



FERIT

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

OTO 2017

26. Međunarodni znanstveno-stručni skup „Organizacija i tehnologija održavanja”

**26th International Scientific and Professional Conference
"Organization and Maintenance Technology"**

**ZBORNİK
RADOVA**

**CONFERENCE
PROCEEDINGS**

Osijek, 26. svibnja 2017.

Osijek, 26th May 2017

Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT)

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

26. Međunarodni znanstveno-stručni skup „Organizacija i tehnologija održavanja“ - OTO 2017. - Zbornik radova

26th International Scientific and Professional Conference "Organization and Maintenance Technology" - OTO 2017 - Conference Proceedings

Zbornik radova sadrži radove koji su prošli dvostrukom neovisnom recenzijom. Organizator skupa nije ulazio u sadržaj radova i način izražavanja te oni predstavljaju odraz razmišljanja autora.

Each paper in the conference proceedings was reviewed by two 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).

Naziv/Title:

26. Međunarodni znanstveno-stručni skup „Organizacija i tehnologija održavanja“ - OTO 2017. - Zbornik radova

26th International Scientific and Professional Conference "Organization and Maintenance Technology" - OTO 2017 - Conference Proceedings

Mjesto održavanja skupa/ The place of the meeting:

Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT),
Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek,
Adresa/Address: Kneza Trpimira 2B, HR-31000 Osijek, Croatia
Tel.: +385 (0) 31 224-600, Fax: +385 (0) 31 224-605, E-mail: etf@etfos.hr

Datum održavanja skupa/ Date of the meeting:

26. svibnja 2017./ 26th May 2017

Organizator skupa/ Organised by:

Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT)/
Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

Izdavač/Published by:

Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT)/
Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

Urednici/Editors:

Doc.dr.sc. Hrvoje Glavaš	- glavni urednik/ chief editor
Izv.prof.dr.sc. Tomislav Barić	- izvršni urednik/ executive editor
Doc.dr.sc. Emmanuel Karlo Nyarko	- tehnički urednik/ technical editor
Doc.dr.sc. Marinko Barukčić	
Doc.dr.sc. Tomislav Keser	
Izv.prof.dr.sc. Mirko Karakašić	

Naklada/Issue: 100

Tisak/Printed by: Biroprint d.o.o - Osijek

UDK klasifikacija/ UDK classification: Ljiljana Vučković Vizentaner, prof. dipl. knjižničar

ISBN: 978-953-6032-92-1

CIP zapis dostupan je u računalnom katalogu Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek pod brojem 140712028.

MEĐUNARODNI ZNANSTVENI ODBOR/ INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOARD:

Popis prema abecednom redu imena/List in alphabetical order

Prof.dr.sc. Andrej Štrukelj (Slovenia)	Prof.dr.sc. Lajos Jozsa (Hungary)
Akademik prof.dr.sc. Božo Udovičić (Croatia)	Prof.dr.sc. Mirsad Raščić (BiH)
Prof.dr.sc. Drago Žagar (Croatia)	Prof.emer.dr.sc. Safet Brdarević (BiH)
Izv.prof.dr.sc. Dražen Slišković (Croatia)	Izv.prof.dr.sc. Sebastijan Seme (Slovenia)
Izv. prof.dr.sc. Eleonora Desnica (Serbia)	Prof.dr.sc. Snježana Rimac-Drlje (Croatia)
Prof.dr.sc. Goran Martinović (Croatia)	Prof.dr.sc. Tihomil Rausnitz (Germany)
Prof.dr.sc. György Elmer (Hungary)	Prof.dr.sc. Vlado Majstorović (BiH)
Prof.dr.sc. Isak Karabegović (BiH)	Akademik prof.emer.dr.sc. Zijad
Izv.prof.dr.sc. Kruno Miličević (Croatia)	Haznadar(Croatia)

ORGANIZACIJSKI ODBOR/ ORGANIZING BOARD:

Prof.dr.sc. Tomislav Mrčela	- predsjednik/ president
Doc. dr.sc. Hrvoje Glavaš	- zamjenik predsjednika/ vice president
Igor Sušenka, dipl.ing.el.	- tajnik/ secretary
Doc.dr.sc. Damir Blažević	
Mr.sc. Držislav Vidaković	
Prof.dr.sc. Zlatko Lacković	

UREDNIŠTVO/EDITORIAL BOARD:

Doc.dr.sc. Hrvoje Glavaš	- glavni urednik/ chief editor
Izv.prof.dr.sc. Tomislav Barić	- izvršni urednik/ executive editor
Doc.dr.sc. Emmanuel Karlo Nyarko	- tehnički urednik/ technical editor
Doc.dr.sc. Marinko Barukčić	
Doc.dr.sc. Tomislav Keser	
Izv.prof.dr.sc. Mirko Karakašić	

RECENZETSKI ODBOR/REVIEWS BOARD:

Doc.dr.sc. Goran Knežević	Prof.dr.sc. Marinko Stojkov
Doc.dr.sc. Irena Galić	Doc.dr.sc. Zlatko Tonković
Izv.prof.dr.sc. Marijana Hadzima-Nyarko	

RECENZENTI/REVIEWERS:

Popis prema abecednom redu imena/List in alphabetical order

Doc.dr.sc. Aleksandar N. Ašonja (Serbia)	Dr.sc. Ivica Petrović (Croatia)
Prof.dr.sc. Andrej Štrukelj (Slovenia)	Dr.sc. Janoš Šimon (Serbia)
Prof.dr.sc. Brdarević Safet (BiH)	Doc.dr.sc. Krešimir Fekete (Croatia)
Doc.dr.sc. Damir Blažević (Croatia)	Prof.dr.sc. Lidija Tadić (Croatia)
Prof.dr.sc. Damir Šljivac (Croatia)	Doc.dr.sc. Ljiljana Radovanović (Serbia)
Dr.sc. Daniela Dvornik Perhavec (Slovenia)	Izv.prof.dr.sc. Predrag Marić (Croatia)
Doc.dr.sc. Danijel Topić (Croatia)	Prof.dr.sc. Robert Cupec (Croatia)
Mr.sc. Držislav Vidaković (Croatia)	Izv.prof.dr.sc. Sebastijan Seme (Slovenia)
Izv. prof.dr.sc. Eleonora Desnica (Serbia)	Prof.dr.sc. Srete Nikolovski (Croatia)
Doc.dr.sc. Emanuel Karlo Nyarko (Croatia)	Izv.prof.dr.sc. Silva Lozančić (Croatia)
Izv.prof.dr.sc. Marija Šperac (Croatia)	Izv.prof.dr.sc. Tomislav Barić (Croatia)
Izv.prof.dr.sc. Marijana Hadzima-Nyarko (Croatia)	Doc.dr.sc. Tomislav Keser (Croatia)
Doc. dr.sc. Marinko Barukčić (Croatia)	Izv.prof.dr.sc. Tomislav Matić (Croatia)
Prof. dr. sc. Marinko Stojkov (Croatia)	Izv. prof. Uroš Klanšek (Slovenia)
Izv.prof.dr.sc. Mirko Karakašić (Croatia)	Dr.sc. Višnja Križanović Čik (Croatia)
Doc.dr.sc. Nenad Cvetković (Serbia)	Izv.prof.dr.sc. Zlata Dolaček Alduk (Croatia)
Doc. dr. sc. Goran Knežević (Croatia)	Prof. dr.sc. Zlatko Lacković (Croatia)
Dr.sc. Goran Rozing (Croatia)	Doc. dr.sc. Zlatko Tonković (Croatia)
Doc.dr.sc. Hrvoje Krstić (Croatia)	Prof.dr.sc. Zlatko Čović (Serbia)
Doc.dr.sc. Hrvoje Glavaš (Croatia)	Doc.dr.sc. Zvonimir Klaić (Croatia)
Doc.dr.sc. Ivana Šandrak Nukić (Croatia)	Izv.prof.dr.sc. Željko Hederić (Croatia)
Doc.dr.sc. Irena Ištoka Otković (Croatia)	Dr.sc. Žiga Zadnik (Slovenia)

Predgovor dekana FERIT-a



Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT) je visokoškolska institucija koja provodi znanstveno-istraživačke, razvojne i obrazovne projekte te izvodi preddiplomske, diplomske, poslijediplomske i stručne studije iz područja elektrotehnike, računarstva i informacijsko-komunikacijskih tehnologija. FERIT svojim obrazovnim sustavom sveučilišnih i stručnih studija stvara kadrove koji razvijaju i primjenjuju suvremene tehnologije na područjima elektrotehnike i računarstva i stečena znanja koriste u rješavanju inženjerskih problema te izravnom suradnjom s gospodarstvom prenose znanja o novim tehnologijama utemeljenima na novim znanstvenim spoznajama.

Sama ideja i realizacija prvih skupova OTO započela je prije više od 27 godina na tadašnjem Elektrotehničkom fakulteta u Osijeku. Od tada pa do danas svjedočimo kontinuiranom rastu Fakulteta kao i profiliranju skupa OTO koji je izrastao u regionalni interdisciplinarni znanstveno-stručni skup. Kako bi se održao kontinuitet, a nakon prestanka rada Društva održavatelja Osijek, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek preuzima organizaciju i brigu o nastavku održavanja ovoga tradicionalnog skupa. Prilog tomu je i veliki broj autora iz sustava visokog školstva, koji značajno dominiraju posljednjih godina. Djelatnici FERIT-a članovi nekadašnjeg Društva održavatelja Osijek uz pomoć kolega s drugih fakulteta Sveučilišta J.J. Strossmayera uspješno su nastavili svoj rad na organizaciji skupa OTO 2017.

FERIT već tradicionalno njeguje održavanje znanstvenih skupova, od kojih je najznačajniji „Znanost za praksu“, koji se uspješno organizira već 35 godina u suradnji s partnerima iz Njemačke, Mađarske i Vojvodine. Od prošle godine Fakultet organizira i međunarodnu znanstvenu konferenciju „Smart Systems and Technologies“, pod visokim pokroviteljstvom IEEE Regije 8 i brojnih drugih partnera i sponzora. Fakultet izdaje i znanstveni časopis IJECES - International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems, koji je nedavno uvršten i referalnu bazu znanstvenih časopisa SCOPUS, a uskoro će biti indeksiran i u drugim značajnim svjetskim bazama.

Skupovi OTO pružaju mogućnost publiciranja našim bivšim i sadašnjim studentima, praktikantima i mentorima te poslovnim subjektima svoja bogata iskustva iz područja održavanja. Kroz podršku pisanju i publiciranju znanstveno stručnih radova podižemo razinu stručnih znanja, promoviramo cjeloživotno obrazovanje i podupiremo struku. Vjerujemo kako će ovaj tradicionalni skup, pod okriljem FERIT-a, uspješno nastaviti ostvarivati zacrtanu misiju.

Prof.dr.sc. Drago Žagar

Dean of FERIT (Foreword)

Faculty of Electrical Engineering, Computing and Information Technology Osijek (FERIT) is a higher education institution that conducts scientific research, development and education projects as well as undergraduate, graduate, postgraduate and professional studies in the fields of electrical engineering, computing, information and communication technologies. FERIT, with its university education and professional studies creates professionals who develop and apply modern technologies in the fields of electrical engineering and computing. These professionals use their acquired knowledge to solve engineering problems and, by directly cooperating with industry, transfer scientific knowledge of new technologies.

The very idea and realization of the initial OTO conferences started more than 27 years ago at the then Faculty of Electrical Engineering in Osijek. From then on, we have witnessed the continuous growth of the Faculty as well as the profile change of the OTO conference which has grown into a regional interdisciplinary scientific and professional conference. After the Society of Maintenance Engineers Osijek ceased to exist, the Faculty of Electrical Engineering, Computing and Information Technology Osijek has taken over the organization of this traditional conference. This is evident in the increasing number of authors from higher education institutions in recent years. FERIT employees who were members of the former Society of Maintenance Engineers Osijek, and with the help of colleagues from other faculties of J.J. Strossmayer University, have successfully continued organizing the OTO 2017 conference.

FERIT has traditionally nurtured the organization of scientific conferences, most notably „Science in Practice”, which has been successfully organized for 35 years in cooperation with partners from Germany, Hungary and Vojvodina. Since last year, the Faculty has started organizing the international scientific conference "Smart Systems and Technologies", under the patronage of IEEE Region 8 and numerous other partners and sponsors. The Faculty also publishes a scientific journal IJECES - International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems, which has been recently incorporated into the SCOPUS reference database of scientific journals and will soon be indexed in other relevant world databases.

The OTO conference provides the opportunity for our past and present students, mentors, professionals as well as businesses to publish papers detailing their rich experience in the field of maintenance. By supporting the writing and publishing of scientific and professional papers, we increase the level of professional knowledge, promote lifelong learning and support professionals. We believe that this traditional conference, under the auspices of FERIT, will continue to carry out the planned mission successfully.

Prof.dr.sc. Drago Žagar

Predgovor predsjednika Organizacijskog odbora



Organizacija i tehnologije održavanja 2017, sukladno zaključcima sjednice Skupštine Društva održavatelja Osijek održane dana 26. studenog 2016. godine u prostorijama Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, odvija se 2017. godine pod okriljem Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek.

Od prvog skupa "Organizacija održavanja u novim uvjetima" održanog 20. travnja 1990. na Elektrotehničkom fakultetu Osijek održano je još 27 skupova u jedanaest različitih gradova Slavonije i Baranje. Kontinuirani rad odraz je potrebe za dijalogom i razmjenom iskustava na području održavanja kojim se promiče razvoj tehnike i znanosti.

Dosadašnja iskustva kroz 469 prezentiranih i publiciranih radova ukazuju na pad zastupljenosti radova autora strojarke struke, najviše radova autora elektrotehničke, a zatim građevinske, ekonomske, poljoprivredne i prehrambeno tehnološke struke. Udio autora koji su zaposleni na tehničkim fakultetima Sveučilišta J.J. Strossmayera značajno dominira u ukupnom broju radova. Potreba visokoobrazovanog kadra koji danas bavi održavanjem za cjeloživotnim obrazovanjem nameće potrebu daljnjeg razvoja skupova OTO prema znanstvenoj izvrsnosti.

Prof.dr.sc. Tomislav Mrčela

Informacije o skupu

Znanstveno stručni skupovi OTO predstavljaju priliku za neposrednu razmjenu iskustava stručnjaka iz svih područja održavanja s ciljem istraživanja i analize primjene novih metoda i postupaka. Skup nastoji podići razinu znanja o održavanju uzimajući u obzir kontinuirani napredak tehnike i tehnologije u svim sferama gospodarstva, infrastrukture i javnih službi.

Od prvog kolokvija 20.04.1990. na Elektrotehničkom fakultetu Osijek održano je do sada na području Slavonije i Baranje 27 znanstveno-stručnih skupova u cilju promicanja znanstvenih metoda i struke. Protekle skupove organiziralo je Društvo održavatelja Osijek (utemeljeno 1983.) u suradnji s Elektrotehničkim fakultetom Osijek, Građevinskim fakultetom Osijek, Poljoprivrednim fakultetom u Osijeku, te Veleučilištem u Požegi, uključujući pri tome proizvođače industrijske opreme i reprodukcijskog materijala. Komunikacija između znanstvenika i održavatelja podiže razinu stručnosti te uvodi primjenu novih metoda i postupaka održavanja u svakodnevnu praksu.

Dvadeset šesti međunarodni znanstveno stručni skup Organizacija i Tehnologija Održavanja kolokvijalno OTO 2017 održati će se 26. svibnja 2017. u organizaciji Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Službeni jezici Skupa su hrvatski i engleski.

Odabrani radovi prezentirani na OTO 2017 će biti pozvani za objavu u proširenom obliku na engleskom jeziku u časopisima International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems (www.etfos.unios.hr/ijeces/) i Journal of Energy (<http://journalofenergy.com/>)

President of the Organizing Committee (Foreword)

Organization and Maintenance Technology 2017, in accordance with the conclusions of the session of the assembly of the Society of Maintenance Engineers Osijek, held on 26th November, 2016 on the premises of the Faculty of Electrical Engineering, Computing and Information Technology Osijek, will be held in 2017 under the auspices of the Faculty of Electrical Engineering, Computing and Information Technology Osijek.

Since the first conference "Maintenance Organization under New Conditions" held on 20th April, 1990 at the Faculty of Electrical Engineering Osijek, 27 other conferences have been held in eleven different cities of Slavonia and Baranja. Continuous work is reflected by the need for dialogue and exchange of experiences in the field of maintenance which promotes the development of technology and science.

By analyzing all the 469 presentations and publications until now, a decrease in the number of publications by mechanical engineers is noticed, while most of the authors are from the field of electrical engineering, followed by civil engineering, economics, agriculture and food technology. Of the total number of papers, a significant number is dominated by authors who are employed at the technical faculties of the University J.J. Strossmayer. The need for lifelong learning by highly educated professionals currently engaged in maintenance imposes the need for OTO conferences to be further organized in accordance with scientific excellence.

Prof.dr.sc. Tomislav Mrčela

Information about the conference

The scientific and professional conference, OTO, represents an opportunity for direct exchange of experience by experts from all areas of maintenance with the aim of exploring and analyzing the implementation of new methods and procedures. The conference seeks to raise the level of maintenance knowledge, taking into account the continuous advancement of engineering and technology in all spheres of the economy, infrastructure and public services.

Since the first conference held on 20th April, 1990 at the Faculty of Electrical Engineering Osijek, a total of 27 scientific and professional conferences have since been held in Slavonia and Baranja in order to promote scientific methods and profession. Former meetings were organized by the Society of Maintenance Engineers Osijek (founded in 1983) in cooperation with the Faculty of Electrical Engineering Osijek, the Faculty of Civil Engineering Osijek, the Faculty of Agriculture in Osijek and the Polytechnic of Požega, including manufacturers of industrial equipment and reproduction materials. Communication between scientists and maintenance experts raises the level of expertise and introduces new methods and maintenance procedures into everyday practice.

The twenty-sixth international scientific and professional conference on Organization and Maintenance Technology, OTO 2017, to be held on May 26th, 2017, is organized by the Faculty of Electrical Engineering, Computing and Information Technology Osijek. The official languages of the conference are Croatian and English. Selected papers presented at OTO 2017 will be invited for publication in English in the International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems (www.etfos.unios.hr/ijeces/) and the Journal of Energy (<http://journalofenergy.com/>)

Sadržaj

1. **Domagoj Bilandžija, Marinko Barukčić, Dalibor Buljić, Željko Hederić**
Primjeri numeričkih simulacija elektromagnetskog polja kod kvarova električnih uređaja 1
2. **Ivan Petrović, Marinko Stojkov, Ivan Samardžić, Ante Čikić:**
Umjeravanje opreme za elektrolučno zavarivanje 7
3. **Eleonora Desnica, Danilo Mikić, Ivan Palinkaš**
Dijagnostika stanja kotrljajnih ležajeva na mašinsko-tehničkim sistemima 13
4. **Ivan Korov, Goran Knežević, Vladimir Caha**
Održavanje niskonaponske distribucijske mreže u tehnologiji rada pod naponom 21
5. **Ivan Mijić, Goran Knežević, Vladimir Caha**
Čišćenje sredjenaponskih postrojenja u tehnologiji rada pod naponom 27
6. **Branimir Perković, Tomislav Barić, Nenad Janković, Dalibor Kos, Hrvoje Glavaš**
Održavanje plinskih i uljnih uređaja 33
7. **Adam Martinek, Ivan Ostheimer, Luka Patrun**
Primjena računalnog programa Thorium A+ za određivanje optimalnih mjera energetske učinkovitosti pri održavanju stambenog objekta 43
8. **Dino Obradović, Marija Šperac, Livio Međurečan, Marina Pavošević**
Postupak i svrha izdavanja Uporabne dozvole za određene građevine u sustavu eDozvola 53
9. **Dino Obradović, Saša Marenjak**
Uloga održavanja u životnom ciklusu građevine 61
10. **Marko Dugandžić**
Održavanje trafostanice prema stanju primjenom internet tehnologija 69
11. **Držislav Vidaković, Krešimir Pavelić**
Primjena IT kod održavanja građevina – analiza na primjeru nove zgrade Građevinskog fakulteta u Osijeku 77
12. **Tatjana Mijušković-Svetinović, Božica Cvijančević**
Održavanje plovnih putova 85
13. **Siniša Maričić, Mario Žeruk**
Razvoj hidrotehničkog sustava Bačica 95
14. **Tomislav Kordić, Hrvoje Marinac, Hrvoje Glavaš**
Terensko mjerenje zvučne izolacije građevina 103

15. Dalibor Buljić, Marinko Barukčić, Željko Špoljarić, Krešimir Miklošević Pregled tehnologija baterijskih skladišta energije u električnim mrežama	113
16. Matej Žnidarec Upravljanje održavanjem elektrane na biomasu	119
17. Marija Šperac, Ivan Hrskanović, Željko Šreng Održavanje gravitacijskih kanalizacijskih sustava	125
18. Hrvoje Stojčić, Mirko Karakašić, Hrvoje Glavaš Izrada parametarskog modela ručne dizalice pomoću CAD sustava za parametarsko modeliranje temeljeno na značajkama	133
19. Milan Ivanović, Dalibor Mesarić, Franjo Ambroš Osnivanje službi za upravljanje lokalnim optičkim mrežama i njihovo održavanje na području regije Slavonije i Baranje	141
20. Dinka Šafar Đerki, Krešimir Lacković Upravljanje održavanjem sustava pomoću suvremenog informacijskog sustava održavanja	151
21. Lacković Krešimir, Dinka Šafar Đerki Informatičko-komunikacijski proces upravljanja troškovima u složenom proizvodnom tehničkom sustavu	157
22. Matej Petko, Tomislav Barić Održavanje dizala na području Osječko-baranjske županije	163
23. Hrvoje Dragovan, Želimir Kučibradić, Damir Nožica Ocjena stanja kolnika i prijedloga strategije održavanja državnih cesta primjenom neuralnih mreža	169
24. Borivoj Novaković, Ljiljana Radovanović, Jasmina Pekez, Mila Kavalić Primena preventivnog održavanja na kočionim sistemima putničkih vozila	177
25. Igor Lukić, Mirko Karakašić, Milan Kljajin Projektiranje i funkcionalna razrada idejnog rješenja koncepcijske varijante metalne konstrukcije nadstrešnice	183
26. Davor Beck, Damir Blažević, Hrvoje Dragovan Projektiranje dnevne rasvjete tunela - analiza zahtjeva, izrada modela i izračun	193
27. Rebeka Raff Kogeneracijska jedinica na bioplin za proizvodnju električne i toplinske energije	199
28. Josip Grgić, Saša Stokuća, Damir Blažević Primjena CAD/CAM alata u projektiranju cestovne rasvjete	207

Contents

1. Domagoj Bilandžija, Marinko Barukčić, Dalibor Buljić, Željko Hederić THE EXAMPLES OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD NUMERICAL CALCULATION IN CASE OF THE FAULTS IN ELECTRICAL DEVICES	1
2. Ivan Petrović, Marinko Stojkov, Ivan Samardžić, Ante Čikić: VALIDATION OF ARC WELDING EQUIPMENT	7
3. Eleonora Desnica, Danilo Mikić, Ivan Palinkaš DIAGNOSTICS OF ROLLING BEARINGS IN THE MECHANICAL AND TECHNICAL SYSTEMS	13
4. Ivan Korov, Goran Knežević, Vladimir Caha MAINTENANCE OF A LOW VOLTAGE DISTRIBUTION SYSTEM IN THE TEHNOLOGY OF LIVE-LINE WORKING	21
5. Ivan Mijić, Goran Knežević, Vladimir Caha POWER SYSTEM EQUIPMENT CLEANING IN THE TECHNOLOGY OF LIVE-LINE WORKIN	27
6. Branimir Perković, Tomislav Barić, Nenad Janković, Dalibor Kos, Hrvoje Glavaš MAINTENANCE OF GAS AND OIL DEVICES	33
7. Adam Martinek, Ivan Ostheimer, Luka Patrun APPLICATION OF COMPUTER PROGRAM THORIUM A+ FOR ASSESSMENT OF OPTIMAL ENERGY EFFICENCY MEASURES	43
8. Dino Obradović, Marija Šperac, Livio Međurečan, Marina Pavošević THE PROCEDURE AND THE PURPOSE OF ISSUING A CERTIFICATE OF OCCUPANCY FOR SPECIFIC STRUCTURES IN THE EDOZVOLA SYSTEM	53
9. Dino Obradović, Saša Marenjak THE ROLE OF MAINTENANCE IN THE LIFE CYCLE OF A BUILDING	61
10. Marko Dugandžić CONDITION BASED MAINTENANCE OF SUBSTATION WITH USE OF INTERNET TECHNOLOGY	69
11. Držislav Vidaković, Krešimir Pavelić APPLICATION OF IT IN BUILDING MAINTENANCE – ANALYSIS ON EXAMPLE OF THE NEW BUILDING OF THE CIVIL ENGINEERING FACULTY IN OSIJEK	77
12. Tatjana Mijušković-Svetinović, Božica Cvijančević INLAND FAIRWAY MAINTENANCE	85
13. Siniša Maričić, Mario Žeruk DEVELOPMENT OF BAČICA HYDROTECHNICAL SYSTEM	95
14. Tomislav Kordić, Hrvoje Marinac, Hrvoje Glavaš FIELD MEASUREMENT OF BUILDING SOUND INSULATION	103

15. Dalibor Buljić, Marinko Barukčić, Željko Špoljarić, Krešimir Miklošević OVERVIEW OF BATTERY STORAGE TECHNOLOGIES IN POWER GRIDS	113
16. Matej Žnidarec MAINTENANCE MANAGEMENT OF A BIOMASS POWER PLANT	119
17. Marija Šperac, Ivan Hrskanović, Željko Šreng MAINTENANCE OF GRAVITY SEWERAGE SYSTEMS	125
18. Hrvoje Stojčić, Mirko Karakašić, Hrvoje Glavaš CREATING A PARAMETRIC MODEL OF HAND CRANE WITH CAD SYSTEM FOR PARAMETRIC MODELING BASED ON FEATURES	133
19. Milan Ivanović, Dalibor Mesarić, Franjo Ambroš ESTABLISHMENT OF OFFICIALS FOR THE MANAGEMENT OF LOCAL BROADBAND AND THEIR MAINTENANCE IN THE REGION OF SLAVONIA AND BARANJA	141
20. Dinka Šafar Đerki, Krešimir Lacković MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM USING MODERN INFORMATION SYSTEM MAINTENANCE	151
21. Lacković Krešimir, Dinka Šafar Đerki INFORMATION AND COMMUNICATION PROCESS OF COST MANAGEMENT IN A COMPLEX PRODUCTION TECHNICAL SYSTEM	157
22. Matej Petko, Tomislav Barić MAINTENANCE OF ELEVATORS IN OSIJEK-BARANJA COUNTY	163
23. Hrvoje Dragovan, Želimir Kučibradić, Damir Nožica EVALUATION OF PAVEMENT CONDITIONS AND PROPOSALS FOR THE STRATEGY OF MAINTAINING STATE ROADS USING NEURAL NETWORKS	169
24. Borivoj Novaković, Ljiljana Radovanović, Jasmina Pekez, Mila Kavalić APPLICATION OF PREVENTIVE MAINTENANCE ON PASSENGER VEHICLES BRAKING SYSTEMS	177
25. Igor Lukić, Mirko Karakašić, Milan Kljajin DESIGNING AND FUNCTIONAL ELABORATION OF CONCEPTUAL SOLUTION OF CONCEPTUAL VARIANT OF THE METAL CONSTRUCTION EAVE	183
26. Davor Beck, Damir Blažević, Hrvoje Dragovan DESIGNING DAYTIME LIGHTING FOR TUNNELS, REQUEST ANALYSIS, MODELING AND CALCULATION	193
27. Rebeka Raff BIOGAS COGENERATION UNIT FOR ELECTRICAL AND THERMAL ENERGY PRODUCTION	199
28. Josip Grgić, Saša Stokuća, Damir Blažević CAD/CAM TOOLS FOR ROAD LIGHTING DESIGN	207



Primjeri numeričkih simulacija elektromagnetskog polja kod kvarova električnih uređaja

Preliminary notes

Domagoj Bilandžija

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
domagoj.bilandzija@etfos.hr

Marinko Barukčić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
marinko.barukcic@etfos.hr

Dalibor Buljić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
dalibor.buljic@etfos.hr

Željko Hederić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
zhederic@etfos.hr

Sažetak – Detekcija kvarova u električnim uređajima i sustavima može biti korisna u određivanju potrebe za preventivnim održavanjem uređaja. Pri tome se koriste različiti algoritmi za detekciju kvara uglavnom bazirani na analizi struje i napona uređaja u prijelaznim (tranzijentnim) stanjima. U cilju prezentacije utjecaja kvara na razini elektromagnetskog polja u radu su prikazani primjeri simulacije polja uz modelirani kvar. Pretpostavka je da se analiziranjem promjena u elektromagnetskom polju izazvanih kvarom mogu predvidjeti ponašanje tranzijentnih struja i napona. Ovakva analiza primjena u elektromagnetskom polju bi onda mogla biti korištena za simulaciju tranzijentnih napona i struja. U konačnici bi ovo rezultiralo povezivanjem uzroka (kvara) i vidljive posljedice (promjene u tranzijentnim naponima i strujama) na simulacijskoj razini. Cilj prikazanog istraživanja je prikazati kakve i kolike promjene u elektromagnetskom polju izaziva jedan od najčešćih kvarova u električnim strojevima simulacijama na računalu. Kako je za analizu ovoga potrebno što vjerodostojnije odrediti varijable elektromagnetskog polja u radu je korišten simulacijski softverski alat temeljen na rješavanju elektromagnetskog polja metodama numeričke matematike. Kao primjer kvara u radu su prikazane simulacije polja za kvar kratkog spoja između zavoja namota zavojnice.

Ključne riječi – detekcija kvara, elektromagnetsko polje, numerički proračun

THE EXAMPLES OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD NUMERICAL CALCULATION IN CASE OF THE FAULTS IN ELECTRICAL DEVICES

Abstract – Fault detection in electrical devices and parts of the power system can be useful for the preventive maintenance. The different procedures and methods are used for fault detection and prediction. These methods are usually based on transient analysis of voltages and currents at the device terminals. The examples of the electromagnetic field simulations with aim to present the impact of the fault on the electromagnetic field state are given in the paper. The assumption is that the changes in the electromagnetic field caused by fault existing can be used for the transient analysis of the terminal currents and voltages. This could be used for defining causality between the fault as the cause and the terminal voltages and currents as effect at the simulation level. The aim of the research is to give insight in changes of the electromagnetic field caused by one of the most often fault in the electrical machines using the appropriate simulation tool. The simulation tool uses the numerical mathematic method to solve the electromagnetic field is employed here. The simulations of the electromagnetic field modeling the short-circuit fault between the winding turns are simulated in the paper as the example of the fault.

Keywords – fault detection, electromagnetic field, numerical calculations

1. UVOD

Kvarovi električnih uređaja i dijelova sustava rezultiraju prekidom rada ili značajnim odstupanjem od normalnog funkcioniranja. Međutim, često se kvarovi ne pojavljuju kao nagle promjene iz normalnog pogona uređaja u stanje kvara nego se kvar razvija postupno kroz određeno vrijeme. Na početku pojave takvih kvarova intenzitet kvara je često takav da nisu uočljive promjene u radu uređaja na prvi pogled. S druge strane što ranije detektiranje pojave početka kvarnog procesa omogućuje pravodobnu reakciju u cilju sprječavanja budućeg prekida pogona uređaja i eventualne havarije. U svrhu što ranijeg otkrivanja početka razvijanja kvara primjenjuju se sofisticirane mjerne metode. U praksi su prisutne i u literaturi dobro obrađene metode detekcije kvarova u električnim strojevima, vodovima i drugim električnim uređajima. Tako je u [1] prikazana detekcija ležajnih kvarova u rotacijskim strojevima. U [2] je prikazana detekcija prekida štapova rotora asinkronih motora analizom frekvencijskog spektra struja statora, a u [3] i [4] je frekvencijski odziv korišten u otkrivanju kvara u transformatoru. Analiza rasipnog toka transformatora za ranu detekciju kvarova u izolaciji namota transformatora korištena je u [5]. U [6] je rana detekcija kvara u izolaciji namota transformatora obavljena analizom udjela struja inverznog sustava u sustavu simetričnih komponenti. Analiza plina u kotlu transformatora i snimanje valnih oblika električnih veličina (struja i napona) na stezaljkama transformatora korištena je u [7]. Kod predikcije kvarova u izoliranim kabelima obično se ista obavlja detekcijom postojanja parcijalnih pražnjenja u izolaciji kabela kao što je to prikazano u [8] i [9].

Kod većine metoda za detekciju kvarova u električnim uređajima radi se o analizi električnih veličina (napona i struja) dobivenih na stezaljkama uređaja. Kako se u pozadini ovih električnih veličina nalazi elektromagnetsko polje u prostoru uređaja cilj, ovog rada je prikaz primjera promjena u elektromagnetskom polju kod pojave kvarova. U tu svrhu prikazani su rezultati simulacija elektromagnetskog polja u slučajevima kratkog spoja između zavoja namota zavojnice.

2. SIMULACIJSKI ALATI

Numeričke simulacije elektromagnetskog polja za primjere kvarova u namotu obavljene su ovdje u računalnom programu ANSYS® [10]. Simulacije u ANSYS® programu su obavljene u 3D prostoru. Korišteni simulacijski

alati koriste Metodu Konačnih Elemenata (MKE) kao matematički alat za numeričko rješavanje elektromagnetskih problema. Pri tome MKE rješava Maxwellove jednadžbe koje opisuju prostor u kojem se nalaze izvori elektromagnetskog polja, tj. električni naboj i struje [11]. Pri korištenju navedenog simulacijskog alata provode se sljedeći ključni koraci pri pripremi i provedbi simulacije:

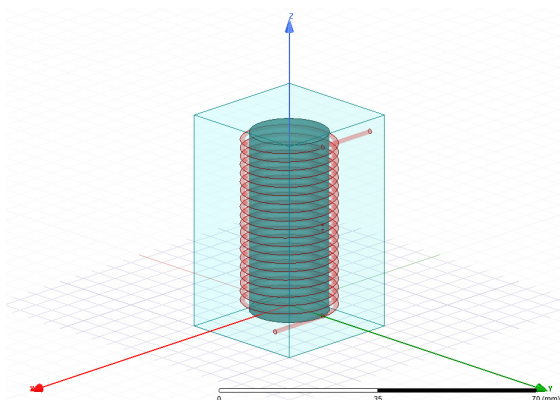
- odabir vrste simulacijskog problema
- crtanje geometrije problema,
- definiranje i pridjeljivanje graničnih uvjeta geometriji problema,
- definiranje i pridjeljivanje svojstava materijala geometriji problema,
- definiranje i pridjeljivanje izvora elektromagnetskog polja geometriji problema,
- obavljanje simulacije, i
- obrada i prikaz rezultata simulacije.

Pri tome prvih 5 koraka predstavljaju tzv. „preprocessing“ postupke, a zadnji korak tzv. „postprocessing“ postupak rješavanja problema MKE numeričkim postupkom. Za crtanje geometrije korišteni alat ima vlastiti modul CAD (Computer-aided Design) tipa. Osim toga geometrija problema može biti napravljena u nekom drugom CAD alatu i uvezena (importirana) u korišteni program. Granični uvjeti se u slučaju 2D prostora dodjeljuju krivulji, a u slučaju 3D prostora plohi geometrije problema. Svojstva materijala se u slučaju 2D geometrije dodjeljuju plohi, a kod 3D geometrije volumenu nacrtane geometrije. Nakon obavljene simulacije korišteni alat ima više mogućnosti za prikaz dobivenih rezultata simulacija. Rezultati simulacije mogu se prikazivati grafički korištenjem postojećeg modula u programu za grafičku obradu rezultata simulacija. Osim grafičkog prikaza dobiveni rezultati simulacija mogu se prikazati numerički za točke u prostoru geometrije problema ili se može numerička integracija neke od varijabli elektromagnetskog polja provesti po krivulji, plohi ili volumenu geometrije problema. U svakom slučaju ovakvi simulacijski alati omogućavaju rješavanje problema u elektromagnetizmu proizvoljne i konačne geometrije sa zadovoljavajućom točnošću. Kod modeliranja kvarova u električnim uređajima geometrija problema je upravo ovakva, proizvoljna i u ograničenom prostoru. Za razliku od ovakvih modernih simulacijskih alata korištenje analitičkih izraza za izračun varijabli elektromagnetskog polja u ovom slučaju davalo

bi rezultate koje imaju značajno odstupanje od stvarnih vrijednosti. Razlog tomu je što analitički izrazi pretpostavljaju određena zanemarenja i aproksimacije, kao što je npr. pretpostavka jako velike jedne ili više dimenzija (ili beskonačna veličina jedne od dimenzija) ili simetričnu geometriju problema i sl.

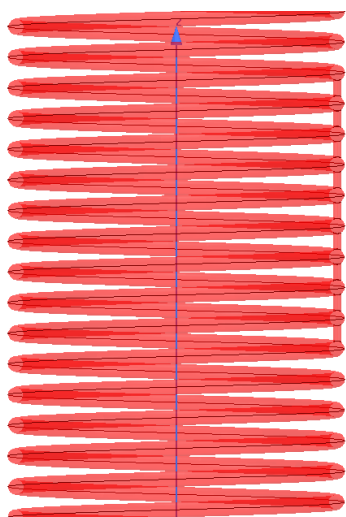
3. REZULTATI SIMULACIJA

Za slučaj simulacije elektromagnetskog polja kod kvara u obliku kratkog spoja između zavoja zavojnice nacrtana je 3D geometrija od 20 zavoja u ANSYS® programu kako je to prikazano na slici 1.



Slika 1. Geometrija zavojnice u ANSYS® programu

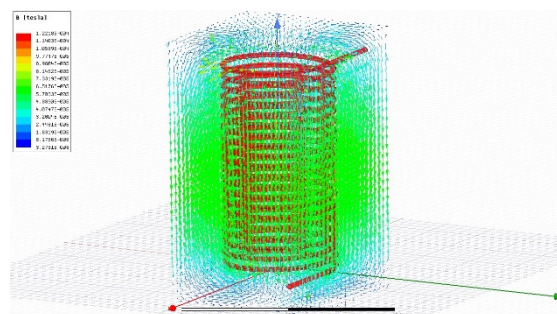
Kvar koji se odnosi na kratki spoj među zavojima modeliran je crtanjem volumena koji spaja pojedine zavoje i ima isto svojstvo materijala kao i sami zavoji (detalj na slici 2).



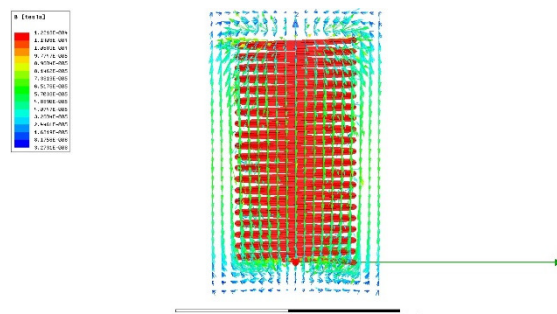
Slika 2. Detalj modeliranja kratkog spoja između zavoja namota zavojnice u ANSYS® programu

Prikaz magnetskog polja vektorima magnetske indukcije za zavojnicu bez kvara

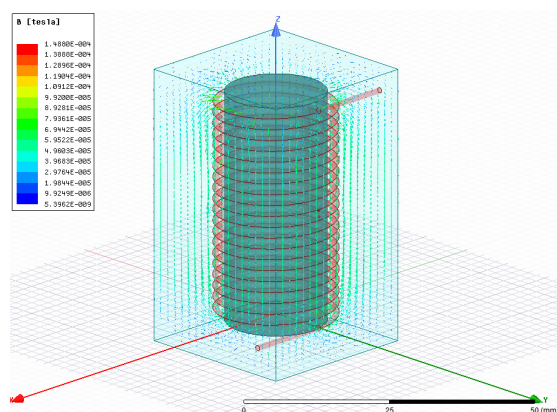
dan je na slikama 3 i 4. Grafički prikazi rezultata simulacija za različite omjere broja zavoja u kvaru u odnosu na ukupni broj zavoja prikazani su na slikama 5-10.



Slika 3. Magnetsko indukcija zavojnice bez kvara u ANSYS® programu



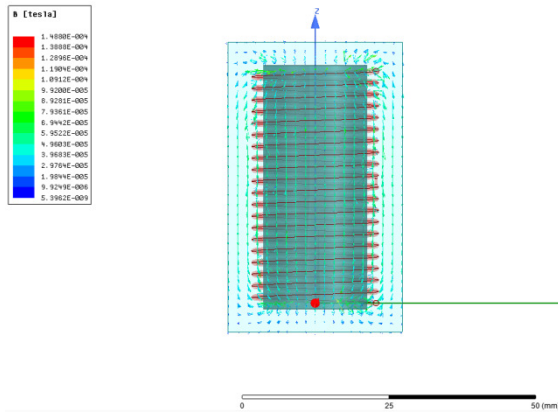
Slika 4. Magnetsko indukcija zavojnice bez kvara u ANSYS® programu



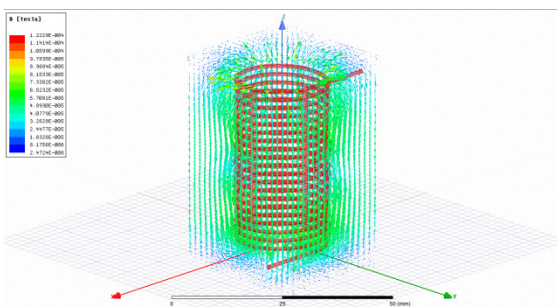
Slika 5. Magnetsko indukcija zavojnice u ANSYS® programu—kratki spoj između 10 % zavoja

Kako je vidljivo sa slika 5-10 očigledan je utjecaj modeliranja kvara na sliku magnetskog polja zavojnice. Rezultati simulacija ukazuju na postojanje utjecaja kvara na razini elektromagnetskog polja i kod kratkog spoja između dvaju zavoja namota zavojnice. U tablici 1 prikazani su iznosi induktiviteta zavojnice bez kvara i s gore modeliranim kvarovima dobiveni kao rezultat simulacije. Rezultati simulacija

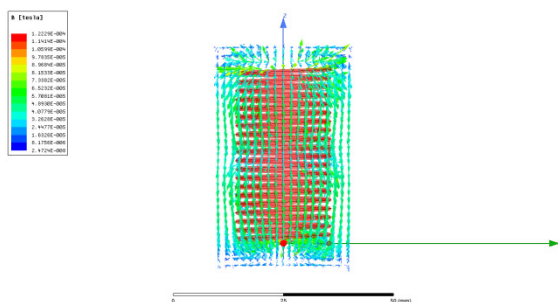
promjene pojedinih parametara sa stanovišta električnog kruga kao što je to promjena induktiviteta namota prikazana u tablici 1 mogu biti korišteni za ispitivanje utjecaja intenziteta kvara na struje i napone na priključnicama namota.



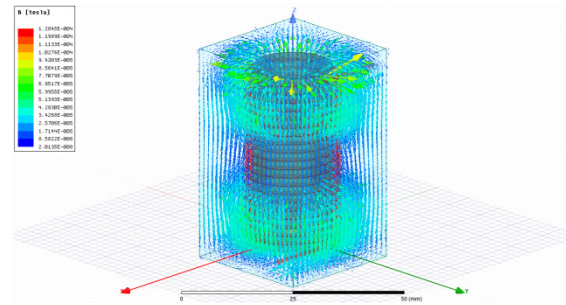
Slika 6. Magnetsko indukcija zavojnice u ANSYS® programu—kratki spoj između 10 % zavoja



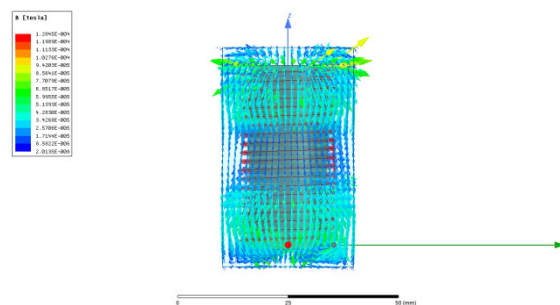
Slika 7. Magnetska indukcija zavojnice u ANSYS® programu—kratki spoj između 20 % zavoja



Slika 8. Magnetska indukcija zavojnice u ANSYS® programu—kratki spoj između 20 % zavoja



Slika 9. Magnetska indukcija zavojnice u ANSYS® programu—kratki spoj između 50 % zavoja



Slika 10. Magnetska indukcija zavojnice u ANSYS® programu—kratki spoj između 50 % zavoja

Tablica 1. Induktivitet zavojnice pri različitom intenzitetu kvara—rezultati iz ANSYS® simulacija

	Broj zavoja namota u kratkom spoju (kvaru)			
	Bez kvara	10 %	20 %	50 %
Induktivitet [μH]	5,722	5,172	4,262	2,207
Promjena induktiviteta [%]	-	-9,61	-25,51	-61,43

4. ZAKLJUČAK

Primjena simulacija elektromagnetskih polja u slučajevima postojanja kvarova u električnim uređajima može biti korisna za detektiranje postojanja kvara u ranoj fazi ili predikciji kvara. Ovakve simulacije mogu biti korisne u definiranju očekivanih vrijednosti i valnih oblika struja i napona snimljenih na priključnicama uređaja u ovisnosti o vrsti i intenzitetu kvara. Naime, numeričke simulacije omogućuju modeliranje kvara na prostornoj (geometrijskoj) razini volumena uređaja. Nakon što je kvar modeliran na ovaj način, obavljanjem simulacije dobiva se stanje elektromagnetskog polja za različite tipove (vrste) mogućih kvarova. Nadalje, iz tako simuliranih elektromagnetskih polja dolazi se do valnih oblika napona i struja

na stezaljkama uređaja. Prethodno opisani postupak omogućuje povezivanje vrste kvara (uzroka) s valnim oblicima napona i struja (posljedica) na stezaljkama uređaja. Ovakve simulacije omogućuju ispitivanje utjecaja i intenziteta kvara na veličinu promjene električnih veličina dostupnih na stezaljkama uređaja i to na razini elektromagnetskog polja. Stoga bi simulacije elektromagnetskog polja trebale doprinijeti povećanju kvalitete i razvoju novih metoda za detekciju kvarova analizom struja i napona na stezaljkama uređaja u kvaru i detekcijom promjena u elektromagnetskom polju.

LITERATURA:

- [1] M. J. P. Jacob and S. J. Saranya, "Intelligent Fault Diagnosis of Electrical Machines Based on Energy Loss Calculation," *Int. Conf. Intell. Syst. Control*, pp. 116–124, 2015.
- [2] I. Ahmed, M. Ahmed, M. Khan, and K. Imran, "Investigation of Multiple Faults Detection in Electric Machine Using Broken Rotor Bar and Eccentricity Fault Frequencies Techniques," *Int. J. Electr. Comput. Sci.*, vol. 10, no. 5, pp. 24–31, 2010.
- [3] K. Ilampoornan and M. Vikash, "Transformer Fault Detection by Frequency Response Analysis," *IOSR J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 4, pp. 27–32, 2012.
- [4] J. Abdallah, "Using the Frequency Response Analysis (FRA) In Transformers Internal Fault Detection," vol. 4, no. 9, pp. 297–306, 2009.
- [5] M. F. Cabanas, F. Pedrayes, M. G. Meler, C. H. R. G. A. Orcajo, J. M. Cano, and J. G. Norriella, "Insulation Fault Diagnosis in High Voltage Power Transformers By Means of Leakage Flux Analysis," *Prog. Electromagn. Res.*, vol. 114, no. January, pp. 211–234, 2011.
- [6] K. Ramesh and M. Sushama, "Incipient Fault Detection in Power Transformer Using Fuzzy Technique," *J. Electr. Eng.*, pp. 1–6.
- [7] S. Koroglu *et al.*, "Keywords: Power transformer, Fault detection, Dissolved gas analysis, Electrical test methods.," vol. 3, pp. 442–459, 2016.
- [8] M. F. Faisal, A. Mohamed, and H. Shareef, "Prediction of incipient faults in underground power cables utilizing S-transform and support vector regression," *Int. J. Electr. Eng. Informatics*, vol. 4, no. 2, pp. 186–201, 2012.
- [9] X. Zhou, Y. Qian, and M. Liu, "The Application of Partial Discharge Detection for the condition assessment of XLPE Power Cables," *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 88, no. 6, pp. 313–316, 2012.
- [10] "ANSYS Electromagnetics Suite 18.0.0. Maxwell 3D," 2017. [Online]. Available: <http://www.ansys.com/error?aspxerrorpath=/product>. [Accessed: 01-Jan-2017].
- [11] R. Bargallo, "Finite Elements for Electrical Engineering," 2006. [Online]. Available: <http://www.aedie.org/eeej/webrevista/articulos/libros/ONLINE/EFRBP2006FULL.pdf>. [Accessed: 01-Jan-2017].



Umjeravanje opreme za elektrolučno zavarivanje

Professional paper

Ivan Petrović

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
ipetrovic81@gmail.com

Marinko Stojkov

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Trg Ivane Brlić-Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod, Hrvatska
marinkostojkov@gmail.com

Ivan Samardžić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Trg Ivane Brlić-Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod, Hrvatska
ivan.samradzic@sfsb.hr

Ante Čikić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Trg Ivane Brlić-Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod, Hrvatska
ante.cikic@sfsb.hr

Sažetak – U radu je opisan postupak mjerenja statičke karakteristike radi utvrđivanja ispravnosti uređaja za zavarivanje i podobnosti njegovih karakteristika potrebama korisnika. Dozvoljena greška odstupanja radne od normom propisane vrijednosti iznosi $\pm 10\%$.

Ključne riječi: Statička karakteristika, izvori struje za zavarivanje, električni luk, radna točka.

VALIDATION OF ARC WELDING EQUIPMENT

Abstract - The paper describes the measuring procedure of static characteristics to determine the correctness of welding and suitability of its characteristics to user needs. Permissible error tolerances of the working standard prescribed value are $\pm 10\%$.

Key words: Static characteristic, welding power sources, electrical arc.

1. UVOD

Osnovni zadatak ovog rada je pokazati mjerenje statičke karakteristike uređaja za zavarivanje. Izvor struje za zavarivanje mora posjedovati određene statičke i dinamičke karakteristike koje će omogućiti lako paljenje i stabilno gorenje električnog luka, što omogućava stabilno zavarivanje i dobru kvalitetu zavarenih spojeva [1].

Statička karakteristika izvora struje za zavarivanje opisuje promjenu napona s porastom struje zavarivanja. Karakteristika je prikazana krivuljom $U = f(I)$, te je podijeljena u

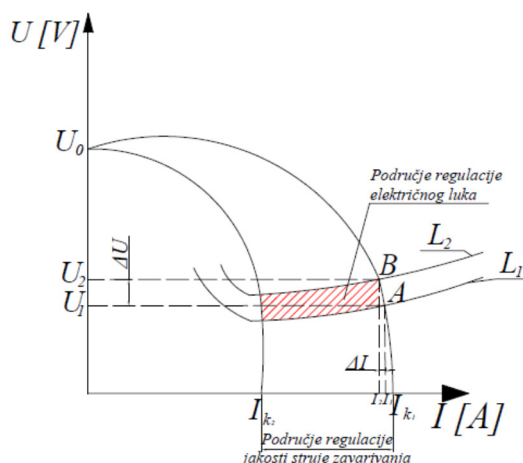
dva tipa prema kojima se rade daljnje podjele izvora struje za zavarivanje [2].

2. STATIČKA KARAKTERISTIKA UREĐAJA ZA ZAVARIVANJE

Za svaki uređaj za zavarivanje moguće je snimiti statičku karakteristiku $U = f(I)$ [1]. Karakteristika se snima korištenjem promjenjivog omskog otpora, čijim priključenjem na izvor zavarivanja od stanja praznog hoda kad je vrijednost otpora $R = \infty \Omega$, napon praznog hoda U_0 ima najveću vrijednost, struja zavarivanja je $I = 0$ A, do vrijednosti kada su napon i struja zavarivanja u onom radnom području, koje daje

dobre parametre za održavanje električnog luka dajući time kvalitetan zavareni spoj.

Osjenčano područje na slici 1 radno je područje regulacije električnog luka, omeđeno najdužim L_2 i najkraćim električnim lukom L_1 , kojima se postižu kvalitetni zavareni spojevi. Promjenom visine luka od L_1 na L_2 mijenja se napon luka od U_1 na U_2 , a struja se smanjuje od I_1 na I_2 . Do promjene visine luka dolazi zbog drhtanja ruke zavarivača ili zbog promjene pravca ili geometrijskog oblika spoja kod automatskog zavarivanja [2].



Slika 1. Statička karakteristika uređaja za zavarivanje

U_0 – napon praznog hoda (V);

L_1 – karakteristika kraćeg električnog luka (A);

L_2 – karakteristika dužeg električnog luka (A);

I_{k1} – najveća vrijednost struje kratkog spoja (A);

I_{k2} – najmanja vrijednost struje kratkog spoja (A);

A – radna točka s kratkim lukom;

B – radna točka s dužim električnim lukom.

Izgled statičke karakteristike izvora za zavarivanje definira se kod projektiranja izvora struje za određeni postupak ili za određenu grupu postupaka elektrolučnog zavarivanja. Tijekom vremena eksploatacije izvora struje za zavarivanje treba kontrolirati njegovu statičku, ali i dinamičku karakteristiku.

3. UVJETI STABILNOSTI ELEKTRIČNOG LUKA

Za elektrolučno zavarivanje potrebno je osigurati stabilno gorenje električnog luka pri određenoj jačini struje zavarivanja. Za paljenje električnog luka potreban je dovoljno visok napon praznog hoda U_0 ili pomoćni generator visokog napona i visoke frekvencije.

Za kvalitetan zavareni spoj važno je održavati propisanu snagu, računa se prema izrazu (1):

$$P = U \cdot I \cdot \eta, \quad (W) \quad (1)$$

Gdje je: U – napon električnog luka (V), I – jakost struje za zavarivanje (A), η – stupanj iskorištenja energije u električnom luku, E – vrijednost toplinskog inputa (J), E_{ef} – efektivna vrijednost toplinskog inputa (topline) (J).

Veza između navedenih veličina i toplinskog inputa može se prikazati sljedećim izrazom (2):

$$E = \frac{U \cdot I}{v} \cdot \left(\frac{J}{m} \right) \quad (2)$$

Efektivna vrijednost toplinskog inputa E_{ef} koji uzima u obzir stupanj iskorištenja energije u električnom luku, računa se prema izrazu (3):

$$E_{ef} = \frac{U \cdot I \cdot \eta}{v} \cdot \left(\frac{J}{m} \right) \quad (3)$$

Gdje je: v – brzina zavarivanja (mm/s).

Snaga izvora troši se na aktivnim i reaktivnim otporima u strujnom krugu, dobije se iz izraza (3):

$$U_i \cdot I = I^2 \cdot R + L \frac{dI}{dt} \cdot I + U_l \cdot I \quad (4)$$

Gdje je: R – omski otpor vodiča (Ω), L – induktivni otpor vodiča (Ω), l – dužina vodiča (m).

Stabilan luk se postiže kada je $U_i = U_l$, odnosno u točki presijecanja karakteristika luka i izvora, izraz (5). Za $R = 0$;

$$U_i = (l) = L \frac{dI}{dt} + U_l(I) \quad (V) \quad (5)$$

Za istosmjernu struju vrijedi izraz (6):

$$\frac{dI}{dt} = 0, U_i = U_l \quad (6)$$

Uvjet stabilnosti električnog luka može se matematički opisati pomoću izraza (7), odnosno koeficijenta stabilnosti sistema K_s [1]:

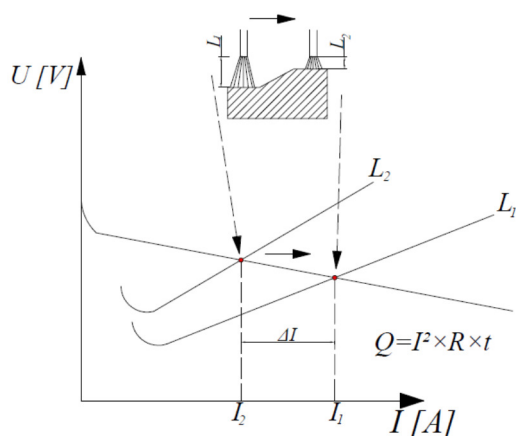
$$K_s = \left(\frac{\partial U_l}{\partial I} - \frac{\partial U_i}{\partial I} \right) I_r > 0 \quad (7)$$

gdje je: $\partial U_l / \partial I, \partial U_i / \partial I$ – derivacija statičke karakteristike električnog luka, izvora za zavarivanje, I_r – vrijednost struje zavarivanja u radnoj točki.

Gore navedeni uvjet stabilnosti znači da karakteristika izvora struje za zavarivanje u radnoj

točki treba biti strmija od statičke karakteristike električnog luka, da bi električni luk bio stabilan [1].

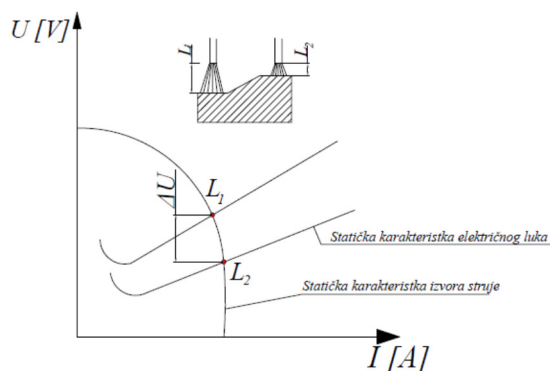
Unutarnja ili strujna regulacija koristi se kod MAG/MIG postupka uređaja za zavarivanje kod kojih se zavaruje žicom promjera do 3 mm. Ova regulacija podrazumijeva da je izvor za zavarivanje napravljen tako da kod male promjene visine električnog luka dolazi do veće promjene jakosti struje, što ovisno predznaku promjene dovodi do bržeg ili sporijeg taljenja žice za zavarivanje. Unutarnja ili strujna regulacija odvija se kod izvora struje sa položenom ili ravnom statičkom karakteristikom. Princip regulacije prikazan je na slici 2.



Slika 2. Unutarnja regulacija visine električnog luka

Zbog promjene jakosti struje (ΔI), razvija se veća ili manja količina Joulove topline, koja se troši na sporije ili brže topljenje dodatnog materijala, kako bi se čim prije došlo u željeno ravnotežno stanje visine električnog luka i stabilnosti glavnih parametara zavarivanja [3].

Vanjska ili naponska regulacija provodi se kod izvora struje sa strmom statičkom karakteristikom. Princip regulacije prikazan je na slici 3.



Slika 3. Vanjska regulacija visine električnog luka

Na osnovi registrirane promjene napona ΔU , elektromotor za pogon žice za zavarivanje pogoni istu brže ili sporije (ovisno o promjeni ΔU), pa se na taj način dolazi do željene visine električnog luka.

Radni napon i radna struja zavarivanja

Za elektrolučno zavarivanje radni napon luka se kreće u granicama 15-50 V uz jakosti struje 20-200 A. Radni napon (napon luka) može se računati prema izrazu (8):

$$U = a + b \times I \quad (V) \quad (8)$$

gdje je:

a i b – koeficijenti ovisni o materijalu elektrode kao

i o sastavu i tlaku plinova.

$$U = 20 + 0,04 \times I, \quad I < 600 \text{ A} \quad (9)$$

$$U = 40 + 0,05 \times I, \quad I > 600 \text{ A} \quad (10)$$

4. MJERNA METODA

Pri samom mjerenju umjesto električnog luka koriste se promjenjivi otpornici prikazani na slici 4, koji se serijski spoje s izvorom za zavarivanje. Samo mjerenje kreće od vrijednosti kad napon praznog hoda ima maksimalnu vrijednost, odnosno kad je vrijednost otpornika $R = \infty \Omega$, struja opterećenja iznosi nula ampera. Uključenjem preklopnika ugodi se zahtijevana radna točka za zavarivanje. Svaki izvor za zavarivanje opterećuje se od stanja praznog hoda do stanja 80 % opterećenja nazivne snage.

Većina uređaja za zavarivanje posjeduje vlastite instrumente za mjerenje struja i napona zavarivanja, dok uređaj za mjerenje statičke karakteristike posjeduje vlastite, većeg razreda točnosti i umjerene s kojima se mjere $U-I$ vrijednosti. Rezultati mjerenja statičke karakteristike dani su u tablici 1.



Slika 4. Promjenjivi otpornik s mjernom opremom

Norma za validaciju i umjeravanje izvora za zavarivanje HRN EN 50504:2008 daje izraze 10 i 11 za izračun radnog napona luka za MAG postupak [4]:

Za struje I_2 do 600 A izrazom:

$$U_2 = (14 + 0,05 \times I_2) \text{ (V)} \quad (10)$$

Za struje I_2 preko 600 A izrazom:

$$U_2 = 44 \text{ (V)} \quad (11)$$

Izračun greške struje računa se prema izrazu (12) [3]:

$$\frac{I_p - I_{mj}}{I_p} \cdot 100\% \quad (12)$$

Izračun greške napona luka računa se prema izrazu (13) [3]:

$$\frac{U_p - U_{mj}}{U_p} \cdot 100\% \quad (13)$$

Standardna devijacija σ računa se prema izrazu (14) [5]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (14)$$

Standardno odstupanje V računa se prema izrazu (15) [5]:

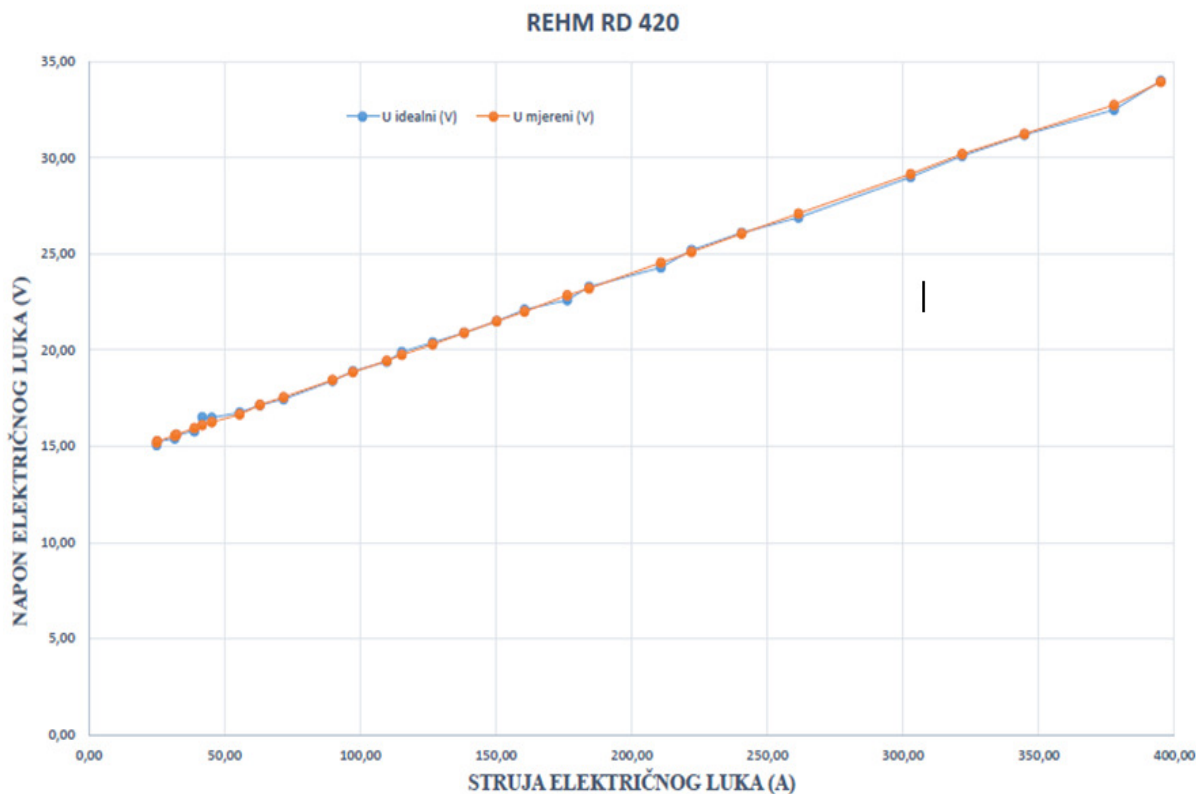
$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (15)$$

5. PRIKAZ REZULTATA MJERENJA

TABLICA 1. PRIKAZ REZULTATA MJERENJA NA UREĐAJU REHM RD 420

Broj mjerenja	I idealna (A)	Imjerena (A)	U idealni (V)	U mjereni (V)	Greška I (%)	Greška U (%)	σ	V	σ	V
1	24,00	24,93	15,06	15,20	3,85	0,92	0,46	1,89%	0,07	0,46%
2	25,00	25,08	15,24	15,25	0,30	0,07	0,04	0,15%	0,00	0,03%
3	31,00	31,60	15,40	15,55	1,94	0,96	0,30	0,96%	0,08	0,48%
4	32,00	32,18	15,59	15,60	0,55	0,06	0,09	0,27%	0,00	0,03%
5	39,00	38,85	15,78	15,95	-0,38	1,07	0,07	0,19%	0,09	0,54%
6	42,00	41,68	16,50	16,10	-0,77	-2,48	0,16	0,39%	0,20	1,23%
7	45,00	45,25	16,48	16,25	0,56	-1,42	0,13	0,28%	0,12	0,70%
8	53,00	55,50	16,75	16,65	4,72	-0,60	1,25	2,30%	0,05	0,30%
9	63,00	63,00	17,14	17,15	0,00	0,06	0,00	0,00%	0,00	0,03%
10	71,00	71,68	17,45	17,55	0,95	0,57	0,34	0,47%	0,05	0,29%
11	89,00	89,75	18,40	18,45	0,84	0,27	0,38	0,42%	0,03	0,14%
12	97,00	97,25	18,90	18,85	0,26	-0,27	0,13	0,13%	0,02	0,13%
13	109,00	109,75	19,40	19,45	0,69	0,26	0,37	0,34%	0,03	0,13%
14	115,00	115,25	19,90	19,75	0,22	-0,76	0,13	0,11%	0,07	0,38%
15	126,00	126,68	20,40	20,30	0,54	-0,49	0,34	0,27%	0,05	0,25%
16	138,00	138,25	20,90	20,90	0,18	0,00	0,13	0,09%	0,00	0,00%
17	150,00	150,25	21,50	21,50	0,17	0,00	0,13	0,08%	0,00	0,00%
18	160,00	160,50	22,10	22,00	0,31	-0,45	0,25	0,16%	0,05	0,23%
19	177,00	176,25	22,60	22,85	-0,42	1,09	0,38	0,21%	0,13	0,55%
20	184,00	184,25	23,30	23,20	0,14	-0,43	0,13	0,07%	0,05	0,22%
21	211,00	210,75	24,30	24,55	-0,12	1,02	0,13	0,06%	0,13	0,51%
22	222,00	222,00	25,20	25,10	0,00	-0,40	0,00	0,00%	0,05	0,20%
23	241,00	240,50	26,10	26,05	-0,21	-0,19	0,25	0,10%	0,03	0,10%
24	262,00	261,50	26,90	27,10	-0,19	0,74	0,25	0,10%	0,10	0,37%
25	303,00	302,75	29,00	29,15	-0,08	0,51	0,13	0,04%	0,07	0,26%
26	324,00	321,75	30,10	30,20	-0,69	0,33	1,13	0,35%	0,05	0,17%
27	345,00	344,75	31,20	31,25	-0,072	0,160	0,13	0,04%	0,03	0,08%
28	375,00	377,75	32,50	32,75	0,733	0,763	1,38	0,37%	0,13	0,38%
29	399,00	395,00	34,00	33,95	-1,003	-0,147	2,00	0,50%	0,02	0,07%

Na slici 5. prikazana je strujno naponska karakteristika električnog luka. Iz prikazanog dijagrama vidi se da ispitani uređaj ima jako mala odstupanja od idealne statičke karakteristike za MAG postupak zavarivanja.



Slika 5. Strujno - naponska karakteristika uređaja REHM RD420

6. ZAKLJUČAK

Primjenom otporne metode za snimanje statičke karakteristike uređaja REHM RD 420 za zavarivanje MAG postupkom može se zaključiti da vrijednosti izmjenjenog napona električnog luka odstupa u prihvatljivim iznosima od idealne karakteristike, što je prikazano na slici 5. Mjerenje je vršeno od iznosa malih vrijednosti struja i napona električnog luka do 80% opterećenja uređaja za zavarivanje, gdje se znaju pojavljivati veća odstupanja. Mjerena karakteristika „preklapa“ se na idealnu i time potvrđuje stabilnost uređaja za kvalitetno zavarivanje.

LITERATURA:

- [1] Lukačević, Z. (1998), "Zavarivanje, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet Slavonki Brod, 1998. p. 26-1- 26-10.
- [2] Garašić, I; Kožuh Z; (2016), "Priručnik iz kolegija: Strojevi i oprema za zavarivanje", Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, p. II.
- [3] Lukačević, Z, Samardžić, I.; (1999) "Mogućnost praćenja glavnih parametara pri elektrolučnim postupcima zavarivanja; Zavarivanje 42(1999.), Hrvatsko društvo za tehniku zavarivanja, Zagreb.
- [4] Hrvatski Zavod za norme, (2008), EN 50504, Validation of arc welding equipment, p.p 12.
- [5] <http://racunala.ttf.unizg.hr/files/Statistika.pdf>

Dijagnostika stanja kotrljajnih ležajeva na mašinsko-tehničkim sistemima

Professional paper

Eleonora Desnica

Univerzitet u Novom Sadu,
Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin
Đure Đakovića bb, 23000 Zrenjanin, Srbija
desnica@tfzr.uns.ac.rs

Danilo Mikić

Tehnička škola "Jovan Žujović",
Vuka Karadžića 3, Gornji Mlianovac, Srbija
vtsm@mts.rs

Ivan Palinkaš

Univerzitet u Novom Sadu,
Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin
Đure Đakovića bb, 23000 Zrenjanin, Srbija
ivanpalinkas@gmail.com

Sažetak – *Danas sve složeniji tehnički sistemi kao što su pumpe, kompresori i industrijski roboti-manipulatori, koji obezbeđuju visok stepen proizvodnosti, pred održavaoce su postavili zadatke u traženju novih metoda održavanja, koji će ukupne troškove održavanja svesti na minimum. U ovom radu dat je pregled dijagnostike stanja kotrljajnih ležajeva na robotu, pumpi i kompresoru, analiza praćenja vibracija na sklopovima složenih sistema kao i analiza pojave zamora i vibracija na sklopovima složenih sistema.*

Ključne riječi - *dijagnostika, kotrljajni ležajevi, vibracije, robot, pumpa, kompresor*

DIAGNOSTICS OF ROLLING BEARINGS IN THE MECHANICAL AND TECHNICAL SYSTEMS

Abstract – *Today more and more complex technical systems such as pumps, compressors and industrial robots-manipulators, which provide a high level of productivity, in front of maintainers are set tasks in the search for new methods of maintenance, which will total maintenance costs to a minimum. This paper gives an overview of the diagnostics of roller bearings on the robot, pumps and compressors, analysis monitoring vibrations on assemblies of complex systems and the analysis of the phenomena of fatigue and vibration assemblies of complex systems.*

Keywords – *diagnostics, roller bearings, vibration, robot, pump, compressor*

1. UVOD

Tehnički sistemi u energetske, proizvodnje, naftne, gasne i ostalim industrijama imaju veliki broj sklopova i mehanizama koji su u procesu kretanja i međusobnog kontakta. Sve mašine, sklopovi i mehanizmi sastoje se, po pravilu, od nekoliko osnovnih pokretnih mašinskih elemenata: ležajeva (kliznih ili kotrljajnih), zupčanika, vođica, lančanih prenosnika i čeličnih užadi [1].

Oštećenje ležajeva na mašinama i mehanizmima lančano dovodi do oštećenja i drugih delova - vratila, spojnice, kućišta, radnih elemenata. Zbog toga je poželjno poseban značaj pridavati periodičnim praćenjima trenutnog stanja ležajeva. Znatno umanjeње

oštećenja ležajeva postiže se pravilnom montažom (po preporuci proizvođača), pravilnim održavanjem i upotrebom odgovarajućih maziva [2].

Kotrljajni ležaj je jedan od najzastupljenijih mašinskih elemenata u strukturi svakog tehničkog sistema. Pojava otkaza ovog elementa mahom izaziva ozbiljna oštećenja i na ostalim tribomehaničkim sistemima. Sa ovog aspekta, kotrljajni ležaji se smatraju kritičnim komponentama, jer njihovi otkazi najčešće prouzrokuju dugotrajne neplanirane zastoje. Otkaz kotrljajnih ležaja u praksi je nemoguće izbeći. Ipak, pravovremeno utvrđeno pogoršanje stanja ležaja obezbeđuje dovoljno vremena za planiranje i sprovođenje aktivnosti u cilju sprečavanja iznenadne pojave otkaza.

Na ovaj način se povećava pouzdanost i raspoloživost tehničkih sistema.

U cilju pravovremenog otkrivanja predstojećeg otkaza, neophodno je sprovesti dijagnostiku stanja kotrljajnih ležaja u toku rada. Kroz dijagnostiku treba sagledati trenutno stanje kao i uslove podmazivanja ležaja. Zbog značaja kotrljajnih ležajeva primenjenih na složenim industrijskim sistemima, razvijeno je više metoda za dijagnostiku njihovog stanja [3].

2. DIJAGNOSTIKA STANJA KOTRLJAJNIH LEŽAJEVA NA ROBOTU, PUMPI I KOMPRESORU

Primenljivost bilo koje metode tehničke dijagnostike, ukazuje nam na bolju informisanost o stanju kotrljajnih ležajeva na mašinama i mehanizmima, čime nam omogućava da se podigne mnogo veća raspoloživost i funkcionalnost istih. Nove metode i tehnike iz oblasti tehničke dijagnostike omogućavaju nam još bolje planiranje, redukciju prekovremenog rada ležaja, značajno povećanje vremena između dva otkaza.

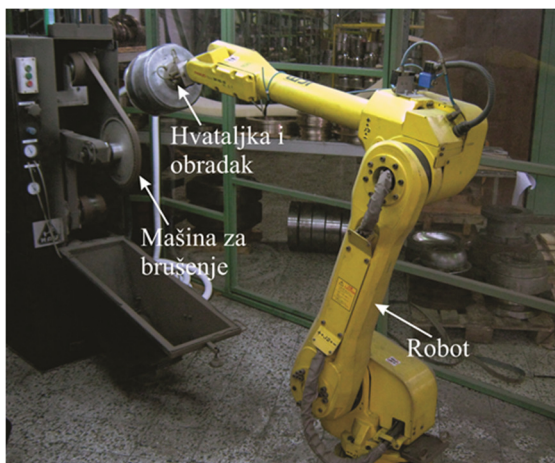
Vek eksploatacije kotrljajnog ležaja je nepredvidiv. Mogućnosti otkaza ovog elementa su veoma velike. Analize pokazuju da se moguća odstupanja kreću i do 20 puta u odnosu na teorijski vek ležaja. Gubitak radne sposobnosti ležajeva izaziva i značajne materijalne izdatke za njihovu zamenu. Iz tih i sličnih razloga sasvim je racionalna primena njihovog održavanja, kao i pribegavanju reparaciji ležajeva, naročito onih većih dimenzija koji su još u radu, a koji nisu do te mere oštećeni da se ne mogu reparirati. Ti ležajevi su veoma skupi, isporuke veoma dugo traju i rade se u pojedinačnim serijama po specijalnim porudžbinama [4, 5].

U industrijskoj proizvodnji jedan od najvažnijih zahteva predstavlja održavanje kontinualnog procesa proizvodnje u što dužem vremenskom periodu. To znači rad bez zastoja, odnosno rad sa što manje zastoja i to, po mogućnosti, planskih zastoja, jer svaki zastoj, a naročito onaj neplanski, uzrokuje velike ekonomske gubitke (ali izaziva i dodatna oštećenja opreme što može da ugrozi sigurnost ljudi). Stoga, neophodno je kontrolisati promene stanja mašina ili njihovih delova; posebno je značajno otkrivanje kvara u samoj početnoj fazi nastanka, a najkasnije pre prelaska potencijalnog u značajan kvar. Zato pristup održavanja mašinskih sistema ukazuje na neophodnost da se reaktivno održavanje zameni proaktivnim održavanjem, koje se zasniva na maksimalnoj primeni preventivnog održavanja.

Danas sve složeniji tehnički sistemi kao što su pumpe, kompresori i industrijski roboti-manipulatori, koji obezbeđuju visok stepen proizvodnosti, pred održavaoce su postavili zadatke u traženju novih metoda održavanja, koji će ukupne troškove održavanja svesti na minimum [6,7].

Kako je jedan od glavnih ciljeva uvođenja robotskih sistema u industriji zaštita radnika na opasnim i po zdravlje štetnim sredinama, to su vrlo često radna mesta koja opslužuju roboti i koja su izložena štetnim uticajima, bilo da se radi o visokim temperaturama ili velikim količinama prašine i štetnih gasova. Zbog toga, da bi robotski sistem uprkos negativnim uticajima okoline mogao efikasno vršiti svoju funkciju u dužem vremenskom periodu, potrebno je veliku pažnju posvetiti njegovom održavanju i zaštiti.

Preventivno održavanje robotskih sistema obično vrši služba održavanja proizvođača robota i to prema ugovoru o održavanju koji se sklapa prilikom nabavke robotskog sistema. Terenski radnici firme koja proizvodi robote obilaze u dogovorenim vremenskim intervalima robotsko postrojenje i provode redovne mere održavanja kao što su čišćenje nepristupačnih delova, različita podmazivanja, ili promene ulja kod delova koji su podložni trenju, zamena baterija kod upravljačkih jedinica itd. U velikom broju slučajeva se zamena pojedinih delova robotskog sistema vrši tek nakon kvara tih delova. To ponekad može dovesti do višesatnog ili višednevnog zastoja u proizvodnji, što u slučaju velikih serija izaziva velike gubitke. Zbog toga proizvođači robota preporučuju standardne vremenske intervale za zamenu pojedinih delova da ne bi dolazilo do neočekivanih zastoja u proizvodnji. Industrijski roboti se, međutim, zbog svoje fleksibilnosti koriste u različite svrhe i u različitim sredinama. Jedan te isti tip robota se u različitim aplikacijama podvrgava različitim opterećenjima, a razlikuju se i brzine izvođenja pojedinih operacija. To znači da će, kod unapred propisanih intervala održavanja, kod jednog robota delovi biti menjani prečesto, dok u nekom drugom postrojenju koje je više opterećeno, može doći do ranijeg otkazivanja dela, tj. do skupog zastoja u proizvodnji. Primer jednog robotskog radnog mesta za brušenje i poliranje je dat na slici 1.



Slika 1. Primena robota Fanuc kod brušenja ruba venca šerpe [7]

Danas se za održavanje robota sve više koriste i savremena rešenja vezana za upotrebu različitih senzora kojima se mere određene karakteristične veličine kod pojedinih delova i daju signal upravljačkom sistemu kada je potrebno izvršiti zamenu nekog od delova.

Tako se na osnovu stalnog preciznog merenja dimenzija dela izloženog trenju i habanju u toku rada može utvrditi kada taj deo dostiže kritičnu vrednost habanja u kontrolnoj jedinici, odnosno korisniku robota se šalje upozoravajući signal da deo treba zameniti. U novije vreme se pravi i softver koji na bazi podataka sa raznih senzora koji se nalaze na robotskoj ćeliji, pomoću statističke analize određuje kada je potrebno izvršiti zamenu potrošnih delova robota.

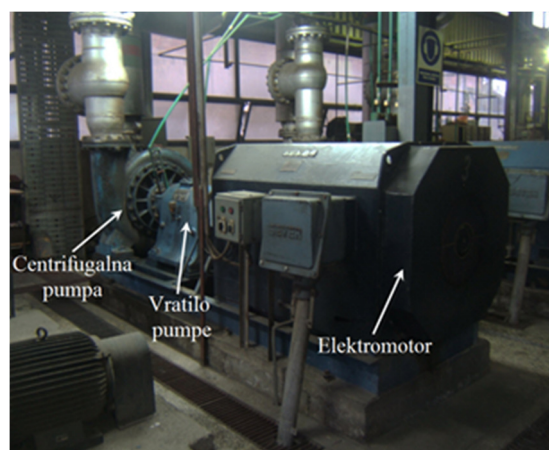
Najčešće se ovde koriste unutrašnji senzori robota, koji mere brzinu i opterećenje pojedinih osa robota, ali i spoljni senzori koji mere fizičke uticaje na samom radnom mestu, npr. temperaturu ili vlažnost, koji mogu uticati na životni vek pojedinih delova robota.

Sve nabrojane mere održavanja robotskog postrojenja u velikoj meri doprinose pouzdanosti rada istog i znatno smanjuju gubitke u proizvodnji nastale iznenadnim prekidima rada usled kvarova [8].

Kod pumpi koje su najviše u upotrebi u procesnoj industriji, na poljoprivrednim, građevinskim, transportnim, industrijskim mašinama kao i u brodogradnji, u njihovoj eksploataciji javljaju se vibracije čiji su uzroci nedovoljno istraženi. Uzroci neželjenih vibracija su različitog porekla, a najčešći su debalans rotirajućih elemenata (ležajevi). Jedan od najčešćih problema kod novih konstrukcija pumpi su vibracije. Ti su problemi posebno

izraženi ako je brzina pumpe promenljiva ili ako pumpa mora raditi ravnomerno sa protokom ispod projektovanog. Problemi vibracija koji se najčešće istražuju su radijalne vibracije vratila, odnosno rotordinamičko kretanje, vertikalno na osu pumpe. Međutim, problematične vibracije se mogu pojaviti i u stacionarnim delovima pumpe, posebno kod vertikalnih i horizontalnih pumpi. Pored radijalnih, mogu se javiti i aksijalne i torzione vibracije. Primer radnog mesta centrifugalne pumpe dat je na slici 2.

Razvoj savremenih CAD metoda i softvera za inženjersku analizu konstrukcija omogućava da se izvrši detaljna analiza dinamičkih karakteristika, čak i najsloženijih mašinskih elemenata i sklopova, pa tako i pumpi, koje su specifične zbog složene geometrije.



Slika 2. Primena centrifugalne pumpe u eksploataciji [7]

Najuobičajeniji tip tehničkog sistema sa rotacionim elementima je svakako kompresor koji se koristi u oblasti pokretanja mnogih mašinskih instalacija. Klipni kompresori koriste klipove koji se pokreću direktno putem klipnog mehanizma pretvarajući kružno kretanje rotora u oscilatorno kretanje.

U toku eksploatacije kompresora kao tehničkog sistema dolazi do nepovratnih promena u sistemu izazvanih različitim procesima: trenjem, habanjem, temperaturom, korozijom, deformacijama. Uzroci koji dovode do navedenih pojava su najčešće izazvani geometrijskim, kinematskim i dinamičkim pojavama. Istovremeno ovo ukazuje na odsustvo podmazivanja površina u relativnom kretanju ili na postojanje prljavštine u sistemu cevovoda što dovodi do smanjenja odavanja toplote okolini i sl. Ocenjivanje stanja takvog dijagnostikovanog objekta se definiše graničnim vrednostima odgovarajućeg parametra ili karakteristike. Odstupanje

karakteristika sistema od projektovanih vrednosti smatra se otkazom sistema; najčešći slučaj takvih otkaza elemenata su kotrljajni ležajevi. Vrednosti koje su karakteristične za normalno funkcionisanje sistema su uslovljene projektom sistema, načinom izrade, načinom funkcionisanja i uslovima ili promenom uslova okruženja [9].

Primer dijagnostikovanog klipnog kompresora sa pojavom otkaza ležaja dat je na slici 3.



Slika 3. Dijagnostikovanje stanja klipnog kompresora [7]

Analiza vibracija je neophodna za otkrivanje i dijagnostiku nedostataka klipnih postrojenja da bi se izbegla neispravnost u radu ili kvar u eksploatacionim uslovima. Imajući u vidu da kotrljajni ležajevi čine oko 90% primene na rotacionim mašinama, to ima za posledicu odlučujući uticaj na dinamiku ponašanja sistema. Praćenjem veličina vibracija ležajeva je siguran način koji ukazuje na eventualna oštećenja i brzinu pojave otkaza ležaja [10].

Ovaj način omogućava da se preduzmu odgovarajuće korektivne mere kako ne bi došlo do otkaza sa velikim posledicama koje nastaju u slučaju totalne havarije sistema.

Karakteristika ovakvog načina održavanja jeste da obezbedi visok nivo pouzdanosti funkcionisanja tehničkih sistema u toku njihovog radnog ciklusa. Pri tome je neophodno izvesti niz metoda i postupaka korektivnog i preventivnog održavanja na sastavnim delovima tehničkog sistema. Detekcijom početnih faza kvarova na mašinama (mehanizmima) moguće je znatno povećati pouzdanost i raspoloživost tehničkih sistema i znatno olakšati i pojeftiniti procedure

održavanja. Međutim, odluka o sprovođenju sistematskih kontrolnih merenja uglavnom je rezultat dugotrajnih analiza.

Nakon analize fizičkih pojava koje se događaju u kotrljajnim ležajevima, i nakon analize rada pojedinih mernih procedura mnogi proizvođači mašina redovno ili po zahtevu kupca ugrađuju merne adaptore (posebno dizajnirane zavrtnjeve) kako bi definisali mesta za kontrolu kotrljajnih ležajeva. Na ovaj način mogu se dobijati trenutni izveštaji, koji mogu konstantno tokom vremena pratiti pogonske uslove rada ležajeva. Na taj način može se sa velikom sigurnošću predvideti razvoj kvara i tako na vreme planirati zamena tokom sledećeg planiranog zastoja radi preventivnog održavanja, što znači direktnu uštedu u novcu i vremenu.

3. ANALIZA PRAĆENJA VIBRACIJA NA SKLOPOVIMA SLOŽENIH SISTEMA

Najbitnije aktivnosti praćenja vibracija na složenim sistemima su:

- analiza vibracija na rotacionim mašinama (turbine, turbokompresori, pumpe, elektromotori, generatori),
- analiza vibracija na klipnim mašinama (motori sa unutarnjim sagorevanjem, klipne pumpe),
- analiza vibracija na rotacionim i kliznim ležištima i na spojnicama upravljača,
- dinamička analiza karakteristika lopatica na turbo mašinama u cilju kontrole mehaničkog spoja sa rotorima/statorima - radi otkrivanja pukotina,
- merenje i analiza nivoa buke u industrijskoj okolini i
- dinamički proračuni i čvrstoća (kritična brzina, standardna frekvencija, naprezanja mašinskih delova).

Metodama vibrodijagnostike moguće je otkriti mehaničke promene koje se događaju na rotacionim mašinama, otkloniti njihove uzroke i sprečiti narušavanje sistema i kvarove opreme pre njihovog nastanka. Vibrodijagnostika, kao rutinska metoda preventivnog održavanja energetskih mašina, znatno smanjuje troškove održavanja, povećava bezbednost, pouzdanost i životni vek celog sistema. Prednosti metode vibrodijagnostike su svakako: osetljivost, visoka preciznost određivanja vrste i veličine svakog od nedostataka, sposobnost da se izvrši

dijagnostika i predviđanje performansi višestrukim merenjima vibracija [11].

Vibrodijagnostičke metode rešavaju dva glavna problema dijagnostike u toku eksploatacija mašina: prepoznavanje stanja eksploatacije mašina i identifikovanje uzroka i uslova, kao i uzrok nastanka kvara koji bi trebalo da bude eliminisan.

U teorijskom smislu problem vibrodijagnostike je u praćenju, odnosno, identifikovanju proizvoda sa potencijalno nepouzdanim delovima. Oni se mogu posmatrati u odnosu na eksploataciju složenih sistema u stvarnom tehničkom stanju, kao deo zadatka kontrole oštećenja slučajnog procesa na osnovu indirektnih informacija o procesu. Kontrola procesa ili praćenje, u mnogim slučajevima ne počinje sa početkom rada eksploatacije mašine, već u slučaju manifestovanja kvara, često puta se sprovodi u uslovima sa nepotpunim i nesigurnim informacijama [12].

Indirektna informacija o praćenju tehničkog sistema je u tome da se utvrdi stanje delova koristeći vibracije koji se prenose kroz dinamičke sisteme i transformišu se. Nepotpune informacije usled tehničkih nemogućnosti ne daju sve potrebne informacije o sistemu, jer netačni podaci o formulaciji problema sistema i opis dijagnostičkih uslova može biti i uticaj buke.

Kao što je ranije pomenuto, uloga dijagnostike i kontrole u procesu upravljanja je uspostavljanje granica i uslova (gde je to dozvoljeno), detekcija i prognoza izlaznih parametara. Istovremeno, značajno je da mnoštvo nedostataka tehničkog sistema otkrivenih metodama vibrodijagnostike, kao i generisana oštećenja elemenata mašina, omogućavaju identifikaciju i merenje dijagnostičkih parametara.

Kritičnost određenih posmatranih tačaka-čvorova, ocenjuje se koeficijentom ponovljivosti greške, njihovom prosečnom učestalošću, procentom broja pojave neispravnosti grešaka datog elementa, kao i vrednostima troškova rada, otklanjanja propuštenih otkaza i sprovođenjem dijagnostike.

Pojave habanja i oštećenja površina elemenata mašina kao posledice zamaranja materijala izuzetno su složene i danas su verovatno glavni uzrok ograničenog veka trajanja mnogih mašinskih elemenata. Ciklične promene naprezanja u materijalu preduslov su za pojavu zamora materijala.

Ciklične promene ne javljaju se, po pravilu, u kliznim ležištima ili drugim mašinskim elementima sa stalno ili relativno malo

promenljivim opterećenjima (ležišta rotacionih mašina), izuzev kada su izloženi težim vibracijama visoke učestalosti. Kod kliznih ležišta klipnih mašina, posebno kod motora sa unutrašnjim sagorevanjem, mašina drobilica, probijačica i dr., ta pojava je česta. Oštećenja su ograničena najčešće na gornji sloj, pa se stoga i nazivaju oštećenja usled površinskog zamora materijala. Međutim, i oštećenja po dubini su moguća.

Kotrljajni ležajevi, zupčanici svih vrsta, bregaste osovine i dr. imaju visoko koncentrisana i funkcionalno ciklično promenljiva opterećenja i spadaju u posebnu vrstu elemenata kod kojih dolazi do oštećenja usled zamaranja materijala. Pri kretanju ovih elemenata (kotrljanju, klizanju ili kombinovanom kretanju), celokupno opterećenje, koncentrisano na vrlo malu površinu (teoretski na pravu liniju ili tačku), prenosi se na sve nove delove površine, usled čega vrlo visoka naprezanja u materijalima površina periodično variraju od nule do maksimuma.

Posledica toga je zamor materijala, koji se ogleda u oštećenju materijala po površini i neposredno ispod nje, pri čemu se delići materijala skidaju sa površine stvarajući karakterističan reljef u obliku manjih ili većih rupica-pitinga. Internacionalni naziv piting (engl. pitting) potiče od engleske reči: pit - jamica i danas se pod tim imenom pojavljuje u brojnoj svetskoj literaturi.

Kod novih zupčanika je tzv. piting uhodavanja ili početni piting česta pojava koja se vremenom ublažava i nestaje. Vrlo opasan je razarajući ili progresivni piting, gde process može i vrlo naglo da napreduje do konačnog otkazivanja i loma elementa. Izuzetno visoka ciklično promenljiva naprezanja imamo u materijalima kotrljajnih ležaja (kuglice odnosno valjci, a naročito spoljnji i unutrašnji prstenovi) i u materijalima zubaca različitih zupčanika.

Slični uslovi postoje kod bregaste osovine i podizača ventila motora sa unutrašnjim sagorevanjem, kao i u drugim elementima mašina [13].

4. ANALIZA POJAVE ZAMORA I VIBRACIJA NA SKLOPOVIMA SLOŽENIH SISTEMA

Habanje zamorom materijala (pitting) je najzastupljenija pojava oštećenja kotrljajnih ležaja kojoj su izloženi svi njegovi elementi. Površinski zamor materijala nastaje kada promenljivi obimi opterećenja i broj ciklusa nadvise one veličine koje materijal može sam da podnese. Pojava zamora materijala je posebno izražena kod grupe viših kinematskih

parova, kod kojih su tačke dodira elemenata u relativnom kretanju veoma male, a uz to su uvek izloženi visokim specifičnim pritiscima.

U toku rada elementi ležaja su izloženi jakom zamaranju celog sistema zbog učestalih naglih promena opterećenja. Mesta na kojima se javljaju prve pukotine definisane su položajem maksimalnog tangencijalnog napona na smicanje, koji dostiže maksimalnu vrednost neposredno ispod opterećene površine, a promenljivi normalni naponi istezanja izazivaju njihovo dalje širenje. Daljim širenjem pukotina izdvajaju se sitne ljuspice, površine postaju grube i neravne, a njihova geometrija narušena. Dalja upotreba ovakvih ležaja dovodi do: smanjenja tačnosti obrtanja, pojave vibracija i narušenih ergonomskih uslova za rad čoveka u procesu održavanja. Preostali vek trajanja kotrljajnih ležaja, kod kojih je registrovano habanje zamorom materijala iznosi još 10% računskog veka. Ovakvom vrstom habanja izložene su sve mašine u poljoprivredi koje u sebi sadrže kotrljajne ležaje, prvenstveno utovarno-pretovarni transportni agregati. Vek trajanja ovih ležaja može se povećati upotrebom EP (extreme pressure) aditiva kojim će se povećati debljina uljnog filma i smanjiti kontakt između kotrljajnih elemenata. Nažalost, ovi aditivi mogu imati i negativan uticaj na čeličnu matricu ležaja, ukoliko su temperatura i radni pritisci fluida visoki. Ovakvi procesi mogu dovesti do brzog stvaranja korozije i zamora materijala. Maziva sa EP aditivima ne treba upotrebljavati za rad ležaja na temperaturama većim od 1000°C. Između ostalog, ova vrsta habanja može biti inicirana i koncentracijom napona stranih tvrdih čestica utisnutih u materijale ležaja, dugotrajnim mirovanjem ležaja pod statičkim delovanjem opterećenja, nepravilnom montažom, nepravilnim održavanjem, dugotrajnom upotrebom, prolaskom toka električne struje, varničenjem i dr. [14].

Merenja vibracija nakon remonta i montaže

U procesu posle remonta ili neposredno nakon puštanja mašine u radnim tehnološkim režimima, sprovodi se potpuna kontrola merenja u cilju procene kvaliteta sprovedenog remonta i prepoznavanje stanja mašine od parametara vibracija. Tokom ovog perioda preporučena oprema registruje svoju frekvenciju. U slučaju slabo izvršenog remonta, prilikom ocenjivanja stanja mašine zahteva se preduzimanje mera, a mašina mora biti zaustavljena za sprovođenje ponovnog remonta. U bazu podataka računara neophodno je opisati sprovedeni remont.

Preporuke su da je prihvatljiv nivo početnih kapitalnih investicija za tipična industrijska preduzeća, da sredstva mernih instrumenata za periodično praćenje ne treba da budu viša od 1% od cene opreme, koja su namenjena praćenju.

Proaktivno tehničko održavanje ima za cilj smanjenje ukupnog obima potrebne tehnike servisiranja i maksimiziranja roka servise opreme (tj. idealno stvaranje „večite“ mašine, koje ne zahtevaju tehničke servise), sistematsko eliminisanje izvora defekta. Drugim rečima, sumirajući rezultate uobičajenih defekata, identifikovanih u toku rada opremom, sprovodi se analiza i utvrđuju uzroci i efekti intervala na interni remont, a zatim se preduzimaju mera za sprečavanje pojave tih defekata. Konkretno, može se napraviti analiza tima za održavanje, analiziraju se grupe mašine (na primer nepovoljni sklop, poravnanje i balansiranje), vrši se analiza rada remontne proizvodnje, identifikacija nedostataka remontne tehnologije (na primer tehnologija proizvodnje kliznih i kotrljajnih ležajeva), analiza opreme (na primer, nedostatak opreme za povećanje temperature kotrljajnih ležajeva tokom montaže), vrše se konstruktivne izmene (npr. primena otpornog materijala na habanje) i dr.

Karakteristična obeležja metoda održavanja tehničkih sistema prikazana su u tabeli 1.

Tablica 1. Karakteristična obeležja pri različitim vidovima održavanja [12]

Vid tehničkog održavanja	Karakteristična obeležja
Korektivno održavanje	Aktivnosti održavanja posle pojave otkaza
Plansko-preventivno održavanje	Sveobuhvatna održavanja opreme za sprečavanje neplaniranih otkaza i isključivanja u radu
Proaktivno održavanje	Produženje između intervala popravke tj. smanjenje zastoja

Greške konstruktivnih elemenata mehanizma, koje u procesu eksploatacije dovode do kritičnog nivoa, tj. do pojave otkaza, ne mogu biti registrovane i kontrolisane sredstvima pomoću dijagnostike (uslovno se nazivaju greškama jer izazivaju iznenadni kvar).

Kao što je ranije pomenuto, ova vrsta otkaza javlja se npr. kod statičkog razaranja od dejstva nastalih opterećenja, prekoračenja snage elemenata pri zamornom razaranju, kao

rezultat proizvodnih defekata (pukotine). Iznenađna priroda nastanka ovih promena otežava njihovo individualno predviđanje. Greške konstruktivnih elemenata mehanizma, pojava i razvoj koji se mogu otkriti u ranoj fazi nastanka i kontrolisati do kritičnog nivoa, nazivaju se kvarovima jer izazivaju postepeni otkaz.

5. ZAKLJUČAK

Brz razvoj industrijskih mašina poslednjih godina ide u pravcu povećanja učinka rada, brzina, radnih zahvata i snage, što predstavlja povećan zahtev ležajeva u pogledu kinematičkih i dinamičkih parametara pouzdanosti rada. Za kvalitetan rad mašinskih sistema nophodan je kvalitetan rad cele mašinske konstrukcije. Navedeno se pre svega odnosi na povećanje nosivosti ležaja, smanjenje buke, vibracija, temperature na ležajevima. Kako bi tehnički sistemi ispunili samo ove zahteve moraju se steći odgovarajući preduslovi, a to je da ose vratila moraju da leže u istom pravcu vratila mašine, da budu saosne i uravnotežene. U tom slučaju analiza tehničkih sistema (vibracija, temperatura) i dijagnostika su sada, više nego ikada, ključni faktori usmereni na osiguravanje pouzdanog rada rotacionih mašina.

Tendencije razvoja novih mašina, danas, bazirane su na visokoj produktivnosti, uslovljavajući značajan porast opterećenja, brzina i radnih temperatura. Kao posledice javljaju se problemi sa povećanim trenjem, habanjem, neuravnoteženošću i pojavom vibracija. Pri tome, ne treba zaboraviti činjenicu da svaki drugi kotrljajni ležaj na njima otkáže zbog neodgovarajućeg podmazivanja, što zasigurno nameće pitanje opravdanosti upotrebe i unapređenja novih tehnologija u proizvodnji a naročito u načinima održavanja kotrljajnih ležajeva.

LITERATURA:

- [1] E. Desnica, D. Mikić, "Various approaches to kinematic analysis in the process of design of piston mechanisms", *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*, Vol.VII, No.2, 2014, pp. 63-68.
- [2] A. Ašonja, D. Mikić, E. Desnica, Ž. Adamović, "Oštećenja kotrljajnih ležajeva", XXXVI Konferencija Majski skup održavalaca Srbije, Vrnjačka Banja, Srbija, maj 2013, pp. 29-37.
- [3] Ž. Adamović, "Tehnička dijagnostika", *Zavod za udžbenike i nastavna sredstva*, Beograd, 1998.
- [4] E. Desnica, A. Ašonja, D. Mikić, B. Stojanović, "Reliability of model of bearing assembly on an agricultural of Cardan shaft", *Journal of the Balkan Tribological Association*, Vol. 21, No. 1, 2015, pp. 38-48.
- [5] A. Ašonja, "Ekonomska opravdanost reparacije ležišnih sklopova", *Poljoprivredna tehnika*, Vol. 33, No. 1, 2008, pp. 67-73.
- [6] D. Mikić, A. Ašonja, "Primena kotrljajnih ležajeva u robotici", *Časopis Traktori i pogonske mašine JUMTO*, Vol. 15, No. 4, 2010, pp. 89-95.
- [7] D. Mikić, "Modeliranje mašinskih tehničkih sistema primenom transformacionih matrica", *Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin"*, Zrenjanin, Doktorska disertacija, 2016.
- [8] M. Čabaravdić, "Održavanje i sigurnost robotskih sistema", 1. Konferencija „Održavanje 2010“, Zenica, B&H, 2010, pp. 231-235.
- [9] E. Winandy, C. O. Saavedra, J. Lebrun, "Simplified modelling of an open-type reciprocating compressor", *International Journal of Thermal Sciences*, Volume 41, Issue 2, 2002, pp. 183-192.
- [10] J. Venkatesan, G. Nagarajan, R. V. Seeniraj, R. Murugan, "Experimental validation of a mathematical model of a reed-valve reciprocating air compressor from an automotive braking system", *International journal of automotive technology*, Vol. 11, No 3, 2010, pp. 317-322, doi:10.1007/s12239-010-0039-8
- [11] Ž. Adamović, A. Ašonja, D. Milošević, "Vibrodijagnostika i tribodijagnostika mašina", *Srpski akademski centar*, Novi Sad, 2013.
- [12] A. Ширман, А. Соловьев, "Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования", Москва, 1996.
- [13] B. Stojanović, M. Blagojević, "Mehanički prenosnici", Kragujevac, 2015.
- [14] A. Ašonja, Ž. Adamović, R. Gligorić, "Izbor i dimenzionisanje kotrljajnih ležajeva", *Duga knjiga*, Sremski Karlovci, 2010.

Održavanje niskonaponske distribucijske mreže u tehnologiji rada pod naponom

Professional paper

Ivan Korov

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
ikorov@etfos.hr

Goran Knežević

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
goran.knezevic@etfos.hr

Vladimir Čaha

HEP-Nastavno obrazovni centar,
Luke Ibrišimovića 9, 34330 Velika, Hrvatska
vladimir.caha@hep.hr

Sažetak – Korištenje samonosivog kabelskog snopa (SKS) na nadzemnim niskonaponskim distribucijskim mrežama na području Republike Hrvatske prisutno je već od 70-ih godina prošlog stoljeća. Zbog velikih prednosti izoliranih kabelskih vodiča u odnosu na neizolirane, „gole“ vodiče, cilj je zamijeniti sve postojeće vodiče SKS vodičima. Održavanje primjenjujući tehnologiju rada pod naponom je jednostavnije i ekonomičnije u odnosu na održavanje u beznaponskom stanju jer se na taj način izbjegava nepotrebno isključenje potrošača. Budući da je SKS trasa izmještena na uličnu stranu, radovi pod naponom potrošačima se ne najavljuju. U ovom radu opisana je zamjena golih vodiča sa SKS vodičima u tehnologiji rada pod naponom. Također, u radu je opisano održavanje SKS vodova, zamjena stupova te zamjena izolatora koristeći tehnologiju rada pod naponom. Uz to, prikazat će se potrebni pripremni radovi te pregled alata potrebnog za rad pod naponom.

Ključne riječi – samonosivi kabelski snop, rad pod naponom, zamjena izolatora, popravak vodiča

MAINTENANCE OF A LOW VOLTAGE DISTRIBUTION SYSTEM IN THE TECHNOLOGY OF LIVE-LINE WORKING

Abstract – In Croatian areas using self-supporting cable bundle on aerial low voltage distribution systems is present since 70s of the last century. Aim is to replace all the existing conductors with self-supporting cable bundles because of the great benefits of insulated cable conductors comparing to uninsulated conductors. Maintenance using technology of live-line working is simple and more economical compared to no voltage maintenance because there is no unnecessary outage for consumer. Since route of self-supporting cable bundle is relocated to the street side, works in live-line working technology do not have to be announce to consumers. This paper describes procedure for replacing uninsulated conductors with self-supporting cable bundles in live-line working technology. Also, it presents self-supporting cable lines maintenance, electrical pole replacing and insulator replacing using live-line working technology. In addition, it shows preparation and tool review which is necessary for work in live-line technology.

