusnjače – Brassicae Oleraceae" (prof.dr. Paula Pavlek). U tim se skriptama opisuje i čepinski kupus. Potom je, prema Zakonu o sjemenu, sadnom materijalu i priznavanju sorti poljoprivrednog bilja, čepinsku kupusu stavljen na sortnu listu autohtonog starog sjemena.



## 2.2. Brendiranje čepinskog kupusa

Građanska akcija je u suradnji s lokalnom samoupravom pokrenula proces brendiranja čepinskog kupusa; to je bio dugotrajan proces koji je zahtijevao kompleksan i višeslojan pristup ideji oživljavanja proizvodnje čepinskog kupusa i njegove tržišne valorizacije. Temeljne aktivnosti u ovom procesu bile su:

- Udruživanje lokalnih aktivista
  - osnivanja je udruga „Čepinski kupus“
- Odnosi s javnošću
  - aktualizirana je problematika uvećavanja proizvodnje čepinskog kupusa
- Triple HelixSynoptic<sup>4</sup>
  - Postavljen je model trostruke uzvojnice: suradnje Vlade RH, akademske zajednice i gospodarstva
- Lokalna tradicija
  - Općina Čepin jamstvenim žigom "Čepinski kupus" pri Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo jamči porijeklo
  - Izrađen je i Pravilnik o uzgoju čepinskog kupusa
- Agrosocijalno osvješćivanje
  - Među djecom i mladim naraštajima, te školovanje poljoprivrednika, prehrambenih tehnologa i inženjera za održavanje, osim ekonomista i pravnika
- Agroekonomski učinak
  - Povećanje potražnje tržišta za čepinskim kupusom
- Marketing
  - Veoma uska tržišna niša (specifičnost najbolje motane sarme čepinskim kupusom)
- Komercijalni pristup
  - Osnovana tvrtka 'Čepinski kupus' j.d.o.o.

Kroz sustav TripleHelixSynoptic, i sam proces brendiranja Čepinskog kupusa dobiva na značaju u široj društvenoj i lokalnoj zajednici. U proces brendiranja uključuju se Općina Čepin, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Poljoprivredni fakultet i Osječko-baranjska županija te Panon Institut za strateške studije Osijek. [7]

<sup>4</sup> TripleHelixSynoptic JE zaštićen verbalni žig Lare Liović, termin trostruke suradnje - Vlade RH, akademske zajednice i gospodarstva.

Tako je u procesu brendiranja – proteklih godina:

- a) ishodovan (2017.) Jamstveni žig „Čepinski kupus“ (sl.2),
- b) načinjen je Pravilnik o proizvodnji (2017.),
- c) načinjen je (2018.) prijedlog projekta za izgradnje tvornice i predan tijelima Županije koja je ovaj prijedlog uvrstila u Strategiju razvoja OBŽ-e,



Slika 2. Sjeme Čepinskog kupusa

Izgradnja Tvornice kiselog čepinskog kupusa (KČK) pridonijela bi ruralnom razvoju, očuvanju tradicije te povećala u gospodarsku konkurentnost ovog dijela regije.

## 2.3. Prodaja putem Facebooka

Čepinski kupus je svoj direktan prodajni put našao putem društvenih mreža, na kojima uspješno gradi svoju priču brendiranja i prodaje te na taj način stvara direktnu prodaju od proizvođača do kupaca, zaobilazeći neravnomjernu tržišnu utakmicu unutar velikih trgovačkih lanaca. Tako je na Facebooku Fan Page: *Udruga Čepinski kupus* najavila prodaju svježeg ubranog čepinskog kupusa, te stvorila listu kupaca. Zapažen je veliki interes ne samo iz bliže okoline, već iz cijele Hrvatske te s upitima za suradnjom iz inozemstva. Ujedno uvid u povratnu informaciju o zahtjevima tržišta i ljubiteljima sarme.



Slika 3: Na njivi čepinskog kupusa

### 3. Tvornica za kiseljenje čepinskog kupusa - Čepin

#### 3.1. Tržište

Čepinski kupus se zbog svoje specifičnosti, isključivo orijentira na proces kiseljenja, posebno zbog krajnjeg prehrambenog proizvoda zvanog - sarma. Obzirom na njegovu prepoznatljivost prilikom motanja sarme, izuzetno je tražena sorta kupusa, koja ima tanke listove, lako se kiseli i ima mali korijen koji izuzetno pogoduje zahtjevnom tržištu i kupcima koji vole sarmu. Trenutne količine proizvedenog kiselog čepinskog kupusa jednostavno ne mogu zadovoljiti ni potražnju lokalne zajednice, a zbog zanemarivanja starog sjemena čepinskog kupusa, u današnjim vremenima proizvede se jedva 10 tona svježeg kupusa, gdje 90% količine tog istog čepinskog kupusa odlazi na daljnju domaćinsku preradu u procesu kiseljenja.

Orijentacija je na okrupnjivanje proizvodnje kako bi se namirilo veliko tržište i izvan granice Hrvatske, odakle se već sada dobivaju upiti za puno veće količine koje lokalni entizijastički proizvođači trenutno nisu u stanju proizvesti.

#### 3.2. Sirovine

Sirovina je autohotona sorta zvana Čepinski kupus. Proizvođači su domicilno stanovništvo koje je uređeno kao obiteljsko poljoprivredno gospodarstvo ili poljoprivredni obrt. Sirovina će se skladištiti u hladnjači, te će jedan dio ići na uvrećavanje i daljnju prodaju kao svježi kupus, dok će se većina prerađivati u kiseli čepinski kupus. Otpadna sirovina će se koristiti kao supstrat za kompostiranje.

#### 3.3. Lokacija tvornice

Iz više razumljivih (već navedenih) razloga tvornica KČK bi trebala biti izgrađena na području općine Čepin; ova lokacija u potpunosti zadovoljava temeljne geografske, infrastrukturne, institucionalne, tržišne i društveno-kulturne kriterije – kako slijedi:

##### Geografski položaj

- Čepin se nalazi u sjevero-istočnom dijelu Republike Hrvatske – blizu granice s Mađarskom (35 km) i Srbijom (50 km).

- Čepin je smješten uz autocestu Slavonika koja povezuje zemlje zapadne i srednje Europe sa zemljama juga, istoka i sjevera kontinenta; Koridor V.c.

Mogući rokovi sjetve, sadnje i berbe kultivara kupusa

Kultivari	Sjetva	Sadnja	Berba
	mjesec/tjedan	mjesec/tjedan	mjesec/tjedan
Kontinentalno područje			
Rani	2./3.-3./1.	3./4.-4./1.	5./3.-6./4.
Ljetni	3./3.-4./1.	4./3.-5./1.	6./4.-8./4.
Jesenski	4./4.-5./4.	6./1.-7./1.	9./3.-11./2.
Ozimi	9./1.-9./3.	10./2.-10./3.	4./4.-5./2.