Keywords – self-supporting cable bundle, live-line working, insulator replacement, conductor repairing

1. UVOD

Izolirani su se vodiči u nadzemne mreže počeli ugrađivati davne 1955. godine. Francuska elektroprivreda EDF vrlo brzo je uvidjela prednosti ove tehnologije te osniva kompaniju GIMELEC koja ima cilj dalje razvijati i implementirati izolirane vodiče u sve distributivne mreže. Prvi izolirani vodiči su bili od bakra, s izolacijom od sintetičke gume s neoprenskim plaštem koja je štitila od UV

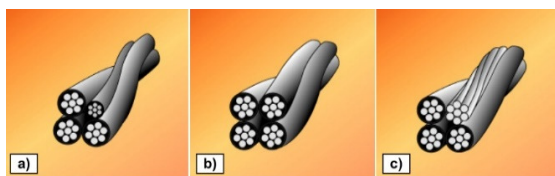
zračenja i atmosferskih utjecaja. Brizgani polivinil-klorid (PVC) počinje se koristiti 60-ih godina te se 1977. godine za izolaciju koristi umreženi polietilen (XLPE) koji je pokazivao izvrsna termomehanička svojstva. Ova izolacija se i danas koristi. Prednosti izoliranih vodiča u odnosu na neizolirane ili gole vodiče, koje je cilj zamijeniti, svakako su kvaliteta koja smanjuje broj kvarova, troškovi montaže jer su vodiči od aluminijski, koriste se niži stupovi, nema

porculanskih potpornih izolatora kao kod gole mreže te je potreban samo jedan snop vodiča (kabel) za polaganje. Prednosti su i estetske jer je moguće polagati vodiče po fasadama i zidovima što je dosta bitno kod starih i povijesnih sredina kulturno zaštićenih mjesta. Najbitnija prednost je sigurnost kojom je smanjen rizik od požara prilikom pada vodiča na tlo, uz to, smanjena su dodatna opterećenja uslijed snijega i leda, te na kraju, omogućen je rad pod naponom [1].

Rad pod naponom (RPN) u Europi pojavljuje se šezdesetih godina te se koristi za poslove održavanja mreža. RPN omogućuje kontrolu, popravke, zamjenu, nadogradnju ili rekonstrukciju elektroenergetskih mreža bez prekida opskrbe potrošača električnom energijom. Smanjenje broja prekida opskrbe potrošaču je od iznimne važnosti, posebno većim potrošačima koji imaju i vlastitu proizvodnju električne energije budući da je prema mrežnim pravilima zabranjen otočni rad sustava [2]. Dok se u većini europskih zemalja RPN smatra uobičajenom tehnologijom, na području Hrvatske se RPN tehnologija nažalost još uvijek ne koristi koliko bi trebala ili se uopće ne koristi (postrojenja visokog napona).

2. SAMONOSIVI KABELSKI SNOP

U Europi postoje 3 različite izvedbe samonosivog kabelskog snopa (SKS): a) „francuski“, b) „samonosivi“ i c) „finski“ tip. Francuski tip se sastoji od 3 aluminijska vodiča izolirana umreženim polietilenom koji služe kao fazni vodiči te jednim aluminijskim vodičem izoliranim također umreženim polietilenom koji služi kao neutralni vodič, ali manjeg presjeka. „Samonosivi“ tip se sastoji od 4 jednaka aluminijska vodiča izolirana umreženim polietilenom. „Finski“ tip se sastoji od 3 aluminijska vodiča izolirana umreženim polietilenom koji služe kao fazni vodiči te jednim neizoliranim aluminijskim vodičem koji služi kao neutralni vodič (slika 1). Na prostorima Hrvatske koristi se „francuski“ tip snopa, a na kućnim priključcima „samonosivi“ tip sa 2 ili 4 aluminijska vodiča izoliranih umreženim polietilenom presjeka 16 mm² ili 25 mm² [1].



Slika 1. Izvedbe samonosivog kabelskog snopa [1]

U RPN na niskonaponskim mrežama koriste se dvije metode. Metoda rada „u dodiru“ sa zaštitnim izolacijskim rukavicama i metoda rada „na udaljenosti“ pomoću izolacijskih motki [2]. U ovom radu opisana je metoda rada „u dodiru“. Prije samog odrađivanja zamjene neizoliranih vodiča SKS-om u niskonaponskim mrežama u tehnologiji rada pod naponom, potrebno je slijediti propisane korake. Vremenski uvjeti su iznimno bitni, za vrijeme nevremena, jakog vjetrova ili nedovoljne vidljivosti ne mogu se provoditi radovi pod naponom.

3. IZMJENA NEIZOLIRANE MREŽE SKS-OM

Prije početka u RPN operater (osoba zadužena za izvršavanje radova) mora dobiti informacije koje su potrebne da bi se izvodili radovi te informacije o mogućim opasnostima. S obzirom da je cilj izgraditi trasu koja neće biti na privatnom posjedu nego na području ulice, dio postupka se radi u beznaponskom stanju. Na ulici se ugrađuju armirani betonski stupovi, prije kojih se moraju provjeriti podzemne instalacije te zaključiti na koje koordinate se svaki stup postavlja. Sljedeći korak je postavljanje samonosivog kabela duž ulice. Samonosivi kabel se spaja na transformatorsku stanicu te postavlja po novougrađenim betonskim stupovima (slika 2). Cijelo ovo vrijeme gola neizolirana mreža je i dalje pod naponom i opskrbljuje potrošače električnom energijom dok na SKS-u nema tereta. Tek nakon što se SKS kompletno postavi do posljednjeg stupa može se započeti s radom pod naponom. Trenutno su SKS i stari neizolirani vodiči u paralelnom radu.



Slika 2. Primjer izolirane niskonaponske mreže na armiranim betonskim stupovima [3]

Nakon dolaska na mjesto rada rukovoditelj radova (stručna osoba koja je imenovana i kojoj je povjereno da sa svojom ekipom obavi određeni radni zadatak) mora identificirati konfiguraciju mreže, instalaciju i opremu na kojoj treba raditi. Rukovoditelj radova svim operaterima prenosi informacije, plan i redoslijed radnih postupaka te uvjete pod kojima će se koristiti oprema i alat. Rukovoditelj također mora tražiti povratnu informaciju od operatera da su svi shvatili zadatak i da mogu započeti rad. Operateri za rad pod naponom obavezno moraju imati osobnu i zajedničku

opremu namijenjenu za RPN kako bi opasnost od električnog udara sveli na minimum, koju su dužni provjeriti prije svakog rada pod naponom [4]. Za metodu rada „u dodiru“ poželjno je imati autoplatformu s korpom. U puno slučajeva je zgodnije i jednostavnije da je operater za vrijeme rada u korpi, nego da se penje ljestvama ili slično.

Na trasi gdje je trenutno neopterećeni SKS, operater na SKS-u ugrađuje izolirane stezaljke kako bi se kasnije u RPN mogli postojeći i novi priključci spojiti na izolirani kabel. Rad pod naponom na izoliranim vodičima počinje kada operater otvara ili probija izolacijski plašt na faznom ili neutralnom vodiču u dodiru s vodičem. Izolirane stezaljke električni kontakt s vodičem ostvaruju probijanjem izolacije, mehaničkim putem pomoću posebno oblikovanih i nazubljenih kontaktnih pločica. Treba provjeriti struju vodiča koja kod stavljanja izolacijskih stezaljki ne smije biti iznad 30 A osim ako nije naglašeno da su dizajnirane za veće vrijednosti. U ovom slučaju SKS nije opterećen pa struje neće biti (oko 0 A), no prilikom naknadnog ugrađivanja izolacijskih stezaljki SKS je opterećen te svakako treba provjeravati vrijednost struje.

Operater pristupa prespajanju prvog priključka. S obzirom da se radi o RPN, operater prilikom odvajanja priključaka sa stare gole mreže mora paziti na redoslijed faza te da u svakom trenutku ima dostupan samo jedan potencijal. To znači da preostale vodljive dijelove mora dobro izolirati (slika 3). Za operatera je prilikom rada s neizoliranim mrežama bitno da poznaje minimalnu udaljenost približavanja za niski napon (MUP-NN) prema kojoj između neizoliranih aktivnih dijelova i nezaštićenih dijelova operaterova tijela mora biti minimalno 0,3 metara ili više. Službeno rad pod naponom na neizoliranim vodičima započinje kada operater ulazi ili unosi svoj alat u prostor manji od 0,3 m tako da održava najmanju udaljenost približavanja od 0,3 m između neizoliranih aktivnih dijelova ili vodiča i nezaštićenih dijelova svog tijela. Operater od zaštitne osobne opreme prilikom rukovanja sa mrežom mora obavezno imati zaštitne izolacijske rukavice, nadrukavice koje mehanički štite izolacijske rukavice, zaštitnu kacigu s vizirnom i gumene cipele. Veže se sa zaštitnim užetom kako bi se spriječila mogućnost pada. Mrežu izolira s fleksibilnim prekrivkama za vodiče te fleksibilnim prekrivkama koje imaju ljepljivu traku na rubu [4].

Nakon što je izolirao sve osim jednog vodiča, operater odspaja fazu kućnog priključka koja je povezana na preostali neizolirani vodič mreže te na njen kraj stavlja izolacijsku kapicu radi zaštite. Ponavlja ovaj korak sve dok sve vodiče ne odspoji, uključujući i neutralni. Operater mora uređajem provjeriti struju svih vodiča jer je postavljanje/uklanjanje ili prekidanje vodiča dozvoljeno ukoliko je struja ispod 90 A [5].



Slika 3. Operater u RPN izolira vodljive dijelove neizolirane gole mreže

Slijedi spajanje odspojenog kućnog priključka, odnosno njegovih faznih i neutralnog vodiča na SKS (slika 4). Operater ponovno, ali ovoga puta na SKS-u provjerava raspored faznih i neutralnog vodiča. Propisano je da se prvo spaja neutralni vodič, a zatim preostali fazni vodiči vodeći brigu o redoslijedu faza. Ukoliko se o ovome ne vodi računa, može doći do velike nesimetrije pri opterećenju faza, ili još gore, spajanju neutralnog vodiča s jednim od faznih. Svo ovo vrijeme rukovoditelj nadgleda radove te nakon završenog posla dužan je javiti dispečerskom centru da je posao obavljen. Za niskonaponske mreže specifično je da rukovoditelj radova ne mora nužno samo nadgledati i dijeliti zadaće svojem timu, nego i on može obavljati zadani posao [5].

Postupak se ponavlja sve dok svi potrošači nisu prespojeni na novu trasu gdje je postavljen SKS. Nakon prebacivanja svih potrošača, stara neizolirana mreža ostaje neopterećena te se odspaja sa transformatorske stanice, i uklanja zajedno s krovnim stalcima s krovova.



Slika 4. Spajanje SKS priključka na SKS mrežu

Osim zamjene trase u cijeloj ulici, često se obavlja i parcijalna zamjena neizolirane mreže SKS-om. Mijenja se samo dio neizolirane mreže, na primjer između 2 krovna stalka. Postupak je isti, potrebno je dobro izolirati голу mrežu, raditi fazu po fazu te s obje strane spojiti samonosivi kabel, po ispravnom redoslijedu faza. Po istom se principu odspajaju vodiči potrošača sa stare mreže te spajaju na nove izolirane vodiče.

Za svo ovo vrijeme, potrošač ostaje bez električne energije na nekoliko trenutaka, u razdoblju prilikom odspajanja potrošačevih vodiča sa gole mreže i spajanja na izoliranu mrežu koja je pod naponom. Financijski gubici koji se odnose na prekid opskrbe električnom energijom su puno manji, uz to, zadovoljstvo potrošača je veće budući da nisu bili značajno dugo bez opskrbe električnom energijom.

4. ODRŽAVANJE SKS- A

Nakon ugrađivanja, SKS je potrebno održavati. Postoji mogućnost oštećivanja izolacije jednog ili više vodiča, odnosno prekida vodiča na nekom mjestu. Prilikom početka izvođenja radova, prvo je potrebna usporedba mjesta rada s nalogom i pripremom za rad. Nakon toga operateri su dužni ograditi mjesto rada i uspostaviti komunikaciju s dispečerom. Pregledavaju i pripremaju alat i materijal. Ova 3 koraka se rade u beznaponskom stanju.



Slika 5. Primjer popravljivanja jednog vodiča SKS- kabela

Sljedeća 3 koraka rade se u RPN: operater mjeri teret kroz vodič i prekriva mjesto oštećenja, zatim postavlja premosnicu te popravlja oštećeni vodič. Premosnicu postavlja na način da obuhvati s oba kraja mjesto gdje je vodič oštećen na način da ima dovoljno mjesta da mu bude prikladno odraditi posao (slika 5). Operater je dužan provjeriti instrumentom je li premosnica preuzela teret. Nakon toga sigurno može odstraniti oštećeni dio. Dok je oštećeni vodič razdvojen, bitno je staviti izolacijske kapice na oba kraja kako ne bi došao u dodir sa vodljivim dijelom vodiča. Za ponovno spajanje popravljenog vodiča operater koristi metalne čahure koje se prešaju akumulatorskom

prešom namijenjenom za RPN (slika 5). Uprešanu čahuru pokrije sa termoskupljajućom trakom koja dalje služi kao izolacija. Nakon popravka operater provjerava spoj, ukoliko spoj zadovoljava, skida premosnicu i završava posao. Zadnji korak predstavlja pospremanje alata koje se provodi u radu u beznaponskom stanju.

5. IZMJENA IZOLATORA

Još jedna razlika u odnosu na izoliranu mrežu (SKS) je ta da stara neizolirana mreža mora imati keramičke i porculanske potporne izolatore. S obzirom da na niskonaponskoj mreži još uvijek veliki postotak čine neizolirane mreže, potrebno je i održavanje tih mreža. Izolatori mogu puknuti te je oštećene izolatore potrebno zamijeniti. Radove je moguće provoditi koristeći se autoplatformom, ljestvama ili penjačima koji omogućuju operateru da se po drvenom stupu popne do konzole i vodiča. Operater uvijek mora biti osiguran s 2 pletena užeta. Pri dolasku na mjesto rada prvi korak predstavlja usporedbu mjesta rada s onim navedenim u nalogu i pripremi za rad. Drugi korak je ograđivanje mjesta rada i uspostava komunikacije s dispečerom. Treći korak se radi pod naponom, a to je prekrivanje gole nadzemne mreže. Operater mora voditi računa o MUP-u te izolirati sve vodljive dijelove s kojima može doći u kontakt prilikom izmjene izolatora kako ne bi došlo do električnog udara. Za izoliranje vodiča koristi izolacijski pokrivač za vodiče te savitljivu izolacijsku prekrivku koja ima ljepljivu traku na rubovima kako bi prekrivao konzolu i ostale vodljive dijelove (slika 6). Često operater koristi i štipaljke kako bi dodatno fiksirao prekrivku. Nakon što je proveo postupak izolacije, operater može odvojiti vodič od izolatora, zamijeniti izolator te vodič ponovno pričvrstiti s novopostavljenim izolatorom. Posljednji korak RPN-a je skidanje svih prekrivki. Operateru ostaje pospremiti alat u beznaponskom stanju te da rukovoditelj javi dispečeru da je posao obavljen [5].



Slika 6. Operater na drvenom stupu vrši izmjenu izolatora u RPN

6. LABORATORIJSKO ISPITIVANJE OPREME

Sav alat i oprema koja se koristi za RPN mora biti odobrena od nadležne službe. Odmah nakon proizvodnje, alat i oprema moraju biti podvrgnuti tipskom i komandnom ispitivanju. Posebno su označeni te odgovaraju svim važećim normama koje ih se dotiču. Svaki alat predviđen za RPN mora imati list sa tehničkim podacima koji se treba nositi i na mjesto rada. Za razliku od SN i VN područja koji koriste samo izolacijski alat, u NN je dozvoljeno koristiti i izolirani alat. Izolacijski alat je u cijelosti izrađen od izolacijskih materijala uz mogućnost metalnih umetaka. Svaki alat sadrži isti znak koji označava da je oprema za RPN (slika 7). Uglavnom proizvođači rade alat u dva sloja boje da se, ukoliko dođe do oštećenja, vidi druga boja što je razlog da se alat izuzme iz korištenja u radu pod naponom. Izolirani alat je dijelom ili u potpunosti pokriven izolacijskim materijalom. Na mjestu rada, prije početka, operater je dužan vizualno provjeriti sav alat i opremu. Osim toga, alat i oprema se jednom godišnje moraju ispitivati u ispitnom laboratoriju koji vode kvalificirane osobe za taj rad. U ispitnom laboratoriju su podvrgnuti vizualnom pregledu, električkom ispitivanju i mehaničkom ispitivanju. Na području Hrvatske se oprema najčešće šalje u HEP-NOC (Nastavno-obrazovni centar) ispitni laboratorij koji se nalazi u Velikoj.



Slika 7. Primjer izolacijskih rukavica za RPN

Na slici 7. se vidi oznaka s 2 trokuta koju posjeduje sva oprema i alat za rad pod naponom. Na opremi su i oznake klasa, datum proizvodnje, naziv proizvođača itd. Nakon što se svaki alat posebno ispita, ispitivač zapisuje rezultate te je dužan obavijestiti vlasnika opreme je li oprema i dalje spremna za RPN ili ju je potrebno ukloniti iz daljnje uporabe.

Od opreme se ispituju izolacijske rukavice (slika 8), cipele i čizme za RPN, izolacijske motke (stol za ispitivanje prikazan na slici 9), motke za uzemljenje i kratko spajanje, indikatori napona, izolacijske zaštitne ploče i zaštitne pregrade, izolacijska klijesta za osigurače itd.



Slika 8. Ispitivanje izolacijske rukavice



Slika 9. Stol za ispitivanje izolacijskih motki

7. ZAKLJUČAK

Samonosivi kabelski snop pokazuje značajne prednosti u odnosu na neizoliranu mrežu. Zamjena golih vodiča sa SKS-om i njegovo održavanje primjenjujući tehnologiju rada pod naponom ekonomičnije su u odnosu na rad u beznaponskom stanju jer se na taj način izbjegava nepotrebno isključenje potrošača. Uz to, budući da je SKS trasa izmještena na uličnu stranu, nije potrebno najaviti potrošačima radove pod naponom. Također, iskustva pokazuju da RPN predstavlja sigurniji rad u odnosu na rad u beznaponskom stanju budući da broj stradalih operatera značajno manji jer se poslu pristupa sa više opreza i uz detaljnu pripremu.

LITERATURA:

- [1] J. Bošnjak, "Spojni pribor za nn mreže s izoliranim vodičima i rad pod naponom", 2001.
- [2] V. Caha, "Tehnologija rada pod naponom—projekcija učinaka primjene u Hrvatskoj elektroprivredi", 2012.
- [3] D. Lovošević, "Iskustva pogona Donji Miholjac u zamjeni niskonaponske mreže na krovnim stalcima sa betonskim stupovima i samonosivim kabelom", 2016.
- [4] "Opći uvjeti za izvođenje radova pod naponom na niskom naponu" (Bilten HEP-a br.150, 2005.)
- [5] "Uvjeti za izvođenje radova pod naponom – radni postupci na niskom naponu" (Bilten HEP-a br.151, 2005.)

Čišćenje srednjenaponskih postrojenja u tehnologiji rada pod naponom

Professional paper

Ivan Mijić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
i1mijic@etfos.hr

Goran Knežević

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
goran.knezevic@etfos.hr

Vladimir Čaha

HEP-Nastavno obrazovni centar,
Luke Ibrišimovića 9, 34330 Velika, Hrvatska
vladimir.caha@hep.hr

Sažetak – Troškovi isključenja velikih industrijskih pogona su značajni te se teži što manjem broju neplaniranih i planiranih isključenja što se može postići primjenjujući tehnologiju održavanja pod naponom. Dio tehnologije rada pod naponom koji je obrađen u ovom radu jest čišćenje elektroenergetskih postrojenja na srednjem naponu. Predstavljena su opća pravila koja moraju primjenjivati osobe koje će čistiti postrojenje pod naponom. Definiran je pripremni postupak za čišćenje srednjenaponskog postrojenja pod naponom što uključuje provjeru alata i pripremu mjesta rada. Utvrđeno je kako vidljivost i vremenski uvjeti utječu na izvođenje rada pod naponom. Opisan je postupak čišćenja srednjenaponskog postrojenja pod naponom te mjere sprječavanja električnih udara, prenapona i kratkih spojeva kako bi se sačuvali ljudi i oprema.

Ključne riječi - rad pod naponom, čišćenje elektroenergetskih postrojenja

POWER SYSTEM EQUIPMENT CLEANING IN THE TECHNOLOGY OF LIVE-LINE WORKING

Abstract – Disconnecting big industrial plants is costly, so lowering the number of planned and unplanned power outages by applying the technology of live-line working is needed. Paper analyses the technology of live-line cleaning on medium voltage. General rules for live-line workers are presented. Preparation process is defined, which includes tool inspection and work place adaptation. It is determined how visibility and weather conditions effect on work performance. Paper describes live-line cleaning on medium voltage procedure and defines measures taken to prevent electric shocks, overvoltages and short circuits in order to protect people and equipment.

Keywords – live-line working, power system equipment cleaning

1. UVOD

Rad pod naponom (u daljnjem tekstu: RPN) je svaki rad u kojem je izvođač radova u blizini neizoliranih dijelova ili dijelova pod naponom. Troškovi isključenja velikih industrijskih pogona su značajni te se teži što manjem broju neplaniranih i planiranih isključenja što se može postići primjenjujući tehnologiju održavanja pod naponom. Tehnologija rada pod naponom se u SAD-u koristi još od 1910. godine kada su korišteni drveni alati kućne izrade kako bi se otvorile sklopke pod teretom. Ubrzo je počela

serijska proizvodnja drvenih motki na koje su se pričvršćivali razni alati [1]. Slična metoda rada pod naponom se koristi i danas pod nazivom „metoda rada na udaljenosti“. Kako je tehnologija napredovala, sve više radnih zahtjeva se moglo obavljati bez isključivanja, uključujući i čišćenje pod naponom. Visoka razina nečistoća u zraku uzrokuje ubrzano stvaranje taloga na izolacijskim dijelovima postrojenja i tako nastaje mogućnost da nečistoće premoste izolacijske dijelove postrojenja i provedu električnu energiju. Kao

posljedica toga nastaju velike materijalne štete, a u najgorem slučaju stradavaju i ljudi. Kako bi se ovakve situacije spriječile, redovito održavanje opreme u postrojenju uključuje i čišćenje.

Elektroenergetska postrojenja smještena na prostorima teških uvjeta rada poput kamenoloma ili rudnika imaju visoku izloženost nečistoćama u zraku. Samim time je i proces taloženja prljavštine na opremi ubrzan. Pogoni ovakvog tipa mogu izbjeći česta iskapčanja primjenom tehnologije čišćenja pod naponom i time ostvariti značajne uštede.

Čišćenje pod naponom se izvodi usisavanjem, puhanjem, četkanjem ili pranjem utvrđenim sredstvima. Osim samog čišćenja ova tehnologija također uključuje i postupke podmazivanja i raspršivanja otapala uz pomoć utvrđenih alata. Čišćenje pod naponom može biti iznimno opasno ako se ne izvodi na pravilan način, upravo zato se uvode opća pravila pod nazivom "Uvjeti izvođenja radova pod naponom – čišćenje na srednjem naponu". To su opća pravila koja moraju primjenjivati osobe koje će čistiti pod naponom uz specifična pravila primjenjiva s obzirom na upotrijebljene alate. Takva specifična pravila su pripremljena za svaki utvrđeni alat u tehničkom opisu alata za srednji napon, u kojima mogu biti opisani i uvjeti upotrebe alata. Ovi uvjeti definiraju pravila koja se moraju slijediti tijekom čišćenja pod naponom na opremi naponskih razina od 10 do 35 kV izmjenično, s vršnim prenaponima jednakim ili manjim od 72,7 kV i 45 kV industrijske frekvencije [2].

2. UVJETI ZA ČIŠĆENJE POD NAPONOM

Izvođači radova pod naponom odnosno operateri moraju biti upoznati sa općim uvjetima izvođenja radova kao i sa specifičnim alatima koji se koriste. Čišćenje pod naponom ne smije se izvoditi:

- na uređajima koji su blokirani u određenom položaju,
- u prostorima gdje postoji opasnost od eksplozije,
- na dijelovima opreme gdje bi postupak čišćenja vjerojatno mogao prouzročiti preskok električnog luka [2].

Operateri moraju proći kroz određenu obuku koja ih osposobljava za čišćenje na srednjem naponu bez isključivanja. To je još jedan izazov u primjeni ove tehnologije. Operateri koji se obučavaju za RPN su uglavnom elektromonteri s više godina iskustva u radu u beznaponskom stanju. Prvi izazov je svakako potaknuti ljude na ponovno učenje budući da su svoje školovanje

završili više godina unazad. Operateri se također moraju riješiti starih navika koje su stekli pri radu u beznaponskom stanju.

Prije samog početka rada služba imenuje rukovoditelja koji mora posjedovati Dopusnicu za RPN koju izdaje dispečer. Svaka promjena uklopnog stanja može biti opasna za operatere koji izvode RPN. Iznimno je bitno da dispečer bude informiran o svim radovima koji se odvijaju na mreži budući da on mora dati svoju suglasnost za bilo koju promjenu uklopnog stanja mreže ili opreme. Zbog mogućih nepredvidivih događaja također je bitno da dispečer i rukovoditelj radova imaju dostupnu i pouzdanu radio ili telefonsku vezu.

Kako bi se ograničili utjecaji pojava u mreži na mjesto RPN uvode se Specijalni radni zahtjevi (u daljnjem tekstu: SRZ). SRZ moraju osigurati dva cilja:

- eliminiranje struje kvara u zoni RPN-a u najkraćem mogućem vremenu,
- eliminiranje opasnosti od ponovnog uklopa prekidača (povratak napajanja na mjestu rada nakon prorade automatskog ponovnog uklopa koji je u stanju SRZ-a) u zoni rada RPN-a [2].

Skraćivanje vremena aktiviranja zaštite na prostoru izvođenja radova pod naponom povećava se sigurnost operatera u slučaju kratkog spoja ili električnog udara. Ako posljedicom kvara u blizini izvođenja RPN-a zaštita isključi napajanje u zoni rada, SRZ moraju osigurati da je automatski ponovni uklop isključen kako se negativne posljedice poput uklopnog prenapona ne bi osjetile na mjestu RPN-a. Osim uklopnog stanja na mjestu rada se moraju ustanoviti vremenski uvjeti. U Tablici 1 prikazano je kako određeni vremenski uvjeti utječu na izvršavanje radova pod naponom.

Tablica 1. Utjecaj vremenskih uvjeta na čišćenje pod naponom [2].

Vremenski uvjeti	Unutarnja postrojenja	Vanjska postrojenja
Jake i slabe oborine	Radovi se smiju započinjati i završavati.	Radovi se ne smiju započinjati ni završavati.
Gusta magla	Radovi se smiju započinjati i završavati	Radovi se ne smiju započinjati ni završavati.
Jak vjetar	Radovi se smiju započinjati i završavati.	Radovi se ne smiju započinjati ni završavati.
Grmljavinsko nevrijeme	Radovi se ne smiju započinjati ni završavati.	Radovi se ne smiju započinjati ni završavati.

Pravila su definirana posebno za unutarnja i vanjska postrojenja. Ako dođe do promjene vremenskih uvjeta za vrijeme obavljanja RPN-a, rukovoditelj radova mora procijeniti mogu li se radovi nastaviti.

Neovisno o vremenskim uvjetima vidljivost mora biti dovoljno dobra za:

- upotrebljavanje alata s traženom preciznošću (operater),
- nadgledanje tijeka radnih postupaka (rukovoditelj radova),
- provjeru učinka rada operatera na korištenoj opremi (rukovoditelj radova ili osoba koju je imenovao) [2].

Rukovoditelj mora raspolagati svim informacijama potrebnim za izvođenje radova kako bi mogao adekvatno pripremiti mjesto rada. Mjesto rada mora biti ograđeno kako bi se spriječio ulazak neovlaštenih osoba. Alat mora biti složen na čistu podlogu kako ne bi pokupio nečistoće s poda koje mogu biti pogodne za preskok električnog luka. Ako je rasvjeta nedovoljna ili ako može doći do njenog isključenja, operaterima mora biti osigurana pomoćna rasvjeta. Ukoliko se radi u zatvorenim prostorima, vlažnost zraka ne smije prelaziti 80 %.

Ako rade na visini, operatori moraju imati osiguran stabilan položaj, isto tako se mora postaviti servisno uže koje čini trokut i služi za sigurno dodavanje alata operaterima na visini. Servisno uže se postavlja u trokut tako da radnici koji dodaju alat preko užeta ne dođu u opasnost od predmeta koji se otkaače s užeta ili ispadnu operaterima. Isto tako u slučaju kratkog spoja nisu na području visokog napona koraka.

Prije same upotrebe, operateri vizualnim pregledom utvrđuju ispravnost alata koji koriste. U slučaju uočavanja oštećenja izolacije alat se mora označiti i maknuti iz upotrebe. Operatori su odgovorni za vlastiti alat, a rukovoditelj je odgovoran za zajednički alat. Izolacijski dijelovi alata se brišu čistom krpom i silikoniziraju silikonskim krpicama [2]. Silikonskom krpicom se na izolacijske dijelove alata nanosi tanak film silikona koji sprječava zadržavanje vode na alatu. To je izrazito važno kod izolacijskih motki gdje vodeni trag na površini motke može poslužiti kao vodič pogodan za preskok električnog luka.

3. POSTUPAK ČIŠĆENJA POD NAPONOM

Nakon što je alat pregledan i mjesto rada prilagođeno za siguran rad pod naponom, rukovoditelj daje detaljne upute operaterima. Rukovoditelj se mora pobrinuti da svaki

operater razumije svoju ulogu i obavještava druge o vlastitim namjerama [2]. Ako operater u radu pod naponom nije pažljiv ili ako drugi operater nije svjestan njegovih namjera, može doći do kratkog spoja ili električnog udara. Bitno je da operater razmisli prije svakog pokreta i o tome obavijesti ostale operatere. Prednost kod RPN je što je opskrba neometana i izvođenje radova nije vremenski ograničeno tako da operateri ne moraju žuriti što znatno smanjuje mogućnost pogreške.

Kada operater istovremeno dodirne dijelove na dva različita potencijala, on svojim tijelom zatvori strujni krug (napravi kratki spoj) te kao posljedica toga nastaje ozljeda uslijed električnog udara. Tijekom RPN-a električne ozljede se sprječavaju održavanjem dovoljne razine izolacije između tijela operatera i vodljivih dijelova alata i opreme kojima on rukuje s jedne strane te aktivnih dijelova s kojima operater ili vodljivi dijelovi mogu doći u dodir s druge strane. Takva izolacija može se postići zračnim razmakom ili utvrđenim izolacijskim sredstvima [2].

Tijekom radnih postupaka RPN-a, operateri mogu izazvati kratki spoj:

- rukovanjem alatima s neizoliranim metalnim dijelovima,
- pomicanjem neizoliranih aktivnih dijelova,
- premoščivanjem izolatora metalnim dijelovima alata,
- slučajnim ispuštanjem metalnih predmeta, itd. [2].

Operater može spriječiti nastajanje kratkog spoja između dijelova na različitim potencijalima ako ih drži na zračnom razmaku od minimalno 0,1 m za napone od 20 kV ili niže, odnosno razmak od minimalno 0,2 m za napone od 35 kV ili niže.

Unutar "Uvjeta izvođenja radova pod naponom – čišćenje na srednjem naponu" dopuštena je samo metoda rada na udaljenosti. U radu metodom na udaljenosti, operater stoji izvan "Minimalne udaljenosti približavanja" (u daljnjem tekstu: MUP), osim ako se upotrebljavaju utvrđeni zaštitni sustavi [2].

Tablica 2. Vrijednosti sigurnosnih udaljenosti prema naponskim razinama [2].

Nazivna vrijednost napona, U_n [kV]	Sigurnosna udaljenost, g [m]
10	0,3
20	0,3
35	0,4
>35	0,5

Minimalna udaljenost približavanja D na srednjem naponu definirana je kao zbroj naponske udaljenosti t koja iznosi $0,005 \text{ m/kV}$ (uzima se minimalno $0,1 \text{ m}$) i sigurnosne udaljenosti g koja je definirana u Tablici 2. Udaljenost g je definirana hrvatskom normom HRN EN 50110:2008 [3].

U spomenutoj metodi operater radi na dijelovima mreže pod naponom koristeći izolacijske motke ili užad na čije se krajeve dodaju posebni alati. Korišteni alati su prikladno izolirani u ovisnosti o naponu na kojem se koriste.

Spomenuta metoda je pogodna za operatere u pogledu udaljenosti od aktivnih dijelova. U slučaju kratkog spoja, na samom mjestu nastanka kratkog spoja oslobađa se velika toplinska energija, kao posljedica toga neki dijelovi vodiča se mogu razletjeti u obliku užarenih šrapnela. Pri ovoj metodi operater je od žarišta eventualnog kratkog spoja udaljen za duljinu izolacijske motke ili užeta, uz to na sebi ima zaštitnu opremu. Negativni utjecaji kratkog spoja za operatera u metodi rada na udaljenosti su znatno manji nego u drugim metodama kao što su metoda rada "u dodiru" ili "na potencijalu".

Metoda rada na udaljenosti ima svoje nedostatke u usporedbi s druge dvije metode. Izolacijske motke mogu biti nezgodne za rukovanje zbog njihove dužine i mase alata koji je dodan na njihov kraj. Rukovanje alatom učvršćenom na izolacijskoj cijevi zahtjeva vještinu i fizičku spremnost od operatera. Većina polaznika obuke za RPN na srednjem naponu će se složiti da je metoda rada na udaljenosti najzahtjevniji dio obuke.

Kada operater radi metodom rada na udaljenosti, smatra se da je operater vodljiv i da se nalazi na potencijalu zemlje (čak i kada upotrebljava izolacijske ljestve, hidrauličke autoplatforame, izolacijske tepihe, zaštitne čizme itd.) [2].

Ako se čišćenje izvodi bez SRZ-a operater mora između vlastitog prostora kretanja i dijelova na različitim fiksnim potencijalima osigurati:

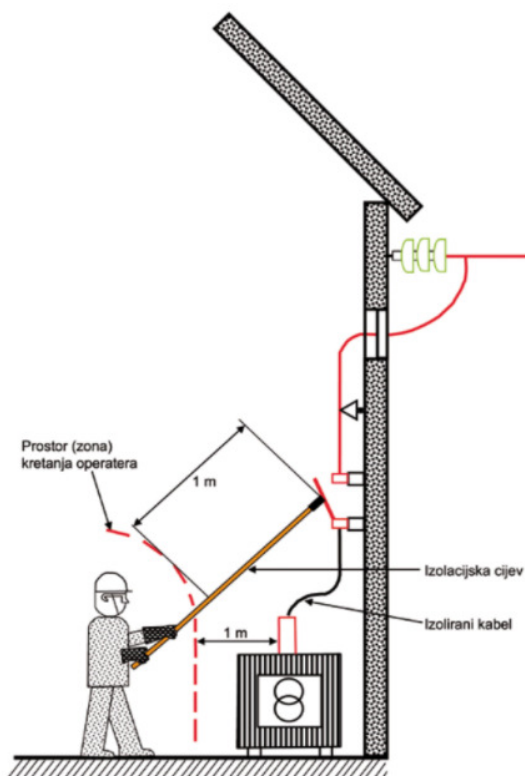
- minimalni zračni razmak ili minimalnu duljinu izolacijske cijevi, što iznosi 1 m ,
- minimalnu duljinu izolacijskog crijeva usisavača, što iznosi $1,5 \text{ m}$ [2].

Na Slici 1 je prikazan primjer čišćenja pod naponom na srednjem naponu bez SRZ-a. Dijelovi označeni crvenom bojom su neizolirani, vodljivi i pod naponom. Na slici je vidljivo kako je operater između svog prostora kretanja koje je označeno isprekidanom crvenom linijom i

drugog fiksnog potencijala ostavio minimalni zračni razmak od 1 m . U slučaju da operater radi na stupu i stoji na privremenoj platformi izrađenoj od izolacijskih motki koje su učvršćene na stup, operater umjesto zračnog razmaka koristi duljinu izolacijske cijevi.

Operater na Slici 1 između svoje zone kretanja i kućišta transformatora nije ostavio minimalnu zračnu udaljenost od 1 m zato što se za operatera smatra da je na potencijalu zemlje kao i samo kućište transformatora, tako da između njih nema razlike potencijala.

Operater sa slike drži izolacijsko crijevo. Crijevo ima minimalno $0,5 \text{ m}$ duljine unutar zone kretanja operatera (mjesto gdje operater drži crijevo) i dodatnih 1 m između granice prostora kretanja operatera i aktivnog dijela mreže što rezultira razmakom od propisanih $1,5 \text{ m}$.



Slika 1. Primjer čišćenja pod naponom na srednjem naponu bez SRZ-a [2].

Ako se čišćenje izvodi pod uvjetima SRZ-a, iznos minimalnih zračnih razmaka se mijenja. Novi iznosi su prikazani u Tablici 3. Minimalne duljine izolacijskih crijeva usisavača su $0,6 \text{ m}$ za napone od 20 kV ili niže, odnosno $0,9 \text{ m}$ za napone od 35 kV ili niže. Isti iznosi vrijede i za izolacijske motke korištene za čišćenje.

Tablica 3. Minimalni zračni razmak ili duljina izolacijske cijevi [2].

Linijski napon, U [kV]	Udaljenost faza-zemlja [m]	Udaljenost faza-faza [m]
20	0,6	0,7
35	0,8	0,9

Operater koji radi čišćenje pod naponom osim uobičajene zaštitne opreme za RPN ponekad koristi respiratorske maske, štitnike za uši i slično. Uobičajena zaštitna oprema radnika obuhvaća kacigu s viziorom, kožne radne rukavice, obuću s izolacijskom potplatom (ovaj uvjet vrijedi samo za postrojenja srednje naponske razine) i nezapaljivo radno odijelo (ono mora biti nezamašćeno i bez metalnih dijelova) [4].

Čišćenje pod naponom na otvorenom prostoru se može odraditi usisavanjem, četkanjem, pranjem utvrđenim sredstvima i ispuhivanjem. Usisavanje, četkanje i pranje se koristi i u zatvorenim prostorima dok je ispuhivanje ograničeno na otvorene prostore. Korištenje ispuhivanja u zatvorenim prostorima može podići nečistoće u zrak i tako stvoriti uvjete pogodne za stvaranje električnog luka. Kod četkanja i brisanja, na kraj izolacijske motke se dodaju posebne četke ili dijelovi tkanine, pri tome su bitni nazivni napon za koji je ta izolacijska motka predviđena te njena duljina. Četkati i brisati se mogu samo suhi dijelovi postrojenja kojima se ne može prići sa crijevom usisavača. Za pranje se koriste isključivo sredstva namijenjena za pranje pod naponom.

U nekim zemljama koristi se i čišćenje suhim ledom (kristali leda CO₂), budući smrznuti CO₂ po izlasku iz mlaznice odnosi nečistoću sa sobom i na atmosferskom tlaku trenutno prelazi iz krute u plinovitu fazu (nema tekuće međufaze koja bi mogla provoditi električnu energiju). Raspršivač je osmišljen tako da ispušta mlaz točno određene gustoće i tlaka kako bi se moglo čistiti izolatore i druge dijelove sredjenaponskog postrojenja.

Kod usisavanja u tehnologiji RPN-a, osim definirane dužine crijeva, usisavač mora imati propisanu usisnu moć. U usisavaču za RPN zrak struji brzinom većom ili barem jednakom 25 m/s (ekvivalent cca. 60 l zraka kroz cijevi u

sekundi). Ovaj uvjet je izuzetno bitan kako bi se spriječilo taloženje nečistoća na unutarnjoj stijenci cijevi usisavača tijekom usisavanja što bi moglo potencijalno stvoriti vodljivu puznu stazu unutar cijevi idealnu za preskok električnog luka. Bez obzira i na veću brzinu zraka od uvjetovane, usisavanje pod naponom se povremeno prekida kako bi se provjerile i prema potrebi očistile cijevi predviđenim četkama. Ispuhivanje cijevi ustima radnika strogo je zabranjeno zbog unosa vlage u cijevi [4].

Čišćenje prostora se vrši od tla prema stropu ako je količina prljavštine veća, a obrnuto ako je količina prljavštine manja. Na taj način smanjujemo mogućnost nastanka kratkog spoja preko prljavštine koja se sruši s viših dijelova postrojenja na niže.

Pod naponom se ne smiju čistiti dijelovi koji nisu potpuno učvršćeni odnosno pokretni dijelovi.

4. ZAKLJUČAK

Prednosti čišćenja postrojenja pod naponom su velike u odnosu na način održavanja postrojenja u beznaponskom stanju. Svaki prekid napajanja kao posljedica ima troškove za elektroprivredu i njene korisnike. Korištenjem tehnologije čišćenja pod naponom se omogućuje redovitije održavanje s manjim brojem prekida napajanja na način siguran za izvođače radova. Cijena čišćenja postrojenja na srednjem naponu u tehnologiji rada pod naponom iznosi od 20 % do 25 % cijene čišćenja u beznaponskom stanju [5].

LITERATURA:

- [1] Réseau de transport d'électricité, "Live working a cutting-edge technique", 2013.
- [2] Hrvatska elektroprivreda, "Uvjeti za izvođenje radova pod naponom – čišćenje na srednjem naponu (Bilten HEP-a br. 243)", 2011.
- [3] Hrvatske norme, "Pogon električnih postrojenja (HRN EN 50110-1:2008 i HRN EN50110-2:2008)", 2008.
- [4] V. Čaha, "Tehnologija rada pod naponom - projekcija učinaka primjene u Hrvatskoj elektroprivredi", 2012.
- [5] P. Hasse, W. Kathrein, H. Kehne, "Cleaning of medium-voltage systems by suction (Special Publication No. 40/E)", 1998.

Održavanje plinskih i uljnih uređaja

Professional paper

Branimir Perković

DMK servisi d.o.o.
Biljska cesta 66, Osijek, Hrvatska
branimir.perkovic@dmkservisi.com

Tomislav Barić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
tomislav.bric@ferit.hr

Nenad Janković

DMK servisi d.o.o.
Biljska cesta 66, Osijek, Hrvatska
nenad.jankovic@dmkservisi.com

Dalibor Kos

DMK servisi d.o.o.
Biljska cesta 66, Osijek, Hrvatska
dalibor.kos@dmkservisi.com

Hrvoje Glavaš

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
hrvoje.glavas@ferit.hr

Sažetak – U radu su opisani plinski uređaji koji se mogu pronaći pretežno u privatnim kućanstvima, plinske peći te bojleri. Opisane su izvedbe istih, njihovi principi rada, te je objašnjena razlika između klasičnog kombi bojlera i kondenzacijskog. Nadalje, objašnjeno je što obuhvaća servis plinskog bojlera, najčešći kvarovi, te njihova prevencija uz redovno održavanje. S obzirom da raspoloživost cijelog sustava ovisi o izvedbi i njegovoj složenosti, opisane su neke od najčešćih izvedbi plinskih i uljnih plamenika. U kratkim crtama uspoređeni su plinski i uljni plamenici. Prikazani su osnovni dijelovi plamenika, procedura paljenja plamenika uz objašnjenje slijeda koji svaki plamenik prati, te logika djelovanja automatike na plameniku. Objasnjeno je što točno obuhvaća servis plamenika, vrste najčešćih kvarova, te njihova prevencija uz redovno održavanje.

Ključne riječi – plinski uređaj, peć, plamenik, servis, održavanje

MAINTENANCE OF GAS AND OIL DEVICES

Abstract – The paper describes the gas devices that can be found predominantly in private households, gas heaters and boilers. The device performances, their working principles are described, and the difference between the classic combined boiler and the condensing boiler is explained. Furthermore, it has been explained what it includes gas boiler service, most common faults, and their prevention with regular maintenance. Since the availability of the entire system depends on the implementation and its complexity, some of the most common designs of gas and oil burners are described. In short lines gas and oil burners were compared. The basic parts of the burner, the burner ignition procedure, and the explanation of the sequence followed by each burner, as well as the logic of the burner automatics are shown. It is explained what exactly includes burner service, the most common types of failure, and their prevention with regular maintenance.

Keywords – gas device, heater, burner, service, maintenance

1. UVOD

Tvrtka DMK servisi bavi se servisom, održavanjem i montažom plinskih i uljnih trošila, te kemijska čišćenja kotlova i izmjenjivača topline. Ovaj rad je napisan prvenstveno kako bi se korisnicima plinskih i uljnih trošila približila važnost redovitog i pravilnog održavanja takovih uređaja. Na području Osijeka i prigradskih naselja nalazi se oko 36.000 plinskih priključaka. Svaki od tih priključaka na sebe ima spojeno minimalno jedno plinsko trošilo, što nam govori da na području grada Osijeka i prigradskih naselja postoji daleko više plinskih trošila od samog broja priključaka. Uzevši u obzir broj firmi koje se bave servisom plinskih trošila možemo sa sigurnošću tvrditi kako velik broj priključenih trošila nije redovno servisiran, a veliki broj trošila se „servisira“ tek kada se pokvare, te su vlasnici primorani zvati servisere.

Problematika vezana uz neredovito održavanje uređaja prvenstveno potencijalno ugrožava život korisnika gdje može doći do trovanja ugljičnim monoksidom. Zatim možemo reći kako neredovito održavanje uređaja je u konačnici puno skuplje od redovitog održavanja, jer prema Murphyjevom zakonu – ako nešto može poći naopako, poći će u najgorem mogućem trenutku. Ukoliko Murphyjevu tvrdnju promotrimo kroz praksu kod privatnih korisnika kvarovi se pretežno dogode pri vrlo niskim temperaturama obično kasno navečer ili vikendom, dok kod proizvodnje prilikom kvara uređaja dolazi do zastoja proizvodnje i puno većih troškova.

2. PLINSKI BOJLER

Ovisno o potrebama postoji nekoliko izvedbi plinskih bojlera:

- protočni bojler,
- cirkulacijski bojler,
- kombinirani bojler (kombi bojler).

Protočni bojler se koristi samo za grijanje sanitarne vode, cirkulacijski samo za centralno grijanje, dok je kombi bojler kombinacija prva dva, te kao takav je i najčešće korišten u privatnim kućanstvima.

2.1. Kombi bojler

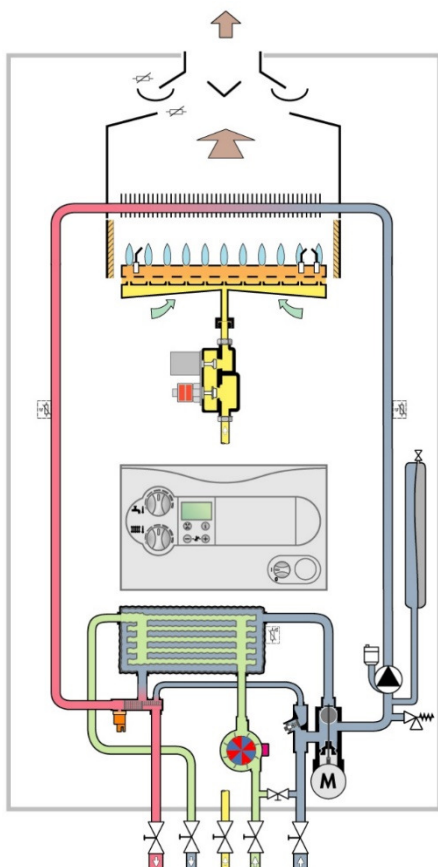
Svaki plinski bojler se sastoji od istih osnovnih dijelova koji mu omogućavaju da iskorištava toplinu dobivenu izgaranja plina u svrhu zagrijavanja vode u sustavu centralnog grijanja, te za zagrijavanje sanitarne vode. Osnovni dijelovi su plamenik, izmjenjivač, cirkulacijska pumpa i sustav za odvodnju dimnih plinova. Na slici 1. [1] je prikazana shema kombi bojlera za

spajanje na dimnjak, dok je na slici 2. [1] prikazana shema za spajanja na fasadni priključak. Princip rada i jednog i drugog uređaja su gotovo identični, jedine veće razlike su što trošilo priključeno na dimnjak koristi zrak iz prostora i koristi se podtlakom dimnjaka kako bi izbacilo dimne plinove, dok fasadni uređaj izbacuje dimne plinove pomoću ventilatora, te zrak uzima izvana.

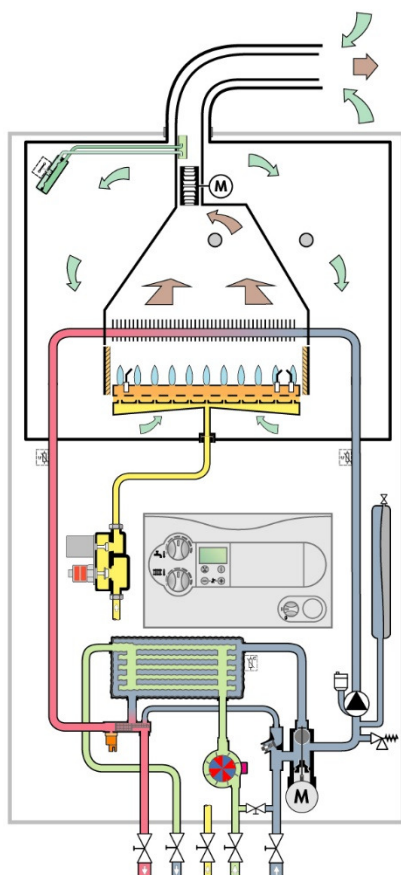
Kombi bojler kada je uključen radi u modu čekanja dok termostat ne pošalje impuls automatici da je potrebno podići temperaturu u prostoru. Prije paljenja vrše se sigurnosne provjere u samom uređaju kako bi uređaj provjerio ima li uvjete za nesmetani radi, ukoliko su svi uvjeti ispunjeni uređaj kreće sa paljenjem plina pomoću elektroda za paljenje. Nakon paljenja prolazi sigurnosno vrijeme u kojem automatika mora dobiti povratnu informaciju od ionizirajuće elektrode da li je došlo do paljenja, ako ionizirajuća elektroda ne potvrdi plamen uređaj će pokušati ponovno sa paljenjem (broj pokušaja ovisi o proizvođaču i modelu uređaja) ukoliko uređaj ne dobije informaciju o uspješnom paljenju nakon ponovljenih pokušaja paljenja, uređaj se gasi i pokazuje grešku. Kada dođe do uspješnog paljenja, te dođe do detekcije plamena uređaj nastavlja sa radom, te preko primarnog izmjenjivača predaje toplinu tekućini koja se nalazi u sustavu centralnog grijanja i pomoću crpke cirkulira tekućinu dok se ne postigne željena temperatura u sustavu. Trebamo li toplu sanitarnu vodu dovoljno je otvoriti toplu vodu na slavini, dolazi do detekcije protoka vode u uređaju, te dolazi do startanja uređaja. Uređaj pomoću tropskog ventila prebacuje tok vode na sekundarni izmjenjivač gdje se toplina prenosi na sanitarnu vodu.

Kako bi se osigurao nesmetani rad uređaja potrebno mu je redovito i kvalitetno godišnje održavanje. Kada se govori o kvalitetnom godišnjem održavanju ono sadržava slijedeće elemente:

- unutarne čišćenje uređaja od prašine,
- čišćenje plamenika i elektroda,
- pranje primarnog izmjenjivača (obavezno kod uređaja na dimnjak),
- čišćenje komore za izgaranje (fasadni uređaji),
- provjera i punjenje ili pražnjenje ekspanzijske posude,
- kontrola i namještanje parametara uređaja,
- kontrola odvoda dimnih plinova,



Slika 1. Kombi bojler – dimnjačni uređaj



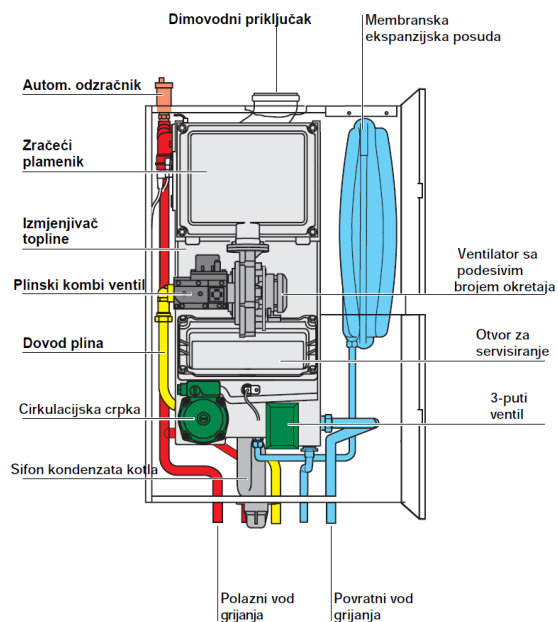
Slika 2. kombi bojler – fasadni uređaj

- kontrola nepropusnosti uređaja na hidrauličkom i plinskom dijelu,
- provjera funkcionalnosti uređaja,
- kemijsko čišćenje primarnog izmjenjivača (prema potrebi svake 2-3 godine),
- kemijsko čišćenje sekundarnog izmjenjivača (prema potrebi svake 2-3 godine).

Ukoliko se prilikom servisa samo obriše prašina ili se uopće ne odradi s vremenom dolazi do otežanog rada uređaja, buke, nekvalitetnog izgaranja, povećane potrošnje plina, te u najgorem slučaju gušenja ugljičnim monoksidom.

2.2 Kondenzacijski bojler

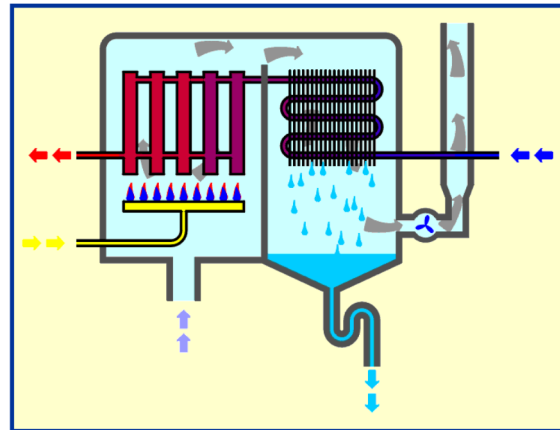
Kondenzacijski bojler na prvi pogled ne razlikuje se puno u izgledu i principu rada od konvencionalnog kombi bojlera. Glavna razlika je u veličini primarnog izmjenjivača topline, nižim temperaturama rada radi boljeg iskorištenja kondenzata, te spajanja na odvod radi zbrinjavanja kondenzata. Na slici 3. [2] su prikazani osnovni dijelovi kondenzacijskog bojlera.



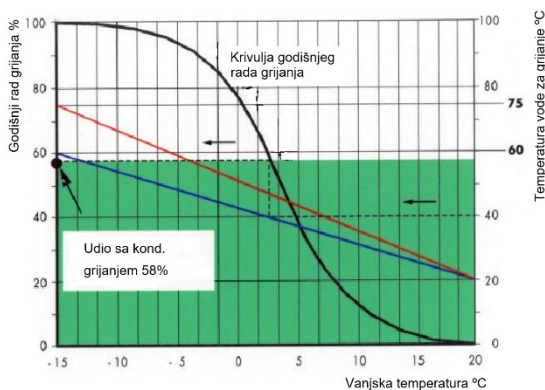
Slika 3. Prikaz osnovnih dijelova kondenzacijskog bojlera

Kako bi se osigurala veća korisnost u radu i povećano stvaranje kondenzata preporučuju se niže temperature rada u rasponu (30 – 40) °C. Kako bi se bolje uočila razlika između niže i više radne temperature na slikama 4. [2] i 5. [2]

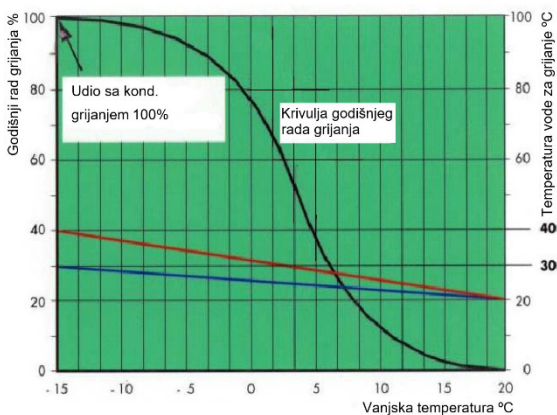
grafički su prikazani u kojem udjelu uređaj radi kao kondenzacijski, a u kojem kao konvencionalni. Prilikom pridržavanja preporučenih temperatura rada i pravilnog podešavanja uređaja doseže se korisnost do 110 %. Korisnost od 110 % se postiže na način da se dodatno koristi toplina dimnih plinova pri čemu se stvara kondenzat. Pošto se dimni plinovi pothlađuju u izmjenjivaču predajući toplinu tekućini u sustavu centralnog grijanja dimni plinovi koji dolaze u dimnjak su niskih temperatura, tek nešto veće temperature od temperature povratnog voda centralnog grijanja.



Slika 6. Princip rada kondenzacijskog uređaja



Slika 4. Kondenzacijski rad uređaja-proračun 75/60 °C



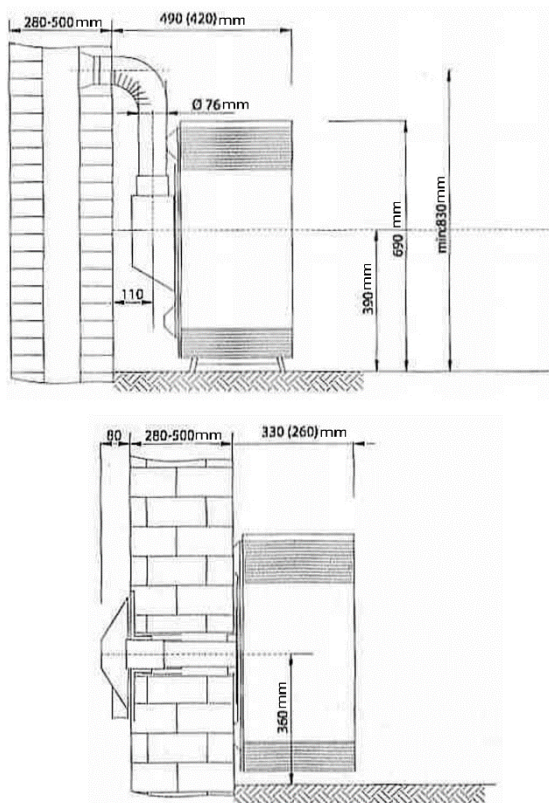
Slika 5. Kondenzacijski rad uređaja-proračun 40/30 °C

Na slici 6. [2] je prikazan princip rada izmjenjivača u kondenzacijskom bojleru. Prilikom izgaranja plina dobivena toplina se predaje tekućini u centralnom grijanju u prvom dijelu izmjenjivača. U drugom dijelu izmjenjivača se koristi toplina dimnih plinova koja predaje ostatak topline i kondenzira vlagu iz dimnih plinova na stjenke izmjenjivača. Prilikom tog procesa gubi se prirodni uzgon dimnih plinova, te ih je potrebno izbaciti pomoću ventilatora.

Pošto kondenzacijski uređaj radi pri nižim temperaturama potrebno mu je duže vrijeme rada kako bi ugrijavao tekućinu, a time i radijatore na temperaturu koja bi osigurala ugodan boravak u prostoru. Kako bi se prikazale prednosti takvog načina rada možemo povući analogiju vožnje automobilom od točke A do točke B. U prvom slučaju automobil se kretao brzinom od 150 km/h, te se zaustavljao nekoliko puta kako bi se vozači odmorili uz kavu, te je nakon 5 h stigao u točku B. Dok se u drugom slučaju automobil kretao konstantom brzinom od 75 km/h bez stajanja i stigao u točku B u istom vremenu. Prednosti koje se ostvaruju u drugom slučaju su manja potrošnja goriva, manje habanje dijelova, tiši rad. Što na kraju rezultira sa zadovoljnim korisnikom.

3. PLINSKA PEĆ

Plinske peći su namijenjene isključivo za grijanje unutarnjih prostora. Plinska peć sastoji se od ložište peći (izmjenjivač toplote) izrađen je od čeličnog lima prešanjem i varenjem. U njemu su smješteni usmjerivači svježeg zraka i dimnih plinova. Usmjerivačke ploče osiguravaju odgovarajuće strujanje zraka i dimnih plinova kao i prijenos toplote. Ložište je izvana i iznutra zaštićeno emajliranjem. Na donjem dijelu ložišta smješten je plinski plamenik sa pilot plamenikom, svjećicom za paljenje plamena i sigurnosnim termo elementom. Plinski plamenik radi na principu predmiješanja, a upuhavanje plina u centar plamenika osigurava odgovarajuća izvedba i smještaj sapnice, držača i difuzora. Vizualna kontrola plamena je moguća zavisno od izvedbe, kroz kontrolni otvor na gornjoj ili desnoj strani ložišta. Na desnoj strani peći nalazi se upravljačka automatika, koja sadrži termo magnetsko osiguranje gorenja, regulator tlaka plina i regulator temperature. Na slici 7. [3] su prikazani načini spajanja plinskih peći na dimnjak i na fasadni priključak.



Slika 7. Prikaz spajanja plinske peći na dimnjak i na fasadni priključak

Servis plinske peći treba obuhvatiti preglede i provjere:

- puteva odvođenja produkata sagorijevanja,
- sapnica i plamenika,
- vodova piezo upaljača, svjećice i razmaka između elektroda,
- plinske cijevi i spojeve unutar uređaja i ispitivanje plino-nepropusnosti spojeva, stanja i čistoće dimnjaka odnosno fasadnih priključaka.

Plinske peći su jedne od jednostavnih uređaja za grijanje na plinsko gorivo. Ne posjeduju pokretne dijelove da bi izvršavale svoju funkciju, no to ne znači da nisu sklone kvarovima i da nisu potencijalno opasne ukoliko se pravilno ne održavaju i servisiraju. Neki od najčešćih kvarova na plinskim pećima su kvar piezo upaljača i kvar termoelementa, no prilikom servisiranja uređaja dolazi do nakupljanja prašine i prljavštine na plameniku i ostalim dijelovima uređaja što bitno utječe na kvalitetu izgaranja, te kao rezultat toga dolazi do stvaranja ugljičnog monoksida kojeg je bez mjernog uređaja gotovo nemoguće detektirati. Neki od simptoma koji se manifestiraju nakon određenog vremena izloženosti ugljičnom monoksidu su prikazani u tablici 1. [4].

TABLICA 1. UTJECAJ RAZLIČITIH KONCENTRACIJA UGLJIČNOG MONOKSIDA U UDAHNUTOM ZRAKU NA BRZINU PROMJENA U ORGANIZMU

Koncentracija CO/vrijeme izloženosti	2 min	5 min	15 min	40 min	120 min
0,02 %	-	-	-	-	Glavobolja
0,04 %	-	-	-	Glavobolja	Vrtoglavica
0,08 %	-	-	Glavobolja	Vrtoglavica, mučnina, grčevi	Smrt
0,16 %	-	Glavobolja	Vrtoglavica, ubrzan rad srca, mučnina	Smrt	-
0,32 %	Glavobolja	Vrtoglavica, mučnina	Smrt	-	-
0,64 %	Vrtoglavica, konvulzije	Smrt	-	-	-
1,28 %	Gubitak svijesti (smrt za 60-120 s)	-	-	-	-

4. PLAMENIK

Plamenici su uređaji namijenjeni za veće sustave grijanja i proizvodnje zagrijane sanitarne vode. Ovisno o tipu kotla na koji se spajaju snage mogu varirati od 10 kW pa do 32

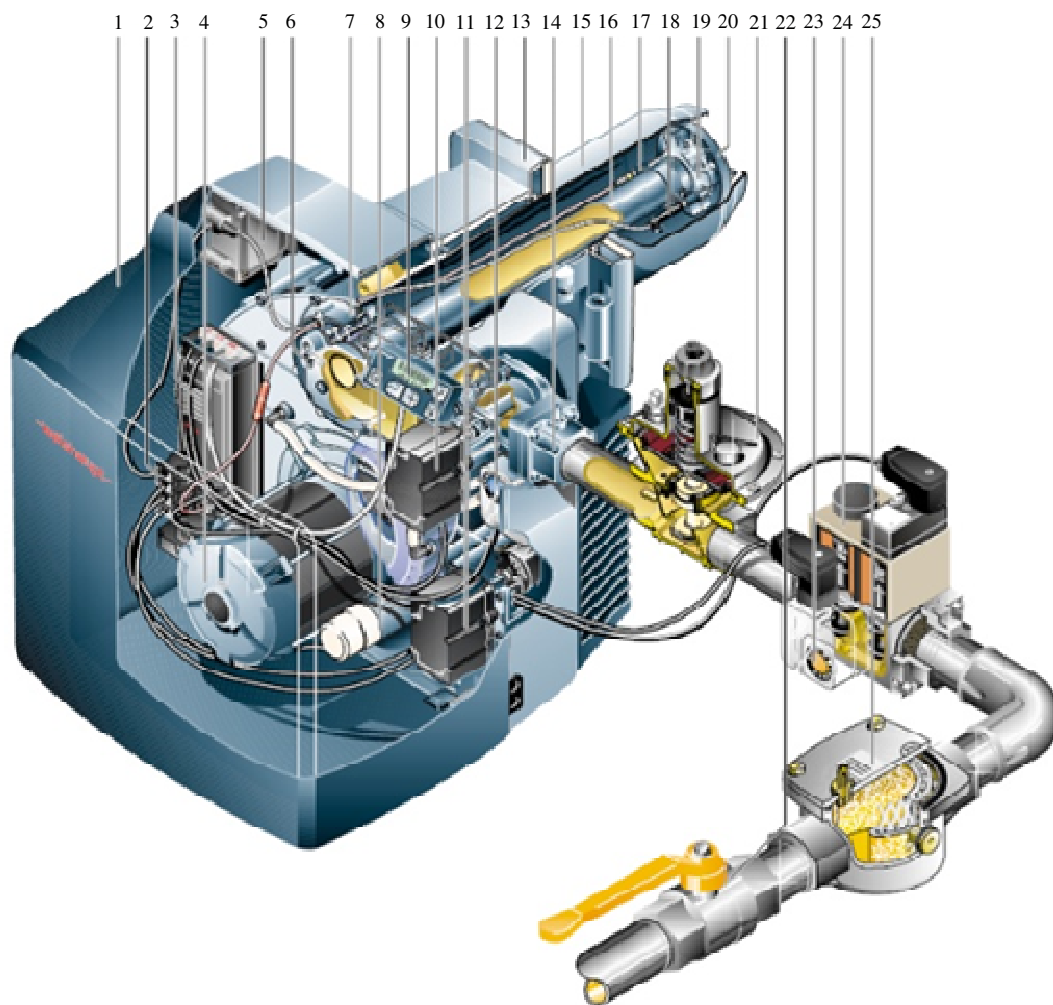
MW. Plamenici većih snaga su rezervirani za industriju dok se plamenici snaga do 550 kW pretežno mogu naći u privatnoj primjeni za grijanje staklenika ili privatnih objekata. Prema gorivu koje koriste možemo ih razvrstati na

plinske plamenike, uljne plamenike, te kombinirane plamenike koji imaju mogućnost rada na oba goriva ovisno o potrebi i raspoloživosti. Postoje također izvedbe plamenika koji kao gorivo koriste mazut, pelete, drvenu sječku, otpad, no kako su plinski i uljni plamenici trenutno najzastupljeniji na našem području obraditi ćemo njih.

Na slici 8. [5] prikazan je presjek plamenika radne snage do 550 kW. Princip rada plamenika i njihovi glavni dijelovi na svim plamenicima su prisutni, ovisno o snazi može se primijetiti kako su kod jačih plamenika neki dijelovi veći, ventilator jači, kontrolna automatika posjeduje više mogućnosti namještanja no sam princip rada i njegova logika ostaje ista.

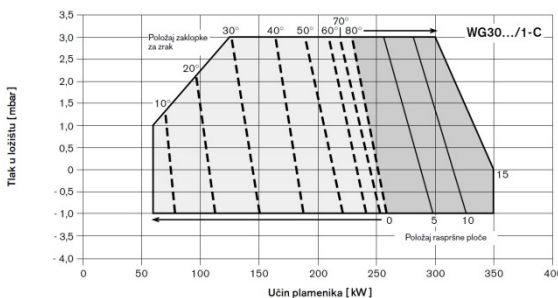
Dijelovi plamenika:

1. Poklopac
2. Priključni utikač
3. Digitalni programski sklop
4. Motor plamenika
5. Uređaj za paljenje
6. Vijak za podešavanje raspršne ploče
7. Kućište komore za miješanje
8. Kondenzator motora
9. Zaslon plamenika
10. Postavni pogon plinske prigušnice
11. Postavni pogon zračne zaklopke
12. Tlačna sklopka za zrak
13. Prirubnica plamenika
14. Priključna prirubnica
15. Plamena cijev
16. Cijev za miješanje
17. Ionizacijska elektroda
18. Elektroda za paljenje
19. Razvodna zvijezda
20. Raspršna ploča
21. Regulator tlaka
22. Kuglasta slavina
23. Tlačna sklopka za plin
24. Dvostruki magnetski ventil
25. Filtar za plin



Slika 8. Presjek plinskog plamenika

Kako plamenik ne dolazi nužno u kompletu sa kotlom (ložištem), nužno je odabrati plamenik koji odgovara veličini i snazi kotla na koji se montira. Ukoliko izaberemo preslab plamenik dolazimo do problema pothlađivanja kotla i stvaranja kondenzata u samom ložištu koji se potom veže sa dimnim plinovima i tvori sumpornu kiselinu koja nagriza kotao i na taj način ga uništava. Međutim ukoliko izaberemo prejak plamenik dolazi nam do oštećenja kotla uslijed prevelike temperature, prevelikog plamena za tu vrstu kotla, te kao rezultat dolazi do deformiranja izmjenjivača na kotlu i do izgaranja njegovih unutarnjih stjenki. Da ne bi došlo do tih problema na samim plamenicima je moguće prilikom puštanja u rad podesiti snagu kako bi plamenik što bolje odgovarao kotlu na koji je instaliran. Na slici 9. [5] prikazan je dijagram podešavanja snage plamenika u ovisnosti koliku količinu zraka dozvoljavamo da ventilator plamenika gura u ložište kotla.



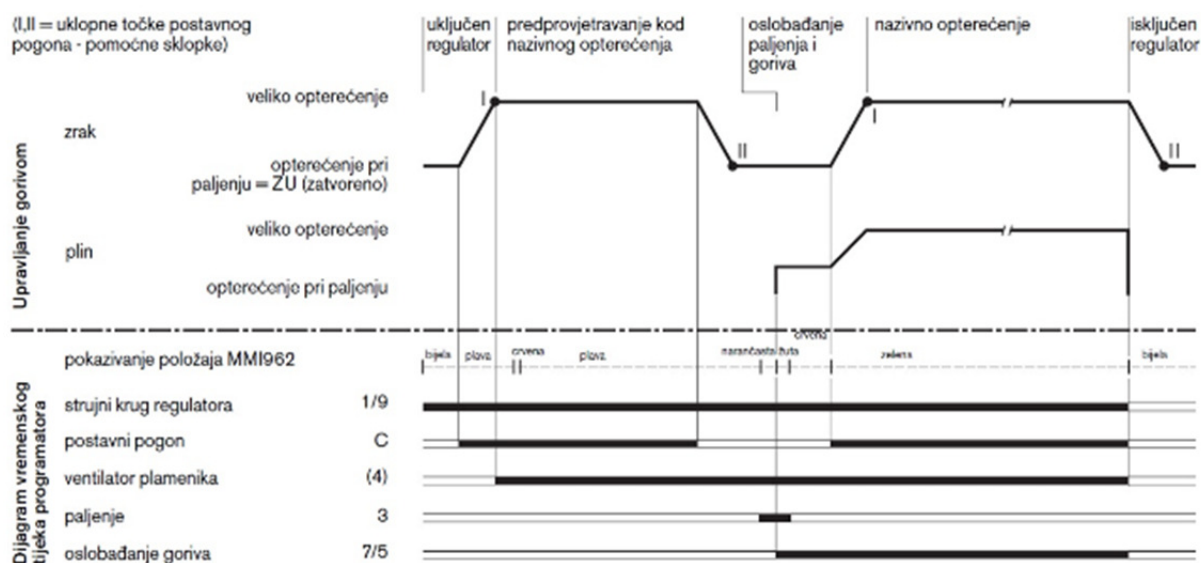
Slika 9. Reguliranje snage plamenika

Kako bi se odabrao i ugradio plamenik potrebna je stručna i ovlaštena osoba od strane

proizvođača plamenika. Kako za ugradnju i puštanje u pogon, tako i za redovite servise na samom plameniku. Neke od osnovnih varijabli o kojima se mora voditi računa prilikom puštanja u pogon plamenika:

- nazivna snaga plamenika,
- stupanj iskorištenja,
- protok plina u m³/h ili ulja u l/h,
- trenutna vanjska temperatura,
- nadmorska visina,
- tlak zraka,
- udio CO₂ u dimnim plinovima,
- udio kisika u dimnim plinovima,
- temperatura dimnih plinova,
- kod uljnih plamenika je potrebno izabrati i odgovarajuću diznu.

Nakon što je plamenik pušten u rad potrebno je testirati sve sigurnosne mehanizme na plameniku i na kotlu. Neki od testova su pokušaj paljenja bez zraka, pokušaj paljenja bez zraka, ispitivanje sigurnosnih termostata na kotlu. Ukoliko su svi parametri dobro podešeni i svi sigurnosni elementi ispitani plamenik je spreman za rad. Logika rada plamenika je prikazana na slici 10. [6] gdje je u radnom dijagramu prikazano po koracima koje radnje plamenik izvršava kako bi došlo do paljenja i nesmetanog rada.



Slika 10. Prikaz logike rada plamenika

Termostat regulacije kotla šalje impuls automatici plamenika kako je potrebno podići temperaturu u sustavu. Plamenik ide u provjeru sigurnosnih elemenata kako bi provjerio jesu li svi potrebni uvjeti za nesmetan rad osigurani. Nakon toga se pali ventilator kako bi prije paljenja izbacio sve zaostale dimne plinove i eventualno višak plina iz ložišta kotla. Pošto je vrijeme provjetravanja završeno dolazi do tvorbe iskre potrebne za paljenje, nakon tvorbe iskre automatika plamenika pušta gorivo koje iskra pali i plamenik ide u rad. Plamenik radi dok mu regulacija kotla ne pošalje impuls da je potrebna temperatura postignuta.

Svaka automatika plamenika ima način prikazivanja greške. Kod manjih plamenika gdje se nalaze jednostavnije automatike prikaz greške se prikazuje preko određenog broja treptaja kontrolne lampice, dok kod velikih plamenika imamo displej na kojem se prikazuje kod greške. Kada plamenik pokaže grešku on više samostalno ne ide u paljenje dok se ne izvrši deblokada plamenika. Većina grešaka u radu plamenika mogu se otkloniti deblokadom gdje plamenik ponavlja ciklus paljenja i kreće u nesmetani rad, dok kod grešaka koje sprječavaju nesmetani rad plamenika plamenik ponovno odlazi u blokadu i potrebno je zvati servisera kako bi detektirao kvar, te isti otklonio. Kako bi plamenik nesmetano radio cijele godine i što manje odlazio u blokadu potrebno je minimalno jednom godišnje izvršiti servis plamenik. Kako propisi nalažu za sve pravne osobe potrebno je jednom godišnje napraviti servis svih plinskih trošila da bi se osigurao njihov siguran rad. Međutim kako vlaga u zraku i tlak zraka mogu bitno utjecati na ispravan rad plamenika bilo bi poželjno napraviti njegovu regulaciju dva puta godišnje, u jesen i u proljeće.

Servis plamenika treba obuhvatiti slijedeće radnje:

- rastavljanje kompletnog plamenika te mehaničko čišćenje svih pojedinih dijelova,
- čišćenje ili zamjena uloška uljnog ili plinskog filtera,
- zamjena dize uljnog plamenika,
- kontrola nepropusnosti plinske rampe i/ili uljnog voda,
- sastavljanje plamenika i puštanje u pogon,
- podešavanje sagorijevanja kompjuterskim analizatorom dimnih

plinova, te izdavanje printanog izvješća,

- mjerenje struje ionizacije ili UV ćelije, te kontrola detektora plamena,
- kontrola i podešavanje sigurnosnih elemenata kotla (regulacioni i sigurnosni termostati ili presostati, nivo prekidač, nivo elektroda, nivo regulator, odmuljni ventili i sl.),
- kontrola rada cijelog sustava centralnog grijanja,
- kontrola i podešavanje automatike napojnog rezervoara kod parnih kotlovnica,
- kontrola i podešavanje regulatora učinka kod modulirajućih plamenika,
- kontrola i podešavanje automatike kotla i zaštitne pumpe, te automatike svih krugova grijanja vezanih na taj kotao i plamenik,
- kontrola rada svih cirkulacijskih i recirkulacijskih pumpi,
- kontrola tlaka u ekspanzijskoj posudi ili ispravnosti ekspanzijskog modula,
- kontrola svih odzračnih ventila u kotlovnici.

Kako plamenik nije uređaj koji djeluje samostalno nego ovisi o cijeloj kotlovnici kranja korisnost sustava ovisi o svim njegovim elementima. Kako bi povećali korisnost sustava moramo voditi računa o kamencu i čađi.

Kamenac ili kotlovac je naslaga minerala koji se prvenstveno sastoji od kalcijevih i magnezijevih karbonata. Kamenac nastaje grijanjem vode koja sadrži topive bikarbonatne soli koje su toplinski nestabilne i razlažu se na karbonate. Na stvaranje kamenca utječe nekoliko čimbenika:

- velika privremena tvrdoća vode,
- povišena pH vrijednost (alkaličnost) vode,
- povišena temperatura.

Naslage kamenca prvenstveno se stvaraju na površinama za prijenos topline (izmjenjivači topline). Problem je najizraženiji u sustavima gdje se koristi tvrda voda i gdje se voda stalno nadopunjuje. Međutim, čak i zatvoreni sistemi grijanja nisu otporni na stvaranja naslaga

kamenca. Kamenac se taloži iz vode početnog punjenja i vode koje se nadopunjuje zbog gubitka uzrokovanog isparavanjem ili curenjem na instalaciji.

Naslage kamenca mogu uzrokovati mnogobrojne probleme u sistemima grijanja i pripremi potrošne tople vode. Njihovo taloženje na izmjenjivačima topline doprinosi slabijem prijenosu topline i gubitku učinkovitosti. Naslage kamenca mogu smanjiti učinkovitost sistema grijanja od 2 % do 6 %, što u konačnici znači povećanje troškova za grijanje i veću emisiju ugljikovog dioksida CO₂. Taloženje kamenca nije ravnomjerno što dovodi do stvaranja vrućih točki, uzburkanosti vode, i stvaranju buke u sistemu. Naslage kamenca smanjuju protok vode i mogu uzrokovati oštećenje važnih dijelova kotla kao što je crpka. Zbog vlastite topline koju crpka stvara prilikom rada dolazi do taloženja kamenca unutar kućišta crpke što može smanjiti protok vode i smanjiti njen vijek trajanja [7].

Čađ je proizvod nepotpunog izgaranja ili toplinskoga raspada organskih tvari na visokim temperaturama. Čađ je važan industrijski proizvod. Kao sirovina služe ugljikovodici s velikim udjelom ugljika, kojih ima u naftnim proizvodima, prirodnom plinu i katranu. Kod plamenika stvaranje čađi je prvenstveno znak njihove loša podešenosti, te njeno nakupljanje na stjenkama ložišta izuzetno šteti korisnosti sustava. Uzmimo za primjer da se na stjenkama ložišta nakupio sloj čađi u debljini od 1 mm što nam učinkovitost sustava za oko 4 %, dok dovodi do povećanja temperature dimnih plinova za više od 50 °C. Dok kod nakupljanja sloja čađi u debljini od 4 mm govorimo o smanjenju korisnosti od 15 %, te porast temperature dimnih plinova preko 200 °C.

5. APLIKACIJA DMK FORCE

Tijekom 2016. godine naši djelatnici su izvršili 55.000 radnih naloga na terenu, te prešli 360.000 kilometara kako bi to ostvarili. Svi procesi praćenja, organizacije i izvršenja rađeni su ručno. U većini slučajeva djelatnici su sami određivali rute svojih dnevnih aktivnosti na terenu što je dovodilo u mnogim slučajevima do loše procijene, te ljudske pogreške. Kako bi uspjeli napraviti bolju organizaciju, praćenje i izvršavnje radnih obveza upustili smo se u projekt izrade aplikacije DMK force. Prednosti koje su ostvarene implementacijom aplikacije:

- praćenje djelatnika na terenu,
- navigacija do lokacije,

- kreiranje rasporeda rada u realnom vremenu,
- kompletna evidencija stanja na terenu u realnom vremenu,
- optimizacija poslovnih procesa,
- aplikacija radi na android sustavu,
- eliminacija papirologije,
- sve informacije dostupne svim korisnicima,
- praćenje realizacije djelatnika,
- optimiziranje poslova.

Nakon implementacije aplikacije vidljiva su znatna poboljšanja u organizaciji posla, što se pokazalo i u aspektu financija. Skraćeno je vrijeme dolaska djelatnika na lokaciju rada za 39 %, smanjena je koordinacija i telefonski pozivi između voditelja i djelatnika za 57 %, izbjegla su se dupliciranja i greške u papirologiji, uštede na papirima i tonerima nisu zanemarive. Kako se tijekom rada sa aplikacijom stvara baza svih klijenata i njihovih uređaja, lako je napraviti analizu posla, te napraviti plan rada u narednim godinama [8].

6. ZAKLJUČAK

U radu su prikazana najčešća plinska i uljna trošila na našim prostorima, te kratki prikaza njihovog načina rada. Ukazana je važnost redovitog i potpunog servisa uređaja, mogući nedostaci i problemi ukoliko se trošila ne servisiraju redovito. Možemo zaključiti da ukoliko želimo zaštititi svoj život i živote drugih koji se koriste ili borave u blizini plinskih i uljnih uređaja, te smanjiti potrošnju goriva, produžiti vijek trajanja dijelova i samog uređaja moramo redovito servisirati plinske i uljne uređaje.

LITERATURA:

- [1] Vaillant, „Atmo turbo ecoTEC“, Vaillant, Zagreb 2007., url: <https://www.vaillant.hr/krajnji-korisnici>. (2.5.2017.)
- [2] Max Weishaupt GmbH, „Plinski kondenzacijski kotao WTC 15/25-A potsjetnik pri školovanju“, Schwendi 2001., url: <http://www.weishaupt.hr/produkte/brenner/gas%2C-oel-und-zweistoffbrenner>. (3.5.2017.)
- [3] Agria, „Uputstvo za upotrebu plinskih peći serije GALA 30 / GALA 50“, Osijek 2005., url: <http://agria.hr/grijanje/grijanje-izvori-topline-plinske-peci-178>. (6.5.2017.)
- [4] Arthur C. Guyton „Medicinska fiziologija“, Medicinska knjiga, Zagreb 1990.

- [5] Max Weishaupt GmbH, „Upute za montažu i pogon Weishaupt plinskog plamenika WG30.../1-C, izvedbe ZM-LN (LowNOx) WG40.../1-A, izvedbe ZM-LN (LowNOx)“, Schwendi 2002., url: <http://www.weishaupt.hr/produkte/brenner/gas%2C-oel-und-zweistoffbrenner>. (3.5.2017.)
- [6] Max Weishaupt GmbH, „Upute za montažu i pogon Weishaupt plinskih plamenika WG10 i WG20“, Schwendi 1997., url: <http://www.weishaupt.hr/produkte/brenner/gas%2C-oel-und-zweistoffbrenner>. (3.5.2017.)
- [7] "Kondicioniranje vode", www.grad.unizg.hr, 2012., url: https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/1.7_Kondicioniranje_vode.pdf. (5.5.2017.)
- [8] DMK servisi d.o.o., 31000 Osijek, url: <http://www.dmkservisi.com>. (7.5.2017.)

Primjena računalnog programa Thorium A+ za određivanje optimalnih mjera energetske učinkovitosti pri održavanju stambenog objekta

Professional paper

Adam Martinek

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
amartinek@etfos.hr

Ivan Ostheimer

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
iostheimer@etfos.hr

Luka Patrun

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
lpatrun@etfos.hr

Sažetak – Cilj ovoga rada je prikazati koje su mjere energetske učinkovitosti optimalne pri održavanju stambenog objekta. Pri tome se uzima u obzir ekonomsko stajalište koje nam ukazuje koliki je jednostavni povratni period te isplativost određene investicije. Svi izračuni su napravljeni koristeći računalni program za energetske certificiranje i fiziku zgrada Thorium A+.

Ključne riječi – energetska učinkovitost, mjere energetske učinkovitosti, stambeni objekt, Thorium A+

APPLICATION OF COMPUTER PROGRAM THORIUM A+ FOR ASSESSMENT OF OPTIMAL ENERGY EFFICENCY MEASURES

Abstract – Objective of this paper is to show optimal measures of energy efficiency in order of maintenance of housing property. Economical aspects are taken in consideration which tell us about return of investment and about investment profitability. All calculations have been made using computer program for energy certifications and physics of buildings Thorium A+.

Keywords – energy efficiency, measures of energy efficiency, housing property, Thorium A+

1. UVOD

Zgradarstvo je područje koje troši najviše energije. Udio potrošnje zgradarstva u 2013. u ukupnoj energiji je iznosio 42,36 % u Republici Hrvatskoj [1]. Zgradarstvo u Europskoj Uniji troši 40 % energije i emitira 36 % ukupnih emisija CO₂ u atmosferu [2]. No, u zgradarstvu ima najviše mjesta za poboljšanje i uštedu. Upravo u svrhu tog poboljšanja pokrenut je niz zakonskih regulativa kojima se uz pomoć energetskog certificiranja može dati precizno stanje pojedinog stambenog objekta i/ili zgrade javne namjene te se upravo na temelju toga odlučuju slijedeći koraci koji govore o mjerama

energetske učinkovitosti, koje su to, koliko iznosi povratni period takve investicije i koliko zapravo mijenjaju cijelu situaciju jednom kada su implementirane. Upravo iz tog razloga koristeći računalni program za energetske certificiranje i fiziku zgrade, Thorium A+, prikazat će se kroz primjer jedan stvarni stambeni objekt te njegovo stanje prije i poslije uvođenja optimalnih mjera energetske učinkovitosti.

2. OSNOVNI POJMOVI

Energetska učinkovitost je odnos između ostvarenog korisnog učinka i energije potrošene za ostvarenje tog učinka, kao i

produkcija energije iz obnovljivih izvora energije i /ili kogeneracije za koju se ostvaruje poticajna cijena temeljem posebnih propisa [3].

Energetski pregled zgrade je sustavan postupak za stjecanje odgovarajućeg znanja o postojećoj potrošnji energije i energetskim svojstvima zgrade ili skupine zgrada koje imaju zajedničke energetske sustave, za utvrđivanje i određivanje isplativosti primjene mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti te izradu izvješća o energetskim pregledima zgrade s prikupljenim informacijama i predloženim mjerama, a obavlja ga ovlaštena osoba [3].

Energetski razred zgrade jest indikator energetskih svojstava zgrade koji se za stambene zgrade izražava preko $Q''_{H,nd-a}$ tj. godišnje potrebne energije za grijanje za referentne klimatske podatke svedene na jedinicu ploštine korisne površine zgrade, a za nestambene zgrade preko relativne vrijednosti godišnje potrebne toplinske energije za grijanje [3].

Stambena zgrada jest obiteljska kuća ili višestambena zgrada koja je u cijelosti ili u kojoj je više od 90 % građevinske (bruto) površine namijenjeno za stanovanje. Termotehnički sustav jest tehnička oprema za grijanje, hlađenje, ventilaciju, klimatizaciju i pripremu potrošne tople vode zgrade ili samostalne uporabne cjeline zgrade [3].

Energetska obnova zgrade – primjena mjera energetske učinkovitosti u svrhu poboljšanja energetskog svojstva zgrade ili njezina dijela i temeljnog zahtjeva za građevinu – gospodarenje energijom i očuvanje topline. Pri čemu mjere energetske učinkovitosti obuhvaćaju: energetski pregled i energetsko certificiranje zgrade za potrebe energetske obnove, izradu projektne dokumentacije za energetsku obnovu zgrade kojom se dokazuje ušteda energije, povećanje toplinske zaštite ovojnice zgrade, unapređenje tehničkih sustava zgrade koji uključuju tehničku opremu za grijanje, hlađenje, ventilaciju, klimatizaciju i pripremu potrošne tople vode, sustav rasvjete te sustav automatizacije i upravljanja zgrade ili njezina dijela te uvođenje sustava obnovljivih izvora energije [3].

Na slici 1 se vidi energetski razred pregledanog stambenog objekta prije

provođenja mjera energetske učinkovitosti. Sa slike se vidi da je dobiveni razred G što ovaj stambeni objekt stavlja među najlošije objekte s obzirom na energetske učinkovitost.

$Q''_{H,nd,ref}$	kWh/(m ² a)	Izračun
		345,94
A+	≤ 15	
A	≤ 25	
B	≤ 50	
C	≤ 100	
D	≤ 150	
E	≤ 200	
F	≤ 250	
G	> 250	G

Slika 1. Energetski razred stambenog objekta prije uvođenja mjera [4]

U tablici 1 su prikazane geometrijske karakteristike promatranog objekta.

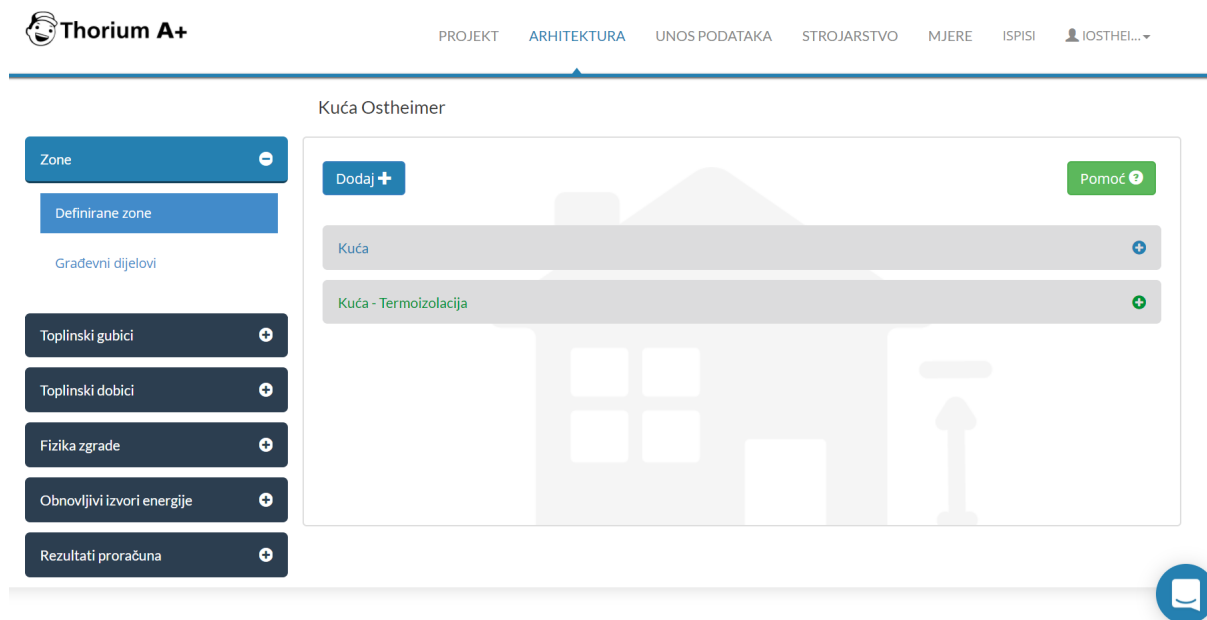
Tablica 1. Geometrijske karakteristike objekta

<i>Klasa zgrade</i>	Teška
<i>Broj etaža</i>	1
<i>Prosječna visina etaže [m]</i>	2,5
<i>Obujam grijanog dijela zgrade V_e [m³]</i>	228,38
<i>Obujam grijanog dijela zraka V [m³]</i>	173,57
<i>Bruto podna površina [m²]</i>	96,19
<i>Površina zone s vanjskim dimenzijama A_r [m²]</i>	90,79
<i>Korisna površina A_k [m²]</i>	73,03

Na slici 2 je prikazano sučelje Thorium A+ aplikacije. Aplikacija je pregledna i jednostavna je za koristiti. U gornjem izborniku su kartice 'projekt', 'arhitektura', 'unos podataka', 'strojarstvo', 'mjere' i 'ispisi'. U kartici projekt se definiraju osnovni podaci o projektu kao što su naziv, adresa, vrsta zgrade, godina izgradnje, ime projektanta itd. U kartici arhitektura definiraju se zone objekta te građevni dijelovi zajedno s materijalima od kojih se sastoje. Također su vidljivi toplinski gubici objekta, fizika objekta i toplinski dobici. Kartica unos podataka služi za unos vrijednosti računa svih energenata, ukoliko nije moguće doći do računa pridržava se normi. Sustave za grijanje i PTV te hlađenje unose se u kartici strojarstvo. Tu je

također moguće napraviti usporedbe sustava nakon uvođenja mjera. Sve mjere su vidljive u kartici mjere. Naposljetku kartica ispisi služi za ispisivanje izvještaja o pregledu, energetskog certifikata, energetske iskaznice te fizike

zgrade. Prednost Thorium A+ aplikacije je što svi ispisi automatski generiraju u MS Wordu. Također svi izračuni, koji su u ispisima, su automatski generirani nakon unosa podataka što će kasnije u radu biti prikazano.



Slika 2. Prikaz sučelja Thorium A+ aplikacije [4]

3. PREDLOŽENE MJERE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI I NJIHOV UČINAK

Za određivanje optimalnih mjera energetske učinkovitosti uzevši u obzir iznos investicije i uštedu primarne i isporučene energije korišten je Thorium A+, računalni program za energetsko certificiranje i fiziku zgrade, koji svojim jednostavnim i preglednim sučeljem omogućuje korisniku da napravi proračune mjera i tako vidi njihovu ekonomsku isplativost.

Mjere energetske učinkovitosti su radnje koje vode ka poboljšanju promatranog objekta, bilo da se radi o smanjenju potrošnje bilo kojeg oblika energije te se pri tome mogu izmjeriti i provjeriti/usporediti [5].

Za povećanje energetske učinkovitosti postoje mnoge mjere od kojih će se za ovaj rad izdvojiti samo tri troškovno optimalne mjere. Odabrane mjere uključuju izolaciju vanjske ovojnice, izolaciju stropa te instalaciju kondenzacijskog plinskog kotla. Navedene mjere smanjuju potrebnu energiju za grijanje i hlađenje (termoizolacija vanjske ovojnice i termoizolacija stropa) te isporučenu i primarnu

energiju za grijanje objekta (ugradnja kondenzacijskog kombi kotla).

Nakon prikupljanja podataka na terenu o stambenom objektu, zajedno s računima za energente, svi podaci se unose u Thorium A+ aplikaciju. Nakon automatske obrade podataka od strane aplikacije dobivene su sljedeće troškovno optimalne mjere.

Izolacija vanjske ovojnice i stropa

Pod pojmom vanjska ovojnica podrazumijeva se fasada objekta. Zahvaljujući dobro izoliranoj vanjskoj ovojnici objekt će trošiti manje energije u zimskim mjesecima na grijanje, a za vrijeme ljetnih mjeseci na hlađenje i klimatizaciju. Dakle, osim što će se smanjiti troškovi održavanja stambenog objekta, povećat će se kvaliteta i udobnost stanovanja te će objekt imati duži životni vijek [6]. Gubljenje energije topline preko vanjske ovojnice direktno je povezano s toplinskom provodnosti materijala od kojih je ovojnica napravljena. Toplinska provodnost je fizikalna veličina koja nam govori kako topline prolazi kroz neku tvar. Toplinska provodnost materijala ovisi o prirodi promatrane tvari, o njenoj temperaturi, tlaku i vlažnosti. Provodnost materijala se određuje mjerenjem i izražava se

u W/mK (vat po metru kelvinu) [7]. S obzirom na provodnost materijala, koja može biti od nekoliko stotina (za metale) do vrijednosti ispod 1 (nemetalni materijali i plinovi), materijale dijelimo na izolatore i vodiče. Izolatori su oni materijali čije su vrijednosti toplinske provodnosti niže i poželjno je da je ona oko 0,04 W/mK [8].

Koeficijent prolaska topline (U) ukazuje koliko topline građevina gubi u jednoj sekundi po metru kvadratnom za razliku temperatura od jednog kelvina (W/m²K). Kao i kod toplinske provodnosti, poželjno je da je vrijednost što niža.

Suprotna vrijednost koeficijentu prolaska topline je toplinski otpor (R). Veličina ukazuje koliko se pojedini materijal opire prolasku temperature kroz njega. Toplinski otpor se izražava u metar kvadratni kelvin po vatu (m²K/W). Toplinski otpor se određuje za svaki sloj od kojeg je kuća sačinjena te se zbraja da se dobije sveukupni toplinski otpor vanjske ovojnice [8].

U slučaju promatranog objekta, fasada se sastoji od tri sloja: unutarnja vapneno-cementna žbuka, puna opeka od gline te vanjska vapneno-cementna žbuka. Naime, najveći

postotak kuća u Hrvatskoj je izgrađen prije 1987. godine te nemaju gotovo nikakvu izolaciju, što rezultira povećanim troškovima za grijanje i hlađenje. Mjere energetske učinkovitosti u takvim slučajevima mogu značajno smanjiti potrošnju energije.

Za troslojnu vanjsku ovojnicu vrijede slijedeći podatci:

Puna opeka od gline je građevni materijal kuće te ima toplinsku provodljivost $\lambda=0,81$ W/mK. Debljina opeke je 32 cm. Otpornost ovog sloja iznosi 0,40 m²K/W. Vapneno-cementna žbuka s unutarnje i vanjske strane. Kao što je vidljivo otpornost od 0,02 m²K/W ne igra gotovo nikakvu ulogu jer je debljina samo 2 cm.

Na slici 3 je vidljivo da zahtjev za dinamičke toplinske karakteristike građevnog dijela [9] je zadovoljen, dok zahtjev na koeficijent prolaska topline U nije zbog nedostatka izolacije vanjske ovojnice. Građevni dio zadovoljava dinamičke toplinske karakteristike ako mu je plošna masa veća od 100 kg/m², a za slučaj da je manja tada koeficijent U građevnog dijela mora biti manji od 0,30 W/K.

R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	R _{se} [m ² K/W]	R _{uk} [m ² K/W]	U [W/m ² K]	U _{dop} [W/m ² K]	Plošna masa [kg/m ²]
0.44	0.13	0.04	0.61	1.65	0.30	648.00

Zahtjev $U < U_{dop}$ **nije zadovoljen.**

*Zahtjev za dinamičke toplinske karakteristike građevnog dijela **je zadovoljen.**

*Zahtjev se odnosi na dinamičke toplinske karakteristike građevnih dijelova zgrade, članak 62. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

Materijal	Debljina [cm]	R [m ² K/W]	Uključeno u proračun
3.03 Vapneno-cementna žbuka	2	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>
1.01 Puna opeka od gline	32	0.40	<input checked="" type="checkbox"/>
3.03 Vapneno-cementna žbuka	2	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>

Spremi građevni dio u bazu

Zatvori

← Natrag

Dalje →

Potvrdi

Slika 3. Prikaz slojeva vanjske ovojnice objekta [4]

R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	R _{se} [m ² K/W]	R _{uk} [m ² K/W]	U [W/m ² K]	U _{dop} [W/m ² K]	Plošna masa [kg/m ²]
5.58	0.13	0.04	5.75	0.17	0.30	688.00

Zahtjev $U < U_{dop}$ je zadovoljen.

*Zahtjev za dinamičke toplinske karakteristike građevnog dijela je zadovoljen.

*Zahtjev se odnosi na dinamičke toplinske karakteristike građevnih dijelova zgrade, članak 62. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

Materijal	Debljina [cm]	R [m ² K/W]	Uključeno u proračun
3.03 Vapneno-cementna žbuka	2	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>
1.01 Puna opeka od gline	32	0.40	<input checked="" type="checkbox"/>
3.03 Vapneno-cementna žbuka	2	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>
7.02a Ekspandirani polistiren (EPS)	20	5.13	<input checked="" type="checkbox"/>
3.03 Vapneno-cementna žbuka	2	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>

Slika 4. Prikaz slojeva vanjske ovojnice nakon uvođenja mjere energetske učinkovitosti [4]

Na slici 4 prikazani su slojevi vanjske ovojnice objekta nakon uvođenja mjere energetske učinkovitosti. Kao mjera je izabrano postavljanje 20 cm stiropora (EPS) sa sljedećom karakteristikom: $R = 5,13 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Zahvaljujući aplikaciji odmah je vidljivo da je zahtjev za dinamičke toplinske karakteristike građevnog dijela sada zadovoljen jer je koeficijent prolaska topline $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.

R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	R _{se} [m ² K/W]	R _{uk} [m ² K/W]	U [W/m ² K]	U _{dop} [W/m ² K]	Plošna masa [kg/m ²]
0.48	0.10	0.04	0.62	1.62	0.25	325.00

Zahtjev $U < U_{dop}$ nije zadovoljen.

Materijal	Debljina [cm]	R [m ² K/W]	Uključeno u proračun
4.05 Drvo	2	0.13	<input checked="" type="checkbox"/>
1.01 Puna opeka od gline	14	0.17	<input checked="" type="checkbox"/>
6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	3	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>
4.05 Drvo	2	0.13	<input checked="" type="checkbox"/>

Spremi građevni dio u bazu

Zatvori ← Natrag Dalje → **Potvrdi**

Slika 5. Prikaz slojeva stropa objekta [4]

Također na slici 5 su prikazani slojevi stropa objekta. Budući da je objekt izgrađen 1965. te se strop sastoji od dasaka, trske i blata u Thoriumu su aproksimirane vrijednosti R sa sljedećim slojevima: dva sloja drvenih dasaka debljine 2 cm, sloj pune opeke od gline debljine 14 cm te pijesak debljine 3 cm. Lako se može uočiti da uvjet $U < U_{dop}$ nije zadovoljen jer je U daleko veći od U_{dop} .

Na slici 6 su prikazani slojevi stropa nakon uvođenja mjere energetske učinkovitosti. Izabrana je mjera izolacije stropa mineralnom vunom (20 cm) jer nije preskupa investicija, a doprinosi mnogo u pogledu izolacije. 20 cm mineralne vune ima vrijednost $R = 5,71 \text{ m}^2\text{K/W}$. Također je odmah vidljivo da je uvjet $U < U_{dop}$ zadovoljen.

R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	R _{se} [m ² K/W]	R _{uk} [m ² K/W]	U [W/m ² K]	U _{dop} [W/m ² K]	Plošna masa [kg/m ²]
6.19	0.10	0.04	6.33	0.16	0.25	339.00
Zahtjev $U < U_{dop}$ je zadovoljen.						
Materijal	Debljina [cm]	R [m ² K/W]	Uključeno u proračun			
4.05 Drvo	2	0.13	<input checked="" type="checkbox"/>			
1.01 Puna opeka od gline	14	0.17	<input checked="" type="checkbox"/>			
6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	3	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>			
4.05 Drvo	2	0.13	<input checked="" type="checkbox"/>			
7.01 Mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162	20	5.71	<input checked="" type="checkbox"/>			

Spremi građevni dio u bazu

Zatvori

← Natrag

Dalje →

Potvrdi

Slika 6. Prikaz slojeva stropa nakon uvođenja mjere energetske učinkovitosti [4]

Na slici 7 je prikazana usporedba sustava grijanja s PTV u objektu prije provedbe mjere, te isti taj sustav nakon provedbe mjere izolacije vanjske ovojnice i stropa. Referentni sistem prikazan na slici je upravo sustav prije provedbe mjere, a zamjenski sistem je sustav nakon provedbe mjere. Na slici su uočljive izuzetno velike uštede, što u energiji što u novcu. Na godišnjoj bazi ušteda je 6 116 HRK. Ušteda se može vidjeti i u primarnoj energiji (E_{prim}) te isporučenoj energiji (E_{del}) što je logično jer je otpornost ovojnice povećana provedbom mjere te je smanjeno gubljenje topline kroz ovojnicu i strop. Ukupna investicija za mjeru izolacije vanjske ovojnice i postavljana mineralne vune na strop te njihova ušteda potrošnje energije. Investicija za ovu mjeru je oko 50 000 HRK te s uštedom od 6 116 HRK godišnje jednostavni

povratni period (JPP) je 9.11 godina. Takav JPP je i više nego zadovoljavajući.

Na slici 9 su prikazani investicija, JPP te uštede u energiji i kunama. Uočljiva je i smanjena emisija CO₂ u atmosferu za 4.33 tone godišnje. Ova mjera je izabrana s obzirom na povratni period investicije i velike uštede u energiji te emisijama.

Ugradnja kondenzacijskog plinskog kotla

Plinski kotlovi u privatnim kućama koriste se za grijanje potrošne tople vode, kao i za grijanje prostora preko radnog medija u radiatorima. Na tržištu razlikujemo tri vrste kotlova: visokotemperaturni, niskotemperaturni i kondenzacijski kotao.