Ekonomska isplativost uzgoja kasnog kupusa

Kalkulacija pokriva varijabilnih troškova	HRK/ha
Prinos, kg/ha	65.000
Cijena, 1 kg	1,50
UKUPNI PRIHOD	97.500,00
Presadnice	18.625,00
Mineralna gnojiva	7.671,70
Sredstva za zaštitu bilja	3.869,45
Vreće	1.841,67
Berba, sortiranje i klasiranje	10.833,33
Ostali troškovi	500,00
UKUPNI VARIJABILNI TROŠKOVI	49.165,95
PVT	48.334,05
Troškovi vlastite mehanizacije	4.812,58
DOHODAK	43.521,47

Slika 4: Iz studije o proizvodnji kupusa [7]

#### Javna infrastruktura

Transportna, energetska i elektroenergetska te telekomunikacijska infrastruktura i konfiguracija tla kao i dostupnost vode i odvodnje te odlaganje otpada - u potpunosti zadovoljavaju sve kriterije i standarde za izgradnju Tvornice KČK:

- cestovna mreža (područje ima razvijenu lokalnu i magistralnu cestovnu mrežu; u blizini je autocesta Slavonika - Koridor VC)

- željeznička mreža

- aerodrom (Zračna luka Osijek osposobljena za putnički i teretni promet) 30-tak km od buduće tvornice)

- riječna luka (Luke na rijeci Drava kod Osijeka i na Dunavu (kod Vukovara) osposobljene za pretovar rasutih i kontejnerskih tereta i međunarodni promet) 25 i 45 km buduće tvornice

- elektroenergetska mreža (razvijena lokalna 35/10 kV i magistralna 110/35 kV elektroenergetska mreža te blizina trafostanice Ernestinovo 400/220 kV

- plinska mreža (razvijena lokalna i magistralna plinska mreža u Osijeku i oko grada)

- Skladište naftnih derivata (u Osijeku se nalaze distributivni centri i regionalni kapaciteti za skladištenje naftnih derivata)

- telekomunikacijska čvorišta (Osijek je regionalno telekomunikacijsko središte, a povezan je i svjetlovodnim kabelom na europsku mrežu)
- konfiguracija tla (ravničarska konfiguracija tla u regiji i oko grada Osijeka omogućuje najjeftiniju izgradnju proizvodnih kapaciteta te najmanje transportne troškove)
- dostupnost vode (regija i okolina Osijeka imaju izvrstan režim podzemnih voda te blizina rijeke Drave omogućuje stabilnu, kvalitetnu i količinsku opskrbu tehnološkom vodom)
- dostupnost odvodnje (u mjestu je razvijena površinska kanalska mreža i podzemna mreža kanala omogućuju kvalitetnu odvodnju otpadnih voda).

#### Upravne i javne institucije

- Općina Čepin nalazi se u neposrednoj blizini grada Osijeka (preko 100.000 stanovnika) koji je administrativno središte županije i sveučilišni, kulturni, sportski i privredni centar slavonsko-baranjske regije (istočna Hrvatska). Sve relevantne institucije za izvoznouvozne poslove - carinske službe, špedicije, gospodarska komora i dr. smještene su u gradu Osijeku. Navedeno u potpunosti omogućava nesmetano poslovanje (buduće) Tvornice kiselog čepinskog kupusa.

#### Društveno-kulturni okvir

- Općina Čepin, kao i širi dio Osječko-baranjske županije, ima stoljetnu industrijsku i obrtničku tradiciju; spomenimo samo da se prvi biodizel proizvodio u Čepinskoj tvornici ulja ranih 20-ih godina prošlog stoljeća. Prednost je također i što je Čepin smješten u neposrednoj blizini Osijeka kao sjedišta znanstvene zajednice Slavonije i Baranje s velikim brojem doktora znanosti i inženjera raznih tehnologija koji svojim znanjem mogu pridonijeti razvoju ove tvornice.

#### 3.4. Ljudski potencijali

Do sada uključeni građani entuzijasti, poljoprivredni proizvođači, tehnolozi i drugi stručnjaci koji su realizirali dosadašnje aktivnosti kao i preformance uključenih institucija jamac su - glede predstojećih etapa provedbe ove poslovne i društvene ideje – uspješne realizacije, naravno - uz suradnju s lokalnim i regionalnim vlastima.



*Slika 4: Članovi udruge „Čepinski kupus“ proizvode KČK – za sada - u svojim obiteljskim garažama*

- Izgradnja tvornice KČK bi omogućila povećanu proizvodnju lokalnih OPG-a i odgovarajuće ekonomske, socijalne i društvene učinke u lokalnoj zajednici;

- Postojeća fond nezaposlenih ili podzaposlenih stanovnika općine Čepin osigurava po strukturi obrazovanja potreban broj budućih zaposlenika Tvornice KČK.

- Tvornica KČK bi u početnoj fazi proizvodnje zapošljavala oko 15 radnika (inženjera, tehničara, laboranata, skladišnih, transportnih, i administrativnih radnika), a kasnije oko pedeset.

- Poslovanje KČK će utjecati i na veću poslovnu angažiranost/zapošljavnje u tzv pratećim poslovnim djelatnostima (gafičke, ambalažne, prijevoznike i održavateljske djelatnosti).

#### 3.5. Tehnologija

Osnovni elementi tehnologije Tvornice KČK su: skladište, hladnjača, bazeni za kiseljnje i prostor za vakuum pakiranje, uz prateće sadržaje administracije i transporta. Tehnologija će se temeljiti na tradicijskim receptima u čije će određivanje biti uključeni Poljoprivredni i Prehrambeno-tehnološki fakulteti u Osijeku - u skladu sa standardima Europske Unije.

#### 4. Zaključak

Čepinski kupus je tradicionalna autohtona sorta kupusnjače vezana za geografski smještaj Općine Čepin. Ovaj povrtni proizvod ima vrlo značaj tržišni potencijal . koji do sada nije bio sagledan niti valoriziran.

Građanska akcija entuzijasta iz naselja Čepin je u suradnji s lokalnom samoupravom pokrenula proces brendiranja čepinskog kupusa u cilju oživljavanja proizvodnje i odgovarajuće njegove tržišne valorizacije. Tako je u protekle tri godine realiziran niz stručnih, upravnih, agro-tehničkih i tržišnih aktivnosti koje su rezultirale osnivanjem udruge „Čepinski kupus, dobivanjem jamstvenog žiga za Čepinski kupus te na kraju urodile konceptom projekta za izgradnju Tvornice kiselog čepinskog kupusa.

Realizacija ove poslovne ideje imala bi značajne učinke na očuvanje agro tradicije, povećanju povrtlarske proizvodnje na području OBŽ, povećanju zaposlenosti lokalne radne snage i rastu poslovne konkurentnosti slavonske regije.

## Literatura

- [1] Jurišić, Žaklina - "Hrvatska poljoprivreda 2030. godine", Hrvatska gospodarska komora, Zagreb
- [2] Državni arhiv Osijek - Popis sandžaka Požega 1579.godine, Požega 1987., ur. dr.sc. Stjepan Sršan
- [3] Matotan Zdravko - Tehnologija proizvodnje i sortiment kupusnjača, stručni rad, Glasnik zaštite bilja 4/2006
- [4] Ministarstvo poljoprivrede - Uprava kvalitete hrane i fitosanitarne politike, Sektor za označavanje hrane i kvalitetu, 2015.
- [5] Šarić Anđa, Čepin (arhiva odgoj sjemena)
- [6] Hrvatski glasnik intelektualnog vlasništva Zaštita - Jamstveni žig vlasnik: Općina Čepin
- [7] Milan Ivanović, M.; Subašić, R.; Trischler, R. - Development of fruit and vegetable processing industry in Slavonia and Baranja; the paradigm is needed; 2<sup>nd</sup> International scientific conference „Economy of Easter Croatia“ Yesterday, today and tomorrow“, Osijek, May, 23-25, 2013; Proceedings, pp 54 – 64
- [8] Marušić Mihaela – studija o proizvodnji Čepinskog kupusa

# KOMUNALNO ZBRINJAVANE OTPADA – stanje u gradovima slavonske regije

## *Municipal Waste Management – Situation in Cities of the Slavonia Region*

*Original scientific paper*

Milan Ivanović

Panon - institut za strateške studije, Osijek  
E-mail: milanivanovi4@gmail.com

### **Sažetak**

Civilizacijskim razvojem te urbanizacijom rastu količine svih oblika otpada iz ljudskih aktivnosti – što s emisijama stakleničkih plinova (posebno iz energetske transformacije) ima vrlo nepovoljne utjecaje na okoliš i postojeći klimatski sustav na planetu. Europska unija je izradila i usvojila najviše standarde očuvanja okoliša i klime na svijetu, a Republika Hrvatska je pristupanjem u ovu međunarodnu zajednicu država prihvatila niz obveza, između ostalog, i u području zaštite okoliša; ovdje – u sektoru zbrinjavanja i gospodarenja otpadom. U ovom je radu načinjen okvirni pregled EU regulative za zbrinjavanje otpada te se razmatraju postignuća u realizaciji preuzetih obveza u prikupljanju i selekciji komunalnog otpada u gradovima na području slavonske regije, posebno za grad Osijek. U zaključku se ističe da Hrvatska nije ispunila preuzete obveze te ukazuje na potrebu snažnijeg uključivanja znanstvenika u provedbi ovih komunalnih aktivnosti - posebno glede recikliranja i razvoja novih poslova u sektoru zbrinjavanja otpada na području slavonske regije.