Visokotemperaturni, tj. standardni kotlovi su oni koji konstantno rade pri visokim temperaturama. Njihova radna temperatura

kreće se između 70 °C i 90 °C [8]. Ove radne temperature uvjetovane su konstrukcijom

GM1: Termoizolacija vanjske ovojnice i stropa							
Ime sustava	Energent	$Q_{gen, in, uk}$ [kWh]	$W_{aux, uk}$ [kWh]	Cijena energenata [kn]	E_{del} [kWh]	E_{prim} [kWh]	CO ₂ [kg]
Referentni sistemi							
Grijanje + PTV	Prirodni plin	30123.98	358.09	9446.85	30482.07	33271.51	6711.07
Klima uređaj	Električna energija	432.79	0.00	449.50	432.79	345.36	101.27
Ukupno		30556.77	358.09	9896.35	30914.86	33616.88	6812.34
Zamjenski sistemi							
GM1: Termoizolacija vanjske ovojnice - kombi kotao	Prirodni plin	10745.96	268.24	3515.85	11014.20	11980.88	2426.88
GM1: Termoizolacija vanjske ovojnice - Klima	Električna energija	256.17	0.00	266.06	256.17	204.42	59.94
Ukupno		11002.13	268.24	3781.92	11270.37	12185.31	2486.82
Ušteda		19554.64	89.85	6114.44	19644.48	21431.57	4325.52

Slika 7. Usporedba sustava prije i nakon provedbe mjere izolacije vanjske ovojnice i stropa te prikaz ušteda [4]

samog kotla, u kojem temperatura ne smije pasti ispod donje granice od 70 °C zbog opasnosti od kondenzacije dimnih plinova. Od navedene tri izvedbe kotla, ova ima najmanju učinkovitost zbog potrebe da je temperatura u njemu visoka. To u praksi znači najmanji stupanj djelovanja u usporedbi s niskotemperaturnim i kondenzacijskim kotlom.

Niskotemperaturni kotlovi su, kao što ime govori, kotlovi čije su radne temperature osjetno niže u usporedbi s visokotemperaturnim kotlovima. Prosječna temperatura vode u niskotemperaturnom kotlu je oko 40 °C [8].

Ovi kotlovi su konstruirani tako da ni pri niskim temperaturama ne dolazi do kondenzacije dimnih plinova na površinama za izmjenu topline [8]. Današnji kotlovi mogu postići godišnji stupanj učinkovitosti oko 91 % do 95 %, a veći kotlovi s naprednijim plamenicima 94 % do 96 % [8].

Najučinkovitiji kotlovi su kondenzacijski kotlovi. Njihova posebnost leži u činjenici da mogu iskorištavati i energiju kondenzata plinova. Zbog toga njihov stupanj učinkovitosti

prelazi 100%. Prosječna temperatura vode u kondenzacijskim kotlovima iznosi oko 30 °C s učinkovitošću do 108 % [8].

Na slici 8 vidljiva je usporedba sustava prije i nakon provedbe mjere ugradnje kondenzacijskog kotla te prikaz ušteda. Mjera ugradnje novoga plinskog kondenzacijskog kotla je izabrana kao strojarska mjera. Na slici 8 je prikazana usporedba staroga kotla i kondenzacijskog kotla u neizoliranoj kući. I na ovom primjeru je pod referentni sistem stavljen

stari kotao, a pod zamjenski sistem novi kondenzacijski kotao. Vidljiva je godišnja ušteda od 1 484 HRK te ušteda primarne i isporučene energije od 4 807 kWh. Još uvijek velika količina primarne energije (E_{prim}) ulazi u objekt jer se zbog neizolirane ovojnice velika količina topline gubi kroz istu. Na slici 9 pod nazivom 'SM1: Ugradnja kondenzacijskog kotla' su prikazani investicija, JPP te uštede u kunama, emisijama CO₂. Jednostavni povratni period je nešto veći jer objekt još uvijek gubi previše energije preko ovojnice koja nije izolirana.

SM1: Ugradnja kondenzacijskog kotla

Promijeni ✎ Ukloni ✕

Ime sustava	Energent	$Q_{\text{gen, in, uk}}$ [kWh]	$W_{\text{aux, uk}}$ [kWh]	Cijena energenata [kn]	E_{del} [kWh]	E_{prim} [kWh]	CO ₂ [kg]
Referentni sistemi							
Grijanje + PTV	Prirodni plin	30123.98	358.09	9446.85	30482.07	33271.51	6711.07
Klima uređaj	Električna energija	432.79	0.00	449.50	432.79	345.36	101.27
Ukupno		30556.77	358.09	9896.35	30914.86	33616.88	6812.34
Zamjenski sistemi							
SM1: Ugradnja kondenzacijskog kotla	Prirodni plin	25877.35	161.01	7962.86	26038.37	28464.19	5730.69
SM1: Ugradnja kondenzacijskog kotla Klima uređaj	Električna energija	432.79	0.00	449.50	432.79	345.36	101.27
Ukupno		26310.14	161.01	8412.35	26471.15	28809.55	5831.97
Ušteda		4246.62	197.08	1484.00	4443.70	4807.32	980.37

Slika 8. Usporedba sustava prije i nakon provedbe mjere ugradnje kondenzacijskog kotla te prikaz ušteda [4]

4. UČINAK MJERA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

Na slici 9 je prikazan sumarni prikaz tri predložene mjere. Mjera ugradnje kondenzacijskog kotla i mjera izolacija vanjske ovojnice i stropa su obrađene kroz rad. U ovom dijelu će se opisati kombinirana mjera kao najbolja predložena mjera. Pod kombiniranom mjerom se smatra ugradnja kondenzacijskog plinskog kotla i izolacija ovojnice i stropa.

Ukupna investicija takve mjere je 65 000 HRK prikazana na slici 9. Kombinirana mjera je procijenjena kao najbolji jer ima dobar povratni period od 9.73 godine te velike uštede energije od 21 205 kWh godišnje. Ovom mjerom se smanjuje potreba za primarnom i isporučenom

energijom te također gubici kroz ovojnicu i poboljšava kvaliteta života u objektu. Na ovaj se način također provode zahtjevi EU za smanjenjem potrošnje energenata i poboljšanje energetske učinkovitosti stambenih objekata.

Najbolji pokazatelj predloženih mjera je novi energetski razred objekta koji se može vidjeti na slici 10. Prisjetimo se da je razred objekta prije primjene mjera bio G, što se vidi na slici 1. $Q_{H,nd}$ (potrebna toplinska energija za grijanje objekta) prije mjera je bio 345,94 kWh/(m²a). Prema slici 10 novi energetski razred objekta je A te $Q_{H,nd}$ iznosi 22,51 kWh/(m²a).

Mjere							
Sumarni prikaz mjera bez međuovisnosti							
Ime mjere	Investicija [kn]	Procijenjena ušteda [kn/god]	Procijenjena ušteda [kWh/god]	JPP [god.]	Smanjenje emisija CO2 [tona/god]	Pokazatelj [kn/tCO2 god.]	Pokazatelj [kn/kWh god.]
SM1: Ugradnja kondenzacijskog kotla	15000.00	1484.00	4443.71	10.11	0.98	15306.12	3.38
GM1+SM1: Kombinirana mjera	65000.00	6677.26	21205.13	9.73	4.67	13915.65	3.07
GM1: Termoizolacija vanjske ovojnice i stropa	50000.00	6114.44	19644.48	8.18	4.33	11558.02	2.55

Slika 9. Sumarni prikaz tri predložene mjere [4]

Naravno ovakav razred bi objekt imao ukoliko bi se mere provele. Naposljetku, vlasnik je taj koji odlučuje hoće li se mjere provesti. No na ovaj način vlasnik objekta može dobiti realnu i preglednu sliku trenutnog stanja objekta i poboljšanja koje su mu na raspolaganju.

$Q'_{H,nd,ref}$	kWh/(m ² a)	Izračun
A+	≤ 15	22.51
A	≤ 25	A
B	≤ 50	
C	≤ 100	
D	≤ 150	
E	≤ 200	
F	≤ 250	
G	> 250	

Slika 10. Energetski razred objekta nakon uvođenja kombinirane mjere [4]

5. ZAKLJUČAK

Pri sve oštrijim zahtjevima od strane EU u području energetske učinkovitosti aplikacije kao što je Thorium A+ su i više nego potrebne. Kroz nekoliko godina svi će stambeni i poslovni objekti morati posjedovati energetski certifikat što znači da će se za svaki objekt morati raditi ovakvi izračuni. Thorium A+ je potpuno izbacio mukotrpan posao 'ručnog' proračuna algoritama. Ponekad se na terenu prikupi toliko podataka da njihova raspodjela i obrada može potrajati tjednima. Također koristeći Thorium A+ ne moramo ručno unositi formule za razne izračune, svi izračuni su automatski generirani pomoću algoritama u aplikaciji koji koristi iste te formule. Thorium A+ aplikacija je napravljena poštujući sve zakone i norme u zgradarstvu te redovito nadograđivana novim zakonima i normama. Iz ovog rada se može zaključiti da je Thorium A+ trenutno najbolji izbor za energetsko certificiranje na tržištu. Naposljetku se može zaključiti kako je korisnost ove aplikacije višestruka jer ubrzava proces izrade energetskog certifikata te inženjerima olakšava mukotrpan posao.

LITERATURA:

- [1] Godišnji energetska pregled, Ministarstvo gospodarstva, 2013.
- [2] <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings> (pristupljeno 05.05.2017.)
- [3] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_10_127_2399.html (pristupljeno 05.05.2017.)
- [4] Generirano u aplikaciji Thorium A+
- [5] www.mgipu.hr/default.aspx?id=14521 (pristupljeno 05.05.2017.)
- [6] www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/enu_u_zgradarstvu/ (pristupljeno 05.05.2017.)
- [7] www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=61788 (pristupljeno 05.05.2017.)
- [8] PRIRUČNIK ZA ENERGETSKO CERTIFICIRANJE ZGRADA
- [9] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_08_97_1938.html (pristupljeno 05.05.2017.)

Postupak i svrha izdavanja Uporabne dozvole za određene građevine u sustavu eDozvola

Professional paper

Dino Obradović

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Građevinski fakultet Osijek
Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska
dobradovic@gfos.hr

Marija Šperac

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Građevinski fakultet Osijek
Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska
msperac@gfos.hr

Livio Međurečan

Osječko-baranjska županija,
Upravni odjel za prostorno uređenje i graditeljstvo
Vukovarska 1, 31540 Donji Miholjac, Hrvatska
livio.medurecan@obz.hr

Marina Pavošević

Osječko-baranjska županija,
Upravni odjel za prostorno uređenje i graditeljstvo
Vukovarska 1, 31540 Donji Miholjac, Hrvatska
marina.pavosevic@obz.hr

Sažetak – Uporabna dozvola je završni akt koji se javlja u Zakonu o gradnji. U svrhu potvrde da je građevina izgrađena prema građevinskoj dozvoli, izdaje se uporabna dozvola. Nakon što se za građevinu izda uporabna dozvola, izgrađena građevina može se početi koristiti, staviti u pogon ili se za nju može donijeti rješenje za obavljanje djelatnosti prema posebnom zakonu. Uporabna dozvola je također potrebna kod energetske obnove zgrada, kod evidentiranja građevine u katastru i zemljišnoj knjizi, budući da se u navedenom mora dokazati legalnost građevina. Krajem 2014. godine se pojavljuje sustav eDozvola koji pojednostavljuje, ubrzava i ujednačuje način izdavanja dokumenata u području prostornog uređenja i gradnje građevina, pa tako i postupak izdavanja Uporabnih dozvola za određene građevine. U ovom radu se nastoji prikazati postupak izdavanja uporabnih dozvola za određene građevine u sustavu eDozvola. Također, dat će se primjeri navedenih uporabnih dozvola i navesti dokumenti potrebni za njihovo izdavanje.

Ključne riječi - građevina, postupak izdavanja, sustav eDozvola, svrha uporabne dozvole, uporabna dozvola

THE PROCEDURE AND THE PURPOSE OF ISSUING A CERTIFICATE OF OCCUPANCY FOR SPECIFIC STRUCTURES IN THE EDOZVOLA SYSTEM

Abstract – A certificate of occupancy is the final document mentioned in the Building Act. A certificate of occupancy shall be issued in order to confirm that a building was built according to the building permit. Once a certificate of occupancy is issued for a building, the constructed building can begin to be used, put into operation, or a decision can be issued for the building to carry out activities according to a special law. A certificate of occupancy is also required for the energy renovation of buildings, before registering the buildings in the cadastre and the land register, since the legality of the building must be proven in the certificate. The eDozvola system appeared at the end of 2014 and its purpose is to simplify, speed up, and balance the manner of issuing documents in the field of physical planning and building construction, including the procedure for issuing certificates of occupancy for particular buildings. This paper aims to show the procedure for issuing certificates of occupancy for particular structures in the eDozvola system. In addition, examples of the mentioned certificates of occupancy will be provided, and the documents required for issuing them will be specified.

Keywords – building, issuing procedure, eDozvola system, the purpose of the certificate of occupancy, certificate of occupancy

1. UVOD

Pojavom sustava eDozvola postupak izdavanja akata se pojednostavljuje i ubrzava te se postiže njegova uniformnost kod svih korisnika [1]. Osnovni cilj sustava je podizanje razine kvalitete usluga vođenja upravnih i neupravnih postupaka kroz jednostavnu i brzu informatizaciju i automatizaciju procedure [2].

Nakon pokretanja web stranice sustava eDozvola, otvara se naslovna stranica na kojoj se nalazi više alatnih traka, i to: naslovna stranica, predaja zahtjeva, nadležni uredi, javnopravna tijela, projektanti, prostorni planovi, propisi, procedure i pomoć [2].

Karakteristika sustava eDozvola je vidljivost predmeta i procesa izdavanja po hijerarhijskom i procesnom stanju što nije otežavajuća okolnost za rješavatelja predmeta, nego čini olakotnu okolnost za rješavanje predmeta jer se izbjegavaju pritisci investitora i brža je komunikacija prema višim instancama.

Ovim se sustavom izbjegava osobni stav i mišljenje rješavatelja određenog predmeta u smislu gledanja i tumačenja jedinstvenih propisa za predmetnu materiju sa višestrukom koristi u smislu ravnopravnosti i pravnosti svih sudionika pred jedinstvenim zakonima i propisima na cijelom teritoriju Republike Hrvatske kao i izbjegavanja mogućeg pogodovanja nadležnih ureda naspram pojedinca ili određene grupe, iz bilo kojeg razloga ili povoda [1].

Uporabna dozvola se izdaje kako bi se potvrdilo da je izgrađena, završena građevina, izgrađena, odnosno da su radovi izvedeni u skladu s ishođenim aktom za građenje. Akt za građenje može biti građevinska dozvola, rješenje o uvjetima građenja i dr. Uporabna dozvola je završni akt koji se javlja u aktualnom Zakonu o gradnji, te je ishođenjem uporabne dozvole okončan postupak gradnje neke građevine.

Također, postoji uporabna dozvola u čijem se postupku izdavanja vrši tehnički pregled izgrađene građevine, odnosno radova, privremena uporabna dozvola i uporabna dozvola za dio građevine, međutim to nije predmet ovog članka, te će se ovdje pod pojmom uporabna dozvola smatrati uporabna dozvola za određene građevine.

2. POSTUPAK IZDAVANJA

Postupak izdavanja uporabne dozvole počinje kada stranka podnese zahtjev za izdavanje. Zahtjev za izdavanje moguće je predati putem sustava eDozvole, doći u upravne odjele i tamo ga preuzeti i ispuniti u

pismenom obliku. Također, moguće je zahtjev poslati putem e-maila i poštom. Obrasci zahtjeva dostupni su na mrežnim stranicama tijela koje izdaje uporabne dozvole.

Podatci koji se moraju popuniti na zahtjevu za izdavanje su sljedeći:

- Ime i prezime/tvrtka podnositelja,
- Adresa podnositelja,
- OIB podnositelja,
- Kontakt podatci (telefon, mobitel),
- Opunomoćenik (ako postoji),
- Naziv građevine (stambena, pomoćna, gospodarska i dr., odnosno njezina namjena – stambena, garaža, spremište i dr.),
- Adresa građevine (mjesto, ulica i kućni broj),
- Broj katastarske čestice i katastarska općina gdje se nalazi građevina,
- Na kraju, naravno, vlastoručni potpis podnositelja zahtjeva.

Na slikama 1. i 2. dan je primjer zahtjeva za izdavanje uporabne dozvole za građevine izgrađene na temelju akta za građenje izdanog do 1. listopada 2007. godine.

Podnositelj zahtjeva :	Primljeno:
Adresa :	Klasifikacijska oznaka: Org. jed.
OIB :	Ljudbeni broj: Ime, Voj
Telefon :	
Fax :	
e-mail :	
Primanje pošte :	
Zastupan po	
REPUBLIKA HRVATSKA OSJEČKO-BARANJSKA ŽUPANIJA UPRAVNI ODJEL ZA PROSTORNO UREĐENJE I GRADITELJSTVO	
PREDMET: UPORABNA DOZVOLA ZA GRAĐEVINE IZGRAĐENE NA TEMELJU AKTA ZA GRAĐENJE IZDANOG DO 1. LISTOPADA 2007. GODINE - zahtjev za izdavanje	
Podaci o građevini:	
(opsi/naziv građevine ili dijela građevine)	
(točna adresa izgrađene građevine, mjesto, ulica i kućni broj)	
(k.č.br. i k.o.)	
Uz zahtjev se podnosi u skladu s odredbom članka 182. Zakona o gradnji sljedeća dokumentacija:	
- izvrsna građevinska dozvola, odnosno drugi akt o gradnji	
te se uz zahtjev prilažu potpisani sljedeći prilozi:	
Prilog A	
Upravna pristojba: 70,00 kn državnih biljeva na zahtjev.	
U Osijeku, dana _____ godine.	
Potpis podnositelja zahtjeva	

Slika 1. Prva stranica zahtjeva za izdavanje [3]

Slika 2. Druga stranica zahtjeva za izdavanje [3]

Ovisno o vrsti građevine za koju se uporabna dozvola ishodi potrebno je priložiti različite vrste priloga (izvršnu građevinsku dozvolu, uvjerenje da je zgrada/e izgrađena prije 15. 02. 1968. godine, dokaz da je akt za građenje izgubljen, kopiju katastarskog plana, i dr.) i te priloge navesti na drugoj stranici zahtjeva.

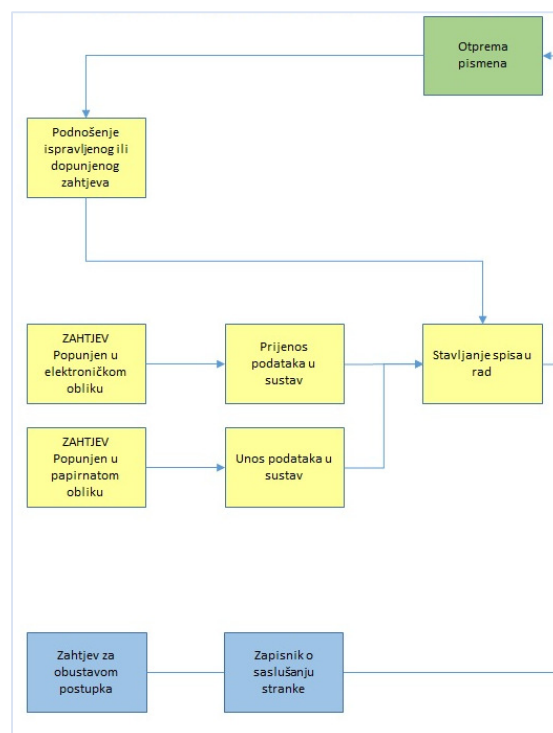
Također je potrebno priložiti upravnu pristojbu u iznosu od 70 kn u upravnim biljezima emisije Republike Hrvatske.

Procedura izdavanja uporabne dozvole za određene građevine provodi se u skladu s odredbama Zakona o gradnji [5], člancima 182. do 192. Postupak izdavanja uporabne dozvole provodi upravno tijelo nadležno za obavljanje upravnih poslova graditeljstva. Cijela procedura izdavanja uporabne dozvole za određene građevine je vremenski ograničena, a rok u kojem uporabna dozvola treba biti izdana, računajući od dana podnošenja zahtjeva iznosi šezdeset (60) dana.

U dosadašnjoj praksi izdavanja uporabnih dozvola uočeno je da navedeni rok od šezdeset dana nije prekoračen jer uobičajeno vrijeme izdavanja iznosi svega nekoliko dana, naravno, ukoliko je podnositelju zahtjeva također cilj da što brže ishodi uporabnu dozvolu. Međutim, navedeni rok može biti prekoračen ako se u samom sustavu eDozvola dogodi neka greška u radu za čije otklanjanje nisu nadležni upravni odjeli koji provode samu proceduru izdavanja. Za otklanjanje mogućih grešaka u radu sustava eDozvola nadležno je Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja.

Općenito, u sustavu eDozvola za svaki akt koji se izdaje putem tog sustava postoje procedure koje se mogu preuzeti s internet stranica i pogledati redoslijed postupaka koje je potrebno provesti. Ovisno o aktu koji se izdaje, postoje procedure za upravni i nepravni postupak te, naravno, za svaki akt posebno. Procedure su prikazane pomoću simbola dijagrama tijekom.

Na slici 3. prikazan je jedan dio procedure (početak) za izdavanje uporabne dozvole za građevinu izgrađenu na temelju akta za građenje izdanog do 1. listopada 2007. godine.



Slika 3. Jedan dio procedure za izdavanje uporabne dozvole za određene građevine [4]

Tako, postoje i za uporabne dozvole, što će se sada ukratko opisati.

Općeniti redoslijed postupaka koji se provode kod izdavanja uporabne dozvole za određene građevine sastoji se od nekoliko koraka ako izgrađena građevina odgovara stanju prikazanom u dokumentaciji, i to:

- Podnošenje zahtjeva,
- Provjera potpunosti zahtjeva,
- Unos potrebnih podataka u sustav eDozvola,
- Obavljanje očevida na terenu,
- Izrada zapisnika o provedenom očevidu,
- Uspoređivanje zatečenog stanja građevine na terenu s onim u priloženoj dokumentaciji,
- Plaćanje upravne pristojbe ukoliko izgrađena građevina odgovara stanju prikazanom u dokumentaciji,

- Donošenje dokaza o uplati upravne pristojbe od strane podnositelja zahtjeva,
- Izdavanje uporabne dozvole,
- Pravomoćnost uporabne dozvole ukoliko žalba nije izjavljena,
- Arhiviranje uporabne dozvole.

Ako je slučaj da izgrađena građevina ne odgovara stanju prikazanom u dokumentaciji donosi se Rješenje o obustavi postupka (ako stranka odustane od zahtjeva) ili Rješenje o odbijanju zahtjeva (ako stranka ne želi odustati od zahtjeva) te se upravna pristojba u iznosu od 600,00 kn ne plaća.

Također nastupa pravomoćnost ako žalba nije izjavljena i vrši se arhiviranje. Iako su svi postupci koji se rade kako bi se izdala uporabna dozvola važni, jedan od najvažnijih je obavljanje očevida na terenu.

Izlaskom službenika na lice mjesta gdje se nalazi građevina/e za koje se traži uporabna dozvola počinje obavljanje očevida na terenu. Mjeri se dužina, širina i visina građevine i njezinih dijelova te se crta njezin oblik i zapisuju mjere na nacrtu. Također se vrši fotografiranje građevine sa svih dostupnih strana (četiri strane fasade).

O samom postupku obavljanja očevida na terenu sastavlja se zapisnik gdje se unose svi podatci o građevinama za koje je podnesen zahtjev za izdavanje uporabne dozvole te se navode prisutne osobe i potpisuju (obično podnositelj zahtjeva i službena osoba koja provodi očevid). Zapisnik se radi u dva primjerka, budući da jedan primjerak pripada podnositelju zahtjeva, a drugi primjerak službenoj osobi te se taj primjerak stavlja u spis predmeta. Zapisnik se automatski generira u sustavu eDozvola, tako da nije potrebno upisivati sve podatke na mjestu gdje se obavlja očevid, odnosno upisuju se samo dimenzije građevina i neki osnovni podatci.

Tek kada je izvršeno mjerenje, slikanje i obilazak same građevine na terenu, njezino izvedeno stanje se uspoređuje s onim koje je prikazano u priloženoj dokumentaciji. Uspoređuju se vanjske mjere i gleda se položaj otvora (vrata/prozora) kao i katnost građevine.

Ukoliko se stvarno stanje građevine slaže s onim prikazanim u dokumentaciji, u prethodno navedenim svojstvima, za građevinu se može izdati uporabna dozvola.

Prije samog izdavanja uporabne dozvole potrebno je uplatiti upravnu pristojbu u iznosu od 600,00 kn i koja je prihod tijela koje donosi uporabnu dozvolu. Prije samog izdavanja

uprabne dozvole potrebno je dostaviti dokaz da je pristojba plaćena.

Kada je plaćena upravna pristojba u navedenom iznosu, ispunjeni su svi uvjeti za izdavanje uporabne dozvole. Uporabnu dozvolu za određene građevine moguće je izdati u svega par sati od trenutka podnošenja zahtjeva budući da je cijeli postupak jednostavan i automatiziran, a dio koji vremenski traje najduže je obavljanje očevida na licu mjesta.

3. VRSTE I SADRŽAJ DOZVOLA ZA ODREĐENE GRAĐEVINE

Postoji pet vrsta uporabnih dozvola za određene građevine ovisno o aktu koji se prilaže za njezino izdavanje i vremenu gradnje građevine.

Članci koji u aktualnom Zakonu o gradnji [5] obrađuju problematiku izdavanja uporabnih dozvola za određene građevine, dokumente potrebne za njihovo izdavanje, kao i sadržaj izreke uporabne dozvole su članci 182. do 192.

Vrste uporabnih dozvola za određene građevine su:

- Uporabna dozvola za građevinu izgrađenu na temelju akta za građenje izdanog do 01. listopada 2007. godine,
- Uporabna dozvola za građevinu izgrađenu do 15. veljače 1968.,
- Uporabna dozvola za građevinu izgrađenu, rekonstruiranu, obnovljenu ili saniranu u provedbi propisa o obnovi, odnosno propisa o područjima posebne državne skrbi,
- Uporabna dozvola za građevinu koju je Republika Hrvatska stekla u svrhu stambenog zbrinjavanja,
- Uporabna dozvola za građevinu čiji je akt za građenje uništen ili nedostupan [5, 6].

Kao što smo vidjeli, ima dosta vrsta uporabnih dozvola za određene građevine, ovisno o tome kada je građevina izgrađena, pomoću kojih akata je izgrađena, tko ju je izgradio, te se čak predviđa i mogućnost da je akt za građenje uništen ili nedostupan, ali se, naravno, raspolaže s nekim drugim dokazom da je akt za građenje uništen ili nedostupan.

Načelno je sadržaj svake uporabne dozvole isti ili sličan te se najviše razlikuje u dijelu gdje je navedeno koji je dokument priložen za

izdavanje, što naravno, određuje i vrstu uporabne dozvole.

Svaka uporabna dozvola za određene građevine se sastoji od nekoliko dijelova.

Ti dijelovi su: zaglavlje gdje je navedeno tko donosi uporabnu dozvolu, tko je podnositelj i njegovi podaci, izreka gdje se utvrđuje za koje se građevine donosi, podaci o građevini (vanjske dimenzije građevine, katnost i smještaj na građevnoj čestici), napomene vezane za ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu, navodi se dokument na osnovu kojeg se izdaje uporabna dozvola (prema kojem je izgrađena građevina), napomena da je uplaćena upravna pristojba i u kojem iznosu, uputa o pravnom lijeku te na kraju potpis službenika i otisak službenog pečata.

Svi obrasci iz kojih se generiraju akti su formirani u pravnoj službi Ministarstva, upravo iz razloga jednakopravnosti, pravnosti i stvaranja ujednačenih tumačenja i kriterija prakse [2]. Navedeno znači da bi sve uporabne dozvole trebale imati isti sadržaj, dok se samo neki podaci mijenjaju (ime i prezime podnositelja, podaci o građevinama i dr.).

Na slikama 4. i 5. prikazan je primjer uporabne dozvole za građevine izgrađene do 15. veljače 1968. godine.

REPUBLICA HRVATSKA
 Osječko-baranjska županija
 Upravni odjel za prostorno uređenje i graditeljstvo

KLASA: UPI-361-05/16-30/
 URBROJ: 2158/1-01-13-01/16-000
 Donji Miholjac, ožujak 2016.

Osječko-baranjska županija, Upravni odjel za prostorno uređenje i graditeljstvo, rješavajući po zahtjevu koji je podnio investitor (ime i prezime/naziv), HR-31540 DONJI MIHOLJAC, OIB: _____ na temelju članka 99. stavka 1. Zakona o gradnji („Narodne novine” broj 153/13.), izdaje

**UPORABNU DOZVOLU
 ZA GRAĐEVINE IZGRADENE DO 15. VELJAČE 1968. GODINE**

I. Utvrđuje se da su:

- građevina stambene namjene - stambena zgrada, 4. skupine
- građevina stambeno pomoćne namjene - spremište, 4. skupine

na građevnoj čestici k.č.br. _____ k.o. _____ (Donji Miholjac, _____) izgrađene prije 15. veljače 1968. godine.

II. Podaci o građevinama

- dimenzije građevine:
 - građevina stambene namjene – stambena zgrada je vanjskih gabarita: dužine cca _____ m i širine cca _____ m, visine do sljemena cca _____ m, mjereno od niže kote uređenog terena
 - građevina stambeno pomoćne namjene - spremište je vanjskih gabarita: dužine cca _____ m i širine cca _____ m, visine do sljemena cca _____ m, mjereno od niže kote uređenog terena
- način smještaja na čestici:
 - građevina stambene namjene - stambena zgrada je poluugrađena zgrada sa dvije nadzemne etaže
 - građevina stambeno pomoćne namjene - spremište je poluugrađena zgrada sa jednom nadzemnom etažom

III. Ispitivanje ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu, lokacijskih uvjeta, te drugih uvjeta i zahtjeva nije prethodilo izdavanju ove dozvole.

DOKUMENT: UPORABNA DOZVOLU ZA GRAĐEVINE IZGRADENE DO 15.02.1968. ID: P20160785-1991139-211
 INVESTITOR: _____ HR-31540 DONJI MIHOLJAC, OIB: _____
 KLASA: UPI-361-05/16-30/000 URBROJ: 2158/1-01-13-01/16-000 STRANA 1/2

Slika 4. Prva stranica uporabne dozvole

OBRAZLOŽENJE

Investitor, _____, HR-31540 DONJI MIHOLJAC, _____, OIB: _____, podneskom zaprimljenim dana 10. ožujka 2016. godine, je zatražio izdavanje uporabne dozvole za građevine izgrađene prije 15. veljače 1968. godine za građevine iz točke I. izreke.

U provedenom postupku, te uvidom u dostavljene dokaze:

- Uvjerenje Državne geodetske uprave, Područnog ureda za katastar Osijek, Odjela za katastar nekretnina Donji Miholjac, KLASA: 935-08/13-02/____, URBROJ: 541-23-7/3-13-2 od ____ veljače 2013. godine, da su zgrade evidentirane prije 15. veljače 1968. godine.

utvrđeno je da su građevine iz točke I. izreke ove dozvole izgrađene prije 15. veljače 1968. godine.

Slijedom iznesenoga postupalo se prema odredbi članka 184. Zakona o gradnji, te je odlučeno kao u izreki.

Upravna pristojba za izdavanje ove uporabne dozvole plaćena je u iznosu od 600,00 kuna na račun broj HR2423600001800014000 prema tarifnom broju 62. Zakona o upravnim pristojbama („Narodne novine” broj 8/96., 77/96., 95/97., 131/97., 68/98., 69/98., 145/99., 30/00., 116/00., 163/00., 17/04., 110/04., 141/04., 150/05., 153/05., 129/06., 117/07., 25/08., 60/08., 20/10., 69/10., 129/11., 112/12., 19/13., 90/13., 40/14., 69/14., 87/14. i 94/14.).

Upravna pristojba prema Tarifnom broju 1. i 2. Zakona o upravnim pristojbama plaćena je u iznosu 70,00 kuna državnim biljezima emisije Republike Hrvatske, koji su zaljepljeni na podnešku i poništeni pečatom ovoga tijela.

UPUTA O PRAVNOM LIJEKU:

Protiv ovog rješenja može se izjaviti žalba Ministarstvu graditeljstva i prostornoga uređenja, u roku od 15 dana od dana primitka. Žalba se predaje putem tijela koje je izdalo ovaj akt neposredno u pisanom obliku, usmeno na zapisnik ili se šalje poštom. Na žalbu se plaća pristojba u iznosu 50,00 kuna u državnim biljezima prema tarifnom broju 3. Zakona o upravnim pristojbama.

VIŠI SAVJETNIK ZA PROSTORNO UREĐENJE I
 GRADITELJSTVO:
 _____, dipl.ing.grad.

DOŠTAVITI:

1. _____, HR-31540 DONJI MIHOLJAC.
2. Evidencija, ovdje.
3. U spis, ovdje.

DOKUMENT: UPORABNA DOZVOLU ZA GRAĐEVINE IZGRADENE DO 15.02.1968. ID: P20160785-1991139-211
 INVESTITOR: _____ HR-31540 DONJI MIHOLJAC, OIB: _____
 KLASA: UPI-361-05/16-30/000 URBROJ: 2158/1-01-13-01/16-000 STRANA 2/2

Slika 5. Zadnja (ovdje druga) stranica uporabne dozvole

Prethodno prikazana Uporabna dozvola za građevine izgrađene do 15. veljače 1968. godine ima sadržaj sukladan članku 185. Zakona o gradnji [5], koji navodi:

Izreka uporabne dozvole za građevinu izgrađenu do 15. veljače 1968. sadrži:

1. utvrđenje da je građevina izgrađena do 15. veljače 1968.,
2. naziv građevine, ime katastarske općine i broj jedne ili više katastarskih čestica na kojima je građevina izgrađena,
3. podatke o građevini, s obzirom na način smještaja na katastarskoj čestici, odnosno česticama, namjenu građevine, broj i vrstu etaža te vanjsku veličinu svih nadzemnih i podzemnih dijelova građevine (visinu, dužinu i širinu) i
4. napomenu da ispitivanje ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu, lokacijskih uvjeta te drugih uvjeta i zahtjeva nije prethodilo izdavanju dozvole.

Jedna uporabna dozvola može se izdati za više od jedne građevine, naravno, ako su sve građevine za koje tražimo uporabnu dozvolu izgrađene prema istom dokumentu (dozvoli), ili u isto vrijeme.

Svaka uporabna dozvola koja se izdaje pomoću sustava eDozvola ima sadržaj koji je

sukladan člancima koji se odnose na pojedinu vrstu uporabne dozvole te je na taj način mogućnost pogreške u samom sadržaju (tekstu) uporabne dozvole svedena na minimum.

4. DOKUMENTI POTREBNI ZA IZDAVANJE UPORABNIH DOZVOLA

Kako je već prethodno navedeno, ovisno o vrsti uporabne dozvole za određene građevine za njezino izdavanje prilažu se različiti dokumenti. Kako bi se podnositelju zahtjeva olakšalo podnošenje zahtjeva, odnosno omogućilo da zna koji su prilozi potrebni za svaku vrstu uporabne dozvole, potrebni prilozi su navedeni na drugoj stranici zahtjeva.

Za svaku od pet vrsta uporabnih dozvola, navest ćemo dokumente koji su potrebni.

Za izdavanje uporabne dozvole za građevinu izgrađenu na temelju pravomoćnog akta za građenje izdanog do 1. listopada 2007. godine prilaže se građevinska dozvola, odnosno drugi odgovarajući akt za građenje nadležnog tijela izdan do 1. listopada 2007. godine [5]. Neki od naziva odgovarajućih dokumenata koji su se pojavili u praksi su Rješenje o uvjetima građenja, Rješenje o građevinskoj dozvoli, Građevna dozvola, Odobrenje za građenje itd.

Općenito, kod izdavanja uporabne dozvole za građevinu izgrađenu na temelju akta za građenje izdanog do 1. listopada 2007. godine, odnosno uspoređivanja izvedenog stanja građevine s onim u dokumentaciji jako je važno paziti na godinu izdavanja građevinske dozvole jer se zakon mijenjao tijekom godina, pa tako i neka tumačenja.

U postupku izdavanja utvrđuje se je li građevina izgrađena u skladu s građevinskom dozvolom i propisima koji su vrijedili u vrijeme kad je izdana građevinska dozvola za tu građevinu [7].

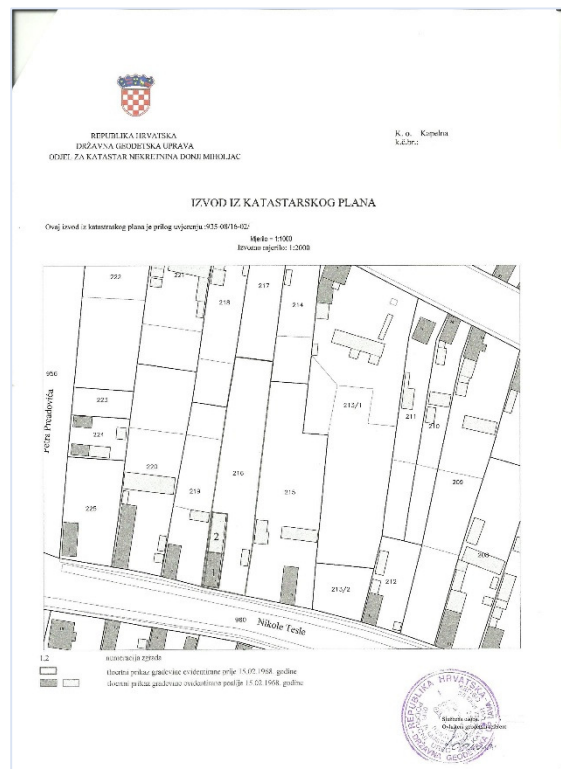
Uz zahtjev za izdavanje uporabne dozvole za građevinu izgrađenu do 15. veljače 1968. godine prilaže se kopija katastarskog plana za katastarsku česticu na kojoj je građevina izgrađena i dokaze kojima podnositelj raspolaže da je građevina izgrađena do 15. veljače 1968. godine [5]. Uvjerenje da je građevina izgrađena prije 15. veljače 1968. godine izdaje Državna geodetska uprava, odnosno Područni ured za katastar na čijem se području nalazi građevina za koju se traži uvjerenje o vremenu građenja građevine.

Na slikama 6. i 7. prikazane su dvije od četiri stranice Uvjerenja da su zgrade izgrađene prije 15. veljače 1968. godine, i to prva naslovna stranica gdje su navedeni podaci o

podnositelju zahtjeva, o građevinama te druga stranica – izvod iz katastarskog plana.



Slika 6. Prva stranica Uvjerenja o vremenu građenja



Slika 7. Druga stranica Uvjerenja o vremenu građenja

Budući da se građevina izgrađena do 15. veljače 1968. godine smatra izgrađenom na temelju pravomoćne građevinske dozvole, uvjerenje o vremenu građenja se prilaže kao dokaz legalnost takvih građevina.

Uz zahtjev za izdavanje uporabne dozvole za građevinu izgrađenu, rekonstruiranu, obnovljenu ili saniranu u provedbi propisa o obnovi, odnosno propisa o područjima posebne državne skrbi prilaže se kopija katastarskog plana za katastarsku česticu na kojoj je građevina izgrađena i dokaz da je građenje, rekonstrukcija, obnova, odnosno sanacija građevine provedena u sklopu provedbe propisa o obnovi ili propisa o područjima posebne državne skrbi (ugovor o kreditu, ugovor o obnovi, akt tijela državne vlasti, zapisnik o primopredaji građevine i drugo) [5].

Za građevinu koju je Republika Hrvatska stekla u svrhu stambenog zbrinjavanja za koju se izdaje uporabna dozvola prilaže se kopija katastarskog plana za katastarsku česticu na kojoj je građevina izgrađena i potvrda Agencije za pravni promet i posredovanje nekretninama kojom se potvrđuje da je građevina kupljena u svrhu stambenog zbrinjavanja [5].

I na kraju, za uporabnu dozvolu za građevinu za koju je akt za građenje uništen ili nedostupan prilaže se kopija katastarskog plana za katastarsku česticu na kojoj je građevina izgrađena i dokaze kojima podnositelj raspolaže da je građevinska dozvola, odnosno drugi odgovarajući akt uništen ili nedostupan [5]. Za navedenu građevinu jedan od dokaza može biti Uvjerenje da je uništena arhiva tijela graditeljstva uslijed ratnih uvjeta i preseljenja arhive, koje izdaje nadležno tijelo graditeljstva i koje se izdaje prema članku 159., stavku 2. Zakona o općem upravnom postupku.

Navedeni članak 159., stavak 2. Zakona o općem upravnom postupku glasi: Potvrde o činjenicama o kojima se vodi službena evidencija izdaju se u skladu s podacima iz službene evidencije. Takve su potvrde javne isprave [8]. Primjer takve evidencije može biti knjiga koja se vodi, odnosno, u koju se upisuju izdane građevinske dozvole i iz koje je vidljivo kada, kome i za što je izdana građevinska dozvola.

5. SVRHA UPORABNIH DOZVOLA

Uporabna dozvola ima jako puno namjena, odnosno potrebna je u puno slučajeva.

Pravne posljedice uporabne dozvole su propisane člankom 136., stavkom 1., Zakona o gradnji koji govori da se izgrađena građevina, odnosno rekonstruirana građevina može početi

koristiti, odnosno staviti u pogon te se može donijeti rješenje za obavljanje djelatnosti u toj građevini prema posebnom zakonu, nakon što se za tu građevinu izda uporabna dozvola [5].

Nadalje, članak 148. stavak 1. Zakona o gradnji [5] navodi da katastarski ured evidentira građevinu u katastru ako je za nju izdana uporabna dozvola. Ako je za građevinu izdana uporabna dozvola, građevina se može priključiti na komunalnu i drugu infrastrukturu.

U dosadašnjoj praksi izdavanja uporabnih dozvola, vidljivo je, po podatcima dobivenih od stranaka koje podnose zahtjev, da se uporabne dozvole za određene građevine traže iz različitih razloga. Neki od razloga su:

- dizanje kredita u bankama, budući da banke traže dokaz da je građevina izgrađena po građevinskoj dozvoli i da ima određenu vrijednost na tržištu koju određuju sudski vještaci,
- energetska obnova gdje se traži potvrda da je građevina izgrađena prema građevinskoj dozvoli,
- prodaja građevina, gdje mogući kupac hoće znati ima li građevina uporabnu dozvolu, odnosno znati da je građevina u potpunosti legalna, odnosno postojeća,
- u postupku evidentiranja, upisa građevina u katastar, po želji stranke ili u slučaju katastarske izmjere gdje se uporabna dozvola traži po službenoj dužnosti od strane nadležnog zemljišnoknjižnog suda,
- stranka otvara trgovinu, odnosno počinje obavljati neku djelatnost u građevini,
- stranka želi imati uporabnu dozvolu za vlastite potrebe,
- i dr.

Također, kako je aktualna energetska obnova i izdavanje uporabnih dozvola koje stranke traže zbog energetske obnove, ona će se ukratko opisati.

Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) s Ministarstvom rada i poduzetništva u srpnju 2005. godine pokrenulo je projekt "Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj". Cilj projekta je podizanje svijesti građansva o efikasnoj potrošnji energije te poticanje primjene ekonomski isplativih, energetski efikasnih (EE) tehnologija, materijala i usluga u Hrvatskoj [9].

U Republici Hrvatskoj zgradarstvo je najveći potrošač energije sa približno 40%, te ima

najveći potencijal za ostvarenje ušteta. Prvi korak prema smanjenju potrošnje energije u zgradama je provedba energetske pregleda kojima se utvrđuje postojeće stanje i daje prijedlog mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti, što predstavlja podlogu za energetske certificiranje zgrada. Za zgrade za koje se izdaje uporabna dozvola, ona se ne može izdati ukoliko nije pribavljen energetski certifikat. Energetski certifikat se prilaže uz zahtjev za izdavanje uporabne dozvole.

Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost bi u srpnju ove godine trebao objaviti javni natječaj za građane namijenjen poticanju energetske obnove obiteljskih kuća i zgrada. Dokaz zakonitosti (legalnosti) građevine će biti izričito uporabna dozvola.

6. ZAKLJUČAK

Općenito, uporabna dozvola je jako važan akt koji je potreban u puno slučajeva. Vidjeli smo da se uporabna dozvola traži kod dizanja kredita u bankama, kod prodaje građevine, kod upisa građevine u katastar, kod energetske obnove i u još dosta slučajeva.

Uporabne dozvole za određene građevine se jednostavno ishode i nije potrebno prilagati neku skupu dokumentaciju (priloge), a također, upravne pristojbe nisu velikog iznosa. Baš zbog toga, potrebne se i svi ih traže kod poslova vezanih uz građevine.

Oduvijek je bilo potrebno ishoditi uporabnu dozvolu kada se neka građevina izgradi, što je navedeno na puno starijih građevinskih dozvola, međutim to još kod nas nije prepoznato i mnogima nije jasno koja je njihova svrha i zašto im to treba. Ipak, vidljivo je da se uporabne dozvole ishode više u današnje

vrijeme kada se podiže sve više kredita, kada je aktualna tema energetske obnove zgrada, kao i kod novih katastarskih izmjera.

Uporabnu dozvolu za određene građevine je preporučljivo i potrebno ishoditi jer njezina cijena nije visoka, a nikad se ne može znati kada će nam ista biti potrebna. Prema svemu prethodno navedenom, može se očekivati porast zahtjeva za izdavanje uporabnih dozvola za određene građevine.

LITERATURA:

- [1] Novi informator, legalizacija, prostorno uređenje i gradnja – nova iskustva, Zagreb, 2014.
- [2] Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja, "Korisnički priručnik, informacijski Sustav eDozvola, dostupno na: https://gov.hr/UserDocsImages//Moja%20uprava//edozvola_upute.pdf (19.04.2017.)
- [3] Upravni odjel za prostorno uređenje i graditeljstvo Osječko – baranjske županije, dostupno na: <http://www.obz.hr/hr/index.php?tekst=608> (17.04.2017)
- [4] https://dozvola.mgipu.hr/proxy-portlet/mgipu/doc/eDozvola/UD_akti_do_01102007.jpg (20.04.2017.)
- [5] Zakon o gradnji, Narodne novine, No. 153/13, 20/17, Zagreb, 2013., 2017.
- [6] Novi informator, Pitanja i aktualnosti u području Zakona o gradnji i zakona o prostornom uređenju, Zagreb, 2014., dostupno na <http://novi-informator.net/sites/default/files/pdf/Gradnja%20i%20prostorno%2030-1-2014..pdf> (20.04.2017.)
- [7] Informator, Zakon o gradnji, 1. dio., No. 6393, Zagreb, 2015.
- [8] Zakon o općem upravnom postupku, Narodne novine, No. 47/09, Zagreb, 2009.
- [9] Pavković, B., Zanki, V. (ur.), "Priručnik za energetske certificiranje zgrada", Program Ujedinjenih naroda za razvoj - UNDP, 2010.

Uloga održavanja u životnom ciklusu građevine

Professional paper

Dino Obradović

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Građevinski fakultet Osijek
Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska
dobradovic133@gmail.com

Saša Marenjak

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Građevinski fakultet Osijek
Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska
sasa@marenjak.com

Sažetak – Održavanje se može definirati kao poduzimanje potrebnih aktivnosti kako bi građevina i svi njezini dijelovi zadržali potrebnu razinu služnosti, odnosno kako bi građevina očuvala svoju vrijednost i namjenu. Također, održavanje građevina možemo promatrati kao periodično obnavljanje u određenim vremenskim intervalima. U radu će se dati kratak osvrt na zakonsku regulativu iz područja održavanja građevina.

Ključne riječi - održavanje, troškovi održavanja, životni ciklus građevine

THE ROLE OF MAINTENANCE IN THE LIFE CYCLE OF A BUILDING

Abstract – Maintenance can be defined as the process of implementing the necessary activities to keep a building and all its parts on the required level of serviceability, i.e. to preserve the value and purpose of the buildings. In addition, building maintenance can be seen as periodic refurbishment during certain time intervals. This paper will provide a brief overview of the legislation in the field of building maintenance.

Keywords – maintenance, maintenance costs, life cycle of a building

1. UVOD

Održavanje građevina je sastavni dio gospodarenja građevinama [1, 2]. Sve građevine se izvode tako da traju što više godina, a za ekonomski uporabni vijek prosječno uzima razdoblje od 30 do 50 godina [3, 4].

Uporabni vijek je vrijeme nakon gradnje/ugradbe tijekom kojeg građevina ili njezini dijelovi ispunjavaju ili premašuju zahtijevano ponašanje odnosno svojstvo [5].

Ekonomski uporabni vijek je dosegnut kada građevina više ne ispunjava zahtjeve s ekonomskog stajališta, odnosno kada postoji varijanta koja zadovoljava predviđenu funkciju uz manje troškove [3].

Međutim, kako bi građevina bila uporabljiva tijekom svog životnog vijeka i kako bi se mogla sigurno koristiti, važno je pravilno i pravodobno održavanje.

Održavanje se izvodi kako bi građevina ili neki njezin dio zadržao svoju prvobitnu namjenu i kako bi se svim njezinim korisnicima moglo jamčiti sigurno korištenje [1, 6], odnosno kako

bi bili zadovoljeni temeljni zahtjevi za građevinu, kao što su: mehanička otpornost i stabilnost, sigurnost u slučaju požara, očuvanje higijene, zdravlja i okoliša, osiguranje sigurnosti i pristupačnosti tijekom uporabe, zaštita od buke, gospodarenje energijom i očuvanje topline i održiva uporaba prirodnih izvora [7].

U životnom ciklusu građevine, razdoblje uporabe građevine, kako je već prije navedeno, traje najduže te je i iz tog razloga važno pravilno održavanje građevine jer se i tu pojavljuju troškovi koji mogu biti ne ekonomični.

U današnje vrijeme je sve više vidljivo da inženjeri, arhitekti i investitori posvećuju sve veću pažnju smanjivanju troškova održavanja i uporabe građevina, odnosno, još važnije, smanjenju ukupnih troškova projekata, dok to prije nije bio slučaj jer se pažnja posvećivala isključivo smanjenju građevinskih troškova [8].

2. O ODRŽAVANJU GRAĐEVINA

Održavanje građevina je sastavni dio cjelovitog gospodarenja građevinama. Održavanje građevina je definirano kao

poduzimanje potrebnih aktivnosti kako bi se održao ili unaprijedio svaki dio građevine, a u svrhu očuvanja vrijednosti i namjene imovine. Potrebno je analizirati uzroke kvarova, te na temelju analize odlučiti o mjerama koje ćemo poduzeti kako bi spriječili uzrok [1].

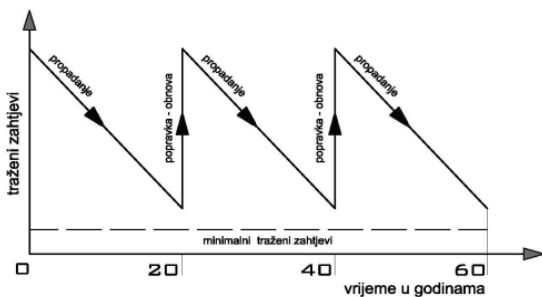
Održavanje građevina možemo definirati kao trajnu aktivnost (ulaganje sredstava) za cijelo vrijeme uporabe građevine, kojom se građevini u cjelini i svim njezinim dijelovima osigurava razina služnosti u određenim dopustivim granicama [6].

Ukoliko se održavanje ne bi provodilo pravodobno i u dovoljnoj mjeri, građevina bi propala kroz relativno kratko vrijeme, što se može vidjeti na slici 1.



Slika 1. Propadanje građevine bez održavanja [9]

Za svaku građevinu ukupno postoje tri etape u njezinom životnom ciklusu: inicijalna (kapitalna) etapa, koja obuhvaća projektiranje i građenje građevine, etapa upravljanja građevinom (*facility management phase*), koja obuhvaća održavanje, uporabu i zamjenu istrošenih građevina te etapa rušenja i uklanjanja građevine [8].



Slika 2. Propadanje i održavanje građevina kroz vrijeme [9]

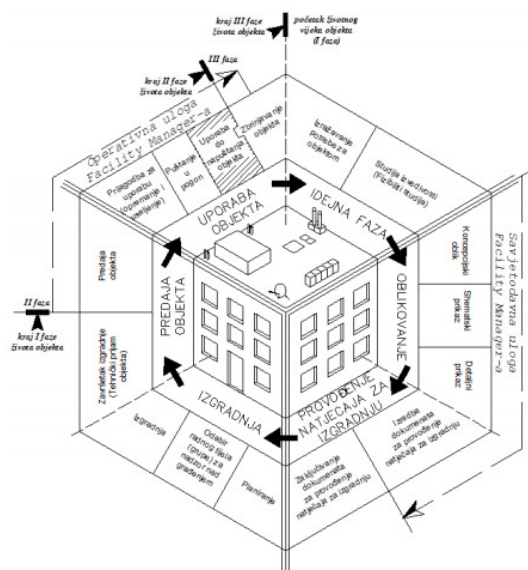
Troškovi životnog ciklusa građevina su ukupni troškovi građevine ili njenih dijelova tijekom životnog vijeka, uključujući troškove planiranja, projektiranja, nabave, uporabe, održavanja i

uklanjanja, umanjenih za preostalu vrijednost građevine [10].

Standardima se određuje donja dopustiva kvaliteta koju zbog trošenja ili starenja element, sklop i građevina mogu imati, tako da budu zadovoljeni svi temeljni zahtjevi za građevinu (stabilnost, zaštita od požara, zaštita od buke, zaštita od gubitka topline i dr.), svi bitni funkcionalni uvjeti za uporabu (svjetlo, grijanje, hlađenje, čišćenje i dr.) te estetski uvjeti (npr. izgled podova, zidova, stropova, kvaliteta pojedinih elemenata i dr.) [11].

Potrebno je zatim definirati programirano trajanje građevine, tzv. *life-cycle*. Ovaj element treba uočiti već u vrijeme programiranja, projektiranja i građenja, kako bi se u toj fazi moglo optimalizirati s ukupnim ulaganjem u građevinu za vrijeme vijeka trajanja.

Samo održavanje građevine, posebno kad se upravlja s više građevina (npr. stambeni fond grada), treba pažljivo programirati, radi optimalizacije ulaganja i optimalne alokacije sredstava na prioritetne zahvate [11].



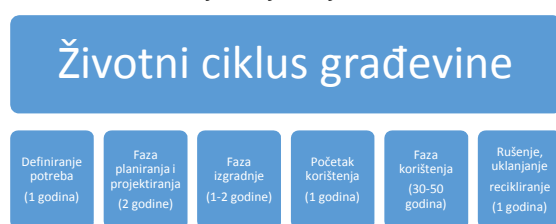
Slika 3. Životni ciklus građevine iz perspektive cjelovitog upravljanja građevinama [2]

Za projekte javnih građevina karakteristično je što isti investitor - vlasnik upravlja istima od početka do kraja, odnosno od izbora projektne ideje, preko izrade projekta, izbora izvođača radova i realizacije do cijele faze eksploatacije i eventualnog njihovog planiranja prije izvedbe i kontrolu tijekom građenja te za vrijeme uporabe (gospodarenje građevinama). Tijekom

uporabnog vijeka javlja se nekoliko skupina troškova, od kojih mnogi (kao i drugi troškovi uporabe) umnogome ovise o odlukama koje se donose prije početka gradnje [3].

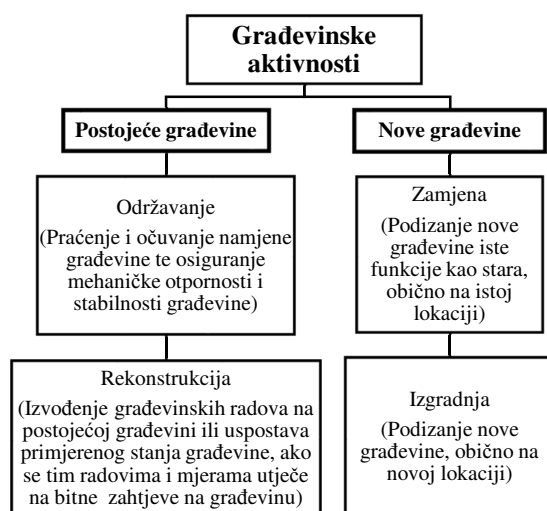
Životni ciklus građevine obuhvaća sljedeće faze koje se pojavljuju u životu građevine: definiranje potreba, faza planiranja i projektiranja, faza izgradnje, početak korištenja, faza uporabe i eventualno rušenje, uklanjanje i recikliranje građevine.

Na slici 4. je prikazan životni ciklus građevine na kojoj je vidljivo koliko traje faza korištenja građevine i zašto je održavanje građevine jedno od najvažnijih stavki za vrijeme cijelog postojanja građevine, budući da faza korištenja traje najduže.



Slika 4. Životni ciklus građevine

Problem održavanja potrebno je promatrati u kontekstu cjelokupnog procesa građenja, jer zadovoljavanje potreba za građevinama, podrazumijeva prožimanje građevinskih aktivnosti kao što su: izgradnja novih građevina, modernizacija i zamjena postojećih te održavanje [11].



Slika 5. Shema građevinskih aktivnosti unutar procesa građenja [11]

Troškovi održavanja i uporabe građevina dio su troškova životnog ciklusa građevina, odnosno ukupnih životnih troškova građevina,

što je definirano normom HRN ISO 15686-5:2009. Prema navedenoj normi troškovima životnog ciklusa smatraju se indirektni troškovi i prihodi koji zajedno s troškovima životnog ciklusa (izgradnja, uporaba, održavanje i uklanjanje) čine ukupne životne troškove građevina [12].



Slika 6. Struktura ukupnih troškova na razini projekta [8]

Troškovi održavanja građevina obuhvaćaju troškove potrebnog rada, materijala i ostale povezane troškove koji se javljaju pri održavanju definirane razine služnosti neke građevine, a obuhvaćaju troškove korektivnoga, preventivnoga i reaktivnog održavanja cijele građevine ili njezinih dijelova. Operativni se troškovi definiraju kao troškovi uporabe i gospodarenja nekom građevinom, a obuhvaćaju poreze, najam, kamate, troškove energije, čišćenja i ostalih potrebnih usluga ovisno o funkciji građevine te inspekcijskih pregleda [12].

Ciljevi održavanja građevina su sljedeći:

- osiguranje sigurnosnih zahtjeva građevine i pripadajućih usluga,
- osiguranje prikladnosti građevine za uporabu,
- osiguranje ispunjenja zahtjeva građevine s obzirom na zakonske propise,
- izvođenje prijeko potrebnih poslova održavanja radi očuvanja vrijednosti imovine,

- izvođenje prijeko potrebnih poslova održavanja radi očuvanja kvalitete građevine [12].

Održavanje građevina možemo podijeliti na:

- preventivno održavanje koje može biti bazirano na stanju elemenata ili na vremenu i
- reaktivno održavanje koje se bazira na otkazivanju elemenata.

Preventivno održavanje obuhvaća zakonom propisane periodične preglede, zamjenu istrošenih materijala i elemenata te planirane periodične radove i popravke.

Reaktivno održavanje svodi se na popravke u sklopu hitnih intervencija, kao što su kvarovi na instalacijama, sustavu grijanja, puknuća, oštećenja krovšta i slično [3].



Slika 7. Troškovi upravljanja, uporabe i održavanja građevine [8]

Tehničko upravljanje i održavanje građevina (i postrojenja), u širem smislu, odnosi se najviše na građevinsko, strojarsko i elektro održavanje, je skup tehničkih i administracijskih aktivnosti s namjerom da se građevina ili bilo koji njezin dio

zadrži ili vrati u stanje u kojem je sposoban vršiti svoju projektiranu namjenu uz, što manje (optimalne) financijske izdatke [2].

U troškove gospodarenja građevinama (*Facility Management phase*) ubrajaju se svi troškovi potrebni za uporabu, održavanje i logističku potporu građevine, tijekom cijelog njezina uporabnog vijeka, i indirektni troškovi potrebni za upravljanje ovom etapom [8].

Troškovi životnog ciklusa imovine definiraju se kao ukupni troškovi imovine tijekom njezina životnog vijeka uključujući troškove nabave i sve ostale naknadne troškove koji će se javiti, a glavne stavke tih troškova su:

- početni troškovi (inicijalni ili kapitalni troškovi),
- troškovi uporabe,
- troškovi održavanja,
- troškovi rekonstrukcije [10].



Slika 8. Faze u životnom ciklusu građevine [13]

Na kraju, kako bi se održavanje građevina, a posebno onih za skupno stanovanje, moglo učinkovito obavljati moraju biti stvoreni preduvjeti za isto, a prije svega, mora biti pribavljena dokumentacija u obliku tipiziranih obrazaca koji sadrže podatke o:

- projektu,
- lokaciji,
- izvođaču,
- površini građevine [m^2],
- starosti građevine [godina],
- namjeni građevine,
- konstrukciji,
- infrastrukturi,
- tehnologiji građenja,
- zaštićenosti građevine od strane zavoda za zaštitu spomenika kulture i prirode [11].

Prethodno navedeni podatci omogućuju održavatelju uvid u stanje građevine kako bi mogao organizirati i izvesti postupke održavanja [14]. Prema [11], postoje već definirani poslovi održavanja koji su na stambenim i sličnim građevinama sljedeći:

- temelji,
- nosivi zidovi i stupovi,
- pregradni zidovi,
- stropovi,
- stubište,
- dimnjaci,
- montažne konstrukcije,
- krovna konstrukcija,
- pokrov,
- podovi,
- unutarnje zidne plohe,
- fasada,
- prozori,
- vrata,
- stakla,
- limarija,
- vodovod i kanalizacija,
- električne instalacije,
- slaba struja, telefon,
- centralno grijanje,
- instalacije plina,
- protupožarna zaštita [11, 14].

Postoje različite strategije održavanja koje su se razvile tijekom vremena, kao što su: ponovno korištenje, servisiranje, temeljita obnova, kaskadno obnavljanje, tehnološko usavršavanje, saniranje – poboljšanje, ponovna promjena, restauracija i popravci [15].

3. ZAKONSKA REGULATIVA

Zakonska regulativa koja obuhvaća pojmove održavanja građevine, propisuje postupak i način održavanja te novčane kazne u slučaju neodržavanja, je sljedeća:

- Zakon o gradnji [7],
- Pravilnik o održavanju građevina [16].

Važno je razlikovati održavanje građevina od rekonstrukcije.

Strogo formalno, članak 3., stavak 1, podstavak 12. Zakona o gradnji [7] definira što se smatra pod pojmom održavanja građevina: Održavanje građevine je izvedba građevinskih i drugih radova na postojećoj građevini radi očuvanja temeljnih zahtjeva za građevinu tijekom njezina trajanja, kojima se ne mijenja usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena.

Pojam rekonstrukcije dan je u Zakonu u gradnji [7], a glasi: Rekonstrukcija građevine je izvedba građevinskih i drugih radova na postojećoj građevini kojima se utječe na ispunjavanje temeljnih zahtjeva za tu građevinu ili kojima se mijenja usklađenost te građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena (dograđivanje, nadograđivanje, uklanjanje vanjskog dijela građevine, izvođenje radova radi promjene namjene građevine ili tehnološkog procesa i sl.), odnosno izvedba građevinskih i drugih radova na ruševini postojeće građevine.

Nadalje članci 150., 151. i 152. Zakona o gradnji [7] navode:

Vlasnik građevine odgovoran je za njezino održavanje.

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.

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. (čl. 150.)

Održavanje građevine te poslove praćenja stanja građevine, povremene godišnje preglede građevine, izradu pregleda poslova za održavanje i unapređivanje ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevine i druge slične stručne poslove vlasnik građevine, odnosno osoba koja obavlja poslove upravljanja građevinama prema posebnom zakonu mora povjeriti osobama koje ispunjavaju uvjete za obavljanje tih poslova propisane posebnim zakonom. (čl. 151.)

Uvjete za održavanje i unapređivanje ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu, energetskih svojstava zgrada i nesmetanog pristupa i kretanja u građevini te način ispunjavanja i dokumentiranja ispunjavanja ovih zahtjeva i svojstava, propisuje ministar pravilnikom.

Pitanja održavanja građevina koja nisu uređena ovim Zakonom uređuju se posebnim zakonom. (čl. 152.)

Nadalje, Pravilnik o održavanju građevina [16], članak 2., stavci 2. i 3., govore što je redovito, a što izvanredno održavanje.

Redovito održavanje jest preventivno pregledavanje građevine odnosno njezinih dijelova i preventivno izvođenje radova kojima se sprječava gubitak svojstva građevine i njezine funkcionalnosti definirane namjenom u projektu građevine, kao i izvođenje radova na zamjeni, dopuni i/ili popuni dijelova građevine u razmacima i opsegu određenim projektom građevine ili zbog narušenog svojstva i/ili funkcionalnosti tih dijelova kojem uzrok nije kakav izvanredni događaj.

Izvanredno održavanje jest izvođenje radova na zamjeni, dopuni i/ili popuni dijelova građevine nakon kakvog izvanrednog događaja nakon kojega građevina odnosno njezin dio više nije uporabljiv (npr. potres, požar, prirodno urušavanje tla, poplava, prekomjeren utjecaj vjetrova, leda i snijega i sl.) odnosno ako je građevina ili njezin dio zbog nepropisnog održavanja ili kojeg drugog razloga dovedena u stanje u kojem više nije uporabljiva.

Članak 8., Pravilnika o održavanju građevina [16] navodi što se podrazumijeva pod pojmom održavanje građevina:

Održavanje građevine podrazumijeva:

1. redovite preglede građevine odnosno njezinih dijelova, u razmacima i na način određen projektom građevine i pisanom izjavom izvođača o izvedenim radovima i o uvjetima održavanja građevine, ovim Pravilnikom i/ili posebnim propisom donesenim u skladu s odredbama Zakona o gradnji, a u slučaju ugrađene opreme, uređaja i instalacija i drugog i s planom servisiranja u rokovima propisanim u jamstvima proizvođača ugrađenih proizvoda,

2. izvanredne preglede građevine odnosno njezinih dijelova nakon kakvog izvanrednog događaja ili po inspekcijском nadzoru,

3. izvođenje radova kojima se građevina odnosno njezin dio zadržava ili se vraća u tehničko i/ili funkcionalno stanje određeno projektom građevine odnosno propisima te aktima za građenje u skladu s kojima je građevina izgrađena,

4. vođenje i čuvanje dokumentacije o održavanju građevine: u kontinuitetu rednih brojeva navedeni i danom nastanka sastavljeni zapisnici s priložima o redovitim i izvanrednim pregledima te izvedenim radovima u svrhu očuvanja projektiranih temeljnih zahtjeva za građevinu, funkcionalnosti i sigurnosti građevine u uporabi.

Prethodno navedene definicije iz Zakona o gradnji i Pravilnika o održavanju građevina daju neke općenite definicije, dok npr. Tehnički propis za betonske konstrukcije daje točne

preporuke, odnosno zahtjeve kada i kako se moraju izvoditi pregledi građevina.

Prilog J Tehničkog propisa za betonske konstrukcije [17] daje definicije i naputke za izvođenje i održavanje betonskih konstrukcija. Točka J.3. govori o održavanju betonskih konstrukcija, odnosno dijelovi J. 3. 2. o učestalosti redovitih pregleda, a dio J. 3. 3. o načinu obavljanja pregleda betonske konstrukcije.

Učestalost redovitih pregleda u svrhu održavanja betonske konstrukcije provodi se sukladno zahtjevima projekta betonske konstrukcije, ali ne rjeđe od:

- a) 10 godina za zgrade javne i stambene namjene,
- b) 2 godine za mostove,
- c) 5 godina za industrijske, prometne, infrastrukturne i druge građevine koje nisu navedene pod a) i b) (J.3.2.) [17].

Način obavljanja pregleda određuje se projektom betonske konstrukcije, a uključuje najmanje:

- a) vizualni pregled, u kojemu je uključeno utvrđivanje položaja i veličine napuklina i pukotina te drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine,
- b) utvrđivanje stanja zaštitnog sloja armature, za betonske konstrukcije u umjerenom ili jako agresivnom okolišu,
- c) utvrđivanje veličine progiba glavnih nosivih elemenata betonske konstrukcije za slučaj osnovnog djelovanja, ako se na temelju vizualnog pregleda opisanog u podtočki a) sumnja u ispunjavanje bitnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti (J.3.3.) [17].

Također, dio J.3.4. navodi: Dokumentaciju iz točaka J.3.2. i J.3.3. te drugu dokumentaciju o održavanju betonske konstrukcije dužan je trajno čuvati vlasnik građevine [17].

Nadalje, jedna od obveza izvođača radova kod izgradnje građevina, odnosno kada je građevina izgrađena, je da napiše Pisanu izjavu izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine.

Navedena Izjava, prema Pravilniku o sadržaju pisane Izjave izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine [18], prema članku 2., stavku 1., alineji 6. treba sadržavati izvješće o izvođenju radova i ugrađivanju građevinskih proizvoda i opreme u odnosu na upute odnosno tehničke upute za njihovu ugradnju i uporabu s uvjetima održavanja

građevine s obzirom na izvedeno stanje građevine, ugrađene građevne proizvode, instalacije i opremu u odnosu na projektom predviđene uvjete, s uputama o provedbi radnji održavanja.

4. ZAKLJUČAK

Održavanje građevina je kompleksan skup aktivnosti koje je potrebno promatrati u kontekstu cjelokupnog procesa građenja. Održavanje postaje sve važnije u današnje vrijeme kada se nastoje smanjiti svi troškovi koje investitor može imati za vrijeme životnog vijeka građevine. Vidljivo je da faza korištenja građevine traje najduže, te je iz tog razloga potrebno osigurati redovito i ispravno održavanje građevine.

Održavanje je sastavni dio gospodarenja građevinama te je uspješno gospodarenje uvijek bilo povezano sa održavanjem. Iskustvo i praksa održavatelja od velike je koristi u uspostavi učinkovitog gospodarenja građevinama prije svega zato što su održavatelji navikli pratiti sustave i formirati cikličke procese (u održavanju).

LITERATURA:

- [1] D. Vugrinec, "Priručnik za upravljanje poslovnim zgradama", 2G2E-Udruga za gospodarenje građevinama, energijsku efikasnost, promicanje znanja i vještina, Zagreb, 2012.
- [2] Z. Vidić, "Metode cjelovitog upravljanja objektima", Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Magistarski rad, Zagreb, 2011.
- [3] B. Bognar, S. Marenjak, H. Krstić, "Analiza stvarnih i planiranih troškova održavanja i uporabe građevina", e gfos, No. 3, Osijek, 2011., pp. 85-96.
- [4] J. Radić, J. Bleiziffer, I. Kalafatić, „Novi pristup osiguranju trajnosti konstrukcija“, Građevinar, Vol 62, No. 11., Zagreb, 2010., pp. 971-980.
- [5] D. Aničić, "Planiranje uporabnog vijeka građevina", separat iz Građevnog godišnjaka 2003/2004)
- [6] S. Marenjak, "Održavanje zgrada-skripta", 2008.
- [7] Zakon o gradnji, Narodne novine, No. 153/13, 20/17, Zagreb, 2013., 2017.
- [8] S. Marenjak, M. A. El - Haram, R. M. W. Horner, „Procjena ukupnih troškova u visokogradnji“, Građevinar, Vol. 54, No. 7, 2002, pp. 393-401.
- [9] A. Čaušević, N. Rustempašić, "Održavanje objekata", 2014.
- [10] H. Krstić, "Model procjene troškova održavanja i uporabe građevina na primjeru građevina sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku", Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, Doktorski rad, Osijek, 2011.
- [11] A. Cerić, M. Katavić, "Upravljanje održavanjem zgrada", Građevinar, Vol 53.,No. 2, HSGI, Zagreb, 2000., pp. 83-89.
- [12] H. Krstić, S. Marenjak, "Analiza troškova održavanja i uporabe građevina", Građevinar, Vol. 64, No. 4, 2012., pp. 293-303.
- [13] S. Marenjak, "Whole life cost estimates of buildings", Proceedings, Durability and maintance of concrete structures, Dubrovnik, 2004., pp. 123-130.
- [14] Z. Lacković, „Outsorcng u održavanju“, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, Osijek, 2014.
- [15] D. Sekulić, „Oblikovanje održavanja“, 20. znanstveno – stručni skup OTO 2011, Osijek, 6. svibnja, 2011., pp. 19-28.
- [16] Pravilnik o održavanju građevina, Narodne novine, No. 122/14, Zagreb, 2014.
- [17] Tehnički propis za betonske konstrukcije, Narodne novine, No. 139/09, 14/10, 125/10, 136/12, Zagreb, 2009, 2010, 2012.
- [18] Pravilnik o sadržaju pisane Izjave izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine, Narodne novine, No. 43/14, Zagreb, 2014.



Održavanje trafostanice prema stanju primjenom internet tehnologija

Subject review

Marko Dugandžić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
marko.duga@gmail.com

Sažetak - Trafostanice spadaju među ključne dijelove elektroenergetskog sustava te se kao takve nalaze na vrhu prioriteta kada je riječ o eksploataciji i održavanju cijelog sustava. Svaki kvar u elektroenergetskom sustavu koji za posljedicu ima prekid isporuke električne energije uzrokuje ekonomske gubitke u svim sustavima čiji rad ovisi o isporuci energije. Gubici se povećavaju s vremenom u kojem se sustav nalazi u kvaru, pa je neophodno osigurati da sustav ne dođe u stanje kvara, a kada do toga i dođe, da se što prije korekcijskim djelovanjem vrati u ispravno stanje. Jednu od ključnih uloga u osiguravanju ovih uvjeta imaju metode održavanja, a posebice preventivne metode zasnovane na praćenju stanja sustava i izvještavanje u realnom vremenu. Kvaliteti i učinkovitosti ovih metoda značajan doprinos daju podatci koje senzori prikupljaju na promatranim dijelovima sustava i šalju u centre za obradu podataka. Razvojem sve naprednijih, ali i dostupnijih, senzora, postaje moguće prikupljati sve veće količine podataka u realnom vremenu, no time se postavlja problem njihovog prijenosa i obrade. Napredak internet tehnologija doveo je do razvoja koncepta „internet stvari“ (engl. internet of things), a upravo implementacija tehnologija koje počivaju na „internetu stvari“ mogu ponuditi rješenja za spomenute probleme, odnosno pomoći u učinkovitom održavanju trafostanice prema stanju. Svrha ovoga rada je dati pregled kako pomoću tehnologije internet stvari održavati trafostanice prema stanju.

Ključne riječi- trafostanica, održavanje prema stanju, internet stvari, elektroenergetski sustav

CONDITION BASED MAINTENANCE OF SUBSTATION WITH USE OF INTERNET TECHNOLOGY

Abstract - The substations are key elements of power system and when it comes to system exploitation and maintenance of the entire system, the substations are a top priority. Each malfunction in power system which results in the interruption of electricity supply, causes economic losses in every system, whose operation depends on the supply of energy. The losses are increasing in downtime of the system, so it is necessary to ensure that system doesn't fail. However, if the system fails, it is necessary to take immediate action to get system back in working state. One of the key roles in ensuring such conditions have maintenance strategies, especially preventive methods based on the monitoring of system condition and real-time reporting. The data that is collected on monitored parts of the system and send to control centers, help to make this methods with more quality and efficiency. With development of more intelligent and more available sensors, it is possible to collect more and more data in real-time, but this causes problems of data streaming and processing. The advance of internet technology has led to development of Internet of things concept. The implementations of technology based on the Internet of things could offer solutions for the outlined problems, i.e. help in efficient condition based maintenance of substations. The purpose of this paper is to overview how to use the Internet of things for condition based maintenance of substation.

Keywords – substation, condition based maintenance, Internet of things, power system

1. UVOD

Trafostanice su jedan od najvažnijih dijelova elektroenergetskog sustava, a glavna uloga im je snižavanje ili povećavanje razine napona ovisno o potrebama samoga prijenosa električne energije. Kompleksan su sustav sačinjen od transformatora, mjernih elemenata, zaštitnih uređaja, vodova, komunikacijskih i upravljačkih sustava.

S obzirom na kompleksnost same trafostanice, njena eksploatacija i održavanje su također složeni procesi koji zahtijevaju rad iskusnih stručnjaka uz razvijene tehničke sustave za obavljanje ovih procesa.

Održavanje trafostanica zahtjeva osiguravanje velikih financijskih sredstava. Kvarovi u njima koji uzrokuju ispade dijelova sustava također dovode do ekonomskih gubitaka. Neispravna oprema može dovesti u pitanje zdravlje i život ljudi. Zbog svega ovoga optimizacija procesa održavanja trafostanica ima veliki značaj.

Danas se većina strategija održavanja u elektroenergetskom sustavu temelji na periodičkim vizualnim pregledima opreme. Međutim, ta praksa ima brojne nedostatke te će se u ovom radu pokušati dati uvid u prednosti održavanja trafostanice s obzirom na stanje (Condition Based Maintenance - CBM), a

poseban naglasak će se staviti na upotrebu novih tehnologija, osobito internet tehnologija, u ovom načinu održavanja.

Iako je održavanje prema stanju praksa koja nije nova, te se u određenom obujmu već provodi, može se reći kako tek dolazi vrijeme njene ozbiljnije implementacije u tehničke sustave te iskorištavanje svih prednosti koje ona donosi. Osobitu ulogu u njejoj potpunoj afirmaciji ima tehnologija „internet stvari“, a to će se pokušati pokazati u ovome radu. Razvojem sve jeftinijih senzora, sve bolje povezivosti, „cloud“ tehnologije i analitičkih servisa za obradu velike količine podataka („Big Data“) koncept interneta stvari postaje moguć, a vodeće svjetske kompanije u domeni upravljanja i održavanja tehničkih sustava već koriste njegove prednosti. Jedan primjer korištenja interneta stvari u upravljanju i održavanju trafostanica bit će predstavljen u ovom radu. Svrha ovoga rada je dati pregled kako pomoću tehnologije internet stvari održavati trafostanice prema stanju.

2. ODRŽAVANJE TRAFOSTANICA

Električna energija proizvedena u elektranama prenosi se vodovima do krajnjih potrošača. Na određenim mjestima u elektroenergetskom sustavu, potrebno je napon električne energije sniziti ili povećati na potrebnu razinu. Ovu ulogu obavljaju transformatori, koji se nalaze u transformatorskim stanicama. Osim navedene, transformatorske stanice obavljaju još neke funkcije u elektroenergetskom sustavu kao što su:

- Promjena razine napona
- Točka povezivanja za prijenosne vodove
- Uklopno polje za mrežnu konfiguraciju
- Točka promatranja za kontrolni centar
- Zaštita vodova i ostale opreme
- Komunikacija sa drugim elektroenergetskim postrojenjima i regionalnim kontrolnim centrom [1]

Trafostanica ima mnogo komponenti (prekidači, rastavne sklopke, osigurači, mjerni instrumenti itd.) koje moraju biti propisno smještene kako bi se osigurala kontinuirana i pouzdana usluga. Prema konstrukcijskim svojstvima, trafostanice se klasificiraju kao:

- Vanjske trafostanice
- Unutarnje trafostanice
- Podzemne trafostanice

- Stupne trafostanice [2]

Za prikaz osnovnih dijelova trafostanice uzet će se primjer jedne klasične trafostanice 35/10kV.

TS 35/10 kV klasične izvedbe čine sljedeći elementi:

- Građevinski dio
- Elektromontažni dio

Građevinski dio može sadržavati sljedeće elemente:

1. Zgrada
2. Limeni oklopi postrojenja
3. Metalna konstrukcija objekta
4. Temelji i uljne jame
5. Prostor oko TS, ograda i ulazna vrata, pristupni putevi

Elektromontažni dio može sadržavati sljedeće elemente:

1. Energetski transformator 35/10(20) kV (snage 1,6 – 8 MVA)
2. Kućni energetski transformator 10(20)/0,4 kV (snage do 250 kVA)
3. VN postrojenje sastavljeno od karakterističnih tipova polja i elemenata:
 - transformatorsko polje 35kV i 10kV
 - vodna polje 35kV i 10kV
 - mjerna polja 35kV i 10kV
 - polje kućnog transformatora
 - mjerenje
 - zaštita
 - sabirnice 35kV i 10kV i primarne veze
 - provodni i potporni izolatori
 - odvodnici prenapona
4. Izvor pomoćnog napona
5. Instalacija unutrašnje rasvjete
6. Instalacija vanjske rasvjete
7. Instalacija uzemljenja transformatorske stanice [3]

2.1. Vrste održavanja

Osnovne vrste održavanja nekog tehničkog sustava, pa tako i trafostanice mogu se podijeliti na preventivno, korekcijsko i kombinirano održavanje.

Kada je riječ o preventivnom održavanju, ono se može izvoditi:

- Izravno
- Neizravno

Izravno održavanje se izvodi po konstantnom datumu sa kontrolom razine gotovosti. Radi se o redovitom periodičnom održavanju kod kojeg se kao osnovna odrednica za izvođenje radova uzima gotovost sustava, odnosno uspoređuje se vrijeme u radu sa ukupnim vremenom. Na razinu gotovosti stoga utječe vrijeme koje je sustav bio u otkazu. Otklanjanje nedostataka vrši se planiranim tehnološkim zastojeima.

Neizravno održavanje izvodi se u sljedeće dvije osnovne metode: Kontrolom razine pouzdanosti, gdje se radi o statističkoj metodi, to jest o raspodjeli vremena rada do pojave otkaza za promatrani sustav, odnosno njegov element. Kontrolom parametara koji se prate, a koji reprezentiraju stanje sustava, odnosno njegovih elemenata i koji je također slučajnog karaktera. [4] Što se tiče održavanja elektroenergetskog sustava, pa tako i trafostanice kao njegovog sastavnog i bitnog dijela, većina primjenjenih praksi održavanja se temelji na periodičkom vizualnom pregledu opreme. Međutim, za održavanje, osobito kod postavljanja prioriteta i raspodjele tehničara, sve bitniji značaj poprima svjesnost o trenutnom stanju sustava. Neki od postojećih ili nadolazećih problema vezanih za trenutne prakse održavanja trafostanica su:

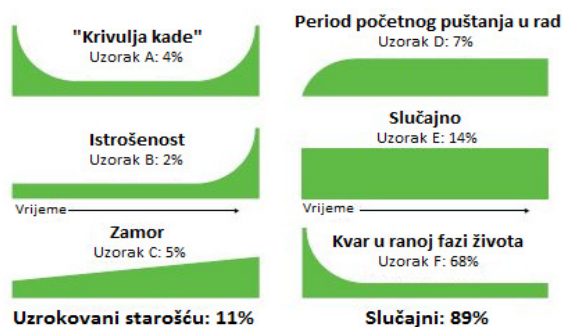
- Sve starija infrastruktura dovodi do većeg broja aktivnosti na području održavanja
- Periodičko održavanje postaje sve manje održivo kako opseg rada premašuje kapacitete raspoložive radne snage
- Ručno skupljanje i unošenje podataka pregleda je preograničeno i sporo za potrebe monitoringa stanja sustava u realnom vremenu
- Nedostatak komercijalnih standardiziranih alata za analitiku i online monitoring za trafostanice
- Povećani zahtjevi za manjim brojem prekida rada [5]

Sve ovo nameće potrebu prelaska s održavanja temeljenog na periodičkim pregledima na održavanje prema stanju (engl. Condition Based Maintenance, CBM).

3. ODRŽAVANJE PREMA STANJU (CBM)

Zrakoplovna industrija i američka vojska su 1960-ih i 1970-ih proveli istraživanje kako bi bolje razumjeli kvarove na opremi. Rezultirajući obrasci kvarova kategorizirani su u dvije grupe

(slika 1.) – kvarovi povezani sa starošću opreme (lijevi stupac) i slučajni kvarovi (desni stupac). Samo 11 posto kvarova je povezano sa starošću opreme, a 89 posto kvarova su slučajni. [6]



Slika 1. Obrasci kvarova na opremi [6]

Ukoliko se u svjetlu navedenih podataka razmotri činjenica da se većina održavanja u trafostanicama temelji na periodičkom održavanju i vizualnom pregledu, jasno se naziru prednosti koje sa sobom nosi upotreba održavanja prema stanju u trafostanicama. Održavanje prema stanju je program održavanja koji preporučuje odluke u održavanju temeljene na informacijama prikupljenim tijekom praćenja stanja. Sastoji se od tri glavna koraka: prikupljanje podataka, obrada podataka i donošenje odluke o održavanju. [7] Prikupljanje podataka vrši se pomoću senzora ugrađenih na mjestima promatranih sustava i opreme. Senzori su preko određenog komunikacijskog sustava povezani sa centrom za pohranu i analizu podataka u kojima se nakon obrade na osnovu postojećih informacija donose odluke o provedbi određenih aktivnosti održavanja.

Većina današnjih tehničkih sustava imaju ugrađene senzore i sustave za provedbu promatranja stanja u realnom vremenu i kao takvi predstavljaju dobru podlogu za daljnje razvijanje alata i sustava koji bi u puno većoj mjeri osigurali prelazak sa periodičkog na održavanje prema stanju. U elektroenergetskom sustavu to je SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sustav.

Prednosti koje održavanje prema stanju može pružiti:

1. Pravovremeno upozorenje o mehaničkim problemima:
 - Neočekivani kvarovi
 - Opasnosti i posljedice kolateralne štete
 - Štetan učinak na sigurnost, funkcionalnost i okoliš

2. Povećanje iskorištenosti i životnog ciklusa opreme
 - Smanjuje prekide u radu i narušavanje rasporeda
3. Smanjuje troškove održavanja – i rada i nabavke dijelova
 - Smanjuje potrebu za rezervnim dijelovima
4. Omogućava sigurno uklanjanje značajne količine prediktivnog održavanja
 - Prediktivno održavanje trebalo bi provoditi u što kraćem vremenskom roku i sa što manjim intenzitetom rada

Održavanje prema stanju, naprotiv, ne može osigurati uklanjanje nedostataka i problema, ili zaustaviti trošenje strojeva – trošenje materijala je prihvatljiva posljedica upotrebe opreme. [8] U istraživanju koje je objavio ARC Research, 65 posto signala iz prediktivnog održavanja su upućeni timu za održavanja, ali samo 23 posto od tih signala su integrirani u rad upravljačkog sustava. Ovo pokazuje da poduzeća ne iskorištavaju u potpunosti podatke koje dobivaju iz svojih postrojenja. ARC Research kaže da bi se oko 50 posto radnji preventivnog održavanja moglo eliminirati prelaskom sa periodičkog na održavanje prema stanju. [6] Kako bi metoda održavanja prema stanju donijela što bolja poboljšanja u održavanju sustava u kojem se primjenjuje, potrebno je imati što točnije informacije o trenutnom stanju u kojem se sustav nalazi. Kvaliteti informacija izravno pridonose podatci prikupljeni na promatranoj opremi, a osim što podatci trebaju biti prikupljeni na ispravan način, veliku važnost može imati i količina podataka. Pod ovime se misli na neprekidno promatranje velikog broja parametara, čime se dobiva potpunija slika sustava u realnom vremenu. Ovakav pristup promatranju zahtijeva veći broj senzora koji će prikupljati podatke te ih slati na daljnju obradu. Osim senzora, potrebno je osigurati brz i pouzdan način komunikacije kako bi podatci u cijelosti i na vrijeme bili isporučeni u centre za obradu podataka. Također, nakon što podatci pristignu potrebno je osigurati prostor za pohranu te analitičke alate koji će na pravilan način obraditi podatke i predložiti moguća rješenja problema i daljnjih aktivnosti u održavanju sustava.

S proračunima za održavanje koji kod nekih poduzeća dostižu iznose i do nekoliko milijuna dolara, potencijalni povrti investicijskih ulaganja u preventivno održavanje mogu biti značajni. Mnoge organizacije čije se poslovanje temelji na eksploataciji tehničkih sustava slijede filozofiju „never fail“ (bez kvarova) kao strategiju

održavanja. Ipak, kako se operativni i glavni proračuni smanjuju, kompanije su prisiljene pronaći kreativne načine povećanja razine raspoloživosti. Također, moraju smanjiti neplanirano korektivno održavanje, te uz to povećati povrat investicija uz ograničena financijska sredstva strateškim uvođenjem preventivnog održavanja. Ubrzani razvoj tehnologije omogućio je rješavanje navedenih problema. Implementacija i povezivanje senzora je postalo mnogo jeftinije, a sustavi upravljanja i analitički software-i su u mogućnosti obraditi velike količine podataka. [6] Rješenja koje se nazire je primjena internet tehnologija, a osobito “interneta stvari”, u održavanju.

4. INDUSTRIJSKI INTERNET STVARI

Internet stvari povezuje objekte iz realnog svijeta s onima u virtualnom, na taj način omogućujući povezivost bilo kada i bilo gdje za bilo što, a ne samo za bilo koga. Odnosi se na svijet u kojemu fizički objekti i bića, kao i virtualni podatci iz okoline djeluju uzajamno u istom prostoru i vremenu. [9]

Iako internet stvari nije potpuno revolucionarna ideja, međudjelovanje nekoliko čimbenika sada ga je učinilo realnim. Prvo, eksponencijalno je narastao broj senzora koji su danas u upotrebi, što je potaknuto strmoglavim padom njihove cijene i energije potrebne za njihovo pokretanje. Kako je cijena senzora pala s nekoliko tisuća dolara na samo nekoliko dolara ili čak centi, mogućnost postavljanja senzora je utrla put milijardama povezanih uređaja koji su danas u upotrebi, te desecima milijardi koji tek slijede. Drugo, povezivost je dramatično poboljšana. Prodor komunikacijskih tehnologija koji je pokrenuo komunikacijsku revoluciju – prijelaz sa žičane na bežičnu, 1-4G mreže i dalje – čini vremenski i prostorno neograničeno dijeljenje podataka među „stvarima“ ne samo mogućim, nego i jednostavnijim i puno boljim nego prije. Treće, količina podataka koji se danas prenose je bez presedana. Dok su senzori u proteklim desetljećima slali nekoliko bitova podataka, današnji senzori i aktuatori generiraju 100 eksabajtova podataka mjesečno. To je „Big Data“. Četvrto, i zadnje, sada na ovoj velikoj količini podataka možemo obavljati analitičke zadatke, i to brzo, zahvaljujući ponajprije „cloud“ servisima Amazona, Goole-a, Microsoft-a i sl. Uspjeh poduzeća temeljenih na tehnologiji internet stvari ne ovisi toliko o količini podataka koji se mogu generirati koliko o brzini obrade kojom se ti podaci mogu prevesti u djelotvornu operativnu inteligenciju.

Sažeto, međudjelovanje velikog broja jeftinih senzora, mogućnost prijenosa velikog broja podataka, njihovog skladištenja i brze analitičke obrade omogućuju ostvarenje vizije interneta stvari. [10] Kada se sve ove značajke tehnologije interneta stvari povežu sa inđustrijskim postrojenjima i implementiraju u njih nastaje pojam inđustrijskog interneta stvari (engl. *industrial internet of things* - IIoT). Ono što olakšava ulaz te tehnologije u inđustriju je razina automatizacije koja, ovisno o grani inđustrije i specifičnostima određenih postrojenja, omogućuje nadogradnju interneta stvari na već postojeće sustave upravljanja ili koegzistenciju s njima. S druge strane, kako bi se navedeno učinilo mogućim potrebno je stvoriti uvjete za interoperabilnost između postojećih sustava i interneta stvari, a prije svega je to stvaranje standardiziranih komunikacijskih protokola.

Unatoč izazovima koje je potrebno premostiti, mnoge su prednosti koje internet stvari može donijeti procesima održavanja inđustrijskih postrojenja. Neke od tih prednosti su:

1. Veća razina primjene prediktivnog održavanja

Senzori ugrađeni u opremu provjeravaju stanje sustava, te u slučaju abnormalnih uvjeta izdaju obavijest o radnjama koje je potrebno poduzeti. Kako sve više i više sustava ima mogućnost povezivanja na internet, vrlo je vjerojatno da će se koncept prediktivnog održavanja eksponencijalno širiti kroz internet stvari.

2. Analiza podataka u stvarnom vremenu
Internet stvari podiže komunikaciju stroja sa strojem (engl. machine-to-machine – M2M) na višu razinu uvođenjem trećeg elementa – podataka. Dostupnost podataka sa svih strojeva na jednoj virtualnoj mreži originalnim proizvođačima opreme omogućava stvaranje boljih modela prediktivnog održavanja.

3. Precizni pokazatelji performanci
Raspoloživost, pouzdanost i ostali ključni pokazatelji performanci sustava kao što su srednje vrijeme između kvarova ili srednje vrijeme popravka mogu biti automatski izračunati i prikazani na nadzornoj ploči. Ovo uklanja sudjelovanje ljudi u bilježenju zastoja osiguravajući što točnije podatke.

4. Automatska nadogradnja software-a
Promjenom software-a moguće je postići poboljšanja performanci opreme ili otkloniti tehničke probleme. Povezanost strojeva na internet olakšava i pospješuje nadogradnju software-a. Kad je potrebno popraviti ili nadograditi software, pružatelj usluge može odjednom, bez dolaska na lice mjesta, obaviti uslugu na svim povezanim strojevima.

5. Predlaganje popravaka i postupaka održavanja

Tehničarima će biti dostupne sve potrebne informacije za efikasnije donošenje odluka i brži put do rješavanja nastalih problema.

6. Učinkovitije upravljanje rezervnim dijelovima i zalihama

Učinkovito upravljanje zalihama može imati značajan utjecaj na ograničavanje zastoja opreme i kontrolu troškova održavanja. Povezana skladišta koja proaktivno nadziru kretanje inventara, i zalihe na dohvat ruke, što osigurava skladištenje samo zbilja potrebnih rezervi, postat će uobičajene prakse u svim postrojenjima.

7. Udaljena postrojenja

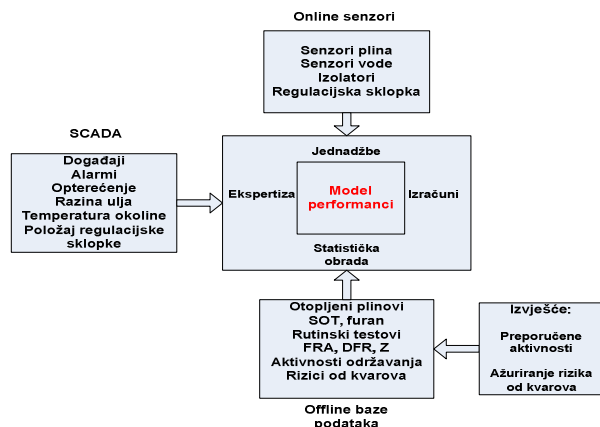
Kada je riječ o neplaniranom korektivnom održavanju, internet stvari će uvelike olakšati popravak geografski raspršenih postrojenja. Kao što je ranije spomenuto, kroz prediktivno održavanje omogućeno internetom stvari smanjit će se nepotrebni posjeti tehničara udaljenim i geografski raspršenim postrojenjima. [11]

Neke od vodećih svjetskih kompanija u domeni upravljanja tehničkim postrojenjima su na temelju tehnologije interneta stvari razvile vlastite sveobuhvatne sustave koji prate stanje opreme, te na osnovu analitičkih alata predlažu rješenja i prezentiraju ih na korisničkim sučeljima. Od postojećih vrijedno je spomenuti ABB-ov „Asset Health Center“, IBM-ov „Maximo Asset Management“ i Schneider-ov „EcoStruxure“. Iako se sami sustavi razlikuju u njihovim pojedinim segmentima, kao što su analitički alati ili način prikaza rezultata i rješenja na korisničkim sučeljima, osnovni princip rada im je vrlo sličan.

5. PRIMJENA INĐUSTRIJSKOG INTERNETA STVARI U ODRŽAVANJU TRAFOSTANICE PREMA STANJU

Primjer održavanja trafostanice prema stanju primjenom tehnologije interneta stvari je ranije navedeni ABB-ov „Asset Health Center“ koji je nastao u suradnji sa najvećim operaterom prijenosnog sustava u SAD-u – American Electric Power (AEP). AEP je tražio rješenje za sve više problema koji se pojavljuju u vođenju i održavanju elektroenergetskog sustava kojim upravljaju, pa tako i trafostanica kao njegovog ključnog dijela. Implementacija platforme završena je u prosincu 2015, a promatrana oprema je uključivala transformatore, prekidače i baterije. Sada su standardizirani paketi za promatranje uključeni u svu opremu vrlo visokog napona. Kao što je prikazano na slici 2.,

u modele performanci koji sadržavaju algoritme za procjenu stanja transformatora ulaze „offline“ podatci iz sustava (dob, dobavljač, povijest održavanja), SCADA podatci (operativni parametri iz realnog vremena) te „online“ podatci iz senzora. [5]



Slika 2. Shematski prikaz rada ABB-ove „Asset Health Center“ platforme [5]

Prednosti koje se ostvaruju implementacijom ovog sustava su:

- Povećana učinkovitost sustava
- Smanjenje učestalosti i trajanja neplaniranih ispada
- Poboljšana regulatorna usklađenost
- Optimizirano donošenje odluka kod aktivnosti koje uključuju popravak ili zamjenu dijelova
- Poboljšan povrat sredstava uložениh u razvoj pametnih mreža
- Poboljšano kapitalno planiranje
- Prijelaz na štedljiviju, prediktivnu metodu održavanja
- Optimizacija planiranja popravaka i održavanja
- Povećano iskorištenje podataka
- Skalabilnost kako bi se izbjegla neiskorištenost postojeće opreme i omogućila implementacija u sustav
- Priprema za budućnost kako bi se ovaj model upravljanja primjenio na novoj opremi od početka njenog životnog ciklusa [12]
-

6. ZAKLJUČAK

Budući da su trafostanice kao jedan od ključnih elemenata elektroenergetskog sustava

vrlo bitne u opskrbi potrošača električnom energijom čiji izostanak može izazvati velike probleme u funkcioniranju mnogih drugih sustava, njihov ispravan rad, a prema tome i održavanje su od velike važnosti. Većina strategija održavanja trafostanica temelji se na periodičkim vizualnim pregledima opreme, no ta se praksa pokazuje sve manje efikasnom što osobito dolazi do izražaja kada se uzmu u obzir sve strože zakonske regulative, ograničena financijska sredstva za održavanje, itd. Još jedan bitan nedostatak periodičkog održavanja je taj što su istraživanja pokazala kako je većina kvarova na opremi slučajnog karaktera, a samo mali dio kvarova ima veze sa starošću opreme.

Rješenje problema vidi se u prelasku sa periodičkog održavanja na održavanje prema stanju koje predstavlja razvijanje strategija održavanja na temelju promatranja sustava u realnom vremenu. Osnovna prednost ove metode održavanja je ta što ona daje realniji i potpuniji uvid u stvarno stanje sustava, što onda omogućuje donošenje kvalitetnijih odluka u procesima održavanja. Razvojem sve jeftinijih senzora, brzih i pouzdanih načina komunikacije, mjesta za pohranu podataka te analitičkih alata koji te podatke mogu obraditi na brz i kvalitetan način, implementacija metode održavanja prema stanju u tehničke sustave, pa tako i u trafostanice, i to u punoj većoj mjeri nego do sada, postaje moguća.

Tehnologija koja u sebi objedinjuje sve navedene prednosti je tehnologija internet stvari. Uz sve kvalitetnije, a jeftinije senzore, bežične mrže, cloud tehnologiju i analitičke software-e vizija interneta stvari postaje ostvariva i kao takva čini izvrsnu platformu za razvoj i primjenu metode održavanja tehničkih sustava prema stanju. Primjena interneta stvari u upravljanju i održavanju trafostanice prema stanju već je i ostvarena u praksi, a u ovom radu je prikazan primjer ABB-ove „Asset Health Center“ platforme. Kao što je prikazano u ovom primjeru, uz podatke koji se dobivaju iz novougrađenih senzora, platforma koristi i podatke iz već postojećih sustava nadziranja kao što je SCADA, a pri tome nije potrebno raditi preinake u već postojećoj arhitekturi trafostanice, što je u ovome slučaju još jedna velika prednost korištenja tehnologije interneta stvari.

LITERATURA:

- [1] M. Kezunovic i dr., „The 21st Century Substation Design“, Texas A&M University, Sempther 2010., <http://electrical-engineering-portal.com/res/The-21st-Century-Substation-Design.pdf> (pristup ostvaren: travanj 2017.)

- [2] V. Ravalika, "A mini project report on operation and maintenance of 220/132kV substation", Department of electrical and electronics engineering Kamala institute of technology and science, Singapur, Karimnagar, 2008-2012, <http://electrical-engineering-portal.com/res/Operation-and-Maintenance-of-a-220-132KV-substation.pdf> (pristup ostvaren: travanj 2017.)
- [3] E. Alibašić, J. Jurić, "Vrste održavanja trafostanica", 23. Znanstveno-stručni skup OTO '2014, Požega, Hrvatska, 24.-25. travnja, 2014. pp. 15-24.
- [4] Z. Lacković, "Inženjerski menadžment", Elektrotehnički fakultet, Osijek, 2008.
- [5] "Moving to Predictive Maintenance with IIoT in Power Transmission Substations", <https://industrial-iot.com/2016/12/iiot-in-power-transmission-substations/> (pristup ostvaren: travanj 2017.)
- [6] "Using the Internet of Things for preventative maintenance", <https://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?htmlfid=WWW12370USEN> (pristup ostvaren: travanj 2017.)
- [7] Jardine, Andrew K.S. i dr., "A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance", University of Toronto, 2005., <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088327005001512> (pristup ostvaren: travanj 2017.)
- [8] J. Banks, "Overview of Condition Based Maintenance", http://www.logisticsymposium.org/paperclip/speaker_management/14LA/presentation_file_distribution/358/8186d0e75243585e8e3bab96281ea9e1d0b2c646.pdf (pristup ostvaren: travanj 2017.)
- [9] H. Sundmaeker i dr., "Vision and Challenges for Realising the Internet of Things", European Commission – Information Society and Media, Brussels, 2010.
- [10] "Every Thing Connected: IoT = The Internet of Transformation", <http://www.schneider-electric.com/b2b/en/insights/every-thing-connected-iiot-the-internet-of-transformation.jsp> (pristup ostvaren: travanj 2017.)
- [11] J. O'Brien, "Improve Maintenance with the Internet of Things", <http://www.reliableplant.com/Read/29962/internet-improve-maintenance> (pristup ostvaren: travanj 2017.)
- [12] "ABB Asset Health Center, End-to-end asset management that turns 'big data' into clear and actionable intelligence", https://library.e.abb.com/public/bd0874a998f1126b85257b12007123f8/abb_asset_services_brochure_1.31.pdf (pristup ostvaren: travanj 2017.)

Primjena IT kod održavanja građevina – analiza na primjeru nove zgrade Građevinskog fakulteta u Osijeku

Professional paper

Držislav Vidaković

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Građevinski fakultet Osijek
Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska
dvidak@gfos.hr

Krešimir Pavelić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Građevinski fakultet Osijek
Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska
kreso@gfos.hr

Sažetak – Članak definira zadatke i organizaciju održavanja građevina (kao tehničkih sustava) javne namjene, te razmatra primjenu IT u tome. Opisane su značajke računalnih programa koji se koriste za podršku sustava održavanja i pojašnjeno je odlučivanje kod njihovog izbora. Sagledan je primjer informatizacije održavanja nove zgrade Građevinskog fakulteta u Osijeku i navedene su mogućnosti unaprjeđenja tog sustava održavanja.

Ključne riječi – održavanje, nadzor, zgrada, računalni sustav, organizacija, unaprjeđenje

APPLICATION OF IT IN BUILDING MAINTENANCE – ANALYSIS ON EXAMPLE OF THE NEW BUILDING OF THE CIVIL ENGINEERING FACULTY IN OSIEK

Abstract – The article defines the tasks and organization of maintenance of public buildings (as technical systems) and considers the application of IT in that area. Describe the characteristics of computer programs that are used to support system of maintenance and explained the decision with their choice. The article also gives the example of the maintenance computerization of the new Civil Engineering faculty building in Osijek and presents the possibilities of improving this maintenance system.

Keywords – maintenance, monitoring, building, computer system, organization, improving

1. UVOD

Prema nazivlju u održavanju europskog standarda EN 13306 održavanje je kombinacija tehničkih, administrativnih i upravljačkih aktivnosti tijekom životnog ciklusa neke stavke (zgrade, radne opreme i dr.) čiji je cilj da se ona sačuva ili povrati u stanje u kojem može obavljati potrebnu funkciju [1]. Vrlo pojednostavljeno, može se reći da je održavanje "upravljanje kvarovima" [2]. Održavanje zgrada može se definirati kao trajna aktivnost (ulaganje sredstava) za cijelo vrijeme uporabe zgrade, kojom se zgradi u cjelini i svim njezinim dijelovima osigurava razina služnosti u određenim dopustivim granicama [3].

Za projekte javnih građevina karakteristično je što ih isti investitor - vlasnik "vodi" od početka do kraja, tj. od projektne ideje, preko izrade projektne dokumentacije, izbora izvođača

radova i realizacije, te tijekom cijele faze uporabe do razgradnje. Obzirom na to, investitor ima interesa za sagledavanje i planiranje sveukupnih, cjeloživotnih troškova (prije i tijekom izvedbe građevine, te poglavito tijekom najdugotrajnije faze – uporabe i održavanja) s njihovom optimalizacijom. Za zgrade Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera već je provedeno istraživanje o troškovima uporabe i održavanja (koje snosi javni sektor) i mogućnosti njihove procjene [4].

Gospodarenje građevinama (zgrade, ceste, hidrotehničke građevine i drugo) objedinjuje upravljanje njihovom uporabom i upravljanje održavanjem (*Maintenance management*). Upravljanje održavanjem obuhvaća planiranje, organiziranje, vođenje i kontroliranje aktivnosti održavanja [5], a kod složenih sustava (čije dio mogu biti građevine) treba i povezati i izbalansirati funkcije kao što su: organizacija

održavanja, planiranje i vremenski raspored aktivnosti, minimalizacija troškova i kontinuirano unaprjeđivanje, ugovaranje poslova održavanja, pokretanje, ispunjavanje i praćenje radnih naloga te upravljanje brojom drugom dokumentacijom, osposobljavanje za održavanje, preventivne aktivnosti održavanja, prediktivno održavanje [6], otklanjanje kvarova do kojih dođe i drugo.

Danas se kod složenijih i važnijih sustava održavanje rijetko orijentira isključivo na otklanjanje kvarova koji nastupe, nego ih se nastoji prevenirati, u načelu tako da se osigura potrebna razina pouzdanosti i sigurnosti i da se minimaliziraju ukupni troškovi. Svi ti troškovi se kod zgrada mogu podijeliti na [7, 4]:

- troškove inspekcijskog održavanja,
- troškove preventivnog održavanja,
- troškove zamjene istrošenih materijala i elemenata,
- troškove reaktivnog održavanja.

Kod zgrada i drugih građevina osim reaktivnog djelovanja (tj. održavanja diktiranog kvarovima - *Breakdown maintenance*), primjenjivo je preventivno održavanje (*Preventive Maintenance*), prediktivno održavanje (*Predictive Maintenance*) (koje se temelji na stanju i zahtjeva praćenje u stvarnom vremenu - *Real time monitoring*), preveniranje održavanja (*Maintenance Prevention*) (projektiranje tako da oprema nema potrebe za održavanjem), održavanje usmjereno na pouzdanost (*Reliability Centered Maintenance*), odnosno poduzimanje inspekcijskih, tehničkih pregleda na osnovu rizika (*Risk Based Inspection*) i održavanje na osnovu rizika (*Risk Based Maintenance*) [8, 9], terotehnoško postupanje (*Terotechnology*) (uključivanje stručnjaka održavanja u sve faze životnog ciklusa opreme) i dr.

2. INFORMATIZACIJA ODRŽAVANJA

Dosadašnji razvoj održavanja i upravljanja s održavanjem bio je usko povezan s razvojem informatičkih tehnologija (IT) [10]. Suvremene strategije održavanja (uobičajeno nazivane 4. generacijom), nastale su na osnovu prethodnih, ali imaju različit odnos prema ukupnim troškovima, pouzdanosti i riziku te veću povezanost između projektiranja i funkcioniranja opreme. Također, one iziskuju puno više korištenja IT-a [9] i zapravo bez IT-a se ne mogu niti ostvariti.

Informatičke tehnologije imaju široku primjenu kod aktivnosti održavanja – od praćenja stanja opreme i tehničke dijagnostike do "oblaka" (*Cloud*) s podacima i najnovijeg, interneta stvari

(*Internet of Things*) gdje umreženi "pametni" uređaji međusobno djeluju interaktivno i omogućuju automatizaciju održavanja.

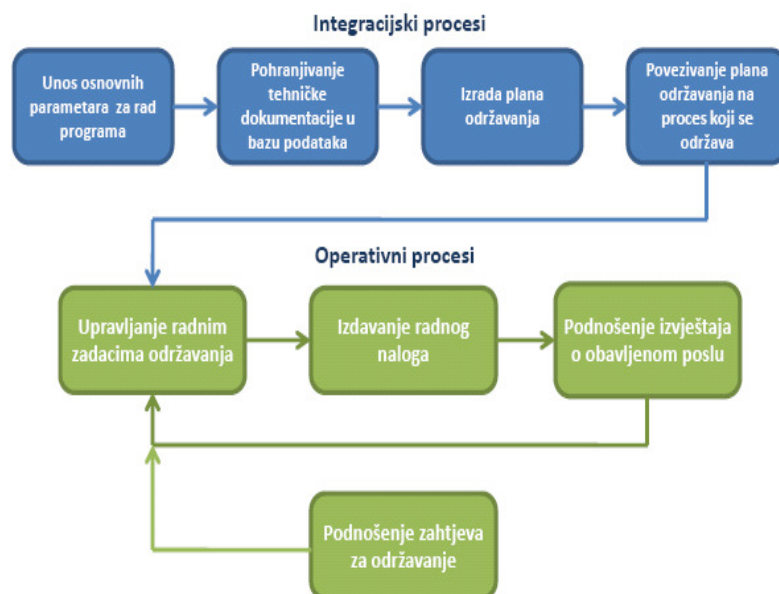
Računalni sustavi za upravljanje održavanjem opreme postoje od 70-tih godina 20. st. (kasnih 70-tih godina prvi *online* računalni sustav održavanja) [11]. Računalni sustav za upravljanje održavanjem (*Computerized maintenance management systems* – CMMS) ima nezamjenjivu ulogu u upravljanju širokim rasponom informacija o radnoj snazi za poslove održavanja, zalihama rezervnih dijelova (inventaru) i planiranju popravaka i drugih aktivnosti održavanja, kao i njihovom praćenju zajedno s pripadnim troškovima. Njihova sposobnost za upravljanje informacijama održavanja doprinosi kvalitetnijoj komunikaciji i sposobnosti donošenja odluka u funkciji održavanja. Pristupačnost informacija i komunikacijske veze koje pruža CMMS daje mogućnost unaprjeđenja rezultata održavanja, bolju komunikaciju o potrebnim popravcima (bržu reakciju) i prioritetu radova, te bolju koordinaciju i bliže radne odnose između održavanja, proizvodnje i inženjeringa [8]. Koriste se i za planiranje i izradu vremenskog rasporeda narudžbi i radnih naloga (osnovnih dokumenata kod obavljanja poslova održavanja) i upravljanje ukupnim radnim opterećenjem za održavanje. CMMS se može primjenjivati za automatizaciju preventivnog održavanja. Takvi računalni sustavi imaju potencijal za jačanje izvješća i kapaciteta analize, kao npr. o uspješnosti procesa održavanja. Uz to, to je i IT platforma za međusobnu integraciju s procesnim sustavima za nadzor i upravljanje pogonom te sustavima i opremom za praćenje i dijagnostiku stanja. Kvalitetni CMMS mora omogućavati formiranje evidencije objekata održavanja, evidenciju stanja održanih tehničkih sustava/podsustava s klasifikacijom kritičnosti objekata i opreme za odvijanje poslovnih procesa, evidenciju kvarova (povijest opreme) i njihovu analizu (s razlogom nastanka), kreiranje, ažuriranje i arhiviranje sve dokumentacije održavanja u e-obliku, upravljanje radnicima, materijalima, alatima i drugom opremom za održavanje, definiranje potrebnih mjera zaštite na radu kod provođenja određenih aktivnosti održavanja, izvješćivanje i analizu ključnih pokazatelja učinkovitosti sustava održavanja te korištenje sustava na mobilnim uređajima [12].

Ako se radi o složenom tehničkom sustavu CMMS je ključan za postizanje djelotvornog održavanja i upravljanja imovinom, ali da bi ispunio svoju funkciju njegova uspostava mora biti sveobuhvatna.

Informacijski sustavi koji se danas najčešće koriste za podršku upravljanja s održavanjem fizičkom imovinom poznati su pod nazivom *Enterprise Asset Management* i nastali su nadogradnjom i razvojem funkcionalnosti prve generacije CMMS-a, pa se taj naziv i danas koristi kao sinonim. U posljednje vrijeme je najzastupljeniji model SaaS (*Software as a Service*) koji minimalizira naručiteljeva ulaganja u informacijsko-komunikacijske resurse (serverski kapaciteti, sistemski softver, IT stručnjaci), jer se sustav koristi u "oblaku", a pristupa mu se s računala putem jednog od popularnih web pretraživača ili mobilnog uređaja [12].

Suvremeni računalni sustavi (kakav je npr. univerzalni alat za upravljanje radnim osobljem i poslovima održavanja *ELMAP Maintenance Management System – MMS*) uvode dvostruku povijesnu evidencija radova - i prema opremi i

prema funkciji (mjestu montaže). Potrebni parametri za rad programa su podaci kao što su: osobe/korisnici aplikacije, jedinice mjere, tehnički elementi, funkcijski elementi, građevine, procesne varijable, predlošci održavanja, partneri i proizvođači. Tehnička dokumentacija u bazi podataka vezuje se uz tehnički/funkcijski element ili građevinu. Plan održavanja pojedinog tehničkog elementa u pravilu daje proizvođač opreme, a taj plan je potrebno prilagoditi u tabličnom kalkulatoru programa, te se kao takav unosi u bazu informatičkog sustava. Računalni program daje prikaz trenutnog statusa radnih zadataka (na čekanju, u provedbi ili izvršen), a radni zadaci s popisa nekog radnog naloga, s definiranim datumima i izvršiteljima zadataka, mogu se pregledavati i uređivati [13]. Slika 1 pokazuje poslovne procese kod računalnog programa *ELMAP MMS*.



Slika 1. Proces kod programa *ELMAP MMS* [13]

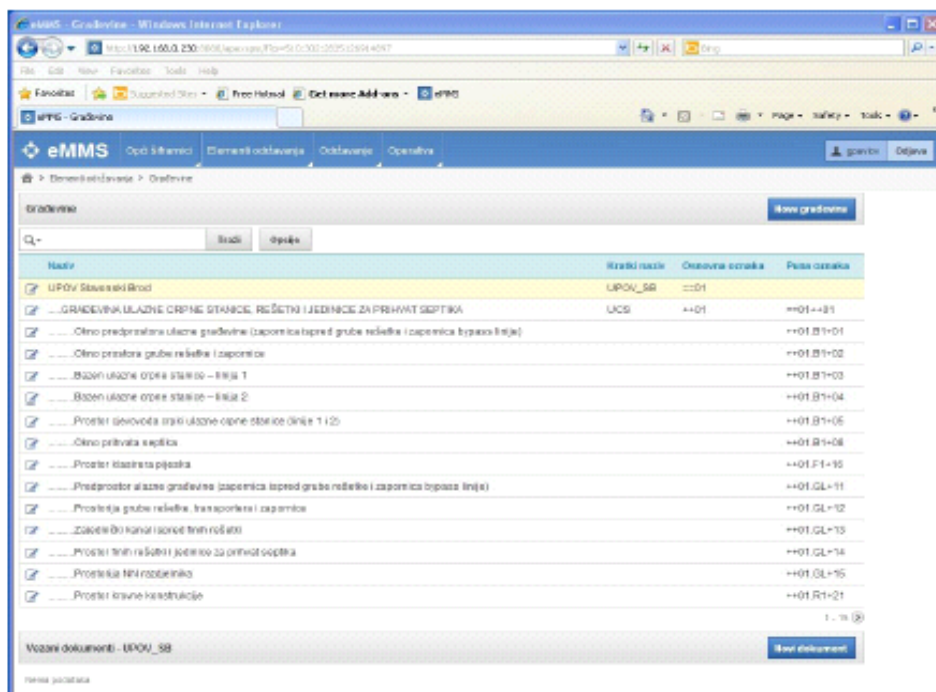
Lokalna računalna mreža (*Local Area Network – LAN*), mreža širokog područja (*Wide Area Network – WAN*) i uredska računalna tehnologija omogućuju CMMS-u lokalni pristup ili pristup na daljinu, što razmjenu informacija čini lakšom, posebice za tvrtke koje imaju dislocirane pogone (koji mogu biti smješteni diljem svijeta), a isto vrijedi i za upravljanje s većim brojem građevina razmještenih na većim udaljenostima. Tako se može osigurati bolja informiranost i s tim brže definiranje potreba održavanja i koordiniranje i odlučivanje u svezi održavanja (kao npr. određivanje prioriteta aktivnosti održavanja). Primjer primjene

CMMS-a kod održavanja građevina vidi se na slici 2.

Rast tržišta dobavljača različitih programskih rješenja za upravljanje održavanjem povećava mogućnosti korisnika, ali i komplicira istraživanje i analizu kod odlučivanja o najpovoljnijem izboru, obzirom na njihove specifične potrebe. Zato se kod izbora za nabavu za njihovo pozicioniranje, u odnosu na četiri osnovne vrste ("Izazivača", "Lidera", "Igrača u nišama" i "Vizionara"), može kao alat koristiti Gartnerov (vodeća svjetska tvrtka za istraživanje IT i savjetodavne usluge u svezi

toga) “magični kvadrat“ pokazan na slici 3. On pruža brzu edukaciju o programskim rješenjima mogućih dobavljača i njihovoj sposobnosti zadovoljavanja trenutnih i budućih potreba krajnjih korisnika (odražava njihove vlastite poslovne ciljeve, potrebe i prioritete), kao i

jednostavno razumijevanje pozicije koju trenutno na tržištu zauzima pojedini dobavljač. Tako se može usporediti pojedine dobavljače u izvršavanju zacrtane vizije u budućnosti, što je jako važno za donošenje odluke o izboru i nabavi optimalnog rješenja [14, 15].



Internet preglednik

Navigacijska traka

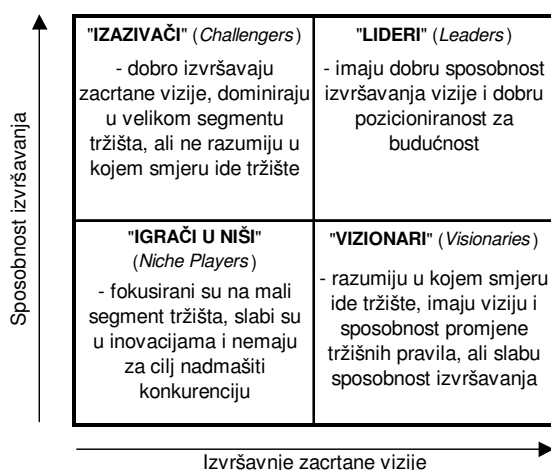
(sadrži: Opće šifrnike, Elemente održavanja, Održavanje i Operativu)

Glavna tablica

s popisom elementata građevine za održavanje (s kratkim nazivom/oznakom)

Tablica vezanih dokumenata

Slika 2. Izgled glavne tablice programa ELMAP MMS za održavanje crpne stanice i jedinice za prihvata septika u Slavonskom Brodu (prema [13])



Slika 3. Gartnerov “magični kvadrat“ s karakteristikama četiri vrste dobavljača CMMS rješenja (prema [14, 15])

Obzirom na navedeno, izvjesno je da se pravilnim korištenjem softverskih rješenja prilagođenih usvojenoj strategiji održavanja mogu postići unaprjeđenja u organizaciji i

upravljanju te tako ostvariti uštede, naročito glede raspoloživosti opreme i racionalizacije zaliha i nabave roba, usluga i radova. Primjena ovakvih računalnih sustava za održavanje u svijetu raste već dugi niz godina, a korist je najizraženija u djelatnostima kod kojih je održavanje ključno za poslovne procese i gdje je raspoloživost tehničkih sustava presudna za odvijanje proizvodnje i pružanje usluga [12].

No, prilikom uvođenja CMMS-a treba voditi računa o preprekama koje se u praksi često javljaju. Istraživanje koje su *Reliabilityweb.com*, *CMMScity.com* i *Maintenance-benchmarking.com* proveli 2003. godine na više od 600 sudionika širom svijeta pokazalo je da čak 57% implementacija CMMS sustava nije ostvarilo očekivani prinos na investicije, a osnovne prepreke uspješnoj implementaciji bile su nedostatak odgovarajuće strategije održavanja, nedostatak jasno određenih ciljeva uvođenja CMMS-a, pogrešan izbor softverskog paketa, izostanak integracije računalnih aplikacija, nekorektnost podataka i nedostatak odgovornosti djelatnika [16].

3. ODRŽAVANJE NOVE ZGRADE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U OSIJEKU

3.1. ORGANIZACIJA I ZADACI SLUŽBE ODRŽAVANJA JAVNE ZGRADE

Projektanti propisuju održavanje buduće građevine (proizvođači za ugrađenu opremu), izvođači nakon završetka gradnje sastavljaju pisanu izjavu o izvedenim radovima i o uvjetima održavanja građevine, a njihovi vlasnici su zaduženi za održavanje i moraju osigurati uvjete za sigurnu uporabu [17]. Kod javnih zgrada s održavanjem se u pravilu bavi tehnička služba u koordinaciji s upravom. Hrvatski zakoni, pravilnici i norme propisuju niz pregleda i ispitivanja i perioda u kojima se oni moraju poduzimati na javnim zgradama, kao što je zgrada Građevinskog fakulteta u Osijeku (ispitivanje gromobranske instalacije, pregled i ispitivanje zaštite od električnog udara, ispitivanje izolacijskog otpora električne instalacije, ispitivanje neprekinutosti vodiča, ispitivanje panik rasvjete, ispitivanje proptupožarnog tipkala za daljinsko isključivanje glavne sklopke, pregled i ispitivanje funkcionalnosti stabilnog sustava za gašenje požara, ispitivanje vatrogasnih aparata, ispitivanje toplinske podstanice, pregled klimatizacijskih uređaja, ispitivanje telefonske instalacije, ispitivanje strojeva - uređaja s povećanim opasnostima i drugo, ovisno o zgradi i njenoj opremi) [18].

Nova zgrada Građevinskog fakulteta (slika 4) u kampusu Sveučilišta J. J. Strossmayera ima neto površinu 9.659 m² (uz učionice, kabinete, komunikacijske prostore i garsonjere ima i laboratorije u kojima su strojevi). Zgrada je u uporabi manje od godinu dana (od lipnja 2016 godine), pa zamjena njezinih materijala i elemenata zbog istrošenosti, odnosno isteka njihovog uporabnog vijeka nije još aktualna, ali se obavljaju radovi popravaka koji spadaju u obveze izvođača zbog dvogodišnjeg ugovornog jamstva za otklanjanje nedostataka.



Slika 4. Zgrada Građevinskog fakulteta u sveučilišnom kampusu u Osijeku

Za aktivnosti redovitog održavanja zaduženi su djelatnici kojima je to u opisu radnog mjesta (voditelj odjela tehničkih poslova, domar, djelatnici u IT odjelu, spremačice, djelatnik zadužen za obavljanje poslova i unaprjeđenje

stanja zaštite od požara i drugi), a za propisane periodične preglede elemenata zgrade i neke specijalizirane poslove (npr. održavanje dizala i održavanje specijaliziranih komponenti IT sustava u dijelu zgrade) zaduženi su vanjski suradnici (ugovoren je *outsourcing*) koji imaju za to odgovarajuće stručno-tehničke sposobnosti. Vrlo je bitna i suradnja svih djelatnika koji sudjeluju u aktivnostima održavanja zgrade s ostalim djelatnicima u zgradi, a poglavito s upravom.

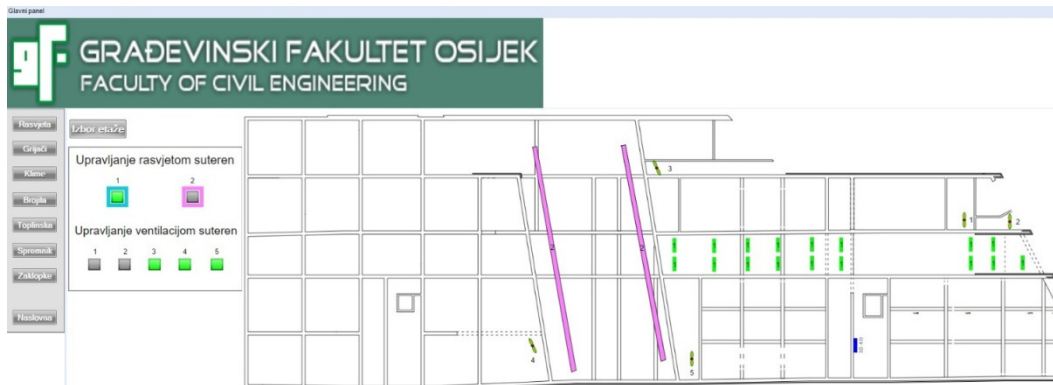
3.2. KORIŠTENJE CENTRALNOG NADZORNO- UPRAVLJAČKOG SUSTAVA

Djelatnici zaduženi za poslove održavanja sustava zgrade Građevinskog fakulteta u Osijeku redovito provjeravaju i nadziru stanje u zgradi pomoću Centralnog nadzorno-upravljačkog sustava (CNUS) koji je preuzet zajedno s novom zgradom. CNUS osim nadzora samih podsustava služi i u svrhu signalizacije i označavanja njihovih neispravnih komponenti. Senzori, zaklopke, brojila i spremnici, povezani su sa samim nadzornim računalom i grafički, odnosno brojčano pokazuju stanje u realnom vremenu. Ako nadležne osobe dobiju dojavu od drugih djelatnika o nepravilnostima ili na računalnoj aplikaciji primjete kvar, odnosno određene anomalije dužni su reagirati u skladu s tim, te tako omogućiti da zgrada može biti neprekidno u uporabi sa svim svojim funkcijama, uz što manje kvarova i ometanja korisnika. Uz to, potrebno je voditi i dokumentaciju o radu i nadzoru tehničkog sustava zgrade s uočenim nepravilnostima, načinu otklanjanja i vremenskim periodima redovnih održavanja sustava (mjesečno, polugodišnje, godišnje itd.) sa svrhom stvaranja baze podataka i njegovog održavanja.

CNUS obuhvaća svih šest etaža zgrade (podrum, suteran, prizemlje i tri kata) i ravni krov. Podsustavi CNUS-a se dijele na:

- "Rasvjetu" (s ventilacijom sanitarija),
- "Grijače",
- "Brojila" (električne energije),
- "Klima komore",
- "Toplinsku stanicu",
- "Zaklopke" (za regulaciju protoka ventiliranog zraka).

Nakon ulaska u podsustav "Rasvjeta" korisnik, tj. nadzornik bira etažu za koju želi provjeriti stanje, te izvršiti korekcije ili upravljanje podsustavima. Na slici 5 prikazan je suteran fakultetske zgrade, s mogućnošću paljenja rasvjete (oznake sa brojem 1), te ventilacije (oznake 1-5 sa slikama ventilatora).

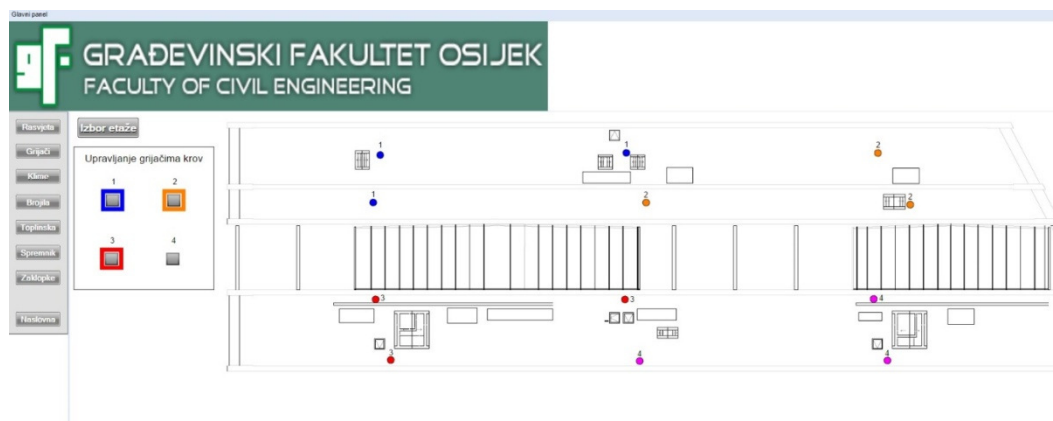


Slika 5. Prikaz iz CNUS-a za instalacije rasvjete i ventilaciju u suterenu zgrade

U slučaju da rasvjeta ne radi na određenim pozicijama, sustav crvenom bojom prikazuje ta mjesta. Isto tako, animacija ventilatora pokazuje njihovo stanje, točnije, da li su u pogonu ili ne. Upravljanje rasvjetom i ventilacijom obavlja se putem menija s lijeve strane slike.

Sekcija "Grijači" u CNUS aplikaciji (slika 6) je namijenjena krovnim grijačima koji po zamisli

projektanata služi za otapanje leda na kritičnim mjestima. Pošto bi led svojim nastankom i djelovanjem mogao dovesti do oštećenja i kvarova, djelatnici zaposleni u sustavu održavanja trebaju obratiti pozornost na to, pogotovo u zimskim mjesecima kada je pojava leda bitno prisutna, te reagirati i paliti grijače po potrebi. Poželjno je i praćenje vremenske prognoze za dan unaprijed kako bi se spriječilo zaleđivanje preko noći ili tijekom vikenda kada je smanjen nadzor zgrade.



Slika 6. Prikaz aplikacije CNUS-a za krovne grijače

Podsustav "Brojila" omogućuje uvid u trenutno stanje potrošnje električne energije što može ukazivati na eventualne probleme u radu.

Podsustavima "Klima komore" i "Toplinska stanica" uključuje se i isključuje sustav klima komora i radijatorskog grijanja i podnog grijanja (u prizemlje zgrade). Prvi podsustav omogućuje nadzor klima komora te uočavanje nepravilnosti u radu, odnosno neispravnosti pojedinih komponenti sustava. To pravovremeno upućuje na potrebu preventivnog reagiranja i servisiranja. Podsustavom CNUS-a "Toplinska stanica" (slika 7) provjeravaju se temperature radijatorskog grijanja, tlak u polaznom razdjelniku kao i sama protočnost ventila. Ukoliko protočnost pada, treba provjeriti sustave zbog pojava mehaničkih nečistoća, kamenca i slično.



Slika 7. Podsustav CNUS-a za grijanje fakultetske zgrade

Nadzorom volumnih zaklopki za regulaciju protoka ventiliranog zraka u cijeloj zgradi vidi se njihovo stanje, te ispravnost ili neispravnost, koja direktno utječe na protok i kvalitetu zraka.

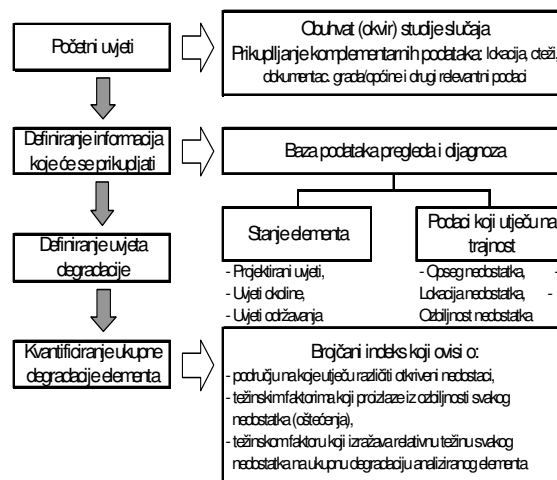
3.3. MOGUĆNOSTI UNAPRJEĐENJA SUSTAVA ODRŽAVANJA

Preseljenjem Građevinskog fakulteta u novu zgradu koja ima suvremenije tehničke karakteristike (ugrađeni materijali i oprema) u odnosu na dvije prethodno korištene zgrade (starosti veće od 55 i 35 godina i neto površina 2.300 m² i 1.640 m²) povećane su i promijenjene potrebe za održavanjem, a u tehničkom odjelu je zaposlena samo jedna nova osoba. Obzirom na oko 3 puta veću površinu nove zgrade povećane potrebe za održavanjem moguće je zadovoljiti angažiranjem većeg broja osoba zaduženih za poslove održavanja i/ili povećanjem efikasnosti održavanja koje se može postići i informatizacijom procesa. Iz toga proizlazi i potreba za dodatnim obrazovanjem i obučavanjem djelatnika za poslove održavanja. Njihovo cjeloživotno obrazovanje biti će potrebno i zbog neupitnog razvoja tehnologija (poglavito IT) za vrijeme predviđenog uporabnog vijeka zgrade i zbog mogućnosti daljnjeg unaprjeđivanja sustava održavanja.

Za održavanje bi bila korisna uporaba nekog CMMS rješenja, s tim da se nabavi pristupi tek nakon razmatranja vlastitih specifičnih zahtjeva, definiranja kriterija izbora i istraživanja ponude na tržištu. Za fakultetsku zgradu s opremom nije potreban CMMS kao za proizvodni pogon i dislocirane objekte održavanja, ali svakako bi trebalo da ima mogućnost praćenja i bilježenja kvarova i njihovih popravaka, kao i poduzetih aktivnosti preventivnog održavanja (uključujući preglede). Također, bilo bi poželjno da taj računarni sustav promptno, u realnom vremenu putem mobilnih uređaja izvešćuje nadležne djelatnike o problemima u zgradi, jer u njoj ne postoji 24 satna nadzorna služba.

U narednom vremenu, sa starenjem zgrade biti će sve više potrebe za popravcima, a s tim onda i za višekriterijskim odlučivanjem o prioritetu obavljanja aktivnosti održavanja, jer raspoloživi resursi za to su uvijek ograničeni. Da bi donošenje odluka bilo što racionalnije preporuča se usvajanje sustava za potporu odlučivanju (u formi računalnog programa) s definiranjem aktivnosti i kriterija (od sigurnosti za korisnike koja je primarna, do utjecaja na troškove, estetskog dojma i drugo), kako npr. predlažu autori u radu [3]. Primjenjivu metodologiju analize stanja pojedinih elemenata zgrade (npr. fasade, krova, podova,

vodovodnih instalacija, kanalizacije itd.) pokazuje slika 8.



Slika 8. Metodologija koja se može koristiti u sustavnoj analizi stanja degradacije elemenata zgrade (prema [19])

Obvezno treba imati na umu da uvođenje CMMS-a i novih postupaka održavanja iziskuje odgovarajuću pripremu i dovoljnu ustrajnost u integraciji u organizacijsku strukturu.

4. ZAKLJUČAK

Često su glavni problemi koji utječu na djelotvornost inicijativa za unaprjeđenje održavanja slabo bilježenje ponašanja i primjera održavanja, kao i slabo izvješćivanje o tome, slabo upravljanje rezervnim dijelovima i nedjelotvorno provođenje unaprjeđenja održavanja. To se može pripisati neodgovarajućem korištenju računalnih sustava i minimalnoj ulozi IT-a za razvrstavanje problema u svezi održavanja [8]. Primjena CMMS-a, poboljšanjem prijenosa informacija i stvaranjem odgovarajuće baze podataka, može značajno doprinijeti unaprjeđenju organizacijskih performansi i sposobnosti odlučivanja u svezi održavanja. Zato se za postizanje značajnih unaprjeđenja održavanja preporuča primjena djelotvornog računalnog sustava za upravljanje održavanjem, a baze podataka o održavanju trebalo bi voditi za cijelo Sveučilište (ili barem za nove zgrade u Kampusu kao slične primjere).

Ulaganje u održavanje je investicija u budućnost tvrtke, tehničkog sustava ili građevine. Već je sada potrebno razmišljati o unaprjeđenju sustava održavanja nove fakultetske zgrade

(kako bi se što više očuvala vrijednost investicije koja je bila veća od 117 milijuna kuna) u čemu će IT nesumnjivo imati veliku ulogu.

Svaki građevinski projekt, zajedno sa svojom okolinom, je jedinstven i ne postoji jedna strategija održavanja niti jedan informacijski sustav koji bi bili optimalni za svaku građevinu. Da bi odlučivanje o njihovom izboru bilo racionalno potrebno je prethodno razmotriti sve troškove (cjeloživotne) i mogućnosti koje dugoročno zadovoljavaju potrebe sustava zgrade sa svim njenim predviđenim funkcijama.

Organizaciju provedbe održavanja treba dobro isplanirati i u odnosu na to pratiti ostvarene rezultate i efekte koje daje primjenjena IT, te po potrebi ažurirati plan i organizaciju, kao i mijenjati primjenjeni računalni sustav i drugu IT opremu.

LITERATURA:

- [1] CEN EN 13306, "Criteria for design, management and control of maintenance services for buildings", 2010.
- [2] J. Knezevic, "Increasing Profitability and Reliability through Failure Management", Održavanje i eksploatacija, Br. 4, 2016, str. 5-39.
- [3] A. Cerić, M. Katavić, "Upravljanje održavanjem zgrada", Građevinar, Vol. 53, No. 2, 2000, str. 83-89.
- [4] H. Krstić, S. Marenjak, "Analiza troškova održavanja i uporabe građevina", Građevinar, Vol. 64, No. 4, 2012, str. 293-303.
- [5] J. C. Schemerhorn, "Management", 9th Ed., John Wiley New York, 2007.
- [6] T. Wireman, "Benchmarking Best Practices in Maintenance Management", 2nd Ed., Industrial Press Inc. New York, 2010.
- [7] S. Marenjak, M.A. El-Haram, R.M.W. Horner, "Procjena ukupnih troškova u visokogradnji", Građevinar, Vol. 54, No. 7, 2004, str. 393-401.
- [8] P.S. Ahuja, "Total Productive Maintenance", Handbook of Maintenance Management and Engineering, str. 417-458, Springer-Verlag London, 2009.
- [9] D. Vidaković, H. Glavaš, K. Pavelić, "Mogućnosti primjene suvremenih strategija održavanja za složene tehničke sustave", Zbornik radova 7nd International Natural Gas, Heat and Water Conference, Osijek, Hrvatska, 28-30. rujna 2016, str. 243-253.
- [10] D. Vidaković, "Koncepti održavanja tehničkih sustava temeljeni na analizi rizika od otkaza", Zbornik radova 25th International Scientific Meeting Organisation and Technology of Maintenance, Osijek, Hrvatska, 22. travnja 2016, str. 111-122.
- [11] N.F. Azahar, A.O. Mydin, "Potential of Computerized Maintenance Management System in Facilities Management", Analele Universitet Eftime Murgu, Resita, Vol. 21, No. 1, 2014, str. 51-59.
- [12] K. Brckan, T. Ivanček, "Upravljanje održavanjem uz podršku suvremenog *Asset Management* informacijskog sustava", Održavanje i eksploatacija, Br. 1, 2016, str. 11-13.
- [13] L. Fahrenwald, "Univerzalni alat za sustavno upravljanje radnim osobljem i poslovima održavanja – *ELMAP Maintenance Management System*", Materijali s izlaganja na seminaru Računarski sistemi za potporu procesima održavanja- CMMS, Zenica, BiH, 8. travnja 2014. http://www.elmap.hr/images/download/6_103_eMMS_prezentacija.pdf (pristup: 2016)
- [14] D. Lisjak, K.Brckan, "Problematika odabira CMMS sustava", Zbornik radova 3. Konferencija Održavanje 8. travnja, Zenica, BiH, 11-13. lipnja 2014, str. 249-256.
- [15] Gartner Inc, Gartner Magic Quadrant, http://www.gartner.com/technology/research/methodologies/research_mq.jsp (pristup: 2017)
- [16] T. O'Hanlon, Computerized Maintenance Management and Enterprise Asset Management – Best Practices, CMRP, Reliabilityweb.com, 2005, http://www.maintenance.org/fileSendAction/ftype/0/0/cid/399590942962615745/filePointer/399590942964782479/fodoid/399590942964782477/cmms_best_practices.pdf (pristup: 2017)
- [17] "Zakon o gradnji", Narodne novine, Br. 153, 2013 i Br. 20, 2017.
- [18] B. Bognar, D. Vidaković, P. Završki, "Planiranje održavanja javnih zgrada", Zbornik radova 17. Znanstveno-stručnog skupa, Organizacija i tehnologija održavanja, Osijek, Hrvatska, 9. svibnja 2008, str. 107-118.
- [19] A. Silva, J. de Brito, P. L. Gaspar, "Methodologies for Service Life Prediction of Buildings - With a Focus on Façade Claddings", Springer International Publishing Switzerland, 2016.

Održavanje plovnih putova

Professional paper

Tatjana Mijušković-Svetinović

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Građevinski fakultet Osijek
Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska
tatjanam@gfos.hr

Božica Cvijančević

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Građevinski fakultet Osijek
Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska
b.cvijancevic@gmail.com

Sažetak - Za plovidbu i prijevoz po kopnenim vodama koriste se unutarnji plovni putovi. Pod plovnim putom podrazumijevamo pojas na unutarnjim vodama određene dubine, širine i propisanih gabarita koji je uređen, obilježen i otvoren za sigurnu plovidbu. Mrežu plovnih putova na unutarnjim vodama u Republici Hrvatskoj čine prirodni tokovi rijeke Dunav (137,5 km), rijeke Save (446 km), rijeke Drave (198,6 km) i rijeke Kupe (5 km). Kako bi se uspješno osigurala sigurnost plovidbe na plovnim putovima potrebno je poduzeti niz mjera kao što su održavanje plovnih putova i hidrotehničkih građevina na njima, poboljšanje uvjeta plovidbe, kao i postavljanje i održavanje uređaja za obilježavanje i signalizaciju. Tehničko održavanje plovnih putova ima višestruku zadaću, s jedne strane to je sigurnost plovidbe vodnim putom, a s druge strane to je plovnost puta prema mjerilima za podjelu vodnih putova. To sve dovodi i do zaključka o opsežnosti i specifičnosti održavanja općenito i tehničkog održavanja vodnih putova u Republici Hrvatskoj, koji se financira iz državnog proračuna i pod nadležnosti je Agencije za vodne putove. U radu su prikazani propisi na temelju kojih se održavanje izvodi, vrste radova održavanja kao i načini njihove izvedbe. Kao primjer je prikazano održavanje vodnih putova na rijeci Dravi.

Ključne riječi – plovni put, unutarnji plovni putovi, održavanje, rijeka Drava

INLAND FAIRWAY MAINTENANCE

Abstract - Inland waterways are used for navigation and land-based transport, which are considered to be the least harmful to the environment. By the waterway we mean a belt on the inland waters of a certain depth, width and prescribed gabarit that is arranged, marked and open for safe navigation. The Danube River's natural waterways (137.5 km), the Sava River (446 km), the Drava River (198.6 km) and the Kupa River (5 km) are the natural waterways in the Republic of Croatia. In order to successfully insure the safety of navigation on the waterways, it is necessary to undertake a series of measures such as the maintenance of waterways and hydrotechnical constructions on them, the improvement of navigation conditions, and the installation and maintenance of marking and signaling devices. Technical maintenance of the waterways has a multiple task, on one hand it is the safety of waterway navigation, and on the other hand it is the navigability of the road according to waterway separation criteria. All this leads to a conclusion on the extent and specificity of maintenance in general and technical maintenance of waterways in the Republic of Croatia, which is financed from the state budget and is under the jurisdiction of the Waterways Agency. This paper presents the regulations on the basis of which the maintenance is carried out, the types of maintenance works as well as the ways in which they are carried out. As example of maintenance, paper presents fairway maintenance on the Drava River.

Key words - fairway, Inland fairways, maintenance, Drava River

1. UVOD

Plovni put je dio vodnog puta propisane dubine, širine i drugih mjera koji je uređen, obilježen i siguran za plovidbu [1]. Plovni put je definiran plovnim koritom i radijusom zavoja kod niskog plovnog vodostaja (NPV), te slobodnim gabaritima ispod mostova i zračnih kabela ispod visokog plovnog vodostaja (VPV). NPV je

određen temeljem statističkog proračuna trajnosti vodostaja iz 25 godišnjeg razdoblja opažanja, te odgovara vodostaju 95%-tne trajnosti. VPV je određen na temelju statističkog proračuna trajnosti vodostaja iz 25 godišnjeg razdoblja opažanja, a odgovara vodostaju 1%-tne trajnosti [2].

Velika prednost Republike Hrvatske je njen geografski položaj, odnosno smještena je na

raskrižju između Sredozemnog mora i srednje Europe. Republika Hrvatska je poznata kao zemlja dugačke i razvedene morske obale, no također zemlja ima i dobro razvijenu mrežu unutarnjih plovnih putova koja nije dovoljno iskorištena. Ovakav povoljan zemljopisni položaj omogućuje razvoj kombiniranog prijevoza i povezivanje Europe s Jadranom preko unutarnjih plovnih putova [3].

Mrežu plovnih putova na unutarnjim vodama u Republici Hrvatskoj čine prirodni tokovi rijeke Dunav u dužini od 137,5 km, rijeke Save 446 km, rijeke Drave 198,6 km i rijeke Kupe 5 km. Naime, plovni put rijeke Dunav (E – 80) cijelom dužinom u Republici Hrvatskoj od Batine do Iloka (1433 rkm do 1295,5 rkm) osposobljen je i obilježen za dnevnu i noćnu plovidbu. Plovni put rijeke Save (E 80 – 12), od ušća Kupe nizvodno do Jamene, granica s RS (od rkm 583 do rkm 207), djelomično je osposobljen i obilježen za dnevnu plovidbu, no na dijelu od ušća Kupe do Rugvice, rijeka Sava nije osposobljena za komercijalnu plovidbu [2]. Na Slici 1. prikazani su unutarnji plovni putovi Republike Hrvatske.

Od postojećih plovnih putova u Republici Hrvatskoj (klase I, II, III, IV, VIc), Dunav ima najbolje uvjete za plovidbu i klasificiran je kao plovni put AGN klase „VI c“ na cijeloj svojoj dionici. Dunav je bio prvi plovni put na kojemu je plovidba bila uređena međunarodnim ugovorima. U odnosu na Dunav, rijeka Drava nema tako povoljne uvjete za plovidbu zbog sezonskog pada vodostaja, te se sastoji od tri dionice različite AGN klase (II, III i IV). I u konačnici, rijeka Sava (Klasa II, III i IV) je u najlošijem stanju zbog dugogodišnjeg zanemarivanja i ratne situacije.

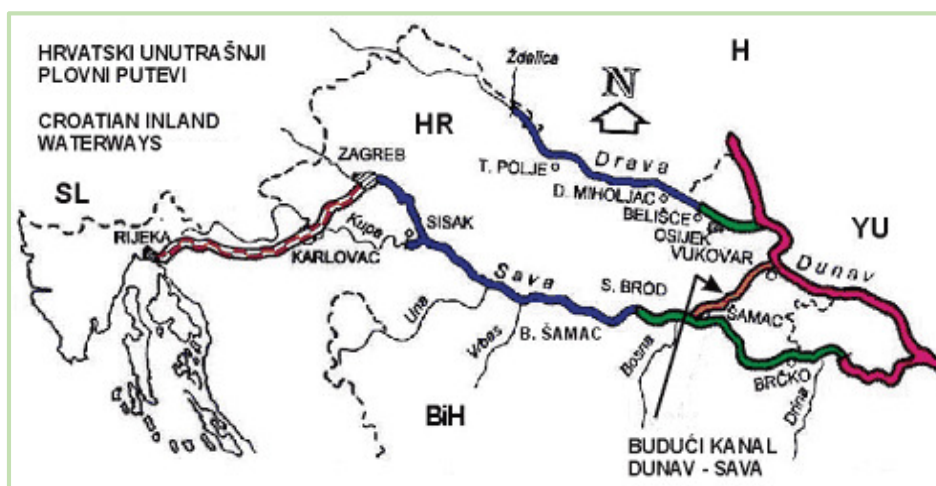
Sadašnje stanje riječnog prometa u Republici Hrvatskoj karakterizira nejednaka transportna potražnja na rijekama Savi i Dunavu, što nastaje kao posljedica različitih navigacijskih

uvjeta, tehničko – tehnološke zastarjelosti te manjka lučkih kapaciteta. Naime, ono što je potrebno lučkom sustavu na unutarnjim plovnim putovima, kako bi se moglo udovoljiti potražnji, je modernizacija lučke infrastrukture, te bolja povezanost s glavnim cestovnim i željezničkim pravicima [3]. Bolja povezanost bi za posljedicu imala bolju integraciju s gospodarskim zaleđem, odnosno došlo bi do stvaranja osnovnih uvjeta za razvitak inter- i multi-modalnog transporta.

U Tablici 1 su prikazane klase plovnih putova, sukladno odluci komisije Ministara prometa Europe, ovisno o karakteristikama plovila. Kao što je iz tablice vidljivo, ključni faktor klasifikacije plovnih putova ovisi o osnovnim dimenzijama plovila koja se koriste, a varijable temeljem kojih se odlučuje su nosivost, duljina, širina i gaz plovila. Plovni putovi su predmet međunarodno priznatog sustava klasifikacije prema AGN – u, te je ekonomska važnost za međunarodni vodni promet pripisana plovnim putovima kategorije od IV. do VII.

Tablica 1. Odabrane klase plovnih putova ovisno o nosivosti, duljini, širini i gazu [4]

Klase plovnih putova				
Klasa	Nosivost plovila	Duljina plovila	Širina plovila	Gaz plovila
I. klasa	200 – 400 t	do 55m	do 9 m	do 1,2 m
II. klasa	400 – 650 t	do 55 m	8,5 – 11 m	1,3 – 1,6 m
III. klasa	650 – 1000 t	65 – 67 m	8,2 m	1,8 – 2,0 m
Plovni putovi velikih gabarita – međunarodni značaj				
IV. klasa	1000 – 1500 t	80 m	11,4 m	do 2,5 m
VI. c klasa	9600 – 18000 t	150 – 200 m	20 m (i više)	preko 4 m



Slika 1. Unutarnji plovni putovi Republike Hrvatske [2]

2. PLOVNI PUTOVI

2.1. ELEMENTI PLOVNOG PUTA

Plovni put predstavlja pojas vode u rijeci po kojemu plove brodovi, a osnovni elementi plovnog puta podrazumijevaju [5]: širinu, dubinu, polumjer krivine plovnog puta, i površinsku brzinu vode. Širina plovnog puta treba biti dovoljna da omogući nesmetano kretanje najvećeg broda koji prometuje na toj rijeci ($B = L + b$; L – dužina broda, b – širina broda). Za vrijeme niskih vodostaja, skoro na svim plovnim putovima postoji veliki broj mjesta gdje se pojedini uvjeti plovidbe ne mogu zadovoljiti, te je zbog toga potrebno naći povoljnija mjesta, odnosno mjesta gdje se tegljači mogu okretati, a potiskivači i samohodni brodovi usidriti. U odnosu na širinu, dubina na cijeloj širini i dužini plovnog puta mora biti veća od najvećeg gaza broda. Na međunarodnim plovnim putovima pokušava se postići da najmanja dubina pri najnižim vodostajima ne bude manja od 250 cm. Nadalje, polumjer krivine plovnog puta predstavlja najmanji polumjer za brodove koji plove sami, te ne smije biti manji od šesterostruke dužine najvećeg broda koji plovi na određenom plovnom putu ($R_{\min} = 6 \times L$). Na kraju, površinska brzina vode mora biti manja od normalne brzine broda ili povorke [5].

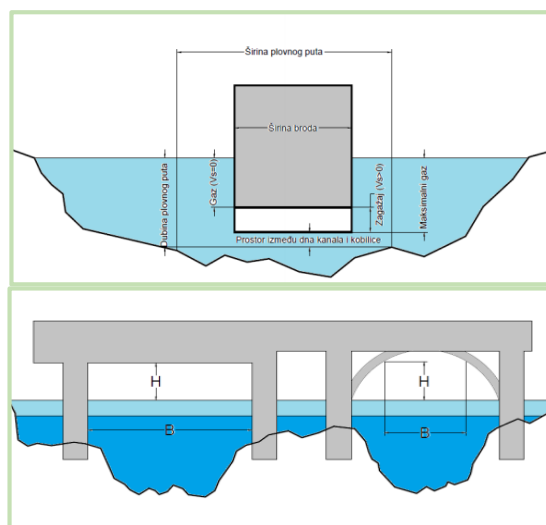
2.2. OGRANIČENJA PLOVNIH PUTOVA

Jedna od najvažnijih karakteristika unutarnjih plovni putova, u usporedbi sa željeznicama i cestama, je ograničena veličina mreže. Postoje dvije vrste ograničenja plovni putova, a to su [3]: nautička ograničenja i tehnička ograničenja (Slika 2).

Nautička ograničenja se odnose na dubinu plovnog puta i gaz broda. Naime, plovnost, a sukladno tome i kapacitet plovnog puta, određeni su predvidivošću dubine puta što u konačnici predstavlja važan pokazatelj za profitabilnost i konkurentnost unutarnje plovidbe. Nadalje, dubina plovnog puta određuje maksimalno moguć gaz brodova i njihovog tereta, pa se može zaključiti da što je veći gaz, moći će se prevesti i više tereta. To smanjuje jediničnu cijenu prijevoza po toni tereta.

Tehnička ograničenja predstavljaju sposobnost plovnog puta da podnosi promet, a pojavljuju se u obliku brana, mostova i propisanih udaljenosti od mosta. Međuprostori ispod mostova predstavljaju odlučujući faktor za troškovno efikasan promet. Visina mosta iznad razine vode ograničava visinu plovila od vodene linije do najviše točke broda (Slika 2: H = visina

međuprostora ispod mosta na najviše plovnom nivou vode, B = širina međuprostora ispod mosta na najvišem plovnom nivou vode).



Slika 2. Nautička i tehnička ograničenja plovni putova na primjeru mosta [3]

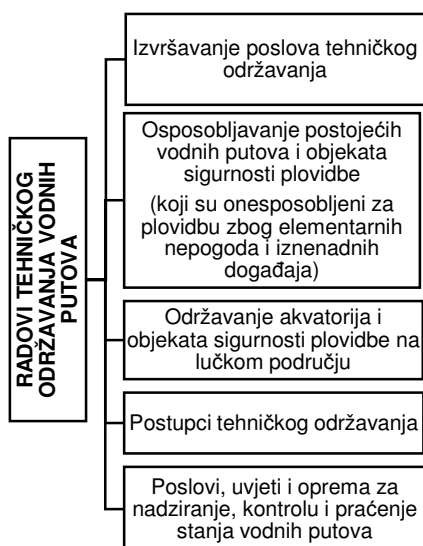
3. ODRŽAVANJE PLOVNIH PUTOVA

3.1. TEHNIČKO ODRŽAVANJE PLOVNIH PUTOVA

Tehničko održavanje plovni putova ima višestruku zadaću, s jedne strane to je sigurnost plovidbe vodnim putom, a s druge plovnost puta prema mjerilima za podjelu vodni putova. Tehničko održavanje vodni putova u Republici Hrvatskoj financira se iz državnog proračuna [6].

Početak stoljeća, tehničko održavanje vodni putova, bilo je pod vodstvom Hrvatskih voda, a danas je nakon stupanja na snagu Zakona o plovidbi unutarnjim vodama, pod vodstvom Agencije za vodne putove sa sjedištem u Vukovaru. Kako bi se održavanje plovni putova moglo u potpunosti provesti, potrebno je poznavati [7]: režim vodotoka, hidrauličke parametre, hidrološke parametre, morfološke parametre i navigacijske parametre.

Održavanje plovni putova je regulirano zakonski, odnosno Pravilnikom o tehničkom održavanju vodni putova (NN 136/12). Na Slici 3 su prikazani radovi tehničkog održavanja, propisani ovim Pravilnikom [8]. Poslovi tehničkog održavanja i osposobljavanja plovni putova od velikog su značaja za sigurnost plovidbe. Naime, za održavanje plovnosti na međunarodnim i međudržavnim putovima potrebno je poštivati međunarodne propise i bilateralne ugovore koji su na snazi, a koji se odnose na to područje.



Slika 3. Radovi tehničkog održavanja plovni putova definirani Pravilnikom [8]

Poslovi tehničkog održavanja vodnih putova, sukladno Pravilniku o tehničkom održavanju [8] uključuju:

- izradu programa tehničkog održavanja,
- snimanje vodnih putova s izradom odgovarajuće tehničke dokumentacije,
- održavanje dubine plovni putova,
- održavanje kinete plovnog puta,
- održavanje objekata sigurnosti plovidbe za tehničko poboljšanje uvjeta plovidbe,
- obilježavanje vodnih putova,
- održavanje opreme i uređaja (hardver i softver) koji služe za riječne informacijske sustave,
- uklanjanje plutajućih i potonulih predmeta koji ugrožavaju sigurnost plovidbe,
- interventno održavanje kinete plovnog puta,
- interventno održavanje plovnog puta po nalogu inspekcije za sigurnost plovidbe na unutarnjim vodama, i
- redovno održavanje akvatorija i objekata sigurnosti plovidbe na lučkom području.

Godišnji program radova za uređenje i tehničko održavanje donosi ministar uz prethodnu suglasnost Državne uprave za vode, a mora biti usklađen s Planom upravljanja vodama. Nadalje, Pravilnik o tehničkom održavanju unutarnjih plovni putova i objekata sigurnosti plovidbe također propisuje ministar uz suglasnost Državne uprave za vode i

Ministarstva zaštite okoliša i prostornog uređenja.

Za uređenje plovni putova na rijekama i jezerima, građenje umjetni kanala i drugih građevina za plovidbu te prilikom dodjele koncesija sukladno Zakonu o vodama, potrebno je ishoditi prometnu suglasnost Državne uprave za vode, uz prethodno stručno mišljenje Agencije za plovne putove unutarnjih voda. Nadalje, na izgrađenom uređenom i za plovidbu otvorenom plovnom putu, postavljaju se i održavaju objekti sigurnosti plovidbe. Objekti sigurnosti plovidbe prema namjeni razvrstavaju se na objekte za [5]: tehničko poboljšanje uvjeta plovidbe, kao i objekte obilježavanje i signalizaciju. Objekti sigurnosti plovidbe predstavljaju ključan faktor prilikom plovidbe, te je sukladno tome Agencija dužna organizirati i trajno nadzirati poslove koji se odnose na sigurnost plovidbe. Brodar, zapovjednik plovila, upravitelj luke i Agencija za vodne putove dužni su dojaviti nadležnoj lučkoj kapetaniji svaku promjenu na vodnom putu i objektima sigurnosti plovidbe [1].

Obilježavanje i postavljanje objekata sigurnosti plovidbe utvrđuje se planom obilježavanja, a obavlja se u skladu s programom obilježavanja plovni putova. Plan obilježavanja plovni putova donosi ministar na prijedlog Agencije uz prethodno mišljenje nadležnih kapetanija. Godišnji program obilježavanja plovni putova utvrđuje Upravno vijeće Agencije za plovne putove.

Tehničko održavanje plovni putova provodi se u skladu s aktom o razvrstavanju i otvaranju plovni putova, pozitivnim tehničkim propisima iz područja graditeljstva, prostornog uređenja, zaštite okoliša i vodnog gospodarstva, te tehničkim održavanjem vodni putova. Svi poslovi tehničkog održavanja provode se u skladu s međunarodnim i međudržavnim ugovorima i važećim odlukama.

3.2. TEHNIČKA SREDSTVA ZA ODRŽAVANJE PLOVNIH PUTOVA

Radovi na održavanju plovni putova su vrlo složeni i zahtijevaju raznovrsnu mehanizaciju, kao što su uređaji za pronalaženje prepreka i skupi objekti koji se koriste za obavljanje radova održavanja. Tehnička sredstva za održavanje plovni putova podrazumijevaju [7]: plovne objekte za pronalaženje prepreka, bagere, plovne objekte za transport materijala, plovne bušilice, plovne dizalice, istovarna postrojenja, teglenice kao i pomoćni plovni objekti.

Bageri za održavanje plovni putova mogu biti klasični i plovni. Klasični suhozemni bageri, pretežno s „kašikom“, se kreću po obali i služe

za održavanje kosina obala, odnosno dijela plovnog puta uz obalu. U odnosu na klasične, plovni bageri (Slika 4) se češće koriste za održavanje plovnih putova i mogu se klasificirati prema [7] načinu transporta (s ili bez vlastitog pogona), odnosno načinu kopanja (s mehaničkim, hidrauličkim i kombiniranim učinkom). Najpoznatiji plovni bager je bager s lopaticama, a predstavlja operativnu cjelinu koja služi za izvršenje radova čišćenja kinete plovnog puta, te za eksploataciju pijeska i šljunka iz vodotoka.



Slika 4. Plovni bager za održavanje plovnih putova [7]

Na Slici 5 prikazana je plovna platforma koja služi kao samostalni plovni objekt. Plovne platforme predstavljaju samostalne plovne objekte koji se koriste kod izgradnje i održavanja hidrotehničkih građevina na vodotocima. Također, mogu se koristiti i za radove na vodi, kao što je primjerice ugradba lomljenog kamena preko ulazno – silazne rampe. Na plovne platforme se mogu postaviti i samohodni hidraulični bageri koji učinkovito izvršavaju radove istovara lomljenog kamena iz teglenica i ugradbe u hidrotehničke objekte.



Slika 5. Plovna platforma [9]

Na Slici 6 prikazan je plovni objekt za transport materijala, samohodni refulerni brod Mitnica u vlasništvu tvrtke Hidrogradnja, a služi za transport materijala, iskop iz kinete plovnog puta i pretovar pijeska na deponiju. To je samoistovarni samohodni bager refuler, što

zapravo znači da sam brod vrši iskop i utovar pijeska u svoj tovarni prostor, te ga samostalno, svojim pogonom, odvozi na mjesto istovara i vrši istovar na obalu.



Slika 6. Samohodni refulerni brod [9]

Plovne dizalice koriste se kod održavanja plovnih putova za utovar i istovar plovnih objekata na mjestima gdje se ne raspolaže odgovarajućom mehanizacijom, kao što je to kod riječnih tokova. Plovne dizalice spadaju u grupu toranjskih i portalnih, odnosno pokretnih dizalica. Kod određivanja režima rada plovnih dizalica potrebno je paziti na položaj težišta u dizalici. Na Slici 7 je prikazan Watermaster Classic III, plovni bager koji je isključivo namijenjen za izvršavanje svih radova iz područja vodnog gospodarstva. Uz niz prednosti, ovaj plovni bager zamjenjuje više vrsta klasičnih strojeva [9]: samohodni refulerni bager, plovni rovokopač, plovnu dizalicu, stroj za krčenje vegetacije na vodi, stroj za polaganje pomorskih kablova, i uređaj za uklanjanje plivajućih zagađenja na vodi. Posebna mogućnost ovog plovnog bagera je da, uz pomoć hidrauličnih stabilizatora, potpuno samostalno izlazi i ulazi u vodu.



Slika 7. WATERMASTER Classic III [9]

3.3. REALIZACIJA RADOVA NA ODRŽAVANJU PLOVNIH PUTOVA

Radovi na održavanju plovnih putova se mogu podijeliti u tri osnovne grupe [7]: prikupljanje podataka o karakteristikama režima vodnog puta, otkrivanje i uklanjanje smetnji u plovnom putu, i radovi održavanja plovnih

putova i radovi u pristaništima. U Tablici 2, prikazani su koraci realizacije radova na održavanju plovnih putova.

Tablica 2. Koraci realizacije radova na održavanju plovnih putova [7]

Koraci realizacije radova na održavanju plovnih putova	
Prikupljanje podataka	Geodetski radovi – snimanje profila, hidrometrijski radovi – promatranje vodostaja i protoka, geološke i geomehaničke podloge, topografske karakteristike
Otkrivanje i uklanjanje smetnji	Ovi radovi se odnose na iskop u koritu plovnog puta, najčešće se izvode pomoću bagera
Radovi održavanja (plovnih putova i pristaništa)	Uklanjanje viška riječnog nanosa u svrhu održavanja plovnog puta, poboljšanje uvjeta plovidbe, održavanje dubine

Redovno održavanje čini skup mjera i radnji koje se obavljaju zbog održavanja potrebnih parametara plovnog puta, odnosno zbog osiguranja pouzdanosti plovidbe. Pouzdana plovidba se odnosi na puni nadzor u području sigurnosti, pouzdane i točne informacije o vodnim putovima te minimalne moguće štetne posljedice u slučaju incidenta.

3.4. OBILJEŽAVANJE PLOVNIH PUTOVA

Obilježavanje plovnih putova je prometna grana unutarnje plovidbe koja posljednjih nekoliko godina privlači veliku pozornost na području Europske unije, a razlog je u tome što postoji sve veća svijest o potrebi uravnoteženijeg razvitka prometa i usmjeravanje transporta na prihvatljivije oblike. Obilježavanje unutarnjih plovnih putova sadrži: [3] znakove zabrane, znakove obveza, znakove ograničenja, znakove preporuke, znakove upućivanja, i pomoćne znakove za unutarnje vodne putove.

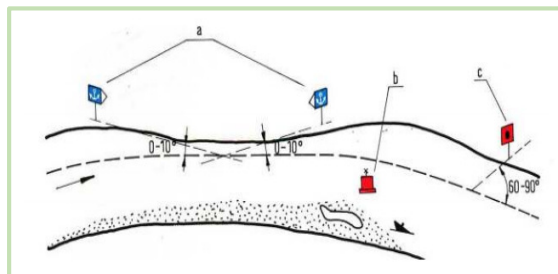
Na unutarnjim plovnim putovima u Hrvatskoj u razdoblju od 1990. do 1995. godine nije bilo aktivnosti održavanja niti obilježavanja vodnih putova, a od 1995. do 1997. godine jedino se vršilo obilježavanje na rijeci Dravi i to u minimalnom opsegu. Nadalje, nakon donošenja Zakona o plovidbi unutarnjim vodama, 1998. godine, organizirano se započelo s obnavljanjem sustava obilježavanja. Obnavljanje je trajalo četiri godine, te je sukladno tome kontinuirano povećavana razina sigurnosti. Prvenstveno su uspostavljeni uvjeti za dnevnu, a nakon toga je obnovljen i sustav za noćnu plovidbu. Sustav obilježavanja plovnih putova još nije uspostavljen na rijeci Savi nizvodno Slavnskog Broda, a prema

međudržavnom ugovoru, navedenu dionicu treba obilježavati Bosna i Hercegovina [10].

Poslovi obilježavanja plovnih putova obuhvaćaju sljedeće aktivnosti [10]:

- postavljanje plovnih oznaka prema planu postavljanja oznaka u sustavu obilježavanja,
- zamjena, obnavljanje i investicijsko održavanje postojećih objekata sigurnosti plovidbe za obilježavanje i signalizaciju,
- redovno održavanje postojećih objekata sigurnosti plovidbe,
- nadzor plovnih putova i kontrola sustava obilježavanja,
- nadzor plovnih putova na kojima nije uređen plovnih put i koji nisu obilježeni za sigurnu plovidbu,
- uklanjanje plovnih oznaka prije pojave leda i visokih voda na plovnim putovima, i
- redovno obavještavanje Kapetanije o stanju plovnog puta, stanju obilježivosti i poduzetim aktivnostima i promjenama.

Obilježavanje vodnih putova (Slika 8) obavlja se prema Godišnjem programu obilježavanja i elaboratu obilježavanja sukladno Pravilniku o tehničkom održavanju vodnih putova.



Slika 8. Primjer obilježavanja plovnog puta [10]

Na unutarnjim plovnim putovima Republike Hrvatske obilježavanje se vrši po kombiniranom lateralnom (bočnom) i kardinalnom (osnovnom) sustavu oznaka [10]. Oznake mogu biti plutajuće, stalne (zidane) ili zglobno elastične. Također, na oznake se mogu postavljati i određena svjetla, a značenje oznake ovisi o pojedinim karakteristikama.

Nadzor plovnih putova i kontrola sustava obilježavanja provode se u pravilu jednom tjedno, odnosno kontinuirano tijekom cijele godine. Nadzor i kontrola sustava obilježavanja sastoje se od: [8] kontrole funkcionalnosti, obalnih i plovnih oznaka sustava obilježavanja, otklanjanja nepravilnosti, lociranja plovnih oznaka u slučaju pomicanja, čišćenja od plivajućih predmeta, i snimanja kontrole kinete plovnog puta.

Redovno održavanje postojećih objekata sigurnosti plovidbe podrazumijeva bojenje oznaka, popravke, osiguranje pribora za sidrenje plovni oznaka, krčenje i uklanjanje raslinja oko obalnih oznaka u svrhu preglednosti, pranje i čišćenje, održavanje akumulatora i solarnih ćelija, redovno servisiranje uređaja i opreme i ažuriranje baza podataka.

3.5. TROŠKOVI ODRŽAVANJA PLOVNIH PUTOVA

Prema Srednjoročnom planu razvitka vodnih putova i luka unutarnjih voda Republike Hrvatske za razdoblje od 2009. do 2016. godine, poslovi tehničkog održavanja podrazumijevaju [11]:

- snimanje vodnih putova s izradom odgovarajuće tehničke dokumentacije – praćenje plovnosti i redovnog održavanja gabarita plovnog puta i hidrotehničkih građevina na pojedinim dionicama,
- redovno održavanje, i
- obilježavanje.

U Tablici 3 prikazani su planirani troškovi snimanja plovni putova s izradom tehničke dokumentacije, planirani troškovi redovitog održavanja (održavanje gabarita, održavanje objekata sigurnosti plovidbe, održavanje akvatorija i luka, uklanjanje plutajućih i potonulih predmeta te interventni radovi), te troškovi CRORISa za promatrano plansko razdoblje.

Tablica 3. Planirani održavanja za razdoblje 2009. - 2016. g [11]

Vrsta radova	Planirani troškovi održavanja po vodnim putovima (u 000 kn)					Ukupno
	Dunav	Drava	Sava	Kupa i Una	Sava (Sisak, Brijuni)	
Snimanje i tehnička dokumentacija	3000	3700	10100	900	3300	21.000
Redovito održavanje	17.000	24.000	43.000	5.000	9.000	83.000
Ukupno obilježavanje i CRORIS						70.000
UKUPNO (u 000 kn)						174.000

Poslovi snimanja vodnih putova s izradom odgovarajuće tehničke dokumentacije sadrže skup aktivnosti kojima se [12]:

- utvrđuje stanje plovni putova i korita vodotoka,

- izrađuju i prikupljaju tehničke i geodetske podloge,
- izrađuju elaborati, projekti i studije.

Podvodna snimanja obavljaju se u pojasu plovni putu, a provode se kao redovno, detaljno i godišnje podvodno snimanje. Redovno podvodno snimanje obavlja se u okviru redovnih ophodnji i kontrole gabarita plovni putova s ciljem utvrđivanja kritičnih dionica za plovidbu, dok se detaljno podvodno snimanje obavlja samo po potrebi na kritičnim dionicama zbog utvrđivanja morfologije dna korita u svrhu izrade elaborata i projektne dokumentacije. Godišnje podvodno snimanje obavlja se zbog utvrđivanja stupnja plovnosti i eventualnih promjena u koritu vodotoka i plovni putu [12].

Osposobljavanje vodni putova onesposobljenih zbog elementarnih nepogoda i drugih iznimnih događaja obavlja se prvenstveno u okviru radova redovnog održavanja. Glavni ciljevi CRORIS-a (Croatian River Information Services) su prije svega siguran transport na unutarnjim plovni putovima, odnosno transport sa što manje nesreća i posljedica, kao i efikasan transport sa smanjenim vremenom putovanja, smanjenim transportnim troškovima i manjom potrošnjom goriva. Temeljni cilj ovog sustava je osigurati efikasan, siguran i ekološki prihvatljiv transport, odnosno unaprijediti područje unutarnje plovidbe te omogućiti integraciju u moderne transportne sustave.

4. ODRŽAVANJE PLOVNIH PUTOVA NA PRIMJERU RIJEKE DRAVE

4.1. POBOLJŠANJE UVJETA PLOVNI PUTOVA RIJEKE DRAVE OD RKM 0 DO RKM 12

Ukupna dužina rijeke Drove iznosi 725 km, a plovna je oko 90 km, odnosno od ušća u Dunav do mjesta Čađavica na području Virovitičko – podravske županije. Drava je međunarodni vodni put od ušća u Dunav do Donjeg Miholjca, u duljini od 70 kilometara i to IV. klase plovni do luke Osijek (14 rkm), III. klase plovni od Osijeka do Belišća (14 – 55,5 rkm) i II. klase od Belišća do Donjeg Miholjca (55,5 – 70,0 rkm). Od Donjeg Miholjca do Terezinog Polja, odnosno rijeke Ždalice (70,0 – 151,0 – 198,6 rkm) Drava je međudržavni vodni put II. klase plovni [14].

Rijeka je kroz povijest nosila veliku količinu nanosa, te je ujedno oblikovala i gradila prilično široko poplavno područje mijenjajući svoje glavno korito toka [13]. Promatrana dionica rijeke Drove od 0 do 12 rkm nalazi se na istoku Republike Hrvatske u Osječko – baranjskoj

županiji. Početak promatrane dionice nalazi se na ušću rijeke Drave u Dunav, te se može reći kako su obale rijeke Drave duž cijele analizirane dionice obrasle šumama vrbe i topole. [14].

Dionicu rijeke Drave od rkm 0 do rkm 12, odnosno od ušća rijeke Drave u Dunav do bazenske luke Osijek, karakteriziraju:

- uređene obale s izgrađenim obaloutvrdama,
- vodne građevine (T-pera), i
- prosječni meandri.

Navedeno ukazuje da je Drava, nizvodno od Osijeka, regulirana perima kroz dulji period, pri čemu se nastoji održati njena optimalna širina od 180 m. Također, cijelom dužinom lijeve obale predmetnog poteza rijeke Drave nalazi se Park prirode Kopački rit, iznimno vrijedno poplavno područje koje je zaštićeno raznim konvencijama i propisima.

Regulacijski radovi na rijeci Dravi započeli su još krajem 19. stoljeća, a izvodili su se s ciljem zaštite priobalja od [14]: odnošenja plodnog zemljišta, učvršćenja obala, obrane od poplava, leda i nanosa. Nekada su se za izradu vodnih građevina koristili prirodni materijali, kao što su fašinsko pruće i lomljeni kamen. U današnje vrijeme, tehnologija daje prednost izradi vodnih građevina bržim i jeftinijim načinima, odnosno uz klasične materijale koji su se nekada koristili, primjenjuju se i novije vrste materijala, kao što je geotekstil. On se u vodnom gospodarstvu pokazao kao dobro rješenje, jer mnoge hidrotehničke građevine zahtijevaju postojanje i izgradnju slojeva koji će osigurati protjecanje vode i spriječiti iznošenje čestica iz određenih dijelova građevine. Tako će se spriječiti nastanak prekomjernog pornog tlaka koji dovodi do pada čvrstoće i nestabilnosti cjelokupne konstrukcije.

Obaloutvrde predstavljaju građevine na obalama riječnih korita pomoću kojih se obala štiti od erozije, umiruje vodni tok, te postiže geometrijski pravilan oblik obale.

Klasična pera predstavljaju jednostavne hidrotehničke građevine izvedene od kamenog nabačaja koje imaju konstantnu geometriju poprečnog presjeka cijelom svojom duljinom. To je poprečna regulacijska građevina koja se nalazi u koritu rijeke, a pomoću nje se vodni tok odbija od napadnute obale i formira se i utvrđuje nova obalna linija. Obično se gradi sustav od više pera u nizu, tako da se najprije izvede najuzvodnije, te se tako ostvaruju povoljni hidrotehnički uvjeti za gradnju nizvodnih pera.

„T“ pera (Slika 9), u odnosu na klasična regulacijska pera, imaju dodatni segment, krila koja su postavljena okomito na tijelo pera i

paralelno s tokom vode. Uloga dodatnih krila je: smanjivanje udaljenosti između pera, smanjenje erozije uz vodni kraj pera, i produljivanje utjecaja pera na tok. „T“ pera su kombinacija uzdužnih građevina i pera, kojima su izbjegnute najveće mane regulacijskih pera vezanih uz točkasto definiranje obale, te izazivanja poprečnih strujanja u vodotoku.

Hidromorfološki procesi rijeke Drave su uglavnom svedeni na samo korito rijeke unutar regularnih obala i uključuju eroziju dna, ograničeno spruđenje i meandriranje rijeke Drave. Naime, ušće karakterizira znatan uspor rijeke Drave zbog utjecaja Dunava. Uspor ima za rezultat smanjenje brzine Drave, a uslijed velikih poprečnih profila i male brzine na toj lokaciji dolazi do znatne sedimentacije nanosa. Sedimentacija stvara probleme prilikom plovnosti rijekom Dunav na cijelom potezu od 0 do 12 rkm. Promatrana dionica rijeke Drave je većim dijelom regulirana, no plovidbeni uvjeti u postojećem stanju ne zadovoljavaju definiranu klasu plovnog puta [14].



Slika 9. Fotografije izvedenog „T“ pera na rijeci Dravi u Osijeku [15]

Svrha izrade rješenja poboljšanja uvjeta plovnosti rijeke Drave od ušća do luke Osijek predstavlja poboljšanje plovidbenih uvjeta. Osnovni ciljevi projekta su uređenje plovnog puta, zaštita okoliša i prirode, upravljanje vodama i postizanje dobrog stanja vodnog tijela.

4.2. PREDLOŽENA TEHNIČKA RJEŠENJA IZGRADNJE REGULACIJSKIH OBJEKATA

Analizirano je korito rijeke Drave s postojećim regulacijskim građevinama na promatranoj dionici, kao i uzdužni profil vodotoka u kojem je iscrtan plovni gabarit. Analizom zastupljenosti dubine vode otkrivene su kritične dionice plovnog puta na kojima je potrebno intervenirati u korito kako bi se ostvarili povoljni uvjeti za plovidbu. Kritične dionice su one kod kojih je korito pliće od plovnog puta. Na svakoj od navedenih dionica predložene su građevine (Tablica 4) kojima bi se utjecalo na režim voda i

nanosa u svrhu ostvarivanja slobodnog plovnog gabarita. Povoljan utjecaj građevina na plovni gabarit je višestruk, odnosno građevine produbljuju korito i povećavaju vodostaj čime se ostvaruju uvjeti za plovidbu na kritičnim dionicama. U skladu s pravilima struke, predloženi su sljedeći tipovi regulacijskih građevina [14]: tradicionalna pera, „T“ pera, deklinatorna pera – inovativno i ekološki povoljno rješenje (pera koja nisu ukorijenjena), i chevronska pera.

Tablica 4. Predložena tehnička rješenja za kritične dionice plovnog puta na rijeci Dravi [14]

Kritična dionica	Opis
Od rkm 2+800 do rkm 3+200	Predviđene su tri građevine – dvije na rubnim profilima dionice (2+730 i 3+032) te jedna nizvodno gdje postoji opasnost od zasipanja profila nanosom uslijed izgradnje uzvodna dva pera (2+402).
Od rkm 4+700 do rkm 5+600	Položaj pera predviđen je na profilima 5+207, 4+807 i 4+504, a previđa se uklanjanje postojećih građevina
Od rkm 9+800 do rkm 10+500	Položaj pera predviđen je na profilima rkm 9+810 i rkm 10+111 (pera su već prethodno postavljena kako bi se tok približio mjestu infleksije i produbilo korito).
Od rkm 11+100 do rkm 11+800	Predloženo polje pera postavljeno je kako bi se tok približio desnoj obali na mjestu spajanja toka iz prokopa i luke. Položaj pera predviđen je na profilima 11+011, 11+308 i 11+612.

4.3. PRIMJER ČIŠĆENJA RIJEKE DRAVE

Prema elaboratu tehničkog rješenja, provedeno je čišćenje rijeke Drave od rkm 4+700 do rkm 5+800 (Slika 10). Za potrebe čišćenja navedene dionice, izvršeno je geodetsko snimanje obale i korita rijeke Drave, te je ukupno snimljeno 1100 m dionice. Radovi održavanja plovnog puta obuhvaćaju čišćenje rijeke Drave u dužini od 1100 m, a projektirana kota dna je 76.53 m.n.m. na rkm 4+700, te 76.62 m.n.m. na rkm 5+800 čime je zadovoljena IV. klasa plovnog puta rijeke Drave [16]. Potreba za čišćenjem rijeke Drave na promatranoj dionici plovnog puta javila se zbog poteškoća u plovidbi. Poteškoće su uzrokovane zasipavanjem plovnog puta nanosima, a nastale su kao uzrok [16]: povećane širine korita rijeke Drave u odnosu na uzvodni i nizvodni dio, i uspora rijeke Drave u periodu visokih voda Dunava.

Povećana širina korita rijeke Drave nastala je kao rezultat erozije lijeve obale u konveksnoj krivini, te kao rezultat odbacivanja matice rijeke prema lijevoj obali izvedenim regulacijskim objektima. Isto tako, povećanje širine znači i povećanje protočnog profila i smanjenje brzine

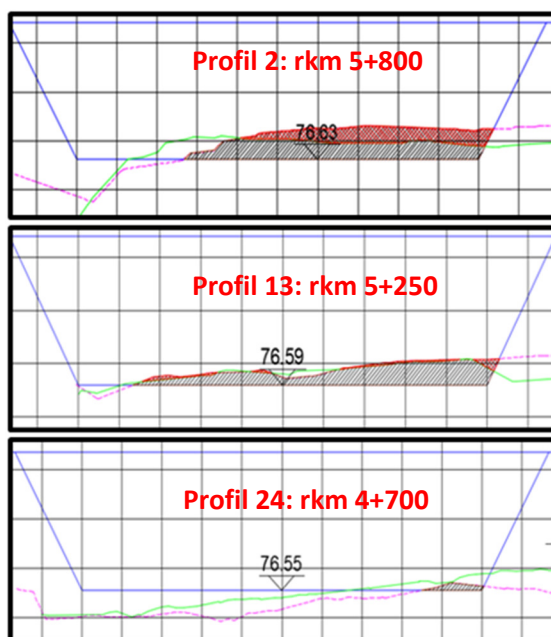
toka, što rezultira zasipavanjem kako bi se ostvario kontinuitet tečenja. Usporavanje tečenja rijeke Drave je izuzetno izraženo na predmetnoj dionici zbog blizine ušća, što rezultira taloženjem suspendiranog nanosa, odnosno zasipavanjem kinete plovnog puta.



Slika 10. Položaja predmetne dionice rijeke Drave od rkm 4+700 do 5+80 [16]

Radovi na čišćenju predmetne dionice rijeke Drave obavljani su etapno između pojedinih profila između kojih je razmak 50 m. Ukupno je za potrebe čišćenja projektirano 26 profila, ali za potrebe rada detaljno će se u nastavku prikazati i analizirati samo 3 profila promatrane dionice.

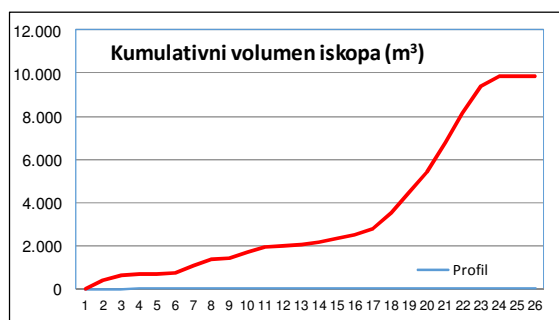
U Tablici 5 prikazane su iskopane količine na predmetnoj dionici, odnosno izračun volumena iskopa za odabrane profile promatrane dionice. Na Slici 11 prikazana su tri odabrana poprečna presjeka, od ukupno 26 definiranih profila promatrane dionice rijeke Drave. Na Slici 12 prikazan je kumulativni volumen iskopa cjelokupne predmetne dionice rijeke Drave, od rkm 4+700 do rkm 5+800. Kao što je vidljivo iz Slike 12, na predmetnoj dionici je iskopano ukupno 9.843 m³ materijala/nanosa.



Slika 11. Poprečni presjeci (2, 13 i 24) promatrane dionice rijeke Drave [16]

Tablica 5. Količina iskopa za profile 2, 13 i 24 na promatranoj dionici rijeke Drave [16]

Profil	Stacionaža	Udaljenost (m)	Površina iskopa		Izvedeni iskopi	
			Prema Izračunu (m ²)	Izvedeno (m ²)	Volumen (m ³)	Kumulativni volumen (m ³)
2	5+800	50	20,08	7,94	374	374
13	5+250	50	13,18	1,01	60,75	2.048,25
24	4+700	50	0,79	0	479,5	9.830,5

**Slika 12.** Kumulativne količine iskopa za promatranu dionicu rijeke Drave [17]

5. ZAKLJUČAK

Unatoč velikoj ekonomskoj i ekološkoj isplativosti, kao i fleksibilnoj i gustoj mreži, može se reći kako je prijevoz unutarnjim plovnim putovima desetljećima bio nepravedno podcijenjen u odnosu na cestovni i željeznički promet. Ipak, danas se plovnici putovi sve češće koriste u suvremenom načinu prijevoza jer imaju svoje prednosti a to su manji štetni učinak na okoliš i mogućnost prijevoza tereta velikih gabarita.

Republika Hrvatska zbog svog geografskog položaja, pristupa moru i raspoloživih unutarnjih resursa ima povoljan položaj za rast i razvoj tranzitnog prometa, kao i razvoj industrije bazirane na vodnom gospodarstvu. Unutarnje plovne putove Republike Hrvatske čine tri glavne rijeke, a to su Drava, Sava i Dunav. Svakako, za mogućnost plovidbe a i njenu sigurnost od velikog značaja je održavanje plovnih putova, koje ima svoje specifičnosti. Poteškoće se javljaju jer je tijekom vremena riječno korito podložno promjenama zbog različitih hidroloških uvjeta. Tako smo svjedoci ne baš željenog stanja unutarnjih plovnih putova u Republici Hrvatskoj. Temeljni faktor koji je na takvo stanje utjecao je zanemarivanje održavanja tijekom devedesetih godina prošlog stoljeća zbog ratnih i poratnih uvjeta, a kasnije zbog slabe gospodarske djelatnosti na području Slavonije, zbog koje se nije javljala značajnija potreba za korištenjem, a onda normalno i održavanjem unutrašnjih vodnih putova. Danas smo, ipak, svjedoci napretka u održavanju

plovnih putova, što je vidljivo iz zakonske regulative i različitih državnih [1, 3, 8, 11] i međudržavnih dokumenata (Fairway Rehabilitation and Maintenance Master Plan – Danube and its navigable tributaries), projekata poboljšanja uvjeta plovnosti rijeke Drave, kao i radova na čišćenju rijeke Drave koji su u ovom radu opisani.

LITERATURA:

- [1] „Pravilnik o plovidbi na unutarnjim vodama“, Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture, Zagreb, 2015.
- [2] Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture, <http://www.mppi.hr/default.aspx?>, (pristup: 20.7.2016.)
- [3] „Priručnik za unutarnju plovidbu u Republici Hrvatskoj“, Centar za razvoj unutarnje plovidbe d.o.o., Zagreb, 2006.
- [4] Fakultet prometnih znanosti, http://www.fpz.unizg.hr/njolic/pred/pdf/osnove_tehnologije_prometa.pdf, (pristup: 5.9.2016.)
- [5] Živanić, S.: „Rečna navigacija“, Beograd: Zavod za udžbenike, 1998.
- [6] Maričić, S., Ištoka Otković, I.: „Razvoj i održavanje unutarnjih plovnih putova Republike Hrvatske“, 20. međunarodno savjetovanje HDO, Zbornik radova–Održavanje 2014–Tehnologije održavanja, Zagreb, 2014. pp. 104 – 111.
- [7] Saobraćajni fakultet Beograd, http://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/9151/mod_resource/content/0/Predavanja/08_Odrzavanje_i_obezavanje_PP.pdf, (pristup:10.8.2016.)
- [8] „Pravilnik o tehničkom održavanju vodnih putova“, Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture: Zagreb, 2009.
- [9] Hidrogradnja, <http://www.hidrogradnja.hr/djelatnost/plovna-sredstva-mehanizacija-i-oprema/>, (pristup: 1.9.2016.)
- [10] „Signalizacija i upravljanje plovilima – Obilježavanje unutarnjih plovnih putova“, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2010.
- [11] AGN: „Srednjoročni plan razvitka vodnih putova i luka unutarnjih voda Republike Hrvatske (2009. – 2016.)“, Zagreb, 2008.
- [12] Agencija za vodne putove, <http://vodniputovi.hr/dokumenti/propisi/>, (pristup: 5.9.2016.)
- [13] Hajdú, Z.: „Rijeka Drava kao administrativna i politička granica“, EKONOMSKA I EKOISTORIJA 7 (2011), 7, pp. 66 – 79.
- [14] „Konceptijsko rješenje poboljšanja uvjeta plovnosti rijeke Drave od ušća (rkm 0) do luke Osijek (rkm 12)“, Hidroing: Osijek, 2015.
- [15] Kuspilić, N: „Regulacija vodotoka“, skripta GFZ https://www.grad.unizg.hr/download/repository/Regulacije_skripta_5%5B1%5D.pdf, (pristup 5.9.2016.)
- [16] „Elaborat tehničkog rješenja čišćenja rijeke Drave od rkm 4+700 do rkm 5+800“, Hidroing: Osijek, 2010.
- [17] Podatci dobiveni iz Agencije za vodne putove, Vukovar

Razvoj hidrotehničkog sustava Bačica

Professional paper

Siniša Maričić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Građevinski fakultet Osijek
Ul. Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska
smaricic@gfos.hr

Mario Žeruk

Hrvatske vode, VGO za srednju i donju Savu,
Vodnogospodarska ispostava za mali sliv "Šumetlica – Crnac"
Ul. Jurija Haulika 12/I, 35 400 Nova Gradiška, Hrvatska
Mario.Zeruk@voda.hr

Sažetak – Brane i akumulacije nužni su objekti čovjekovog opstanka, ali nisu bezopasni. U svim fazama postojanja (izgradnja, uporaba, održavanje, rekonstrukcija, uklanjanje) traže ozbiljan i stručan pristup. Praćenju stanja ovih objekata pridaje se značaj te se formuliraju smjernice za njegovo provođenje. Ističu se primjeri razvijenih zemalja i daje osvrt na naš, vremešni Pravilnik o tehničkom promatranju visokih brana. Podržava se mišljenje o potrebi njegovog inoviranja. U radu se daje prikaz jednog hidrotehničkog sustava (brana i akumulacija Bačica) i navode se važnije faze njegovog razvoja. Gradnja brane odvijala se uz tehničke probleme, bilo je nadogradnji sustava, prenamjene korištenja, a vremenom je sustav postajao nezadovoljavajući te se moralo pristupiti rekonstrukciji. Na tom ilustrativnom primjeru, kroz njegova iskustva, ukazuje se na važne momente sigurnosti i održavanja te na hidrotehničku praksu u uvjetima posavske Slavonije. Sustav Bačica je imao interesantnu povijest, a ozbiljniji pristup praćenju njegovog stanja te sanacijski radovi na brani, evakuacijskim objektima i akumulaciji, koji su u tijeku, omogućit će mu buduću uporabu.

Ključne riječi - održavanje, brana, akumulacija, hidrotehnički sustav Bačica

DEVELOPMENT OF BAČICA HYDROTECHNICAL SYSTEM

Abstract – Dams and reservoirs are essential objects of man's survival, but they are not harmless. In all phases of existence (construction, use, maintenance, reconstruction, removal) they seek for a serious and professional approach. Monitoring of these facilities and guidelines for its implementation is of great importance. The examples from the developed countries are emphasized and an overview of our current Technical Regulation on Monitoring of Large Dams, which should be innovated, is presented in this paper. The paper presents a hydrotechnical system (dam and reservoir of Bačica) and the most important stages of its development are introduced. The construction of the dam was carried out with technical problems. Naively, there was an upgrade of the system, change of its use, and in time the system became unsatisfactory and had to be reconstructed. This illustrative example points out important aspects of safety and maintenance as well as the aspects of experiences in hydro engineering in Posavina (Croatia). The Bačica system has had an interesting history. A more serious approach of monitoring its condition as well as current rehabilitation works on the dam, evacuation facilities and reservoir will enable its future use.

Keywords – maintenance, dam, reservoir, Bačica system

1. UVOD

Brane su građevine čiju izvedbu ljudi prakticiraju od davnina. Njima se postiže zadržavanje vode, što čovjeku omogućava upravljanje tim resursom i energijom koju ima. Brane i akumulacije su zaštitni objekti od poplava, ali su istovremeno i potencijalna opasnost s mogućim katastrofalnim posljedicama za nizvodno područje. Suvremeni život je nezamisliv bez njih jer omogućuju opskrbu ljudi životnim potrebama (pitkom i tehnološkom vodom, hranom, električnom energijom), a služe i za druge namjene (plovidba, sport, rekreacija i drugo). Sa spoznajama da nose i

negativne ekološke učinke postale su kontraverzne, ali još uvijek su nezamjenjive u čovjekovom razvoju. Izveden je velik broj brana, s velikim prirastom u drugoj polovici prošlog stoljeća, pa nisu iznenađenje i događaji njihovog oštećenja i proloma (rušenja). Uočeni su brojni razlozi tome te se mogu izdvojiti: geološke i druge nestabilnosti, nestandardne gradnje, ratni i teroristički incidenti, ekstremne kiše i otjecanja, a sve više i dugoročna uporaba (dotrajalost). [1]

S obzirom na važnost i potencijalnu opasnost hidrotehničkog sustava uvedena je podjela brana, kao njihovih bazičnih objekata, u dvije

grupe. Razlikuju se tzv. visoke (ili velike) brane od svih ostalih, [2], po kriteriju zasnovanom prvenstveno na visini građevine. Visoke su sve jednake ili više od 15 metara, ali i niže ($5 \leq H \leq 15$ m), ako drže velik volumen vode (≥ 3 mil. m³). Stariji dodatni kriterij je bio: za niže ($10 \leq H \leq 15$ m), ako imaju veliku dužinu (≥ 500 m) ili drže velik volumen vode (≥ 1 mil. m³) ili moraju moći evakuirati velik protok (≥ 2000 m³/s). Inženjerstvo u području visokih brana je vrlo zahtjevan i odgovoran posao pri kojem se utječe na prirodnu ravnotežu sila. Prema prof. Stojiću: „To je u stvari izazov prirodi s ciljem da je prilagode potrebama ljudske civilizacije.“ [3]

2. OSKULTACIJA BRANA

Ako se pravovremeno uoče znakovi koji upozoravaju na opasnost može se spriječiti oštećenje i rušenje brane. Odmah se može ograničiti punjenje akumulacije ili potpuno isprazniti umjetno jezero putem preljeva i ispusta. Preventivnim, periodičnim promatranjem (oskultacijom) moguće je utvrditi poremećaje. Ponašanje brane posljedica je djelovanja mnogostrukih uzroka, međusobno nezavisnih ili zavisnih.

Za velike i značajne građevine, kakve su često hidrotehničke, u uređenim društvima više se regulira odnos prema njima. Pri tom, svim fazama u životnom vijeku neke građevine nije posvećena jednaka pažnja. Za razliku od projektiranja i gradnje građevine, uporaba i održavanje građevine su nedovoljno zakonski obrađene i regulirane aktivnosti. Samo je za rijetke građevine, gdje spadaju i velike brane, propisana obveza izrade projekta tehničkog praćenja (monitoringa, oskultacije).

Korisno je uputiti se u praksu i iskustva drugih sredina, na što su ukazali Brščić i drugi donoseći specifične tablične iskaze sa sudionicima, vrstama i dinamikom pregleda brane. [4]

Američka federalne smjernice za postizanje sigurnosti brana, FEMA (1979.) pružaju odredbe za pravilno projektiranje, izvođenje, i nadzor tijekom uporabe brana. Prema spoznaji da se niti jedna brana ne može učiniti potpuno sigurnom, zbog ograničenja uslijed slabo predvidivih događaja, kao što su potresi, sabotaze i drugo, smjernicama se potiče stalno ulaganje u cilju povećanja sigurnosti sustava. Tako se kod starijih brana s nedostatnim prethodnim istražnim radovima traži naknadno temeljitije geomehaničko ispitivanje brane i temeljnog tla te definiranje slabih točaka. No, uočeno je da je, u pogledu sigurnosti brane, posebno kritična upravo faza njene izgradnje. Prilikom izgradnje nedostatci materijala ili

izvedbe trajno utječu na kvalitetu brane i stoga se traži stalni nadzor. [5]

Pored toga, aktivnim radom međunarodnog društva za visoke (velike) brane (*International Commission on Large Dams* - ICOLD), 1989. g. izdan je zbornik u kojem se nalazi kratki sažetak načela tehničkog promatranja visokih brana i njihovih temelja. [6]

Daljnji dobar primjer pristupa predstavljaju novozelandske smjernice za sigurnost brana (NZSOLD, 2000.). U njima se propisuju oblici tehničkog praćenja ovisno o kategoriji utjecaja brane na okolinu te određuje matrica odgovornosti pravnih i fizičkih osoba koje sudjeluju u građenju i eksploataciji brane. Ovim smjernicama se traži izrada priručnika za uporabu, održavanje i nadzor brane. [7]

U Republici Hrvatskoj se nakon izgradnje brane i probnog punjenja akumulacije izdaje uporabna dozvola. Tim činom vlasnik (korisnik) preuzima i odgovornost za pravilnu uporabu građevine, što traži poznavanje stanja i procjenu sigurnosti brane, a što osigurava tehničko praćenje. Za brane, tehničko praćenje, još uvijek, izravno uređuje „*Pravilnik o tehničkom promatranju visokih brana*“, star preko 50 godina, [8]. Svakako, poštivanjem regulative na snazi, kod projektiranja se treba pridržavati odredbi Eurokoda (europskog sustava normi za projektiranje građevinskih konstrukcija).

Eurokod (HRN EN 1990, HRN EN 1997-1) je postavio jasan zahtjev za ostvarenjem projektiranog uporabnog vijeka građevine. Pri tome traži od projektanta da projektom mora specificirati postupke održavanja građevine za razdoblje uporabe građevine, a od vlasnika građevine da mora provoditi projektom specificirane postupke održavanja građevine tijekom vremena uporabe građevine. Ovaj opći zahtjev tako vrijedi i za visoke brane, a s tim je u suglasju i spomenuti, vremesni Pravilnik. [9,10]

3. OSOBINE I RAZVOJ HS BAČICA

3.1. Planiranje i osnovna izvedba brane

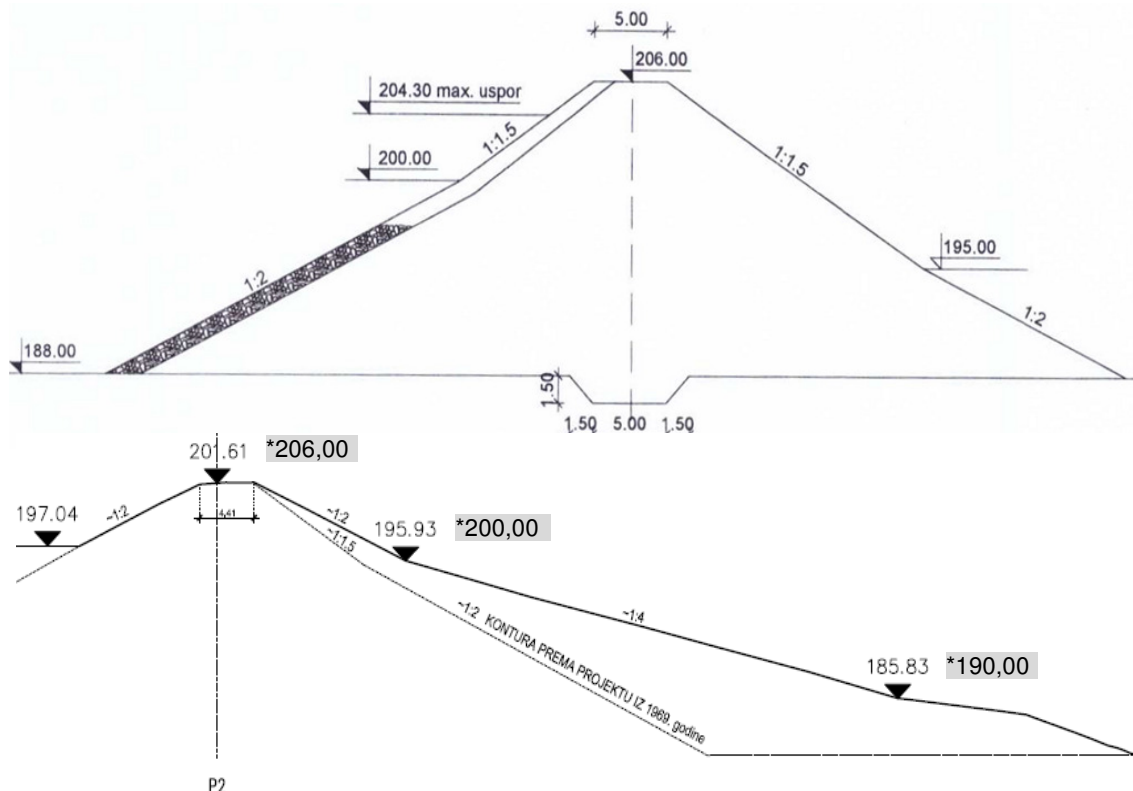
Otječući prema Savi, bujični potoci Slavenskog gorja znaju izazvati poplave u nizvodnom ravnijem području, a veće štete bilježe urbanija područja kao što su Slavonski Brod i Nova Gradiška. Tako je i ideja o izgradnji na potoku Bačica potaknuta poplavom iz 1962. u kojoj je u novogradiškom području smrtno stradalo 6 osoba. U brani i akumulaciji sjeverozapadno od Cernika vidjela se mogućnost zaštite Cernika i Nove Gradiške od velikih količina vode iz potoka Bačica kao i voda iz nekoliko potoka koji mu pritječu. Prehrambeno-industrijski kombinat (PIK) Nova

Gradiška prepoznao je potencijal navedene akumulacije i za svoje industrijske potrebe, kao izvor tehnološke vode.

Pregrađivanjem doline na južnoj strani Dilj gore ostvarena je mogućnost regulacije otjecanja i prikupljanja vode brdskih potoka. Zahvat je potican od strane tadašnjeg PIK-a „Klas“, Nova Gradiška koji je bio značajan regionalni nositelj razvoja. Direkcija za Savu - Zagreb, odjeljak Slavonski Brod, 1969. godine, izradila je glavni projekt brane i akumulacije Bačica smještenih na koritu istoimenog potoka.

nedaleke brane Petnja, dovršene 1968. godine, očito je bilo propusta u pripremi i izvedbi ovog projekta o čemu se obično slabo informira, [11]. Zbog novonastalih okolnosti došlo je do radova sanacije i rekonstrukcije što je dovršeno 1975. godine. Od tada su glavni objekti sustava uglavnom u današnjem obliku, uz provedenu sanaciju betonskih elemenata preljevnih objekata, 2003. godine.

Pregradno mjesto se nalazi oko 300 m uzvodno od crkvice Sv. Lenarte, a izabrano je prema morfologiji terena te geološkim i



Slika 1: Poprečni presjek brane po prvobitnom projektu, (1969.), [12], preinake (*1972.), i znatno kasnije konstatirano stanje, (2016.), [16];

Po njemu se nasutom branom ostvaruje prostor za prihvat voda potoka: Bačica, Rikavica, Medakuša i Ratovi. Predviđena uloga akumulacije je zaštita od poplava nizvodnih mjesta, Cernika i Nove Gradiške, te opskrba vodom novogradiške tvornice slada u sastavu PIK-a. Ostvarenje je kronološki teklo ovako: 1969. godine pristupilo se izgradnji brane i akumulacije, što je, uz probleme, dovršeno 1972., od 1973. u funkciji je vodoopskrbni cjevovod, akumulacija je napunjena 1974., a do 1975. je rekonstruiran nizvodni pokos brane te tada, kao završetak izvedena prilagodba evakuacijskih objekata.

Zemljana brana s filtrom izgrađena je 1971. godine povrh mjesta Cernika. Odmah su uočeni problemi na uspostavljenom sustavu. Iako je bilo iskustava sa uspješne gradnje

geomehaničkim karakteristikama tla. Područje akumulacije čine kvartarne i pliocenske naslage. Kvartarne naslage izgrađuju lijevi i desni bok brane i sastoje se uglavnom od glina niske i srednje plastičnosti. Aluvijalni nanos ima izmjena vodopropusnih i nepropusnih naslaga, dok je diluvijalni nanos karakteriziran vodonepropusnošću, ali u cjelini radi se o vodonepropusnim naslagama. U vodnoj zoni akumulacije registrirano je nekoliko stalnih izvora s izrazitim izviranjem vode, a u periodu kiša pojavljivalo se i više povremenih i kratkotrajnih izvora.

Izvedena je nasuta brana s tijelom homogenog presjeka, izgrađenog od gline. Za zaštitu uzvodne kosine predviđena joj je obloga od šesterokutnih betonskih ploča, dok joj je za nizvodnu kosinu odabrano zatravnjivanje. Radi

osiguranja hidrauličke stabilnosti, u trupu nasipa, do kote 195,00 m n. m., izveden je drenažni sustav. Glavni vertikalni dren proteže se uzduž osi brane, širine je 2,0 m, a postavljen je 4,5 m nizvodno od osi brane. Tri sabirna drena, međusobno udaljena 50,0 m, odvođe procijeđenu vodu iz vertikalnog drena nizvodno i izvan brane u drenažni jarak, koji se nalazi oko 5,0 m nizvodno od nožice brane. Profilni nagib uzvodne kosine (slika 1), u gornjem dijelu do granične kote 198,00 (vanjskih 200,00) m n. m., je 1:1,5, a ispod toga, gdje je obložen kamenom, nagib je 1:2. Za širinu krune brane odabrana je vrijednost od 5,0 m. Nagib nizvodne kosine je također dvostruk: od krune brane iznad kote 195,00 m n. m. je 1:1,5, a ispod je 1:2.

Prema projektu, brana je u kruni na koti 206 m nadmorske visine, gdje je duga 310 metara. Svojom građevinskom visinom od preko 18 metra (teren – kota krune) može do kote 204 m n. m. formirati akumulaciju površine 20,5 ha i volumena $1,28 \times 10^6$ m³, što ju svrstava u kategoriju visokih brana.

Za evakuaciju vode predviđeni su i izgrađeni osnovni objekti – temeljni ispuštanje i preljev. Dimenzioniranje bazenskog sustava Bačica provedeno je na osnovu hidroloških parametara i hidrauličkog proračuna za 100-godišnji vodni val. Za evakuaciju viška vode iz akumulacije predviđen je bočni preljev, s preljevnom krunom na koti 204,00 m n. m., koji je dimenzioniran na 17,0 m³/s. Pražnjenje akumulacije omogućeno je temeljnim ispuštanjem maksimalnog računskog kapaciteta 2,6 m³/s.

Preljevni objekt je smješten na lijevi bok akumulacije uz samu branu. Odvodni kanal prolazi ispod mosne ploče na kraju krune brane i nastavlja se brzotokom sve do podnožja brane, gdje je zajedničko slapište evakuacijskih objekata.

Za smještaj cjevovoda ispuštanja vode izvedena je prikladna jajolika nadsvođena galerija (200×173 cm) koja prolazi kroz tijelo brane u najnižem dijelu doline. Tu su smještene dva cjevovoda, jedan promjera 400 mm, za ispuštanje vode za eksploataciju, i drugi cjevovod promjera 600 mm za pražnjenje akumulacije (temeljni ispuštanje). Oba su opremljena regulacijskim ventilima. Cjevovodi su izvedeni od spiralno varenih cijevi, a spojevi su izvedeni na prirubnicu s gumenim ulošcima.

3.2. Preinake kod izvedbe brane

Praćenje stanja brane još pri izvedbi dovelo je do rekonstrukcija: nizvodne kosine brane, uzvodne kosine te ispusnih i evakuacijskih objekata. Nakon dovršenja brane i prvog

punjenja akumulacije, 1971. godine, uočena su određena oštećenja na kosinama brane.

Do rekonstrukcije nizvodne kosine brane došlo jer se na nizvodnoj kosini postepeno pojavilo više plitkih klizanja, koja su ubrzo zahvatila veći dio kosine. Pristupilo se izradi projekta sanacije na osnovu kojeg je ublažen nagib kosine, kako bi se povećao faktor sigurnosti protiv klizanja. Radovi na sanaciji izvođeni su sredinom 1972. godine. Kosina je nasuta pretežno glinovitim materijalom s pozajmišta koje je otvoreno nizvodno od brane na desnom boku.

No, pred kraj godine izvršenja sanacije desila su se nova klizanja. Njima je zahvaćena kosina do dubine novonasutog materijala. Iza ovog ponovnog klizanja ozbiljnije se pristupa izradi novog projekta za stabilizaciju nizvodne kosine. Projekt je izrađen na osnovi istražnih radova koji su provedeni na lokacijama pozajmišta i na kliznutoj masi nizvodne kosine.

U tu svrhu izvedene su četiri istražne bušotine, bušene s krune brane, pri čemu su dvije locirane nešto nizvodno ispod krune, da bi prošle kroz vertikalni dren u brani. U ove sonde ugrađeni su piezometri za mjerenje piezometarskih nivoa u tijelu brane i njezinoj podlozi. Osim njih izvedeno je još jedanaest bušotina na lokaciji pozajmišta. Na uzetim uzorcima materijala provedena su ispitivanja parametara posmične čvrstoće, za potrebe provedbe analize u cilju utvrđivanja uzroka nastalog klizanja na nizvodnoj kosini kao i dobivanja relevantnih podataka za određivanje zadovoljavajućeg nagiba nizvodne kosine.