**Ključne riječi:** EU legislativa, Komunalni otpad, Recikliranje, Slavonija, Zaštita okoliša

### **Abstract**

Through civilization development and urbanization, quantities of all forms of waste from human activities are growing - which, with greenhouse gas emissions (especially from energy transformations), has very adverse effects on the environment and existing climate system on the planet. The European Union has set and accepts highest environmental and climate protection standards in the world, and by accession to international community the Republic of Croatia has accepted a number of obligations, including in field of environmental protection; in this case - in a waste management sector. This paper reviews (in short) EU waste legislation and discusses achievements in implementation of commitments in collection and selection of municipal waste in cities in the Slavonia region - especially for the Osijek city. It concludes that Croatia has not fulfilled its commitments and points to the need for stronger scientist's involvement in the implementation of these communal activities - especially regarding recycling and new business development in the Slavonia region.

**Keywords:** Environmental protection, EU legislation, Municipal waste, Recycling, Slavonia

## **1. EU okviri zaštite okoliša**

Tehnološkim razvojem te urbanizacijom rastu količine svih oblika otpada – iz industrije i rudarstva, poljoprivrede i šumarstva, građevinarstva, transporta, turizma, javnih službi (osobito zdravstva) te kućanstava - značajnije od sredine druge polovice XX. stoljeća. U isto vrijeme - a naročito početkom XXI. stoljeća – prikupljeno je sve više dokaza o klimatskim promjenama koje su prouzročene razvojem civilizacije (emisije CO<sub>2</sub> – s velikim udjelom iz energetske transformacije) te nastajanjem i odlaganjem otpada; ugrožen je okoliš (tla, vodni resursi, biljni i životinjski svijet) i postojeći klimatski režim. To su temeljni razlozi zbog kojih je Europska unija pokrenula niz mehanizama u svojim razvojnim politikama za

smanjenje utjecaja suvremenog čovjeka na postojeći klimatski režim na Zemlji; naš planet je ugrožen i prijete velike promjene: rast temperature na planetu, porast razine oceana, poremećaj zračnih i morskih struja te smanjenje bioraznolikosti i nestajanje brojnih biljnih i životinjskih vrsta.

Tako je EU razradila i postavila najviše standarde očuvanja okoliša na svijetu. Republika Hrvatska je pristupanjem u ovu međunarodnu državnu zajednicu prihvatila niz obveza, između ostalog, i u području zaštite okoliša.

EU politika (i regulativa) zaštite okoliša danas obuhvaća više od 300 dokumenata (rezolucije, direktive, propisi, uredbe) koje države članice trebaju prenijeti u nacionalna zakonodavstva [1]:

Tri su ključne faze razvoja politike zaštite okoliša u EU. Prva faza počinje 1972. Kada EU stvara institucionalnu osnovu za razvoj politika zaštite okoliša i određuje strateška načela. Druga počinje donošenjem Jedinstvenog europskog akta (1987.) kojim se jača pravna osnova politike zaštite okoliša te donose ciljevi i dopunjuju procedure. Treća počinje donošenjem Ugovora iz Maastrichta (1992.) kada zaštita okoliša ulazi u temelje politika EU i traje do danas. Ugovorom iz Amsterdama (1997.) uvedena je obveza prema kojoj politika okoliša mora postati sastavnim dijelom svih sektorskih politika EU u svrhu promicanja održivog razvoja. Ugovor iz Lisabona (2007.) donosi ciljeve očuvanja, zaštite i poboljšanja kvalitete okoliša, zaštite zdravlja ljudi, mudrog i racionalnog korištenja prirodnih resursa i promicanja mjera na međunarodnoj razini za rješavanje svjetskih problema u području okoliša, s posebnim naglaskom na mjere glede zaustavljanja klimatskih promjena [2].

Za području zaštite okoliša - u EU su, uz direktive, važne sektorske strategije, planovi održivog rasta te akcijski planovi. Glede aktualne strategije rasta (*Europa 2020.*) na snazi su tri ključna prioriteta EU do 2020. godine:

- pametan rast: razvijanjem ekonomije utemeljene na znanju i inovaciji
- održiv rast: promicanjem ekonomije koja učinkovitije iskorištava resurse, koja je zelenija i konkurentnija
- uključiv rast: njegovanje ekonomije s visokom stopom zaposlenosti koja donosi društvenu i teritorijalnu povezanost.

U Akcijskim programima zaštite okoliša EU definira srednjoročne i dugoročne ciljeve zaštite okoliša i konkretne mjere za njihovo ostvarivanje. *Sedmi akcijski program zaštite okoliša do 2020.* ('Živjeti dobro unutar granica našeg planeta')<sup>1</sup>[3]. temelji se na tri strateška dokumenta:

<sup>1</sup> Europski parlament i Vijeće EU usvojili su (2013.) Sedmi akcijski program koji obuhvaća razdoblje do

- *Europa 2020.* [4]
- *Plan za resursno učinkovitu Europu* [5]
- *Strategija bioraznolikost za 2020.*[6].

Tako je EU okvir politike zaštite okoliša do 2020. godine strateški određen s 9 elemenata [1]:

- 1) zaštititi, očuvati i povećati prirodni kapital EU
- 2) pretvoriti EU u resursno učinkovito, zeleno i konkurentno gospodarstvo s niskom razinom emisija CO<sub>2</sub>
- 3) zaštititi građane EU od pritiska i opasnosti za njihovo zdravlje i blagostanje povezanih s okolišem.

U ostvarenju ova tri cilja određena su četiri prioriteta:

- 4) poboljšati provedbu EU regulativa u području okoliša
- 5) poboljšati utemeljenost EU politike u području okoliša na dokazima i znanju
- 6) osigurati ulaganja u politiku okoliša i klimatsku politiku, rješavati popratne troškove povezane s okolišem i
- 7) povećati uključenost pitanja okoliša i usklađenost politika.

Pored ovih sektorskih usmjerenja usvojena su i dva (horizontalna) prioriteta:

- 8) poboljšati održivost gradova na području EU
- 9) povećati djelotvornost EU u rješavanju međunarodnih izazova povezanih s okolišem i klimom.

Predmet naših razmatranja je gospodarenje otpadom – tako da se ovdje neće ukazivati na bitne dokumente i aktivnosti direktno vezane za bioraznolikost, očuvanje voda (i gospodarenje) te klimatska pitanja – iako su svi ovi sektori međusobno značajno povezani.

---

2020. godine. Program je vođen dugoročnom vizijom: "Godine 2050. živimo dobro, unutar ekoloških ograničenja planeta. Naše blagostanje i zdrav okoliš proizlaze iz inovativnog, kružnog gospodarstva u kojem se ništa ne gubi i u kojem se prirodnim resursima upravlja na održiv način, a bioraznolikost se štiti, vrednuje i održava tako da se pojačava otpornost našeg društva. Naš rast s niskom razinom emisije CO<sub>2</sub> već je dugo odvojen od korištenja resursa, što određuje tempo za sigurno i održivo globalno društvo." [3]

## 2. Politika i regulativa Europske unije u gospodarenju otpadom

Cilj je EU politike (i prateće regulative) u gospodarenju otpadom smanjiti negativan učinak nastajanja otpada na okoliš. Politika gospodarenja otpadom u EU razvijala se progresivno od 1975. godine kada je donesen prvi regulativni akt o otpadu [1]. Dugoročan cilj EU u gospodarenju otpadom je postati „*društvo koje reciklira sve vrste otpada*“; što je naznačeno u tematskoj strategiji o sprečavanju nastajanja i recikliranju otpada [7].

Godine 2012. Europski parlament je usvojio *Rezoluciju o resursno efikasnoj Europi* [8] u kojoj ističe da financiranje iz fondova EU mora biti usklađeno s prioritarnim aktivnostima koje se nalaze na vrhu hijerarhije gospodarenja otpadom.

Koncept hijerarhijskog slijeda zbrinjavanja otpada temelji se na načelu rangiranja opcija u zbrinjavanja otpada:

- od prioritetne prevencije nastajanja otpada
- preko ponovne uporabe (recikliranje, materijalne i/ili energetske uporabe)
- do odlaganja otpada.

Cilj je ove politike povećanje energetske učinkovitosti i smanjivanje nepovoljnih utjecaja na okoliš i zdravlje ljudi, a regulatorni okvir čine: *Okvirna direktiva o otpadu* [9][10], *Direktiva o odlaganju otpada*<sup>2</sup>[11], *Direktiva o spaljivanju otpada*<sup>3</sup> [12] i *Uredba o pošiljkama otpada* [13].

Okvirna Direktiva o otpadu propisuje da države članice do 2020. trebaju (putem nadležnih tijela) osigurati pripremu:

<sup>2</sup> Direktiva o odlagalištima utvrđuje uvjete koje odlagališta moraju zadovoljiti kako bi se spriječili i umanjili štetni utjecaji na okoliš te specificira mjere za prikupljanje procjednih voda, kontrolu plinova na odlagalištima i zaštitu podzemnih voda. Direktiva propisuje i obradu otpada prije odlaganja te da se biorazgradivi otpad (koji se odlaže), mora smanjiti na 35% od ukupne količine nastale 1995.

<sup>3</sup> Direktiva o spaljivanju otpada smjerasprijehiti ili umanjiti štetne utjecaje koje na okoliš može imati spaljivanje ili suspaljivanje otpada. Posebno se propisuje redukcija zagađenja koje nastaje emisijom u zrak, tlo, nadzemne i podzemne vode da bi se umanjio rizik koje takvo zagađenje predstavlja za ljudsko zdravlje. Ovo se mora postići osiguravanjem operativnih uvjeta, tehničkih zahtjeva i primjenom graničnih vrijednosti emisije u spalionicama i suspalionicama otpada unutar EU.

- za ponovno korištenje i recikliranje papira, metala, plastike i stakla iz kućanstava u najmanjem udjelu od 50% količine otpada
- za ponovnu uporabu, recikliranje i druge načine materijalne uporabe neopasnog građevnog otpada u najmanjem udjelu od 70% mase otpada.

EU je kao dio razvojne strategije 'Europa 2020.' usvojila i dokument '*Resursno učinkovita Europa – vodeća inicijativa strategije Europa 2020.*'<sup>[14]</sup>. Intencija ove inicijative je prelazak s postojećeg linearnog na **kružno gospodarstvo** - ekonomski model koji osigurava održivo gospodarenje resursima i produljenje životnog vijeka materijala sadržanog u većini proizvoda. Cilj je ovog modela svesti nastajanje otpada na najmanju moguću mjeru, i to ne samo otpada koji nastaje u proizvodnim procesima, već sustavno - tijekom životnog ciklusa većine gotovih proizvoda i svih njihovih komponenti - koji se obnavlja kroz sekundarne sirovine.



Slika 1

Model kružne ekonomije [15]

Europska komisija je dokumentom *Resursno učinkovita Europa* postavila okvir za planiranje i provedbu budućih aktivnosti te načinila temelj za usmjerenje EU na put resursne efikasnosti i održivog rasta. Ciljevi predviđaju do 2020.

- upravljanje otpadom kao resursom
- smanjenje količine otpada po stanovniku
- upotrebu financijskih instrumenata u postizanju više stope recikliranja (i ponovne uporabe) kako bi te opcije postale ekonomski atraktivnije za javni i privatni sektor.

U osnovi radi se o:

- recikliranju većeg broja materijala, uključujući materijale koji imaju značajan utjecaj na okoliš
- potpunoj primjeni EU regulative o otpadu
- iskorjenjivanju ilegalnog izvoza otpada
- limitiranju energetske uporabe na materijale koje je nemoguće reciklirati (i)
- eliminiranju odlaganja otpada.

Dokument (2014.) *Prema kružnom gospodarstvu: Program nulte stope otpada u Europi* [15] promiče prelazak EU s linearnog prema kružnom modelu te postavlja nove mjere za učinkovito korištenje resursa i smanjenja odlaganja otpada, a novi paket o kružnom gospodarstvu (2015.) s pripadajućim dokumentom ('Zatvaranje kruga - akcijski plan EU za kružno gospodarstvo') [16] europskim poduzećima i potrošačima olakšava prijelaz na novi model poslovanja. Ovim se paketom mjera o kružnom gospodarstvu revidira postojeća regulativa i postavljaju novi ciljevi za: recikliranje komunalnog otpada (60% do 2030.), recikliranje ambalažnog otpada (75% do 2030.), smanjenje odlaganja komunalnog otpada na odlagališta (do najviše 10% do 2030.) te potpunu zabranu odlaganja odvojeno prikupljenog otpada na odlagališta [1].

Nakon donošenja Akcijskog plana za kružno gospodarstvo (2015.) i platforme dionika (2017.) Europska komisija je donijela (2018.) novi paket mjera za ostvarenje postavljenih ciljeva s inicijativama za [17]:

- a) strategija EU za plastiku
- b) komunikacija o načinu poboljšanja povezanosti zakonodavstva o kemikalijama, proizvodima i otpadu
- c) izvješće o kritičnim sirovinama
- d) okvir za praćenje napretka prema kružnom gospodarstvu.

Komunalni otpad je - zbog specifičnosti i kompleksnosti (iako količinom malo zastupjen – oko 10% sveg EU otpada) - jedan od točkova otpada kojim se najteže gospodari. Način gospodarenja u ovom sektoru otpada, u pravilu, pouzdano označava kvalitetu cijelog sustava gospodarenja otpadom u nekoj zemlji.

### 3. Legislativa i gospodarenje otpadom u Hrvatskoj

Kao u nizu drugih sektora – tako i u gospodarenju otpadom – Republika Hrvatska nije se (u vrijeme pristupa EU) dovoljno pripremila te kasni u ispunjavanju etapnih ciljeva.<sup>4</sup>

Kako je Vlada RH (2014.) ocijenila - sustav gospodarenja otpadom u RH ekološki je neodrživ i neprihvatljiv obilježen je: nedodostatnim postrojenjima za gospodarenje otpadom, visokim udjelom biorazgradivog i komunalnog i otpada koji se odlaže na odlagališta otpada i s niskim je udjelom recikliranja komunalnog otpada. [22] Sustav zbrinjavanja je (tada bio) usmjeren na sakupljanje otpada i njegovo odlaganje – umjesto da je orijentiran na recikliranje. Hrvatska je u narednih nekoliko godina trebala riješiti i problem neodgovarajućeg zbrinjavanja otpada putem sanacije odlagališta komunalnog otpada i zatvaranja nelegalnih odlagališta.

U razdoblju od 2008. do 2013. udio komunalnog otpada - koji je zbrinut na odlagališta - smanjen je s 97% na 82%, no, gotovo sva količina odložena je bez prethodne obrade. Miješani komunalni otpad imao je (2013.) visokih 76% udjela u ukupnom komunalnom otpadu. Okvirna direktiva o otpadu nalaže 50% odvojenog sakupljanja i recikliranja komunalnog otpada do 2020. godine, a Hrvatska je 2014. godine dostigla 16,5% komunalnog otpada upućenog na uporabu, a 2017. tek 23,6%) [27].

Hrvatska treba postupno smanjiti količinu biorazgradivog komunalnog otpada (koji se odlaže na odlagališta); do 31.12. 2016. smanjenje na 50%, a do 31.12. 2020. na 35% ukupne količine biorazgradivog komunalnog otpada iz (referentne)1997. godine. Iako je količina odloženog otpada u (2010.-2018.) godine smanjena - zadani cilj nije dostignut.

<sup>4</sup> RH je u tome razdoblju usvojila Nacionalnu strategiju zaštitu okoliša [18], Nacionalnu strategiju gospodarenja otpadom [19], Plan gospodarenja otpadom 2007. – 2015. [20] i Strategiju održivog razvitka Republike Hrvatske [21].