Na osnovu proračuna s više varijanti, usvojena je nizvodna kosina s dva nagiba - nagibom 1:2,25 do kote 200,00 m n. m. i 1:4 do kote 190,00 m n. m. Na posljednjoj graničnoj visini određena je berma širine 10,0 m, od koje je kosina u nagibu 1:2,25 do berme čelnog zida izlazne građevine produljenog temeljnog ispusta.

Rekonstrukcija je tražila da se, na iskopanu površinu po kojoj je došlo do klizanja, nasipava sloj biranog šljunka koji preuzima ulogu dreniranja. Na sloj šljunka ugrađivana je glina, propisno zbijena u slojevima. U cilju što efikasnijeg odvođenja vode iz sloja šljunka (drenažnog sloja) prikladno su ugrađene perforirane drenažne cijevi. Putem njih drenira se voda iz tijela brane, a izvedene su kroz čelni zid izlazne građevine temeljnog ispusta.

Rekonstrukcija uzvodne kosine brane inicirana je opažanjem nakon prvog punjenja akumulacije. Kada je vršeno sniženje vode u akumulaciji, u trenutku kada je nivo vode snižen ispod kote 197,00 m n. m. uz uzvodni rub krune

brane pojavila se pukotina širine 1-10 cm. Obustavljano je daljnje sniženje vode u akumulaciji i razmatrala se stabilizacija kosine nasipavanjem dodatnog balasta u nožicu kosine od propusnog šljunkovitog materijala. Izvršen je pregled nalazišta šljunka, pri čemu je ustanovljeno da šljunak sadrži velike količine primjesa praha i glinovitih čestica. Konstatirana je potreba za vrlo pažljivim selektiranjem šljunkovitog materijala, a uzeti su uzorci šljunka na kojima su provedena laboratorijska ispitivanja. Sa reprezentativnim parametrima materijala provedena je analiza stabilnosti.

Konačno je prihvaćena preporuka da sa proširi berma u nožici uzvodne kosine i ublaži nagib kosine. Kako to rješenje daje relativno malo povećanje faktora sigurnosti, zbog male propusnosti nasipa glinovitog šljunka, preporučeno je također da treba o tome voditi računa i prilikom eksploatacije akumulacije. Istaknuto je upozorenje da se vodostaj po mogućnosti ne snižava ispod kote berme 197,00 m n. m. i da se brzina pražnjenja ograniči na najviše 10 cm/dan.

Dakle, pored nasipavanja šljunkovitim materijalom nožice uzvodne kosine, ublažen je nagib kosine od berme do krune brane na nagib 1:2. Kosina je obložena betonskim šesterokutnim pločama do kote 205,00 m n. m. tj. 1,0 m. niže od krune brane.

Osim preinaka tijela brane, naknadnim pripojenjem (spojnim kanalom) sliva Rikovice slivu Bačice povećana je slivna površina (na 13,5 km²) pa je bilo potrebno pristupiti i *rekonstrukciji evakuacijskih organa*, što je sve dovršeno 1975. godine. Dokumentaciju za ovu rekonstrukciju izradio je Građevinski fakultet u Zagrebu 1973. godine. Po njoj je rekonstruiran temeljni ispušt, dočim preliv nije izveden po njoj, već je improviziran dodatkom prelivu ustave sa pločastim zatvaračem. Tako je povećana propusna moć preljeva, ali i uvjeti, tj. efekti transformacije vodnih valova. [12]

Galerija temeljnog ispusta je armirano betonska građevina smještena na najnižem dijelu doline i prolazi okomito kroz središnji dio tijela brane. Prvotno je cijela galerija bila jajastog poprečnog presjeka, duljine 94,0 m i izvedena iz 12 kampada. No, postojeća galerija je duža, jer je nakon rekonstrukcije nizvodnog pokosa brane dograđen dio galerije duljine 33,0 m. Dodatak je pravokutnog poprečnog presjeka i njime je postignuta ukupna duljina galerije od 127,0 m. Pristup galeriji, odnosno tunelskoj cijevi ispusta, omogućen je izgradnjom vertikalnog okna sa stupalkama. [12]

U galeriju su smještena dva cjevovoda, veći u svrhu pražnjenja akumulacije (temeljni ispušt) i

manji za vodoopskrbu. Na najnižvodnijem dijelu galerije postoji procjednica u zidu preko koje se voda procjeđuje iz prostora galerije u kanal temeljnog ispusta. Po bočnom zidu galerije postavljena je plastična (PVC) cijev kroz koju su provedene instalacije za upravljanje elektromotornim zatvaračima na početku cjevovoda.

Na padini lijevog boka akumulacije Bačica, u blizini preljeva i vodomjera, smještena je stražarska kućica sa nadstrešnicom.

3.3. Daljnji razvoj sustava

Povećanjem urbanih potreba, Skupština Općine Nove Gradiške, 1979. godine, prepoznala je potencijal sustava Bačice i pristupilo se izgradnji zahvata za hvatanje pitke vode koji je u funkciji od 1982. godine kao primarni izvor vodoopskrbe grada. Bujični karakter potoka uzrokovao je zamućenje vode i donos nanosa uslijed ispiranja tla. Zbog čestog takvog onečišćenja vode u akumulaciji već 80-tih godina se pristupilo traženju alternativnog rješenja vodoopskrbe grada i okolice. Tako, 1989. godine novogradiški PIK Klas pristupa izgradnji vodoopskrbnog cjevovoda od mjesta Strmca do Bačice, a 1990. i samog zahvata površinske vode potoka Šumetlica (u Strmцу) i od tada je poboljšana vodoopskrba grada i okolice. [13]

Propadanjem novogradiškog PIK-a vodoopskrbu preuzima trgovačko društvo Slavča d.o.o., a upravljanje samom akumulacijom Hrvatske vode. Tvrtka Slavča, kao koncesionar, upravlja uređajem vodozahvata, prerade vode i cjevovodima, ali joj u sanacijama i dogradnji pomažu Hrvatske vode. Tako je 1998. godine izgrađen novi uređaj vodozahvata na Strmцу, koji je naknadno i popravljan. Kako bi se stabilizirao dotok vode prema akumulaciji, 2000. godine izgrađen je uređaj za kaptiranje vode na Snaš potoku u Cerničkoj Šagovini te je izveden spojni kanal prema potoku Bačica.

Ukupna duljina postojećeg sustava vodoopskrbe poduzeća Slavča iznosi oko 110 km. Veći dio tog sustava sastoji se od PVC cijevi položenih tijekom 70-tih godina, dok su manjim dijelom, sredinom 90-tih godina, postavljene PE cijevi. AB cjevovod koji spaja akumulaciju Bačica s gradom duljine je oko 4 km i promjera je 400 mm. Gubici u vodovodnoj mreži paušalno se procjenjuju na nešto malo ispod 30%. [14]

Po kakvoći voda na izvorištu (akumulaciji) Bačica ima nedostataka, tako da je na tom vodozahvatu, niže brane, interpoliran uređaj za kondicioniranje. Ali, ponekad (tijekom kišnog razdoblja) zbog zamućenja čak ni uređaj za

kondicioniranje ne može osigurati zahtijevanu kakvoću vode. Pored toga, problemi se pojavljuju tijekom dugotrajnih sušnih razdoblja, kada se smanjuju raspoloživi pogonski kapaciteti ovog vodozahvata, a voda je zagrijana i podvrgnuta nepovoljnim biokemijskim procesima. Zahvaćena voda iz akumulacije se, prije distribucije potrošačima, prikladno obrađuje predkloriranjem, aeracijom, koagulacijom, flokulacijom, taloženjem, filtriranjem i kloriranjem. Najčešći problem je prekoračenje granične vrijednosti za mangan. Povremeno dolazi i do prekoračenja dopuštenog broja bakterija. Navedena prekoračenja dopuštenih vrijednosti pojedinih parametara najčešće su povezana uz kišna razdoblja, kada se površinskim ispiranjem u otvorene vodotoke, iz koje se zahvaća voda za piće, unášaju različite tvari. Za kritične periode kada glavna izvorišta ne mogu osigurati potrebne količine pitke vode postoje bunari (Okučani i Stara Gradiška). U budućnosti se namjerava potpuno napuštanje ovih bunara za potrebe vodoopskrbe. Postojeća izvorišta ne zadovoljavaju trenutne potrebe za vodom pa se voda kupuje iz dva susjedna vodoopskrbna sustava. Uz to, dio dodatnih potreba za vodom za distributivno područje Slavča rješava se preuzimanjem (kupovinom) vode od Regionalnog vodovoda Davor. Karakteristike promatranog područja su vrlo niska priključenost kućanstva na vodoopskrbnu mrežu (tek 49%) te specifična potrošnja vode od 103 l/st/dan, što je ispod prosjeka drugih dijelova Hrvatske. Za spomenuti je da veliki industrijski potrošači (Slavonija Slad d.o.o te tvornica kože Psunj d.o.o) koriste vlastita izvorišta tehnološke vode. [14]

3.4. Praćenje stanja (oskultacija) sustava

Tehnička promatranja brane vršena su u skladu sa „Pravilnikom o tehničkom promatranju visokih brana“ (PTPVB). Obzirom da brana Bačica spada u velike brane, vršena su na njoj tehnička promatranja. U tom smislu na kruni brane su ugrađeni reperi za mjerenje vertikalnih i horizontalnih pomaka. Ugrađeno je na brani nekoliko piezometara za praćenje piezometarskih nivoa u tijelu brane i podlozi.

Poduzeće PIK Klas iz Nove Gradiške, odnosno njegova jedinica Vodovod Bačica, u srpnju 1991. godine angažirala je tvrtku Hidroexpert iz Zagreba za provedbu periodičkog pregleda sustava (brana i akumulacija) Bačica. Ovom provjerom su obuhvaćeni brana, akumulacija i hidrotehnički objekti. U „Studiji o pregledu akumulacije Bačica“ s kraja 1991. dat je pregled vrsta opažanja i rezultati obavljenih mjerenja s komentarima i ocjenama, vezano za stanje

objekta. Navodi se da su prema Pravilniku (PTPVB) vršena slijedeća opažanja: mjerenje nivoa vode u piezometrima u tijelu i podlozi brane, mjerenja oscilacija nivoa vode u akumulaciji, mjerenje vertikalnih i horizontalnih pomaka krune brane i kosina. Rezultati promatranja prikazani su u tablicama i grafički pomoću dijagrama. U toj „Studiji o pregledu akumulacije Bačica“ stoji da su uočeni mnogi nedostaci. [12]

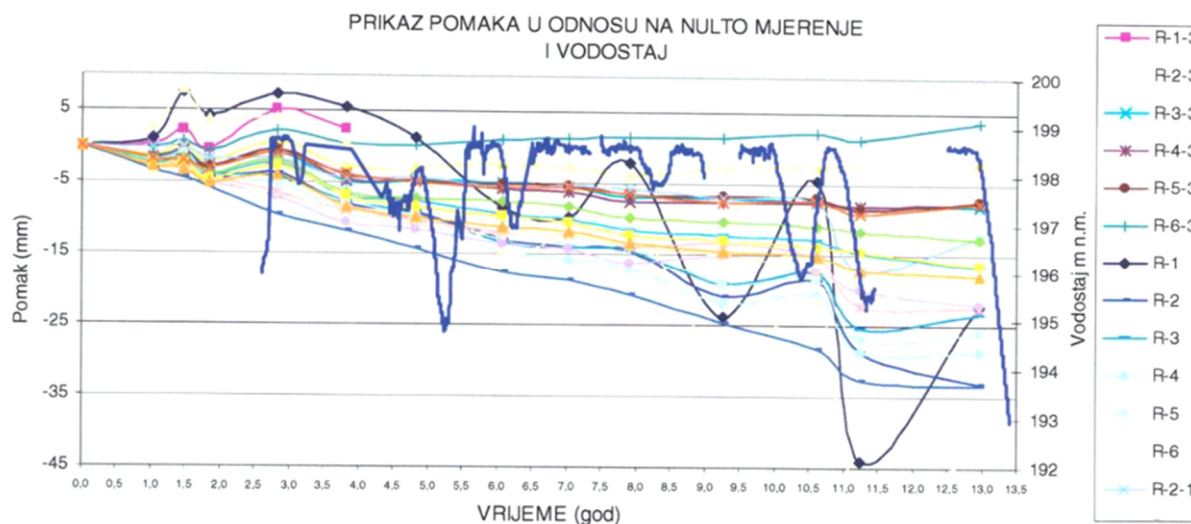
Usljed više, a prvenstveno zbog ratnih okolnosti, te kasnije i zbog oštećenja više repera i piezometara, od 1991. do 1998. godine nisu vršena tehnička promatranja. Budući da je za život brane i akumulacije i njezine sigurnosti, a i zbog zakonske obaveze, potrebno izvoditi tehnička promatranja velikih brana, ta promatranja su 1998. godine obnovljena. U tu svrhu, Hrvatske vode Zagreb angažirale su poduzeće „VIB“ Zagreb – geodetski odjel. Pri tom je trebalo obnoviti repere za praćenje horizontalnih i vertikalnih pomaka. To poduzeće izradilo je geodetsku snimku sustava Bačica (akumulacije i brane), sa ostalim pripadajućim građevinama na istoimenom potoku, ali i uspostavilo nove točke za praćenje pomaka. Tom prilikom ustanovljeno je da više ne vrijedi projektirana kota krune brane od 206,00 m n. m. nego da je stvarna kota krune brane 202,00 m n. m., tj. 4,0 m niža od projektirane, a također i kota preljevnog praga nije više 204,00 m n. m., nego 200,10 m n. m. [15]

Konstatirano je da ovi izmjereni podaci povlače za sobom i sve ostale kote, volumene akumulacije, sigurnosne kote u akumulaciji i kapacitet preljeva i temeljnog ispusta, te da će trebati u najskorije vrijeme sve te podatke ponovno izračunati i provjeriti. Do tada ostaje mišljenje da formirana akumulacija ima površinu oko 20,5 ha i volumen oko $1,28 \times 10^6 \text{ m}^3$ kod kote visokog vodostaja od 200,10 m n.m. (prema provedenim mjerenjima) s time da se kruna brane nalazi na nadmorskoj visini od 202,00 m. Normalni uspor definira prag ustave, koji je na koti 198,25 m n.m. i pri njemu je volumen akumulacije oko $1,03 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Opažanje pomaka kontrolnih točaka u okviru tehničkog promatranja obavljano je sve do 1990. u sklopu geodetskih mjerenja. Nakon ratnog prekida, uspostavljena je nova mreža repera, a mjerenje na vidljivim točkama ugrađenim na tijelu brane, točkama temeljnog ispusta i preljevne građevine, 1998. godine, tako je početno (nulto) mjernje. Nadalje su mjerenja izvođena svake godine i to samo za vertikalne pomake. Temeljem prikupljenih podataka mogu se ocijeniti pomaci tijekom vremena. Prisutna je generalna tendencija slijeganja i to maksimalno do 2,5 mm/god, a

primijećena su i pojedina oštećenja mjernih točaka, (slika 2 - dijagram iz 2011. godine).

sanacije galerije (betona i brtvi), a potom i sama sanacija uz ugradnju kontrolnih stakalaca na



Slika 2: Dijagram pomaka za reperne točke brane Bačica tijekom 13 godina praćenja, (1998.-2011.) [15];

Tijekom cijele godine vršena su mjerenja razine vode u akumulaciji i to svakodnevno oko podneva. [15]

Za potrebe praćenja horizontalnih pomaka u tijelu brane na stacionažama oko sredine, bliže lijevom boku brane, ugrađene su dvije inklinacijske cijevi duljine 20 i 21 metar. Također su ugrađena i četiri inklinometra za praćenje klizišta na lijevom boku brane. Promatraju se pomaci u dva okomita smjera (nizvodno-uzvodno i desno-lijevo) u odnosu na os brane. Mjerenja su započela 2003. godine, kada je izvršeno 6 mjerenja, a nadalje su se izvodila jednogodišnje. Horizontalni pomaci mjereni na tijelu brane kreću se u smjeru nizvodno i, znatno manje, prema desnom boku brane. Brzina pomaka u smjeru nizvodno manja je od 1 mm/god. Horizontalni pomaci točaka klizišta ukazuju da se ono kreće u smjeru nizbrežno i prema rubovima te da je klizište i dalje aktivno. [15]

Na osnovu provedenih radova na tehničkom promatranju sustava Bačica tijekom 2011. godine donesen je niz zaključaka. Iskazani su kroz tri osnovne grupe aktivnosti. Prvi generalni zaključak je da treba isprazniti akumulaciju te u sklopu toga pregledati dijelove pod vodom (ulazna građevina, obloga kosine), sanirati zahvatni uređaj, doraditi i popraviti oblogu kosine od betonskih elemenata, odstraniti raslinje i urediti dno oko zahvata/ispusta vode, urediti obale akumulacije i potporne kosine brane, očistiti pod galerije i poravnati veće ulegnuće. Drugi zaključak je da su potrebni radovi pojačanog održavanja i to izrada projekta

dilatacijama, no treba i postaviti zaštitnu ogradu na dijelu preljeva, zamijeniti metalne dijelove na zatvaraču, obnoviti nefunkcionalnu mjernu opremu, kao i izraditi projekt sanacije klizišta na lijevom boku brane. Treći zaključak je da treba dopuniti radove redovnog održavanja tako da se sanira i uredi prag i korito odvodnog kanala, da se preljev očisti od trave i drugog raslinja te da se na cjevovodu odstrani korozija pa nanese zaštita temeljnom i završnom bojom. Također, ukazuje se da bi dosadašnje projekte trebalo revidirati ili izraditi nove (izvedenog stanja ili rekonstrukcija npr. ulazne građevine temeljnog ispusta i vodozahvata). Temeljem provedenih radova na tehničkom promatranju akumulacije i brane Bačica, do i tijekom 2011. (posebno vizualnim pregledom), uočene su pojave za koje je naglašeno da ih treba u što skorije vrijeme ukloniti kako ne bi utjecale na sigurnost i funkcionalnost sustava.

3.5. Priprema i aktualni radovi rekonstrukcije sustava

Osnovom zahtjeva tvrtke Slavča za izmumljenjem akumulacije Bačica za isto su Hrvatske vode izradile plan, izradile troškovnike i osigurale financijska sredstva, još 2012. godine. Međutim, isto nije realizirano jer tvrtka Slavča nije mogla osigurati alternativni izvor vodoopskrbe grada i okolice za vrijeme izvođenja radova. Treba napomenuti, s obzirom na starost akumulacije od 40 godina potrebno je napraviti i dodatne tehničke popravke za koje je nužno isprazniti akumulaciju. Na to upućuju godišnja izvješća tvrtke Geokon koja ukazuju na potrebu sanacije galerije temeljnog ispusta,

sanacije servo ventila, sanacije temeljnog ispusta, sanacije cjevovoda temeljnog ispusta te sanacije obloge brane. Tako Hrvatske vode nisu mogle započeti potrebnu sanaciju iako se zna da njeno odgađanje dugoročno može ostaviti posljedice na stabilnost ovog sustava. S obzirom da je riječ o višegodišnjem sedimentu (više od 100.000 m³) postoji mišljenje da vađenje istog ne bi previše pridonijelo čistoći vode. Naime, mutna voda je posljedica novog nanosa kojeg unose bujičari u akumulaciju i kojemu treba neko vrijeme da se istaloži (Upravo zbog toga se pristupilo izgradnji vodozahvata na Strmcu.). [16]

2015. godine pristupilo se izradi projektne dokumentacije sanacije temeljnog ispusta brane Bačica., koja je dovršena u veljači 2016. godine. Nakon prsnuća vodoopskrbnog cjevovoda 08.08.2016. godine proglašene su izvanredne mjere obrane od poplave i započelo se s pražnjenjem akumulacije, a od rujna 2016. godine počela je sanacija temeljnog ispusta. Radovi obuhvaćaju zamjenu obje cijevi s duktilnim cijevima, sanaciju betona galerije, izvedbu novog slapišta i servisnog objekta iz kojeg će se upravljati temeljnim ispustom. Do sada je izvršena sanacija betona, zamijenjene su obje cijevi, te je u tijeku izvedba slapišta. Očekuje se završetak radova do lipnja ove godine. [17]

4. ZAKLJUČAK

Stanje akumulacijskih sustava posljedica je mnogih djelovanja koja su često preklapljena i međusobno zavisna. Njihovo istovremeno djelovanje otežava utvrđivanje izravnih odnosa između uzroka i posljedica. Zbog toga tehničko promatranje treba biti sveobuhvatno i sustavno, kako bi se uočile sve promjene i moglo utvrditi da li se one nalaze unutar projektom predviđenih granica.

Potrebno je inoviranje pravilnika o tehničkom praćenju velikih brana s detaljnijim reguliranjem obaveza i odgovornosti tijekom životnog vijeka ovih građevina, a možda i formuliranje posebnog pravilnika za praćenje stanja akumulacijskog bazena.

Specifični, gotovo 50-godišnji, razvoj hidrotehničkog sustava Bačica poučan je primjer za uočavanje velike važnosti pravilnog praćenja stanja značajnih hidrotehničkih građevina u cilju njihove duge i sigurne, optimalne uporabe. Početno, ukazuje da je za sigurnost brane posebno kritična upravo faza

njene izgradnje. Zatim, ukazuje na važnost kontinuiteta praćenja stanja, a potom i na usklađenost svih dionika korištenja te pravovremenost i primjerenost intervencija.

LITERATURA:

- [1] Biswas, A. K.: *Dams: cornucopia or disaster?*, International Journal of Water Resources Development, 20 (1), 2004.; pp 3-14.
- [2] <http://www.elektroprojekt.hr/hdvb/Hdvb/Drustvo.htm>
- [3] Stojić, P.: *Hidrotehničke građevine*; knjiga I.; Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu; 481 str.; 1997.
- [4] Brščić, Z.; Matešić, L.; Mihaljević, I.: *Smjernice za izradu pravilnika o tehničkom praćenju velikih brana*; Zbornik 6. savjetovanja Hrvatskog geotehničkog društva: Sanacija, tehničko praćenje i održavanje u geotehnici; Zadar-Peruća, 17.-19. listopada 2013.str. 30-35;
- [5] FEMA (1979) „*Federal guidelines for dam safety*“; U. S. Department of Homeland Security, Federal Emergency Management Agency; June 1979.; Reprinted April 2004.;
- [6] ICOLD: „*Monitoring of dams and their foundations - State of the art*“; International Commission on Large Dams; Bulletin 068; 1989.
- [7] NZSOLD (2000) "New Zealand Dam Safety Guidelines"; New Zealand Society on Large Dams, November 2000;
- [8] *Pravilnik o tehničkom promatranju visokih brana*; Službeni list SFRJ, br. 7, 1966.;
- [9] EN 1990:-2002 „Eurokod 0: Osnove projektiranja konstrukcija“ (*Eurocode 0: Basis of structural design*)“;
- [10] EN 1997-1:2004 „Eurokod 7: Geotehničko projektiranje“ (*Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules*)“;
- [11] Krpan, T.: *Brodski panoptikum I*; ur. Bušić, I.; SN „Privlačica“ Vinkovci; 1997.; str. 103;
- [12] *Studija o pregledu akumulacije Bačica*; Hydroexpert, Zagreb, listopad 1991. godine;
- [13] <http://slavca.hr/djelatnosti/vodovod/>
- [14] *Izvješće o stanju u prostoru na području grada Nove Gradiške za razdoblje od 2010. do 2014. godine*; Jurcon projekt d.o.o.; prosinac 2015.;
- [15] *Godišnji izvještaj o tehničkom promatranju brane Bačica u 2011. godini*, Geokon- Zagreb d.d.; E-059-14-02; Zagreb, prosinac 2014.,
- [16] *Projekt rekonstrukcije brane Bačica s popratnim građevinama*; Geokon-Zagreb d.d.; gl. Projektant: Rupčić, B.; E-007-16-01; Zagreb, veljače 2016.;
- [17] <http://www.novagra.hr/milan-matea-se-otovao-o-problemu-opskrbe-pitkom-vodom/>

Terensko mjerenje zvučne izolacije građevina

Professional paper

Tomislav Kordić

Alfa Atest d. o. o.
Sljemenska 58, 31000 Osijek, Hrvatska
osijek@alfa-atest.hr

Hrvoje Marinac

Alfa Atest d. o. o.
Sljemenska 58, 31000 Osijek, Hrvatska
osijek@alfa-atest.hr

Hrvoje Glavaš

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
hrvoje.glavas@ferit.hr

Sažetak – Održavanje razine zvuka u propisanim granicama značajno doprinosi kvaliteti svakodnevnog obitavanja u građevinama. Naglasak na zvučnu izolaciju je još veći ako se radi o stambenom prostoru. Cilj ovog rada je opisati praktičnu provedbu terenskog mjerenja zračne i udarne zvučne izolacije na novoj građevini. Pravna osoba koja provodi mjerenje treba biti akreditirana (HRN EN ISO/IEC 17025:2007). Ispitani zidovi i međukatne konstrukcije trebaju zadovoljavati zahtjeve navedene tehničkim propisom HRN U.J6.201:1989 i projektnom dokumentacijom. Mjerenje je provedeno na međukatnoj konstrukciji između dva stana, a rezultati mjerenja ukazuju da navedeni prostor zadovoljava zahtjeve propisane normama. Vrijednost normalizirane razine udarnog zvuka izmjerena u prijemnoj prostoriji za 11 decibela je manja od maksimalne vrijednosti razine udarnog zvuka navedene u propisu, te je pregrada ocjenjena klasom poboljšane zvučne zaštite. Potrebna oprema kao i normativne vrijednosti prikazani su u radu kako bi čitatelj dobio osjećaj za detalje provedbe ispitivanja.

Ključne riječi - zračna zvučna izolacija, udarna zvučna izolacija, norme, međukatna konstrukcija

FIELD MEASUREMENT OF BUILDING SOUND INSULATION

Abstract – Maintaining a sound level in requested limits greatly contributes to quality of everyday living in buildings. The emphasis is on sound insulation even greater if we consider residential building. This work is based on detailed description of field measurement of airborne and impact sound insulation implementation on new building. Person that performs measurements is obligated to be accredited (HRN EN ISO/IEC 17025:2007). Tested walls and floors also need to meet requests specified in technical regulation HRN U.J6.201:1989 and in project documentation. Measurement is performed on surface between two flats on different floor, and results of measurement shows that tested area meets requests that are specified in technical regulations. Value of normalized level of airborne sound measured in reception room is for 11 decibels lower than maximum value of airborne sound level listed in regulation, barrier is evaluated by the class of improved sound protection. In this work are also mentioned technical regulations and needed equipment for better understanding of measurement implementation.

Keywords – airborne sound insulation, impact sound insulation, standards, intermediate structure

1. UVOD

Buka je svaki neugodni i štetni zvuk koji ometa čovjekov rad i odmor, ugrožava sigurnost i oštećuje čovjekovo zdravlje. Buka kao fizikalna pojava najčešće je nepravilan ili statistički slučajni zvuk [1]. Zvučna izolacija značajno utječe na kvalitetu boravka u prostoru. Izolacija zvuka između dvije prostorije izazvana je djelomičnom refleksijom od čvrstih prepreka, koje unutarnju energiju zvuka vraćaju u predajnu prostoriju, dok drugi dio energije

prepreku stavlja u stanje osciliranja, tj. nastaje strukturni zvuk koji se u pobuđenom građevinskom elementu širi na sve strane. Najveći dio zvuka prenesi se u obliku zračnog zvuka. Razlika razina između predajne i prijemne prostorije opada s porastom površine pregradnog zida, a raste s porastom ekvivalentne površine apsorpcije zvuka.

Radom se nastoji prikazati kompleksnost mjerenja zvučne izolacije. Obradene su osnovne definicije i pojmovi vezani uz teoriju

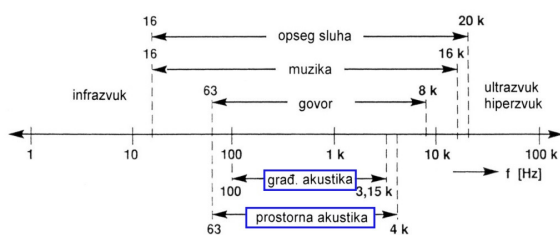
zvuka. Definirane osnovne veličine mjerenja zvučne izolacije i prema normama HRN EN ISO 140-4:1999 i HRN EN ISO 140-7:1999, opisani teorijski zahtjevi, odnosno način i postupak mjerenja zvučne izolacije kojega se pri obavljanju mjerenja stručne osobe pridržavaju.

S ciljem upoznavanja sa zakonskim propisima vezanim uz ovo područje navedeni su zakoni, norme i pravilnici, te su izdvojeni bitni zahtjevi iz zakonske regulative koji se odnose na mjerenje zvučne izolacije.

Na novoizgrađenoj zgradi proveden je postupak mjerenja na međukatnoj konstrukciji. Odabrana su dva stana istih dimenzija jedan ispod drugoga, kako bi izmjerili udarnu i zračnu zvučnu izolaciju, koje se provodi samo na horizontalnim pregradama, tj. međukatnim konstrukcijama.

2. FIZIKALNA SVOJSTVA ZVUKA

Zvuk je prema fizikalnoj definiciji titranje čestica u elastičnom mediju, koje se kao zvučni val širi brzinom karakterističnom za taj medij. To je fiziološka pojava koja se utvrđuje organom sluha. Riječ zvuk ima dva značenja: subjektivno ili psihološko, te objektivno ili fizikalno. U prvom slučaju zvuk vežemo za slušni osjet, dok fizikalno zvuk promatramo kao energiju. U arhitektonskoj akustici razmatraju se samo zvučne pojave koje čuje normalno uho, te se i konačan sud o akustičnoj kvaliteti nekog prostora donosi na temelju slušanja.



Slika 1. Frekvencijski raspon zvuka [1]

Nastanak zvuka je povećanje ukupnog zvuka u danoj situaciji koje potječe od nekog specifičnog izvora zvuka pa bi se po tome moglo reći da mu znamo izvor. Impulsni zvuk je zvuk za kojega su svojstveni kratki impulsi zvučnog tlaka (trajanje takve pojave obično traje manje od jedne sekunde). Tonalni zvuk je zvuk karakteriziran pojedinačnom frekvencijskom komponentom ili uskopojasnom komponentom koja se čujno ističe u ukupnom zvuku.

Vrste zvukova su:

- Ukupni zvuk
- Specifični zvuk
- Rezidualni zvuk

Posljedica naizmjeničnih promjena koji se javljaju kod zvuka kao titranje čestica u obliku zvučnih valova je zvučni tlak koji je ujedno i osnovna fizikalna veličina kojom je zvuk definiran. On predstavlja izmjenični tlak u nekoj točki medija, koji se pri širenju zvučnih valova superponira postojećem statičkom tlaku, tj. atmosferskom tlaku zraka. Razlika između tlaka u određenoj točki medija u određenom trenutku i statičkoga tlaka naziva se trenutni zvučni tlak [1].

Efektivna vrijednost trenutnoga zvučnog tlaka (Root Mean Square – RMS) kao kvadratna (energijska) srednja vrijednost zvučnoga tlaka u određenom vremenskom intervalu može se ikazati kao, [1]:

$$p_{eff} = p = \sqrt{\frac{1}{n} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}$$

gdje su:

- n - broj uzoraka,
- t_2-t_1 - vrijeme usrednjavanja,
- P(t) - trenutna vrijednost zv. tlaka

U akustici pokazalo se praktičnije izražavati zvučni tlak, intenzitet zvuka i zvučnu snagu, ne u apsolutnim, već u relativnim, logaritamskim vrijednostima. Iz tog razloga uvedeni su pojmovi razina i to: razina zvučnog tlaka, razina intenziteta i razina zvučne snage.

3. ZVUČNA IZOLACIJA

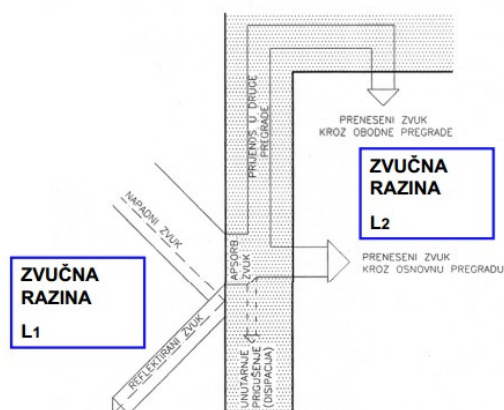
Zvučna izolacija je sposobnost neke pregrade ili druge konstrukcije da u određenoj mjeri spriječi širenje zvuka kroz istu. Sve veličine za izražavanje zvučne izolacije normalizirane su u odnosu na apsorpcijska svojstva prijemne prostorije. Zvučna se apsorpcija prostorije iskazuje tzv. ekvivalentnom apsorpcijskom ploštinom odnosno ploštinom zamišljene plohe koja je ekvivalent apsorpcije stvarne prostorije A (m²). Razlikuju se dvije vrste zvučne izolacije:

- Zračna zvučna izolacija
- Udarna zvučna izolacije.

Prema normama građevinske akustike zvučna se izolacija prikazuje u tercama i to u frekvencijskom području od 100 Hz do 3150 Hz. U posebnim slučajevima to se područje može proširiti na više frekvencije do 5000 Hz i na niže do 50 Hz.

U slučaju dviju susjednih prostorija razlikuju se dva puta prenošenja zvuka iz predajne u prijemnu prostoriju: direktni put (preko zajedničkog dijela pregrade) i bočni put (uzduž bočnih zidova, međukatnih konstrukcija, instalacijskih kanala...).

Energija zvučnog vala koji udari u pregradu između predajne i prijemne prostorije se djelomično reflektira i vraća natrag u predajnu prostoriju, dijelom se predaje pregradi koja zbog toga počne vibrirati, dio energije vibriranja se vraća natrag u predajnu prostoriju, manji dio vibriranja širi se uzduž pregrade na susjedne pregrade, a preostali dio energije zrači pregradna stijena u prijemnu prostoriju, slika 2.



Slika 2. Prikaz energije zvučnog vala koji udari u pregradu između predajne i prijemne prostorije [2]

4. MJERENJE ZVUČNE IZOLACIJE PREMA NORMOM NIZU HRN EN ISO 140:1999

Prema HRN EN ISO 140:1999 zvučna izolacija se mjeri u tercnim pojasima od 100 Hz do 3 150 Hz. Razina zvuka na prijemnoj strani mora biti za najmanje deset decibela viša od osnovne razine buke, no ukoliko to nije moguće osigurati, moraju se unijeti korekcije za osnovnu buku. Kod mjerenja zračnog zvuka mora se odrediti prostorna i vremenska srednja vrijednost razine zvuka.

Prostorna srednja vrijednost razine zvuka može se dobiti mjerenjem na više fiksnih položaja mikrofona uz uvažavanje sljedećih zahtjeva minimalnih razmaka:

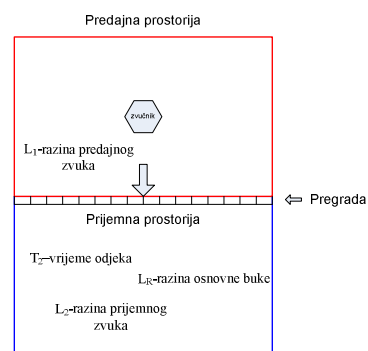
- 0,7 m između mjesta mikrofona
- 0,5 m između bilo kojih mjesta mikrofona i graničnih ploha prostorije ili difuzora
- 1 m između bilo kojeg mjesta mikrofona i izvora zvuka. Kod mjerenja zračne zvučne izolacije poželjno je koristiti veće razmake kad god je moguće.

Mjerna mjesta unutar dopuštenog prostora u prostoriji moraju biti jednoliko raspoređena, te vrijeme usrednjavanja na svakom pojedinom mjestu mora biti najmanje šest sekundi. Mjerenje je moguće obavljati i kretanjem mikrofona duž kružnice polumjera najmanje 0,7 metara [3].

4.1 Zračna zvučna izolacija

Zračna zvučna izolacija predstavlja svojstvo svih pregradnih konstrukcija zgrade, koje mogu biti vertikalne i horizontale, te konstrukcije koje uključuju fasade i fasadne elemente.

Kod mjerenja razdjelnih zidova, kao izvor zvuka se koristi dodekaedarski zvučnik koji se napaja signalom generiranim zvukomjerom i pojačanim pojačalom snage. Mjera razine osnovne buke određuje se radi osiguranja da na mjerenja u prijemnoj prostoriji ne djeluje strani zvuk ili električni šumovi. Osnovna razina buke treba biti najmanje šest decibela, no poželjno je više od deset decibela, ispod kombinacije razine signala i osnovne buke.



Slika 3. Mjerenja zračne zvučne izolacije

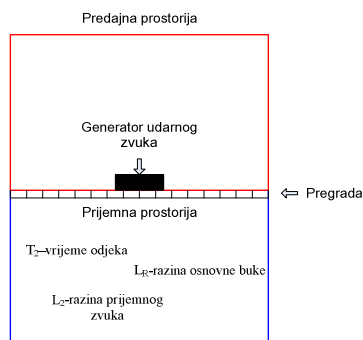
Mjerenja u zgradama potrebno je obavljati uz rad izvora na dva mjesta, kod uporabe jednog izvora zvuka. Zvučnu kutiju je potrebno smjestiti tako da daje što difuznije zvučno polje i da pri toj udaljenosti od razdjelnog elementa i bočnih elemenata koji utječu na prijenos zvuka, daje što manje dominantno zračenje. Ukoliko su prostorije različitog obujma, veću treba odabrati kao predajnu, što je obvezno kada se određuje standardna razlika razina. Pobudni signal može biti bijeli ili ružičasti šum, s tim da prednost treba dati bijelom šumu.

Pri određivanju zvučne izolacije vrata potrebno je dokazati da je prijenos zvuka kroz ostatak okolnog zida zanemariv. U slučaju međusobno vodoravno ili okomito posmaknutih prostorija, ploština je dio pregrada zajedničkih za obje prostorije. No, ako je zajednička ploština manja od 10 m², to treba naznačiti u izvještaju o ispitivanju. U slučaju kada nema zajedničke pregrade ili je pregrada između

smaknutih prostorija, određuje se normalizirana razlika razina D_n .

4.2 Udarne zvučna izolacija

Udarne zvučna izolacija odnosi se samo na horizontalne pregrade tj. na međukatne konstrukcije. Udarne zvučne izolacije se mjeri mehaničkim uređajem koji metalnim batićima mase po pola kilograma i slobodnim padom s visine 40 milimetara proizvodi deset udara u sekundi. Kod udarne zvučne izolacije mjeri se apsolutna razina, odnosno niža razina znači bolja izolacija.



Slika 4. Mjerenja udarne zvučne izolacije

Kao izvor udarnog zvuka rabi se normirani izvor koji se postavlja na četiri različita mjesta na međukatnoj konstrukciji i to ne niže od 0,5 m od rubova. Simetrala padajućih čekića treba biti približno pod kutom 45° u odnosu na rubove konstrukcije, a u slučaju anizotropne međukatne konstrukcije (s rebrima, gredama i sl.) potrebno je više mjesta. Mjerenje se treba vršiti na četiri fiksna mjesta mikrofona ili četiri mjesta pokretnog mikrofona. Najmanji broj mjerenja uz fiksna mjesta mikrofona je šest, ali treba primijeniti kombinaciju od najmanje četiri mjesta mikrofona i najmanje četiri mjesta izvora zvuka.

Razina udarnog zvuka određuje se s pomoću jednog mikrofona koji se pomiče od mjesta do mjesta ili s pomoću niza pričvršćenih mikrofona ili mikrofona koji se pokreće kontinuirano ili njišući. Najmanji razmaci između mjesta mikrofona i graničnih ploha su jednaki kao kod mjerenja zračne zvučne izolacije. Kada se ispituju međukatne konstrukcije s mekim oblogama, normirani izvor udarnog zvuka treba ispunjavati posebne zahtjeve, odnosno treba osigurati da čekići mogu padati najmanje 4 mm ispod ravnine na kojoj leže noge izvora udarnog zvuka.

Na osnovu zahtjeva koji su propisani za normirani izvor udarnog zvuka moraju se provjeravati ispunjenja zahtjeva u pravilnim intervalima pod laboratorijskim uvjetima. Neke parametre treba mjeriti samo jednom osim ako

na izvoru nisu obavljene izmjene, odnosno razmak između čekića, noge uređaja, promjer čekića, masa čekića (osim ako su glave čekića bile poravnane) vrijeme između udaranja i podizanja i najveća moguća visina padanja čekića. Ključno je da se brzina čekića, promjer zakrivljenosti glave čekića, smjer padanja čekića i vrijeme između udara redovito provjerava.

5. NORME I PRAVILNICI

Zakonom o zaštiti od buke („NN“ br. 30/09, 55/13, 153/13) se utvrđuju mjere u cilju izbjegavanja, sprječavanja ili smanjivanja štetnih učinaka na zdravlje ljudi koje uzrokuje buka u okolišu. U članku 11. ovoga zakona piše da stručne poslove zaštite od buke utvrđene pravilnikom mogu obavljati pravne osobe registrirane za obavljanje te djelatnosti koje imaju ovlaštenje Ministarstva zdravlja, a akreditirane su prema normi HRN EN ISO/IEC 17025 uz prijelazni period za dobivanje akreditacije od dvije godine. Zakonom je navedeno da osobe koje obavljaju stručne poslove zaštite od buke moraju imati položen stručni ispit, te su se obvezne u načinu i postupku mjerenja proračuna i ocjenjivanja te sadržaja nalaza o mjerenju pridržavati međunarodnih normi (ISO), europskih normi (EN), hrvatskih normi (HRN) i odgovarajućih preporuka Europske unije. Ovo područje je pokriveno pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave („NN“ br. 145/04), te Pravilnikom o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke („NN“ br. 91/07). Osnovne norme koje se odnose na terenska mjerenja zvučne izolacije u zgradama su:

Norme za terenska mjerenja zvučne izolacije: HRN EN ISO 140-4:1999, Akustika – Mjerenje zvučne izolacije zgrada i građevnih elemenata – 4. dio: Terenska mjerenja zračne zvučne izolacije između prostorija.; HRN EN ISO 140-7:1999, Terenska mjerenja udarne zvučne izolacije međukatnih konstrukcija.

Norme za vrednovanje zvučne izolacije: HRN EN ISO 717-1:1999, Akustika - Vrednovanje zvučne izolacije zgrada i građevnih elemenata – 1. dio: Izolacija od zračnog zvuka; HRN EN ISO 717-2:1999, Izolacija od udarnog zvuka.

Norma za mjerenje vremena odjeka: HRN EN ISO 3382-2:2010, Akustika – Mjerenje akustičkih parametara prostorija - 2. dio: Vrijeme odjeka u običnim prostorijama.

Ostale norme koje se odnose na zvučnu izolaciju u zgradama su: HRN EN 20140-

2:1998, Akustika - Mjerenje zvučne izolacije zgrada i građevnih elemenata – 2. dio: Određivanje, provjera i primjena preciznosti podataka; HRN EN ISO 140-14:2006, Smjernice za posebne situacije na terenu.

Navedeni normativni elementi bili su važeći za vrijeme provedbe terenskog mjerenja.

6. PRAKTIČNA PROVEDBA MJERENJA

Priprema za terensko mjerenje započinje pribavljanjem osnovnih podataka o lokaciji ispitivanja (lokacija zgrade, broj etaža, namjena i sl.) te uvidom u projektnu dokumentaciju zgrade. Posebno se analizira Elaborat fizikalnih svojstava zgrade i traži izvješće ovlaštenog revidenta ukoliko je zgrada veća od 800 m². Terensko mjerenje zvučne izolacije rađeno je na primjeru međukatne konstrukcije između dva stana.

Oprema koja je korištena pri terenskom mjerenju zračne zvučne izolacije: Modularni prijenosni zvukomjer tip 2250 Brüel & Kjaer, Zvučni umjerivač proizvođača Brüel & Kjaer tip 4231, Mjerni mikrofonski uložak proizvođača Brüel & Kjaer tip 4189, Dodekaedarski zvučnik Brüel & Kjaer tip 4292 L, Pojačalo snage zvučnog signala Brüel & Kjaer tip 2734 i Programski paket Brüel & Kjaer tip Qualifier 7830

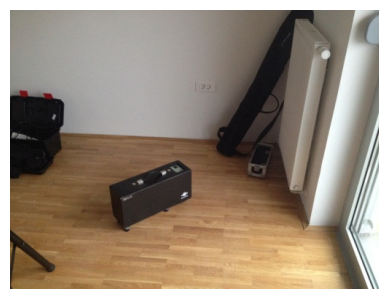
Radi točnijih rezultata mjerenja odabrana su dva stana istih dimenzija. Izvršeno je mjerenje dimenzija prostorije i međukatne konstrukcije. S obzirom da je mjerenje izvršeno na prostorijama koje su jedna ispod druge, gornja prostorija je bila predajna, a donja prijemna, iako je moglo biti i obrnuto. U predajnu prostoriju se postavlja generator normiranog izvora zvuka sa pripadajućim stalkom, te normirani izvor udarnog zvuka.



Slika 5 Zvučnik Brüel & Kjaer tip 4292 L



Slika 6. Pojačalo Brüel & Kjaer tip 2734.



Slika 7 Generators udarnog zvuka

Generator udarnog zvuka ne smije biti postavljen okomito u odnosu na bilo koju graničnu površinu.



Slika 8. Zvukomjer tip 2250 Brüel & Kjaer.

Na slici 8. prikazani su osnovni dijelovi zvukomjera korištenog pri mjerenju zvučne izolacije.



Slika 9. Kalibrator za umjeravanje zvukomjera.

Prije samog mjerenja potrebno je izvršiti umjeravanje tj. kalibriranje zvukomjera. Ono se izvodi postavljanjem kalibratora (prikazanog na slici 9 na mikrofona te se pet puta zaredom pokrene kalibracija na 114 decibela. Mjerenje započinje s mjerenjem predajnog šuma unutar predajne prostorije. Mikrofona treba biti postavljen na visinu od $1,5 \pm 0,1$ m i udaljen barem 0,5 m od graničnih ploha prostorije ili difuzora.



Slika 10. Zvukomjer postavljen na pripadajući stalak s podesivom visinom.

Udaljenost mikrofona od zvučnika mora biti barem jedan metar. Odabire se interval trajanja mjerenja, minimalno trajanje jednog mjerenja je šest sekundi. Odabiru se minimalno dva položaja zvučnika, tako da su položaji pravilno raspoređeni unutar prostorije.

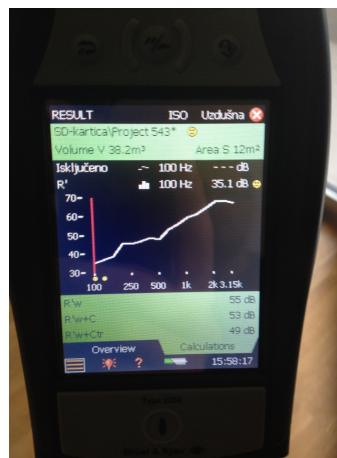
Ukoliko je prostorija većeg ili nepravilnog obujmu odabire se više od dva položaja zvučnika. Na svakom položaju zvučnika s neusmjerenom karakteristikom vrši se minimalno pet mjerenja s fiksnim položajem mikrofona. Svako mjerenje se obavlja s drugim fiksnim položajem mikrofona, tako da je razmak između dva fiksna položaja mikrofona barem 0,7 m. Mjerenje je moguće obavljati i kretanjem mikrofona duž kružnice polumjera najmanje 0,7 m. Vrijeme usrednjavanja pri kružnom kretanju mikrofona mora iznositi najmanje petnaest sekundi, a minimalni broj mjerenja je dva. Mikrofona ne smije biti u paralelnom odnosu s niti jednom graničnom površinom.

Kada je izvršeno mjerenje predajnog šuma, s instrumentom se prelazi u prijemnu prostoriju te se započinje mjerenje prijemnog šuma. Pri svakom položaju zvučnika s neusmjerenom karakteristikom, unutar predajne prostorije, u prijemnoj prostoriji se odabire pet mjernih mjesta s fiksnim položajem mikrofona (minimalno deset mjerenja) ili se vrše minimalno dva mjerenja kretanjem mikrofona duž kružnice. Nakon završenih mjerenja prijemnog šuma daljninski predajnik signala se deaktivira.

Na slici 11 prikazan je zvukomjer koji ima mogućnost grafičkog prikaza izmjerenih vrijednosti u obliku krivulje. Sličnu krivulju ćemo

prikazati u izvještaju o mjerenju zvučne izolacije.

Tada se vrši mjerenje rezidualne buke prijemne prostorije. Minimalno trajanje jednog mjerenja je petnaest sekundi. Broj i položaj fiksnih položaja mikrofona određuje se ovisno o položaju, veličini i konfiguraciji prostora. Sama provedba mjerenja identična je mjerenju predajnog i prijemnog šuma. Ukoliko je tokom mjerenja uočeno da je razlika između razine rezidualnog zvuka i razine prijemnog šuma u prijemnoj prostoriji manja od 10 dB treba upisati napomenu unutar obrasca, zbog unošenja korekcija za rezidualnu buku tokom obrade izmjerenih vrijednosti.



Slika 11. Grafički prikaz rezultata mjerenja prijemnog šuma.

Nakon toga se vrši mjerenje vremena odjeka prijemne prostorije koje se provodi pomoću izvora impulsnog zvuka. Najčešće se koristi papirnata vrećica. Mjerenje vremena odjeka moguće je obaviti metodom prekida zvuka ili integracijsko-impulsnom metodom. Kod metode prekida zvuka mjerenja se obavljaju na fiksnim mjestima mikrofona, s minimalno šest mjerenja na svakoj frekvenciji. Prva opcija je postavljanje zvučnika na jedno mjesto, dok se mikrofona postavlja na tri pozicije, na svakoj se vrše dva mjerenja. Druga opcija je postavljanje mikrofona na šest mjesta unutar prostorije sa po jednim mjerenjem na svakom mjestu, gdje je minimalni broj mjerenja na svakoj frekvenciji šest, odnosno jedno mjesto zvučnika sa tri mjesta mikrofona sa po dva mjerenja na svakom mjestu ili šest mjesta mikrofona sa po jednim mjerenjem na svakom mjestu. Kod integracijsko-impulsne metode mjerenja se obavljaju isključivo na fiksnim mjestima mikrofona gdje je minimalni broj mjerenja na svakoj frekvenciji šest, odnosno jedno mjesto izvora sa šest mjesta mikrofona sa po jednim mjerenjem na svakom mjestu. Dobiveni podaci se spremaju u posebnu datoteku u memoriju instrumenta.

Vrijeme odjeka određuje se u području opadanja razine od najmanje 20 decibela, a donja granica mora biti barem deset decibela iznad razine osnovne buke

Posljednje mjerenje koje se izvršava je mjerenje udarne zvučne izolacije koje se izvodi samo na horizontalnim pregradama unutar građevine. Normirani izvor udarnog zvuka se postavlja unutar predajne prostorije i priključuje se na električnu mrežu (230 V). Ukoliko je pod predajne prostorije prekriven mekanom oblogom (tepih) potrebno je pomoću odvrtanja nožica normiranog izvora udarnog zvuka omogućiti propadanje udarnih batića za 4 mm niže od nulte pozicije.

Mjerenje se započinje mjerenjem razine udarnog zvuka unutar prijemne prostorije. Jedan ispitivač ostaje u predajnoj prostoriji, a drugi s instrumentom odlazi u prijemnu prostoriju. Ispitivač unutar predajne prostorije treba odrediti barem četiri mjesta postavljanja normiranog izvora udarnog zvuka. Izvor ne smije biti udaljen manje od 0,5 m od rubova ispitivane međukatne konstrukcije, a simetrala padajućih batića treba biti približno 45° u odnosu na rubove konstrukcije. Ispitivač unutar prijemne prostorije odabire interval trajanja mjerenja, minimalno trajanje jednog mjerenja je šest sekundi. Odabiru se minimalno četiri fiksna položaja mikrofona tako da je mikrofonski udaljen barem 0,5 m od graničnih ploha prostorije ili difuzora, a razmak između dva fiksna položaja mikrofona treba biti barem 0,7 m. Ukupni broj potrebnih mjerenja je barem šest. Mjerenje je moguće obavljati i kretanjem mikrofona duž kružnice polumjera najmanje 0,7 m. Vrijeme usrednjavanja pri kružnom kretanju mikrofona mora iznositi najmanje petnaest sekundi, a minimalni broj mjerenja je četiri (za svaki položaj normiranog izvora zvuka po jedno mjerenje). Mikrofonski ne smije biti u paralelnom odnosu s niti jednom graničnom površinom.



Slika 12. Grafički prikaz rezultata mjerenja udarne zvučne izolacije.

Nakon završenog mjerenja razine udarnog zvuka unutar prijemne prostorije, potrebno je izmjeriti rezidualnu razinu buke i vrijeme odjeka koja se provode identično kao i kod mjerenja zračne zvučne izolacije.

7. IZVJEŠĆE O PROVEDENOM MJERENJU ZVUČNE IZOLACIJE

Izveštaj o mjerenju zvučne izolacije daje osnovne informacije:

- sastava ispitanih konstrukcija i obujam prostorija,
- opis mjernih mjesta, predajne i prijemne prostorije,
- rezultatima mjerenja i osvrt na rezultate terenskog mjerenja.

Mjerenje je izvršeno na međukatnoj konstrukciji S koja je sastavljena od sljedećim materijala: dvoslojna ukočena drvena podna obloga 1,40 cm, poliuretansko ljepilo 0,60 cm, armiranobetonski plivajući cementni estrih 6,00 cm, polietilenska folija 0,025 cm, EPS 2,00 cm, stirobeton 3,00 cm, armirani beton 5,00 cm, EPS 15,00 cm, armirani beton 4,00 cm. Obujam obje prostorije iznosi 38,20 m³, dok je površina međukatne konstrukcije 12,00 m².

Tablica 1. Broj mjerenja Oznaka sastava konstrukcije

Broj mjerenja	Oznaka sastava konstrukcije	Predajna prostorija	Prijemna prostorija	Napomena
1.	S/ zrak	L1 - SOBA	L2 - SOBA	-
2.	S/udar	L1 - SOBA	L2 - SOBA	-

Tablica 2. sadrži opis prostorija nad kojima je mjerenje izvršeno, te vrsta mjerenja koja su provedena. Izvršeno je mjerenje zračne i udarne zvučne izolacije pregrade između soba L1 i L2, gdje je soba L1 u oba mjerenja bila predajna, dok je soba L2 bila prijemna.

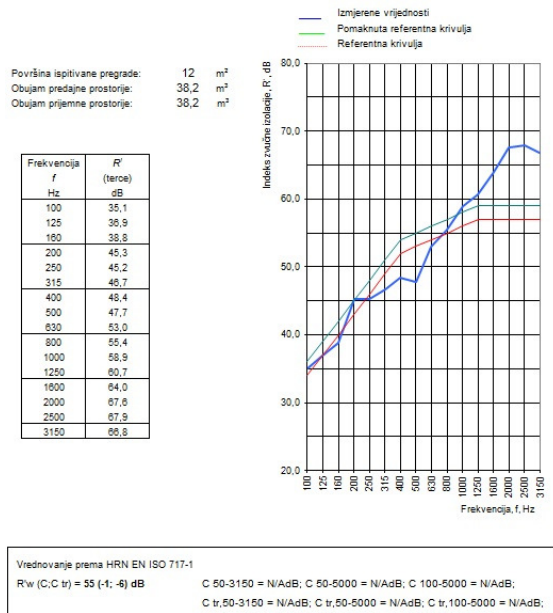
Tablica 2. Zračna zvučna izolacija ispitnih konstrukcija

ZRAČNA ZVUČNA IZOLACIJA MEĐUKATNIH KONSTRUKCIJA - R' _w u dB				
Opis pregradne konstrukcije	Zahtjev R' _{wmin}	Izmjereno R' _w	Klasa	Ocjena
S	52	55	Minimalna	Z

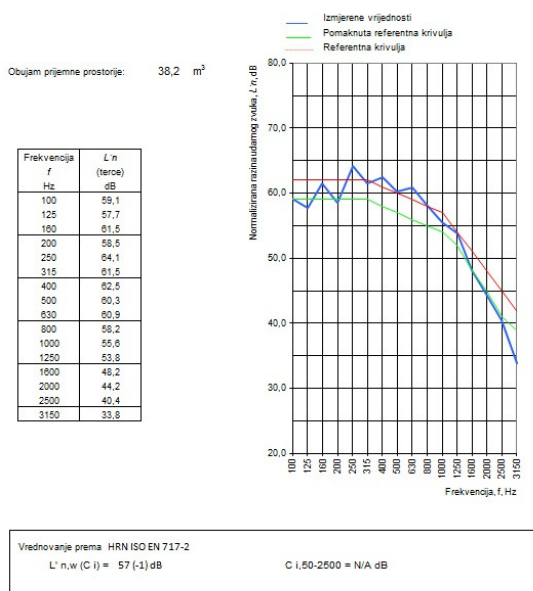
Tablica 3. Udarne zvučne izolacije ispitnih konstrukcija

UDARNA ZVUČNA IZOLACIJA MEĐUKATNIH KONSTRUKCIJA - L' _{nw} u dB				
Opis pregradne konstrukcije	Zahtjev L' _{nw max}	Izmjereno L' _{nw}	Klasa	Ocjena
S	68	57	Poboljšana	Z

U tablicama 3. i 4. navedene su jednobrojne vrijednosti koje su očitane prema normama [8] i [9] na krivuljama prikazanim na slikama 13. i 14. Potrebno je očitati vrijednost u decibelima na pomaknutoj referentnoj krivulji, označenoj zelenom bojom, pri frekvenciji od 500 Hz.



Slika 13 Indeks zvučne izolacije R'



Slika 14 Normirana razina udarnog zvuka

Na osnovi obavljenih mjerenja zvučne izolacije, utvrđeno je da razina zvučne izolacije ispitanih konstrukcija zadovoljava dopuštene vrijednosti norme HRN U.J6.201:1989 i projektom zahtijevane vrijednosti za te

konstrukcije. Izmjerena vrijednost zvučne izolacije je za tri decibela veća od propisane minimalne vrijednosti zvučne izolacije za strop između dva stana propisane normom [6], što znači da je pregrada ocjenjena klasom minimalne zvučne zaštite. Izmjerena vrijednost zvuka udara je za 11 decibela manja od maksimalne vrijednosti nivoa zvuka udara propisanog normom [6], te je stoga pregrada ocjenjena klasom poboljšane zvučne zaštite. Slika 13. prikazuje vrijednosti indeksa zvučne izolacije R izraženog na svim frekvencijama, na jedno decimalno mjesto, u tabličnom obliku i u obliku krivulje koji prikazuje vrijednosti u decibelima u ovisnosti o frekvenciji u logaritamskom mjerilu prema [3]. Prema normi [8], koje kaže da se na dijagramu očitava vrijednost pomaknute referentne krivulje na 500 Hz dobiva se rješenje $R_w = 55$ (dB).

Slika 14. prikazuje izmjerene vrijednosti normalizirane razine udarnog zvuka L'n izražene na svim frekvencijama, na jedno decimalno mjesto, u obliku tablice i krivulje kao što je propisano normom ISO 140-7:1999, te se izračunata jednobrojna cjelobrojna normalizirana razina udarnog zvuka $L'n,w = 57$ (dB).

8. ZAKLJUČAK

Mjerenja zvučne izolacije su kompleksna i pokrivena su nizom zakonskih i podzakonskih propisa te normama navedenim u poglavlju pet. Navedeni normativni elementi bili su važeći za vrijeme provedbe terenskog mjerenja. Naknadno je došlo do izmjena u normama koje nisu značajno utjecale na način provedbe mjerenja. Izvještaj o mjerenju zvučne izolacije nije opširan, ali za izradu istoga potrebno je poznavanje normativnih propisa i posjedovanje potrebnih znanja i vještina za provođenje mjerenja. Kao i za sva ostala mjerenja pri iskazu rezultata navodi se mjerna nesigurnost mjerenja, koja u ovom radu, zbog svoje kompleksnosti nije posebno obrađena.

Korištenjem normi za terenska mjerenja zvučne izolacije, te normi za vrednovanje zvučne izolacije odrađeno je terensko mjerenje u novoizgrađenoj zgradi na osnovu kojeg je utvrđeno da građevina zadovoljava u pogledu minimalne vrijednosti zvučne izolacije i maksimalne vrijednosti razine zvuka udara prema normi HRN U.J6.201:1989. U slučaju da su rezultati ispitivanja bili negativni, odnosno da ispitane pregrade nisu zadovoljile predviđene zahtjeve potrebno je izraditi projekt sanacije. Izrada sanacijskog rješenja za investitora predstavlja veliko financijsko opterećenje, te je sam pothvat najčešće nemoguće izvesti bez

značajnih zahvata na zgradi. Taj se problem mogao spriječiti još u fazi projektiranja. Već od faze prostornog planiranja potrebno je pridodati značajnu pažnju zaštiti od buke. Kako je učesće zaštite od buke u zgradarstvu zastupljeno u svim projektnim fazama, od idejnog rješenja do izvedbenog projekta, potrebno je projektiranje zvučne zaštite i zaštite od buke prepustiti stručnjacima i iskusnim projektantima kako kasnije ne bi bilo potrebe za projekt sanacije i zahtijevanim radovima saniranja.

LITERATURA:

- [1] V. M. Vilems, K. Šild, S. Dinter, Građevinska fizika, priručnik 2. Dio, Građevinska knjiga, 2008.
- [2] E. Šild, H.F.Kaselman, G. Damen, R. Polenc, Građevinska tehnika: Projektiranje i primjena, IRO „Građevinska knjiga“, Beograd, 1985.
- [3] HRN EN ISO 140-4:1999 (en), Akustika – Mjerenje zvučne izolacije zgrada i građevnih elemenata – 4. dio: Terenska mjerenja zračne zvučne izolacije između prostorija.
- [4] C. Hopkins, Sound insulation, Elsevier Ltd, Oxford, 2007.
- [5] V. Šimetin, Građevinska fizika, Fakultet građevinskih znanosti sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1983.
- [6] HRN EN ISO 140-7:1999 (en), Akustika – Mjerenje zvučne izolacije zgrada i građevnih elemenata – 7. dio: Terenska mjerenja udarne zvučne izolacije međukatnih konstrukcija.
- [7] HRN U.J6.201:1989, Akustika u zgradarstvu - Tehnički uvjeti za projektiranje igradenje zgrada.
- [8] HRN EN ISO 717-1:1999 (en), Akustika - Vrednovanje zvučne izolacije zgrada i građevnih elemenata – 1. dio: Izolacija od zračnog zvuka.
- [9] HRN EN ISO 717-2:1999 (en), Akustika - Vrednovanje zvučne izolacije zgrada i građevnih elemenata – 2. dio: Izolacija od udarnog zvuka.
- [10] Zakon o zaštiti od buke („NN“ br. 30/09, 55/13, 153/13)

Pregled tehnologija baterijskih skladišta energije u električnim mrežama

Professional paper

Dalibor Buljić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
dalibor.buljic@etfos.hr

Marinko Barukčić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
marinko.barukcic@etfos.hr

Željko Špoljarić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
zeljko.spoljaric@etfos.hr

Krešimir Miklošević

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
kresimir.miklosevic@etfos.hr

Sažetak – Proizvodnjom i korištenjem različitih vrsta izvora električne energije dolazi do potrebe skladištenja te iste energije u distributivnim električnim mrežama. Današnje potrebe i vrste skladištenja energije su različite i uzrokovane su izraženijom primjenom distribuirane proizvodnje različitih snaga. Često se energetske izvori distribuirane proizvodnje manjih snaga vremenski nestabilni i nepredvidivi (sunce, vjetar...). Jedna od najzastupljenijih tehnologija skladištenja energije je baterijsko skladištenje energije u distributivnim mrežama s ovakvom proizvodnjom. U radu će biti prikazane vrste i tehnologije izrade baterijskih skladišta energije koje se primjenjuju u distributivnim mrežama. Pregled cijene i održavanja pojedinih tipova baterija, kao i osnovne zahtjeve za razine održavanja biti će prikazani u kratkim crtama.

Ključne riječi – vrsta tehnologija, organizacija baterijska skladišta energije, električna mreža

OVERVIEW OF BATTERY STORAGE TECHNOLOGIES IN POWER GRIDS

Abstract – Generation and use of different types of energy sources have necessitated the need for energy storage in distribution networks. Today's needs and types of energy storage are versatile and are caused by the application of various distributed power schemes. Distributed energy resources are often unstable and unpredictable (sun, wind, etc.). One of the most frequently used energy storage technologies is battery storage in distribution networks with such generation. In the paper, we will show the type and technologies of battery storage system applied in distribution networks. We will also give a brief overview of prices and maintenance of individual battery types, as well as basic maintenance level requirements.

Keywords – types of technologies, battery storage, power grid

1. UVOD

Proizvodnjom i korištenjem različitih vrsta izvora energije koji su promijenjivi i često neupravljivi u vremenu dolazi do potrebe i skladištenja te iste energije. U današnje vrijeme potrebe i vrsta skladištenja energije su različite. Zbog sve raširenije upotrebe distributivnih izvora manjih snaga u distribucijskim mrežama jedna od najzastupljenijih tehnologija skladištenja je baterijsko skladištenje energije. U radu će se prikazati vrste i tehnologije izrade baterijskih skladišta energije koje se primjenjuju u distributivnim mrežama, te pregled i cijena održavanja pojedinih tipova baterija. Prikaz tehnologija za skladištenja energije može se pogledati u [1]. U [2] su dani detaljni podaci o spremištima energije u distributivnim mrežama općenito kao i podaci o baterijskim spremištima. Osnovna namjena i uliga baterijskih spremišta energije u distributivnim mrežama dana je u [3], a u [4] su dane tehničke karakteristike pojedinih baterijskih spremišta energije. Utjecaj ugradnje baterijskih spremišta energije u distributivnoj mreži analiziran je u [5].

Kako se može zaključiti iz literature tematika baterijskih spremišta električne energije u distributivnim mrežama postaje sve aktualnija u novije vrijeme. Razlog tome je prvenstveno potenciranje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora s nestabilnim intenzitetom energenta u ovom slučaju (sunčevo zračenje, vjetar). Kod ovakvih energetskih izvora proizvodne jedinice su redovito manjih snaga i raspršene prostorno što vodi izravno pojavi distribuirane proizvodnje u distributivnim mrežama. Zbog nestabilnosti snage energenta postoji potreba za povećanjem apsorpcije energije kada je intenzitet energenta najveći a trenutna potrošnja manja i obrnuto, potreba za povećanom proizvodnjom kada je smanjena snaga energenta a povećana potrošnja. Ovo je glavni razlog za analiziranje i istraživanje primjene baterijskih spremišta energije u distributivnim mrežama. Da bi se ova tematika približila domaćem auditoriju u radu je dan osnovni prikaz trenutnih baterijskih tehnologija za ovu namjenu, a na temelju analize podataka prikazanih u [2], a za različite tehnologije baterijskog skladištenja energije prikazani su i troškovi instalirane snage baterijskog spremišta snage 1000 kW.

2. TEHNOLOGIJE SKLADIŠTENJA ENERGIJE

Skladištenje električne energije moguće je obaviti tehnologijama dugotrajnog i kratkotrajnog skladištenja električne energije.

Baterijsko skladištenje električne energije pripada u grupu tehnologija koje omogućavaju dugotrajno skladištenje električne energije. Dugotrajno skladištenja može trajati u vremenu od 10 minuta, pa i do nekoliko mjeseci. U ovu grupu tehnologija dugotrajnog skladištenja električne energije pripada i hidraulične crpke i skladištenje gravitacijskog toka, skladištenje topline u obliku osjetne topline, skladištenje u obliku tlačne energije pomoću komprimiranog zraka i skladištenjem vodika koji se dobiva elektrolizom i uporabom gorivih članaka za proizvodnju električne energije. Tehnologije koje omogućuju kratkotrajnu pohranu električne energije (u vremenu od 1 s do nekoliko minuta) su skladištenjem kinetičke energije u rotirajućoj masi (zamašnjak), skladištenje magnetske energije u supravodljivim zavojnicama i skladištenje električne energije u ultrakondenzatorima.

3. VRSTE I TEHNOLOGIJE IZRADE BATERIJSKIH SKLADIŠTA ENERGIJE

Baterijska skladišta energije opskrbljuju vanjski krug električnom energijom u obliku niskonaponske vremenski promijenjive struje struje na način da postupno transformiraju unutarnju kemijsku energiju u električnu. Neke od vrsta i tehnologija izrade elektrokemijskih baterija u električnim mrežama za skladištenje energije prikazane su u nastavku. Također, dan je prikaz troškova po pojedinim baterijskim izvedbama.

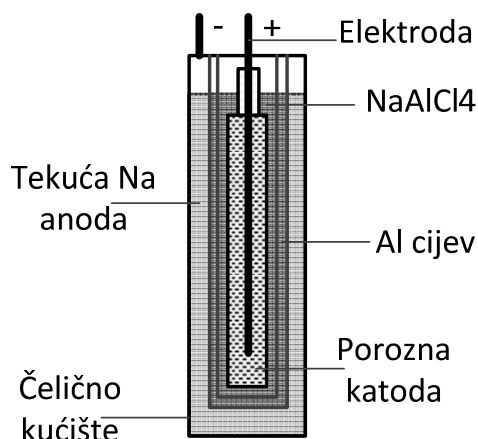
3.1. Natrij-sumporne baterije (Na-S)

Baterije natrij-sumporne tehnologije zbog dužeg vremena pražnjenja (nekoliko sati) prikladne su za različite primjene u distributivnoj mreži. Pri pogonu (pražnjenje/punjenje) razvijaju relativno visoke temperature od par stotina stupnjeva (300-350 ° C, [2]). Zbog prisustva štetnih i opasnih materijala ove se baterije hermetički zatvaraju, a dodatno su ćelije obložene i slojem pijeska. Stanje baterije (napon, temperatura...) prate se putem odgovarajućih senzora i sustava za upravljanje pogonom baterija. Ove baterije imaju gustoću pohranjene energije oko 170 kWh/m³, a životni im se vijek kreće oko 15 godina uz adekvatno održavanje i oko 4500 ciklusa punjenja-pražnjenja kako je navedeno u [2].

3.2. Natrij-Nikl-Klorid baterije

Baterije natrij-nikl-kloridom pripadaju skupini visokotemperaturnih baterija. Punjenju i pražnjenju baterije obavlja se pri radnoj temperaturi od 270 ° C do 350 ° C. Unutar

baterije dolazi do kemijskih procesa koji omogućavaju punjenje i pražnjenje baterija. Radna temperatura same ćelije je oko 260°C . Životni vijek ove vrste baterija oko 15 godina [2]. Na slici 1 prikazana je shematski izvedba natrij-nikl-klorid baterijske tehnologije.



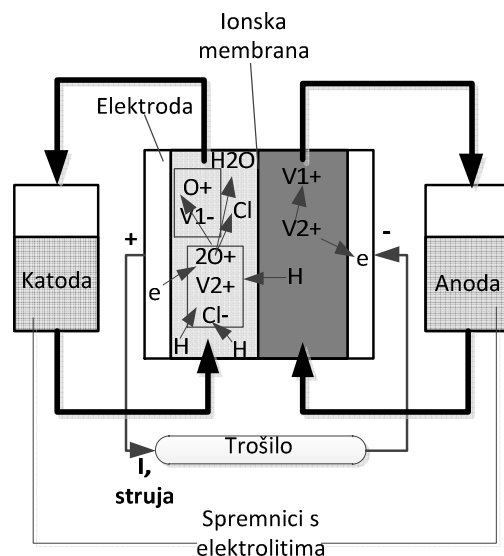
Slika 1. Skica i načela rada Natrij-nikl-krom baterija [2]

3.3. Vanadij- Redoks baterije (VRB)

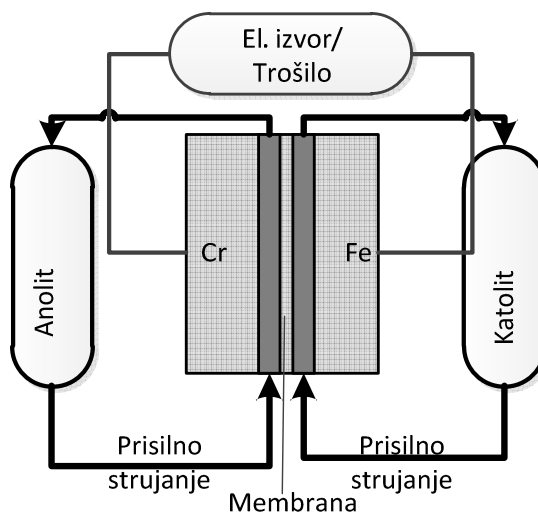
Vanadij – redoks baterije pripadaju skupini protočnih baterija. VR baterije odlikuju se niskom radnom temperaturom i dugom su vijeka trajanja. Primjena VR baterija u velikih sustavima su još u fazi ispitivanja. Specifična snaga snopa VR baterije iznosi oko 30W/kg uz učinkovitost od 83 % po ciklusu, dok je gustoća energije elektrolita oko 15 kWh/m^3 [2]. Električnu energiju moguće je akumulirati dugo u tekućem vanadiju. Vanadij – redoks baterije su ekološki prihvatljive, jer ne sadrže opasne tvari za okoliš (teške metale: olovo, nikal, kadmij i cink), te ne stvaraju štetne emisije. Koriste se kao povratna napajanja, pri proizvodnji električne energije u udaljenim područjima. Principijelna shema vanadij-redoks baterije dana je na slici 2.

3.4. Željezo-Krom baterije

Fe-Cr baterije pripadaju skupini protočnih baterija. Zbog svoje niske troškovne strukture proizvodnje ove baterije su dobre za skladištenje energije. Vijek trajanja željezo-krom baterija kreće se od 8 do 15 godina [2]. Način rada i izgled željezo-krom baterije može se vidjeti na slici 3.



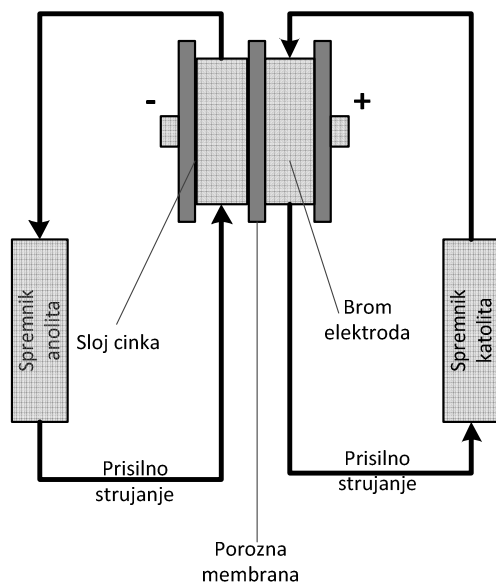
Slika 2. Princip rada Vanadij-redoks baterije [2]



Slika 3. Način rada Željezo-krom baterije [2]

3.5. Cink-Brom baterije

Baterija Cink-brom pripada skupini protočnih baterija. Unutar baterije nalaze se ćelije. U svakoj ćeliji postavljene su dvije elektrode i dva toka tekućine elektrolita koji su odvojeni mikroporoznim slojem. Pozitivni dio elektrolita naziva katolit, a negativni anolit. Elektrolit je otopina cinkovog broma. Mikroporozni separator ima ulogu reguliranja protoka elektrolita. Površina pozitivne elektrode obložena je ugljikom. Elektroliti se razlikuju po vrijednosti broma. Vijek trajanja cink-brom baterija je oko 15 godina [2]. Izgled strukture Cink-brom baterije prikazan je na slici 4.



Slika 4. Struktura Cink brom baterije

3.6. Cink-Zrak baterije

Cink-zrak baterije pripadaju skupini baterija metal-zrak. U ovim baterijama koristi se samo jedna elektroda, a rezultat toga je i vrlo visoka energetska gustoća. Troškovi izrade cink-zrak baterija su mali zbog korištenja jednostavnih metala pri izradi baterija. Električna struja u cink-zrak se putem zraka, koji ujedno služi kao elektroda. Proces proizvodnje struje unutar baterije cink-zrak odvija se uz pomoć katalizatora, pražnjenjem elektrode zraka i proizvodnje hidroksilne ione u tekućem elektrolitu. Cinkova elektroda otpušta elektrone koji proizvode električnu struju. Ovakve baterije podložne su promjenama koje su uvjetovane okolnim zrakom, vlagom u zraku i onečišćenju zraka. Baterije cink-zrak imaju tri puta veću gustoću energije od Li-ion baterija. Cink-zrak baterije ne proizvode toksične ili ekološki opasne tvari. Glavni materijal u bateriji s cinkovim zrakom je cink-oksidi, koji je u potpunosti recikličan.

3.7. Olovne baterije

Olovne baterije su najstariji oblik tehnologija punjive baterija, a najviše se primjenjuju u automobilske industriji. Iako su najjeftinije na tržištu, nedostatak ovih baterija je relativno niski specifični kapacitet, te mali broj procesa punjenja/pražnjenja. Tehnologije pohrane olovnih kiselina podijeljene su u dvije vrste:

- tehnologija olovno-kiselih ugljika
- napredne tehnologije olovnih kiselina.

Prilikom korištenja tehnologije olovno-kiselih ugljika za poboljšanje kvalitete snage baterije, te povećanje učinka same baterije koristi se ugljik. Kod naprednih tehnologija olovnih kiselina poboljšanja su bazirana na aktivnim materijalima velike gustoće, elektrolitima na bazi silicijevog dioksida, katodnim smjesama ugljika i sustavima granuliranih silicij elektrolita. Olovno-kiselinske ili napredno olovno-kiselinske baterije posebno su dizajnirane za energetske primjene pri korištenju visokih vrijednosti snaga.

3.8. Litij-ionske baterije

Litij-ionske baterije pripadaju skupini suvremenih baterija. Ova vrsta baterije sadrži dva reaktivna materijala koji prolaze kemijsku reakciju elektronskog prijenosa, uz uvjet da su materijali elektronički povezani. Baterije su dizajnirane tako da se materijali međusobno dodiruju i da su povezani s svakim materijalom električnog terminala koji je izoliranim od drugog materijala. Terminali služe kao vanjski kontakti ćelije. Tri glavne tehnologije izrade litij-ionskih baterija su:

- Litij-ion
- Litij-ion polimer
- Litij-metal polimer

4. PREGLED TROŠKOVA INSTALIRANE SNAGE I CIJENA PREMA ZAHTJEVIMA BATERIJA

U tablici 1 za baterijska spremišta instalirane snage od 1000 kW za svaku tehnologiju izrade baterije prikazan je kapacitet za nazivnu razinu pražnjenja, troškovi instalacije sustava i troškovi održavanja sustava za svaku tehnologiju izrade baterija. Troškovi instalacije sustava prikazani su u eurima, kao i troškovi održavanja sustava na godišnjoj razini.

5. ZAKLJUČAK

Prema prikazanim tehnologijama izrade baterija i troškova instalacije sustava, kao i troškova održavanja uočava se pojedine tehnologije uspjevaju kroz ispitivanja i usavršavanja doći do manjih cijena troškova instalacije (izgradnje) sustava, ali ipak su to još veliki troškovi. Troškovi održavanja sustava na godišnjoj razini su jednaki za svaku tehnologiju, ako izuzmemo vanadij-redoks bateriju koja je instalirane snage 1200 kW. S obzirom na dani pregled baterijskih tehnologija kao i trenutnu aktualnost njihove primjene u bližoj budućnosti

se očekuje još izraženije izučavanje, analiziranje i primjena baterijskih spremišta u distributivnim električnim mrežama. Za očekivati je daljni pad jedinične cijene ovakvih spremišta što će onda nedvojbeno izazvati rašireniju primjenu baterijskih spremišta u praksi. Povećanjem količine i snaga ovakvih spremišta neminovno vodi i pojavi novih i unaprijeđenju postojećih procedura za održavanje baterijskih sustava. Stoga se usporedno s inteziviranjem istraživanja samih tehničkih značajki baterijskih spremišta očekuje i pojačano istraživanje na polju održavanja baterijskih spremišta električne energije na specifičnu namjenu u distributivnim mrežama. Osim tehničkog aspekta održavanja vjerovatno će biti naglašene i ekološka strana samih baterijskih tehnologija zbog prisutnosti potencijalno opasnih i štetnih kemikalija u samim baterijama. Tako da se očekuje i istraživanje ove tematike sa stanovišta zaštite okoliša i ljudskog zdravlja, gdje ponovno dolaze do izražaja postupci pravilnog i redovitog održavanja u shvru zadovoljenja ovih zaštitinih kriterija. Na kraju se može zaključiti da će očekivana raširenija implementacija baterijskih spremišta otvara nove područja u postupcima održavanja u elektroenergetskim sustavima.

Tablica 1. Pregled troškova instalirane snage od 1000 KW za različite tehnologije izrade baterija prema [2]

Tehnologije izrade baterija	Kapacitet za nazivnu dubinu pražnjenja (kWh)	Troškovi instalacije sustava (€)	Troškovi održavanja sustava (€/godini)
Natrij-sumpor	7 200	3 154 256	8 45
Natrij-nikl-klorid	4 000	2 578 281	8 450
Vanadij-redoks*	3 996	2 738 153	8 486
Željezo-krom	4 000	1 486 634	8 450
Cink-brom	2 000	2 148 602	8 450

Tablica 1. Nastavak

Tehnologije izrade baterija	Kapacitet za nazivnu dubinu pražnjenja (kWh)	Troškovi instalacije sustava (€)	Troškovi održavanja sustava (€/godini)
Cink-zrak	6 000	1 352 139	8 450
Olovne	8 000	6 570 239	8 450
Litij-ionske	4 000	3 389 812	8 450

*instalirana snaga od 1200 KW

LITERATURA:

- [1] A. Joseph , M. Shahidehpour, "Battery storage system in electric power system", ECE Department Illinois Institute of Technology Chicago, Illinois USA, 2015.
- [2] A. A. Akhil , G. Huff, A. B. Currier B. C. Kaun, D. M. Rastel, S. B. Chen, A. L. Cotter, D. T. Bradshaw, W. D. Gauntlett, "DOE/EPRI 2013 Electricity Storage Handbook in Collaboration with NRECA", Sandia National Laboratories, 2013.
- [3] P. Taylor, "Integration and Control of Energy Storage in Distribution Networks: Simulation, Experimentation and Deployment, Newcastle University, 2016
- [4] J. Kondoh*, I. Ishii, H. Yamaguchi, A. Murata, K. Otani, K. Sakuta, N. Higuchi, S. Sekine, M. Kamimoto, "Electrical energy storage system for energy networks" Energy Conversion & Management, 2000
- [5] C. Mateo et al., "Ynalysis of the impact of battery storage on power distribution systems", CIRED 23rd International Conference on Electricity Distribution, Lyon, 15-18 June 2015

Upravljanje održavanjem elektrane na biomasu

Professional paper

Matej Žnidarec

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek
matej.znidarec@ferit.hr

Sažetak – Elektrane na biomasu, kao vrsta energetskih postrojenja koja iskorištavaju obnovljive izvore energije za proizvodnju električne i toplinske energije, u Republici Hrvatskoj slove za najbrojnije novoizgrađene termoelektrane u 21. stoljeću. Svaka termoelektrana se može podijeliti na dva osnovna dijela, kotlovsko postrojenje za proizvodnju toplinske i turbogenerator za proizvodnju električne energije. Elektrana se kao vrlo složeno postrojenje sastoji od mnogo zasebnih sustava koji su, upravljani nadređenim upravljačkim sustavom, podložni i ljudskim i okolnim utjecajima. Održavanje elektrane je često propisano od samog proizvođača postrojenja, kako bi ono radilo sigurno i pouzdano, a često je to i uvjet za održanje jamstva. Kod održavanja termoelektrana teži se preventivnom održavanju jer neočekivana pojava kvara donosi velike financijske posljedice za poslovanje tvrtke.

Ključne riječi - održavanje, elektrana na biomasu, kotlovsko postrojenje, turbogenerator

MAINTENANCE MANAGEMENT OF A BIOMASS POWER PLANT

Abstract – Biomass power plants as a type of facilities that use renewable energy sources for electricity and heat production are being the most numbered newly built thermal powers plant in 21st century in Republic of Croatia. Every thermal power plant can be divided into two main parts, boiler unit for heat production and turbo generator for electricity production. Power plant as a very complex facility made out of many systems which are controlled by supervisory control system are subject to human and environmental influences. Maintenance of power plant is often prescribed by the manufacturer of the facility so it can operate safely and reliably. Prescribed maintenance is often obligatory for retention of the warranty. Thermal power plants tend to use preventive maintenance because unexpected fault brings out huge financial consequences for the business of the company.

Keywords – maintenance, biomass power plant, boiler facility, turbo generator

1. UVOD

U današnje vrijeme poticanja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije, elektrane na biomasu predstavljaju najrašireniji tip energetskih investicija u srednjim i velikim poduzećima. Svaka termoelektrana se može podijeliti na dva osnovna dijela, kotlovsko postrojenje za proizvodnju toplinske i turbogenerator za proizvodnju električne energije. Elektrana je vrlo složen sustav koji se sastoji od mnogo zasebnih cjelina upravljanih nadređenim upravljačkim sustavom. Svaki od tih sustava je podložan i ljudskim i okolnim utjecajima te se zbog dotrajalosti i istrošenosti dijelova dolazi do kvarova. Kod elektrana se uvijek teži preventivnom umjesto korektivnom održavanju jer su troškovi zastoja elektrane mnogo veći od troškova održavanja. Da bi postrojenje sigurno i pouzdano radilo, vrlo je bitno razviti plan održavanja s vremenskim rokovima i sa definiranim izvršiteljima. Izvršitelji aktivnosti održavanja mogu biti ili osoblje elektrane ili poduzeća specijalizirana za održavanje. Svako održavanje predstavlja

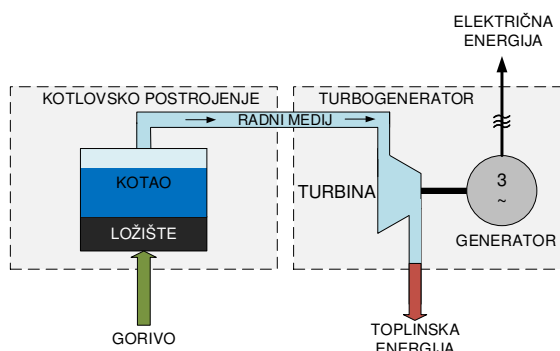
trošak za poduzeće, stoga je vrlo bitno postići optimum između cijene koštanja i kvalitete samog održavanja. Svaka aktivnost održavanja se kod elektrana mora dokumentirati te naposljetku arhivirati kao dokaz stručnog održavanja postrojenja za nadležna tijela.

2. OBJEKT ODRŽAVANJA

Kogeneracijska termoelektrana ima svrhu istovremene proizvodnje električne i toplinske energije za potrošače. Svaka termoelektrana može se podijeliti na dvije cjeline, kotlovsko postrojenje i turbogenerator. Kotlovsko postrojenje služi za pretvorbu kemijske energije goriva u toplinsku energiju radnog medija. Turbina zatim pretvara toplinsku energiju radnog medija u mehaničku rotacijsku, a generator potom u električnu energiju. Dio toplinske energije se u obliku tople vode ili pare odvodi do toplinskih potrošača. Turbogenerator možemo podijeliti na dva osnovna dijelova, turbinu i električni generator vezani na istu osovinu. Shema elektrane na biomasu prikazana je na slici 1.

Kotlovsko postrojenje se sastoji od mnogo više dijelova nego li turbogenerator te se može podijeliti na četiri osnovne skupine [1]:

1. Ložište
2. Sustav izmjenjivača topline
 - Isparivač
 - Pregrijač pare
 - Zagrijač vode
 - Zagrijač zraka
3. Pomoćni uređaji u parnom kotlu
 - Armature parnog kotla
 - Nosiva konstrukcija
 - Ozid i izolacija
4. Postrojenja ili uređaji izvan parnog kotla
 - Sustav za dovod goriva
 - Sustav za pripremu i napajanje radnog medija
 - Sustav za opskrbu zrakom
 - Sustav za odvod i čišćenje dimnih plinova
 - Sustav za odvod pepela i troske
 - Sustav upravljanja



Slika 1. Shema elektrane na biomasu [4]

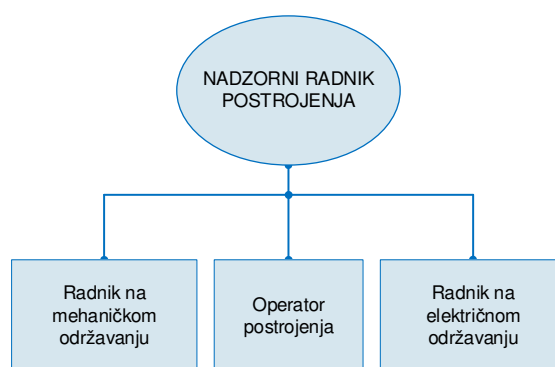
Ono što povezuje glavna dva dijela sustava, kotlovsko postrojenje i turbogenerator su spojne cijevi koje služe za razmjenu radnog medija. U svaku elektranu na biomasu ugrađuje velik broj sustava za manipulaciju uređaja kako bi oni pomoću nadređenog upravljačkog sustava, zajedno kontrolirali proces proizvodnje električne i toplinske energije. Kako su dijelovi termoelektrane načinjeni od mnogo različitih materijala koji rade u različitim uvjetima (visoke temperature i tlakovi, abrazivna sredstva, korozija, nagle promjene režima rada), to sve negativno utječe na pogonsku spremnost i radni vijek [2]. Na sve dijelove termoelektrane djeluju spregnuti dijelovi sustava, čovjek i okolina,

stoga oni se mogu naći u tri moguća radna stanja: ispravno, stanje oštećenja i stanje kvara [3].

3. ORGANIZACIJSKO ODRŽAVANJE

3.1. Organizacijska struktura

Postupak održavanja i vođenja pogona najčešće izvršavaju zaposlenici koji su i operatori postrojenja. Kako su termoelektrane vrlo financijski intenzivni objekti, vrlo je bitna stručna osposobljenost operatora kako bi postrojenje sigurno i pouzdano radilo. Operatori se mogu podijeliti po posebnim ulogama u vođenju procesa proizvodnje, a izgled strukture je prikazan na slici. 2.



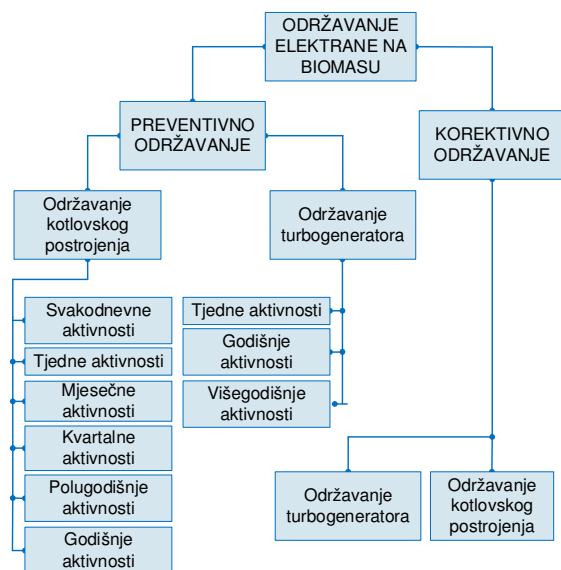
Slika 2. Organizacijska struktura osoblja elektrane [4]

Nadzorni radnik postrojenja mora biti kvalificiran za izvršavanje složenih operacija u sustavu. On ima odgovornost za vođenje cjelokupnog postrojenja, od upravljanja fazama procesa do koordinacije intervencija uzrokovanih kvarovima. Radnik na mehaničkom održavanju je osposobljeno tehničko osoblje za puštanje u pogon svih uređaja, izvršavanje radova održavanja i zamjena komponenata svih mehaničkih sustava postrojenja. Radnik na električnom održavanju je također tehničko osoblje osposobljeno za vođenje, održavanje i zamjenu komponenata električnih sustava unutar postrojenja, bilo niskog ili visokog napona. Operator postrojenja vodi i upravlja radom postrojenja u normalnim ili posebnim uvjetima rada uzrokovanim kvarom ili održavanjem [4].

3.2. Planiranje održavanja

Plan održavanja postrojenja najčešće je propisan od strane proizvođača postrojenja. Svaka aktivnost održavanja mora se dokumentirati te naposljetku arhivirati kao dokaz stručnog održavanja postrojenja za nadležna tijela. Isto tako, obvezno je voditi dnevnik održavanja od strane nadzornog

radnika postrojenja. Plan održavanja elektrane na biomasu prikazan je dijagramom na slici. 3. Dijagram prikazuje podjelu preventivnog i korektivnog održavanja elektrane.



Slika 3. Plan održavanja elektrane na biomasu [4]

Kod preventivnog održavanja definirana je vremenska podjela aktivnosti u kojima održavanje mora biti izvršeno. Svaka od stavki će biti strogo definirana i objašnjena u poglavlju 4. Kod elektrane na biomasu najčešće se koristi preventivno vremenski bazirano održavanje koje će biti opisano u poglavlju 4.1.

4. PROCESI ODRŽAVANJA

4.1. Koncept održavanja

Održavanje je funkcija poduzeća kojoj su povjerena stalna kontrola nad postrojenjima i obavljanje određenih popravaka i revizija, čime se omogućava stalna funkcionalna sposobnost i očuvanje proizvodnih postrojenja, pomoćnih postrojenja i opreme [3]. Održavanje možemo podijeliti na dva osnovna tipa, preventivno i korektivno. Dvije najčešće inačice preventivnog održavanja koje se koriste su vremenski bazirano i predviđajuće održavanje [5]. Vremenski bazirano preventivno održavanje se temelji na obavljanju aktivnosti održavanja u točno određenim vremenskim intervalima kako bi se odstranila mogućnost otkaza ili kvara. Prednosti vremenski baziranog preventivnog održavanja su lako planiranje, produženje vijeka trajanja postrojenja, smanjenje učestalosti otkaza i kvara, smanjenje zastoja u pogonu, poboljšanje poslovanja postrojenja i povećanje pouzdanosti postrojenja [6]. Predviđajuće održavanje je vrsta preventivnog održavanja kod kojeg se koriste različite metode za praćenje stanja određenog dijela, sustava ili cijelog postrojenja te samim time sprječavanje

nastanka kvara prije nego se on dogodio. Metode koje su razvijene za praćenje stanja koriste statističke metode, neuronske mreže i poznavanje mehanizma kvarenja određenog dijela [5]. Korektivno održavanje je održavanje koje nastoji dio ili sustav dovesti u funkcionalno stanje nakon što je nastupio kvar i zastoj [7]. U postrojenjima kao što su elektrane, uvijek se teži izbjegavanju korektivnog održavanja, jer su financijski troškovi u slučaju zastoja postrojenja puno veći od troškova samog održavanja [8].

U praksi, elektrane na biomasu su termoelektrane relativno male snage s obzirom na konvencionalne te se vlasnici najčešće opredijele za preventivno vremenski bazirano održavanje jer preventivno predviđajuće održavanje iziskuje mnogo financijskih resursa da bi se takav model primjenjivao. Za jednostavnije aktivnosti održavanja postrojenja najčešće se obučava osoblje elektrane. U slučaju održavanja specijaliziranih sustava unutar samog postrojenja, angažiraju se tvrtke koje su specijalizirane za određeni sustav kako bi se održavanje kvalitetno i sigurno izvršilo. Pri neočekivanom nastanku kvara na postrojenju, koristi se korekcijsko održavanje kako bi se kvar otklonio te da bi se postrojenje što brže vratilo u normalan pogon. Tijekom životnog vijeka, postrojenje prolazi kroz tri faze s obzirom na broj kvarova. Prva faza se naziva testna faza i odnosi na puštanje postrojenja u pogon kada se pojavljuju početni kvarovi. Nakon testne faze slijedi period normalnog rada kada se javljaju slučajni nezavisni i slučajni prouzrokovani kvarovi. Treći period nastupa zbog dotrajalosti dijelova i uslijed vremenske istrošenosti te broj kvarova počinje rasti [9].

4.2. Održavanje kotlovskeg postrojenja

Aktivnosti održavanja kotlovskeg postrojenja opisane su po intervalima u kojima se aktivnosti održavanja moraju izvršavati odnosno svakodnevne, tjedne, mjesečne, kvartalne, polugodišnje i godišnje. Dnevne aktivnosti održavanja kotlovskeg postrojenja smatraju se preventivnim održavanjem i to kontrolom [4]:

- Dovoda vode za gašenje požara
- Temperature dimnih plinova
- Temperature i podtlaka u ložištu
- Količine goriva u ložištu, žara i troske
- Izgleda (prostornog razmještaja) cijelog postrojenja
- Smjese zraka i goriva
- Termočlanaka za mjerenje temperatura u ložištu

- Razine hidrauličnog ulja sustava za podmazivanje
- Kontrola akustike elektromotora i pumpi
- Izgleda (prostornog razmještaja) cijelog postrojenja
- Čistoće zagrijača ulaznog zraka u ložištu

Tjedne aktivnosti održavanja kotlovskog postrojenja sastoje se od aktivnosti čišćenja prostora za pepeo, kontrole deformiranosti i istrošenosti dijelova rešetke u ložištu, kontrole temperature ulja i kontrole propusnosti cijevi i cilindara sustava za podmazivanje. Isto tako, kontrolira se i ispravnost svih dijelova sustava za dovod goriva te se kontrolira ispravnost hidrauličnog sustava automatiziranog sustava za odstranjivanje pepela, ako je takav sustav ugrađen u elektranu. U mjesečne aktivnosti održavanja ubrajaju se aktivnosti čišćenja ložišta od pepela, troske i negorivih ostataka s rešetke, kontrole buke, balansiranosti, temperature i podmazanosti ležajeva ventilatora dimnih plinova. U ložištu je potrebno vizualno pregledati šamotni ozid, a kod sustava za podmazivanje je potrebno nadzirati boju ulja za podmazivanje i ispitati ispravnost svih ventila u hidrauličnom sustavu. Objekt kotlovnice je potrebno fizički očistiti nakon svake aktivnosti čišćenja u kotlovskom postrojenju dok u sustavu centralnog grijanja potrebno ispitati kvalitetu vode u ovlaštenom laboratoriju. Nakon svih aktivnosti potrebno je provesti testiranje sustava za hlađenje kotla u hitnim situacijama kako bi on uvijek bio spreman u slučaju nužde [4].

Kvartalne aktivnosti održavanja se sastoje od čišćenja kanala dimnih plinova od nataloženih ugljičnih spojeva i pepela te provjere sigurnosnih sustava kotlovskog postrojenja. Kod sigurnosnih sustava ispituje se ispravnost [4]:

- Sigurnosnog ograničavala temperature radnog medija u kotlu
- Stabilnog sustava za gašenje požara
- Sustava za alarmiranje u slučaju kvara
- Sustava za mjerenje podtlaka u kotlu
- Sigurnosnog ventila kotla
- Sklopki za isključenje kotlovskog postrojenja u nuždi

Polugodišnje aktivnosti održavanja odnose se na neprekidni sustav napajanja. Današnja

energetska postrojenja su neizbježno vezana uz električnu energiju. I u redovnom pogonu i u stanju nužde, sustavi se oslanjaju na dostupnost električne energije. Ovaj zahtjev povlači pitanje napajanja električne energije u slučaju kada ona nije dostupna iz elektroenergetskog sustava. Zbog toga, sustav neprekidnog napajanja, najčešće izveden kao dizel-agregat s električnim generatorom se ugrađuje unutar elektrana. Održavanje sustava neprekidnog napajanja se sastoji od [4]:

- Provjere ispravnosti funkcioniranja ručnim isklupom napajanja električnom energijom iz elektroenergetskog sustava
- Provjera mehaničke ispravnosti motora i električnog generatora
- Provjera ispravnosti sklopke za prebacivanje napajanja s elektroenergetskog sustava na sustav neprekidnog napajanja i obratno

U polugodišnjem intervalu potrebno je izvršiti i provjeru sigurnosih lanaca i lanaca za isključenje u nuždi pojedinačnom ručnom aktivacijom svakog sustava. Ispravnost se potvrđuje aktivacijom određenog režima rada kotla ovisno o sigurnosnom lancu koji je aktiviran. U godišnje aktivnosti održavanja mogu se svrstati planske provjere stanja sigurnosti pogona prema normama, ovisno o vrsti radnog medija u postrojenju (termo ulje ili voda), kako bi postrojenje radilo u skladu sa standardiziranim pravilima i propisima. Potrebno je vršiti i godišnju provjeru kvalitete radnog medija u kotlu u ovlaštenim laboratorijima za ispitivanje kakvoće. Također, potrebno je održavati i razvodne ormare električne energije. Održavanje se sastoji od provjere ispravnosti sustava ventilacije kontrolom ventilatora te čišćenjem ili zamjenom filtra zraka [4].

4.3. Održavanje turbogeneratora

Održavanje turbogeneratora u postrojenju prema vremenskoj domeni može se podijeliti na tjedne, godišnje i višegodišnje aktivnosti održavanja. Aktivnosti kontrole i održavanja koje spadaju u tjedne vremenske intervale ponavljanja najčešće se tiču sustava podmazivanja i pneumatskog sustava koji su neophodni za pravilno izvršavanje funkcije cilja turboagregata. U aktivnosti održavanja sustava podmazivanja spadaju provjere razine masti i ulja automatskih podmazivača rotirajućih dijelova agregata kao i vakuumskih pumpi za

doziranje istih. U slučaju odstupanja razina od propisanih vrijednosti potrebno je dodati ili oduzeti ulje ili mast kako bi se razine održale unutar propisanih granica. Sustav zaštite od ulaska nečistoća unutar rotirajućih dijelova koje ulje podmazuje su filtri ulja. Kontrola začepljenosti filtera nečistoćama iz ulja vrši se pomoću optičkih indikatora ili kroz sustav nadzora uz pomoć alarma. U slučaju nedozvoljene začepljenosti potrebno je isti zamijeniti novim. Za najučinkovitije iskorištenje energije goriva potrebno je vršiti kontrolu protoka radnog medija ventilima. U svrhu daljinskog upravljanja ventilima ugrađuje se pneumatski sustav kontrole protočnosti ventila. Za pravilan rad pneumatskog sustava neophodna je razina tlaka zraka koja se provjerava pomoću manometara. Pad tlaka zraka ispod ili povećanje iznad dozvoljenih vrijednosti sugerira na nepravilan rad pneumatskog sustava [4].

Godišnje održavanje postrojenja može se podijeliti s obzirom na stanje pogona, u stanju mirovanja i u stanju pogona. Tablica 1 prikazuje podjelu aktivnosti godišnjeg održavanja postrojenja u stanju mirovanja dok tablica 2 u stanju pogona.

Tablica 1. Aktivnosti godišnjeg održavanja agregata u stanju mirovanja [4]

Dio postrojenja	Aktivnost
Opći podaci	Provjera sustava za nadzor propuštanja medija
	Provjera/zamjena radnog medija
Centralna jedinica za podmazivanje	Provjera/zamjena ulja za podmazivanje
	Provjera/zamjena filtera ulja
	Čišćenje izmjenjivača radni medij/zrak
Električni generator	Provjera/zamjena ulja za podmazivanje
Parna turbina	Promjena/provjera ležajeva
	Provjera brtvi
	Provjera poravnatosti turbina-generator
Napojna pumpa	Provjera/zamjena maziva
	Poravnatost osovine motora s pumpom
Vakuumpumpa	Provjera ispravnosti ventila

Tablica 2. Aktivnosti godišnjeg održavanja agregata u stanju pogona [4]

Dio postrojenja	Aktivnost
Opći podaci	Odstranjivanje eventualne pojave vode
	Provjera razine radnog medija
	Provjera sigurnosnog lanca i zaustavljanja agregata
	Izrada sigurnosnih kopija software-a PLC-a
Centralna jedinica za podmazivanje	Izrada sigurnosnih kopija upravljačkog programa procesa
	Provjera tlaka i temperature ulja za podmazivanje
Električni generator	Vizualna provjera ulja za podmazivanje
	Prikupljanje mjerenja vibracija turbine
Parna turbina	Vizualna provjera ulja za podmazivanje
	Prikupljanje mjerenja vibracija turbine
Vakuumpumpa	Provjera stanja ležajeva i brtve turbine preko sustava za nadzor
	Zamjena maziva vakuumpumpe

Višegodišnje održavanje zahtijeva dugoročnije planove održavanja agregata. Aktivnosti održavanja možemo podijeliti na 4 stavke [4]:

- Ispitivanje izolacije namota generator
- Analiza svojstava ulja za podmazivanje i njegova zamjena
- Analiza svojstava radnog medija
- Usporedba performansi sustava
- Kontrola zategnutosti prirubnica

Namot svakog električnog rotacijskog stroja pa tako i generatora mora biti izoliran od drugih vodljivih dijelova. U slučaju proboja izolacije, nastaje kratki spoj namota koji ozbiljno može oštetiti namot. U tu svrhu, izolacija namota generatora se ispituje te se prilaže odgovarajući izvještaj kako bi se u budućnosti moglo pratiti njeno starenje odnosno degradacija [10].