Obveza je Hrvatske bila smanjiti ukupnu količinu otpada koji se odlaže na neusklađenim odlagalištima; (2014.) evidentirano je 312 lokacija službenih odlagališta otpada; od 2013. do svibnja 2018. godine zatvoreno je 185 takvih odlagališta, a do kraja 2018. predviđeno je zatvaranje još 26 odlagališta. Godine 2018. službeno je aktivno 127 odlagališta gdje je odloženo 1,64 mil. t. (9,7% manje od 2017.). Od procijenjenih 3.000 divljih odlagališta (2013.) sanirano je (i uklonjeno) više od 2.000 lokacija; a Fond za zaštitu okoliša provodi postupke sanacije prioritetnih lokacija onečišćenih opasnim otpadom (crne točke). Obveza je Hrvatske je i izgradnja 13 centara za gospodarenje otpadom (CGO) do 31.12.2018. Danas (2019.) su u funkciji dva centra (Kaštijun i Marišćina) a u pripremi su CGO Bikarac, Biljane Donje, Lečevica i Babina Gora i Orlovnjak; ostali su u procesu planiranja. Obuhvat stanovništva organiziranim sakupljanjem komunalnog otpada u Hrvatskoj je povećan s 80% (2000.) na 99% 2018. godine [24].

Vlada RH je (2017.) usvojila Plan gospodarenja otpadom RH za razdoblje od 2017. do 2022. usmjeren je na [25-26]:

- sprječavanje nastanka komunalnog otpada,
- sprječavanja nastanka biootpada s posebnim naglaskom na otpad od hrane,
- sprječavanja nastanka građevnog otpada,
- sprječavanje nastanka otpadnog papira i kartona i
- sprječavanje nastanka električnog i elektroničkog otpada.

### 3.2. Gospodarenje otpadom u Hrvatskoj i susjednim EU zemljama

Našu analizu gospodarenja otpadom u RH u odnosu na prosjek EU i tri susjedne zemlje (članice EU) prikazuju - tab. 1 i sl. 2.

Zbog male industrijske proizvodnje i slabije razvijenog poslovnog sektora Hrvatska ima najveći postotak otpada iz domaćinstava (tab. 1), a prema stopi recikliranja komunalnog otpada RH znatno zaostaje za Austrijom, Mađarskom i Slovenijom (sl. 2).

Tablica 1  
Proizvodnja otpada prema ekonomskim aktivnostima i domaćinstvima u 2016. (%)

	Rud.	Pro.	Enr.	Izg.	Oek.	Dom.
EU 28	25	10	3	36	16	8
<b>Hr</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>24</b>	<b>31</b>	<b>22</b>
Hu	1	17	16	23	25	18
At	0	9	1	73	10	7
SI	0	26	14	10	38	12

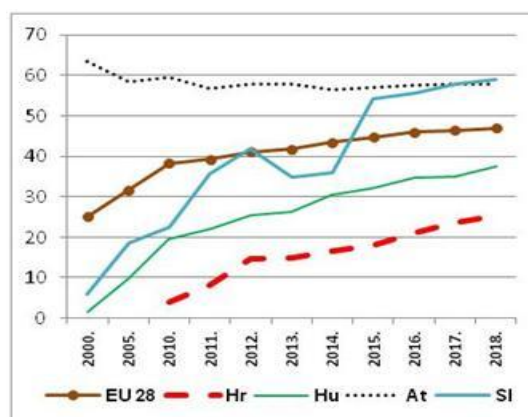
Izvor: [27]

#### Legenda

Rud. = rudarstvo i vađenje; Pro. = proizvodnja

Enr. = energija; Izg. = Izgradnja i rušenje

Oek = Ostale ekonomske aktivnosti; Dom. = domaćinstva



Slika 2 Stopa recikliranja komunalnog otpada 2018. godine u Austriji, Hrvatskoj, Mađarskoj i Sloveniji [27]

U ukupno prijavljenim količinama proizvodnog otpada (2018.) najveći udio imali su: otpad iz uređaja za pročišćavanje gradskih otpadnih voda te pripremu pitke vode i vode za industriju (27,5%), građevni otpad i otpad od rušenja objekata (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih lokacija = 26,2%) te otpad iz termičkih procesa (9,6%) [28].

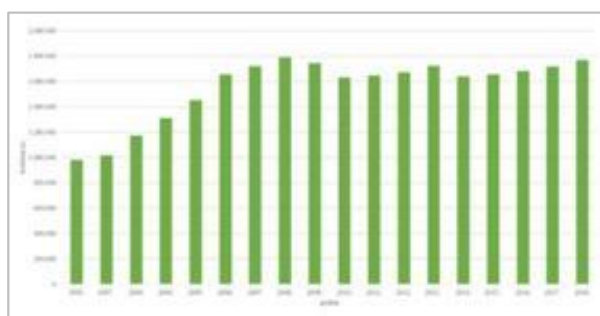
Stopa kružne (sekundarne) uporabe materijala - jedan od novih ključnih pokazatelja - u Hrvatskoj je 2016. iznosila 4,4 %, a prosjek EU 28 je bio 11,7 % [28].

Republika Hrvatska je posljednjih godina ostvarila napredak u usklađivanju nacionalnog zakonodavstva s EU direktivama u sektoru otpada. Danas (krajem 2019.) je hrvatsko zakonodavstvo u potpunosti usklađeno s *Okvirnom direktivom o otpadu*, a u tijeku su postupci izmjene nacionalnih propisa kojima bi se trebala postići usklađenost s *Direktivom o odlagalištima otpada* i direktivama za pojedine tokove otpada [28].

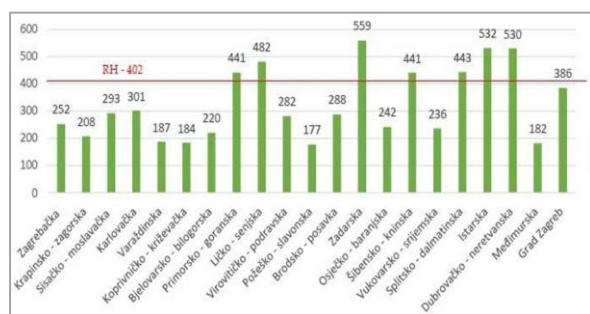
Unatoč blagom porastu recikliranja komunalnog otpada (uključeno i kompostiranje) Hrvatska je i dalje je na niskoj razini – svega 25 % (2018.) u odnosu na prosjek EU (47 %); prema *Izvešću Europske Komisije o ranom upozorenju* - za Hrvatsku postoji rizik da do 2020. neće ispuniti cilj recikliranja komunalnog otpada od 50 % [28].

### 3.3. Komunalni otpad u Hrvatskoj

Osnovnu strukturu komunalnog otpada u Hrvatskoj i pet slavonskih županija prikazuju sl. 3 – 6 i tab. 2;



Slika 3 Ukupno proizvedeni komunalni otpad u Hrvatskoj u razdoblju 1995.-2018.(t) [28]

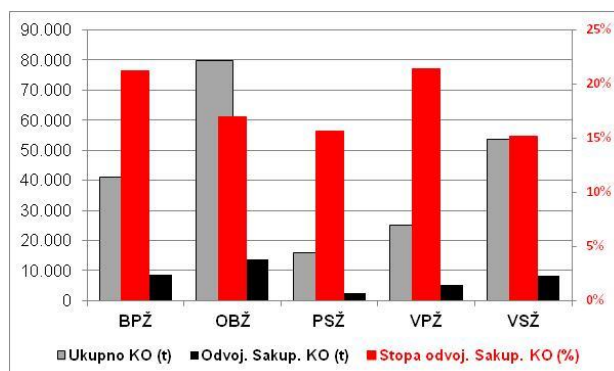


Slika 4 Proizvedeni komunalni otpad u RH 2015.- po županijama (kg/st) [28]

- Uslijed ekonomske krize (2009.-2010.) količine komunalnog otpada u RH su smanjene no, opet rastu; (2018. = 1,77 mil. tona (sl. 3).