Rotacija pomičnih dijelova donosi trenje, a trenje uzrokuje zagrijavanje. Zbog toga utvrđuju se svojstva ulja za podmazivanje turbine, a u slučaju narušenih svojstava ulje se potpuno

mijenja. U termodinamičkim kružnim procesima u svrhu radnog medija koriste se ulja ili voda. Radni medij ima neizmjerenu važnost u odvijanju samog procesa stoga njegove karakteristike moraju biti strogo definirane i ispitivane. Ovisno o tome, je li radni medij voda ili ulje, različite karakteristike se ispituju. Performanse samog sustava također moraju biti nadzirane uspoređivanjem s povijesnim podacima. Kako su elektrane vrlo financijski i kapitalno intenzivna postrojenja, njihove performanse moraju se ispitivati kako bi se moglo pratiti njihovo starenje.

5. ZAKLJUČAK

Održavanje kao osnova korištenja tehničkih sustava, uz logistiku i tehničku opremu, igra veliku ulogu u vođenju sigurnog, pouzdanog i profitabilnog pogona postrojenja. Poduzeća prisiljena globalnom financijskom krizom početkom 21. stoljeća teže smanjivanju troškova poslovanja različitim rješenjima. To je rezultiralo i preustroju sustava održavanja u tvrtkama. Počela su se primjenjivati rješenja kao što su outsourcing, no pokazalo se da je optimum između cijene koštanja i kvalitete održavanja elektrane ostvaren kada je održavanje izvršavano od strane osoblja. To iziskuje ulaganja u osposobljavanje osoblja za izvršavanje aktivnosti održavanja kako bi se mogao voditi siguran i pouzdan pogon. Sve aktivnosti održavanja postrojenja vodi nadzorni radnik koji mora biti kvalificiran za izvršavanje složenih operacija u sustavu. On ima odgovornost za vođenje cjelokupnog postrojenja, od upravljanja fazama procesa do koordinacije intervencija uzrokovanim kvarovima. Radnici na mehaničkom i električnom održavanju moraju biti osposobljeno tehničko osoblje za izvršavanje radova održavanja i zamjena komponenata svih mehaničkih i električnih sustava postrojenja. Operator postrojenja koji vodi i upravlja radom postrojenja u normalnim ili posebnim uvjetima rada uzrokovanim bilo kvarom, bilo održavanjem mora biti u koordinaciji sa svim poslovima redovnog i neredovnog održavanja kako bi se pogon postrojenja što bolje prilagodio situaciji. Upravo zbog toga mora postojati strogo definiran plan održavanja. Svaka aktivnost održavanja se mora dokumentirati te

naposljetku arhivirati kao dokaz stručnog održavanja postrojenja za nadležna tijela. Kod postrojenja kao što su elektrane na biomasu koristi se preventivno održavanje jer su troškovi zastoja u pogonu puno veći od troškova samog održavanja. Naravno, uvijek postoji mogućnost neočekivanog kvara te se tada pristupa korekcijskom održavanju. Kako su elektrane na biomasu relativno nova postrojenja, često sam proizvođač postrojenja definira uvjete, pravila i vremenske rokove održavanja kako bi se zadržalo jamstvo. Održavanje mora uvijek biti na visokoj razini jer svaki neplanirani prekid proizvodnje donosi velike financijske gubitke te narušava poslovanje tvrtke.

LITERATURA:

- [1] L. Jozsa, "Elektrane i energetski procesi", Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, 2006.
- [2] S. Radosavljević, S. Ščepanović, M. Radosavljević "Procedura remonta kompleksnih Sistema", Zbornik radova, Spin'11 VIII Skup privrednika i naučnika, Operacioni menadžment u funkciji održivog ekonomskog rasta i razvoja Srbije 2011-2020., Beograd, Srbija, 1-2. Studenog 2011., str. 229-235
- [3] Z. Lacković, "Menadžment tehničkih sustava", Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, 2008.
- [4] M. Žnidarec, "Studija održavanja elektrane na biomasu", Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Osijek, Hrvatska, Studija, 2016.
- [5] S. K. Yang, "A condition-based Preventive Maintenance Arrangement for Thermal Power Plants", Electric Power Systems Research, Vol. 72, No. 1, 2004., str. 49-62
- [6] P. Chanda, S. Mukhopaddhyay, "Operation and Maintenance of Thermal Power Stations Best Practices and Health Monitoring", Springer India, India, 2016.
- [7] G. F. M. De Souza, F. J. G. Carazac, "Thermal Power Plant Performance Analysis", Springer-Verlag London, London, 2012.
- [8] D. Tagare, "Electric power generation", John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2011.
- [9] H. Pandžić, "Održavanje proizvodnih postrojenja elektroenergetskog sustava u novim tržišnim uvjetima", Zbornik radova, 14. međunarodni simpozij "Elektroinženjerski simpozij", Šibenik, Hrvatska, 3-5. svibnja 2007., str. 22-27
- [10] P. Kiameh, "Power Generation Handbook, Selection, Applications, Operation and Maintenance", McGraw-Hill Handbooks, USA, 2004.

Održavanje gravitacijskih kanalizacijskih sustava

Subject review

Marija Šperac

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Građevinski fakultet Osijek
Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska
msperac@gfos.hr

Ivan Hrskanović

Šandora Petefija 14, 31000 Osijek, Hrvatska
ihrskano@gmail.com

Željko Šreng

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Građevinski fakultet Osijek
Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska
zsreng@gfos.hr

Sažetak – Gravitacijski kanalizacijski sustav je sustav kojeg karakterizira tečenje otpadne vode sa slobodnim vodnim licem uslijed visinskih razlika unutar dijelova kanala. Na najnižim dijelovima sustava postavljaju se crpne stanice koje su građevine s pripadnom elektrostrojarskom opremom kojima se otpadne vode podižu iz građevina ili područja (kanala). Dobro održavani kanalizacijski sustav je temeljni uvjet za racionalno upravljanje urbanom infrastrukturom, zdrave sanitarne uvjete u urbanim ili ruralnim okolinama kao i za kvalitetu zaštite okoliša. Jedan od uvjeta za dobro održavanje kanalizacijskog sustava je upoznatost sa sustavom i njegovim karakteristikama. Obzirom da je svaki kanalizacijski sustav jedinstven za svoju okolinu, javlja se potreba za jedinstvenim pristupom njegovom upravljanju i održavanju. Održavanje se samo po sebi dijeli na tri vrste održavanja: korektivno održavanje, preventivno održavanje i predvidivo održavanje. U radu će se na bazi rješenja gravitacijske odvodnje otpadnih voda naselja Kapelna, Blanje, Bockovac i Ivanovo (Općina Viljevo) prikazati vrste održavanja sustava i troškovi održavanja.

Ključne riječi - održavanje, gravitacijski kanalizacijski sustav, Općina Viljevo, troškovi održavanja

MAINTENANCE OF GRAVITY SEWERAGE SYSTEMS

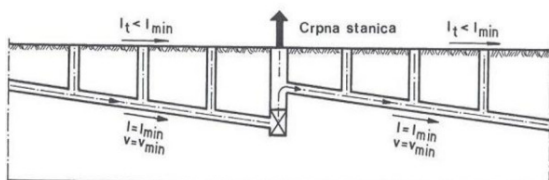
Abstract – Gravity sewer system is a system characterized by a flow of wastewater from the free water surface due to elevation differences within the channel parts. The lowest parts of the system are set the pumping station which the constructions with associated electric equipment of which the waste water from constructions or raised areas (channels). Well maintained sewer system is a fundamental condition for the rational management of urban infrastructure, sanitary condition in urban or rural environments as well as for the quality of environmental protection. One of the conditions for good maintenance of the sewerage system is familiarity with the system and its characteristics. Since every sewage system is unique to its environment, there is a need for a unique approach to its management and maintenance. Maintenance is divided into three types of maintenance: corrective maintenance, preventive maintenance and predictable maintenance. Based on the solutions of the gravity drainage of the waste water of Kapelna, Blanje, Bockovac and Ivanovo (Municipality of Viljevo), the system maintenance and maintenance costs will be presented

Keywords – maintenance, gravity sewerage system, Municipality of Viljevo, maintenance costs

1. UVOD

Gravitacijski sustav odvodnje otpadnih voda je najprimjenjiviji sustav u Hrvatskoj. Karakterizira ga tečenje otpadne vode sa slobodnim vodnim licem uslijed visinskih razlika unutar dijelova kanala. Na najnižim dijelovima sustava postavljaju se crpne stanice koje su građevine s pripadnom elektrostrojarskom opremom kojima se otpadne vode podižu iz

građevina ili područja (kanala). Na kanalizacijskoj mreži crpne stanice su potrebne za podizanje otpadnih voda iz dubljih u pliće dijelove kanala kada je pad kanala veći od nagiba terena (slika 1.). Tada bi inzistiranje na kompletnoj gravitacijskoj odvodnji zahtijevalo dubine ugradnje kanala koje su daleko iznad ekonomski prihvatljivih (6 do 7 m).



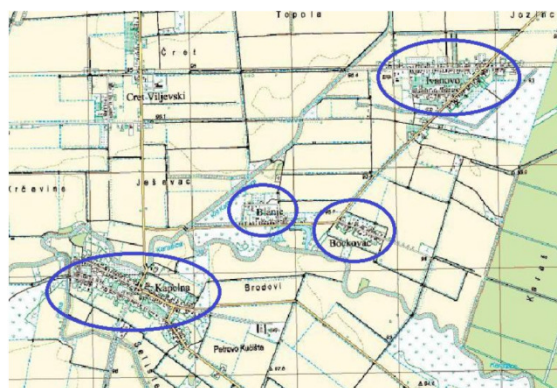
Slika 1. Lokacija crpne stanice u gravitacijskom sustavu [1]

Na početku dionica količine kanalizacijskih voda često su vrlo male, posebno za odvodnju sanitarnih otpadnih voda u razdjelnom sustavu. Teoretski bi bilo moguće koristiti jako male profile na osnovi malih početnih protoka i uzdužnih nagiba, ali iskustvom iz prakse došlo se do zaključka da je primjena malih profila ne povoljna te da često dolazi do začepjenja kanala. Tako da se primjenom malih profila kanala znatno povećavaju troškovi održavanja gravitacijskog kanalizacijskog sustava, a sve zbog potrebe čestog čišćenja. Zbog svega navedenog u javnim kanalizacijama s gravitacijskim pogonom otpadne vode uobičajena je primjena najmanjih profila od 250 odnosno 300 mm. Za konkretno promatrano područje koristiti će se promjeri profila kanalizacijskih cijevi od 300 mm za glavne krakove cjevovoda, dok će se za sporedne krakove, koji se ubadaju na glavnu mrežu, koristiti promjeri od 250 mm.

Analizirano područje

Općina Viljevo (45.75°N 18.06°E) je pogranična općina, smještena uz rijeku Dravu, u sjeverozapadnom dijelu Osječko-Baranjske županije, te u tom dijelu ujedno predstavlja i granicu između Republike Hrvatske i Republike Mađarske. Područje Općine Viljevo predstavlja tipičnu akumulacijsku nizinu uz neznatne denivelacije terena (89 do 109 m n.m.). U skladu s prevladavajućim morfološkim procesima razvili su se sljedeći tipovi reljefa: terasna nizina Drave, polj Drave I fluvijalno močvarna nizina uz Karašicu, [2]. Općina Viljevo pokriva površinu od 111,78 km², te prema popisu stanovništva iz 2011. godine ima 2065 stanovnika i 738 kućanstava u sedam naselja: Cret Viljevski, Bockovac, Blanje, Kapelna, Krunoslavlje, Ivanovo i Viljevo. Prostorni plan Osječko – Baranjske županije je odredio osnovni koncept odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda naselja koja pripadaju općini Viljevo, prema kojem bi se odvodnja odvijala putem razdjelnog kanalizacijskog sustava sa centraliziranim uređajem za pričišćavanje otpadnih voda. Detaljna analiza građevinskih površina za sva

naselja je provedena te je usvojena u Prostorni plan općine Viljevo 2012. godine



Slika 2. Pregledno područje Općine Viljevo s naseljima analiziranim unutar rada (Kapelna, Blanje, Bockovac, Ivanovo) [3]

U radu je analizirano održavanje kanalizacijskog sustava naselja: Kapelna, Blanje, Bockovac i Ivanovo uz pretpostavku gravitacijske kanalizacije.

2. ODRŽAVNJE GRAVITACIJSKIH KANALIZACIJSKIH SUSTAVA

Dobro održavani kanalizacijski sustav je temeljni uvjet za racionalno upravljanje urbanom infrastrukturom, zdrave sanitarne uvjete u urbanim ili ruralnim okolinama kao i za kvalitetu zaštite okoliša. Neki od uvjeta za dobro održavanje kanalizacijskog sustava su upoznatost sa sustavom i njegovim karakteristikama, dovoljan broj zaposlenih koji su dobro organizirani te dostatni financijski resursi. Svi ovi uvjeti su međusobno povezani. Bez dostatnih financijskih resursa, broj zaposlenih neće biti dovoljan za održavanje sustava. Bez dobre organizacije i plana održavanja, zaposlenici ne mogu učinkovito održavati sustav, iako ih ima dovoljan broj. Čak i ako su ti uvjeti zadovoljeni, bez dobrog poznavanja sustava ne može se računati na adekvatnu razinu održavanja kanalizacijskog sustava. Pošto je svaki kanalizacijski sustav jedinstven za svoju okolinu, javlja se zahtjev za jedinstven pristup njegovom upravljanju i održavanju. Svaki upravljački dio kanalizacijskog sustava zahtijeva prikladan plan upravljanja i održavanja.

Održavanje se dijeli na tri tipa održavanja: korektivno održavanje, preventivno održavanje i predvidivo održavanje. Korektivno održavanje je reaktivni tip održavanja koji je najčešće potreban u slučajevima kada oprema ili sustav otkazu ili su potrošeni. Najčešće za sobom vodi i stanje sustava van pogona, što je skupo.

Sustavi koji se oslanjaju samo na ovaj tip održavanja će najčešće loše raditi, pogotovo u podmakloj dobi sustava. Korektivno održavanje se također naziva održavanje u nuždi, sa razlikom između normalnih nuždi i posebnih situacija. Normalna nužda je situacija koja se može pojaviti na dnevnoj bazi (začepljenje cijevi ili pukotina). Sa učinkovitim programom održavanja učestalost ovakvih nuždi se smanjuje. Posebne situacije su najčešće oluje, poplave, potresi ili neki drugi nepredvidivi događaji koji dovode do prekida rada u dijelu ili cijelog sustava. Potpuno oslanjanje na korektivno održavanje dovodi do nemogućnosti planiranja i raspoređivanja radnih zadataka, do nemogućnosti dovoljnog i adekvatnog dodjeljivanja sredstava u proračun te do učestalih kvarova opreme i sustava. Preventivno održavanje je proaktivni tip održavanja, te predstavlja programirano i planirano održavanje usmjereno na sprječavanje smetnji i kvarova. Može se rasporediti prema povijesnim potrebama sustava ili prema vremenskim periodima. Preventivno održavanje dovodi do poboljšanog rada sustava osim u slučajevima kada su poteškoće u sustavu rezultat projektne ili izvedbene mane. Glavni elementi dobrog preventivnog održavanja su:

- Planiranje i raspoređivanje,
- Kartiranje sustava/GIS,
- Program automatskog održavanja,
- Upravljanje rezervnim dijelovima,
- Kontrola troškova i proračuna,
- Protokol hitnog održavanja,
- Inventar i upravljanje sredstvima,
- Program osposobljavanja.

Prednost preventivnog održavanja je između ostalog ta što se može planirati i smjestiti u raspored. Stoga se resursi potrebni za održavanje mogu dobiti i smjestiti u proračun. Ljudski i materijalni resursi se mogu učinkovito koristiti, a zastoji u radu se lagano prepoznaju.

Predvidivo održavanje je temeljeno na stvarnom stanju komponente. Smatra se proaktivnim tipom održavanja. Pri predvidivom održavanju, niz procedura se provodi da bi se potpomoglo u određivanju stanja opreme, poput određivanja podataka o radu, promatranju promjena uradu i monitoring radnih kriterija da bi se predvidilo u kojem trenutku će održavanje biti potrebno. U praksi se svi gore spomenuti tipovi održavanja provode u održavanju

kanalizacijskih sustava. Korektivno održavanje je najneisplativiji tip održavanja kada su zahtjevi održavanja visoki, te ga osoblje za održavanje možda neće moći izvesti, što dovodi do još veće potrebe za korektivnim održavanjem. Oslanjanje na korektivno održavanje oduzima moguća sredstva u proračunu od preventivnog i predvidivog održavanja. Rad sustava je često pouzdan pokazatelj kvalitete metode upravljanja i održavanja sustava. Cilj upravljanja održavanja sustava je minimalizacija ulaganja u rad, materijal, novac i opremu. Drugim riječima, cilj je upravljati ljudskim i materijalnim resursima što je učinkovitije moguće sa visokom kvalitetom usluge korisniku. Prednosti učinkovitog upravljanja i održavanja su:

- Osigurana dostupnost uređaja i opreme,
- Osigurana pouzdanost uređaja i opreme,
- Održavanje vrijednosti investicije,
- Osiguran rad tijekom cijelog planiranog životnog vijeka,
- Kratkoročna i dugoročna isplativost.

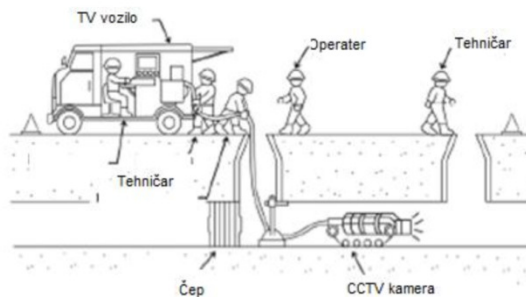
Održavanje se također može podijeliti prema tipu održavane opreme. Mehaničko održavanje najčešće podrazumijeva podmazivanje opreme, zamjene ulja, zamjene istrošenih dijelova, itd. Električno održavanje se brine o električnoj opremi. Tipične radnje za ovaj tip održavanja su provjere čistoće i rada sklopki, osigurača, releja, prekidača, itd. Osim toga, ovaj tip održavanja podrazumijeva provjeru kabelskih i strojnih izolacija, kao i provjeru potrošnje električne energije te uzemljenja. Održavanje mjerne opreme te ispunjavanje posebnih zahtjeva kao i uputa proizvođača spada u kategoriju održavanja opreme. Održavanje automatskih uređaja osigurava i provjerava njihov nesmetan rad. Aktivnosti očuvanja i čišćenja se većinom odnose na uređaje za pročišćavanje otpadnih voda, ali pravilno održavanje okoliša ima velik učinak na njih, stoga su upravljanje vrtovima, putevima te održavanje građevina iznimno važni.

Inspekcija

Inspekcija i provjera kanalizacijskog sustava podrazumijeva tehnike korištene za prikupljanje informacija o stanju kanalizacijskog sustava u svrhu razvoja plana upravljanja i održavanja, te

da bi osigurali kontinuiran siguran i nesmetan rad novog ili korištenog kanalizacijskog sustava. Informacije koje se prikupljaju inspekcijama i provjerama se razlikuju, ali većinom služe za otkrivanje postojećih ili potencijalnih problema u kanalizacijskom sustavu, procjenu ozbiljnosti stanja otkrivenog problema, određivanje lokacije problema te pružanje jasnih i značajnih izvještaja o pronađenim problemima. Dvije glavne svrhe inspekcije i provjere su sprječavanje pojave pukotina u kanalizacijskom sustavu te identifikacija i lociranje postojećih pukotina u sustavu da bi se pristupilo postupcima održavanja. Preliminarna inspekcija kanalizacijskog sustava služi kao postupak za prikupljanje osnovnih informacija o stanju kanalizacijskog sustava. Tijekom preliminarnе inspekcije treba se potvrditi postojanje slijeganja, sloma ili prelijevanja preko ceste. Također se treba potvrditi postojanje oštećenja na građevinama, kao i nanosi pijeska i mulja. Važne lokacije u sustavu treba dodatno provjeriti na postojanje korozije, trošenja, infiltracije vode, deformacija šahti, abnormalnih mirisa, začepjenja i prelijevanja. Inspekcija i provjera su važan dio održavanja sustava pošto pružaju informaciju o stvarnom stanju kanalizacijskog sustava. Dva osnovna tipa inspekcije i provjere su direktni i indirektni. Direktna inspekcija u suštini znači da se osoba fizički kreće kroz kanalizaciju te vizualno određuje stanje kanalizacije. Ovaj tip inspekcije se ne provodi nakon što je kanalizacija puštena u rad. Za nove sustave, unutrašnji promjer cjevovoda bi trebao biti veći od 2 m, te se treba pridržavati svih smjernica zaštite na radu u zatvorenim prostorima. Jedina svrha direktne inspekcije je stjecanje vizualnog dojma o točnosti spojeva cilj. Indirektna inspekcija ima veliki broj dostupnih tehnologija koje se mogu koristiti u različite svrhe. Najjednostavnija i najčešća tehnologija je upotreba izvora svjetlosti i ogledala. Tehnološki napredak indirektnih inspekcija je postignut korištenjem kamera. Nekoliko različitih metoda je razvijeno, poput štapne TV kamere ili televizije zatvorenog kruga (CCTV). CCTV inspekcija se može koristiti za kanalizacijske cjevovode promjera od 100 mm, ali pri promjerima većim od 900 mm postoje ograničenja zbog osvjetljenja i kuteva kamere. (slika 3.) Rade se kontinuirani napretci u tehnologiji kamera te u kvaliteti slike. Kamere se mogu kretati kroz cjevovod povlačenjem vitla, guranjem ili samohodno. Samohodne kamere se najčešće koriste, iako postoje određena ograničenja u vidu težine i potrebe za električnom energijom. Veće nakupine mulja mogu poremetiti korištenje samohodne kamere. Inspekcija kanalizacijskog sustava pomoću

CCTV-a je ograničena na predmete koji su paralelni kameri, te je prikaz ograničen na 50°, ali sa radialnom glavom za skeniranje, inspekcija okomita na stijenke kanalizacije je moguća.



Slika 3. CCTV inspekcija [4]

CCTV inspekcija može se u pravilu provoditi za cijevi unutrašnjeg promjera u rasponu od 150 mm do 900 mm, dok sa dodatnom opremom CCTV kamere mogu vršiti inspekciju i u cijevima s većim promjerima. Prednost CCTV inspekcije je što otvaranjem šahta na jednoj lokaciji inspekcija od 100 do 200 m kanalizacijskog cjevovoda postaje moguća (duljina kabela).[5]

Inspekcija samog šahta se vrši vizualnom provjerom pokrova šahta te okoline šahta, te provjerom unutrašnjih dijelova šahta što zahtjeva silazak nadležne osobe, inspektora, u šaht gdje vrši provjeru stanja unutrašnje površine, stanja uzvodnih i nizvodnih strana te provjeru infiltracije podzemnih voda. Prednosti vizualne inspekcije šahta su što je inspekcija obično visoke točnosti pošto inspektor osobno promatra i mjeri probleme u sustavu, isplativije je od inspekcija kamerama te su rezultati inspekcije korisni podaci. Prije ulaska u bilo koji šaht moraju se poduzeti prikladne mjere zaštite.

Ako je infiltracija vode blizu planiranog protoka, cjevovodi i uređaj za pročišćavanje će biti negativno pogođeni, što rezultira porastom cijene pročišćavanja. Uzroci infiltracije mogu biti neodgovarajući sustavi cjevovoda ili odvodnje. Za otkrivanje problema, koristi se inspekcija križanja, protoka i hidroizolacije. Inspekcija križanja služi za provjeru odvojenosti oborinske odvodnje od sustava odvodnje otpadnih voda u razdjelnim kanalizacijskim sustavima. [6] Raspon inspekcije seže od glavnih cjevovoda do kućnih odvodnih sustava. Tri najčešće metode su dimni test, echo-zvučni test i test bojom. Dimni test koristi dimnu bombu u razdjelnim kanalizacijskim sustavima. Križanje

se može ocijeniti provjerom dimi li se iz kućnih ventilacijskih otvora. Cilj testa je određivanje lokacije gdje je oborinski ulaz ili oborinska odvodnja direktno spojena na sustav odvodnje kućnih otpadnih voda, te lokacije gdje je oborina sa tla indirektno prodrijetla u kanalizacijski cjevovod. Echo zvučni test je metoda potvrđivanja da su cijevi pravilno spojene, te je također učinkovita metoda određivanja trasa glavnih cjevovoda te laterala. Putem odašiljača i prijavnika odašilju i detektiraju se nadzvučni valovi. Test bojom sastoji se od upuštanja bezopasne vode obojane fluorescentnom bojom sa uzvodne strane od problematičnog područja. Smjer kretanja vode, smjer kretanja isticanja i vrijeme dostizanja se dokumentiraju. Ova metoda se koristi također za provjeru stanja protoka u cijevi te za mjerenje brzine toka. [7]

Čišćenje

Da bi osigurali rad kanalizacijskog sustava prema namjeni, održavanje bi trebalo težiti prema minimaliziranju broja začepjenja i širenja neugodnih mirisa. Za tu svrhu se kanalizacija čisti prema uspostavljenom rasporedu da bi se otklonili nakupljeni ostaci u cijevima. Nakupljeni ostaci u cijevima smanjuju kapacitet cijevi te eventualno dovode do začepjenja što pak rezultira izlivanjem na površinu. Korijenje i korozija također mogu prouzročiti ozbiljnu štetu cjevovodnom sustavu. Čišćenje kanalizacijskog sustava zahtijeva uobičajene alate, poput pijuka, tronožaca, zastavica upozorenja, baterija, lampi, užadi, kuka, itd., te specijalnu opremu i uređaje.

Čišćenje pod pritiskom je postupak čišćenja kanalizacije koristeći mlazeve vode velike brzine da bi se otklonile prepreke, otopive masti i drugi materijali iz sanitarnih, oborinskih i mješovitih sustava kanalizacije. Ovaj postupak kombinira funkcije mehaničkog čišćenja štapom te sakupljača. Osnovna postavka uključuje visokotlačnu hidrauličku pumpu sposobnu da dostavlja vodu varijabilnim pritiscima do 80 kg/cm² kroz fleksibilno crijevo do mlaznice. Mlaznica ima jednu prednju rupu te određeni broj natrag usmjerenih rupa. Voda pod visokim pritiskom izlazi iz rupa velikom brzinom te razbija i izmješta prepreke, te ispire material nizvodno. Mlaznica može djelovati i poput bušilice za razbijanje čvrstih prepreka pošto ima opciju promjenjivog pritiska. Dodatna usisna pumpa se može koristiti za prikupljanje ispranog materijala. Sva oprema je najčešće montirana na kamion ili na posebnu prikolicu. Kamion

obično ima i spremnika čiste vode za mlazove te spremnike za isprani mulj, te različite upravljačke kontrole. Mlaznica te prikolica za ispiranje su prikazani na slici 4.



Slika 4. Mlaznica (lijevo) i prikolica za ispiranje (desno) [8]

3. ANALIZA CIJENE ODRŽAVANJA

U ovom poglavlju će se analizirati troškovi održavanja. Troškovi održavanja će se prikazati za period od jedne godine. Neke pretpostavke su prihvaćene za olakšavanje izračuna. Jedna od pretpostavki je da nema korektivnog održavanja. Korektivno održavanje je potrebno kada sustav ne funkcionira kako je zamišljeno ili zbog projektnih mana ili kvarova. U ovom radu pretpostavka je da je kanalizacijski sustav savršeno izgrađen, bez ikakvih konstrukcijskih mana. Također, pošto kvarovi i incidenti spadaju u domenu vjerojatnosti, oni se neće uzimati u obzir, što znači da nema korektivnog održavanja što u stvarnim prilikama nije slučaj. U svakom sustavu će biti potrebe za korektivnim održavanjem, te proračun kanalizacijskih sustava u pravilu ima financijske i tehnološke alate da izvršava ove zadatke. U izračunu troškova održavanja promatrala se samo radna snaga koja aktivno održava sustav. Radnici koji obavljaju aktivnosti održavanja moraju biti uvježbani u svom polju, sa velikim razumijevanjem zadataka koje moraju obaviti. U pravilu ovi zadaci nisu komplicirani, te se svode na inspekcije i čišćenje. Visoko obrazovana radna snaga je potrebna za određivanje pravilnih procedura kada se radi o korektivnom održavanju ili proširenju sustava. Temeljm podataka dobivenih u Komunalnom gospodarstvu Park, d.o.o. Donji Miholjac i prema uputama u priručniku za održavanje gravitacijskih kanalizacijskih sustava [7] određeni su: vrijeme, troškovi vozila, broj radnika potrebni za definiranje godišnje cijene troškova održavanja gravitacijskog cjevovoda (tablica 1.).

Tablica 1. Godišnje cijene troškova održavanja za gravitacijski cjevovod [9]

Duljina [m']	7420.00
Vrijeme [min/m']	6.5
Troškovi vozila[kn/m']	32.08
Radnici	3
Troškovi rada [kn/h]	60.0
Ukupno vrijeme [h]	803.833
Ukupna cijena [kn]	334 493.60

U tablici 2. prikazani su troškovi dnevnih inspekcija cjevovoda. Ove inspekcije pokrivaju samo vizualnu provjeru cjevovoda posjećivanjem i provjerom šahtova. Ukoliko postoje smetnje treba provesti održavanje cjevovoda. Glavni troškovi ovih inspekcija su potrebno gorivo te troškovi rada.

Tablica 2. Godišnji troškovi inspekcija za gravitacijski cjevovod [9]

Duljina [m']	7420.00
Radnici	1
Troškovi rada [kn/h]	60.0
Dnevno gorivo [l]	0.45
Ukupna cijena [kn]	23524.98

Cijena goriva se pretpostavila na cijenu od 10 kn/l. Prosječno moderno vozilo koje koristi benzin kao gorivo u prosjeku troši 6 l/100km. Iz ovih informacija je izračunata dnevna potreba za gorivom za inspekciju cijele duljine gravitacijskog cjevovoda.

Slijedeća stavka održavanja je održavanje crpnih stanica. Crpke bi trebalo mijenjati svakih pet godina pošto rade u teškim uvjetima. Pretpostavlja se rad crpke od 12 sati dnevno, te 220 dana godišnje. Pošto su u svakoj crpnoj stanici ugrađene po dvije crpke, nije potrebno stavljanje crpne stanice van pogona. Svakih pet godina, crpke u crpnoj stanici se zamjenjuju zajedno sa membranama. Cijene rada su određene prema jednoj crpnoj stanici

Ukupni troškovi održavanja gravitacijskih cjevovoda su prikazani u tablici 3.

Tablica 3. Ukupni troškovi održavanja gravitacijskih cjevovoda [9]

Stavka	Cijena [kn]
Održavanje gravitacijskog cjevovoda	334 493.60
Inspekcija gravitacijskog cjevovoda	23 524.98
Energetske potrebe crpnih stanica	4 566.75
Održavanje crpnih stanica	71 550.00
Zamjena crpki (5 godina)	27 350.00
UKUPNO	461 485.33

4. ZAKLJUČAK

Gravitacijski kanalizacijski sustav je najprimjenjiviji sustav u Republici Hrvatskoj.

Za dobro funkcioniranje sustava potrebno je redovito i kvalitetno održavanje sustava. Učinkovito održavanje kanalizacijskog sustava osigurava da će sustav funkcionirati kako je namijenjeno kroz cijeli životni vijek, često i duže. Također, pravilno održavanje sustava smanjuje troškove održavanja na duge staze.

Neki od kvarova koji samo čekaju da se dogode često se mogu otkriti i spriječiti inspekcijama i preventivnim održavanjem. Oslanjanje na korektivno i hitno održavanje je najneučinkovitiji oblik održavanja, pošto je sustav u tim trenucima van pogona i zahtijeva velike popravke. Održavanje kanalizacijskog sustava je često tek površno opisano u projektnoj fazi. Tema održavanja kanalizacijskog sustava, iako od velike važnosti i opsega, od održavanja kanalizacijskih cijevi, crpnih stanica, ventila i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda se često obrađuje odvojeno od glavnog projekta. Iako troškovi izgradnje pokrivaju veliku većinu početnog ulaganja u kanalizacijski sustav, važno je znati koliko će održavanja kanalizacijski sustav zahtijevati, i naravno, koliko će to održavanje koštati.

LITERATURA:

- [1] J. Margeta : Kanalizacija naselja – odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda, Split ,2009.
- [2] Konceptijsko rješenje „Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda distribucijskog područja komunalnog gospodarstva „Park“ d.o.o. Donji Miholjac“, izradio: Hidroprojekt-ing, Zagreb, siječanj 2009.

- [3] Prostorni plan uređenja Općine Viljevo, izradio: CPA Centar za prostorno uređenje i arhitekturu, Zagreb, lipanj 2012. godine
- [4] Manual on sewerage and sewage treatment, CPHEEO, New Delhi, Indija, prosinac 2012 .
- [5] M.J. Parcher: Wastewater Collection System Maintenance, CRC Press, 1997.
- [6] S.D. Lin, C. Lee : Water and Wastewater Calculations Model, 2nd Ed, Mc Graw Hill Professional, 2007
- [7] Manuel : Optimizing Operation, Maintenance, and Rehabilitation of Sanitary Sewer Collection System, Chapter 7, NEW ENGLAND WATER POLLUTION COMMISSION, DECEMBER 2003.
- [8] S.J. van Vuuren i M. van Dijk (2011): Waterbourne sanitation operation and maintenance guide, University of Pretoria, Južnoafrička Republika
- [9] I. Hrskanović : Održavanje sustava odvodnje naselja, Građevinski Sveučilište J.J.Strossmayera u Ojijeku, Građevinski fakultet Osijek, diplomski rad rujna 2016.

Izrada parametarskog modela ručne dizalice pomoću CAD sustava za parametarsko modeliranje temeljeno na značajkama

Preliminary notes

Hrvoje Stojčić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Trg Ivane Brlić – Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod, Hrvatska
hstojcic@sfsb.hr

Mirko Karakašić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Trg Ivane Brlić – Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod, Hrvatska
mirko.karakasic@sfsb.hr

Hrvoje Glavaš

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
hrvoje.glavas@ferit.hr

Sažetak – Primjenom CAD sustava za parametarsko modeliranje pomoću značajki generirana je familija proizvoda ručne dizalice. Prije samog modeliranja prostornog modela izvršen je analitički proračun u ovisnosti od zadanih ulaznih varijabli: težine tereta koji se podiže, visine dizanja te vrste materijala od kojih su izrađene komponente proizvoda. Proračunom je obuhvaćeno pet konstrukcijskih varijanti dizalice. Zatim je u CAD sustavu izvršen izbor zavisnih varijabli (geometrijske veličine) koje opisuju prostorni model te je izvršeno njihovo povezivanje s rezultatima proračuna. U prostornom modelu sklopa, sve zavisne varijable su dovedene u međusobne geometrijske odnose, generirajući pet konfiguracija parametarskog prostornog modela ručne dizalice. Ovaj postupak može se nazvati optimizacijom prostornog modela u odnosu na njegovu geometriju.

Ključne riječi - računalom podržano konstruiranje, familija proizvoda, značajka, ručna dizalica

CREATING A PARAMETRIC MODEL OF HAND CRANE WITH CAD SYSTEM FOR PARAMETRIC MODELING BASED ON FEATURES

Abstract – Using the CAD system for parametric modeling by features, a family of hand crane products was generated. Prior the modeling of the model, an analytical calculation was performed depending on the given input variables: the weight of lifted load, the lift height and the type of material from which the product components are made. The calculation includes five design variants of the hand crane. Then, in the CAD system, a choice of dependent variables (geometric variables) is done. These variables describe the model of hand crane. Variables are connected with the results of the calculation. In the 3D assembly model, all dependent variables are brought in the geometric relations. In this way, they generate five configurations of the hand crane parametric model. This procedure can be called a 3D model optimization in relation to its geometry.

Keywords – computer aided design, product family, feature, hand crane

1. UVOD

Veza između funkcije i strukture proizvoda čini središnji problem konstrukcijskog procesa. Konstruktori stoga određuju način djelovanja i principe organizacije, odnosno odlučuju o strukturi tehničkog sustava. Znanost o konstruiranju stoga mora osigurati

konstrukcijsko znanje u prikladnoj formi za konstruiranje.

Tehnički sustavi imaju sljedeće vrste struktura: strukturu procesa, funkcijsku strukturu, organsku strukturu i strukturne komponente. Svaki se tehnički sustav može prikazati pomoću ove četiri vrste strukture koje sadrže konstrukcijsko znanje i informacije o

produktu u potonjim formama [1]. Prilikom stvaranja tehničkog sustava, strukture su istovremeno karakteristike nastajanja pojedine etape razvoja tehničkog sustava za vrijeme konstrukcijskog procesa. Za potrebe ovoga rada bitne su funkcijska struktura i strukturne komponente za koje se često kaže da oblikuju fizikalnu strukturu proizvoda.

Funkcija je svojstvo tehničkog sustava koja opisuje njegovu sposobnost da ispuni svoju svrhu. Ona pretvara ulazne veličine u zahtijevane izlazne veličine (slika 1.) pod točno određenim uvjetima [2]. Funkcije čine elemente funkcijske strukture. Unutar konstrukcijskog procesa funkcijska struktura čini polazište za gradnju fizikalne strukture proizvoda [3, 4].

Strukturne komponente čine najkonkretniji način prikaza tehničkog sustava. Ovako definirana struktura sadrži sva potrebna svojstva dana pomoću zahtjeva. Strukturne komponente su opis tehničkog sustava koje se odnose na izrađene konstrukcijske elemente (komponente), koji mogu biti različite složenosti. Komponente čine strojni dijelovi. Konstrukcijske elemente određuju sljedeća svojstva- oblik, materijal, dimenzije, tolerancije, površinska obrada, itd. [2]. Opis strukture komponente sadrži pravila za proizvodnju i sklapanje.

Proizvodi predstavljaju strukturne komponente čija se struktura uglavnom generira u CAD sustavima s podrškom za parametarsko modeliranje temeljeno na značajkama. Takvi sustavi podržavaju

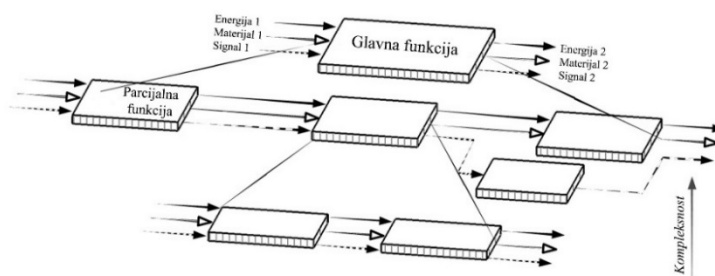
hijerarhijski prikaz značajki, konstrukcijske geometrije i komponenti proizvoda.

Značajke opisuju oblik tehničkog sustava i sadrže pohranjeno konstrukcijsko znanje [5]. One su pohranjene u stablu značajki CAD sustava te zajedno s geometrijskim i dimenzijskim ograničenjima sudjeluju u oblikovanju fizikalne strukture proizvoda. Oblik i dimenzije kao svojstva komponenti proizlaze iz značajki. Stoga za generiranje familije proizvoda, potrebno je upravo u značajkama potražiti one dimenzijske varijable koje će formirati međusobno povezan sustav matematičkih jednažbi oblikujući tako konfiguracije proizvoda [5].

Familiju nekog proizvoda čine konfiguracije funkcijski istog proizvoda, ali parametarski različitog. Različitost parametara proizlazi iz njegove intervalne vrijednosti koja je utkana u opisu funkcije [3].

2. FUNKCIJSKA I FIZIKALNA STRUKTURA RUČNE DIZALICE

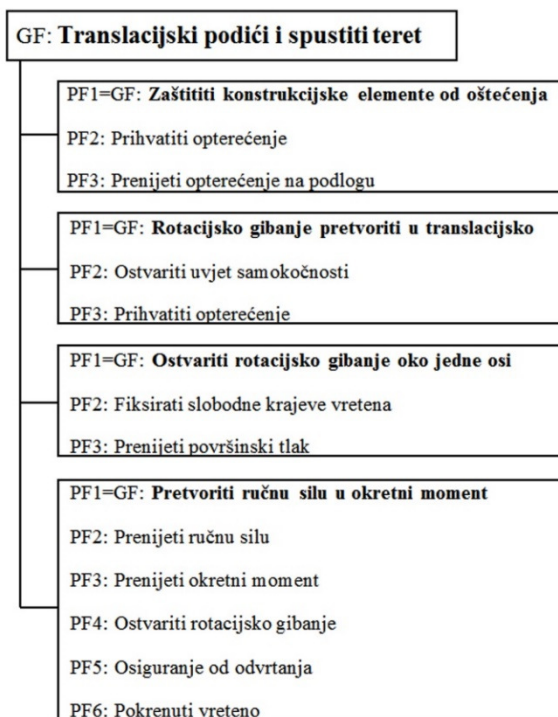
Funkcijska struktura proizvoda u mnogočemu određuje zadatke koje treba realizirati proizvod i oblik koji proizlazi iz nje. Glavna funkcija može se rastaviti na parcijalne funkcije koje odgovaraju podzadacima proizvoda i kao takve doprinose realizaciji glavne funkcije. Budući da je glavna funkcija kompleksna, njezinim rastavljanjem na parcijalne funkcije kompleksnost postaje manja (Sl. 1). Ovaj postupak naziva se funkcijska dekompozicija proizvoda [6].



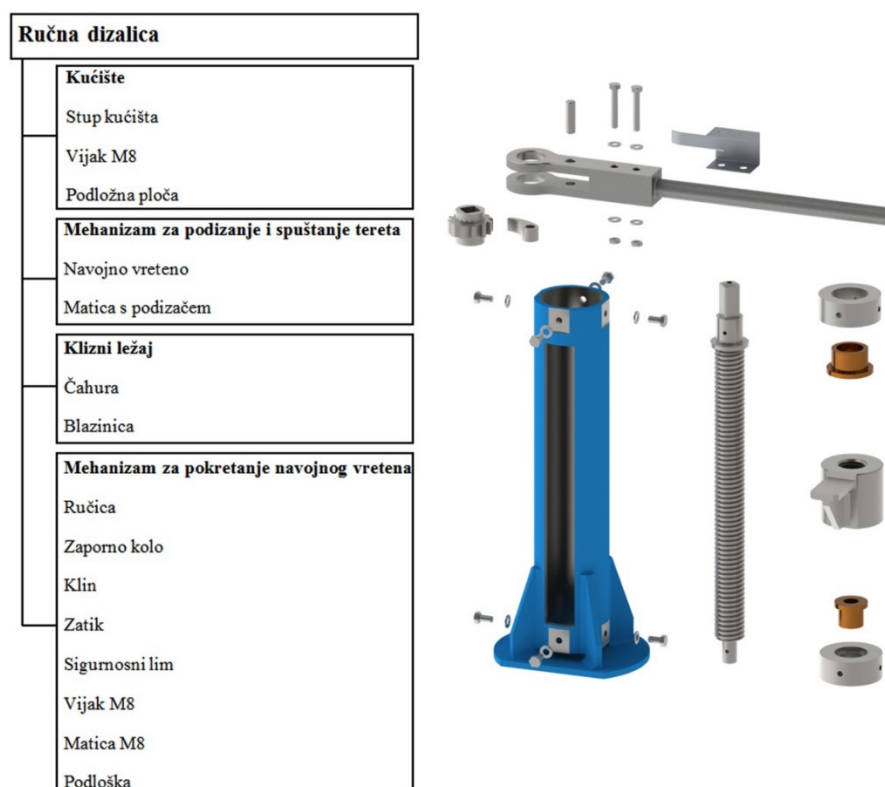
Slika 1. Opća funkcijska struktura [7]

Složeni sustav može imati veliki broj zahtijevanih funkcija. Sve funkcije nisu jednako važne te stoga radi prepoznavanja i analize moraju biti klasificirane [8]. Klasifikacijom funkcija moguće je dobiti grubu i detaljnu funkcijsku strukturu proizvoda. Najbitnije funkcije čine grubu funkcijsku strukturu koja čini

jezgru proizvoda. One su kompleksne te ih je potrebno raščlaniti na funkcije manje kompleksnosti. Tako nastaje detaljna funkcijska struktura. Detaljna funkcijska struktura ručne dizalice prikazana je funkcijskim stablom na slici 2.



Slika 2. Detaljna funkcijska struktura ručne dizalice



Slika 3. Fizikalna struktura ručne dizalice

Prema Ullmanu [6] iz funkcijske strukture slijedi generiranje fizikalne strukture. Ovakvu

strukturu proizvoda moguće je prikazati hijerarhijskim stablom proizvoda i tabličnim

prikazom strukture proizvoda [9]. Korištenjem CAD sustava za parametarsko modeliranje pomoću značajki izvršeno je modeliranje računalnog prostornog modela ručne dizalice, a na osnovi prethodno definirane funkcijske strukture. Dobiveni prostorni model i struktura proizvoda pohranjena u hijerarhijskom stablu prikazani su na slici 3.

3. IZBOR DIMENZIJSKIH VARIJABLI KOJE OPISUJU PARAMETARSKI MODEL RUČNE DIZALICE

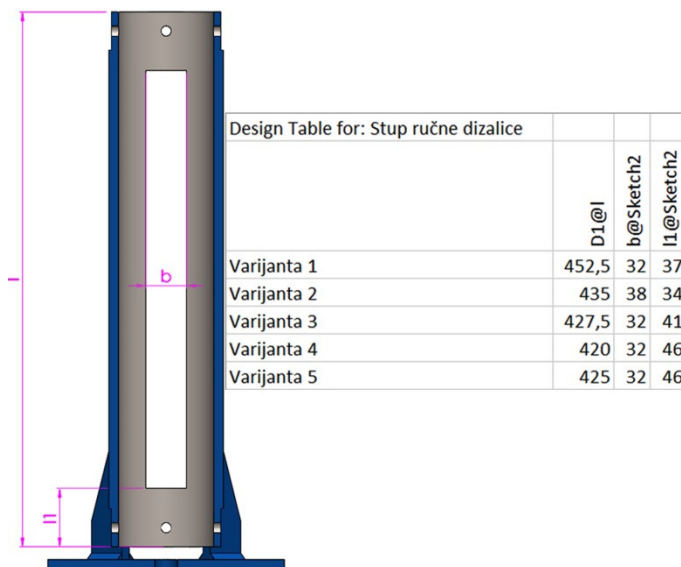
Prije izbora dimenzijskih varijabli kojima je opisan parametarski prostorni računalni model ručne dizalice, potrebno je izvršiti analitički proračun ručne dizalice. Proračunom je obuhvaćen proračun navojnog vretena i matice s podizačem te provjera tlakova i naprezanja u potonjim. Zatim je izvršeno dimenzioniranje istih konstrukcijskih elemenata. Potom je uslijedio proračun potrebnog kraka ručice sa zapornim kolom te proračun iskoristivosti ručne dizalice. Budući da je odabrana zavarena izvedba, potrebno je bilo izvršiti provjeru naprezanja u zavarenim spojevima matice s podizačem. Detaljan prikaz proračun za pet

konstrukcijskih varijanti ručne dizalice prikazan je u [10, 11].

U nastavku ovog poglavlja prikazane su dimenzijske varijable ručne dizalice koje u međusobnom odnosu oblikuju parametarski model ručne dizalice. Dimenzijske varijable prikazane su kotama na pojedinim konstrukcijskim elementima ručne dizalice te određene brojčanim iznosima (na osnovu proračuna) za svaku pojedinu varijantu ručne dizalice. Varijable su prikazane u strukturnoj tablici koja je generirana u programskom paketu SolidWork 2015 [12].

Stup ručne dizalice

Tri dimenzijske varijable iz komponente modela stupa (Sl. 4) izdvojene su za generiranje parametarskog modela sklopa ručne dizalice. Prvu varijablu čini visina stupa dizalice l . Ova varijabla je određena prema zadanoj visini dizanja tereta. Preostale dvije varijable, širina utora za podizač (b) i minimalna visina dizanja tereta (h) određene su prema proračunskim vrijednostima dimenzija matice s podizačem. Računske vrijednosti varijabli dane su u tablici na slici 4.



Slika 4. Dimenzijske varijable modela stupa ručne dizalice

Blazinica kliznog ležaja

Blazinica kliznog ležaj ima jednu dimenzijsku varijablu. Varijabla je naziva promjer rukavca vretena (d_r) i prikazana je na slici 5.

Navojno vreteno

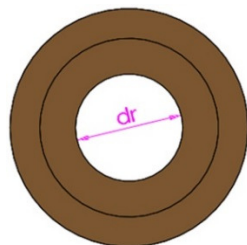
Proračunom potrebnih dimenzija navojnog vretena (slika 6.) dobivene su dvije različite

veliĉine trapeznog navoja, trapezni navoj Tr32x6 i Tr36x6. Pri izradi navoja u programu SolidWorks [12] potrebne su dimenzije profila navoja zbog naĉina izrade navoja. Kako su dimenzije profila navoja za obje veliĉine trapeznog navoja jednake, one nisu uzete kao parametarske dimenzije. Parametarske dimenzije potrebne za modeliranje trapeznog navoja provlaĉenjem profila navoja kroz

helikoidalnu zavojnicu, samo su srednji promjer navoja (d_2) i promjer jezgre navojnog vretena (d_3).

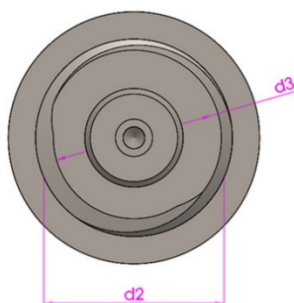
Budući da se svakoj varijanti ručne dizalice mijenja i ukupna duljina navojnog vretena, zbog

načina modeliranja čitavog sklopa modela ručne dizalice, ta dimenzija nije ovdje odabrana, nego se automatski mijenja s promjenom visine stupa ručne dizalice.



Design Table for: Blazinica donjeg kliznog ležaja	
	dr@Sketch1
Varijanta 1	16
Varijanta 2	18
Varijanta 3	18
Varijanta 4	18
Varijanta 5	18

Slika 5. Dimenzijska varijabla modela blazinice kliznog ležaja



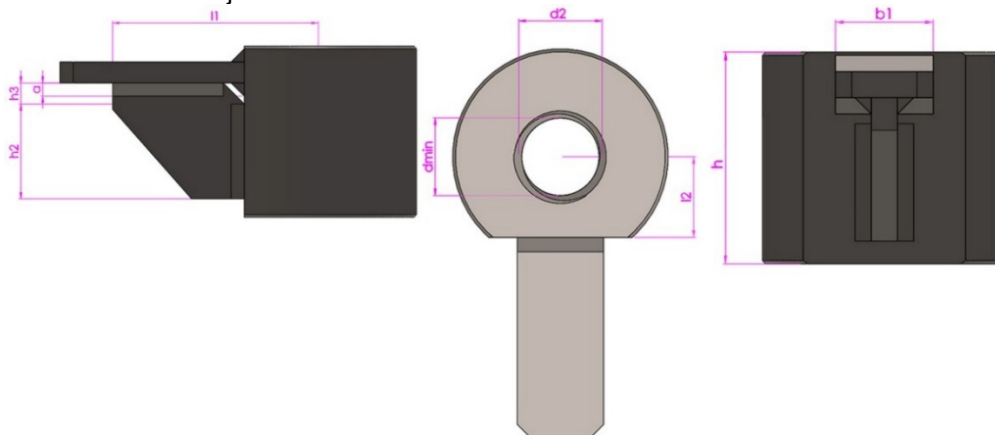
Design Table for: Navojno vreteno		
	d3@Sketch1	d2@Sketch2
Varijanta 1	25,5	29
Varijanta 2	29,5	33
Varijanta 3	29,5	33
Varijanta 4	29,5	33
Varijanta 5	29,5	33

Slika 6. Dimenzijske varijable modela navojnog vretena

Matica s podizačem

Proračunom su određene dimenzije matice s podizačem za svaku varijantu ručne dizalice.

Dimenzijske varijable odabrane za generiranje parametarskog modela sklopa ručne dizalice prikazane su na slici 7.



Slika 7. Dimenzijske varijable modela matice s podizačem

Odabrane su sljedeće varijable: debljina zavara (a), ukupna visina matice (h), širina podizača (b_1), udaljenost od središnje osi vretena do ruba ojačanja (l_2), visina matice (h_2), visina matice (h_3), minimalni promjer provrta

matice (d_{\min}), srednji promjer navoja (d_2) i udaljenost od središta minimalnog promjera provrta do prednje plohe matice (l_2). Vrijednosti varijabli dane su u tablici 1.

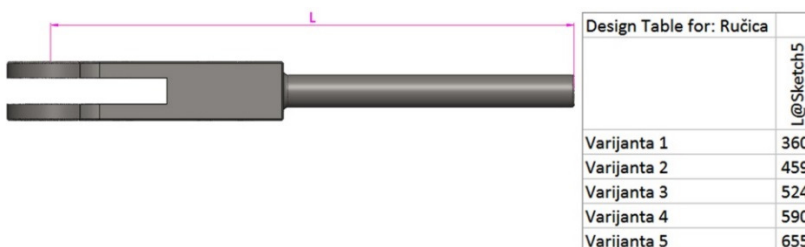
Tablica 1. Računske vrijednosti dimenzijskih varijabli matice s podizačem

Design Table for: Matica s podizačem										
		l2@Sketch1	dmin@Sketch1	D1@h	d2@Sketch3	b1@Sketch7	l1@Sketch9	h3@Sketch9	h2@Sketch9	a@Sketch10
Varijanta 1		28	27	65	29	30	78	8	36	5
Varijanta 2		32	31	70	33	36	88	10	42	6
Varijanta 3		32	31	75	33	30	88	8	42	5
Varijanta 4		32	31	80	33	30	88	8	42	5
Varijanta 5		32	31	80	33	30	88	8	42	5

Ručica

Ručica za pokretanje navojnog vretena (slika 8.) ima samo jednu dimenzijsku varijablu

koja je zadana kao ulazni podatak pri proračunu ručne dizalice, a to je duljina kraka ručice (L).

**Slika 8.** Dimenzijske varijable modela ručice**4. GENERIRANJE PARAMETARSKOG MODELA RUČNE DIZALICE**

Modeliranje parametarskog sklopa u domeni računalom podržanog konstruiranja postupak je spajanja komponenti i podsklopova

postavljanjem međusobnih geometrijskih i dimenzijskih ograničenja [5]. Postavljanjem geometrijskih ograničenja pojedinoj komponenti se oduzimaju stupnjevi slobode u odnosu na drugu komponentu ili podsklop.

Tablica 2. Konfiguracijska tablica parametarskog modela ručne dizalice

Design Table for: Ručna dizalica						
		\$configuration@Stup ručne dizalice<1>	\$configuration@Blaznica donjeg kliznog ležaja<1>	\$configuration@Navoljno vreteno<1>	\$configuration@Matica s podizačem<1>	\$configuration@Ručica<1>
Varijanta 1		Varijanta 1	Varijanta 1	Varijanta 1	Varijanta 1	Varijanta 1
Varijanta 2		Varijanta 2	Varijanta 2	Varijanta 2	Varijanta 2	Varijanta 2
Varijanta 3		Varijanta 3	Varijanta 3	Varijanta 3	Varijanta 3	Varijanta 3
Varijanta 4		Varijanta 4	Varijanta 4	Varijanta 4	Varijanta 4	Varijanta 4
Varijanta 5		Varijanta 5	Varijanta 5	Varijanta 5	Varijanta 5	Varijanta 5

Postoji nekoliko tehnika modeliranja parametarskog modela sklopa, a u ovom radu korištena je tehnika modeliranja sklopa odozgo prema dolje (*Top-Down*). Ovaj se pristup najčešće koristi prilikom modeliranja sklopova u fazi konceptualnog konstruiranja [2], ali i kada se, kao što je slučaj u ovome primjeru, generira parametarski model sklopa. Odozgo prema dolje tehnikom modeliranja sklopa ostvareno je međusobno povezivanje dimenzijskih varijabli komponenti i podsklopova u jedinstveni parametarski model sklopa. U tablici 2

prikazana je međusobna povezanost konfiguracija (varijanti) ručne dizalice i komponenti u jedinstvenu familiju proizvoda parametarskog modela ručne dizalice u programskom paketu SolidWorks [12]. Veze između dimenzijskih varijabli, komponenti i konfiguracija (varijanti) prikazane su u tablici 3.

Prikaz familije parametarskog modela ručne dizalice u pet konfiguracija (varijanti) prikazan je na slici 9.

Tablica 3. Brojčane vrijednosti dimenzijskih varijabli komponenti

PARAMETARSKI MODEL RUČNE DIZALICE					
Parametarska dimenzija	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3	Varijanta 4	Varijanta 5
STUP RUČNE DIZALICE					
l	452,5	435	427,5	420	425
b	32	38	32	32	32
l1	37	34	41	46	46
BLAZNICA DONJEG KLIZNOG LEŽAJA					
dr	16	18	18	18	18
NAVOJNO VRETENO					
d3	25,5	29,5	29,5	29,5	29,5
d2	29	33	33	33	33
MATICA S PODIZAČEM					
l2	28	32	32	32	32
dmin	27	31	31	31	31
h	65	70	75	80	80
d2	29	33	33	33	33
b1	30	36	30	30	30
l1	78	88	88	88	88
h3	8	10	8	8	8
h2	36	42	42	42	42
a	5	6	5	5	5
RUCICA					
L	360	459	524	590	655



Slika 9. Familija proizvoda parametarskog modela ručne dizalice

5. ZAKLJUČAK

Primjenom CAD sustava za parametarsko modeliranje pomoću značajki danas se znatno se olakšava i ubrzava proces generiranja novog proizvoda. Izborom zavisnih varijabli koje određuju geometrijske veličine potrebe za generiranje oblika prostornog računalnog modela, te njihovim međusobnim povezivanjem sustavom matematičkih jednadžbi, moguće je dobiti parametarski prostorni model sklopa koji je polazište za stvaranje familije proizvoda.

Familije proizvoda čine konfiguraciju proizvoda koji ima istu glavnu funkciju, ali parametarski ipak različitog. Različitost parametara proizlazi iz njegove intervalne vrijednosti koja je utkana u opisu funkcije, a na primjeru modela ručne dizalice vidljiva je u proračunskom dijelu. Ulazne varijable poput težine tereta koji se podiže, visine dizanja te vrste materijala, dane su na početku proračuna te utječu na intervalne vrijednosti dimenzijskih varijabli prostornog modela. Tako je u radu unutar jedne familije proizvoda dobiveno pet različitih konfiguracija modela ručne dizalice koje imaju različite visine dizanja tereta, različite pojedine materijale od kojih su određene komponente izrađene, različite težine koje podižu i različite svojim iznosom dimenzijske varijable koje opisuju pojedinu konfiguraciju.

Variranjem intervalnih vrijednosti funkcija, variraju se dimenzijske varijable modela ručne dizalice te se na takav način ostvaruje optimizacija prostornog modela u odnosu na njegovu geometriju.

LITERATURA:

- [1] Z. Herold, "Strukturiranje baze znanja u procesu konstruiranja", Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, PhD Thesis, 1997.
- [2] V. Hubka, W.E. Eder, "Theory of Technical Systems", Springer-Verlag, Berlin, 1988.
- [3] M. Karakašić, "Model povezivanja funkcija proizvoda, parametara i njihovih intervala vrijednosti kod razvoja proizvoda, primjenom matrice funkcije i funkcionalnosti", Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Slavonski Brod, PhD Thesis, 2010.
- [4] Ž. Zadnik, "Matrika funkcij in funkcionalnosti izdelka v razvojno konstrukcijskem procesu", Fakulteta za strojništvo v Ljubljani, Ljubljana, PhD Thesis, 2012.
- [5] M. Kljajin, M. Karakašić, "Modeliranje primjenom računala", Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Slavonski Brod, 2012.
- [6] D. Ullman, "The Mechanical Design Process", New York: McGraw-Hill, 1997.
- [7] G. Pahl, W. Beitz, "Engineering Design: A Systematic Approach", Springer-Verlag, London, 2001.
- [8] Đ. Dobrota, "Kvalitativna analiza u procjeni pouzdanosti pomoćnih brodskih sustava", Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split, 2014.
- [9] T. Galeta, "Dijeljenje podataka o proizvodu kroz računalne sustave za upravljanje resursima poduzeća", Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Slavonski Brod, PhD Thesis, 2005.
- [10] M. Kljajin, "Ručna dizalica", Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Slavonski Brod, 2004.
- [11] H. Stojčić, "Funkcijska analiza i izrada parametarskog modela ručne dizalice", Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Diplomski rad, 2016.
- [12] SolidWorks 2015, Dassault Systems.

Osnivanje službi za upravljanje lokalnim optičkim mrežama i njihovo održavanje na području regije Slavonije i Baranje

Professional paper

Milan Ivanović

Panon – institut za strateške studije - Osijek,
V.I.M. 19, 31000 Osijek, Hrvatska
panon.institut@gmail.com

Dalibor Mesarić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
dalibor.mesaric@ferit.hr

Franjo Ambroš

“Geoprem” d.o.o. Osijek
Trg Lava Mirskog 1, 31000 Osijek, Hrvatska
franjo.ambros@geoprem.hr

Sažetak - U Republici Hrvatskoj u tijeku je izrada planova razvoja širokopojasne infrastrukture (PRŠI) u jedinicama lokalne samouprave (JLS) koje se provodi u skladu s Digitalnom agendom za Europu (EK) i Strategijom razvoja širokopojasnog pristupa 2016.-2020. (Vlada RH). Značajan dio širokopojasne infrastrukture će – prema utvrđenim kriterijima – biti financiran iz europskih fondova. Prema europskim smjernicama investitor (i vlasnici) lokalne mreže širokopojasnog pristupa bit će JLS. U ovom radu se ukazuje na pokretanje i razvoj projekta „Slavonska mreža“ te razrađuje potrebu osnivanja službi za upravljanje lokalnim mrežama širokopojasnog pristupa i njeno održavanje – a što su autori predvidjeli (2013. godine) u rečenom projektu.

Ključne riječi - Lokalna mreža, Plan razvoja širokopojasne infrastrukture (PRŠI), službe održavanja, svjetlovodi, širokopojasni pristup

ESTABLISHMENT OF OFFICIALS FOR THE MANAGEMENT OF LOCAL BROADBAND AND THEIR MAINTENANCE IN THE REGION OF SLAVONIA AND BARANJA

Abstract – The Republic of Croatia is currently developing broadband infrastructure development plans (PRSPs) in local self-government units (JLS), which are being implemented in accordance with the Digital Agenda for Europe (EC) and the 2016-2020 Broadband Development Strategy. (Government of the Republic of Croatia). A significant part of the broadband infrastructure will - according to established criteria - be funded from the Euro region funds. According to European guidelines, investment engineers (and owners) of the local broadband access network will be JLS. This paper points out the launch and development of the "Slavonian Network" project and elaborates the need to establish local broadband access management and maintenance services - as the authors predicted (2013) in the project.

Keywords - Broadband Access, Broadband infrastructure development plan (BIDP) Local Area Network, Maintenance Services, Optic Fiber,

1. UVOD

Razvoj brzih pristupnih mreža danas ima jednak razvojni učinak kao i razvoj željeznica ili elektroenergetske mreže u XIX. stoljeću. Suvremene usluge danas (a buduće sve više) temeljene na digitalnoj tehnologiji, postaju univerzalno dostupne na bilo kojem uređaju - od pametnih telefona, osobnih računala, digitalnog radija do televizije visoke kvalitete s mogućnošću dvosmjernog komuniciranja

temeljeno na Internet protokolu. Širokopojasne usluge su tako postale infrastrukturni uvjet svekolikog razvoja - gospodarstva, javne uprave, društvenih djelatnosti i životnog standarda stanovnika. Razvoj širokopojasnih usluga ujedno je i prilika za gospodarski i tehnološki razvoj lokalnih tvrtki te novo zapošljavanje lokalnog stanovništva [1], [2].

Europska unija je 2010. g. usvojila Digitalnu agendu za Europu [3] s mjerama i ciljevima te preporučenim rokovima za realizaciju tih ciljeva, kako bi se ostvarile najveće pogodnosti od takva razvoja za gospodarstvo i stanovništvo Europske unije. Ciljevi Digitalne agende za Europu su sljedeći:

1. Dostupnost širokopojasnog pristupa:
 - a) osnovni pristup \Rightarrow 100% stanovništva EU do 2013. godine,
 - b) brzi pristup (30 Mbit/s ili više) \Rightarrow 100% stanovništva EU do 2020. godine,
 - c) ultrabrzi pristup (100 Mbit/s ili više) \Rightarrow 50% kućanstava EU do 2020. godine;
2. Jedinstveno digitalno tržište;
3. Digitalna uključenost:
 - povećanje uporabe interneta na 75% stanovništva EU do 2015. godine;
4. Javne usluge;
5. Istraživanje i razvoj:
 - povećanje izdvajanja za informacijsku i komunikacijsku tehnologiju na 11 milijarda €;
6. Niskouglično gospodarstvo.

Slijedom toga i u Republici Hrvatskoj planira se u narednim godinama veliko investicijsko ulaganje u optičke mreže (od 7,6 do 12 milijardi kuna), a koje će značajnim dijelom biti financirano iz fondova EU. Nositelji tih ulaganja su jedinice lokalne samouprave (JLS) te postojeći i budući infrastrukturni operatori.

Budući da se radi o vrlo važnom tehničkom projektu za područje slavonske regije koji je započet prije pet godina, a nije odmakao daleko od početnog koncepta, potreban je kompletan uvod, e da bi se ukazalo na propuštene prilike, odnosno na važnost osnivanja službi za upravljanje lokalnom svjetlovodnom mrežom i njeno održavanje.

2. ULAGANJE U ŠIROKOPOJASNU MREŽNU INFRASTRUKTURU

Zbog brzorastuće širokopojasne tehnologije, pitanja monopola i eksploatacije mreže, različitih način korištenja te širokog spektra korisnika - investicije u širokopojasnu mrežu su vrlo složene te je za svaki investicijski projekt potrebno istražiti niz detalja, od mapiranja područja, izbora investicijskog modela, troškova izgradnje do troškova eksploatacije, kako bi se utvrdio rok povrata investicije.

Troškovi izgradnje širokopojasne mreže

S obzirom na gustoću priključaka razlikuju se tri zone: (a) **crna** = najveća gustoća; velike gradske aglomeracije, (b) **siva** = manja gustoća; manji gradovi i (c) **bijela** = slabo naseljeno područje; sela. Prema tom kriteriju

dijele se i fiksni troškovi po jednom priključku. Na primjeru Velike Britanije (a slično je i u drugim EU zemljama) 67% posto priključaka ima najnižu cijenu izgradnje priključka na širokopojasnu mrežu u svakom regionalnom području. Dva puta je skuplja izgradnja priključka u sivoj zoni (to je sljedećih 23% priključaka), a u bijeloj zoni cijena izgradnje priključka je tri puta veća nego u prvoj zoni. Zbog toga Europska komisija, prema određenim kriterijima, sufinancira investicije u bijeloj i sivoj zoni [4], [5].

Udio zemljanih radova u troškovima izgradnje komunalne infrastrukture (vodovod, kanalizacija, javna rasvjeta, toplovod) kao i javne infrastrukture (električna podzemna mreža, plinovod) kreće se u rasponu 20 - 60% od ukupne investicije - ovisno o kategoriji terena. Udio zemljanih radova u troškovima izgradnje svjetlovodne infrastrukture kreće se oko 70%. Ova činjenica nameće zaključak da je integriranim pristupom moguće postići značajno smanjenje investicijskih troškova pri izgradnji telekomunikacijske infrastrukture. O tome detaljnije u [5], [6], [7], [8]. Zbog toga je Europska komisija usvojila Direktivu 2014/61/EU o mjerama za smanjenje troškova postavljanja elektroničkih komunikacijskih mreža velikih brzina [9] te zahtjeva od država članica zajedničko korištenje EKI te drugih vrsta LIG-a elektroenergetske, plinovodne, naftovodne, vodno-gospodarske, odvodne i toplovodne in-frastrukture, koje se u toj Direktivi zajednički naziva „fizička infrastruktura“ [10].

Troškovi eksploatacije i povrat investicije

Troškovi eksploatacije širokopojasne mreže i ostvarivanja dobiti, kojom se realizira povrat uloženi sredstava, ovisi o nizu kriterija: broju i gustoći priključaka, vrsti i obimu korištenja usluga tako da u ovom ekonomsko-tehnološkom segmentu postoje različiti modeli. U velikim gradskim aglomeracijama (gdje je gustoća priključaka velika te postoji i velika potrošnja različitih usluga) povrat investicija je od 2 – 4 godine. U manjim gradovima (manja je gustoća i obim potrošnje) vrijeme povrata se kreće oko 8 godina, a u slabo naseljenim područjima uložena sredstva se vraćaju za 20-tak godina. O tim modelima detaljnije u [5], [11], [12], [13], [14].

Mapiranje područja

Mapiranje područja je prostorni prikaz područja s podacima o stanju dostupnosti osnovnog i NGA širokopojasnog pristupa od svih operatora, a svrha mapiranja je određivanje područja u kojima je opravdano, temeljem pravila i smjernica Okvirnog nacionalnog programa (ONP), provoditi

pojedine projekte. Boja područja određuje se na sljedeći način [12], [15]:

- **bijela područja** – područja gdje ne postoji odgo-varajuća širokopojasna infrastruktura i niti jedan operator ne planira graditi širokopojasnu infrastrukturu u iduće tri godine,

- **siva područja** – područja gdje postoji širokopojasna mreža jednog operatora te niti jedan drugi operator ne planira graditi dodatnu mrežu u iduće tri godine,

- **crna područja** – područja gdje postoje bar dvije širokopojasne mreže koje pripadaju dvama različitim operatorima, ili će prema iskazanom interesu operatora barem dvije mreže biti izgrađene u iduće tri godine.

Investicijski modeli

Izgradnja i eksploatacija širokopojasne mreže su složeni procesi te je potrebno ukazati na specifičnosti investiranja u ovom sektoru, jer radi se o infrastrukturi koja po svojoj prirodi ne smije biti monopol privatnih poduzetnika. Tako postoje razli čiti modeli koji su definirani odnosom dionika investicije, javnih tijela i privatnih poduzeća, u odgovornosti za izgradnju i upravljanje mrežom te stjecanje i zadržavanje vlasništva izgrađene infrastrukture. ONP razlikuje tri osnovna investicijska modela [15], [16];

Model A - privatni DBO model; u ovome investicijskome modelu odgovornost za projektiranje, izgradnju i operativni rad mreže prepušta se privatnom operatoru (engl. design, build, operate - DBO), pri čemu izgrađena mreža ostaje u vlasništvu tog operatora. Projektiranje mreže ovdje označava postupak izrade detaljnih tehničkih specifikacija zahvata izgradnje mreže prema mjerodavnim propisima, a na temelju općih specifikacija koje izradi NP, a koje najmanje uključuju traženu razinu širokopojasnog pristupa koji mora biti osiguran na zemljopisnom obuhvatu ciljanog područja. Investicijski model A može se izabrati u slučaju u kojem Nositelj projekta (NP) nije u mogućnosti i/ili nema dostatno znanje i kapacitete za provedbu potrebnih aktivnosti na projektiranju, izgradnji i održavanju mreže. Također, s obzirom na investicijske troškove i potrebne iznose potpora u projektima, investicijski model A može se izabrati u slučaju u kojem je racionalnije osloniti se na znanja i iskustvo privatnih operatora te njihovu postojeću mrežnu infrastrukturu. Pri tome je bitno da prednost, koju se ovim investicijskim modelom daje pojedinačnom privatnom operatoru, ne poremeti natjecanje operatora na tržištu elektroničkih komunikacija, što je osigurano definiranjem veleprodajnih uvjeta pristupa mreži [17], [18].

Model B - javni DBO model; Model B odnosi se na investicijski model u kojem je odgovornost za projektiranje te izgradnju i upravljanje mrežom na tijelima javne vlasti, te izgrađena mreža ostaje u trajnom javnom vlasništvu. Iako su tijela javne vlasti, kao NP, u potpunosti odgovorna za provedbu projekta po modelu B, u pojedinim aktivnostima mogu biti angažirane specijalizirane privatne tvrtke (zbog nedostatka administrativnih kapaciteta i/ili stručnih znanja u tijelima javne vlasti).

Također, i za poslove održavanja i upravljanja mrežom u modelu B mogu biti angažirane privatne tvrtke, pri čemu je bitno da, kod upravljanja, privatne tvrtke ne dobiju pravo prikupljanja naknada od krajnjih korisnika mreže (budući da bi takav pristup imao obilježja koncesije). U slučaju potrebe angažiranja privatnih tvrtki unutar modela B za sve navedene aktivnosti, NP su se dužni pridržavati svih relevantnih propisa iz javne nabave. Primjena modela B u projektima je podložna općim ograničenjima koja su obuhvaćena strukturnim pravilima ONP i uključuju: (1) obvezu operatora javne mreže prema modelu B da posluje po veleprodajnom poslovnom modelu i nudi veleprodajne usluge pristupa mreži izgrađenoj uz potpore; (2) ograničenje poslovanja operatora na područja izvan komercijalno atraktivnih područja; (3) ispunjavanje neprofitne obveze te (4) obvezu računovodstvenog razdvajanja sredstava za upravljanje mrežom od sredstava koja se koriste za provođenje ostalih aktivnosti iz djelokruga odgovornosti tijela javne vlasti. Iznimno, operator javne mreže smije pružati usluge krajnjim korisnicima, ukoliko isti spadaju u skupinu javnih korisnika (javna tijela i institucije JLS, JRS te podružnice tijela ili institucija), budući da u tim slučajevima pružanje usluga predstavlja javni interes i može biti, između ostalog, jedan od razloga pokretanja projekta.

Model C - javno-privatno partnerstvo; Javnoprivatno partnerstvo, kao investicijski model C, općenito kombinira pojedinačne prednosti investicijskih modela A i B. U kontekstu projekata izgradnje širokopojasne infrastrukture privatni partner u modelu JPP-a može preuzeti odgovornost za projektiranje, izgradnju, upravljanje i održavanje mreže, te također dijelom sufinancira izgradnju mreže (preostali dio financiranja mreže osigurava javni partner kroz državne potpore). Izgrađena mreža, nakon proteka razdoblja trajanja ugovora o JPP, a najkasnije nakon 40 godina, vraća se u javno vlasništvo. Zadržavanje izgrađene mreže u javnom vlasništvu prednost je u odnosu na investicijski model A. Osnovne

prednosti u odnosu na model B općenito obuhvaćaju niže javne investicijske troškove (zbog participacije privatnog partnera) te potrebu za manjim operativnim kapacitetima u tijelima NP, budući da se odgovornost za projektiranje, upravljanje i održavanje mreže mogu povjeriti privatnom partneru u JPP. Prethodno navedene prednosti modela JPP općenite su i potrebno ih je detaljnim analizama provjeriti za svaki pojedinačni slučaj. Prvenstveno treba provjeriti da li su, dugoročno, javni troškovi vezani uz izvedbu projekta po modelu JPP manji od troškova izvedbe projekta po modelu B. Takva analiza izražena je kroz tzv. komparator troškova javnog sektora (engl. Public Service Comparator - PSC), odnosno detaljnu analizu kojom se provjerava prikladnost primjene modela JPP u odnosu na javni model izgradnje i održavanja mreže. Izgrađenim mrežama po modelu C mora se upravljati isključivo po veleprodajnom modelu, prema kojem operator mreže ne smije nuditi svoje usluge na maloprodajnom tržištu korisnicima koji se nalaze na području pokrivanja mreže izgrađene u projektu. Ova obveza pred-stavlja strukturno pravilo ONP kod primjene investicijskog modela C. U slučaju primjene modela C, NP se moraju pridržavati svih mjerodavnih propisa JPP u RH, sukladno ZJPP te relevantnim pravilnicima i uredbama. Ti propisi, između ostalih, uključuju opise svih procedura vezanih uz: izradu prijedloga projekta JPP (uključujući i analizu PSC), odobrenje projekta JPP, odabir privatnog partnera, sklapanje ugovora o JPP te naknadna izvješća o provedbi projekta JPP. Okvirni program ne postavlja nikakve detaljne odredbe vezane uz formu JPP kod izgradnje širokopojasne infrastrukture te se ostavlja mogućnost NP da samostalno prilagode model JPP, sukladno potrebama projekta i lokalnim prilikama.

3. PROJEKT SLAVONSKA MREŽA

Nakon usvajanja Strategije razvoja širokopojasnog pristupa u RH od 2012. do 2015. godine. (listopad 2011.) [2] Elektrotehnički fakultet Osijek (ETF) je u veljači 2012. g. - u suradnji s Hrvatskom regulatornom agencijom za mrežne djelatnosti (HAKOM) organizirao konferenciju „Razvoj telekomunikacijske infrastrukture – jačanje konkurentnosti i učinkovita ulaganja lokalne samouprave“ kojem su nazočili i čelnici mnogih općina i gradova pet županija slavonske regije. Krajem 2012. g. ETF je pokrenuo projekt „Razvoj širokopojasnog pristupa na području pet županija Slavonije i Baranje“. Na projektu „Slavonska mreža“ radio je interdisciplinarni stručni tim (IST) sastavljen od doktora, magistara i diplomiranih inženjera

telekomunikacija, informatike i računarstva, geodezije, ekonomije, sociologije i prava s ETF-a te tvrtke „Geoprem“ d.o.o. Osijek; Panon instituta za strateške studije Osijek i tvrtke „Sokol“ d.o.o. Vinkovci. Načinjen je koncept projekta „Slavonska mreža“ [1] i počela su istraživanja i razrada pojedinih modula ovog projekta koji su separatno objavljivani na znanstvenim skupovima i časopisima i na taj način testirane su postavljene hipoteze i predloženi modeli [8], [19].

3.1. Razvoj širokopojasne infrastrukture u Slavoniji i Baranji kroz projekt 'Slavonska mreža'

Nacionalna strategija razvoja širokopojasnog pristupa [2], [20] dala je potreban odgovarajući tehnološki i zakonski okvir, a njena provedba na području slavonske regije ima svoje specifičnosti koje proizlaze iz geografskih i demografskih karakteristika i gospodarske razvijenosti. Ovdje se radi o: (a) važnom pitanju tehnološkog priključka RH europskim komunikacijskim tokovima, (b) složenom tehnološkom procesu, (c) značajnom investicijskom zahvatu, (d) zahtjevnom poslu utvrđivanja stanja u JLS i (e) važnim elementima prostornih planova JLS. Stoga je - u cilju realizacije svih aktivnosti potrebno objedinjavanje svih društvenih, stručnih i financijskih potencijala na području regije; zato je projektom predloženo osnivanje konzorcija „Slavonska mreža“ koji bi usuglašavao postupke i koordinirao provedbu ključnih etapa ovog makro projekta. Konzorcij su trebali osnovati: (a) pet županija slavonske regije, (b) Elektrotehnički fakultet Osijek, (c) „Panon“ Institut za strateške studije Osijek, i (d) telekomunikacijske tvrtke koje su zainteresirane za bržu izgradnju EKI [21], [22], [23].

Republika Hrvatska je glede pokrivenosti teritorija i stanovništva širokopojasnim pristupom (ŠPP) na začelju liste EU zemalja i mora vrlo ubrzano prevladati to stanje kako ne bi još više zaostala u gospodarskom i društvenom razvoju [23]. Treba naglasiti da su tri županije - Brodska, Požeška i Virovitička - prema pokrivenosti stanovništva ŠPI (III. kv.2013.) na posljednjem mjestu, na listi hrvatskih županija, Vukovarska županija je na 14. mjestu i Osječka na 7. mjestu, ali ovo je stanje 2016. g. još nepovoljnije u odnosu na prosjek RH – što dovoljno upozorava na potrebu ozbiljnih aktivnosti [24], [8], [25], [26].

U ožujku 2013. godine IST je izradio Idejni projekt „Slavonska mreža - razvoj mreže širokopojasnog pristupa na području pet županija regije Slavonija i Baranja“ [23] koji je prijavljen na natječaj Ministarstva regionalnog razvoja i EU fondova; između pristiglih oko 500

projekata „Slavonska mreža“ je ušla u uži izbor od 50 projekata i rangirana je na 11. mjestu. Projekt „Slavonska mreža“ je na toj listi bio prvorangirani projekt iz područja širokopojasnog pristupa, a uključivao je pet pilot projekata u 5 županija slavonske regije ukupne vrijednost 21.500.000 €.

Tijekom prve polovice 2014. godine projektni moduli prijavljenog projekta su bili recenzirani od strane stručnih timova Ministarstva regionalnog razvoja te su u sva tri fazna izvješća stručnjaka za procjenu pripremljenosti projekta za EU fondove i investicijski ciklus dobivene pozitivne ocjene. Projektom je predviđeno da se odmah krene u realizaciju pripremnih etapa „Slavonske mreže“ (sl.1), a kada se one realiziraju i osiguraju financijska sredstva da se krene u provedbu ostalih etapa makro projekta (sl.2).



Slika 1 Pripremljene etape projekta „Slavonska mreža“ [21], [23]

Nažalost, nije se pristupilo provedbi projekta kako je on odobren već su naredne tri godine (2014.- 2016.) protekle u nastojanjima da se utemelji poduzeće „Slavonska mreža“ d.o.o. - što je uspjelo pod kraj 2016. godine.

Osnivači poduzeća su: Sveučilište Josipa Juraja Strossmayera, Brodsko-posavska, Osječko-baranjska, Požeško-slavonska, Virovitičko-podravska i Vukovarsko-srijemska županija. „Društvo je formirano kao izvršna poluga u provedbi projekta "Slavonska mreža" – razvoj širokopojasnog pristupa na području pet županija regije Slavonija i Baranja". Nositelji provedbe ovoga projekta su jedinice lokalne samouprave kao institucije ovlaštene za apliciranje projekta prema za to namijenjenim sredstvima EU, povlačenje sredstava i provedbu investicija. Procjenjujući da jedinice lokalne samouprave kojima je ovaj projekt okrenut (manje ruralne jedinice) nemaju stručnih kapaciteta za izvršavanje ovih poslova,

Društvo bi preuzelo agencijske poslove pružanja usluge tim jedinicama u njihovom osposobljavanju za tu funkciju, ali i u pripremi dokumentacije i provođenju svih postupaka kojima se osiguravaju sredstva i projekt provodi na njihovom području. Slijedom ovako definirane agencijske pozicije Društva, ono bi se, sukladno ugovorima zaključenim s ovim jedinicama, financiralo participirajući u sredstvima odobrenim tim jedinicama za ovu namjenu temeljem pruženih usluga“ [27].

No, na ovaj je način strukturiran i u modulima razrađen projekt „Slavonska mreža“, koji je bio visoko rangiran na listi Ministarstva regionalnog razvoja i EU fondova te dobio pozitivne recenzije, zastao na pola puta. Izgubljene su gotovo četiri godine u kojem su vremenu mogle biti realizirane sve pripremljene etape projekta i veliki dio provedbenih etapa. Zastoj u realizaciji Strategije uvjetovan je manjim dijelom i općim zastojem u RH po pitanju EKI. Razvoj novih usluga i brzina protočnosti podataka su još više potencirali ovaj zastoj, što se vidi i po lošijim pokazateljima danas u odnosu na stanje u vrijeme inicijative i osmišljavanja „Slavonske mreže“.

Iako je osnivanjem poduzeća „Slavonska mreža“ d.o.o. to poduzeće preuzelo sve aktivnosti na provedbi projekta „Slavonska mreža“ - IST je neformalno nastavio s radom – razmatrajući strateška pitanja projekta te je razrađivao projektne module "Slavonske mreže". te objavio 30 stručnih i znanstvenih radova na domaćim i međunarodnim skupovima te časopisima [8].



Slika 2 Provedbene etape projekta „Slavonska mreža“ [21], [23]

3.2. Postojeća problematika izrade planova lokalog razvoja širokopojasne infrastrukture

Neformalnim praćenjem aktivnosti na pripremi slavonskih JLS za uvođenje širokopojasnog pristupa IST je uočio da:

a) Niz JLS nije regulirao naknade iz prava služnosti, odnosno - one JLS koje su to regulirale dobivena sredstva od naknade za služnost koristile su za druge namjene umjesto za financiranje neophodnih poslova na razvoju širokopojasne mreže.

b) Isto tako – uočeno je da je proteklih godina izgrađeno ili rekonstruirano na stotine kilometara fizičke infrastrukture (vodovod, odvodnja, plin, javna rasvjeta) koja prilika nije iskorištena za polaganje plastičnih cijevi u koje se kasnije moglo uvući svjetlovođe – a što bi smanjilo troškove izgradnje i do 70%.

c) U proteklih godinu dana IST je detektirano više od 90 komunalnih projekata na području pet županija istočne Hrvatske, čijom bi se realizacijom po principu integrirane izgradnje mogle postići značajne uštede koje bi se pozitivno odrazile (financijski i vremenski) na realizaciju širokopojasnog pristupa.

d) IST je također ukazivao da JLS (čelnici i stručne službe) nisu educirane o značaju širokopojasnog pristupa, razvojnim potencijalima ovoga projekta te složenosti i strukturi ovih investicija.

O ovim tvrdnjama svjedoče do sada izrađeni PRŠI [28].

3.3. Okvirna analiza izrađenih planova razvoja širokopojasne infrastrukture u Slavoniji i Baranji

Nedovoljno informirane i nepripremljene JLS pristupile su krajem 2016. i početkom 2017. izradi lokalnih planova razvoja širokopojasne infrastrukture (PRŠI). U tablici 1 daje se pregled izrađenih i javno raspravljenih PRŠI na području pet županija slavonske regije [28]. Za ovu priliku izvršena je okvirna analiza do sada izrađenih PRŠI za navedene JLS. Osnovni nalazi su:

- U slučaju pet PRŠI koje je izradila tvrtka „Pro Futurus“ izabran je investicijski model A (privatni DBO model) u kojem se odgovornost za projek-tiranje, izgradnju i operativni rad mreže prepušta privatnom operatoru pri čemu izgrađena mreža ostaje u vlasništvu tog operatora. Interesantno je uočiti da je isti investicijski model (Model A) izabran i kod svih ostalih (desetak) PRŠI koje je ova tvrtka radila za druge JLS u Hrvatskoj (npr Dubrovnik, Koprivnica, Velika Gorica, Zaprešić). To znači (model A) da JLS skida sa sebe svu odgovornost za pripremu i provedbu investicije, ali na taj način propušta niz razvojnih prilika za svoju lokalnu zajednicu – npr. upravljanje mrežom i razvoj vlastitih lokalnih komunikacija te osnivanje službe za održavanje lokalne mreže, a što sve može podići lokalne potencijale – među ostalima i zapošljavanje lokalnih stručnjaka kao najbolje sredstvo za smanjenje iseljavanja mladih u inozemstvo.

- U Nacrtu PRŠI za Grad Orahovicu tvrtka „Lator“ predlaže investicijski model B - u kojem je odgovornost za projektiranje te izgradnju i upravljanje mrežom na tijelima lokalne vlasti, a izgrađena mreža ostaje u trajnom javnom vlasništvu. Slijedom toga „Lator“ predlaže i lokalno obavljanje održavanja širokopojasne mreže.

- Svi PRŠI su proklamirali tehnološku neutralnost i minimalno zadovoljenje propozicije iz Digitalne agende 2020 (30 Mbit/s za 100% kućanstva dok je drugi dio Agende (osim kod Orahovice) upitan: (50% minimalno 100 Mbit/s), nisu uzeti u obzir ni specifičnosti potreba za tim uslugama na području Istočne Hrvatske koja je poljoprivredni potencijal RH. Uočava se i ubrzani razvoj kontinentalnog turizma (odmah iza Zagreba). K tome - na ovim prostorima

Tablica 1. Pregled usvojenih nacrta PRSI za JLS na području slavonske regije

Javna rasprava	Nositelj projekta	Gradovi	Općine
30.01.2017.	Grad Orahovica	- Orahovica	-
3.04.2017.	Grad Valpovo	- Valpovo - Belišće	- Bizovac i Petrijevci
6.04.2017.	Grad Beli Manastir	- Beli Manastir	- Bilje, Čeminac, Darda, Draž, Jagodnjak, Kneževi Vinogradi, Petlovac, Popovac
6.04.2017.	Grad Virovitica	- Virovitica	- Gradina, Lukač, Pitomača, Suhopolje i Špišić Bukovica
12.04.2017.	Grad Slatina	- Slatina	- Čađavica, Mikleuš, Nova Bukovica, Sopje i Voćin
12.04.2017.	Grad Nova Gradiška	- Nova Gradiška	- Cernik, Davor, Dragalić, Gornji Bogičevci, Nova Kapela, Okučani, Rešetari, Stara Gradiška, Staro Petrovo Selo i Vrbje

Izvor: [23]

postoje i značajni informatički potencijali koji usluge nude tvrtkama u Europi, Aziji i SAD. Ukoliko analiziramo stvarne potrebe za EKI, od kojih je ujednačeni ruralni razvoj jedna od težnji, uočava se potreba za detaljnijim sagledavanjem tehnoloških rješenja, jer - brzina pristupa u ŠPP presudni je element za tehnološki odabir.

- Uočena je i tendencija da se u razvoju širokopojasnog pristupa koriste postojeće EKI na bazi bakrenih vodiča (tzv. „skraćivanje petlje“) – što znači da se ne planira gradnja svjetlovodne mreže. To će u skoroj budućnosti (čim se mreža završi) postati ograničavajući čimbenik suvremene i brze Internet komunikacije velikog broja korisnika. To, opet, znači da je u pitanju (kao i do sada) profitna korist samo izvoditeljima radova, a više izgubljene dobiti za nepripremljenu lokalnu zajednicu.
- Nakon uvida u sve rečene PRŠI može se zaključiti da u njima nema bitnih elemenata koje je IST u projektu „Slavonska mreža“ (sl.1, 2) postavio prilikom prijave projekta na natječaj Ministarstva regionalnog razvoja (2013. godine).

Dakle, nisu obrađena pitanja:

- 1) upravljanja (budućom lokalnom) svjetlovodnom mrežom i njenog održavanja (osim Grada Orahovice);
- 2) integrirana izgradnja (prilikom gradnje ostale fizičke infrastrukture) koja može smanjiti troškove izgradnje do čak 70%;
- 3) pitanja naplate prava puta i usmjeravanje tih dobivenih sredstava;
- 4) mobilizacije lokalne stručne i šire javnosti glede uvođenja širokopojasnog pristupa;
- 5) edukacija (budućih) korisnika i njihove pripreme za korištenje širokopojasnih usluga;
- 6) organizacija distribucije usluga;
- 7) razvoj novih aplikacija i senzora;
- 8) regionalna kontrola funkcioniranja sustava - sukladno pravilima o zaštiti potrošača;
- 9) razvojni učinci uvođenja širokopojasnog pristupa na lokalnoj razini.

Neobrađeni navedeni elementi (od rb 1 do rb 9) u PRŠI (do sada) ukazuju da će cijeli proces uvođenja širokopojasnog pristupa biti temeljen na nepripremljenim korisnicima što će rezultirati dugim razdobljem od izgradnje ŠP mreže do njenog punog korištenja, da se neće iskoristiti lokalni ljudski, materijalni i financijski potencijali te da će niz postupaka biti ostavljen na milost (i hirove) golog tržišnog pristupa koji donosi (kao što je to bilo i do sada) profitnu korist samo

ponudjačima usluga, a više izgubljene dobiti nepripremljenoj lokalnoj zajednici.

4. USPOSTAVLJANJE LOKALNIH SLUŽBI ZA UPRAVLJANJE ŠIROKOPOJASNOM MREŽOM I NJENO ODRŽAVANJE

Ako se JLS odluči prilikom izrade PRŠI za investicijski model B – onda će lokalna zajednica organizirati izgradnju mreže i biti njezin vlasnik. To znači da će JLS morati upravljati mrežom i davati telekomunikacijskim operaterima u zakup na korištenje svima pod jednakim veleprodajnim uvjetima. U isto vrijeme otvara se prostor da i sama JLS organizira neke od lokalnih usluga lokalnog sadržaja i lokalnog obuhvata (npr. prijenos sjednica gradskog vijeća, dvosmjerna komunikacija lokalne uprave i stanovnika, itd.) To svakako uključuje:

a) aspekte vezane uz mrežnu sigurnost: potreba za implementacijom sigurnosnih mehanizama u implementiranim lokalnim mrežama

b) potrebe korisnika za specifičnim digitalnim uslugama: mogućnost implementacije specifičnih javnih usluga namenjenih lokalnom stanovništvu (s obzirom na činjenicu da je ključna prednost mreža u lokalnom vlasništvu mogućnost razvoja i implementacije specifičnih usluga prilagođenih potrebama lokalnog stanovništva, a da je takve usluge moguće osigurati kroz implementiranu mrežnu infrastrukturu).

Održavanje lokalne širokopojasne mreže je važno tehničko, ekonomsko i sigurnosno pitanje posebno na tzv. bijelim i sivim zonama – prostorno raspršenih korisnika [29], [30], [31]. Sigurno je da telekomunikacijski operateri imaju mobilne timove za otklanjanje mehaničkih kvarova, no u tom slučaju upitan je vremenski rok do otklanjanja kvara. Neka slična iskustva o tome postoje u Slavoniji kod održavanja javne rasvjete, gdje male općine nemaju svoje službe – već čekaju servisne službe iz udaljenih mjesta. No, nije u pitanju samo otklanjanje mehaničkih kvarova već je u pitanju razvojni potencijal lokalne zajednice. Kada bi na PRŠI područjima postojale takve servisne službe – tehnička razina tih lokalnih zajednica postala bi kvalitetnija - jer bi zaposleni stručnjaci u tim službama predstavljali vrlo značajnu potporu lokalnim korisnicima širokopojasnih usluga.

Dakle, na svakom PRŠI području mogle bi se osnovati komunalna poduzeća u svrhu upravljanja lokalnom širokopojasnom mrežom i njenog održavanja u kojima bi se mogli zaposliti desetak inženjera i tehničara telekomunikacijske i/ili informatičke struke. Samim statusom komunalne tvrtke ova lokalna poduzeća ne bi podlijegala zakonitostima

profitne djelatnosti – što olakšava njihovo osnivanje i poslovanje.

U strukturi poslova na održavanju lokalne ŠP mreže i davanja usluga na lokalnom tržištu ove službe bi mogle obavljati slijedeće poslove:

- konzalting u telekomunikacijama
- briga o tehničkoj ispravnosti i o održavanju sustava
- briga o tehničkoj dokumentaciji postojeće komunikacijske mreže
- polaganje i upuhivanje kabela
- upuhivanje mikro cjevčica i mikro svjetlovodnih kabela
- montaža samonosivih kabela
- montaža i spajanje OPGW spojnica
- instaliranje i spajanje optičkih kabela
- montaža telekomunikacijske opreme
- mjerenje i atestiranje svjetlovodnih kabela
- mjerenje i atestiranje lan mreža
- održavanje instaliranih sustava

U posebnom dogovoru s telekomunikacijskim operatorima moguće je da ove službe rade i na:

- instaliranju i spajanju bakrenih telekomunikacijskih kabela
- mjerenju i atestiranju bakrenih telekomunikacijskih kabela
- montaži telekomunikacijskih i niskonaponskih sustava.

Isto tako – postoji mogućnost da ove službe pomognu u razvoju korištenja širokopojasnih usluga u javnom sektoru - vrtići, škole, ambulante, bolnice, javna uprava, lokalna samouprava, itd.

Na području istočne Hrvatske grade se novi (obnovljivi) izvori električne energije (solarne elektrane) koji mogu, zbog svog karaktera proizvodnje, poremetiti parametre mreže na štetu potrošača električne energije. Očekuje se rješavanje ovog problema putem prikupljanja informacija o prisutnom poremećaju preko elektroničke komunikacijske infrastrukture, što širi moguću djelatnost predloženih komunalnih poduzeća. Valja napomenuti da korištenje novih usluga preko ŠPP pretpostavlja dostupnost usluzi i izvoru električne energije, pa se u tom području može predvidjeti još jedno polje djelatnosti navedenih službi.

Ovo okvirno razmatranje treba zaključiti s napomenama o potrebi snažnog angažiranja lokalne samouprave na: okupljanju stručnjaka glede konkretizacije ovih mogućnosti, izradi elaborata o osnivanju komunalnog poduzeća, ekipiranju timova, njihovom uključivanju od samog početka u program razvoja širokopojasnog pristupa, dodatne stručne edukacije zaposlenika, nabavi opreme i licenciranju stručnjaka za određene tehnologije. Bilo bi uputno da postoji sinkronizirana

aktivnosti više ovakvih lokalnih projekata kako bi se odabrale kompatibilne tehnologije glede međusobne ispomoći u izvanrednim situacijama.

Ovdje se svakako javlja i mogućnost (potreba čak) da FERIT pripremi i organizira edukacije i odgovarajuće postupke za licenciranje stručnjaka u navedenim oblastima.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu ukazano je na civilizacijski značaj razvoja brzih pristupnih mreža - jer su širokopojasne usluge postale infrastrukturni uvjet svekolikog razvoja - gospodarstva, javne uprave, društvenih djelatnosti i životnog standarda stanovnika. Ukazano je, također i na nepovoljan položaj Republike Hrvatske prema gustoći i brzini širokopojasnog pristupa u odnosu na prosjek EU, kao i na vrlo nepovoljno stanje slavonskih županija u ovom sektoru u odnosu na prosjek Republike Hrvatske.

Razvoj širokopojasnih usluga ujedno je i prilika za gospodarski i tehnološki razvoj lokalnih tvrtki te zapošljavanje lokalnog stanovništva.

Kada je u Republici Hrvatskoj počela provedba Digitalne agende EU - slavonska regija je prednjačila:

- a) U Osijeku je održana prva konferencija o široko-pojasnom pristupu u Hrvatskoj (2012.);
- b) U Osijeku je pokrenut i prvi projekt razvoja širokopojasnog pristupa u RH („Slavonska mreža“) koji je obuhvatio više lokalnih zajednica (2012.);
- c) Projekt „Slavonska mreža“ je bio najbolje rangirani projekt za razvoj širokopojasne mreže na natječaju Ministarstva regionalnog razvoja (2013.);
- d) U prihvaćenom projektu „Slavonska mreža“ predviđene su i planirane pripremne etapa za mobilizaciju i edukaciju čelnika i stručnih službi JLS te predložen niz realno provodivih mjera za financiranje pripremnih etapa u razvoju široko-pojasne mreže na području regije (2014.);
- e) Interdisciplinarni stručni tim „Slavonske mreže“ ima najveći broj stručnih referenci i priznat je u nacionalnim i međunarodnim okvirima. (2015.- 2016.);

Pune četiri godine su izgubljene za razvoj široko-pojasne mreže na području istočne Hrvatske zbog neprovođenja već usvojenog projekta „Slavonska mreža“.

Gradovi i općine na području Slavonije i Baranje nepripremljeni su i relativno kasno ušli u proces izrade PRŠI. Iz neznanja (a možda i

zbog konformizma) prepušta se telekomunikacijskim tvrtkama mogućnost investicija u širokopojasnu mrežu sredstvima iz EU fondova i na taj način smanjuju razvojne šanse svojoj lokalnoj zajednici.

Upravljanje lokalnom širokopojasnom mrežom je i njeno održavanje su važna tehnička, ekonomska i sigurnosna pitanja - posebno na bijelim i sivim zonama prostorno raspršenih korisnika. Ovim radom je predloženo osnivanje servisnih službi za upravljanje lokalnom širokopojasnom mrežom i njenim održavanjem po PRŠI područjima što bi osiguralo kvalitetno funkcioniranje mrežnog sustava, a u isto vrijeme i podiglo tehničku razinu tih lokalnih zajednica - jer bi zaposleni stručnjaci u tim službama predstavljali i vrlo značajnu potporu lokalnim korisnicima širokopojasnih usluga. Ove servisne službe mogle bi se utemeljiti kao komunalna poduzeća u kojima bi se moglo zaposliti po desetak inženjera i tehničara telekomunikacijske i/ili informatičke struke.

Zapošljavanje lokalnih stručnjaka je najbolja metoda za smanjenje iseljavanja mladih u inozemstvo.

LITERATURA:

- [1] D. Mesarić; F. Ambroš; Ivanović, Milan. „Koncept projekta Slavonska mreža“, Elektrotehnički fakultet Osijek, 6.12. 2012.
- [2] Strategija razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj od 2012. do 2015. godine (NN 144/11)
- [3] EC. A Digital Agenda for Europe, COM(2010) 245, Brisel, May 19., 2010
- [4] EC, Commission remarks €1bn for investment in broadband – MEMO EC, 2009.
- [5] M. Ivanović, F. Ambroš, D. Mesarić. „Models of Investment in Fiber Optic Networks and Implementation of The "Slavonia Network" Project“; 3rd International scientific conference „Economy of Easter Croatia“, Osijek, May, 23-24, 2014; Proceedings, pp 15- 24
- [6] F. Ambroš, D. Mesarić, M. Antunović, M.Ivanović. „Razvoj i održavanje optičke mreže nove generacije na području Slavonije i Baranje“, 22. Znanstveni skup - OTO '2013. Osijek, 25.-26. 4.2013. , Elektrotehnički fakultet Osijek, Zbornik, str.77-86
- [7] F. Ambroš, M. Ivanović, D. Mesarić. „Izgradnja komunalne infrastrukture i razvoj optičke mreže na području Slavonije i Baranje“, Plin 2013. Osijek, 27.-30.9.2013. Zbornik, pp 134-142
- [8] M. Ivanović. „Ekonomski interesi i socijalni problemi realizacije velikih infrastrukturnih projekata“, „Elektroničke komunikacijske mreže velikih brzina“, 51-71 str, Informator, Zagreb, 2017. ISBN 978-953-819-15-16
- [9] EC. EU DIRECTIVE 2014/61/EU on measures to reduce the cost of deploying high-speed electronic communications networks
- [10] Zakon o mjerama za smanjenje troškova postavljanja elektroničkih komunikacijskih mreža velikih brzina i ustrojavanje katastra infrastrukture/vodova (NN 121/16)
- [11] F. Ambroš, M.Ivanović, D. Mesarić. „Izgradnja infrastrukture i modeli znanstveno-istraživačkog rada na primjeru projekta „Slavonska mreža“; International scientific conference „Economy of Easter Croatia“, Osijek, May, 23-24, 2014; Proceedings, pp 17-29
- [12] HAKOM. „Program razvoja širokopojasnog pristupa Internetu na područjima od posebne državne skrbi, brdsko-planinskim područjima i otocima“, Zagreb, 2010.
- [13] M. Ivanović, F. Ambroš. „Ekonomski učinci investiranja u širokopojasni pristup u Republici Hrvatskoj“, 5th Inter-national scientific conference „Economy of Easter Cro-atia“, Osijek, May, 23-25, 2016; Proceedings, pp 54-64
- [14] J. Medved, P. Tumir, M. Ivanović. „Važnost amortizacije infrastrukturnih instalacija - prilozi strukturiranju projekta „Slavonska mreža“; 23rd Znanstveni skup OTO '2014; Požega, 24.- 25. April; Zbornik, pp 117-126
- [15] Okvirni nacionalni program za razvoj infrastrukture široko-pojasnog pristup u područjima u kojima ne postoji dostatan komercijalni interes za ulaganja, NN 68/2016
- [16] Lator, d.o.o. Studija o odabiru najpovoljnijih modela financiranja i poticajnih mjera za ulaganja u infrastrukturu širokopojasnog pristupa (www.mppi.hr/)
- [17] Pravilnik o načinu i uvjetima pristupa i zajedničkog korištenja elektroničke komunikacijske infrastrukture i povezane opreme (NN 136/11)
- [18] Zakon o elektroničkim komunikacijama (NN 73/08 i 90/11)
- [19] D. Mesarić, M. Štimac, F. Ambroš. „Informacijske pretpo-stavke za izgradnju infrastrukture za širokopojasni pristup“, MIPRO, Opatija, 2014. Zbornik, pp 121-128
- [20] Strategija razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj od 2016.do 2020. godine (NN 68/16)
- [21] M. Ivanović, L. Ambroš, V. Mesarić. „Establishing a Consorti-um - Way for Successful Implementation of Investments Projects - an example of the infrastructural project "Slavonian networks“; 3rd International scientific conference „Economy of Easter Croatia“, Osijek, May, 23-24, 2014; ISBN 978-953-253-106-0, Proceedings, pp 5-14
- [22] D. Mesarić, F. Ambroš, M. Ivanović. „Development of broad-band network in Slavonia and Baranja“, 2nd International scientific conference „Economy of Easter Croatia“, Osijek, May, 23-25, 2013; Proceedings, pp 54-64
- [23] D. Mesarić; F. Ambroš, M.Ivanović. „Slavonska mreža“ - razvoj mreže širokopojasnog pristupa na području pet županija regije Slavonija i Baranja - Idejni projekt; Ministarstvo regionalnog razvoja, Zagreb, 15.3.2013.
- [24] F. Ambroš. „Infrastrukturni projekt „Slavonska mreža“ – iskustva iz prakse u pripremi podataka“, „Elektroničke komunikacijske mreže velikih brzina“, Informator, Zagreb, 2017. ISBN 978-953-819-15-16, pp 77-83
- [25] D. Mesarić, F. Ambroš, M. Ivanović. „Development of Optical Networks in the Region of Slavonia and Baranja (Croatia), - XXXI SIP, Bremen, 28-29 October, 2013; Proceedings, pp 61-65

- [26] D. Mesarić, F. Ambroš, M.Ivanović. Broadband Infrastructure in the Region of Slavonia and Baranja (Croatia); International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems Vol.4, No.2, pp 21-28
- [27] Osnivanje trgovačkog društva „Slavonska mreža”. http://www.obz.hr/hr/pdf/2015/14_sjednica/05_Prijedlog_za_osnivanje_trgovackog_drustva_slavonska_mreza_doo.pdf
- [28] Pregled usvojenih nacrtu PRŠI-a. HAKOM <https://nop.hakom.hr/projekti/9> (pristupljeno 15.5.2017.)
- [29] Pravilnik o potvrdi za pravo puta (NN, 152/11)
- [30] Pravilnik o tehničkim uvjetima za kablsku kanalizaciju (NN 114/10 i 29/13.)
- [31] Pravilnik o tehničkim uvjetima za elektroničku komunikacijsku mrežu poslovnih i stambenih zgrada (NN, 155/09)

Upravljanje održavanjem sustava pomoću suvremenog informacijskog sustava održavanja

Subject review

Dinka Šafar Đerki

Elektrotehnička i prometna škola Osijek
Istarska 3, 31000 Osijek, Hrvatska
dinka.safar@gmail.com

Krešimir Lacković

Glas Slavonije d.d.
Hrvatske Republike 20, 31000 Osijek, Hrvatska
kresolackovic@hotmail.com

Sažetak – Nagli globalni razvoj informatizacije u sve aspekte suvremenog života i težnja podizanja konkurentnosti u svim područjima gospodarstvenih djelatnosti, kao imperativ postavlja uvođenje informacijskih tehnologija i sustava u svako poslovanje, posebno u tehničke sustave i procese. Uvođenje informacijskog sustava održavanja treba podržati osnovne ciljeve održavanja kao što su osigurati ili povećati pouzdanost tehničkog sustava, osigurati ili povećati raspoloživost opreme te razinu sigurnosti imovine, zdravlja i okoline, te smanjiti troškova održavanja. Primjena informacijskih sustava održavanja dolazi do izražaja u velikim organizacijama gdje je proces održavanja vrlo zahtjevan, raspoloživost sredstava jedna od ključnih za odvijanje samog poslovnog procesa. Upravo zato u ovom radu će biti prikazan suvremeni informacijski sustav održavanja, njegova primjena i uloga u održavanju tehničkih sustava.