- Prosječna količina otpada po stanovniku u Hrvatskoj iznosila je 402 kg u 2015. godini; uočava se da primorske županije (s razvijenim turizmom) bilježe proizvodnju komunalnog otpada po stanovniku znatno iznad prosjeka RH, a svih pet slavonskih županija su ispod prosjeka RH (sl. 4); slični su odnosi i 2018.

- Najučinkovitija u odvajanju otpada je Međimurska županija (MŽ) – od 10 gradova i općina s najvišom stopom odvajanja u RH čak devet je iz ove županije [28].



Slika 5 Ukupni i odvojeno sakupljen komunalni otpad (2015.) u pet slavonskih županija (t);(%) [28]

Legenda - županije

BPŽ = Brodsko-posavska      OBŽ = Osječko-baranjska  
PSŽ = Požeško-slavonska      VPŽ = Virovitičko-podavska  
VSŽ = Vukovarsko-srijemska

- Među slavonskim županijama najveća količina komunalnog otpada godišnje nastaje u Osječko-baranjskoj županiji (80.000 t), a najmanja u Požeško-slavonskoj (15.000 t). Najveću stopu odvojenog sakupljanja otpada u 2015. godini (preko 21%) ostvarile su Brodsko-posavska i Virovitičko-podavska županija (sl. 5).

- Najveći postotak komunalnog otpada koji je završio na odlagalištu (2016.) imale su: Požeško-slavonska i Vukovarsko-srijemska županija (preko 90% - prosjek RH = 76,7%), odnosno najveći postotak uporabe komunalnog otpada (preko 13%) imale su Brodsko-posavska i Virovitičko-podavska županija (tab. 2).

Tablica 2

Komunalni otpad i gospodarenje (2016.) u pet slavonskih županija (000 t)

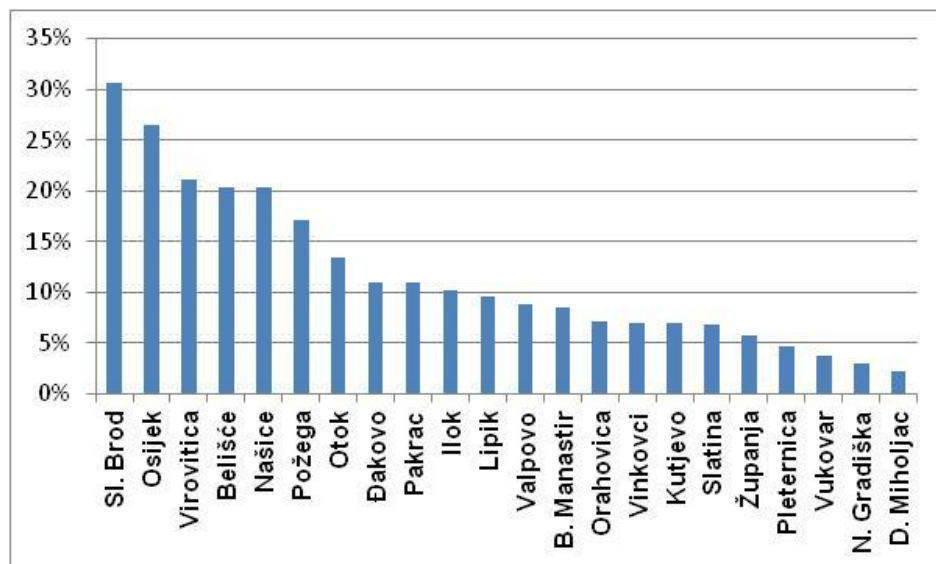
Županije	1	2	3	4	5	6
<b>RH</b>	<b>1680</b>	<b>1288</b>	<b>0,6</b>	<b>31</b>	<b>322</b>	<b>42,5</b>
VPŽ	20,4	17,7	0	0	2,6	0,01
PSŽ	13,6	12,3	0	0	1,3	0,01
BPŽ	33,0	28,6	0	0	4,4	0
OBŽ	68,2	60,1	0	0	8,1	0,03
VSŽ	44,1	39,8	0	0	4,2	0,05
Uk. 5ž	179,3	158,6	0	0	20,59	0,10
(%) 5ž	10,7%	12,3%	0%	0%	6,4%	0%

Izvor: [28]

Legenda

1 = komunalni otpad ukupno, 2 = predano odlagalištu  
3 = predano na spaljivanje; 4 = kompostiranje  
5 = predano na ostale postupke uporabe 6 = ostalo

Slika 6  
Stopa odvojenog sakupljanja komunalnog otpada u gradovima slavonske regije u 2018. godini [28]



- U 2018. godini najveću stopu odvojenog sakupljanja komunalnog otpada među 22 slavonska grada imali su gradovi Sl. Brod (30,7%) i Osijek (26,4%), a najmanju - D. Miholjac (2,3%) i N. Gradiška (2,9%) – (sl. 6).<sup>5</sup>

### 3.4. Komunalni otpad u Osijeku

Analiza zbrinjavanja komunalnog otpada u jednom gradu načinjena je na primjeru Osijeka – kao najvećeg i jednog od najorganiziranih gradova u prikupljanju otpada u Slavoniji; sl. 7 – 8 i tab. 3.

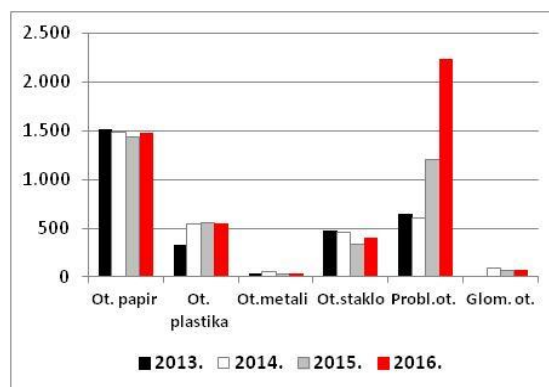
Tablica 3  
Odvojeno sakupljeni otpad na području Grada Osijeka (t)

	2013.	2014.	2015.	2016.
Ot. papir	1.516	1.481	1.440	1.478
Ot. plastika	329	546	561	555
Ot. metali	32,5	50,6	33,0	32,4
Ot. staklo	470	452	338	408
Problem. ot.	652	610	1.198	2.239
Glomaz. ot.	3,1	93,6	66,8	68,1
<b>Ukupno</b>	<b>3.002</b>	<b>3.233</b>	<b>3.636</b>	<b>4.780</b>

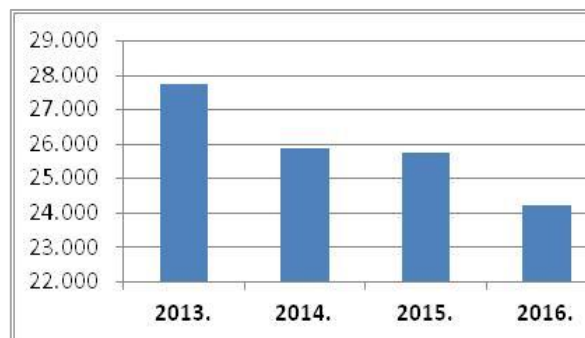
Izvor [29][32]

<sup>5</sup> Najvišu stopu imaju općine /MŽ/ Belica (69,8%), slijede Prelog (65,08%) i Krk /Primorsko-goranska županija/ (62,95%). Među deset najboljih u RH su /MŽ/ općine: Strahoninec (58,69%), Donja Dubrava (58,39%), Donji Kraljevec (57,24%), Goričan (55,92%), Sveta Marija (55,88%), Domašinec (55,01%) te Dekanovec (54,60 %). Stopu odvajanja otpada višu od 50 posto u RH imaju samo još: Šenkovec /MŽ/ (54,10%) te općina Semeljci /Osječko-baranjska županija/ (50, 26 %),[28].

U razdoblju 2013.-2016. u gradu Osijeku raste količina ukupno odvojeno prikupljenog komunalnog otpada (tab. 3), posebno opasnog otpada (sl. 7). Na odlagalištu Velika Lončarica (koja je pred zatvaranjem) [45] smanjuju se količine odlaganja miješanog komunalnog otpada (sl. 6); novo regionalno odlagalište otpada je Orlovnjak u blizini Antunovca (kod Osijeka) - (sl. 9).



Slika 7 Odvojeno sakupljeni otpad na području Grada Osijeka (t) [33]



Slika 8 Odloženi otpad na odlagalištu Lončarica Velika – Osijek (t) [32]



Slika 9 Orlovnjak - regionalno odlagalište otpada [28]

Pojedine vrste odvojeno prikupljenog komunalnog otpada u Osijeku predaju se ovlaštenim tvrtkama koje prikupljeni otpad predaju oporabiteljima ili same prerađuju; to su - „Kairos“ (metali, filtri za ulje, zauljene krpe, akumulatori i baterije, ambalaža koja sadrži opasne tvari), „Eko Flor“ i „Folding“ (papir, karton i plastika), „Unija Nova“ (staklo), „Flora - VTC“ (odbačena električna i elektronička oprema, istrošene gume, fluo-cijevi, otpadna maziva ulja), „Drava International“ i „Eko Flor“ (PET i PVC folije), „Vitrex“ (jestiva ulja i masti) i „Excido“ (lijekovi i medicinski otpad) [32][33].

Posebno je, pak, pitanje modela (i cijena) po kojima komunalna poduzeća prodaju odvojeni otpad, odnosno modela i visine naknade koju plaćaju građani i poslovni subjekti za odvoz komunalnog otpada; to zahtijeva posebnu raspravu.

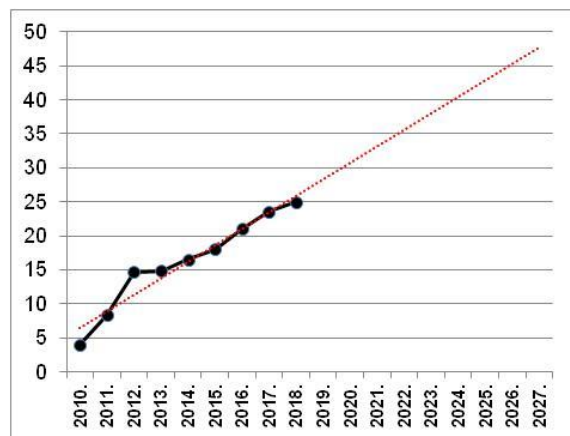
Pitanje tehnološke i poslovne uporabe odvojenog komunalnog otpada, ovdje nije razmatrano što, također, zahtijeva posebnu raspravu. Odvojeni komunalni otpad nije proizvod koji podnosi troškove transporta na veće udaljenosti; s jedne strane to umanjuje nacionalnu poslovnu efikasnost, odnosno – lokalna prerada odvojenog komunalnog otpada može (s druge strane) biti poligon za osnivanje novih tvrtki, razvoj novih tehnologija i proizvoda te većeg zapošljavanja lokalne radne snage i lokalnih znanstvenih i tehnoloških timova. <sup>6</sup>

<sup>6</sup> O recikljanju otpada kao razvojnoj šansi slavonske regije ovaj je autor objavio desetak radova u proteklih 40-tak godina: (1980.) 'Gospodarenje sekundarnim sirovinama na području Slavonije i Baranje'; (1980.) 'Sekundarne sirovine kao činilac razvoja privrede Slavonije'; (1985.) 'Energetske osnove razvoja u Slavoniji i 'Sekundarne sirovine u regiji'; (2006.) 'Renewable Energy So-

### 3. Zaključci i preporuke

Republika Hrvatska značajno kasni u provedbama EU obveza u zaštiti okoliša - posebno u sektoru zbrinjavanja (odvojenog prikupljanja, recikliranja i odlaganja) komunalnog otpada.<sup>7</sup>

Prema dosadašnjoj dinamici ovih aktivnosti (izračunali smo trend) Hrvatska će obvezu recikliranja najmanje 50% komunalnog otpada - umjesto 2020. - ispuniti tek 2027. godine (sl. 10) što prijeti plaćanjem EU penala do ispunjenja preuzetih obveza.<sup>8</sup>



Slika 10 Trend stope recikliranja komunalnog otpada u RH (2010.-2018.)

- Nedovoljno je javnih podataka lokalnih komunalnih poduzeća o prometu i recikliranju odvojenog komunalnog otpada, posebno na području pet slavonskih županija.
- Unatoč pojedinačno dobrim inicijativama, u osnovi, slaba je uključenost slavonske prerađivačke industrije u recikliranje odvojenog komunalnog otpada.

urces in the Regions Embracing Corridor Vc'; (2007.) 'Slavonski institut za obnovljive izvore energije'; (2007.) 'Poslovna zona „Kafilerija“ Markušica'; (2007.) 'Renewable Energy Sources in Eastern Croatia - Potentials and Use'; (2008.) 'Obnovljivi izvori energije u slavonskoj regiji – potencijali za razvoj novih tehnologija'; (2010.) 'Znanstveno-istraživačke institucije Slavonije i Baranje - jesu li u funkciji razvoja regije'; (2015.) 'Utemeljenje regionalne energetske politike u korištenju obnovljivih izvora u Slavoniji'. [34]-[44]

<sup>7</sup> Svi veći gradovi u Hrvatskoj su (2018.) daleko od cilja za 2020. Prošle (2018.g.) stanje je bilo: Varaždin (26,9 %) Dubrovnik (16,1 %), Zagreb (10,7 %), Rijeka (10,5 %), Sisak (8,7 %), Karlovac (7,3 %), Pula (4,8 %), Zadar (4,1 %), Split (2,4 %), Šibenik (0,9 %),[28].

<sup>8</sup> EU članice koje nisu izvršile obveze u zbrinjavanju komunalnog otpada plaćanju penale kako slijedi: Mađarska 27.316 € dnevno; Bugarska 15.220 € dnevno; Poljska 67.314 € dnevno; Grčka jednokratno 10 mil. € + 14,52 mil. € svakih 6 mjeseci do ispunjenja obveza te Italija jednokratno 40 mil. € + 42,8 mil. € svakih 6 mjeseci do ispunjenja obveza [46].

- Nedovoljna je uključenost lokalnih znanstvenika u sektoru zbrinjavanja komunalnog otpada.

Stoga se predlaže da Panon institut za strateške studije iz Osijeka pokrene - u suradnji sa slavonskim komunalnim poduzećima - regionalni (slavonski) simpozij na temu unaprjeđenja zbrinjavanja i recikliranja komunalnog otpada kao razvojne šanse slavonske regije.