Ključne riječi - informacijski sustav, sustav upravljanja, upravljanje održavanjem, održavanje tehničkih sustava

MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM USING MODERN INFORMATION SYSTEM MAINTENANCE

Abstract – The rapid development of information technologies in all aspects of modern life and a tendency to raise competitiveness in all areas of economic activities, as imperative sets introduction of information technologies and systems in any business, especially in technical systems and processes. The introduction of computerized maintenance management system should support the basic goals of maintenance such as secure or increase the reliability of the technical system, to ensure or increase the availability of equipment and the safety of property, health and environment and reduce maintenance costs. Computerized maintenance management systems are one of the key components in applying the quality strategy, as well as organized and properly managed maintenance process. Their implementation is particularly expressed in organizations where the maintenance process is highly complex, while the operating assets availability is essential for performing the business process. That is why in this paper will be presented modern information system maintenance, its application and role in the maintenance of technical systems.

Keywords – information system, management system, maintenance management, maintenance of technical systems

1. UVOD

Informacija je resurs neophodan uspješnom odvijanju poslovnog procesa i osiguravanje tog resursa zahtijeva sposobnost primjene metoda i postupaka, utrošak vremena, rada te izgrađen informacijski sustav [4]. Raspoloživost i pravovremena dostupnost svih relevantnih podataka koji su potrebni za upravljanje tehnološki složenim procesom održavanja je od ključne važnosti pa se

primjena informatičkih tehnologija sama po sebi nameće kao vrlo važna i gotovo nezaobilazna. Današnje izrazito složeno poslovno okruženje i složeni uvjeti na tržištu, zahtijevaju sve načine povećanja učinkovitosti, a istodobno i smanjenje troškova poslovanja. Održavanje preostaje jedno od područja poslovanja gdje tvrtke odabirom kvalitetne i učinkovite strategije te dobrom organizacijom i vođenjem tehnoloških procesa još uvijek mogu optimizirati

troškove, a time utjecati i na povećanje svoje konkurentnosti. Informacijski sustavi održavanja pri tome imaju centralno mjesto kao ključan i sveobuhvatan alat za podršku donošenju odluka na svim razinama upravljanja tehničkim održavanjem.

2. KOMUNIKACIJA KAO ELEMENT SUSTAVA UPRAVLJANJA

Upravljanje predstavlja kontinuirano vođenje i poboljšavanje procesa a sve polazi od organizacije poboljšanja kao cilja aktivnosti temeljnog procesa. Daljnje aktivnosti su razumijevanje procesa, formiranje tokova, definiranje aplikacija mjera i stalna poboljšanja [1]. Za uspješno funkcioniranje sustava upravljanja organizacije komunikacija i informiranje od presudnog su značenja. Umijeće upravljanja ima svoj logički slijed koji se sastoji od više sastavnica i aktivnosti kao što su komunikacija, upravljanje na dugi rok, stvaranje pozitivne radne klime, definiranje strategijskog smjera djelovanja, usmjeravanje i podjela sredstava te tendencija ka izvrsnosti i širokim vidicima [2]. Prvi korak je komunikacija. Komunikacija je proces koji kao rezultat proizvodi ideju, spoznaju ili informaciju. Istovremeno, komunikacija je jedna od najvažnijih sastavnica sustava kvalitete u cjelini, posebno u području kvalitete usluga. Proces komunikacije sadrži elemente odašiljanja i prijema poruke te povratnu informaciju. [6]. Ono što je značajno za organizaciju sa stajališta upravljanja kvalitetom je proces komunikacije u funkciji informiranja svih zainteresiranih strana o sposobnosti sustava upravljanja u ispunjenju njihovih zahtjeva. Kroz izgrađeni informacijski sustav u okviru procesa komunikacije upravljanje organizacije ima za cilj osigurati i provoditi informiranje unutar svakog poslovnog procesa, informiranje unutar organizacije i informiranje okruženja organizacije [7]. Za optimalno odvijanje svakog poslovnog procesa potrebno je planirati, utvrditi i dokumentirati tko šalje informaciju, kome se informacija šalje, sadržaj informacije i kada se informacija šalje. Bez pravovremenih informacija odgovarajuće kvalitete i opsega, upravljanje poslovnim procesom rizična je zadaća. Takva situacija nužno podrazumijeva donošenje odluka koje nisu utemeljene na kvalitetnoj informacijskoj i analitičkoj podlozi. To otežava utvrđivanje eventualnih odstupanja, njihov smjer i intenzitet. U tom se slučaju poslovni procesi odvijaju u djelomično kontroliranim uvjetima. Temeljna je svrha svakog komuniciranja razviti spoznaje i informacije pomoću kojih se lakše, brže i efikasnije odvijaju poslovni procesi. U cilju

rešavanja problema implementacije suvremenog sustava javnog komuniciranja u organizaciji nužno je uvažavati najmanje dvije pretpostavke. To su suvremena informatička oprema javnog komuniciranja koja omogućuje višesmjerni protok informacija i njihovu svestranu obradu prema potrebama i željama korisnika i kompetentne kadrove sposobne za rad u informatičkim sustavima, za njihovu implementaciju i funkcionalno uključivanje u sve aktivnosti poslovnih procesa [9]. Bez informacijskog sustava koji omogućuje i osigurava dvosmjerno komuniciranje svaki sustav upravljanja je nedorečen i nesposoban za proizvodnju optimalnog rezultata. Izgrađen, implementiran i dokumentiran informacijski sustav organizacije kroz proces komuniciranja djeluje na principu povratne veze. Ukoliko iz bilo kojeg razloga izostane povratna veza nastaje prostor za: dvosmisleno tumačenje, glasine, dezinformacije, sabotažu. U takvim uvjetima poslovni se procesi odvijaju u djelomično kontroliranim uvjetima, što može ugroziti jednu od njihovih važnih karakteristika, a to je pouzdanost [10].

3. GLAVNE FUNKCIJE I ULOGA INFORMACIJSKOG SUSTAVA U UPRAVLJANJU ODRŽAVANJEM

Glavni zadatak vodstva poslovnog procesa je da zajedno s vodećim inženjerima definira strategiju održavanja, u skladu s prikupljenim podacima. Pri tome se potrebno usredotočiti na raspoloživost u odnosu na sustav, a ne samo na raspoloživost pojedinih komponenti. Takva strategija naziva se održavanje usmjereno na stanje i uz uvjet da se optimalno provodi, bez daljnjeg je najekonomičnija za pogon sustava. Za njeno provođenje je, osim prikupljenih podataka iz pogona, potreban informacijski sustav za podršku upravljanju održavanjem. Iz saznanja o aktualnom stanju komponenti, podataka pohranjenih u informacijskom sustavu (prethodne aktivnosti održavanja, inspekcije i kontrole, evidencije uzroka kvarova) i pogonskih iskustava gdje su intervali održavanja produženi u odnosu na preporuke proizvođača, moguće je smanjenim opsegom održavanja postići znatne uštede troškova bez značajnijeg povećanja rizika od ispada [3]. U tu svrhu razvijeni su programi poznati na svjetskom tržištu informacijskih tehnologija pod nazivom Enterprise Asset Management (EAM) Systems, odnosno informacijski sustavi za upravljanje imovinom. Nastali su nadogradnjom, proširenjem i razvojem funkcionalnosti prve generacije računalom podržanih sustava za upravljanje poslovnima

održavanja, na tržištu poznatih kao Computerised Maintenance Management Systems - CMMS. Informacijski sustavi za podršku upravljanju održavanjem (CMMS/EAM) su namijenjeni planiranju i pripremi, praćenju te analizi efikasnosti i uspješnosti izvršenja aktivnosti održavanja u poslovnim društvima[3]. Razvojem funkcionalnosti dodana im je nova dimenzija pa osim procesa održavanja podržavaju i logističke funkcije poslovanja poduzeća, poput

upravljanja zalihama te nabave roba, usluga i radova. Također imaju važnu ulogu pri uspostavljanju, primjeni i provjeri sustava upravljanja kvalitetom (Quality Management) u segmentu održavanja prema ISO normama i drugim strukovnim standardima. Primjenjuju se u svijetu već dugi niz godina i bilježe kontinuirani rast primjene usporedno s razvojem informatičkih tehnologija i povećanjem ulaganja u informatizaciju poslovnih procesa poduzeća.



Slika 1. Struktura suvremenog informacijskog sustava za podršku upravljanju održavanjem [3]

Kvalitetan informacijski sustav održavanja, prikazan na slici 1. mora podržati sljedeće osnovne funkcije i tehnološke poslovne procese te na operativnoj razini upravljanja održavanjem omogućiti [9]:

- formiranje evidencije objekata održavanja (sredstava za rad, fizičke imovine) - uspostavu elektroničke baze podataka, standardnog nazivlja sa tehničkim, lokacijskim, vlasničkim i ostalim podacima koji jednoznačno opisuju objekte održavanja,
- evidenciju stanja tehničkih sustava, objekata održavanja (nazivni tehnički podaci o jamstvima, očekivani životni vijek, troškovi zamjene), klasifikaciju kritičnosti objekata i opreme u pogledu utjecaja na odvijanje procesa,
- evidenciju i analizu kvarova te svih podataka proizašlih iz nastalih događaja (klasifikacija kvarova, razlog i uzrok nastanka, srednje vrijeme između kvarova i slične veličine relevantne za analizu kvarova),
- evidenciju aktivnosti preventivnog održavanja koje se moraju provode u konstantnim intervalima
- izradu, planiranje i praćenje budžeta održavanja, neposredno planiranje i kontrolu izvršenja aktivnosti održavanja,
- definiranje mjera osiguranja mjesta rada koje treba uspostaviti kod provedbe pojedine aktivnosti održavanja te izdavanje dokumenata zaštite na radu uz radni nalog
- kreiranje, ažuriranje i arhiviranje sve dokumentacije održavanja u elektroničkom obliku
- upravljanje ljudskim resursima u održavanju,
- upravljanje zalihama materijala (rezervni dijelovi i potrošni materijal) i skladišnim poslovanjem,
- upravljanje nabavom materijala, usluga i radova održavanja

Na strateškoj razini upravljanja održavanjem informacijski sustav treba pružiti podršku provedbi tehnoloških procesa održavanja definiranih na temelju usvojene strategije održavanja, podizanje tehnološke razine planiranja i upravljanja resursima u održavanju, te informatizaciju održavanja i korištenja papirnatih dokumentacije; poboljšanje protoka podataka na svim organizacijskim razinama. Jedna od uloga informacijskog sustava u upravljanju održavanjem je i integracija temeljnih tehničkih procesa održavanja s logističkim funkcijama nabave i upravljanja zalihama te općenita podrška upravljanju korporativnim sustavom kvalitete u domeni održavanja [3]. Informacijski sustav u upravljanju održavanjem treba pružiti i detaljno praćenje i analizu financijsko - troškovnih parametara održavanja, kao i svih ostalih organizacijskih, tehničkih i financijskih ključnih pokazatelja, indikatora uspješnosti (Key Performance Indicators – KPI) uz mogućnost transparentne prezentacije podataka vlasniku, menadžmentu ili klijentima [5].

4. PARAMETRI ZA OBLIKOVANJE MODELA INFORMACIJSKOG SUSTAVA

Informacijski sustav, kako je navedeno u prethodnim poglavljima, čini jednu od osnovnih poluga za upravljanje sustavom održavanja pa njegovom izboru treba posvetiti naročitu pažnju. Sama odluka o uvođenju sustava ima dugoročni značaj jer je predvidivo da će ga se koristiti dugi niz godina te da će se intenzitet i opseg njegove primjene, kao i broj korisnika tokom vremena konstantno povećavati. U skladu s time, od presudne je važnosti utvrditi niz kriterija koje će se temeljito razmatrati i evaluirati u postupku donošenja odluke o izboru odgovarajućeg sustava. Kao ključni među njima mogu se izdvojiti sljedeći [4]:

- posjedovanje potrebne funkcionalnosti informacijskog sustava s obzirom na specifičnosti vlastite djelatnosti, odabranu strategiju održavanja te zahtjeve poslovnih procesa održavanja koje će se sustavom trebati podržati,
- mogućnost postupnog uvođenja pojedinih funkcionalnih cjelina (modula) informacijskog sustava, mogućnost njegove prilagodbe i konfiguracije te naknadne nadogradnje kroz isporuku novih verzija,
- stabilnost i pozicija proizvođača i samog proizvoda (informacijskog sustava održavanja) na tržištu

- dostupnost lokalne korisničke podrške u primjeni sustava (kvaliteta, stručnost osoblja, garantirana vremenska raspoloživost i brzina odziva),
- iskustvo konzultanata koji će provesti implementaciju sustava, poznavanje strategija, tehnoloških procesa i problematike održavanja,
- lokalizacija sustava na vlastiti jezik (korisničko sučelje sustava, korisnička dokumentacija za rad sa sustavom)
- cijena nabave i cijena održavanja, cijena usluga implementacije.

Implementacija informacijskog sustava je vrlo složen projekt koji treba biti temeljito pripremljen i vođen, kako bi se postigli očekivani rezultati i došla do izražaja puna funkcionalnost koju nudi softversko rješenje. Stvaranje organizacijske klime koja treba rezultirati uključenjem i mobilizacijom svih ključnih ljudskih resursa iz održavanja u projekt uvođenja informacijskog sustava je od ključne važnosti [9]. Osoblje iz održavanja koje će biti krajnji korisnik sustava treba uključiti u sve faze projekta, od pripreme podataka, definiranja poslovnih pravila i dijagrama tijekom poslovnih procesa, do testiranja i uvođenja informacijskog sustava u produkciju. Izuzetno je bitno shvatiti i još kod razmišljanja o uvođenju informacijskog sustava ukloniti često prisutne predrasude da će nabavom i instalacijom sustava biti riješeni eventualno prisutni problemi organizacijskog karaktera te da će upravljanje održavanjem samo po sebi postati bolje nego što je bilo. Softver treba promatrati i prihvatiti kao alat koji može pridonijeti olakšanju i povećanju učinkovitosti i efikasnosti upravljanja održavanjem i to na način da će osigurati određenu automatizaciju procesa, raspoloživost i bolji protok te brži pristup relevantnim podacima radi donošenja ispravnih odluka održavateljima, od razine pripreme i izvršenja održavanja do upravljačke razine i menadžmenta. Uloga konzultanta angažiranog na uvođenju informacijskog sustava za održavanje je ovdje možda i presudna. Iako se radi o uvođenju softvera, konzultant mora poznavati i osnove organizacije održavanja, strategije održavanja, upravljanje zalihama i nabavu te također imati dobre komunikacijske sposobnosti, kako bi mogao pomoći korisniku. Kada se utvrde i usuglase svi elementi, konzultant treba sukladno tome prilagoditi i konfigurirati sustav tako da svaki korisnik od njega može izvući maksimum i imati pristup svim funkcijama i podacima koji su mu potrebni za svakodnevno obavljanje svoje uloge i poslova u procesu održavanja.

5. MODEL INFORMACIJSKOG SUSTAVA TEHNIČKOG PROCESA

Unatoč činjenici da informacijski sustav tehničkog procesa može imati ozbiljan nedostatak identificiran u nepostojanju informacija o pojedinim vrstama troškova obuhvaćenim s aspekta poslovnog procesa, informacijski sustav praktično djeluje u mjeri koja omogućuje odvijanje samog poslovnog tehničkog procesa. Taj informacijski sustav ima jasno određenu strukturu: ulazne elemente informacijskog sustava, sadržaj sustava ili područje transformacije ulaznih elemenata u izlazne, izlazne elemente informacijskog sustava [4]. Struktura informacijskog sustava predloženog modela zapravo predstavlja proces ispunjavanja informacijskih zahtjeva nužnih menadžmentu tehničkog poslovnog procesa za upravljanje samim procesom.

Ulaznu veličinu informacijskog sustava za upravljanje poslovnim procesom predstavljaju zahtjevi korisnika informacija. Korisnik koji je zainteresiran za postavljanje informacijskih zahtjeva je menadžment poslovnog procesa, potpuno svjestan potrebe za sasvim konkretnim informacijama koje će predstavljati kvalitetnu analitičku podlogu za donošenje poslovnih odluka koje će se odnositi na upravljanje poslovnim procesom.

Informacijski zahtjevi korisnika u suštini predstavljaju složenu strukturu koja se sastoji u informacijskim zahtjevima za prirodno izraženim informacijama, vrijednosno izraženim informacijama, informacijama o troškovima, informacijama o stupnju ispunjenja zahtjeva internih korisnika, informacijama o stupnju ispunjenja zahtjeva eksternih korisnika, informacijama o odstupanju poslovnog procesa, informacijama o učinkovitosti poduzetih aktivnosti i mjera u cilju kontinuiranog poboljšanja poslovnog procesa i informacijama o učinkovitosti poduzetih aktivnosti i mjera u cilju kontinuiranog poboljšanja rezultata poslovnog procesa [2].

Sadržaj informacijskog sustava izabranog modela predstavlja interakciju brojnih aktivnosti, koja se odvija u području transformacije ulaznih veličina u izlazne veličine informacijskog sustava. Ta se interakcija odnosi na razumijevanje informacijskih zahtjeva korisnika informacija, prikupljanje podataka, prijenos podataka, obradu podataka, oblikovanje informacija, primjenu informacija i arhiviranje informacija. Odlučivanje, donošenje poslovnih odluka, zasnovano na činjenicama sedmi je, od ukupno osam, principa upravljanja kvalitetom sukladno sa zahtjevima

međunarodne norme ISO 9001:2000, odnosno izgradnje procesno orijentiranog sustava upravljanja. Ostalih sedam principa su organizacija orijentirana kupcu, vođenje organizacije, uključivanje svih zaposlenih, orijentacija na poslovne procese, orijentacija na sustave, kontinuirana poboljšanja i obostrano korisni odnosi s dobavljačem [4].

Aktivnosti karakteristične za sadržaj informacijskog sustava poslovnog procesa ne odvijaju se stihijski već prema određenim pravilima koja ujedno predstavljaju kontrolne mehanizme sadržaja informacijskog sustava. Pored pravila i kontrola, interakcija između aktivnosti vezanih za sadržaj informacijskog sustava, u velikoj se mjeri određuje mehanizmima koji pomažu realizaciju sadržaja informacijskog sustava poslovnog procesa, a među njima su hardware, software, ljudski potencijali, energija, radna sredina, financijska sredstva, vrijeme i kvaliteta. Dobro vođenim aktivnostima proizvode se informacije koje svojim karakteristikama trebaju osigurati ispunjenje informacijskih zahtjeva korisnika. Zadovoljstvo unutarnjih i vanjskih korisnika kvalitetom oblikovanih informacija predstavlja izlaznu veličinu modela informacijskog sustava poslovnog procesa.

6. ZAKLJUČAK

Informacijski sustavi za podršku upravljanju održavanjem su namijenjeni planiranju i pripremi, praćenju te analizi efikasnosti i uspješnosti cjelokupnog procesa tehničkog održavanja. U praksi je potvrđeno da se njihovim uvođenjem i dosljednom primjenom mogu postići kvalitetni pomaci u cjelokupnoj organizaciji i upravljanju poslovima održavanja s tehničkog stajališta, a također i ostvariti preduvjete za postizanje značajnih financijskih ušteda i smanjenja troškova održavanja, naročito po osnovi povećanja raspoloživosti opreme, racionalizacije zalih te nabavi roba, usluga i radova. Ovi informacijski sustavi se u svijetu koriste već dugi niz godina i kontinuirano bilježe porast primjene, paralelno s razvojem informatičkih tehnologija i povećanjem ulaganja informatizaciju poslovnih procesa kompanija. Korisnost njihove primjene najviše dolazi do izražaja u onim djelatnostima gdje je tehničko održavanje ključno za poslovne procese, a raspoloživost tehničkih sustava od presudne važnosti za odvijanje proizvodnje i pružanje usluga kupcima. Među njima se mogu izdvojiti energetika (proizvodnja, prijenos i distribucija električne energije i toplinske energije), proizvodnja, prerada, transport i distribucija nafte i plina, kemijska industrija, transport - željeznički, cestovni, zračni i morski, telekomunikacije prehrambena i farmaceutska,

automobilska, grafička i papirna te ostala procesna i diskretna industrija, komunalne djelatnosti - vodoopskrba i odvodnja, prikupljanje i odvoz otpada, upravljanje javnim površinama, prometnom infrastrukturom i ostalim infrastrukturnim sustavima. Kako bi menadžment poslovnog procesa bio u mogućnosti optimalno planirati odvijanje poslovnog procesa, organizirati ga, odlučivati, angažirati resurse i kontinuirano proces poboljšavati, nužno je ispuniti odgovarajuće informacijske zahtjeve. Propisanih kriterija nužnih karakteristika informacijske osnove nema. Dobrom informacijskom osnovicom može se smatrati ona koja pravovremeno osigurava kritičnu masu relevantnih informacija koje omogućuju odlučivanje. Menadžment poslovnog procesa u održavanju mora samostalno doći do optimalne informacijske osnove i informacijskog sustava za poslovne procese jer će tako stvoriti originalni model koji uvažava posebnosti svakog poslovnog procesa i konkretne organizacije. Od razine kvalitete informacija znatno ovisi pouzdanost poslovnog procesa, a time i kvaliteta njegova rezultata, koji svoju potvrdu dobiva na tržištu, gdje se financijskim učincima mjeri kvaliteta informacijskog sustava poslovnog procesa u održavanju.

LITERATURA:

- [1] Lacković Z.: Upravljanje tehničkim procesima , Osijek, Elektrotehnički fakultet, Knjiga 3, Alberta 2015.
- [2] Lacković Z.: Inženjerski menadžment , Osijek, Elektrotehnički fakultet, Grafika 2008.
- [3] Brckan K., Karmeluti J.: Informacijski sustav održavanja elektroenergetskih objekata, postrojenja i uređaja, HO CIREĐ, SO6-23, Šibenik 2008.
- [4] Drljača M: Model informacijskog sustava za upravljanje poslovnim procesom, UDC 681.518
- [5] Brckan K., Dorić Ž., Blomberg R.: Sustav upravljanja poslovima održavanja u proizvodnim pogonima Hrvatske elektroprivrede, Energija, Broj 2., god. 55, 2006.
- [6] Drljača, M., Informacijski zahtjevi za upravljanje procesom Cateringa u zračnom prometu, Fakultet za turistički i hotelski menadžment Opatija, Opatija, 2003.
- [7] Drljača, M., "Informacijska osnovica za kontinuirano poboljšanje kvalitete poslovnog procesa," ElektriKa, Broj 26, Stillocks, Zagreb, 2003.
- [8] Drljača, M., "Informacijski zahtjevi menadžmenta procesa u sustavu TQM-a," ElektriKa, Broj 1, Stillocks, Zagreb, 2004.
- [9] Prof. dr.sc. Nikola Hadjina: Zaštita i sigurnost informacijskih sustava , Zavod za primijenjeno računarstvo CISSP
- [10] Živko Kondić, "Pouzdanost procesa i njezin utjecaj na kvalitetu – Ljudi, sredstva i predmeti rada," QM, Broj 6, Zagreb, 1999, str. 36-38.

Informatičko-komunikacijski proces upravljanja troškovima u složenom proizvodnom tehničkom sustavu

Subject review

Krešimir Lacković

„Glas Slavonije“ Osijek
Ulica Hrvatske Republike 20, 31000 Osijek, Hrvatska
sport@glas-slavonije.hr

Dinka Šafar Đerki

Elektrotehnička i prometna škola Osijek
Istarska 3, 31000 Osijek, Hrvatska
dinka.safarj@elpros.t-com.hr

Sažetak – Članak obrađuje način praćenja relevantnih čimbenika proizvodnje u složenom tehničkom sustavu. Posebna pozornost je na praćenju i analizi troškova u pojedinim procesnim operacijama. U tom cilju su predloženi određeni simbolički i matematički pristupi odnosno modeli. Konačno ishodište je utvrđivanje načina za praćenje i analizu troškova u cilju maksimalne učinkovitosti složenog tehničkog sustava.

Ključne riječi - Organizacija, Sustav, Tehnologija, Troškovi

INFORMATION AND COMMUNICATION PROCESS OF COST MANAGEMENT IN A COMPLEX PRODUCTION TECHNICAL SYSTEM

Abstract – The article analysis the method of monitoring the relevant factors of production in a complex technical system. Special attention is given to monitoring and cost analysis in individual process operations. In respect of such a goal, the paper suggests certain symbolic and mathematical approaches i.e. models. Finally, ways to monitor and analyze the costs in order to maximize the efficiency of complex technical systems has been determined.

Keywords – Costs, Organization, System, Technology,

1. Uvod

U suvremenim proizvodnim i ostalim složenim tehničkim sustavima je posebno važno pratiti učinke u cilju njihovoga maksimiziranja ali i minimiziranja troškova. Zato se koriste informatičke tehnologije gdje se upravlja s tehničkom komponentom procesa ali uz to se može upravljati i sa ekonomskom posebice troškovnom komponentom procesa. Posebno treba naglasiti da se sve događa u složenom tehničkom sustavu gdje i mali pozitivni pomaci mogu rezultirati velikom učinkovitošću. U svakom slučaju je nužno upoznati bitne elemente tehničkog sustava koji je objekt upravljanja.

U smislu već poznatih definicija, sustav je, dakle, misaona tvorevina, koji je bio i bit će primarni instrument čijim posredstvom se čovjek dovodi u dominirajući položaj u prirodnoj sredini. Sustav je proizvod čovjekova uma.

Gotovo svaka realna ili zamišljena pojava može biti element nekog sustava i ona se, također, može definirati kao sustav. Prema tome, sve što postoji i sve što možemo za-misliti može s nekog stajališta i svrhe pro-matranja biti i sustav i element nekog sustava. Hoćemo li neku pojavu promatrati kao sustav ili kao element nekog sustava ovisi o svrsi našeg promatranja, o načinu promatranja i našem pristupu problemu. Prema dosada izlo-ženom, sustav u teoriji i praksi ima sljedeće elemente definicije: [5,9]

- U načelu se definicije razlikuju po stupnju uopćenosti i načinu izražavanja.
- Sustav je skup elemenata koji se nalaze u uzajamnoj povezanosti.
- Pod pojmom sustav podrazumijeva se uzajamna povezanost različitih elemenata. Sustav je skup elemenata s povezanošću među

njima i njihovim svojstvima. Svaki sustav se sastoji od elemenata određenih posebnih značajki koji su međusobno povezani tako da se svojim interakcijama ulazne veličine – tvari, energija informacije – transformiraju u nove oblike, odnosno veličine koji se pojavljuju kao rezultat funkcioniranja sustava – predstavljaju „Tehnički sustav“.

Menadžment svakog tehničkog sustava treba dobro poznavati mogućnosti koje proizlaze iz njegovoga procesa. U tom smislu je nužno konstantno djelovanje. Cjelo-kupna aktivnost djelovanja mora biti usmjerena prema potrošaču ili korisniku. Slika 1. prikazuje jedan tehnički sustav odnosno upravljanje s tehničkim komponentama uz pomoć jednoga od poznatih sustava pomoću kojega se može upravljati složenim proizvodnim ili uslužnim procesom a to je programabilni logički kontroler (upravljaj) opće prepoznatljiv kao PLC. [6,1] Prema citiranom autoru programabilni logički kontroler se definira kao „Digitalni elektronički uređaj koji koristi programabilnu memoriju za pamćenje naredbi kojima se zahtijeva izvođenje specifičnih funkcija, kao što su logičke funkcije, brojanje, mjerenje vremena, izračunavanje, u cilju upravljanja različitim tipovima uređaja i procesa preko digitalnih i analognih ulazno-izlaznih modula“.

Programabilni logički kontroleri (PLC) su industrijska računala čiji su hardverski i programski elementi posebno prilagođeni radu u industrijskim uvjetima, a koji se mogu lako programirati i ugrađivati u postojeće industrijske sustave.



Slika 1. Osnovni elementi programabilnog logičkog kontrolera (PLC); Izvor: [6,5]

Cjelovit sustav, upravljan PLC kontrolerom, sastoji se od:

- Ulaznih uređaja, kao što su prekidači, tasteri, senzori itd.
- Ulaznog modula, koji je dio PLC kontrolera. Preko ovoga modula se primaju signali sa ulaznih uređaja.
- Logičke jedinice (procesora), koja predstavlja 'mozak' PLC kontrolera,
- U okviru procesora smještaju se program i podaci i on upravlja radom cijelog sustava.
- Izlaznog modula, koji je također dio PLC kontrolera. Preko ovog modula se zadaju

Iz navedene definicije može se uočiti da se pod tehničkim sustavom podrazumijeva misaona konstrukcija nekog realnog objekta ili pojave u kojoj elementi te strukture s njihovim svojstvima i vezama usmjerenim ka ostvarenju cilja sustava, a koje se predstavljaju posebnim znakovima ili simbolima ili materijalnim elementima, kako bi se na jednostavan način prikazale strukture realnih objekata i pojava koje su u biti složene jer mogu imati veliki broj signali za upravljanje pojedinih izlaznih uređaja.

- Izlaznih uređaja, kao što su releji, svjetiljke, sklopnici motora, ventili itd.

Prikaz PLC-a može se povezati pomoću informatičkih tehnologija sa sustavom upravljanja osobito s troškovima, gdje se svaka operacija može promatrati posebno. Na taj način se mogu istraživati i akceptirati uštede na troškovima. Zato treba analizirati i utvrditi određene zakonitosti glede kretanja prinosa odnosno prihoda i troškova u pojedinim operacijama.

2. Funkcija proizvodnje i troškova

Proizvodni procesi osobito u složenim tehničkim sustavima mogu se prikazivati koristeći poznate matematičke metode gdje su obuhvaćene različite vrste aktivnosti kojima se mijenja fizički oblik dobara, mjesto korištenja dobara ili vrijeme korištenja dobara. Promjene na proizvodu, kako njegova oblika, tako i mjesta i vremena upotrebe, često se smatraju dijelom ukupnog procesa proizvodnje, to jest ukupnog procesa stvaranja ili dodavanja nove vrijednosti. Načela proizvodnje su ista neovisno o tome gdje se proizvodnja odvija. Samo je različit način na koji se dodaje nova vrijednost.

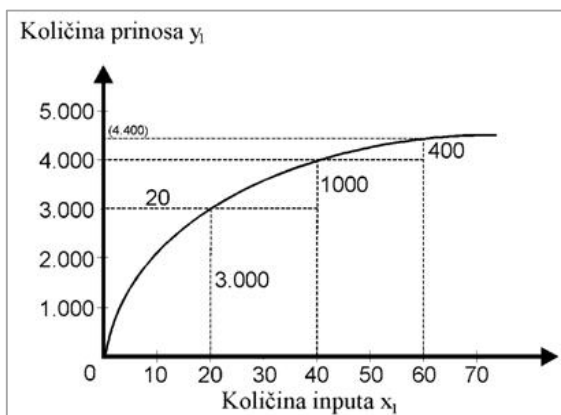
Količina proizvoda i usluga (outputa) poduzeća ovisi o količini resursa (inputa) upotrijebljenih u proizvodnji. Taj fizički odnos između inputa i outputa može se prikazati u obliku proizvodne funkcije. Pod proizvodnom funkcijom razumijevamo matematički odnos koji pokazuje ovisnost količina određenog proizvoda o količinama pojedinih upotrijebljenih resursa.

Vrsta proizvoda i opseg proizvodnje koji će se dobiti ovise o vrsti i količini upotrijebljenih resursa. Između količine resursa i količine proizvoda postoji funkcionalni odnos. Matematički se to može izraziti ovako: količina proizvoda (y_1) funkcija je količine resursa (x_1), to jest $y_1 = f(x_1)$.

Svrha je proizvodne funkcije pokazati koliko količinu proizvoda možemo proizvesti mije-

njanjem količine resursa proizvodnih resursa. Teoretski je moguće proizvodnu funkciju izraziti i tumačiti na dva načina: [3,51]

- maksimalnom količinom učinaka (outputa) koja se može dobiti iz određene količine resursa (inputa) ili
- minimalnom količinom resursa koja osigurava određenu količinu proizvoda.



Slika 2. Degresivna proizvodna funkcija s jednim promjenljivim resursom Izvor: [3,51]

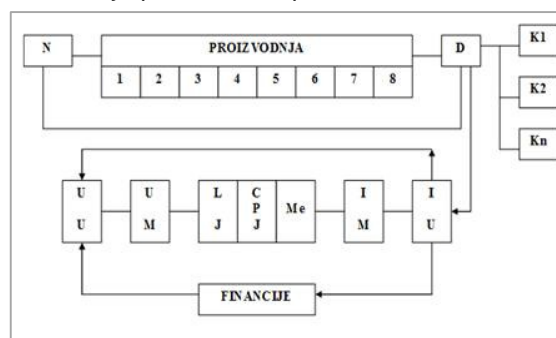
Na slici 2. prikazan je primjer jedne degresivne proizvodne funkcije koja pokazuje kretanja prinosa u odnosu na kretanje inputa. Proizvođači ne mogu kontrolirati proizvodnu funkciju. Kemijska, fizička i biološka svojstva resursa određuju vrste i količine proizvoda koji će se dobiti iz određene kombinacije resursa. Svaka proizvodna funkcija može se izraziti u obliku tablice, grafikona i algebarske jednadžbe. Međutim, bitan je oblik odnosa između resursa i prinosa (proizvoda). Pod uvjetom da su svi ostali resursi nepromjenljivi, taj oblik odnosa između količine prinosa (outputa) i količine jednog promjenljivog resursa (inputa), može u praksi biti različit.

Glavna su područja primjene proizvodne funkcije: [3,55]

- predviđanje opsega proizvodnje (prinosa) uz poznate količine i kakvoću resursa, te uz određene uvjete i metode (tehnologiju) proizvodnje.
- izbor vrsta proizvodnih resursa i njihove količinski najpovoljnije kombinacije u proizvodnji određenog proizvoda (tehnički učinkovite kombinacije), i
- izbor najpovoljnije tehnologije proizvodnje (na primjer, postupka za određenu proizvodnju).

U tehničkim sustavima je daleko konkretniji pristup utvrđivanju učinkovitosti proizvodnje putem praćenja i analize troškova odnosno upravljanjem troškovima. Naime, treba imati u vidu da funkcioniranje svakog sustava ima određene troškove koji se osobito povećavaju u

fazama zastoja odnosno lošeg funkcioniranja, što sve konačno može smanjiti učinkovitost, ne samo proizvodnog nego i poslovnog sustava kao cjeline. Zato je potrebno analizirati, osim tehničke funkcionalnosti, troškove po pojedinim fazama, kao bi se mogli istražiti uzroci i poduzimati mjere za smanjivanje zastoja i ostalih uzroka nefunkcioniranja. Prema tome, potrebno je, u sklopu tehničkog upravljanja sustavom, paralelno pratiti tijek troškova kroz sve faze od nabave inputa, preko proizvodnje i distribucije outputa, a za to se može koristiti već spominjani program kako to pokazuje slika 3. Dakle, radi se o praćenju troškova u fazi nabave, te u svim fazama proizvodnje i troškova distribucije proizvoda kupcima.



Slika 3. Upravljanje funkcioniranjem i troškovima složenog tehničkog sustava; Izvor: [4,185]

Legenda: N-nabava, D-distribucija, K1 do Kn-kupci, UU-ulazni uređaj, UM-ulazni modul, LJ-logička jedinica, CPJ-centralna procesorska jedinica, Me-memorija, IM-izlazni modul, IU-izlazni uređaj.

Prikaz na slici 3. sugerira da menadžer složenog tehničkog sustava mora povezati nekoliko konkretnih komponenti upravljanja kao što su:

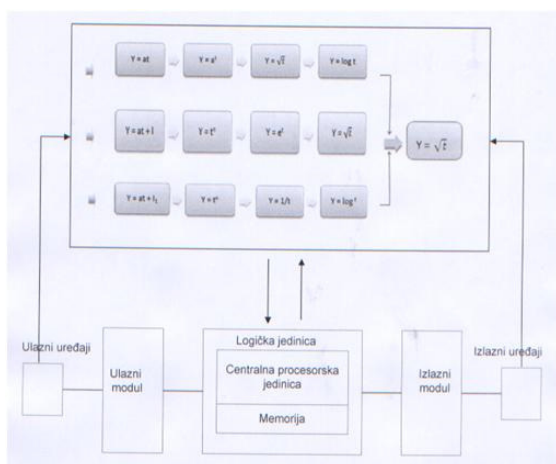
- funkcioniranje
- nabava inputa i njezini alikvotni troškovi
- funkcioniranje i praćenje troškova distribucije proizvoda ili usluga kupcima
- troškovi svih faza proizvodnog procesa
- planiranje, namicanje, odlučivanje o trošenju i ulaganje financijskih sredstava u svim fazama poslovnog i proizvodnog procesa.

Sami troškovi se mogu programirati i pratiti po fazama primjenjujući elemente čiste kalkulacije. [3,122] Ukoliko bi se navedena kalkulacija prilagodila uz odgovarajući program, mogli bi se planirati, pratiti i analizirati svi troškovi po fazama, ne samo proizvodnje, nego cijelog procesa od nabave do distribucije. Osim troškova cijelog procesa, posebno treba upozoriti na činjenicu da su troškovi funkcioniranja (eksploatacije) suprotstavljeni pouzdanosti sustava. To znači da je uloga tehničkog menadžera da stalno iznalazi ravnotežu između maksimalne pouzdanosti i minimalnih troškova

eksploatacije odnosno održavanja sustava. U tome svakako može pomoći informacijski sustav koji objedinjuje, u vrijed-nosnom smislu, tehnički i troškovni aspekt upravljanja složenim tehničkim sustavom. Preciznije određivanje i analiziranje u vrijed-nosnom smislu se može obavljati uz primjenu matematičkih metoda uz upotrebu mrežnog planiranja. Kretanje outputa u odnosu na input može se prikazati proizvodnom funkcijom, a troškovi primjenom matematičkih metoda

3. Informacijsko-komunikacijski prikaz funkcije troškova po fazama

Na slici 4. prikazan je jedan tehnički proces od tri linije proizvodnje ili nekoga drugog složenog tehničkog djelovanja. U svakoj su liniji prikazani načini odvijanja procesa nastajanja troškova u nekom ograničenom vremenu.

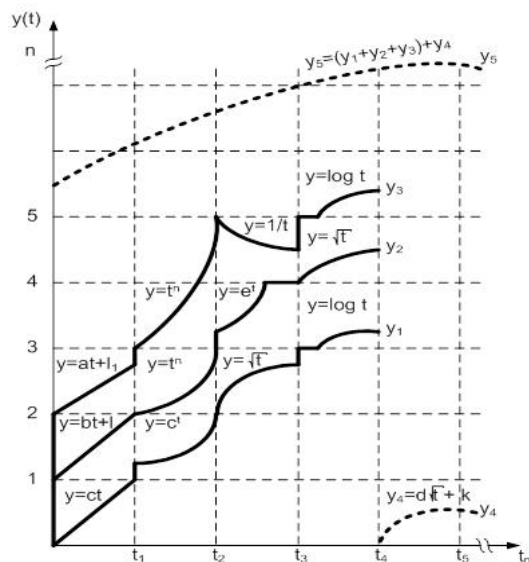


Slika 4. Prikaz upravljanja troškovima; Izvor: [5,224]

Nastajanje troškova u vremenu prikazano je odgovarajućom funkcijom. Svaka je operacija prikazana tako da se može vidjeti kojim matematičkim funkcionalnim izrazom se prikazuje odvijanje fizičkog odnosno tehničkog procesa. Primjerice u liniji 1 koja je označena sa funkcijom y_1 prva operacija se odvija linearno uz pomak. To se u praksi može protumačiti da je već stara uračunata amortizacija koju prikazuje pomak što je i logično, jer je taj trošak isti za cijelo vrijeme odvijanja procesa. U nastavku nastaju troškovi rada i materijala koji su u praksi približno linearni odnosno razmjerni količini proizvoda pa se tako i prikazuju. U drugim operacijama očito ima i drugih utjecaja na troškove pa se njihovo kretanje prikazuje odgovarajućim funkcijama odnosno dijagramima. Na kraju procesa imamo primjerice montažu složenog proizvoda koji se, također, prikazuje pomoću odgovarajuće funkcije.

4. Matematički pristup upravljanju troškovima

Kretanje troškova se može izračunati rješavanjem svih postavljenih funkcija pomoću upotrebe La Placeove transformacije. Taj postupak se primjenjuje onda kada na troškove, osim navedenih, mogu utjecati i druge vanjske silnice koji imaju funkcionalnu zakonitost. Najprije se integriranjem izračunaju pojedinačni troškovi onda se putem algebarskog teorema sumiraju svi troškovi po linijama i operacijama. Njima se nakon integriranja i izračunavanja, uzimajući u obzir vremenska ograničenja, troškovi završnih operacija označeni sa y_4 dobiju kao ukupni troškovi. Osim utvrđivanja pojedinačnih troškova u operacijama i linijama te ukupnih troškova sve može poslužiti za analizu i planiranje u cilju smanjenja troškova. Ako se želi ući u problem brzine neke promjene, onda se to može obavljati upotrebom La Placeove transformacije, ali putem diferenciranja.



Slika 5. Dijagram kretanja troškova u nekom složenom tehničkom procesu; Izvor: [5,225]

Na slici 5. je improvizirano idejno rješenje kretanje troškova u jednom složenom tehničkom procesu prikazano funkcijama y_1 , y_2 i y_3 koje predstavljaju procese koji se odvijaju istovremeno. Na kraju tih procesa odvija se završni proces koji predstavlja njegova realna funkcija y_4 . Koristeći La Placeovu transformaciju i pripadajuće teoreme linearnosti i dodatnog utjecaja linearne prirode mogu se postaviti izračuni sadržaja, a to su u ovom slučaju troškovi svake operacije, troškovi svih linija proizvodnih procesa i ukupni troškovi kompletnog procesa. Izračunavanje pojedinačnih i troškova linija procesa izračunavaju se integracijom uz primjenu La Placeove transformacije.

Troškovi su prikazani sljedećim funkcijama:

Ako imamo funkcije Y_1 , Y_2 i Y_3 koje se integriraju o njima se sadržajno, a u ovom slučaju su to troškovi, dodaje integracija funkcije Y_4 , onda imamo:

$$Y = (Y_1 + Y_2 + Y_3) + Y_4$$

Odnosno - po teoremu linearnosti iz obrasca imamo sljedeće odnose:

$$L_{23} = (a_1f_1 + a_2f_1 + a_3f_1)_{(s)} + (b_1f_2 + b_2f_2 + b_3f_2)_{(s)} + (c_1f_3 + c_2f_3 + c_3f_3)_{(s)} =$$

$$L_1 + L_2 + L_3.$$

$$L_{\text{ukupno}} = L_{123} + L_4$$

$$L_1 (a_1f_{11} + a_2f_{12} + a_3f_{13})_{(s)} = a_1 \int_0^{\infty} e^{-st} f_{11}(t) dt + a_2 \int_0^{\infty} e^{-st} f_{12}(t) dt + a_3 \int_0^{\infty} e^{-st} f_{13}(t) dt$$

analogno tome imamo:

$$L_2 = b_1 \int_0^{\infty} e^{-st} f_{21}(t) dt + b_2 \int_0^{\infty} e^{-st} f_{22}(t) dt + b_3 \int_0^{\infty} e^{-st} f_{23}(t) dt$$

$$L_3 = c_1 \int_0^{\infty} e^{-st} f_{31}(t) dt + c_2 \int_0^{\infty} e^{-st} f_{32}(t) dt + c_3 \int_0^{\infty} e^{-st} f_{33}(t) dt$$

$$L_4 (d f_4)_{(s)} = d \int_0^{\infty} e^{-st} f_4(t) dt$$

Rješavanjem svih integrala i prevođenjem na originalne funkcije ili inverzne transforme od funkcije $L_{i(f)(s)}$ ili $F_{(s)}$ obavlja se po obrascu:

$$F_{(t)} = L^{-1}(F_{(s)}) \text{ iz čega slijedi:}$$

$$F_{(t)} = F_{(ft)} = \int_0^n e^{-st} dt = 1/3 e^{-st}|_0^n$$

Konačno se izračunavanje sadržaja (troškova) obavlja rješavanjem konačne jednadžbe za svaku operaciju uz zadana ograničenja, a to su vremena početka i svršetka svake operacije. Ovaj relativno kompliciran postupak ima smisla kada se radi o vrlo složenim procesima gdje se susreće veliki broj proizvodnih ope-

racija. U takvoj situaciji poboljšanje i radi male uštede na nekoj vrsti troška uz veliki broj operacija može značiti respektabilnu veličinu zbog koje se i dalje isplati istraživati učinkovitost procesa.

5. Zaključak

Na temelju prethodnih razmatranja može se donijeti više zaključaka.

Prije svega treba naglasiti mogućnost upravljanja složenim tehničkim sustavima sa više tehničkih procesa. Informatičke tehnologije omogućuju praćenje i kontrolu ekonomskih veličina kao što su prinosi u odnosu na ulaganja te kretanje troškova po pojedinim operacijama.

Učinkovitost svake operacije izračunava se pomoću matematičkih modela koji simuliraju procese. Ukoliko se radi o velikom broju operacija u sustavu onda i mala ušteda na nekoj operaciji može imati veliki učinak zbog velikog broja operacija. Zato je svakako poželjno instalirati odgovarajući hardver i softver u cilju učinkovitog upravljanja složenim tehničkim osobito proizvodnim sustavima.

U znanstvenom smislu se iz prethodnog sadržaja vidi da je pomoću informatičkih tehnologija primijenjena znanstvena metoda praćenja troškova pojedinih proizvodnih faza i cilju utvrđivanja optimalne cijene proizvodnje, a sve radi veće konkurentnosti proizvoda na tržištu.

LITERATURA:

- [1] Fraidon, M., Engineering Management, Addison Wesley Longman, Harlow, England, 1998.
- [2] Jović, F., Flegar, I., Slavek, N., Modeliranje, Elektrotehnički fakultet, Osijek, 2005.
- [3] Karić, M., Ekonomika poduzeća, Ekonomski fakultet, Osijek, 2006.
- [4] Lacković, Z., Inženjerski menadžment, Elektrotehnički fakultet, Osijek, 2008.
- [5] Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Osijek, 2015.
- [6] Vučenović, V., Sistem i organizacija, Naučna knjiga, Beograd, 1980.
- [7] NEMA (The National Electrical Manufacturers Association), www.nema.org/about/contact
- [8] <http://www.pfri.unri.hr> (22.10.2014.)

Održavanje dizala na području Osječko-baranjske županije

Professional paper

Matej Petko

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
Kabal commerce dizala d.o.o.
Augusta Šenoa 13., 31220 Višnjevac, Hrvatska
mpetko@etfos.hr

Tomislav Barić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
tomislav.baric@etfos.hr

Sažetak - U članku su prezentirana praktična iskustva u održavanju dizala na području Osijeka i Osječko-baranjske županije, tj. inženjerski pogled u problematiku održavanja dizala. Prezentirani statistički podatci proistekli su iz višegodišnjeg iskustva u području održavanja dizala firme Kabal commerce dizala iz Osijeka. Opisan je kronološki redoslijed mjesečnog servisa dizala sukladno pravilniku o tehničkim normativima prilagođeni europskim standardima. Obuhvaćene su prednosti i nedostaci pojedinih tipova dizala, pregled i kontrolu: pogonskog stroja, sigurnosnih elemenata, vučne sposobnosti, podmazivanja, statistike stanja te provjera nužnih alarma za direktnu komunikaciju korisnika sa serviserom preko centrale i naposljetku čišćenje cjelokupnog postrojenja. Svaka od nabrojanih stavki detaljno je opisana i objašnjena u članku.

Ključne riječi: dizala, održavanje, mjesečni servis, pravilnik, EU

MAINTENANCE OF ELEVATORS IN OSIJEK-BARANJA COUNTY

Abstract - The article presents practical experience in maintenance of elevators in Osijek and Osječko-Baranjskoj County, ie engineering views on elevator maintenance issues. Presented statistical data derive from many years of experience in the field of elevator maintenance of the company Kabal commerce dizala d.o.o. from Osijek. The chronological order of the monthly elevators service is described in accordance with the rules of technical norms adapted to European standards. Benefits and disadvantages of certain types of elevators, review and control of: drive machine, safety elements, tractive ability, lubrication, state statistics, and check for the necessary alarms for direct communication between the user and the servicer via the control panel and ultimately the cleaning of the entire plant. Each of the listed items is described in detail and explained in the article.

Keywords: elevator, maintenance, monthly service, rulebook, EU

1. UVOD

Pod pojmom „dizalo“ označava se uređaj za dizanje koji je namijenjen za dostizanje određenih razina koji ima nosač koji se kreće između krutih vodilica vertikalno, a namijenjen je za prijevoz: osoba, osoba i tereta. Dizala se stavljaju na tržište u uporabu samo ako ne ugrožavaju zdravlje ili sigurnost ljudi te ispravno održavanje i uporaba u skladu s njihovom

namjenom [1]. Kod ugradnje dizala odgovorna osoba za izvođenje radova na građevini i sam ugraditelj dizala moraju poduzeti sve odgovarajuće mjere kako bi osigurali ispravan rad i sigurnu uporabu dizala. Dizala se ugrađuju u tzv. vozna okna (armirano betonska, čelična konstrukcija obložena neprobojnim materijalima) te ne smiju sadržavati nikakve cjevovode, električne instalacije ili uređaje,

osim onih koji su potrebni za ispravan rad i sigurnost dizala [1].

„Ugraditelji dizala“ je fizička ili pravna osoba koja je odgovorna za ugradnju dizala te stavlja oznaku sukladnosti CE i Izjavu o sukladnosti prema Pravilniku o sigurnosti dizala (NN 20/2016), [2] također provjerava identifikacijske oznake CE proizvođača dizala pojedinih komponenti.

Po završenoj ugradnji i uspješnog pregleda nadležnog inspeksijskog tijela prema Pravilniku o sigurnosti dizala te zadovoljavanju svih propisanih normi, dizalo se pušta u rad [2]. Dizalo se predaje korisniku čija je obveza osigurati redovno mjesečno održavanje dizala s registriranom pravnom ili fizičkom osobom koja je certificirana za obavljanje predmetnih radova [1].

2. ODRŽAVANJE

„Održavanje“ – servisiranje dizala podrazumijeva potrebne radnje za siguran rad dizala. Dizalo mora imati upute od proizvođača za uporabu i održavanje te spašavanje osoba iz dizala [2]. Ovlaštena tvrtka se mora pridržavati uputa kod redovnog održavanja dizala. Također, mora posjedovati knjigu održavanja dizala koja sadrži:

- opće podatke o dizalu,
- podaci o vlasniku,
- mjestu ugradnji,
- podatke o ugraditelju,
- podaci o sigurnosnim komponentama,
- presjek glavnog el. voda,
- vrsta odbojnika ispod kabine i protuutega,
- podaci o održavatelju,
- identifikacijski broj dizala i
- podatak o osobi ovlaštenoj za spašavanje osoba iz dizala.

Dolazak ovlaštenog servisera na redovan mjesečni servis – pregled dizala koji se mora obavljati najmanje jednom mjesečno prema Pravilniku o sigurnosti dizala čl. 29 [2].

Radove servisiranja dizala prema Pravilniku o sigurnosti dizala čl. 28. [2] obuhvaćaju sljedeće radove na postrojenju dizala:

- provjera ispravnosti rada svih sigurnosnih uređaja,
- provjera nosive užadi ili lanaca, vučne sposobnosti,
- provjera izolacije svih strujnih krugova te veza s uzemljenjem,
- provjera gromobranske instalacije,

- provjera vožnje dizalom od stanice do stanice, u oba smjera i točno pristajanje u stanici,
- provjera ispravnosti pogonskih i upravljačkih dijelova dizala,
- kompletno čišćenje i podmazivanja dijelova dizala.

Redovnim pregledom dizala otklanjaju se svi nedostaci koji bi mogli utjecati na nepravilan rad dizala, a isto tako se mijenjaju neispravni i dotrajali dijelovi koji bi mogli uzrokovati daljnji zastoje dizala. Tako preventivno djelujemo na smanjivanju eventualnih zastoja dizala uslijed dotrajalih ili istrošenih elemenata dizala.

U slučaju da se utvrdi veća neispravnost te se ne može bez odgode otkloniti kvar, a može dovesti do opasnog pogonskog stanja, dizalo se mora staviti van funkcije i obavijestiti vlasnika ili ovlaštenu organizaciju [1]. Sve to zapisati u knjigu održavanja dizala.

Pogonski stoj:

Pregled pogonskog stroja dizala dijelimo na sinkroni i asinkroni motor [3]. Prilikom pregleda sinkronog motora trebamo obratiti pozornost na rad sigurnosnog uređaja kočnice, provjeru vuče što se ostvaruje silom trenja na pogonskoj užnici za ovješene čelične užadi (kabina-protuuteg). Vizualnim pregledom treba obuhvatiti i sigurnosne električne mikrokontakt za kontrolu rada kočnice, a njihovu funkcionalnost i ispravnost ispitati propisanim mjernim uređajem od strane proizvođača prikazan na slici 1. („tester“) [4].



Slika 1. Pocket guid – „tester“ [5]

Pogodnost sinkronih strojeva s permanentnim magnetima uz ugradnju frekvencijskih regulatora koji je prikazan na slici 2., najbolje iskorištavaju električnu energiju, daju veliku poteznu silu, a postižu poboljšanja u uštedi energije, smanjivanju buke, povećanje udobnosti vožnje,

bolju ugradivost u vrlo male prostore [4] (izrada dizala bez strojarnice).



Slika 2. Sinkroni stroj [6]

Primjer. Za isto dizalo prije se koristio motor snage 7,5 kW, sada s upotrebom ovakvih motora dostatan je motor snage oko 4,5 kW. Uz to nepotrebna je dodatna rashladna ventilacija za odvođenje viška topline uzrokovane gubicima energije.

Obratimo li pozornost na sliku 3., pregledom asinkronog stroja (reduktorski) također trebamo obratiti pozornost na rad sigurnosnog uređaja kočnice, provjeru vuče što se ostvaruje silom trenja na pogonskoj užnici za ovješene čeličnih užadi [4] (kabina-protuuteg).



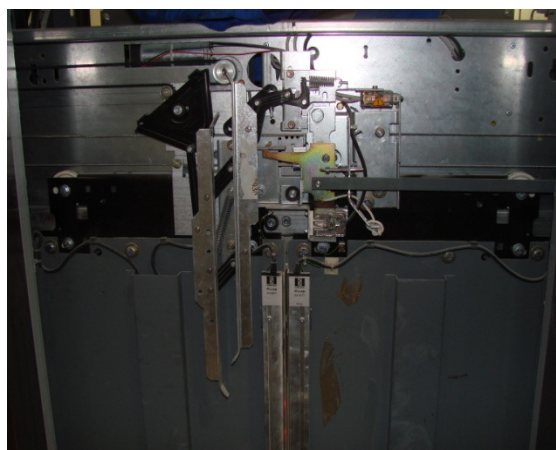
Slika 3. Asinkroni stroj [6]

Vizualni pregled asinkronog stroja se odrađuje isto kao i kod sinkronog uz dopunu pregleda reduktora – postojanje zazora između pužnog kola i pužnog vijka te kontrola ulja u reduktoru (zamjena ulja u reduktoru prema uputama proizvođača) [4]. Glavni nedostatak takvih pogona je da jedna trećina energije (ili više) propada pretvarajući se u toplinu.

Sigurnosne komponente:

Nastavak servisiranja i pregleda dizala vrši se i na način spuštanja kabine dizala do određene razine pristupa servisera na krov kabine.

Tu se vrši vizualni i testni pregled kabinskih vrata, vizualnim pregledom obuhvaćamo pregled kotrljajućih elemenata (točkici za vođenje kabinskih vrata), remenje, remenice i čelično uže povezanosti krila vrata. Svi dijelovi vidljivi na slici 4.. Ako su neki od mehaničkih dijelova dotrajali, ispućani ili s vremenom istegnuti, potrebno je izvršiti zamjenu radi preventive daljnjeg zastoja [7]. Testnim pregledom vrši se sigurnosni rad zatvaranja i otvaranja vrata u automatskoj vožnji, sigurnosnog kontakta vrata, preopterećenja i fotoelektričnih senzora za prolaz putnika u kabinu.



Slika 4. Vrata kabine [1]

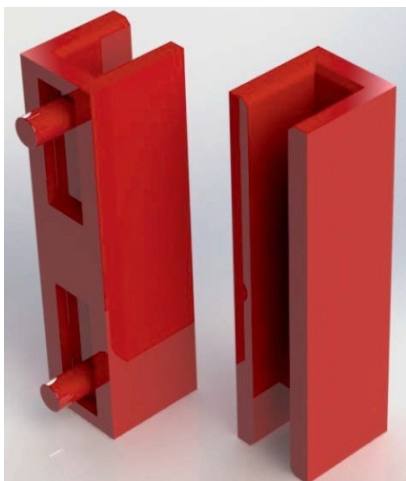
Serviser s krova kabine dizala onemogućava automatsku vožnju prebacivanjem električne sklopke na servisnu vožnju [1]. Serviser tijekom servisne vožnje sa krova kabine dizala ima kompletan nadzor upravljanja dizalom i vrši pregled svih sigurnosnih komponenti dizala koje se nalaze na kabini i uzduž voznog okna dizala.

Takvom vožnjom serviser obavlja pregled svih vanjskih vrata uzduž voznog okna po stanicama, njihovo sigurno zabavljanje (električni i mehanički kontakti) da se otkloni svaka mogućnost otvaranja vrata voznog okna dok kabina dizala u automatskoj vožnji nije u željenoj stanici (katu).

Pregled sigurnosnih komponenti:

- krajnji prekidači,
- kontakti vrata voznog okna i zabrave,
- tipkala „STOP“ u slučaju nužde,
- sigurnosni kontakti nateznih užadi.

Također, vizualnim pregledom se provjerava i nosiva užad, njihova veza s kabinom i protuutegom, klizajući elementi (klizači) kabine, prikazani na slici 5. i protuutega te uređaji za njihovo podmazivanje vodilica.



Slika 5. Klizni uložak [8]

Po završetku radova i kontrole sigurnosnih komponenata s kabine dizala, vrši se i vizualna kontrola ispod kabine dizala, zahvatna naprava [6] (kočiona kliješta) i njen električni kontakt. Pregled zahvatne naprave je od velike važnosti, jer sprječava slobodni pada kabine ili nekontrolirano kretanje kabine prema gore u slučaju kvara na komponentama.

Također se vrši vizualni pregled sigurnosnih komponenti koje se nalaze na dnu jame voznog okna, a to su [7]: naponska užnica graničnik brzine i njen električni kontakt, tipkalo „STOP“ u slučaju nužde, odbojnici ispod kabine i protuutega te provjera priključka gromobranske instalacije. Na slici 6. prikazani su navedeni elementi jame. Nakon završetka svih navedenih radova potrebno je očistiti kompletno postrojenje dizala.



Slika 6. Jama voznog okna [1]

Ispitivanje i servis upravljačke jedinice:

Pregled upravljačke jedinice [1] (grupa upravljanja) starijih tipova dizala koji u većini slučajeva funkcije obavljaju relejnim sklopovima. Princip ispitivanja relejnih sklopova na bazi vizualnog i električnog pregleda, ispravan rad uključivanja i isključivanja pojedinih releja tijekom vožnje od stanice do stanice, zaustavljanja dizala i pravilan rad isključivanja sigurnosnih elemenata, jer svaki relej čini završetak jednog sigurnosnog kruga.

Obavezno obratiti pozornost na rad krajnjih prekidača koji se nalaze u krajnjoj gornjoj i donjoj stanici te testirati rad isključivanja njihovih releja. Uočavanjem nepravilnosti prilikom rada relejnih sklopova (istrošenost i nagorenost kontakata) vršimo njihovu izmjenu.

Novi tipovi upravljačkih jedinica (grupa upravljanja) vrši upravljanje mikroprocesorima koji su programirani za pravilan i siguran rad cijelog postrojenja dizala. Pregled takvih upravljačkih jedinica je jednostavniji, jer se vrši ispitivanje na način priključivanja određenog upravljačkog instrumenta („testera“), predviđenog od strane proizvođača [9]. Tako se u „meni“-u upravljačkog instrumenta ispisuju sve greške i neispravnosti koje su uslijedile tijekom vožnje. Isto tako serviser može mijenjati pojedine parametre radi poboljšanja komoditeta vožnje uz siguran rad [7]. Također se obavlja provjera dvosmjernog komunikacijskog uređaja koji omogućava stalni kontakt korisnika sa „call centar“ u slučaju zastoja.

Prilikom samog početka pregleda upravljačke jedinice, serviser je dužan prema pravilima isključiti glavnu sklopku dizala, jer se popravak vrši u beznaponskom stanju. Tu praksu možemo primjenjivati kod izmjene pojedinih sklopova, ali utvrđivanje samog kvara i nepravilnosti rada nije moguće.

3. ZAKLJUČAK

Obveznim mjesečnim servisiranjem dizala prema Pravilniku o sigurnosti dizala (NN 20/2016), osigurava se njihov siguran rad, preventivno sprječavanje eventualnih kvarova i produljenje vijeka trajanja dizala. Ovlašteni serviser, tako i korisnici dizala trebaju se pridržavati uputa proizvođača tijekom uporabe dizala.

LITERATURA:

- [1] Firma Kabal commerce dizala d.o.o, Adresa: A. Šenoa 13., 31220 Višnjevac, Croatia, url: <http://free-os.htnet.hr/kabal-commerce/info.htm> (6.5.2017.)

- [2] Pravilnik o sigurnosti dizala, Narodne novine, 20/2016, Datum tiskanog izdanja: 4.3.2016. url: http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_03_20_583.html (6.5.2017.)
- [3] Matej Petko „Putnička dizala“, završni rad, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2015, mentor: Tomislav Barić, dip.ing.el.
- [4] Tvrtka Ziehl-Abegg Inc., adresa: Pakhusgården 40, 5000 Odense C, Denmark, url: <http://www.orona-group.com/pdf/en/Catalogue-orona-service.pdf> (6.5.2017.)
- [5] Tvrtka Otis Elevators, adresa: 312 Armstrong Rd, Rogersville, TN 37857, USA, url: <http://www.otisworldwide.com/k1-products.html> (6.5.2017.)
- [6] Tvrtka Montanari Giulio e C. (S.R.L.)-Parti Mecc. Per Ascensori, adresa: Via Bulgaria 39., 41122 Modena, Italia, url: <http://www.montanarigiulio.com/en/products-page/blocchi/> (6.5.2017.)
- [7] Tvrtka Orona, adresa: Pol. Ind. de Jundiz, Zurrupitieta Kalea, 30, 01015 Vitoria-Gasteiz, Álava, Spain, url: <http://www.orona-group.com/pdf/en/Catalogue-orona-service.pdf> (6.5.2017.)
- [8] Tvrtka elbak HABULIN d.o.o., adresa: Ul. bana Josipa Jelačića 133, 10430 Samobor, Croatia, url: http://elbak-habulin.hr/eh_katalozi.html (6.5.2017.)
- [9] Tvrtka MLC electronic d.o.o., adresa: Puškarićeva 104b, 10250 Zagreb - Lučko, Croatia, url: <https://www.mlc.hr/hr/kontakt.html> (6.5.2017.)



Ocjena stanja kolnika i prijedloga strategije održavanja državnih cesta primjenom neuralnih mreža.

Subject review

Hrvoje Dragovan

RDC društvo s ograničenom odgovornošću za projektiranje, građevinarstvo i usluge
Road Design Center, Trg Lava Mirskog 1/3, 31000 Osijek, Hrvatska
hrvoje.dragovan@rdc.hr, www.rdc.hr

Želimir Kučibradić

RDC društvo s ograničenom odgovornošću za projektiranje, građevinarstvo i usluge
Road Design Center, Trg Lava Mirskog 1/3, 31000 Osijek, Hrvatska
zelimir.kucibradic@rdc.hr, www.rdc.hr

Damir Nožica

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informatičkih znanosti Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31 000 Osijek, Hrvatska
dnozica@gmail.com

Sažetak – U radu je analizirana mogućnost primjene neuralnih mreža u postupku predviđanje ocjene stanja postojećih kolničkih konstrukcija cesta, kao i moguća primjena neuralnih mreža za definiranje strategije održavanja državnih cesta. Na osnovu izlaznih rezultata dobivenih neuralnom mrežom upućuje na velike mogućnosti primjene neuralnih mreža u okviru sustava gospodarenja kolnicima. Te mogućnosti se prvenstveno mogu opisati sposobnošću neuralne mreže (NM) da za svaki set novo izmjerenih terenskih mjerenja (tehničkih parametara) za različite dionice državnih cesta, mreža može sa visokim stupnjem pouzdanosti prognozirati globalni indeks ponašanja i inicirati strategiju održavanja na osnovu pravila koje je naučila u prethodnom procesu učenja. U zaključku se ukazuje da se implementiranjem ove NM u sustav gospodarenja kolnicima dobiva moćni alat koji pomaže u postupcima donošenja odluka oko usvajanja određene strategije održavanja kolnika za pojedinu dionicu, poddionicu ili segment mreže državne ceste u Republici Hrvatskoj.

Ključne riječi - sustav gospodarenja kolnicima, neuralne mreže, ocjena stanja kolnika

EVALUATION OF PAVEMENT CONDITIONS AND PROPOSALS FOR THE STRATEGY OF MAINTAINING STATE ROADS USING NEURAL NETWORKS

Abstract – Paper analyzes the possibility of using neural networks in the process of predicting the status of existing road structures, as well as the possible use of neural networks for defining the state road maintenance strategy. Based on the outcomes obtained from the neural network, it indicates the great potential for the use of neural networks within the framework of the trunk management system. These capabilities can primarily be described by the ability of the neural network (NM) to provide a high degree of reliability for each set of newly measured field measurements (technical parameters) for different public road sections, and to initiate a maintenance strategy based on the rules it has learned in the previous learning process. The conclusion is that implementation of this NM in the road management system is a powerful tool that assists in decision-making procedures about adopting a specific road maintenance strategy for a particular section, sub-floor or segment of the state road network in the Republic of Croatia.

Keywords – pavement management system, neural networks, assessment of pavement condition

1. UVOD

U razvijenim zemljama svijeta izgradnja cestovne infrastrukture u većoj je mjeri dovršena već prije desetak godina pa je gospodarenje cestovnom infrastrukturom usmjereno ka očuvanju, održavanju i maksimalnom iskorištavanju postojećeg cestovnog sustava izgrađenih cestovnih

mreža. Glavni prioriteti su učinkovitije upravljanje i gospodarenje te očuvanje postojeće cestovne mreže, a samo povećavanje kapaciteta izgradnjom novih cesta nije više u prvom planu. Kvalitetno i smišljeno gospodarenje izgrađenom i sve starijom cestovnom mrežom u nas i u svijetu iziskuje sve veća ulaganja u njeno održavanje i obnovu.

2. GOSPODARENJE KOLNICIMA

Završetkom ere intenzivne izgradnje prometne infrastrukture posebice autocesta u Republici Hrvatskoj, održavanje novoizgrađene i postojeće imovine postaje prioritet svih poduzeća i uprave nadležne za gradnju i održavanje pojedinih kategorija prometnica. Prema dostupnim podacima Republika Hrvatska danas raspolaže s mrežom razvrstanih javnih cesta od 26.953 km (stanje listopad 2016. godine [1]), i to:

- 1.419,5 km autocesta,
- 7.097,7 km državnih cesta,
- 9.498,5 km županijskih cesta i
- 8.937,3 km lokalnih cesta.

Za izgradnju cesta potrebna su velika financijska ulaganja. Tijekom eksploatacije cestovne infrastrukture dolazi do postupnog pada vrijednosti. Postupni pad vrijednosti uzrokovan je pojavom procesa degradacije ceste unutar predviđenog vijeka trajanja. Planiranim i pravovremenim poduzimanjem različitih mjera održavanja ili obnove, moguće je napredovanje procesa degradacije kolničke konstrukcije djelomično usporiti ili u potpunosti zaustaviti uz ulaganje odgovarajućih financijskih sredstava.

3. SUSTAV GOSPODARENJE KOLNICIMA

Sustav gospodarenja kolnicima je proces koordiniranja i upravljanja aktivnostima održavanja kolnika s ciljem postizanja najbolje moguće iskoristivosti resursa, to jest maksimiziranja društvene dobrobiti [2].

- KOMPONENTE SUSTAVA GOSPODARENJA

- PODACI I BAZE PODATAKA
- MODELI PONAŠANJA I OŠTEĆIVANJA KOLNIKA
- ANALIZE
- IZLAZNI PODACI
- PETLJA POVRATNIH INFORMACIJA

- GENERIRANJE STRATEGIJE ODRŽAVANJA KOLNIKA

- STANJE KOLNIKA I KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
- OCJENA STANJA KOLNIKA
 - FUNKCIONALNA OCJENA
 - STRUKTURALNA OCJENA
- SVOJSTVA KOLNIKA

4 PRIMJENA NM U SUSTAVU GOSPODARENJE KOLNICIMA

Za problem klasifikacije podataka o mjernim veličinama koje opisuju sadašnje stanje kolnika na osnovu kojega se definira strategija održavanja u ovom radu odabrana je neuralna mreža u sklopu programskog paketa

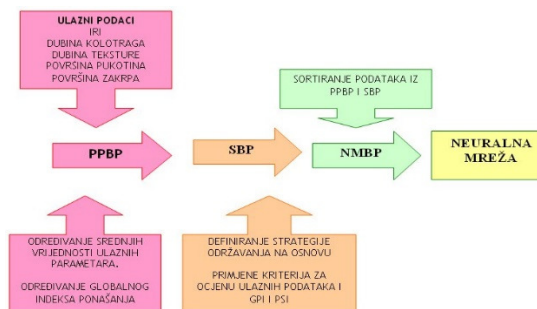
NeuroShell 2. Pri korištenju programskog paketa NeuroShell 2, neuralna mreža je definirana na osnovu pet koraka:

- priprema baze podataka
- učenje (treniranje) mreže
- testiranje mreže
- rezultati primjene neuralne mreže
- procjena izlaznih rezultata

Za potrebe određivanja indikatora ponašanja i usvajanja predloženih strategija održavanja kolnika, izrađena je neuralna mreža. Baza podataka za unos u neuralnu mrežu (NMBP) sačinjavala je podatke o terenskim mjeranjima različitih vrsta oštećenja kolničke konstrukcije (uzdužna i poprečna ravnost, dubina kolotruga, dubina teksture, površine pukotina i zakrpa na kolniku) bazirana na duljini cestovne mreže od 460,32 km koja predstavlja uzorak od 7% udjela u cestovnoj mreži državnih cesta u Republici Hrvatskoj.

Baza cestovnih podataka sastoji se od tri međusobno povezane baze podataka;

- početna proračunska baza podataka (PPBP),
- baza za odabir strategije održavanja kolnika (SBP),
- baza za unos u neuralnu mrežu (NMBP).



Slika 1. Shema struktura baza podataka

4.1. Početna proračunska baza podataka - PPBP

Osnovna je zadaća PPBP da na osnovu ulaznih podataka (terenski prikupljeni podaci i mjerenja) da ocjenu stanja kolnika i to na dvije osnove; primjenom smjernica iz COST programa [3] i primjenom usvojenih kriterija za ocjenu stanja kolnika.

PPBP u sebi sadržava 471 segment mreže državne ceste, gdje jedan segment predstavlja dionicu od 1000 metara. Za svaki pojedini segment izračunati su tehnički parametri koji se primjenom transformacijskih funkcija pretvaraju

u pokazatelje stanja i korigirani težinama tvore kombinirane pokazatelje stanja s obzirom na sigurnost, udobnost i strukturu kolničke konstrukcije. Kombinirani pokazatelji stanja korigirani faktorima težine utjecaja tvore opći pokazatelj globalnog stanja (GPI) koji predstavlja ocjenu stanja kolnika za svaki pojedini segment.

4.2. Baza za odabir strategije održavanja kolnika - SBP

Strategija održavanja kolnika bazira se na rezultatima ocjene srednjih vrijednosti pojedinačnih mjernih parametara (IRI, kolotrazi, dubina teksture, pukotine i zakrpe) koji su ocjenjeni prema prethodno usvojenim kriterijima i na izračunavanju indeksa PSI (*Present Serviceability*) kao kontrolnog indeksa u odabiru strategije.

Na osnovu prethodnih iskustava u oblikovanju strategija [4] i [5], a za potrebe izrade ovoga rada definirane i usvojene su slijedeće strategije:

- Strategija 1 - Redovno održavanje kolnika,
- Strategija 2 - Tankoslojna presvlaka,
- Strategija 3 - Ojačanje kolnika asfaltnim slojevima,
- Strategija 4 - Zamjena ili nadogradnja kolničke konstrukcije.

4.3. Baza podataka za unos u neuralnu mrežu (NMBP)

Ova baza podataka je glavna baza jer u sebi sadrži podatke iz prethodne dvije (PPBP i SBP). Ona je sastavljena iz dva dijela, ulazni podaci i izlazni podaci. Ulazni podaci su izmjerene vrijednosti IRI, dubina kolotraga, dubina teksture, površine pukotina i zakrpa predloženi kao njihova srednja vrijednost za pojedini segment mreže cesta. Rezultati izračuna globalnog indeksa ponašanja (GPI) i odabira strategije održavanja predstavljaju izlazne rezultate ove baze podataka. Smisao i cilj definiranje ove baze je priprema i sortiranje podataka u pogodan format za unos u primijenjenu neuralnu mrežu.

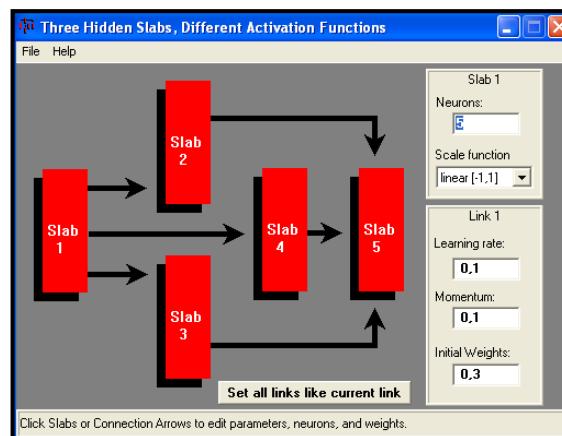
5 REZULTATI

Primijenjena je neuralna mreža Backpropagation Neural Network (BNN) u sklopu računalnog paketa NeuroShel 2.0. Neuralnoj mreži predstavljeno je 2.947 od 3.297 podataka, odnosno 10% podataka koristi se u daljnjoj fazi za procjenu izlaznih rezultata i

kontrolu rada neuralne mreže. Uneseni podaci su razdvojeni u dvije grupe: niz podataka na kojima NM uči sadrži 80% zapisa (training set), slučajno odabranih, a ostalih 20% čini kontrolnu grupu (test set). Ovo razdvajanje podataka i način odabranih grupa za učenje i kontrolne grupe vrši se pomoću ponuđenih opcija računalnog programa – NeuroShell 2.

Odabrani tip mreže je Beckpropagation natural network (BPNN) tip mreže sa propagacijom unazad, definirane višestrukim skrivenim slojevima sa različitim aktivirajućim funkcijama (Multiple hidden slabs with different activation functions Ward net).

Ulaz i izlaz neuralne mreže povezani su sa dva skrivena sloja (slika 2). Ulazni podaci se nalaze u elementu broj 1 (slab 1) sa pet neurona, što odgovara broju ulaznih podataka, svaki neuron je jedan ulazni podatak, u prvom skrivenom sloju se nalaze elementi 2 i 3 (slab 2 i 3) sa po osam neurona, u drugom skrivenom sloju nalazi se element broj 4 (slab 4) sa po osam neurona, a izlazni podatak je u elementu broj 5 (slab 5) sa dva neurona, što odgovara broju izlaznih podataka. Svaki ulazni podatak povezan je sa svakim od ukupno dvadeset i četiri neuronom u oba skrivena sloja. Nadalje, svaki od dvadeset i četiri neurona u skrivenim slojevima povezan je i sa završnim izlaznim podatkom (output) neuralne mreže.



Slika 2. Shema definiranja slojeva neuronske mreže.

Neuralna mreža cjelokupan postupak rada (učenje i testiranje) provodi tako da na izdvojenom prosudbenom sklopu (test setu) od 20% primjera testira, a na preostalih 80% primjera uči i uravnotežuje veze između neurona. Svaki primjer definiran je sklopom ulaznih i izlaznih varijabli.

U primjeni ovoga rada, pojedini primjer definiran je kao segment državne ceste opisan različitim tipovima oštećenja kolnika kao ulaznim varijablama, a izlazne varijable su ocjena stanja kolnika i strategija održavanja kolnika.

Prilikom ocijene i usporedbe rezultati neuralne mreže koristili su se slijedeći statistički kriteriji:

1. Koeficijent determinacije (R^2). Predstavlja komparaciju točnosti modela sa točnošću procjene trivijalnim modelom u kojemu se procjenjuje srednja vrijednost uzoraka. Koeficijent determinacije daje odnos procijenjene i stvarne vrijednosti y u rasponu vrijednosti 0 i 1. Ako je 1, postoji savršena korelacija uzoraka, nema razlike između procijenjene vrijednosti i stvarne vrijednosti. Koeficijent determinacije izračunava se na osnovu jednadžbe:

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SS_{yy}}$$

gdje je: $SSE = \sum (y - \hat{y})^2$

$$SS_{yy} = \sum (y - \bar{y})^2$$

- y aktualna vrijednost izlaznih parametara (strategija održavanja i GPI),
- \hat{y} procijenjena vrijednost y (procijenjena vrijednost strategije i GPI NM),
- \bar{y} srednja vrijednost y .

2. Koeficijent korelacije (r). Predstavlja jačinu linearne veze između aktualnih i procijenjenih vrijednosti. Koeficijent korelacije izračunava se na osnovu jednadžbe:

$$r = \frac{SS_{xy}}{\sqrt{SS_{xx} \cdot SS_{yy}}}$$

gdje je: $SS_{xy} = \sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}$

$$SS_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$SS_{yy} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

- n je broj uzoraka,
- x predstavlja aktualne podatke (strategiji u GPI),
- y predstavlja procijenjenu vrijednost neuralne mreže.

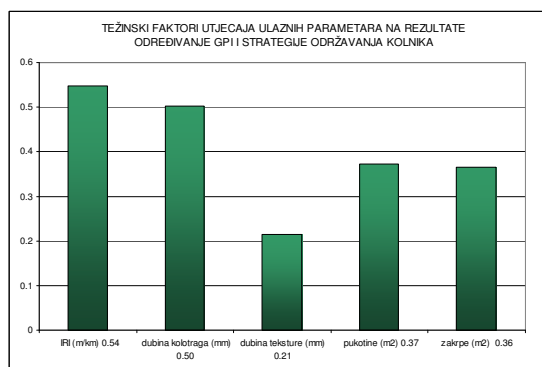
Rezultat "naučenosti" neuralne mreže može se procijeniti pomoću koeficijenta determinacije R^2 i postotka podataka unutar definiranih granica (5%, 5%-10%, 10%-20%, 20%-30% i preko 30% aktualnih podataka). Koeficijent korelacije je ovdje kriterij sekundarnog značaja. Prikaz statističkih koristili pri procjeni podataka dani su tablično u tablici 1-1.

U tablici 1. prikazana je kvaliteta "naučenosti" neuralne mreže ispitanih na ulaznim podacima, C1-strategija održavanja kolnika i C2-globalni indeks ponašanja.

Tablica 1. Izlazni rezultati „naučenosti „ NM

STATISTIČKI KRITERIJI USPOREDBE		C1	C2
Koeficijent determinacije R^2		0,9547	0,9678
Kvadrat koef. korelacije (r^2)		0,9558	0,9705
Srednja kvadratna pogreška		0,023	0,031
Srednja apsolutna pogreška		0,099	0,066
Najmanja apsolutna pogreška		0	0
Najveća apsolutna pogreška		0,900	1,759
Koeficijent korelacije (r)		0,9776	0,9851
Postotak podataka u granicama	do 5%:	79,245	89,623
	od 5% do 10%:	13,679	6,132
	od 10% do 20%:	6,132	2,830
	od 20% do 30%:	0,708	1,179
	iznad 30%:	0,236	0,236

Prikaz težinski utjecaji ulaznih podataka na izlazne podatke u strukturi NM prikazani su na slici 3.



Slika 3. Težinski faktori utjecaja ulaznih parametara na izlazne rezultate

Najveći težinski utjecaj na prognoziranje strategije i GPI ima uzdužna i poprečna ravnost kolnika. U procesu treniranja i učenja mreža im je dodijelila najveće težinske faktore utjecaja i to za uzdužnu ravnost 0,54 i poprečnu ravnost 0,50. Prema tome može se zaključiti da vrijednosti uzdužne i poprečne ravnosti u dobroj

mjeri mogu opisati stanje kolnika i dati preduvjete za odabir strategije održavanja.

Na osnovu gore navedenog, posebice veličine uspostavljenog koeficijenta determinacije (R^2) i velikog broja podataka unutar granice do 5% aktualnih podataka ova neuralna mreža se prihvaća za procjenu određivanja strategije održavanja i GPI i preporuča se za uporabu prilikom rješavanja budućih sličnih ili istih problema.

U prethodnom razmatranju neuralnoj mreži je predstavljena reducirana baza podataka od 421 uzorka (2947 podataka) na osnovu koje je ona izdvojila 20% nasumično izabranih podataka kao "test set" i 80% podataka kao set za učenje i uravnoteživanje veza između neurona. Analizom rezultata donesen je zaključak da se razmatrana NM može koristiti za primjenu rješavanja zadataka prognoze strategije održavanja kolnika i određivanja ocjene stanja kolnika izraženo indeksom ili indikatorom ponašanja kolnika (GPI).

U nastavku razmatranja razmotriti će se mogućnost upotrebe ove neuralne mreže na novom setu pridodanih podataka koje mreža "nije vidjela". Konkretno u ovom koraku usvojenoj mreži koja je "naučila" međusobne odnose između ulaznih i izlaznih varijabli (trenirana je, i testirana na reduciranoj bazi podataka) pridodati će se ostatak od 10% unaprijed odabranih uzoraka iz NMBP (podaci o 47 preostala uzorka). Izbor unaprijed odabranih uzoraka prvenstveno je ovisio u duljinama promatranih dionica državnih cesta. Dionice sa većom duljinom sudjelovale su u većem omjerom.

Neuralnoj mreži će se prezentirati samo ulazni podaci o izmjerenim vrijednostima IRI, dubine kolotruga, makrotekstura, pukotine i zakrpe, dakle 5 ulaznih podataka. Izlazni podaci mreži se neće prezentirati nego će se ostaviti mogućnost mreži da sama procjeni izlazne podatke u obliku strategije održavanja i određivanja vrijednosti GPI na osnovu prethodnog "iskustva" na podacima iz reducirane baze podataka.

Da zaključimo, mreža sama uči i testira se na reduciranoj bazi podataka, po naučenosti ista se primjenjuje za rješavanja "novog" problema odabira strategije održavanja i određivanja GPI, za novo pridodani set nepotpunih podataka.

Nakon unosa novog seta podataka u NMBP i prezentiranje baze neuralnoj mreži, neuralna mreža je shvatila da za "novo" pridodani set ulaznih varijabli ne postoje izlazne varijable, te ih je sama pridodala na osnovu "naučenog iskustva" iz prethodne iteracije učenja.

Procjena izlaznih rezultata:

- **Određivanje strategije** - unošenjem novog seta podataka u neuralnu mrežu, NM je na osnovu prethodnog iskustva procijenila vrijednost izlazne varijable. Izlazna varijabla u ovom slučaju predstavlja strategiju održavanja kolnika. Prikaz primijenjenih statističkih kriterija za ocjenu odabira strategije održavanja prikazano je u tablici 2.

Tablica 2. Izlazni rezultati određivanje strategije

STATISTIČKI KRITERIJI USPOREDBE	
Koeficijent determinacije R^2	0.862926
Koeficijent korelacije (r)	0.928938
Stand. Vrijednost pogreške	0.250214
Najmanja apsolutna pogreška	-0.004
Najveća apsolutna pogreška	1.032
Postotak pogađanja	95.74468

Zakruživanjem vrijednosti rezultata na puni broj (strategije održavanja definirane su cijelim brojem od 1 do 4) i usporedbom sa stvarno odabranom strategijom uočilo se da je NM pogrešno procijenila tip strategije na dva uzorka. Iz toga proizlazi da je postotak pogađanja neuralne mreže 95,74 %. Možemo reći da će neuralna mreža u 95 % slučajeva točno odrediti strategiju održavanja.

- **Određivanje GPI (globalnog indeksa ponašanja)** - Prikaz primijenjenih statističkih kriterija za ocjenu odabira strategije održavanja prikazano je u tablici 3.

Tablica 3. Izlazni rezultati određivanje ocjene stanja kolnika - GPI

STATISTIČKI KRITERIJI USPOREDBE	
Koeficijent determinacije R^2	0.994427
Koeficijent korelacije (r)	0.99721
Stand. Vrijednost pogreške	0.063018
Najmanja apsolutna pogreška	-0.001
Najveća apsolutna pogreška	0.262
Postotak pogađanja	87.23404

Obradom rezultata, procijenjene vrijednosti GPI usporedile su se sa stvarno izračunatim. Nakon usporedbe ustanovljeno je da šest uzoraka od ukupno 47 daju netočnu vrijednost. Naime ovdje je kriterij usporedbe bio nešto stroži. Na osnovu usporedbe može se reći da će NM u 87% slučajeva ispravno predvidjeti vrijednost globalnog indeksa ponašanja kolnika. Smanjivanjem kriterija usporedbe dobiva se veća točnost pogađanja, primjerice ako je kriterij usporedbe na dvije decimale postotak pogađanja je 89%.

6 ZAKLJUČAK

U okviru ovoga rada usvojene su osnovne postavke programa Cost Action 354 Performance Indicators for Road Pavements [3] u pogledu određivanja pokazatelja indeksa stanja kolnika sa stanovišta udobnosti, sigurnosti i nosivosti (strukture) koji su poslužili za izračun globalnog indeksa (indikatora) ponašanja kolnika. Globalni indeks ponašanja (GPI) kolnika je osnova za definiranje stanja kolnika.

Za potrebe određivanja indikatora ponašanja i usvajanja predloženih strategija održavanja kolnika, izrađena je neuralna mreža. Baza podataka za unos u neuralnu mrežu (NMBP) sačinjavala je podatke o terenskim mjerenjima različitih vrsta oštećenja kolničke konstrukcije (uzdužna i poprečna ravnost, dubina kolotruga, dubina teksture, površine pukotina i zakrpa na kolniku) bazirana na duljini cestovne mreže od 460,32 km koja predstavlja uzorak od 7% udjela u cestovnoj mreži državnih cesta u Republici Hrvatskoj.

Primijenjena je neuralna mreža Backpropagation Neural Network (BNN) u sklopu računalnog paketa NeuroShel 2.0. Na osnovi izlaznih rezultata može se zaključiti da je definirana i upotrebljena NM prilikom rješavanja razmatranog problema prognoze strategije održavanja kolnika i određivanja vrijednosti GIP uspostavila visoko koeficijent determinacije.

Postotak podataka koje je NM procijenila unutar 5% zadovoljavajući je za promatranu problematiku. Postotak procijenjenih podataka unutar granice do 5% za procjenu strategije održavanja je 79,24 %, a procjena GPI je 89,62 %. Na osnovu gore navedenog definirana NM prihvaćena je za rješavanje predmetne problematike i preporuča se za uporabu

prilikom rješavanja budućih sličnih ili istih problema.

Ocjene izlaznih rezultata NM upućuju na velike mogućnosti primjene neuralnih mreža u okviru SGK. Te mogućnosti se prvenstveno mogu opisati sposobnošću NM da za svaki set novo izmjerenih terenskih mjerenja (tehničkih parametara) za različite dionice cesta državnih cesta (npr. novo izmjerene vrijednosti na nekim novim dionicama cestovne mreže,) mreža može sa visokim stupnjem pouzdanosti prognozirati GIP i inicirati strategiju održavanja na osnovu pravila koje je naučila u prethodnom procesu učenja.

U nastavku rada razmotrena je mogućnost uporabe definirane i usvojene NM na novom setu "novih" pridodanih podataka koje mreža "nije vidjela". Novi set je sačinjavao uzorke koji su bili unaprijed izdvojeni (podaci o 47 segmenta mreže DC). Struktura uzoraka je bila nepotpuna, sačinjavala je samo ulazne podatke o terenskim mjerenjima (IRI, dubina kolotruga, tekstura, i podaci o površinskim oštećenjima kolnika).

Nakon unosa novog seta podataka u NMBP i prezentiranje baze NM, NM je shvatila da za "novo" pridodani set ulaznih varijabli ne postoje izlazne varijable, te ih je sama pridodala na osnovu "naučenog iskustva" iz prethodne iteracije učenja

Statističkom obradom izlaznih rezultata došlo se do zaključka da je uspostavljen visok koeficijent determinacije i koeficijent korelacije između stvarnih podataka i podataka koje je pretpostavila NM.

NM u 95% slučajeva točno prognozira strategiju održavanja, dok je postotak prognožiranja vrijednosti GIP nešto manji i nalazi se u granicama od 87% do 89% ovisno o usvojenom kriteriju usporedbe.

Iz prikazanog primjera može se zaključiti da se razmatrana i prezentirana NM može koristiti za klasificiranje ulaznih podataka o stanju kolnika i oštećenju površine kolnika.

Na osnovu ocjene izlaznih rezultata procjene strategije i GPI, posebice visokog uspostavljenog koeficijenta determinacije (R^2) i koeficijenta korelacije između ulaznih i izlaznih varijabli NM može se prihvatiti za ocjenu stanja kolnika i odabir strategije održavanja državnih

cesta u okviru Sustava gospodarenja kolnicima i preporuča se za buduću primjenu.

Implementiranjem ove NM u sustav gospodarenja kolnicima dobiva se kvalitetni pomoćni alat u postupcima donošenja odluka oko usvajanje određene strategije održavanja kolnika pojedinu dionicu, poddionicu ili segment mreže državne ceste u Republici Hrvatskoj.

LITERATURA:

- [1] Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture
Odluka o razvrstavanju javnih cesta, NN 96/2016,
listopad 2016,

- [2] Rukavina, T. i Ožbolt M. Sustav gospodarenja kolnicima - prikupljanje podataka Zbornik radova Gospodarenja prometnom infrastrukturom, Dani prometnica 2009, Zagreb, rujan 2009.godine
- [3] COST Action 354 Performance Indicators for Road Pavements – Final Report, July 2008,
- [4] Studija nosivosti i modeliranja optimalnih postupaka održavanja i rehabilitiranja županijskih i lokalnih cesta Virovitičko-podravske županije, Institut građevinarstva hrvatske IGH, Zavod za prometnice, lipanj 2005,
- [5] Studija ocjenjivanja potreba i optimiziranja strategija održavanja i rehabilitiranja kolnika županijskih i lokalnih cesta Vukovarsko – srijemske županije primjenom HDM-4 modela, Institut građevinarstva hrvatske IGH, Zavod za prometnice, prosinac 2007.



Primena preventivnog održavanja na kočionim sistemima putničkih vozila

Professional paper

Borivoj Novaković

Univerzitet u Novom Sadu
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
Đure Đakovića bb, 23000 Zrenjanin
novakovicborivoj1812@gmail.com

Ljiljana Radovanović

Univerzitet u Novom Sadu
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
Đure Đakovića bb, 23000 Zrenjanin
ljiljap@tfzr.uns.ac.rs

Jasmina Pekez

Univerzitet u Novom Sadu
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
Đure Đakovića bb, 23000 Zrenjanin
jpekez@yahoo.com

Mila Kavalić

Univerzitet u Novom Sadu
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
Đure Đakovića bb, 23000 Zrenjanin
milazakin@gmail.com

Sažetak– Tema kojom se autori bave u ovom radu bazirana je na sistemu održavanja kočionih sistema putničkih vozila. Tematika rada bazirana je na savremenim metodama koje se primenjuju pri održavanju kočionih sistema kod raznih putničkih vozila, gde se akcenat stavlja posebno na profitabilne načine održavanja sistema kočenja. Kako je kočenje proces od životne važnosti, elementi sistema moraju biti detaljno projektovani, izrađeni, održavani i kontrolisani. Do dana današnjeg razvijeno je mnogo metoda održavanja, jer sistemi koji u sebi nose kao najvažniji element pouzdanost, gde je u ovom slučaju pouzdanost sistema vezana i za pouzdanost i sigurnost ljudskog bića koji upravlja i deluje na kočioni sistem, moraju konstantno da teže ka izučavanju novih metoda održavanja i na usavršavanju već postojećih metoda kako bi se pouzdanost podigla na skali matematičke logike od 0-1. Pored same bezbednosti jedan od faktora na koji se može obratiti pažnja i na koji utiče održavanje, jeste ekonomska efikasnost, koja je prisutna u svakom sistemu, i gde se teži da ta ekonomska efikasnost bude što veća, odnosno u protivnom da troškovi održavanja budu što manji, shodno potrebama sistema.

Gljučne riječi - kočioni sistemi, preventivno održavanje, pouzdanost, bezbednost, otkaz.

APPLICATION OF PREVENTIVE MAINTENANCE ON PASSENGER VEHICLES BRAKING SYSTEMS

Abstract – The theme of this paper is based on maintenance system of passenger vehicles. It deals with the modern methods that are being applied at maintaining the braking systems of different passenger vehicles in which the focus is put on profitable ways of braking system maintenance. Since the braking process is vital, the system's elements must be designed, produced, maintained and controlled in detail. Various maintaining methods have been developed so far because these systems are bearing reliability, as one of the most important element for human safety linked to the person who operates and acts on the braking system. For this reason, new methods are permanently studied and improved so as reliability can be raised on the scale of mathematical logics from zero to one. Beside safety, one of the factors worth paying attention to is economic efficiency, present in every system. There is a tendency of improving economic efficiency or reducing maintenance costs according to the system needs.

Keywords – braking systems, preventive maintenance, reliability, safety.

1. UVOD

Osnovni faktori bezbednosti saobraćaja su čovek-vozilo-put-okruženje [1]. Bezbednost saobraćaja može da se proučava sa aspekta aktivne i pasivne bezbednosti. Aktivna bezbednost vozila se definiše mogućnostima koje to vozilo pruža vozaču da pouzdano i sa što boljom kontrolom upravlja motornim vozilom i na taj način izbegne konfliktne situacije na putu [2]. Kočenje vozila je proces koji se vrši sa ciljem da se vozilo uspori ili zaustavi. Razvoj kočionih sistema može se sagledati kroz tri velike celine, odnosno kroz tri vremena, gde svako vreme karakteriše odgovarajuće konstrukcijsko rešenje i napredak. Razvoj automatizovanih sistema i informacionih sistema, doprinelo je u savremenom dobu velikoj ekspanziji, odnosno povećanom stepenu razvoja kočionih sistema u automobilske industriji. Osnovna namena kočionih mehanizama jeste da ostvare potrebni kočioni moment koji deluje na točak vozila i izaziva njegovo usporavanje, a time i kočenje vozila. Pouzdanost kočionog sistema ili bilo kog tehničkog sistema je sposobnost tehničkog sistema da izvršava zahtevanu funkciju bez otkaza i nedostataka. Što se tiče pouzdanosti kočionog sistema automobila najvažnije je da kočnica bude sigurna, da su točkovi i gume ispravne i da su određenog kvaliteta, da kočnica reaguje u trenutku pritiska papučice ili poluge i što je najvažnije da vozilo posle kočenja ostane stabilno. Najčešće korišten parametar pouzdanosti je vek njegovog trajanja, koji se najčešće izražava preko broja pređenih kilometara ili broja sati rada [3]. Međutim da bi se parametar pouzdanost mogao stavljati u isti kontekst sa sigurnošću jednog kočionog, a samim tim i automobilskeg sistema, potrebno je da postoji visok nivo kontrole i održavanja samih kočionih sistema. Održavanje predstavlja najvišu instancu, od koje zavisi pouzdanost kočionog sistema.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

2.1. PREDMET I PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja u ovom radu vezan je za održavanje kočionih sistema kod putničkih vozila, odnosno na metode koje se koriste pri održavanju kočionih sistema, radi povećanja pouzdanosti sistema, koje je neophodno stalno usavršavati, jer samim povećanje pouzdanosti

dobijaju se i poboljšanja na polju bezbednosti i sigurnosti kočionih sistema.

2.2. CILJEVI I ZADACI ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja može se pronaći u samim karakteristikama koje predstavljaju jednu celinu, celinu održavanja jednog tehničkog sistema kao što je u ovom slučaju kočioni sistem kod putničkih vozila. Istraživanje je bazirano na ispitivanju metoda i karakteristikama koje predstavljaju osnovnu održavanja kočionih sistema.

2.3. OPRAVDANOST ISTRAŽIVANJA

Opravednost istraživanja ove teme ogleda se u tome da postoji veliki stepen fleksibilnosti ispitivanja kočionih sistema, i mogućnost napredovanja stepena efikasnosti i pouzdanosti kao glavnog faktora kočionog sistema, kroz održavanje samog sistema. Kao jedan od dva najbitnija stepena sigurnosti kod svih motornih vozila, pored upravljačkog sistema, kočioni sistem po prirodi stalno treba da se ispituje, i na osnovu tih ispitivanja unapređuje, kako bi se smanjile mogućnosti bilo kakvog otkaza na sistemu, i unapredile karakteristike, a da bi se taj deo ispunio i postigao, potrebno je da se sistem održavanja kočionih sistema konstantno shvata kao najbitnija stavka sa aspekta odgovorne etike.

2.4. METOD I ORGANIZACIJA ISTRAŽIVANJA

Metod i sama organizacija istraživanja se u većoj meri svodi na metod teorijskog istraživanja sa aktivnim rezultatima, i jasnim podacima o stanju kočionih sistema sa aspekta održavanja tog sistema. Teorijski deo prate izvodi iz praktičnih istraživanja i testiranja sistema, što je neophodna stavka kako bi se moglo opisati na koji način sam sistem održavanja može uticati, ili utiče kako bi se postigla veća pouzdanost i efikasnost kočionog sistema, što i jesu dva glavna elementa kad pominjemo održavanje.

3. REZULTATI I DISKUSIJA ISTRAŽIVANJA

3.1. PREVENTIVNO ODRŽAVANJE KOČIONOG SISTEMA

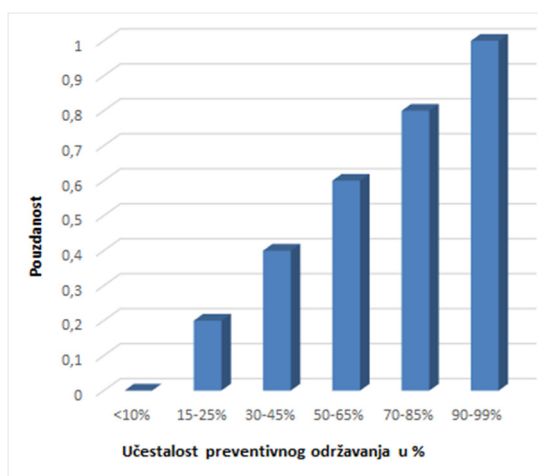
Da bi se moglo razumeti preventivno održavanje i njegov uticaj na efikasnost kočionog sistema, neophodno je postaviti i razumeti ciljeve održavanja. Održavanje tehničkih sistema mora omogućiti da svi tehnički sistemi ispunjavaju svoju funkciju uz što manje zastoja u što dužem

životnom ciklusu i uz što manje troškova održavanja (uz što manje direktnih i indirektnih troškova održavanja). Održavanjem moramo omogućiti tehničku zaštitu od povreda ljudi, maksimalnu ekonomičnost korišćenja energije i sirovina u procesu rada i zaštitu okoline od zagađivanja.

Opšte je poznato da se sistem održavanja može podeliti na 3 osnovna tipa održavanja, a to je:

- Preventivno održavanje,
- Korektivno održavanje,
- Kombinovano održavanje [4].

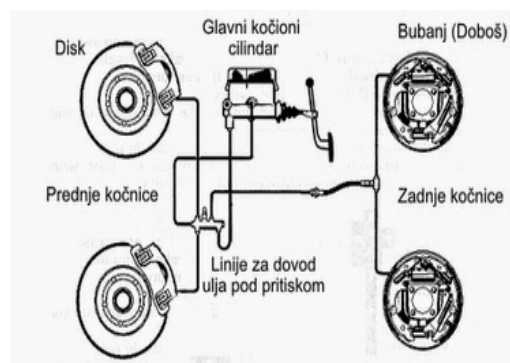
Kod preventivnog održavanja postupci održavanja kočionog sistema se sprovode pre nego što dođe do pojave otkaza komponenata, tj. u vremenu u kojem je kočioni sistem u stanju "u radu". Preventivno održavanje može da se realizuje na različite načine, u varijantama koje se razlikuju po mnogim elementima i detaljima, ali i po suštini procesa odlučivanja. Kočioni sistemi prilikom preventivnog održavanja potrebno je da budu bazirani na sistemu održavanje prema pouzdanosti samog sistema, odnosno da budu zanosvani na poznavanju svojstava pouzdanosti sistema, i prirode otkaza koji nastaju tokom rada sistema za kočenje. Kod kočionih sistema najprimenljivija metoda preventivnog održavanja jeste metoda preventivnog održavanja prema stanju. Održavanje prema stanju pored informacija o pouzdanosti zasniva se i na čestom periodičnom pregledui izabranih komponenata stanja i pokazatelja koji dovoljno govore o stanju kočionog sistema. Na slici 1. prikazan je dijagram koji pokazuje jasno odnos pouzdanosti sa stepenom primene preventivnog održavanja na kočionom sistemu.