## Literatura

- [1] Tišma, S.; Fundu, M. (2016) - Izazovi politike zaštite okoliša u Hrvatskoj i odabranim novim članicama Europske Unije u razdoblju 2014.–2020., IRMO, Zagreb
- [2] Jordan A, Liefferink, D, (ur.) (2004.) - Environmental Policy in Europe: The Europeanization of National Environmental Policy, London: Routledge
- [3] EP (2013.) - Sedmi program djelovanja za okoliš - opći program djelovanja Unije za okoliš do 2020  
<https://op.europa.eu/hr/publication-detail/-/publication/0a50d4db-cb35-43aa-8c33-3b06a3a57597/language-hr>
- [4] EC (2013.) - Europa 2020: europska strategija rasta (<http://ec.europa.eu/europe2020>)
- [5] EC (2011.) - A resource-efficient Europe, Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy (<http://ec.europa.eu/environment/newprg/>)
- [6] EC (2006) - The EU Biodiversity Strategy to 2020  
<http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/2020.htm>
- [7] EC (2005.) - A Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste (COM(2005) 0666) ([https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs\\_autres\\_institutions/commission\\_europeenne/com/2005/0666/COM\\_COM\(2005\)0666\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com/2005/0666/COM_COM(2005)0666_EN.pdf))
- [8] EP (2011.) - 'A resource-efficient Europe' (COM(2011)0021) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1577126134150&uri=CELEX:52011DC0571>
- [9] EC (2008.) - Okvirna direktiva o otpadu (2008/98/EZ) <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=EN>
- [10] EP (2008.) - Direktiva 2008/98/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o otpadu i stavljanju izvan snage određenih direktiva (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&qid=1557316584971&from=HR>)
- [11] EC (1999.) - Direktiva o odlagalištima (1999/31/EC)
- [12] EC (2000.) - Direktiva o spaljivanju otpada (2000/76/EC).
- [13] EP (2006.) - Uredba (EZ)1013/2006 Europskog parlamenta i Vijeća o pošiljkama otpada
- [14] EC (2000.) - Europa koja koristi resurse - vodeća inicijativa u okviru strategije Europa 2020; [https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm)
- [15] EC (2015.) - Prema kružnom gospodarstvu: Program nulte stope otpada u Europi [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:52014DC0398R\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:52014DC0398R(01))
- [16] EC (2015.) - Zatvaranje kruga, akcijski plan EU za kružno gospodarstvo (COM/2015/0614 final) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>
- [17] EP (2015.) - <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:32015L0720>
- [18] EP (2002.) - Strategija zaštite okoliša Republike Hrvatske, [https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2002\\_04\\_46\\_924.html](https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2002_04_46_924.html)
- [19] Hrvatski sabor (2005.) - Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske NN 130/05
- [20] Vlada RH (2007.) - Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske 2007.–2015. NN 85/07, 126/10, 31/11, 46/15
- [21] Sabor RH (2009) - Strategija održivog razvitka Republike Hrvatske [https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009\\_03\\_30\\_658.html](https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009_03_30_658.html)
- [22] Vlada RH (2014) - Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014.-2020. [http://www.mingo.hr/public/investicije/OPKK\\_2014\\_2020\\_31316.pdf](http://www.mingo.hr/public/investicije/OPKK_2014_2020_31316.pdf)
- [23] Agencija za zaštitu okoliša (2013) - Kratki pregled podataka o gospodarenju otpadom u Republici Hrvatskoj za 2013. <http://www.azo.hr/GospodarenjeOtpadomU>
- [24] Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (2019.) - <http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/otpad-i-registri-oneciscavanja/gospodarenje-otpadom/izvjesca>
- [25] Hrvatski sabor (2013) - Zakon o održivom gospodarenju otpadom; NN 94/13
- [26] Vlada RH (2017) - Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske 2017.-2022. NN 3/17
- [27] <http://ec.europa.eu/eurostat/web/waste/data/main-tables>

- [28] Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (2018) - Pregled podataka o odlaganju i odlagalištima otpada za 2018. godinu
- [29] IPZ Uniprojekt Terra d.o.o (2009.) - Plan gospodarenja otpadom grada Osijeka za razdoblje do 2015 godine  
[http://dokumenti.azo.hr/Dokumenti/Plan\\_gosp\\_otp\\_Grad\\_Osijek\\_za\\_razdoblje\\_do\\_2015\\_godine.pdf](http://dokumenti.azo.hr/Dokumenti/Plan_gosp_otp_Grad_Osijek_za_razdoblje_do_2015_godine.pdf)
- [30] OBŽ (2015.) - Izvješće o provedbi plana gospodarenja otpadom u Osječko-baranjskoj županiji za razdoblje 2007. - 2014. godine u 2014. godini
- [31] OBŽ (2018.) - Izvješće o stanju okoliša na području Osječko-baranjske županije za razdoblje 2013. - 2016. godine
- [32] Grad Osijek (2018.) - Izvješće o provedbi plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.–2022. na području grada Osijeka u 2017.; Službeni glasnik Grada Osijeka br. 6A, 12.4. 2018.
- [33] Grad Osijek (2019.) - Izvješće o provedbi plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.–2022. na području grada Osijeka u 2018.
- [34] Ivanović, M. (1980.) - Gospodarenje sekundarnim sirovinama na području Slavonije i Baranje, „Privreda”, ISSN 0350-9427; Osijek, br. 4, Vol. 29, str. 3 – 7
- [35] Ivanović, M. (1980.) - Sekundarne sirovine kao činilac razvoja privrede Slavonije; III. Znanstveni sabor Slavonije i Baranje, Vukovar, 29.-31.10. Zbornik, sv. 2, str. 631-639, JAZU Centar za znanstveni rad Osijek, 1983.
- [36] Ivanović, M. (1985.) - Energetske osnove razvoja u Slavoniji (str. 297 – 298) + Sekundarne sirovine u regiji (str. 325) - u monografiji „Slavonija ‘85”, Privredna komora Slavonije i Baranje; Osijek
- [37] Ivanović, M.; Capusta, Z.; Erkapić, Ž. (2006.) - Renewable Energy Sources in the Regions Embracing Corridor Vc 3<sup>rd</sup> International Symposium “Corridor Vc”, Osijek, October 5 – 6, Ekonomski fakultet, Osijek; Proceedings, pp 97 -108
- [38] Ivanović, M. (2007.) - Poslovna zona „Kafilarija“ Markušica predinvesticijska studija; Općina Markušica
- [39] Ivanović, M.; Baličević, I.; Kalea, M. (2007.) - Slavonski institut za obnovljive izvore energije, Drugi kongres hrvatskih znanstvenika iz domovine i inozemstva Split, 7.-10.5. Ministarstvo znanosti RH, Zbornik
- [40] Ivanović. M. (2007.) - Renewable Energy Sources in Eastern Croatia - Potentials and the Use; EU Intelligent Energy, European Busines Forum on Renewable Energy Sources, Cavtat, 11-14, 11. HGK Zagreb, Proceedings, pp 255 – 262
- [41] Ivanović. M.; Trtanj, D. (2008.) - Obnovljivi izvori energije u slavonskoj regiji – potencijali za razvoj novih tehnologija, 1st. International Conference “Vallis Aurea: Focus on Regional Development“, Požega, 19.9. Veleučilište Požega, Zbornik, str. 333 – 338
- [42] Ivanović, M.; Kralik, D.; Vukšić, M. (2010.) - Znanstveno-istraživačke institucije Slavonije i Baranje - jesu li u funkciji razvoja regije? 2<sup>nd</sup> International Conference „Vallis Aurea: ocus on Regional Development“, Požega, 2.9. DAAAM International Viena, Veleučilište u Požegi, Zbornik, str. 487 – 496
- [43] Ivanović, M. (2015.) - Utemeljenje regionalne energetske politike u korištenju obnovljivih izvora u Slavoniji; 24. Znanstveni skup Organizacija i tehnologija održavanja - OTO 2015.; Donji Miholjac, 17.4. Zbornik str.15-24
- [44] Ivanović, M.; Glavaš, H.; Vukobratović, M. (2017.) - Bioplinske elektrane u Slavoniji i Baranji; 15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi, Osijek, 27.-29.9.- Zbornik, str.243 - 253
- [45] Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (2019.) - Odluka o redoslijedu i dinamici zatvaranja odlagališta (NN 3/19)
- [46] Udruga gradova RH (2017.) - [http://www.udruga-gradova.hr/wordpress/wp-content/uploads/2017/11/RIJEKA-5.-Sonja\\_Polonijo\\_Zakonodavni-okvir\\_gospodarenje\\_otpadom.pdf](http://www.udruga-gradova.hr/wordpress/wp-content/uploads/2017/11/RIJEKA-5.-Sonja_Polonijo_Zakonodavni-okvir_gospodarenje_otpadom.pdf)
- [47] Ivanović, M. Keser, T.; Blažević, D. (2011.) - A Capitalization of Knowledge, Innovation Processes In Transition Countries Technical Gazette, ISSN 1330-3651 (2011.) Vol.18, No.1; pp 15 -22
- [48] Ivanović, M.; Glavaš, H.; Gantner, R. (2016.) - Biofuel in Croatia; Journal of Microbiology & Microbial Technology 1(2): 5 (USA) pp 1 – 5, Volume:1, Issue:2
- [49] Ivanović, M.; Glavaš, H.; (2017.) Bioplinske elektrane u Hrvatskoj i mjere Zimskog paketa EK; 26. Forum - Dan energije u Hrvatskoj, Zagreb, 17.11.2017. Zbornik, str. 143-153