Slika 1. Preventivno održavanje kočionog sistema

Na dijagramu prikazan je odnos preventivnog održavanja sa najvažnijim faktorom kvaliteta

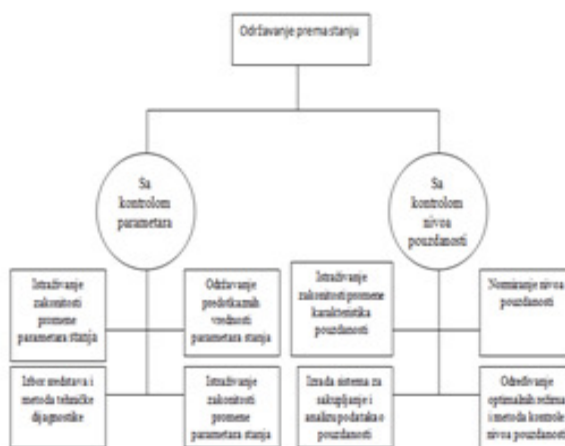
jednog kočionog sistema, a to je pouzdanost R. Što je veća procentualna primenljivost preventivnog održavanja kočionog sistema to je i njegova pouzdanost veća. Optimalna primenljivost prikazanog odnosa je na skali od 50-85 % i to je neka srednja primenljivost preventivnog održavanja kočionih sistema. Kritična tačka pouzdanosti javlja se već na 15-25 % preventivnog održavanja, i u tom opsegu pouzdanost gotovo da ne postoji. Na slici 2. prikazani su sastavni delovi kočionog sistema.



Slika 2. Sastavni delovi kočionog sistema [1]

Kočioni sistem se ne sastoji samo od kočnica (disk, doboš), već od celokupne instalacije koja služi za proticanje fluida, odnosno tečnog ulja pod pritiskom, koje se šalje iz glavnog kočionog cilindra u sporedne i zato se održavanje ne može svesti samo na sam deo disk ili doboš kočnice, već se moraju kontrolisati i instalacije, pritisak u instalacijama, kočioni cilindri.

Na slici 3. šematski je prikazana podela održavanja prema stanju i elementi koje je neophodno da sadrži održavanje jednog sistema prema stanju.



Slika 3. Preventivno održavanje sistema prema stanju [5]

Kako bi se metoda preventivnog održavanja prema stanju ispratila na adekvatan način, neophodno je da takav vid održavanja ima

podršku u vidu tehničke dijagnostike. Ta podrška bi se ogledala u pojedinim metodama tehničke dijagnostike, kako bi se u svakom trenutku rada samog sistema pratilo stanje sistema. Kod savremenih bolida, u vidu formule, ili motora namenjenih za sportske trke, dijagnostika je u vidu primene termografije, kako na pneumaticima tako i na samom kočionom sistemu, gde se zapravo efikasnost kočionog sistema meri toplotom, to jest zagrevanjem kočionih sistema, diskova, frikcionih obloga, i daje realno stanje kočionog sistema u radu. Kod putničkih vozila to nije slučaj, već se dijagnostika svodi na redovne tehničke preglede regulase Zakonom.

Na slici 4. prikazana je osnovna metoda dijagnostike stanja kočionog sistema.



Slika 4. Dijagnostika stanja kočionog sistema [6]

Na slici 5. dat je šematski prikaz kvaliteta održavanja.



Slika 5. Kvalitet održavanja [7]

Da bi se sistem održavanja mogao smatrati uspešnim u bilo kojoj sveri održavanja, potrebno je da taj sistem ispuni nekoliko osnovnih elementarnih zahteva koji se očekuju od njih, a to su:

- Pogodnost održavanja,
- Gotovost sistema,
- Troškovi održavanja.

Gotovost se ističe kao glavna elementarna funkcija održavanja, koja bi trebala da bude pored pouzdanosti, koja se podrazumeva, najviši produkt sistema preventivnog održavanja. To znači da preventivno održavanje kočionog sistema mora da obezbedi visok nivo gotovosti odnosno raspoloživosti za

dati sistem. Empirijski oblik gotovosti može se dobiti kao odnos ukupnog vremena u kom je tehnički sistem ispravan, funkcionalan T_r , i ukupnog vremena sistema u otkazu T_o [7].

$$G(T) = T_r / (T_r + T_o) \quad (1)$$

3.2. POUZDANOST KAO GLAVNI FAKTOR FUNKCIONALNOSTI KOČIONOG SISTEMA

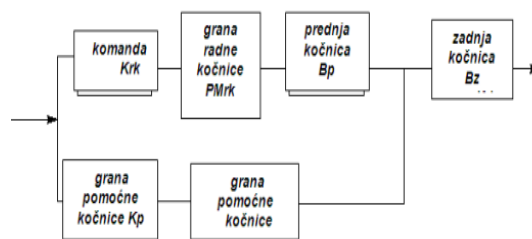
Kod tehničkih sistema koji su od visoke životne važnosti, pored funkcionalne važnosti, presudan faktor jeste pouzdanost tog tehničkog sistema. U našem slučaju, na primeru kočionih sistema, pouzdanost predstavlja najvišu instancu, najviši mogući faktor, od kojeg sve pretpostavke i svi zaključci polaze. Pouzdanost je složena funkcija kod kočionih sistema, iz razloga što je sam kočioni sistem sastavljen iz više radnih parametara, kao što su radna, odnosno nožna kočnica, koja predstavlja glavni deo kočionog sistema i koji ostvaruje najveći koeficijent kočenja u datom sistemu. Pored glavne, radne kočnice, sistem čini i pomoćna kočnica (parkirna kočnica) koja se može koristiti u slučaju ne planiranog otkaza radne kočnice u toku kretanja motornog vozila, i pri kretanju. Samim tim, ukupna pouzdanost zavisi od zbira pouzdanosti ova dva podsistema kočenja [3].

$$R_s = R_g + R_p \quad (2)$$

Dok bi se pouzdanost pojedinačnog podsistema mogla posmatrati kao:

$$R(t) = n - \sum N(\Delta t_i) / n \quad (3)$$

Na slici 6. dat je blok dijagram prikaza kočionog sistema motornog vozila.



Slika 6. Blok dijagram pouzdanosti kočionog sistema [8]

Ovakvom strukturom sistema, gde se pouzdanost smešta u dve grane, od kojih u rednoj vezi imamo pouzdanost i funkcionalnost radne kočnice, a u paralelnoj pouzdanost i funkcionalnost pomoćne kočnice smatra se dobrim sistemom vezivanja, jer se pouzdanost pomoćnog sistema povezuje sa pouzdanošću glavne radne kočnice, što kroz zbir daje ukupnu pouzdanost sistema, data u sledećem empirijskom obliku [8]:

$$R_{Kkr}R_{PMrk}R_{Bp}R_{Bz} < R_{Bz} \cdot [1 - (1 - R_{Krk} \cdot R_{PMrk} \cdot R_{Bp}) \cdot (1 - R_{Kp} \cdot R_{PMpk})] \quad (4)$$

Iz date empirijske jednačine može se videti relacija između sistema sa i bez pomoćne kočnice, i može se dati poređenje pouzdanosti između dva rešenja za kočione sisteme, a rezultat je u vidu veće pouzdanosti sistema sa pomoćnim sistemom kočenja. Na sam sistem kočenja i na ponašanje motornog vozila pri dejstvu kočionog sistema, ne utiču samo parametrima vezani za pouzdanost kočionog sistema, već i dejstvo okoline. To se odnosi na bočne sile koje se javljaju pri prijanjanju pneumatika na put, i na silu trenja koja se povećava kako se povećava dejstvo kočione sile, što sve u zbiru teži ka destabilizaciji motornog vozila [8].

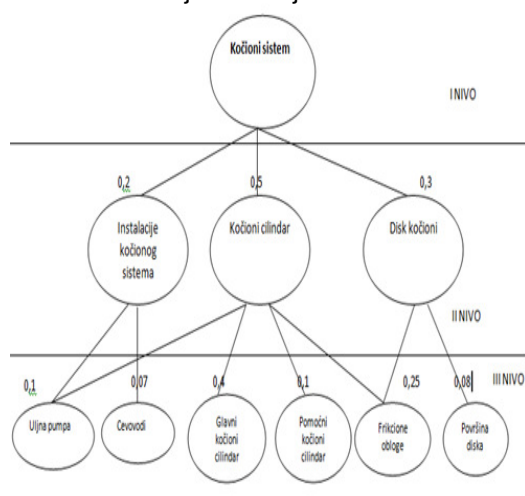
$$F_{tr} = -F_n \quad (5)$$

Svi ovi prethodno navedeni uslovi utiču na koeficijent kočenja, koji predstavlja najbitniju stavku pri merenju pouzdanosti jednog ovakvog sistema. Kočioni koeficijent pri osnovnoj tehničkoj dijagnostici za kočione sisteme, odnosno na tehničkom pregledu meri se kroz empirijsku jednačinu, gde koeficijent kočenja (Q) direktno zavisi od odnosa usporenja (a), i Zemljine gravitacije (g) [3].

$$Q = a/g \quad (6)$$

4. VREDNOSNA ANALIZA KOČIONOG SISTEMA

Vrednosna analiza kao metoda uspostavljanja primata u jednom tehničkom sistemu može dati jasnu sliku i smernice, kom delu i kako treba pristupiti pri procesu održavanja. Na slici je šematski prikazan sistem najvažnijih delova sa određenim koeficijentima njihove važnosti.



Slika 7. Vrednosna analiza kočionog sistema [9]

Na slici 7. prikazana je vrednosna matrica, to jest, vrednosna analiza kočionog sistema, predstavljena kroz najbitnije elemente kočionog sistema.

U tabeli 1. dati su matematičkom logikom veze elemenata u vrednosnoj analizi kočionog sistema.

Tabela 1. Matematički model prikaza vrednosne analize

Aj	1	1	1			
Ai	1	1	0	0	0	0
	1	0	1	1	1	0
	0	0	0	0	1	1

Kroz vrednosnu analizu dat je jasan prikaz važnosti elemenata koji sačinjavaju jedan kočioni sistem, te se prema predstavljenim elementima od kojih je svaki okarakterisan vrednosnim koeficijentom može zaključiti kom elementu je potrebno najčešće i najposvećenije prići u procesu održavanja.

Aj-vrednost drugog reda matrice vrednosne analize kočionog sistema.

Ai- vrednost prvog reda matrice vrednosne analize kočionog sistema.

ZAKLJUČAK

Održavanje predstavlja element koji je sastavni deo svakog živog sistema, da li se kao sistem posmatra mašina, neki procesni sistem, ili se kao sistem posmatra čovek. U samom terminu održavanja leži ključni princip, vezan za sve druge elemente koji direktno zavise od održavanja. Od vidova održavanja u savremenoj industriji najčešće se pristupa onoj metodi koja je više „popularna“, a to je korektivno održavanje, u prevodu održavanje „kad se mora“. Nauka koja se bavi predviđanjem, stratejski menadžment daje jasnu definiciju da se koraci unapred smatraju kao najprofitabilniji načini funkcionisanja sistema, u prenesenom značenju ulaganje u preventivno održavanje omogućava smanjenje troškova, kako rada samog sistema, tako i smanjenje troškova sa aspekta izbegavanja velikih opravki, dok sa druge strane preventivno održavanje kao odgovoran vid politike jednog preduzeća ili pojedinca omogućava i povećanje efikasnosti, odnosno povećanje pouzdanosti odgovarajućeg tehničkog sistema.

LITERATURA:

- [1] J. B. Todorović, *Kočenje motornih vozila, Kočenje motornih vozila*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1988.

- [2] <http://www.automobilizam.net/sistem-upravljanja/>. (2017, April 10).
- [3] Lj. Radovanovic, E. Desnica, J. Pekez, Značaj izvođenja funkcije pouzdanosti sustava za kočenje. *Organisation and Technology*, (str. 57). Osijek, 2016.
- [4] Z. Adamović, *Totalno održavanje*, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Univerzitet u Novom Sadu, 2005.
- [5] Z. Adamović, *Menadžment industrijskog održavanja*, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu, 2008. .
- [6] Z. Adamović, N. Jevtić, I. Tasić, G. Jovanov, D. Adamović, *Dijagnostika putničkih automobila*, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije ADAM INSTITUT, Beograd, 2007.god.
- [7] Z. Adamović, *Tehnologija održavanja*, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin" u Zrenjaninu, 1998.
- [8] N. Kralj, *Primena metoda analize otkaza za obezbeđenje pouzdanosti kočionog sistema (master rad)*, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, Univerzitet u Novom Sadu, 2015
- [9] M. Lambić., D. Čočkaló, *Inženjerske metode*, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Univerzitet u Novom Sadu, 2012

Projektiranje i funkcionalna razrada idejnog rješenja konceptijske varijante metalne konstrukcije nadstrešnice

Professional paper

Igor Lukić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Trg Ivane Brlić – Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod, Hrvatska
ilukic@sfsb.hr

Mirko Karakašić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Trg Ivane Brlić – Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod, Hrvatska
mirko.karakasic@sfsb.hr

Milan Kljajin

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Trg Ivane Brlić – Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod, Hrvatska
mkljajin@sfsb.hr

Sažetak– U radu je prikazana konceptijska varijanta, koja predstavlja idejno rješenje metalne konstrukcije nadstrešnice. Konstrukcija ima za cilj, svojom izvedbom, realizirati dvije funkcije koje proizlaze kao glavni zahtjevi definirani listom zahtjeva. Prvom funkcijom konceptijska varijanta treba osigurati parkirni prostor za osobni automobil. Drugom funkcijom potrebno je osigurati prostor za ljetnu terasu. Konstrukcija je projektirana kako bi bila u mogućnosti prihvatiti opterećenje koje proizlazi iz vlastite težine, snijega, vjetra i ljudi smještenih na terasi. U tu svrhu izvršen je statički proračun i dimenzioniranje konstrukcije korištenjem metode konačnih elemenata.

Gljučne riječi - tehnički sustav, funkcija, metalna konstrukcija, koncipiranje

DESIGNING AND FUNCTIONAL ELABORATION OF CONCEPTUAL SOLUTION OF CONCEPTUAL VARIANT OF THE METAL CONSTRUCTION EAVE

Abstract – In the paper is presented a conceptual variant, which presents the conceptual solution of the metal construction of the eave. The aim of the construction, by its design, is to realize two functions. These functions are the main requirements defined by the requirement list. The first function of the conceptual variant should provide a parking space for the car. Another function is to provide a space for the summer terrace. The construction is designed to be able to accept the load of its own weight, snow, wind and people on the terrace. For this purpose, the static calculation and dimensioning of the structure was performed using the finite element method.

Keywords – technical system, function, metal construction, conceptual design

1. UVOD

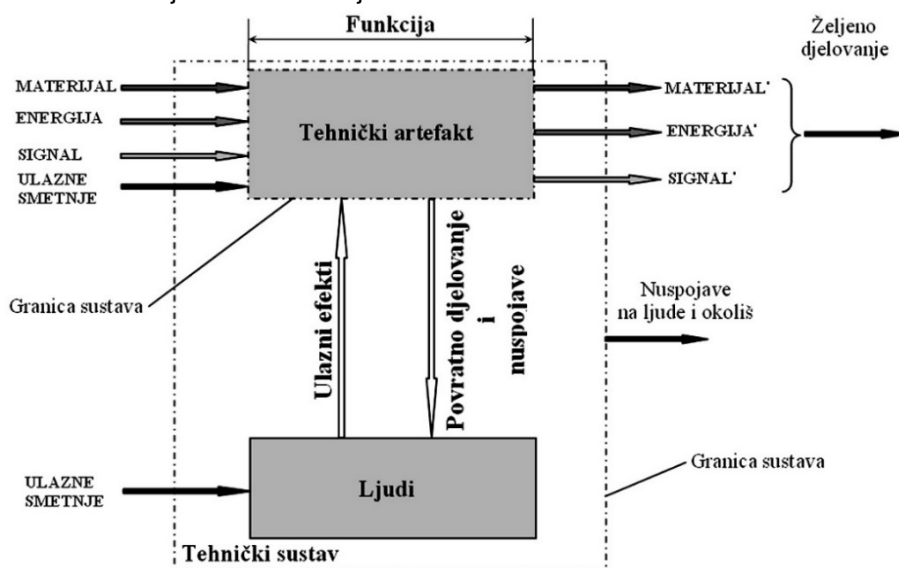
Svaka konstrukcija s stanovišta teorije tehničkih sustava [1] predstavljan tehnički sustav koji ima za cilj realizirati postavljenu funkciju. Postoji čitav niz definicija funkcije proizvoda. Prema [2], funkcija je željeno ponašanje ili svojstvo objekta te kao takva ima značajnu ulogu u konstrukcijskom procesu. Funkcija je definirana kao željeni ulazno-izlazni odnos (Sl. 1) tehničkog sustava, čija je svrha obaviti zadatak. Stoga, funkcija čini poveznicu

između zahtjeva proizašlih iz liste zahtjeva i oblika kojemu se teži.

Prema Hubki [1] tehnički sustavi su povezani s okolinom preko ulaza i izlaza, koji moraju biti jasno određeni u cilju rješavanja tehničkog problema. Ono što pripada pojedinom sustavu, određeno je granicom sustava. Ulazne i izlazne veličine prolaze kroz granicu sustava. Energija, materijal i signal čine ulazne i izlazne veličine koje su određene kvalitativnim, kvantitativnim i ekonomskim izrazima.

Kada su funkcije jasno i jednoznačno definirane, pristupa se traženju principa rješenja zadanih funkcija. Povezivanjem

principa rješenja definiraju se konceptualne varijante koje predstavljaju tehničke sustave.



Slika 1. Utjecaj ljudi na međudnose s tehničkim sustavom [3]

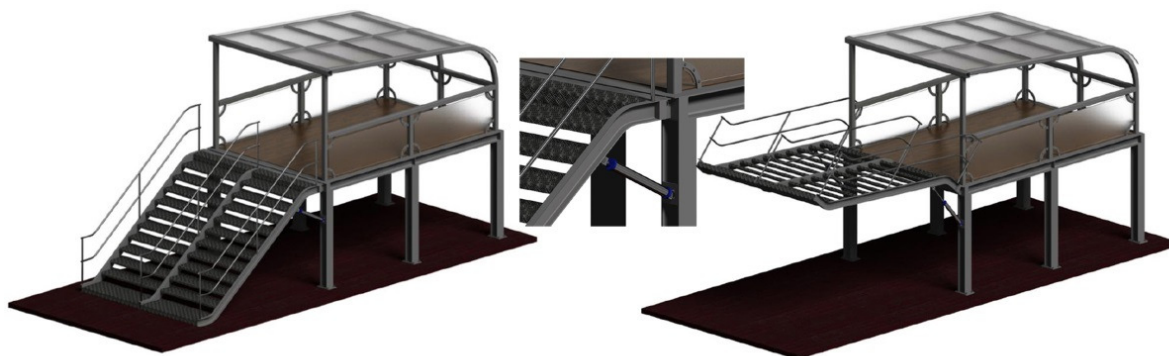
Prema [4] konstrukcija je tijelo ili sustav tijela koji je sposoban primiti opterećenje i prenijeti ga na referentnu podlogu. Stoga svaka konstrukcija ima sljedeća svojstva: preuzimanje opterećenja, oslanjanje na referentnu podlogu ili drugu konstrukciju što izaziva pojavu reaktivnih sila na mjestima oslanjanja, pojava unutrašnjih sila u elementima konstrukcije koje su posljedica opterećenja i reaktivnih sila i elementi konstrukcije ne smiju izgubiti stabilnost i nosivost te se ne smiju deformirati u mjeri koja bi izazvala probleme tijekom korištenja. Svojstva konstrukcija, proizlaze iz njihovih funkcija, te se na osnovu toga konstrukcije mogu razvrstati u sljedeće skupine [5]: prema udjelu u nosivosti građevine konstrukcije mogu biti nosive (nose sebe i preuzimaju opterećenja koja su posljedica djelovanja drugih objekata) i nenosive (nose samo sebe), prema materijalu (betonske, drvene, metalne, kombinirane,...) i prema načinu gradnje (montažne, polumontažne, zidane, kombinirane i monolitne).

2. OPIS IDEJNOG RJEŠENJA ODABRANE KONCEPCIJSKE VARIJANTE NADSTREŠNICE

Prilikom rješavanja funkcija proizašlih iz liste zahtjeva, dobivene su dvije konceptijske varijante konstrukcije. U nastavku je prikazana varijanta koja se na osnovu tehničkog i ekonomskog vrednovanja pokazala najprihvatljivija.

Konceptijska varijanta zamišljena je kao metalna konstrukcija podijeljena u dvije razine. Razlog zbog kojeg se pristupilo ovakvoj izvedbi konstrukcije proizlazi iz sljedećih funkcijskih zahtjeva: *osigurati parkirni prostor za osobni automobil, osigurati prostor za ljetnu terasu i maksimalno iskorištenje prostora boravišnog objekta*. Stoga je donji dio konstrukcije zamišljen kao garaža za smještaj osobnog automobila, a gornji dio kao nadstrešnica koja bi imala mogućnost prihvata maksimalno 10 ljudi. Donji dio konstrukcije izveden je pomoću vertikalnih i horizontalnih čeličnih greda različitih profila. Grede su povezane rastavljivim i nerastavljivim spojevima. Za realizaciju rastavljivih spojeva odabrani su vijčani spojevi, a za nerastavljive spojeve zavarani spojevi. Gornji dio konstrukcije čini nadstrešnica koja je djelomično zatvorena ogradom i pokrivena jednostrešnim pokrovom (Sl. 2). Nagib pokriva iznosi $5,3^\circ$ te se svojom izvedbom svrstava u blagi tip krovišta čiji je nagib definiran sljedećim intervalom $5^\circ \leq \alpha \leq 25^\circ$. Dimenzije konstrukcije su $9000 \times 3600 \times 4700$ mm.

Uspinjanje na gornju razinu konstrukcijske varijante ostvareno je pomoću gazišta koje je izvedeno u vidu stepeništa. Gazište stoga realizira dvije funkcije: *uspinjanje na gornju razinu (nadstrešnicu) te zatvaranje i otvaranje prostora za smještaj osobnog automobila (garažna vrata)*. Gazište predstavlja pokretnu konstrukciju koja je s fiksnom konstrukcijom povezana pomoću dva hidraulička cilindrima (Sl. 2).

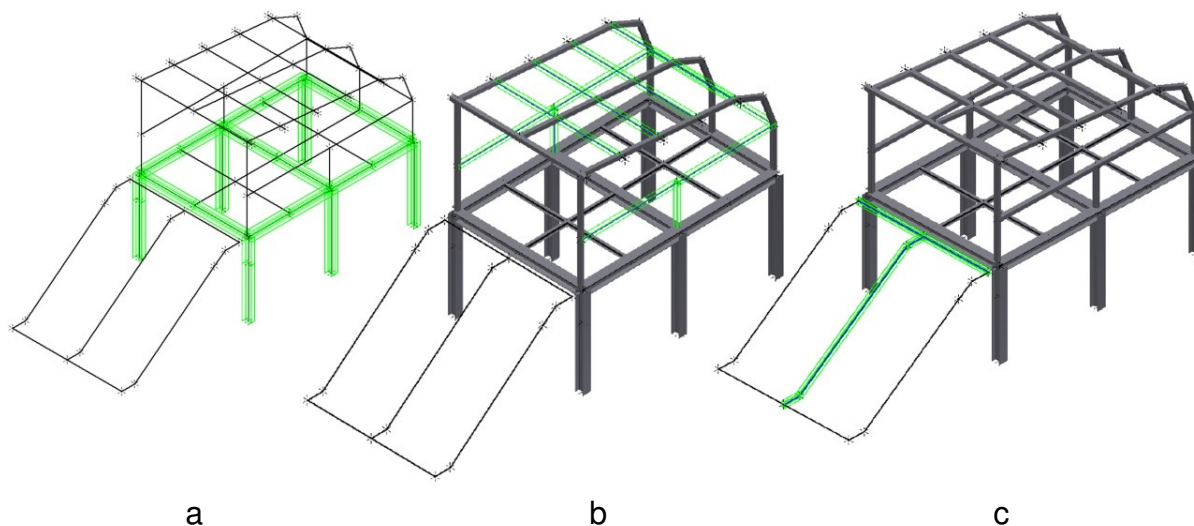


Slika 2. Konceptijska varijanta metalne konstrukcije nadstrešnice

Elementi konstrukcije

Konstrukcija je podijeljena na tri podsklopa koji su nazvani elementi konstrukcije: donji podsklop, gornji podsklop i gazište. Za vertikalne nosače donjeg podsklopa (Sl. 3a) korišteni je HEB 200 profili kako ih označava u

svojoj bazi profila Autodesk Inventor 20013 [6]. Nosači su povezani horizontalno postavljenim gredama izvedenim s IPE 100 profilima prema označavanju u [6]. Profili su međusobno povezani zavarenim spojevima. Veza vertikalnih nosača s podlogom ostvarena je sidrenim vijcima kvalitete 10.10.



Slika 3. Elementi konstrukcije

Gornji dio konstrukcije (Sl. 3b) izveden je s kvadratnim profilima 100x8 mm. Oni čine okvir nadstrešnice. Profili su povezani s kvadratnim profilima 100x4 mm koji povećavaju krutost okvira nadstrešnice. Pod nadstrešnicu izrađen je iz *rau-wood* kompozitnog materijala. Ograda je napravljena iz laminiranog stakla koje je sastavljeno iz dva stakla sastavljena s prozirn timer PVB folijom. Pokrov je od polimetilakrilata (PMMA) koji je pogodan za zaštitu od nepovoljnih vremenskih uvjeta i sunčevih zraka.

Gazište je izvedeno iz pravokutnih profila 100x80x8 mm, UNP 160 profila te L profila 100x50x6 mm (Sl. 3c). Antiklizni lim debljine 5 mm korišten je za stepenice.

3. NUMERIČKI PRORAČUN KONSTRUKCIJSKE VARIJANTE KORIŠTENJEM GREDNIH ELEMENATA

Izbor materijala

Za materijal čeličnih profila od kojih je izrađena konstrukcija izabran je S235JR. Mehanička svojstva materijala propisana su normom EN10025-2:2004 i prikazana u tablici 1. Na mjestima gdje su profili spajani vijčanom vezom odabrani su vijci kvalitete 8.8 prema DIN7984, matice su propisane normom EN24032, a podložne pločice odabrane prema DIN7349 [7].

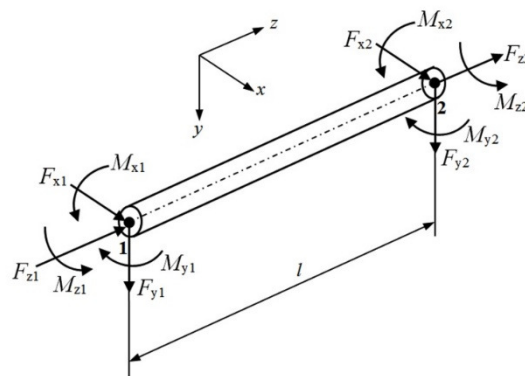
ukupno opterećenje snijega na krovu nadstrešnice prema [12] iznosi:

$$q_{kr} = A_{kr} \cdot p_s = 20 \cdot 1 = 20 \text{ kN} \quad (3)$$

Numerički proračun korištenjem grednih elemenata

Numerički proračun konstrukcije napravljen je korištenjem grednog prostornog elementa. Ovaj element je jednodimenzijski konačni element duljine l s čvorovima 1 i 2 (Sl. 4). Osnovni je jednodimenzijski prostorni element. U svakom čvoru elementa ima 6 komponenti opterećenja (3 komponente sile i 3 komponente momenata) i 6 komponenti pomaka (3 translacije i 3 rotacije) [13]. Proračun je napravljen metodom konačnih elemenata u programskom paketu Autodesk Inventor [6].

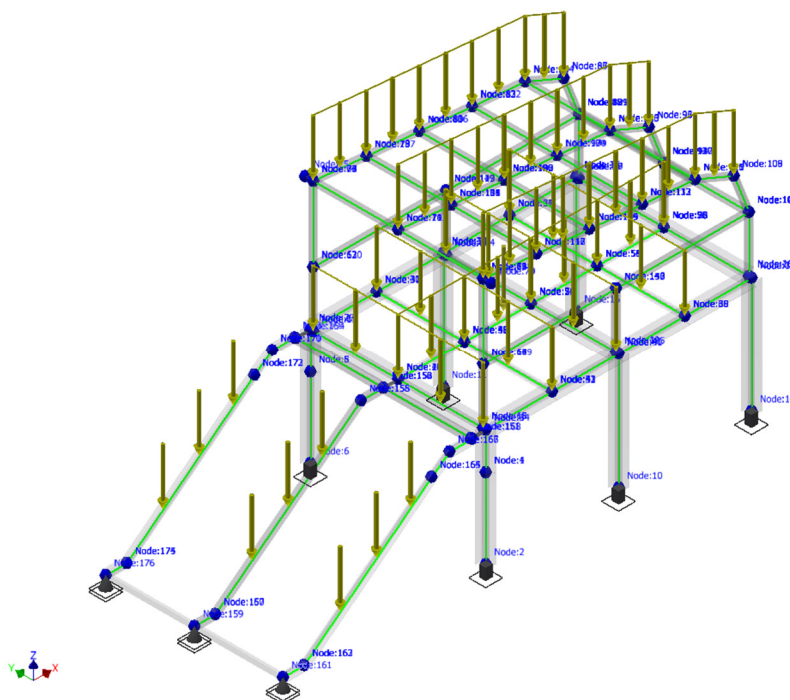
Proračun je napravljen za dva slučaja. Prvi je slučaj kada je gazište spušteno na podlogu. Drugi je slučaj kada je gazište podignuto u svoju gornju točku i nije u kontaktu s podlogom.



Slika 4. Jednodimenzijski prostorni konačni element [13]

- **Proračun opterećenja kada je gazište spušteno na podlogu**

U prvom slučaju proračuna opterećenje na gazište zadano je *opterećenjem masom gazišta* i *promjenjivim opterećenjem 1*. Gazište čini pomični dio konstrukcije. Na nepomični dio konstrukcije djeluje *opterećenje snijegom*, *opterećenje koje uzrokuje masa namještaja smještenog na gornjoj razini konstrukcije* i *promjenjivo opterećenje 2*.



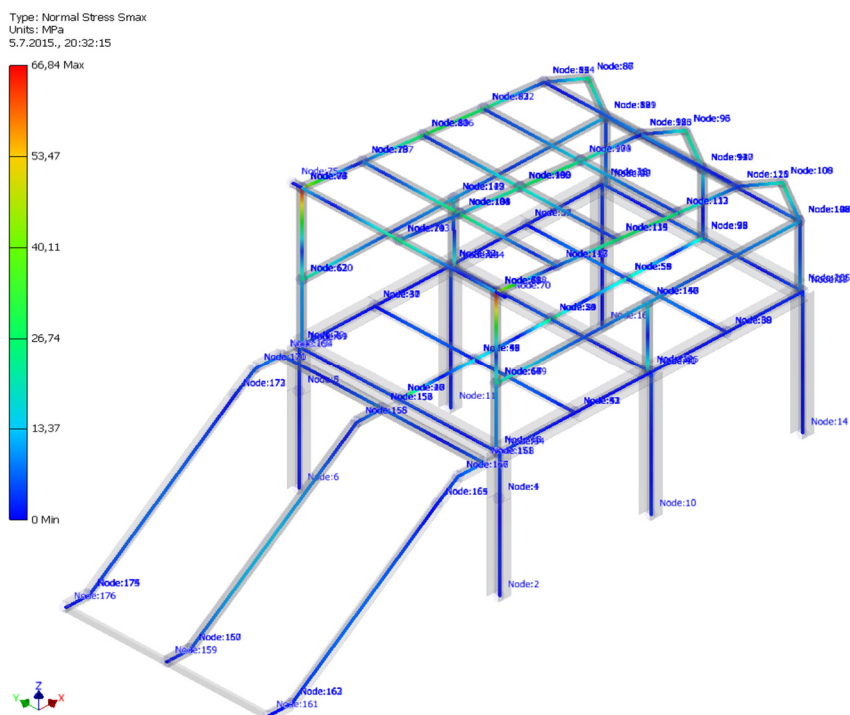
Slika 5. Proračunski model prvog slučaja

Proračunski model cijele konstrukcije s zadanim opterećenjima i rubnim uvjetima prikazan je na slici 5. Opterećenje je zadano prema gore navedenom opisu uz dodatak vlastite težine konstrukcije i oslonaca na

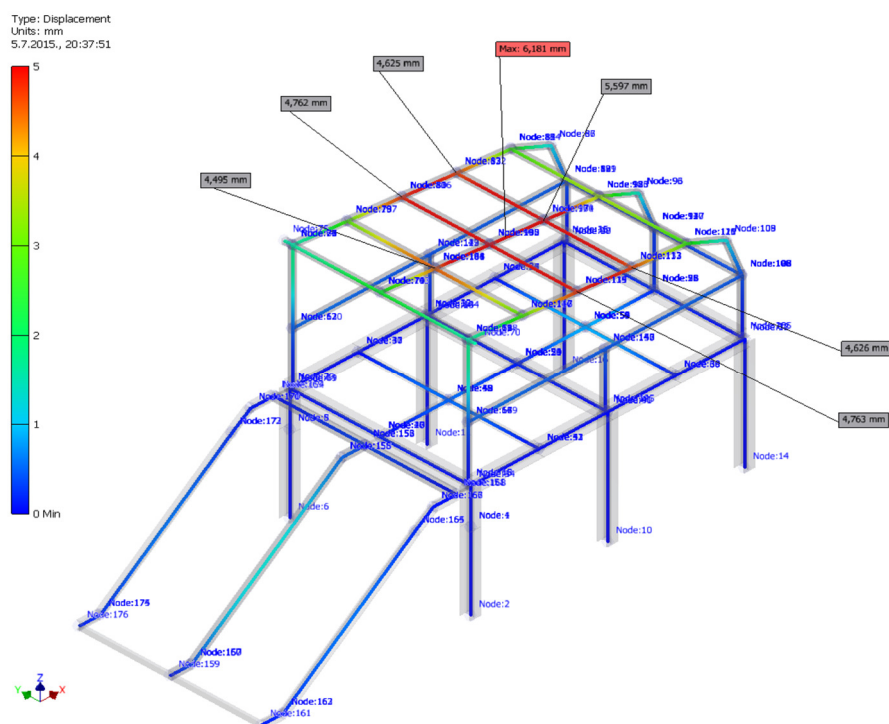
stopama nadstrešnice. Stope nadstrešnice nepomični su oslonci jer su za podlogu pričvršćene sidrenim vijcima. Stope gazišta pomični su oslonci. Veze između greda opisuju zavareni spoj, odnosno nikakvo odvajanje u

čvorovima nije moguće. Slika 6 prikazuje vrijednosti normalnih naprezanja konstrukcijske varijante za prvi slučaj proračunskog modela. Iz

slike je vidljivo da vrijednosti maksimalnih naprezanja iznose 66,84 MPa i koncentrirana su na gornjem ulaznom okviru nadstrešnice.



Slika 6. Iznosi normalnih naprezanja za prvi slučaj



Slika 7. Iznosi pomaka za prvi slučaj

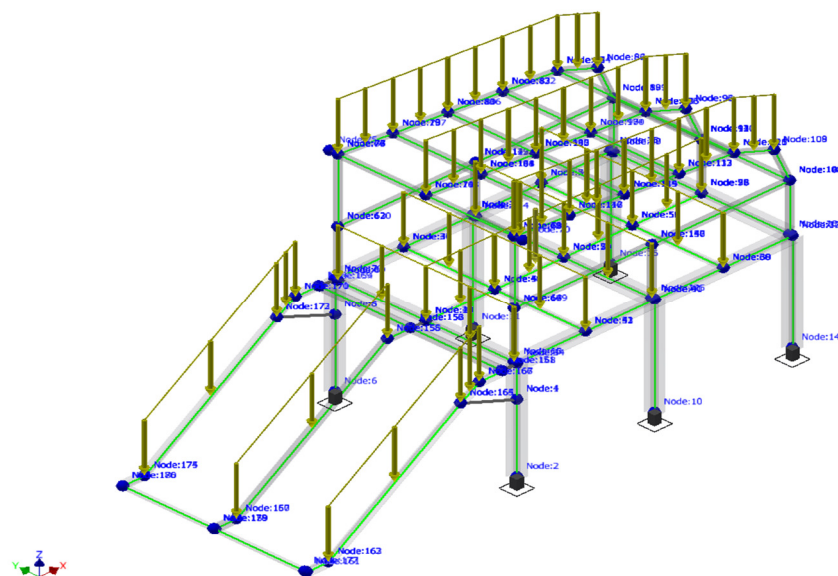
Iznosi pomaka prikazani su na slici 7. Iz slike je vidljivo da su najveći pomaci na dijelu konstrukcije koji je najviše opterećen (središnje

veze greda koje čine oslonac za pokrov nadstrešnice).

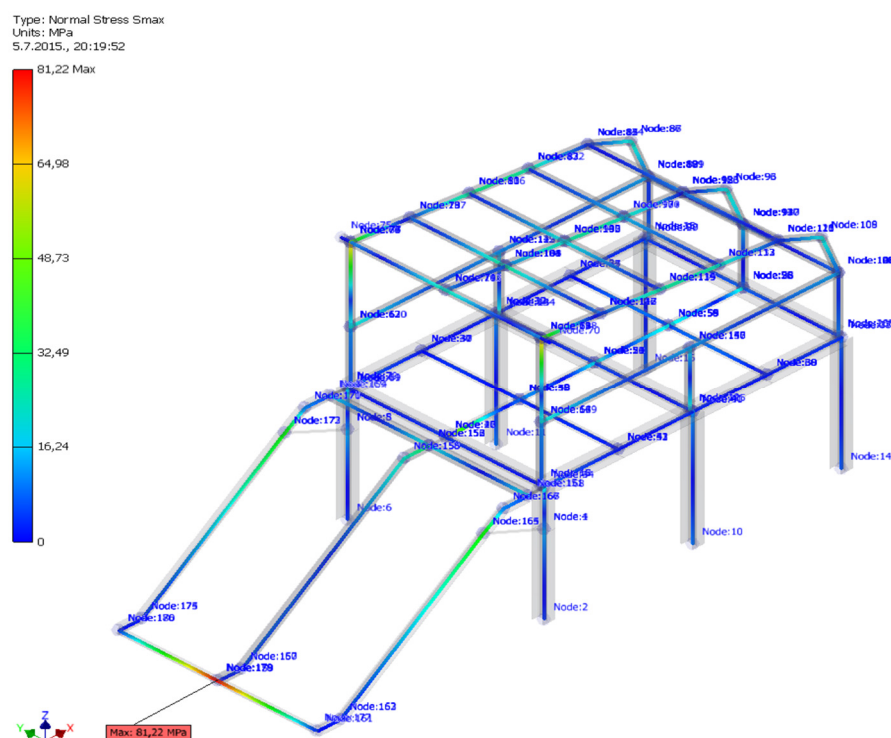
- **Proračun opterećenja kada je gazište podignuto u svoju gornju točku i nije u kontaktu s podlogom**

U drugom slučaju proračuna opterećenje koje djeluje na gazište zadano je *opterećenjem masom gazišta*. Na nepomični dio konstrukcije

djeluje *opterećenje snijegom, opterećenje koje uzrokuje masa namještaja smještenog na gornjoj razini konstrukcije i promjenjivo opterećenje 2*. Proračunski model cijele konstrukcije s zadanim opterećenjima i rubnim uvjetima prikazan je na slici 8.



Slika 8. Proračunski model drugog slučaja



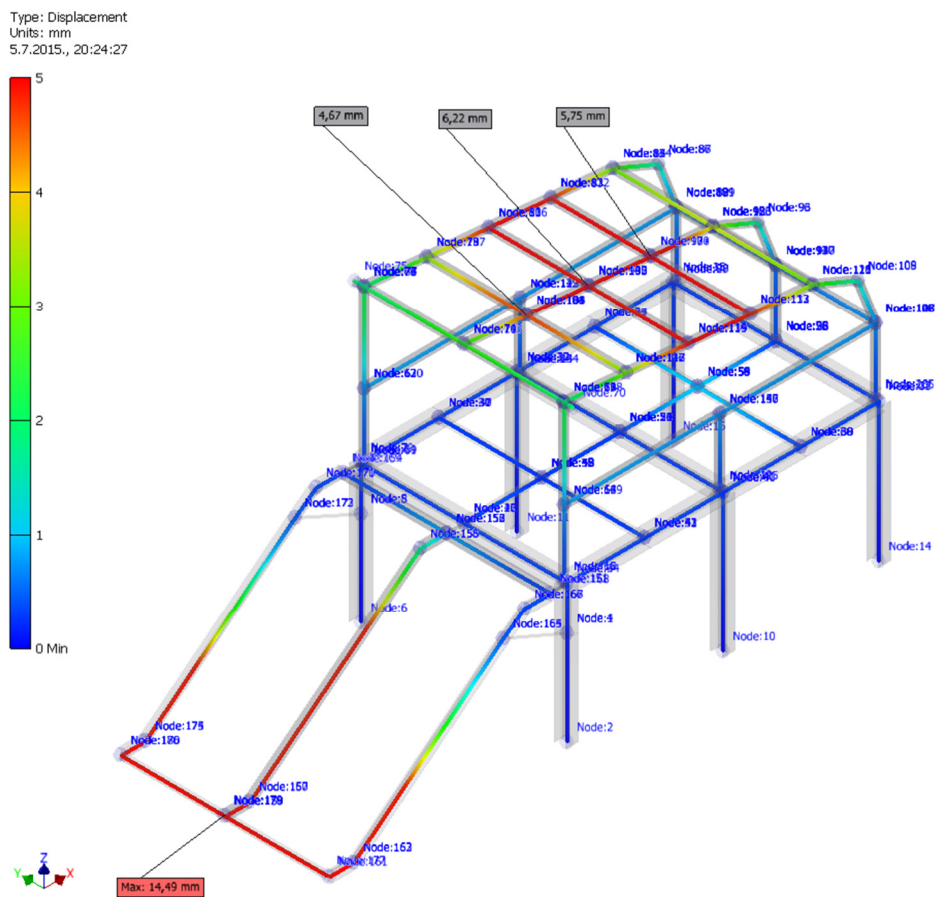
Slika 9. Iznosi normalnih naprezanja za drugi slučaj

U ovom slučaju uklonjeni su oslonci pomičnog dijela konstrukcije te je dodana veza preko hidrauličkog cilindra za podizanje gazišta.

Opterećenje je zadano prema gore navedenom opisu uz dodatak vlastite težine konstrukcije. Slika 9 prikazuje vrijednosti normalnih

naprezanja konstrukcijske varijante za drugi slučaj proračunskog modela. Iz slike je vidljivo da vrijednosti maksimalnih naprezanja iznose 81,22 MPa. Također se može vidjeti povećanje naprezanja na mjestu gdje su postavljeni hidraulički cilindri gdje su iznosi naprezanja 45 MPa.

Iznosi pomaka prikazani su na slici 10. Iz slike je vidljivo da su najveći pomaci na pomičnom dijelu konstrukcije (gazište) koji se nalazi u gornjoj točki i nije u kontaktu s podlogom. Iznosi ovih pomaka su 14,49 mm.



Slika 10. Iznosi pomaka za drugi slučaj

4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana konceptijska varijanta metalne konstrukcije nadstrešnice kao objekta koji je imao za cilj ispuniti dvije osnovne funkcije proizašle iz liste zahtjeva. Prvom funkcijom konceptijska varijanta treba osigurati parkirni prostor za osobni automobil, a drugom funkcijom potrebno je osigurati prostor za ljetnu terasu. Na osnovu funkcija nastao je oblik konceptijske varijante prikazane u ovom radu.

Prikazan je statički proračun konceptijskog rješenja pomoću grednog prostornog elementa s dva čvora korištenjem programskog paketa Autodesk Inventor. Proračunom je izvršena provjera opterećenja konstrukcije koje proizlazi iz vlastite težine, snijega, vjetrova i ljudi smještenih na terasi. Proračunom je

ustanovljeno da prikazana konceptijska varijanta zadovoljava dopuštenu naprezanja na osnovu odabranoga materijala, faktora sigurnosti i geometrije proizašle iz definiranih funkcija i zahtjeva.

LITERATURA:

- [1] V. Hubka, W.E. Eder, "Theory of Technical Systems", Springer-Verlag, Berlin, 1988.
- [2] W. Zeiler, P. Savanovic, "Methodical Design 1972-Integral Design Methodology 2007: Morphological Reflection", Proceedings of the 10th International Design Conference-Design 2008, Dubrovnik, 19-22 May 2008, pp. 81-88.
- [3] G. Pahl, W. Beitz, "Engineering Design: A Systematic Approach", Springer-Verlag, London, 2001.

- [4] D. Bueđevac, "Metalne konstrukcije u zgradarstvu" Građevinska knjiga, Beograd, 2000.
- [5] Ž. Nikolić, "Osnove nosivih konstrukcija I", Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split, 2013.
- [6] Autodesk Inventor 2013, Autodesk.
- [7] D. Jelaska, "Elementi strojeva", Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split, 2006.
- [8] European structural steel standard EN10025-2:2004.
- [9] I. Alfirević, "Nauka o čvrstoći I", Tehnička knjiga, Zagreb, 1995.
- [10] HRN EN 191-1-3, Opterećenja snijegom, 2012.
- [11] K. Zaninović, M. Gajić-Čapka, M. Perčec-Tadić, "Climate atlas of Croatia", Monografija, Zagreb, 1990.
- [12] F. Matejiček, D. Semenski, Z. Vnućec, "Uvod u statiku", Tehnička knjiga, Zagreb, 2005.
- [13] J. Brnić, M. Čanađija, "Analiza deformabilnih tijela metodom konačnih elemenata", Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2009.

Projektiranje dnevne rasvjete tunela - analiza zahtjeva, izrada modela i izračun

Professional paper

Davor Beck

Intecco d.o.o., za inženjering, tehničko savjetovanje i gradnju,
Biljska cesta 37, 31000 Osijek, Hrvatska
davor@intecco.hr

Damir Blažević

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek,
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
damir.blazevic@etfos.hr

Hrvoje Dragovan

RDC d.o.o., za projektiranje, građevinarstvo i usluge,
Trg Lava Mirskog 13, 31000 Osijek, Hrvatska
hrvoje.dragovan@rdc.hr

Sažetak – Projektiranje tunelske cestovne rasvjete složen je i zahtjevan zadatak. Svrha tunelske rasvjete je povećanje sigurnosti u prometu na način da se sudionicima omogući pravovremeno uočavanje i reagiranje na prepreke i potencijalne opasne situacije. Rad prikazuje pristup projektiranju dnevne tunelske rasvjete prema smjernici CIE 88:2004. Obrađuju su zahtjevi za prilaznu zonu prema metodi L_{20} , analiziraju se zahtjevi za različite zone tunela i definiraju potrebne razine luminancije. Prikazana je izrada modela tunela i provođenje simulacije s odabranim izvorima svjetla te način potvrđivanja zadanih nivoa luminancije. Kako nivo luminancije unutrašnjosti tunela ovisi o luminanciji prilazne zone potrebno je na energetski učinkovit način upravljati tunelskom rasvjetom te je dan osvrt na postojeća rješenja upravljanja.

Ključne riječi – tunelska rasvjeta, projektiranje, luminancija, izvori svjetlosti, upravljanje tunelskom rasvjetom

DESIGNING DAYTIME LIGHTING FOR TUNNELS, REQUEST ANALYSIS, MODELING AND CALCULATION

Abstract – Designing tunnel road lighting is a complex and demanding task. The purpose of tunnel lighting is to increase traffic safety by enabling participants to timely notice and respond to obstacles and potential hazardous situations. Approach to the design of day tunnel lighting according to CIE 88: 2004 guidelines is presented. The requirements for the access zone according to L_{20} methods and different tunnel zones are analyzed. Requirements for luminance levels are analyzed and defined. The design of the tunnel model, simulation with selected light sources and the way of confirming the luminance levels are presented. As the level of light in the tunnel interior depends mainly on the luminance of the access zone, it is necessary to have an energy efficient tunnel lighting control and an overview of the existing management solutions is presented.

Keywords – tunnel lighting, designing, luminance, light sources, tunnel lighting management

1. UVOD

Rasvjeta tunela sastoji se od dnevne, noćne i sigurnosne rasvjete čiji se zahtjevi razlikuju po svojoj namjeni i načinu osiguravanja primjerene vidljivosti danju, noću te u slučaju kvara opskrbe električnom energijom. Predmet ovog rada je projektiranje dnevne rasvjete tunela koja je najzahtjevnija po svojoj namjeni i načinu osiguravanja primjerene vidljivosti.

Hrvatskim zakonodavstvom nije detaljno obuhvaćena potreba izvedbe rasvjete tunela, tj.

Zakonom o cestama (NN 84/11, NN 18/13, NN 148/13, NN 92/14) [1] propisan je Pravilnik o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele (NN 96/13) [2] kojim je predviđena izvedba rasvjete tek za tunele duže od 500 m, međutim sam Pravilnik ne daje tehničke detalje načina projektiranja i izvedbe rasvjete. Također Hrvatski zavod za norme (HZN) nije službeno preuzeo niti jednu europsku normu ili smjernicu kao hrvatsku normu.

Sukladno navedenome projektiranje i izvođenje rasvjete tunela u Hrvatskoj uglavnom se izvodi na dva načina: upotrebom

(neobvezujućih) europskih smjernica (normi) i/ili primjenom inženjerskih rješenja.

Neke od europskih smjernica koje se mogu, ali ne moraju koristiti za projektiranje rasvjete tunela su *CIE 88:2004* - Smjernice za rasvjetu cestovnih tunela i podvožnjaka (engl. *Guide for the lighting of road tunnels and underpasses*) [3], Austrija i *BS 5489-2:2003* - Propis za dizajniranje cestovne rasvjete – 2. dio: rasvjeta tunela" (engl. *Code of practice for the design of road lighting*) [4], Velika Britanija. Navedene norme su po principu određivanja potrebne razine rasvjete tunela slične s nekim manjim odstupanjima, kao što je npr. razlika u utjecaju ulaznih parametara pri određivanju razine rasvjete u pojedinim zonama (nebo, površina prometnice, okolina i sl.).

Neki od načina projektiranja rasvjete tunela korištenjem inženjerskih rješenja su: izvedba svjetlosnih otvora (njem. *Lichtschleuse*), izvedba uzdužnih reflektirajućih traka (engl. *Luminous band*) i izvedba uzdužnih LED traka (engl. *LED strips*) [5]. Na ovaj način se pokušava prividno smanjiti dužina tunela te se time povećava mogućnost pravovremenog uočavanja prepreka unutar tunela.

Ovim radom prikazat ćemo pristup projektiranju rasvjete tunela upotrebom međunarodne norme *CIE 88:2004* - Smjernice za rasvjetu cestovnih tunela i podvožnjaka (engl. *Guide for the lighting of road tunnels and underpasses*).

2. ANALIZA ZAHTJEVA

Prilikom projektiranja dnevne rasvjete tunela potrebno je spriječiti mogućnost pojave tzv. efekta crne rupe (engl. *Black hole effect*) koji nastaje prilikom ulaska vozila u tunel zbog nemogućnosti brzog privikavanja ljudskog oka u trenutku prelaska iz svjetlije zone (dnevno svjetlo) u tamniju zonu (unutrašnjost tunela). Pojava efekta crne rupe najčešće se događa u prvom dijelu tunela, odnosno zoni praga (engl. *Threshold zone*). Zbog fizioloških karakteristika ljudskog oka to privikavanje nije trenutno, tj. privikavanje traje neko određeno vrijeme koje ovisi o amplitudi promjene svjetla. Što je veća razlika između vanjskog dnevnog svjetla i svjetla u unutrašnjosti tunela to je dužina privikavanja veća. U konkretnom slučaju to znači da će za istu brzinu kretanja vozila, veća razlika između jačine vanjskog svjetla i svjetla u unutrašnjosti tunela utjecati na dulje vrijeme prilagodbe ljudskog oka vozača tj. vozilo će proći dulji put te se time povećava mogućnost nesreće u slučaju da u tome prostoru zbog nekih nepredvidivih događaja dođe do djelomičnog ili potpunog oštećenja prometnog

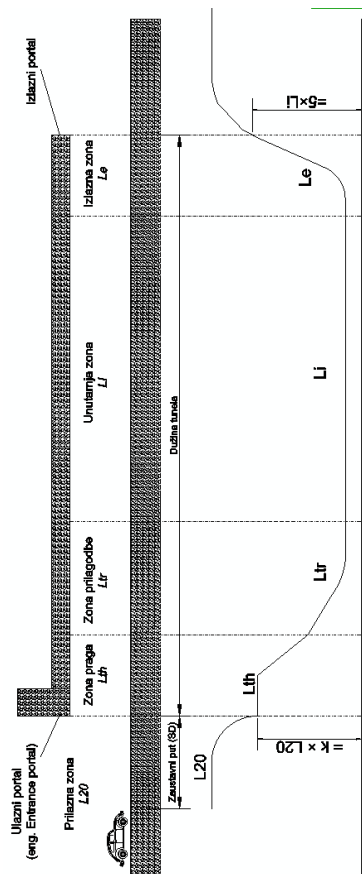
kolnika ili prepreke na kolniku (kamen na cesti, vozilo u kvaru i sl.). Kako se ljudsko oko lakše/brže privikava na prijelaz iz tamnijeg u svjetliji prostor mogućnost pojave efekta crne rupe je znatno manja prilikom izlaska iz tunela.



Slika 1. Efekt crne rupe (tunel Mravince)

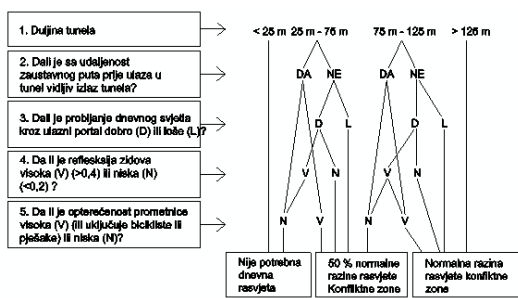
Zbog potrebe praktičnog razlikovanja potrebno je definirati zone tunela kako bi se mogla odrediti potrebna uzdužna luminancija tunela. Tako možemo odrediti sljedeće zone:

- Prilazna zona (engl. *Access zone, L₂₀*), je dio prometnice neposredno prije ulaska u tunel, tj. prolaska kroz ulazni portal. Duljina pristupne zone jednaka je duljini projektiranog zaustavnog puta vozila.
- Zona praga (engl. *Threshold zone, L_{th}*) je prvi dio tunela u kojem postoji najveća mogućnost pojave efekta crne rupe, a počinje prolaskom kroz ulazni portal tunela. Duljina pristupne zone jednaka je duljini projektiranog zaustavnog puta vozila.
- Zona prilagodbe (engl. *Transition zone, L_{tr}*) je dio tunela koji slijedi odmah nakon završetka zone praga i u njoj dolazi do prilagodbe ljudskog oka na luminanciju unutarnje zone.
- Unutarnja zona (engl. *Interior zone, L_i*) je unutarnji dio tunela koji počinje nakon završetka prijelazne zone i proteže se skroz do početka izlazne zone. Kod jako dugačkih tunela >1000 m ova zona je najduža zona tunela.
- Izlazna zona (engl. *Exit zone, L_e*) je dio tunela gdje dolazi do utjecaja vanjskog svjetla na vozača prilikom izlaska iz tunela. Izlazna zona počinje nakon kraja unutarnje zone i završava prilikom prolaska kroz izlazni portal tunela. Duljina izlazne zone jednaka je duljini zaustavnog puta.



Slika 2. Prikaz tipičnih rasvjetnih zona tunela

Za pravilnu rasvjetu tunela najbitniji je podatak o razini potrebne luminancije zone praga (*Threshold zone, L_{th}*), jer u njoj dolazi do najveće mogućnosti pojave efekta crne rupe. U slučajevima kraćih tunela (do 125 m) razina luminancije zone praga može se smanjiti za 50% ukoliko se ispune uvjeti kako je prikazano na slici 3.



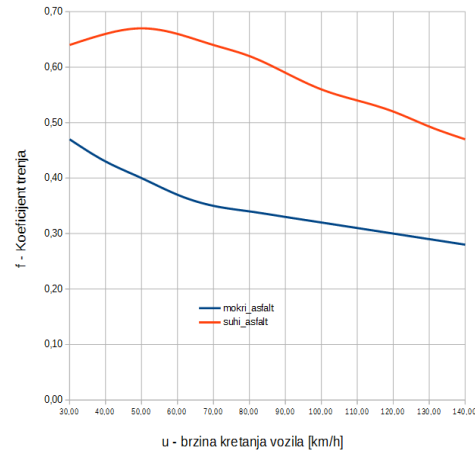
Slika 3. Prikaz razine rasvjete tunela u ovisnosti o njegovoj duljini

Prvi potrebni ulazni parametar za proračunavanje je dulžina zaustavnog puta (engl. *Stopping distance, SD*) koji se računa prema formuli:

$$SD = u + t_0 \frac{u^2}{2 \times g \times (f \pm s)}$$

gdje je:

- SD = zaustavni put (m)
- u = projektirana brzina (m/s)
- t_0 = vrijeme reakcije (1 s)
- g = gravitacijsko ubrzanje (9.81 m/s²)
- f = koeficijent trenja prometnice (mokra/suha površina (slika 4))
- s = nagib prometnice (%)



Slika 4. Dijagram koeficijenta trenja u odnosu na vlažni i suhi asfalt

Kako bi se odredila razina rasvjete zone praga (L_{th}) potrebno je definirati očekivanu luminanciju pristupne zone (L_{20}). Smjernica je predvidjela mogućnost određivanja luminancije pristupne zone na dva načina: metodom percipiranog kontrasta (engl. *The perceived contrast method*), odnosno metodom L_{20} . Ovim radom prikazat ćemo određivanje luminancije metodom L_{20} , gdje L_{20} predstavlja prosječnu razinu luminancije neposredno prije samog ulaza u tunel gledajući iz perspektive vozača s udaljenosti zaustavnog puta. Ta se metoda može provesti izravnim mjerenjem luminancije (cd/m^2) na terenu pomoću fotometra (kamere) ako za to postoje uvjete, tj. ako je tunel već izgrađen ili skiciranjem tunela i okoliša s ucrtanim stošcem s kutom na vrhu od 20° (slika 5). Nakon skiciranja ulaza u tunel određuje se koeficijent utjecaja okoline (sunce, prometnica...) na pogled vozača sukladno tablici 1. te se određuje postotak pojedinog elementa u skiciranom stošcu.

Primjer određivanja L_{20} :

Za primjer određivanja L_{20} odabran je tunel Tuhobić na autocesti A6 (Slika 5):

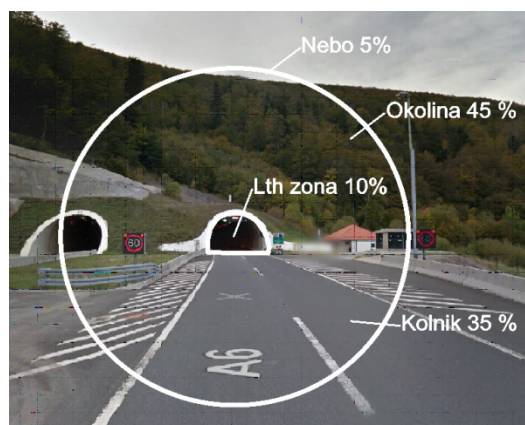
Pretpostavlja se:

- Zaustavni put vozila = 151 m (brzina 100 km/h)
- Širina kolnika = 7 m (0,73 mm na fotografiji)
- Ucrtava se radijus po formuli: $R = SD \times tg 10^\circ$

Kada se to transformira na skalu slike jednostavnom računicom dobije se:

$$SD = 151 \times 0,73/7 = 15,7$$

$$R = 0,176 \times 15,7 = 2,76 \text{ m}$$

Slika 5. Određivanje L_{20}

Tablica 1. Razina luminancije okoline ulaza u tunel

Smjer vožnje (sjeverna hemisfera)	L_c (nebo) kcd/m ²	L_r (prometnica) kcd/m ²	L_e (okolina) kcd/m ²			Livade (zeleni okoliš)
			Kamenita okolina	Građevine	Snijeg	
Sjever	8	3	3	8	15 (V) 15 (H)	2
Istok – Zapad Zapad - Istok	12	4	2	6	10 (V) 15 (H)	2
Jug	16	5	1	4	5 (V) 15 (H)	2

L_{20} se računa prema sljedećoj formuli:

$$L_{20} = \gamma \times L_c + \rho \times L_r + \varepsilon \times L_e$$

gdje je:

- L_c = luminancija neba (tablica 1)
- L_r = luminancija ceste (tablica 1)
- L_e = Luminancija okoline (tablica 1)
- γ = % neba u polju 20° (slika 5)
- ρ = % ceste u polju 20° (slika 5)
- ε = % okoline u polju 20° (slika 5)

pri čemu je $\delta + \rho + \varepsilon < 1$ jer se može zanemariti postotak koji otpada na ulaz tunel (L_{th} zona) koju tek trebamo odrediti.

Nakon definiranja luminancije prilazne zone (L_{20}) može se pristupiti definiranju potrebne dnevne luminancije zone praga (L_{th}) koja se određuje pomoću relacije:

$$L_{th} = k \times L_{20} \text{ (cd/m}^2\text{)}$$

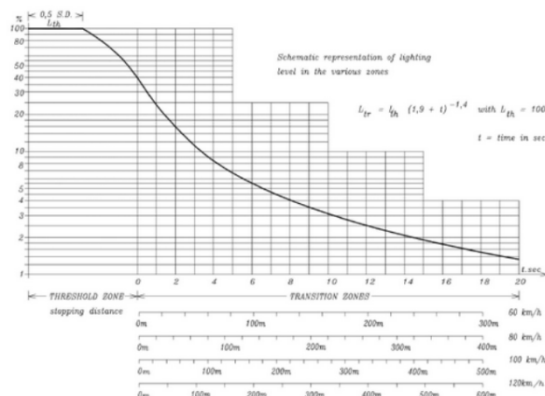
koeficijent "k" očitava se iz tablice 2.

Tablica 2. Određivanje koeficijenta "k"

Brzina (km/h)	$K = L_{th} / L_{20}$
≤ 60 km/h	0,05
80 km/h	0,06
90 km/h	0,07
100 km/h	0,08
110 km/h	0,09
120 km/h	0,10

U skladu sa smjernicom CIE 88:2004 razina rasvjete u iznosu 100% od dobivenog iznosa L_{th} treba obuhvatiti prvu polovicu zone praga ($0,5 \times SD$) dok u drugoj polovici razina luminancije može linearno opadati sa 100% L_{th} do razine min. $0,4 \times L_{th}$ na kraju zone praga.

Sve ostale zone ovise o prethodno izračunatoj luminanciji zone praga (L_{th}). Nakon konfliktne zone dolazi do prilagođavanja rasvjete unutarnjoj zoni tunela s opadanjem razine luminancije sa $0,4 \times L_{th}$ do razine jednake L_i (Interior zone). Ta zona prilagođavanja naziva se zona prilagodbe (engl. *Transitional zone*, L_{tr}). Prilagodba se odvija postepeno prateći krivulju sličnu kao na slici 6. Ona može biti i postepena tako da razina pojedinog koraka ne bude niža od razine određene krivuljom s time da maksimalni odnos prijelaza s jedne na drugu razinu ne bude veći od 3. U tom slučaju zadnji korak ne bi smio biti veći od $2 \times L_i$.



Slika 6. Razvijanje luminancije u zoni prilagodbe

Nakon zone prilagodbe određuje se razina rasvjete unutarnje zone (L_i). Potrebna min. razina rasvjete unutarnje zone očitava se iz tablice 3. Potrebna razina luminancije u izravnoj je ovisnosti o dužini promatranog tunela, prometnoj opterećenosti te zaustavnom putu vozila.

Tablica 3. Razina luminancije u dugačkim tunelima

Zaustavni put (m)	Dugački tuneli (gustoća prometa (vozilo/sat/prometna traka))	
	Niska	Visoka
160	6	10
60	3	6

Razina luminancije unutarnje zone zadržava se sve do izlazne zone. Kod nekih tunela duljina unutarnje zone može iznositi i nekoliko kilometara.

Duljina izlazne zone (*Exit zone, L_e*) jednaka je duljini zaustavnog puta i završava prolaskom vozila kroz izlazni portal. U izlaznoj zoni dolazi do postepenog rasta luminancije s iznosa luminancije unutarnje zone (L_i) do vrijednosti $5 \times L_i$ na samom izlazu iz tunela.

Nakon definiranja zahtjeva luminancije pojedinih zona tunela može se pristupiti izradi modela i izračunu.

3. IZRADA MODELA

Za izradu modela luminancije tunela mogu se koristiti dostupni CAD/CAM računalni programi poput programskih paketa DIALux 4.13 i ProgeCad. Navedene aplikacije omogućavaju izradu 2D i 3D modela tunela s mogućnošću odabira različitih vrsta rasvjetnih tijela. Nedostaci programa su nepostojanje gotovih modela tunela već se izrada 3D modela tunela izvodi modeliranjem postojećih osnovnih elemenata unutar programa (kocka, valjak, sfera i sl.). Pri samoj izradi modela potrebno je posebnu pažnju posvetiti karakteristikama površina tunela jer refleksija površina tunela (zidovi, prometnica i sl.) znatno utječe na konačan rezultat.

U nastavku slijedi prikaz modeliranja tunela sljedećih karakteristika:

Dužina: 500 m

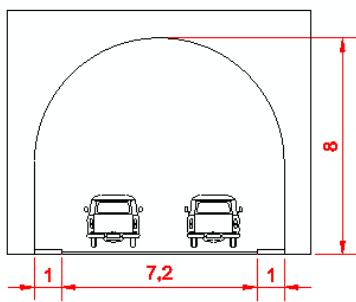
Širina: 9.2 m

Visina: 8.0 m

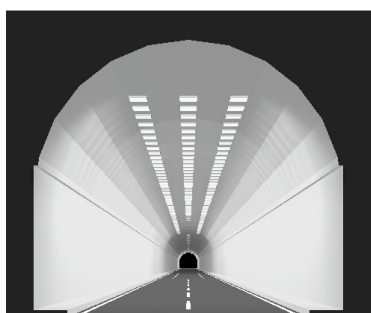
Širina kolnika: 7.2 m (2×3.1 m)

Širina rubnjaka: 2.0 m (2×1.0 m)

Broj traka za prometovanje: 2



Slika 7. 2D prikaz tunela (CAD program)



Slika 8. 3D prikaz modela tunela (CAM)

4. IZRAČUNI I REZULTATI

Korištenjem programa za modeliranje tunela te prethodno provedenim koracima za definiranje minimalne potrebne razine luminancije tunela odabiru se energetski učinkovita rasvjetna tijela s LED izvorom svjetlosti tako da se zadovolje sljedeći uvjeti:

$$L_{20} = 2900 \text{ cd/m}^2$$

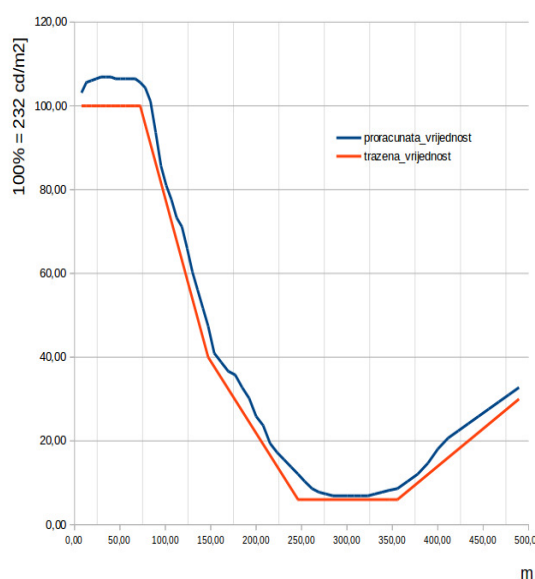
$$L_{th} = \text{min. } 232 \text{ cd/m}^2$$

$$L_{tr} = \text{max. } 92.8 \text{ cd/m}^2 \text{ do min. } 6 \text{ cd/m}^2 \text{ na kraju tunela}$$

$$L_i = \text{min. } 6 \text{ cd/m}^2$$

$$L_e = \text{min. } 6 \text{ cd/m}^2 \text{ do min. } 60 \text{ cd/m}^2 \text{ na izlazu}$$

Ispunjenje traženih uvjeta prikazano je u grafikonu na slici 9.

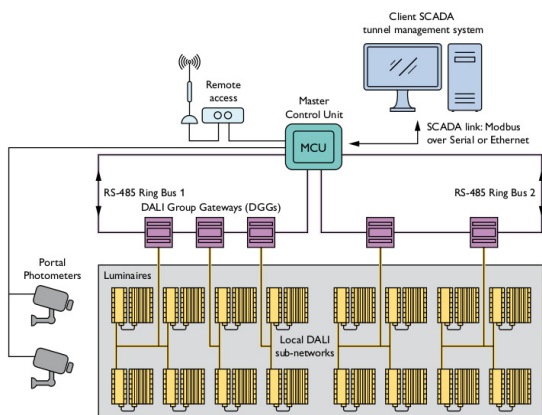


Slika 9. Grafički prikaz dobivenih rezultata

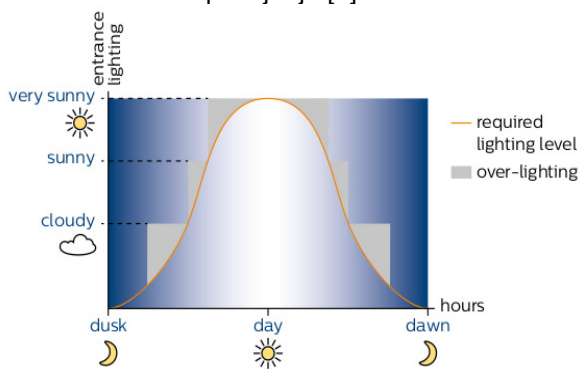
5. UPRAVLJANJE RASVJETOM TUNELA

Upravljanje rasvjetom tunela jednako je bitan dio kao i sama rasvjeta tunela. Kvalitetno upravljanje rasvjetom osigurava prilagodbu unutarnje rasvjete vremenskim uvjetima u prilaznoj zoni (L_{20}) (oblačno nebo, sumrak, zora, sunčano nebo itd.). Suvremeno upravljanje izvodi se na dva načina: Osnovni sistem kontrole (on-off sustav – stepenasto upravljanje) i napredni sistem kontrole (kontinuirano upravljanje). Razvijanjem LED tehnologije osnovni sistem kontrole postaje sve manje zastupljeno jer napredni sistem kontrole omogućava kontinuirano upravljanje čime se osigurava veća ušteda potrošnje električne energije kao i smanjenje svjetlosnog onečišćenja [6][7]. Jedan od naprednih sistema upravljanja je udaljeno upravljanje putem DALI upravljačkog sustava kojim se omogućava

podešavanje i upravljanje svake pojedinačne svjetiljke (slika 10).



Slika 10. Prikaz naprednog sustava upravljanja [8]



Slika 11. Grafički prikaz uštede energije uporabom naprednog sistema kontrole u odnosu na osnovni sistem kontrole [8]

6. ZAKLJUČAK

Ovaj rad opisuje i demonstrira pristup projektiranju dnevne rasvjete tunela koristeći upotrebu odgovarajućih normi i smjernica te upotrebom CAM/CAD računalnih programa. Korišteni programi omogućavaju brzinu i preciznost prilikom projektiranja dnevne rasvjete tunela, te izradu simulacije rasvjete čime se smanjuje mogućnost grešaka prilikom same faze projektiranja.

Za projektiranje dnevne rasvjete tunela korištena je smjernica CIE 88:2004, jer postojeći zakonodavni okvir Republike Hrvatske ne daje kvalitetne smjernice za projektiranje rasvjete tunela te se otvara mogućnost da se u budućnosti odgovarajućim pravilnikom unutar Zakona o cestama definiraju zahtjevi za rasvjetu tunela ili da Hrvatski zavod za norme (HZN) prihvati jednu od europskih smjernica kao hrvatsku normu čime bi se

povećala sigurnost svih sudionika prometa na dionicama tunela.

Programi koje se koriste u radu su ProgeCad te DIALux. Pomoću programa ProgeCad može se izraditi skica ulaza u tunel, te se na osnovu toga određuju koeficijenti utjecaja luminancije okoline tunela (nebo, zelenilo, površina ceste, itd.) na vozača (slika 5.). U programu ProgeCad se također može napraviti uzdužna skica tunela te se pomoću nje može odrediti položaj zona u tunelu (slika 2.).

Pomoću CAM programa DIALux 4.13 može se napraviti 3D prikaz tunela te provesti izračun luminancije. Na osnovu podataka o potrebnoj minimalnoj luminanciji pojedinih zona raspoređuju se rasvjetna tijela u prostoru tunela. Samo modeliranje i odabir najboljih položaja rasvjetnih tijela spada u najkompleksniji dio postupka. Nedostaci navedenog CAM programa vezani su uz otežan odabir optimalnog položaja rasvjetnih tijela jer je za svaki odabrani položaj jednog ili grupe rasvjetnih tijela potrebno napraviti i po nekoliko proračuna. Stoga je potreban daljnji razvoj programa u smjeru automatiziranja odabira optimalnih položaja rasvjetnih tijela. Također se otvara mogućnost daljnjeg razvoja programa tako da se omogući preddefinirani tj. automatizirani odabir tipa i vrste tunela prilikom čega bi se mogli unijeti različiti parametri (duljina, visina, prepreke, materijal, boja zidova i dr.), što dosadašnja verzija programa ne omogućava.

LITERATURA:

- [1] Narodne novine (84/11, 18/13, 148/13, 92/14), "Zakon o cestama"
- [2] Narodne novine (96/13), "Pravilnik o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele"
- [3] CIE Publication 88:2004, "Guide for the lighting of road tunnels and underpasses", CIE Technical Committee, 2004
- [4] BS Publication 5489-2:2003, "Code of practice for the design of road lighting", British Standards Inc., 2005
- [5] David M. Kretzer, "Lighting of short tunnels during daytime", University College London, 2009.
- [6] Narodne novine (114/11), "Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja"
- [7] HRN EN 13201-5:2015, "Pokazatelji energetskih svojstava", Hrvatski zavod za norme, 2015
- [8] TunnelLogic system, Koninklijke Philips N.V., 2014.

Kogeneracijska jedinica na bioplin za proizvodnju električne i toplinske energije

Professional paper

Rebeka Raff

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
raff.rebeka@gmail.com

Sažetak – Korištenjem obnovljivih izvora energije i kogeneracije ostvaraju se interesi RH u području energetike utvrđeni Strategijom energetskog razvoja. Bioplinaska postrojenja, u kojima se proizvedeni bioplin koristi kao pogonsko gorivo u kogeneracijskoj jedinici, nameću se kao odlično rješenje u smanjivanju ovisnosti o fosilnim gorivima. Istodobna proizvodnja električne i korisne toplinske energije u jedinstvenom procesu proizvodnje bioplina predstavlja ekološku i ekonomsku prednost s aspekta promatranja ušteđenih emisija upravo zbog zajedničke proizvodnje električne i toplinske energije u kogeneracijskim postrojenjima koja jamče sigurnost opskrbe energijom. Ključan parametar kod ulaganja u bioplinaska postrojenja, svakako je odabir vrhunske tehnologije u procesu pretvorbe energije i postizanje što veće učinkovitosti. Cilj rada je pružiti uvid u proces proizvodnje električne i toplinske energije na primjeru postrojenja pogonjenog plinskim motorom, objasniti glavne elemente konstrukcije te postizanje visokog stupnja iskoristivosti uz pravilno održavanje.

Ključne riječi – bioplin, kogeneracijsko postrojenje, održavanje

BIOGAS COGENERATION UNIT FOR ELECTRICAL AND THERMAL ENERGY PRODUCTION

Abstract – Usage of renewable energy resources and cogeneration realizes the interests of the Republic of Croatia in the energetic field established in the document called "Energy Strategy". Biogas plants, in which is used the produced biogas as a fuel in cogeneration unit, are great solution for reducing usage of fossil fuels. Simultaneous production of electrical and thermal energy in unique process of biogas production represents ecological and economical benefit in the view of emissions savings because of common electrical and thermal production in cogeneration plants that guarantee security of energy supply. The essential parameter in investment for biogas plants, is certainly choosing a high technology for energy transformation and reaching greater efficiency. The aim of this paper is to show process of electrical and thermal production based on example of plant powered by gas engine, to explain main construction elements and how to reach high level of efficiency including proper maintenance.

Keywords – biogas, cogeneration unit, maintenance

1. UVOD

Strategijom energetskog razvoja Republike Hrvatske potaknuta je upotreba i korištenje obnovljivih izvora energije u području energetike te sukladno navedenom, proizvodnja i korištenje proizvedene energije iz bioplinaskih postrojenja. Prema Strategiji jedan od glavnih ciljeva je povećanje energetske učinkovitosti u svim dijelovima energetskog sustava. Investicije u obnovljive izvore energije i tehnologije koje povećavaju energetska učinkovitost doprinose obuzdavanju emisija stakleničkih plinova, povećavaju energijsku neovisnost zemlje i doprinose robusnosti energetskog sustava. U elektroenergetici energetska učinkovitost podrazumijeva primjenu učinkovitijih tehnologija energijskih

pretvorbi kao što su, između ostalog, kogeneracija toplinske i električne energije. Strategija propisuje kako će se kogeneracijske jedinice koristiti za grijanje, hlađenje i proizvodnju električne energije [8].

Koncept bioplinaskih postrojenja u kojem se iz postojećih organskih otpada nastalih poljoprivrednom proizvodnjom proizvodi bioplin, odnosno električna i toplinska energija, poznat je već nekoliko desetljeća. Bioplin je fleksibilan energent te je njegova primjena raznolika. Praksa europskih zemalja pokazuje kako se bioplin kao energent najčešće koristi u kogeneracijskoj jedinici za proizvodnju toplinske i električne energije te se takva proizvodnja energije smatra vrlo učinkovitim načinom korištenja bioplina.

Kogeneracijska ili CHP jedinica kao tehnički sustav predstavlja tehnologiju istodobne proizvodnje dva korisna oblika energije u jedinstvenom procesu. U kogeneracijskom postrojenju proizvodi se toplinska i električna energija te osigurava postizanje više energetske učinkovitosti u odnosu na druge tehnologije pretvorbe energije, a samim time se pozitivno djeluje na eko sustav u smislu smanjenja onečišćenja okoliša. Koncept kogeneracije primjenjiv je i za klasična fosilna goriva, ali i za goriva nastalih iz obnovljivih izvora, između ostalog, energije bioplina, na koji će se i fokusirati ovaj rad.

U nastavku će biti prikazan tehnički sustav kogeneracijske jedinice sa svojom glavnom funkcijom - pretvorbom energije bioplina za proizvodnju toplinske i električne energije. Cilj rada je dati uvid u kompletan proces proizvodnje električne i toplinske energije na primjeru postrojenja pogonjenog plinskim motorom te objasniti glavne elemente konstrukcije s naglaskom na pravilno održavanje kao ključnim parametrom za postizanje visokog stupnja iskoristivosti te smanjenja troškova zastoja rada bioplinskog postrojenja.

2. ODRŽAVANJE

Održavanje kogeneracijskog postrojenja na bioplin obuhvaća dvije glavne skupine aktivnosti održavanja opreme, a to su održavanje opreme za pripremu bioplina te održavanje kogeneracijskih jedinica. Održavanje opreme za pripremu bioplina sastoji se od nekoliko aktivnosti prikazanih u tablici 1. iz kojeg su vidljivi i intervali obavljanja navedenih aktivnosti.

Tablica 1. Aktivnosti održavanja opreme za pripremu bioplina

1.	Rashladnik bioplina	Interval servisa
	Pranje kondenzatora rashladnika	3 x godišnje
	Servis rashladnika (pregled spojeva, freon, glikol)	1 x godišnje
	Čišćenje izmjenjivača topline za hlađenje bioplina	20000 radnih sati
	Čišćenje izmjenjivača topline za grijanje bioplina	20000 radnih sati

2.	Spremnik aktivnog ugljena	
	Provjera plinonepropusnosti prirubničkih spojeva	2 x godišnje
	Provjera svih vijčanih spojeva	2 x godišnje
	Izmjena aktivnog ugljena u spremniku	2 x godišnje
3.	Baklja	
	Provjera plinonepropusnosti prirubničkih spojeva	2 x godišnje
	Provjera svih vijčanih spojeva	2 x godišnje
	Provjera sajli za stabilnost baklje	2 x godišnje
	Čišćenje senzora plamena	mjesečno
	Pregled i eventualna zamjena elektroda za paljenje bioplina	mjesečno
4.	Puhalo bioplina	
	Pregledi kućišta	tjedno
	Pregled i eventualna zamjena sustava za automatsko podmazivanje ležaja	tjedno
	Izmjena pogonskog remenja	1 x godišnje
	Servis puhala	1 x godišnje

Održavanje kogeneracijskih jedinica se sastoji od dnevnih pregleda koji obuhvaćaju isključivo preventivno održavanje te redovite servise: svakih 2000 radnih sati, svakih 10000 radnih sati te svakih 20000 radnih sati. Detaljnije o održavanju kogeneracijskih jedinica prikazano je u tablici 2.

Tablica 2. Aktivnosti održavanja kogeneracijskih jedinica

1.	Plinski motor J412	Interval servisa
	Vizualni pregled stanja motora i curenja ulja te rashladnih medija	dnevno
	Kontrola svih temperatura i tlakova plinskog motora	dnevno
	Ispisivanje zapisnika radnih parametara plinskog motora	dnevno
	Dotezanje prirubničkih spojeva plinskog motora i opreme	2 x godišnje

	Uzorkovanje i analiza motornog ulja	1300 radnih sati
	Uzorkovanje i analiza rashladnih medija	1 x godišnje
	Servis plinskog motora	Svakih 2000 radnih sati te svakih 10000 radnih sati
2.	Periferna oprema motora	
	Kontrola rada puhalo bioplina	dnevno
	Pregled i eventualna zamjena sustava za automatsko podmazivanje ležaja	tjedno
	Izmjena pogonskog remenja	2000 radnih sati
	Servis puhalo bioplina	10000 radnih sati
	Vizualni pregled curenja rashladnih medija, stanja centrifugalnih pumpi, cjevovoda i cjevnih armatura	dnevno
	Kontrola svih temperatura i tlakova rashladnih krugova	dnevno
	Dotezanje prirubničkih spojeva periferne opreme	2 x godišnje
	Uzorkovanje i analiza rashladnih medija	1 x godišnje
	Čišćenje hvatača nečistoća i kontrola ispravnosti ekspanzijskih posuda	1 x godišnje
	Izmjena ekspanzijskih posuda	20000 radnih sati
	Izmjena gumenih kompenzatora	30000 radnih sati
	Pranje izmjenjivača površina hladnjaka motora	4 x godišnje
	Vizualni pregled pumpi motornog ulja, nepropusnosti spojeva cjevovoda ulja i provjera razine motornog ulja u spremnicima	dnevno
3.	Toplinska podstanica – razdjelnik topline	
	Vizualni pregled curenja ulja, stanja centrifugalnih pumpi, cjevovoda i cjevnih armatura	dnevno
	Kontrola svih temperatura i tlakova krugova	dnevno
	Dotezanje prirubničkih spojeva opreme	1 x godišnje
	Čišćenje hvatača nečistoća	1 x godišnje

Učinkovitost sustava bioplinske elektrane direktno je vezana za postizanje vrlo visokog

broja radnih sati godišnje (iznad 8200 radnih sati) pri 100 % opterećenju kogeneracijskog postrojenja. Prethodno navedeni uvjeti te vrlo mali broj neplaniranih zastoja moguće je jedino ostvariti uz pravilno, stručno i redovito održavanje prethodno navedenih komponenti.

3. PROCES PRETVORBE ENERGIJE BIOPLINA U KOGENERACIJSKOJ JEDINICI

Kogeneracijska jedinica na bioplin predstavlja primjer složenog tehničkog sustava čija je glavna funkcija pretvorba energije bioplina u električnu i toplinsku energiju kroz istodobni proces proizvodnje navedena dva korisna oblika energije te kao takve, kogeneracijske jedinice na bioplin, predstavljaju vrlo učinkovit način korištenja bioplina.

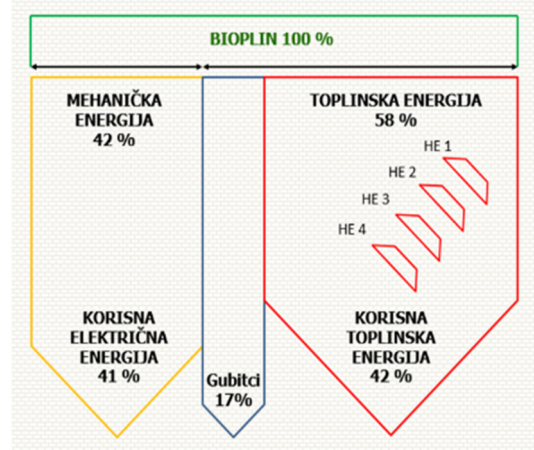
Bioplin je gorivi plin koji proizvode mikrobi kad organske tvari anaerobno fermentiraju unutar određenog pojasa temperatura, sadržaja vlage i kislosti. Njegov je kemijski sastav 60-70 posto metana s ugljičnim dioksidom i tragovima drugih plinova [1].

Kogeneracijska postrojenja na bioplin su najčešće opremljena motorom s unutarnjim izgaranjem povezanim s generatorom električne energije [5]. Stupanj iskoristivosti modernih kogeneracijskih postrojenja iznosi do 80-85%, pri čemu proizvodnja električne energije iznosi 41%, a toplinske 42%. Motor generatora je najčešće plinski-otto motor.

Sustav kogeneracijske jedinice na bioplin u nastavku će biti objašnjen i prikazan na konkretnom primjeru bioplinskog postrojenja instalirane snage 1,7 MWel.

Kogeneracijsko postrojenje na bioplinskom postrojenju je primjer tehničkog sustava sa zalihosti (redundacijom). Zalihost (eng. redundancy) je konfiguracija koja osigurava sposobnost da se izbjegne zastoj i onda kad neka komponenta sustava zataji [2]. Promatrano kogeneracijsko postrojenje instalirane snage 1,7 MWel čine dva plinska Otto-motora proizvođača GE-Jenbacher (tip J412 GS-B25) te je time ovakav sustav sa zalihosti primjer udvojenog sustava. Razlozi odabira udvojenog sustava kogeneracijskog postrojenja su brojni. Ovakav udvojeni sustav osigurava konstantnu minimalnu 50 postotnu proizvodnju električne energije, a i sama oprema za proizvodnju bioplina kao goriva ima konstantnu potrebu za toplinskom energijom što mu ovakav udvojeni sustav može osigurati gdje se prilikom rada već samo jednog plinskog motora udovoljava tim potrebama. Na slici 1.

prikazana je pretvorba energije bioplina u dva korisna oblika energije prema kojoj je u vidu toplinske energije: HE 1 toplina nakon hlađenja smjese poslije turbopunjača, HE 2 toplina dobivena hlađenjem ulja, HE 3 toplina dobivena hlađenjem bloka motora, HE 4 toplina dobivena u izmjenjivaču topline dimnih plinova.



Slika 1. Pretvorba energije bioplina

Pod kvalitetom tehničkih sustava podrazumijeva se stupanj ispunjavanja određenih zahtjeva, odnosno to je skup svih svojstava koja određuju pojedine parametre upotrebne vrijednosti, uzimajući u obzir i uvjete u kojima sustav treba raditi i potrebno vrijeme rada. Bitne kvalitete sustava su: funkcionalnost, pouzdanost, ekonomičnost [2]. S obzirom na sve gore navedeno kvaliteta ovakvog tehničkog sustava s dvije kogeneracijske jedinice je neupitna budući da ispunjava sve bitne kvalitete sustava.

Najznačajnija svrha proizvodnje bioplina je njegovo korištenje u kogeneracijskim jedinicama. U usporedbi s konvencionalnim načinom proizvodnje energije, kogeneracija uz energetske i ekološke prednosti ima i uočljive ekonomske prednosti [4].

Kako se bioplin koristi u različitim podsustavima kogeneracijske jedinice kao što su motor, cjevovodi i slično, propisani su minimalni zahtjevi u pogledu svojstava bioplina kako bi se on mogao koristiti bez štetnih posljedica za opremu. Minimalni zahtjevi proizvedenog bioplina odnose se na propisane maksimalne sadržaje sumporovodika, halogeniranih ugljikovodika i siloksana. U tu svrhu postoji nekoliko predtretmana pripreme bioplina prije samog ulaza u kogeneracijsku jedinicu. Najznačajniji predtretmani su odstranjivanje sumporovodika (desumporizacija) te otklanjanje viška vlage (sušenje bioplina).

Proizvedeni bioplin doveden iz postrojenja za proizvodnju bioplina, a nakon što prođe kroz predtretmane desumporizacije i sušenja, koristi se kao pogonsko gorivo za pokretanje plinskog motora s unutarnjim izgaranjem kogeneracijskog postrojenja ukupne nazivne električne snage 1778 kW. Veći dio otpadne topline koji nastaje u kogeneracijskom procesu može se koristiti kao toplinski izvor (topla voda 90/70 °C), a primjerice za zagrijavanje obližnjih objekata te za zagrijavanje fermentora i postfermentora bioplinskog postrojenja (održavanje proizvodnog procesa) i grijanja pomoćnih prostorija, primjerice uredskih prostorija, laboratorija i sl. u administrativnoj zgradi. Kogeneracijsko postrojenje odnosno predstavlja postrojenje za istodobnu pretvorbu primarne energije bioplina u električnu energiju i toplinsku energije. Kogeneracijsko postrojenje je jedinstvena zasebna tehnološka cjelina koja je smještena u prostoriji strojnarnice. U sklopu kogeneracijskog postrojenja nalaze se pogonski plinski otto motori s pripadajućim sinkronim generatorima, plinska rampa, hladnjak rashladne tekućine, radijalni kompresori, baklja za spaljivanje bioplina u slučaju nužde, dimnjak i sva električna instalacija za pravilan i kontroliran rad. U sklopu elektrane obično se nalazi i toplinska podstanica iz koje se vrši mjerenje i distribucija toplinske energije predane toplinskim potrošačima.

Elektrana je priključena na vlastitu transformatorsku stanicu u kojoj se radi transformacija s nazivnog napona generatora (0,4 kV) na nazivni napon 10(20) kV, a zatim povezana na susretno postrojenje (rasklopište) sredjenaponske razdjelne mreže. Ukupna priključna snaga postrojenja na pragu (na granici razdvajanja s HEP-Operaterom distribucijskog sustava d.o.o.) odabrane elektrane iznosi 1,7 MW.

Izlazna snaga elektrane regulira se prema vodećoj veličini konstantne izlazne električne snage od 1778 kW_{el} ($\eta_{el} = 41,6\%$). Pri tom konstantnom režimu rada izlazna toplinska snaga elektrane sukladno specifikacijama proizvođača iznosi 1818 kW_{th} ($\eta_{th} = 42,6\%$).

Budući da je pogonski agregat kogeneracijskog postrojenja plinski otto-motor sa unutarnjim izgaranjem, za pravilan rad zahtijeva adekvatno hlađenje, koje je izvedeno tako da se višak neiskorištene toplinske energije (ako nema drugih toplinskih potrošača) predaje u atmosferu preko horizontalnog hladnjaka. Sustav povrata topline sastoji se od seta međusobno povezanih izmjenjivača topline koji izdvajaju kompletan raspoloživi kapacitet topline iz hlađenja smjese goriva i

zraka nakon turbo punjača, rashladne vode motora, ulja i ispušnih plinova.

4. SASTAVNI DIJELOVI KOGENERACIJSKE JEDINICE NA BIOPLIN

Sastavni dijelovi kogeneracijske jedinice na bioplin dani su u nastavku rada.

Plinski otto-motor

Motori na osnovi ottovog procesa se vrlo često upotrebljavaju za dobivanje mehaničke energije i s tog se stajališta motori na osnovi ottovog procesa najčešće primjenjuju [3].

Plinski otto-motor je specijalno razvijen motor za pogon na bioplin prema otto principu. Rade na smjesu s pretičkom zraka radi minimizacije emisija ugljikovog monoksida što rezultira manjom potrošnjom bioplina, ali i manjom učinkovitošću motora, što se kompenzira korištenjem turbo punjača pogonjenog ispušnim plinovima. Za pogon se zahtjeva minimalan sadržaj metana u bioplinu od 45 posto [7]. Budući da rade na Otto-principu motori mogu raditi i na druge plinove, primjerice na prirodni plin, budući da se od bioplina razlikuje samo po sadržaju metana.

Sinkroni generator

Generator se sastoji od glavnog generatora kao stroja s unutrašnjim polovima, pobudnog generatora kao stroja s vanjskim polovima i regulatora napona s $\cos\phi$ regulatorom čija se opskrba ovisno o snazi obavlja preko dodatne pobude s permanentnim magnetom. Generator je prikladan za paralelni rad kako s mrežom tako i s drugim generatorima.

Energetsko-upravljački sustav

Energetsko - upravljački sustav kogeneracijskog postrojenja sastoji se od jednog dijela za upravljanje motorom i jednog dijela za upravljanje energetskim elementima. Izveden je za plinske motore sa sinkronim generatorom prema standardnim internacionalnim propisima za mrežni paralelni pogon uz uvažavanje svih sigurnosnih propisa.

Industrijsko upravljanje s modularnom strukturom preuzima sve zadaće za upravljanje tokom na strani agregata i motora (priprema pokretanja, pokretanje, zaustavljanje, sinkroniziranje s mrežom, završno hlađenje, pomoćno upravljanje pogonom), kao i sve regulacijske funkcije (reguliranje broja okretaja u praznom hodu i samostalnom pogonu,

reguliranje snage u mrežnom paralelnom pogonu, ujednačavanje radnog opterećenja, linearno snižavanje snage u slučaju prekomjerne temperature mješavine i zaustavljača, i dr.).

Sustav povrata topline

Korištenje otpadne topline iz kogeneracijskih jedinica bitno doprinosi ekonomski uspješnom pogonu bioplinskih postrojenja i smanjenju njihovog utjecaja na okoliš. Njihov rad mora biti ekonomski i tehnički ostvariv [6].

Proizvedena toplinska energija se preko sustava povrata toplinske energije koristi za grijanje procesa proizvodnje unutar spremnika bioplinskog postrojenja, a oko dvije trećine ukupne proizvedene energije može se koristiti za druge potrebe.

Distribucija korisne toplinske energije se vrši razdjelnikom topline sa izvodima za priključak vanjskih potrošača (postrojenje bioplina i drugi vanjski potrošači kao npr. objekti farme, sušare i sl.). Obično se ugrađuju brojila (kalorimetri) proizvodnje toplinske energije te potrošnje toplinske energije kako bi se vodila evidencija o korisno potrošenoj energiji te sukladno mjerenjima postiže se učinkovitost kogeneracijskog postrojenja.

Filteri s aktivnim ugljenom

Prije uporabe u motoru kogeneracijskog postrojenja nužno je napraviti desumporizaciju i sušenje bioplina. Ovaj korak postupka čisti plin od štetnih tvari koje uzrokuju koroziju, povećane troškove za popravke i održavanje, skraćenu trajnost ulja, kvarove na katalizatoru i izmjenjivaču topline za ispušne plinove. Većina plinskih motora ima ograničenja s obzirom na sadržaj sumporovodika, halogenih ugljikohidrata i siloksana koji se nalaze u neobrađenom bioplinu. Radi izbjegavanja šteta na motoru moraju se jamčiti svojstva sagorijevanja.

Za čišćenje se upotrebljava aktivni ugljen. Ugljen mora biti prilagođen trenutnoj primjeni. Nakon što se postigne kapacitet opterećenja, potrebna je zamjena s novim neopterećenim aktivnim ugljenom.

Rashladnik bioplina

Sušenje i hlađenje bioplina predstavlja jednako nužan korak kao i desumporizacija. Kondicioniranjem se postiže optimizacija u procesu sagorijevanja smjese u plinskom motoru te povećava radna sigurnost. Sušenje

procesnog plina se radi na principu kondenzacijskog sušenja i izvodi se preko vodom hlađenog cijevnog izmjenjivača topline. Hlađenjem struje plina kondenzira sadržana vlažnost plina, te ona može biti uklonjena iz plina. Kondenzat koji nastane izvodi se preko spremnika za skupljanje kondenzata s nadzorom razine i crpke za kondenzat. Kako bi se minimizirala relativna vlažnost, ali ne i apsolutna vlažnost, plin se zagrijava nakon hlađenja radi sprječavanja kondenzacije zaostale vlage u plinu duž plinovoda.

Rashladni stroj s integriranim hidrauličkim modulom služi za osiguravanje i cirkuliranje potrebne rashladne vode. Upravljanje postrojenjem ima mikroprocesor za reguliranje temperature hladne vode i za nadzor pogonskih podataka. Upotrebom međuspremnik smanjuje se učestalost uključivanja rashladnog stroja u radu s djelomičnim opterećenjem i produžuje se radni vijek uređaja.

Baklja za spaljivanje u nuždi

Baklja za spaljivanje bioplina je nužan element svakog kogeneracijskog odnosno postrojenja za proizvodnju bioplina. Instalira se na posebna mjesta na tlu ili na objekte, a služi za bezopasno i ekološki prikladno zbrinjavanje neiskorištenog bioplina npr. zbog loše kvalitete plina ili u slučaju prekida rada kogeneracijskog postrojenja. Izgaranje na baklji je konačno rješenje u situacijama kada se višak bioplina ne može uskladištiti ili iskoristiti radi uklanjanja bilo kakvog rizika po sigurnost i zaštitu okoliša.

Transformatorska stanica

Transformatorska stanica obično se izvodi u sklopu zgrade kogeneracijskog postrojenja te je sastavljena od:

- transformatorske komore sa uljnom jamom za prihvatanje transformatorskog ulja u slučaju curenja ulja,
- pogonske prostorije za smještaj glavnog električnog razdjelnika postrojenja za proizvodnju i pretvorbu bioplina, te ostale elektro opreme niskog i visokog napona za potrebe rada transformatora.

Budući da je distribucijska mreža operatora distribucijskog sustava na 10(20) kV razini, transformacija napona proizvedenog od strane generatora (0,4 kV) kogeneracijskog postrojenja je neophodna da bi se ostvarili uvjeti za prihvatanje proizvedene energije u distribucijsku mrežu. Također je predviđen prijenos signala za signalizaciju pogona elektrane koja omogućava

razmjenu podataka na odgovarajućem sučelju sa HEP-ODS-om.

5. ZAKLJUČAK

Efikasnim korištenjem obnovljivih izvora energije moguće je smanjiti potrošnju fosilnih goriva i emisiju stakleničkih plinova. Najefikasniji način zbrinjavanja organskog otpada je proces anaerobne digestije u kojem nastaje bioplin koji se kao energent koristi u kogeneracijskim jedinicama za proizvodnju električne i toplinske energije. Istodobna proizvodnja ova dva korisna oblika energije osigurava veću učinkovitost u odnosu na odvojenu proizvodnju toplinske i električne energije, a samim time postiže se i proporcionalno smanjenje onečišćenja okoliša. Ovakvo korištenje bioplina u kogeneracijskim jedinicama predstavlja standardnu primjenu kod velikog broja bioplinskih postrojenja u Europi.

Uz proizvedenu električnu energiju koja se dijelom koristi za vlastitu potrošnju bioplinskog postrojenja, veći dio proizvedene električne energije isporučuje se u elektroenergetsku mrežu. Današnji Zakon o OIEiVK i Tarifni sustavi osiguravaju povlaštenu poticajnu cijenu za takvu isporučenu električnu energiju. No, osim električne energije, važan parametar za energetske i ekonomsku učinkovitost bioplinskog postrojenja čini iskorištavanje korisno proizvedene toplinske energije. Ranije generacije bioplinskih postrojenja u Europi građena su isključivo za proizvodnju električne energije, dok se toplinska energija uopće nije iskorištavala. Današnji Zakoni i Pravilnici o OIEiVK obvezuju povlaštene proizvođače na korištenje toplinske energije te osiguravanje energetske učinkovitosti > 50 %. Samim time, radi što veće učinkovitosti postrojenja i ostvarivanja održive profitabilnosti, na tržište je potrebno plasirati oba oblika energije.

Postizanje veće učinkovitosti usko je vezano i za postizanje vrlo visokog broja radnih sati bioplinskog postrojenja pri čemu je ključan parametar kvalitetno, redovito i stručno održavanje oba podsustava kogeneracijskog postrojenja, kako opreme za preradu bioplina tako i kogeneracijskih jedinica.

LITERATURA:

- [1] B. Udovičić, "Elektroenergetski sustav", Kigen, Zagreb, 2005.
- [2] Z. Lacković, "Management tehničkih sustava", Elektrotehnički fakultet u Osijeku, Osijek, 2005.

- [3] B. Udovičić, "Energetika", Školska knjiga Zagreb, 2003.
- [4] R. Budin, A. Mihelić-Bogdanić, E. Vujasinović, "Sačuvanje energije i okoliša primjenom kogeneracije", Sigurnost, Vol. 49, No. 3, listopad 2007., pp 211-218.
- [5] V. Lapčik, M. Lapčikova, "Biogas stations and their environmental impacts", Rudarsko-geološki-naftni zbornik, Vol. 23, Zagreb, 2011., pp 9-14.
- [6] Biogas Heat, "Održivo korištenje toplinske energije iz bioplinskih postrojenja", Priručnik, Renewable Energies, Munchen, Njemačka, 2012.
- [7] Institut Hrvoje Požar, "Biogas for Eastern Europe", Priručnik za bioplin, 2008.
- [8] Hrvatski sabor, "Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske", NN 130/2009



Primjena CAD/CAM alata u projektiranju cestovne rasvjete

Subject review

Josip Grgić

Intecco d.o.o.
Biljska cesta 37, 31000 Osijek, Hrvatska
josip@intecco.hr

Saša Stokuća

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija
Kneza Trpimira 2b, 31000 Osijek, Hrvatska
sasa.stokuca@etfos.hr

Damir Blažević

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija
Kneza Trpimira 2b, 31000 Osijek, Hrvatska
damir.blazevic@etfos.hr

Sažetak – Rad prikazuje suvremen pristup problematici projektiranja cestovne rasvjete. Moderni CAD/CAM alati znatno olakšavaju postupak izrade projektne dokumentacije jer omogućavaju jednostavnu kolaboraciju između različitih struka (inženjer prometa, građevinarstva, elektrotehnike). Koristeći geokodirane CAD podloge elementi cestovne rasvjete se smještaju u prostor i sagledava se njihov odnos s drugim prostornim elementima, objektima i građevinama. Izradom modela u alatima za modeliranje i simulaciju scena moguće je uspoređivati rezultate dobivene za različite situacije i odabrati optimalne elemente cestovne rasvjete.

Ključne riječi – cestovna rasvjeta, računalom potpomognut dizajn, modeliranje, numerički izračun

CAD/CAM TOOLS FOR ROAD LIGHTING DESIGN

Abstract – Modern tools and approach for road lighting design are presented. Design documentation development complexity is significantly reduced by use of modern CAD/CAM tools. Fast design, real scale modeling and instant collaboration of multiple and different engineering groups are provided. Elements of road lighting are placed on geographically coded layouts and relations with other buildings, infrastructure and objects are determined. Development of road lighting models is necessary step for comparing different lighting scenes so optimal design for all road lighting elements application can be determined. When road lighting models are developed and different light scenes compared, optimal design for all road lighting elements can be determined.

Keywords – road lighting, computer aided design, modeling, numeric calculation

1. Uvod

Današnja se inženjerska struka oslanja na upotrebu računala. Iz te potrebe nastao je CAD (engl. *Computer Aided Design*), odnosno računalno potpomognut dizajn, koji predstavlja upotrebu računala i adekvatnih programa za izradu, modifikaciju i analizu dizajna.

Prvi programi za komercijalnu upotrebu pojavili su se sredinom 60-ih godina i koristili su ih samo velike tvrtke ponajviše zbog cijene računala. Programi za računalno potpomognut dizajn su u širu komercijalnu upotrebu ušli 80-ih godina.

CAM (engl. *Computer Aided Modeling*) predstavljaju programe za izradu i

manipuliranje apstraktnim (matematičkim i/ili grafičkim) prikazom ekonomske, inženjerske, proizvodne ili neke druge situacije te prirodnih fenomena koji se simuliraju uz pomoć računala. Ovakvi programi mogu se koristiti za stvaranje 2D i 3D modela te su dostupni za sve glavne operacijske sustave: Windows, Linux i MacOS.

Programi za računalno potpomognut dizajn i modeliranje mogu biti specijalizirani ili opće namjene. Prednost specijaliziranih programa je što sadrže alate koji su nužni ili se često primjenjuju za određenu namjenu. Na taj način posao čine bržim i jednostavnijim, te su često u stanju prepoznati određene nepravilnosti i pogreške prilikom dizajniranja ili projektiranja. Ova kategorija sadrži i programe za

projektiranje rasvjete. Ti programi sadrže pravila (standarde) i predefimirane vrijednosti (klase), koji olakšavaju cijeli posao jer u tom slučaju nije potrebno napredno poznavanje normi. Preciznost i kvaliteta projekata također se poboljšala zbog toga što su programi vrlo osjetljivi na promjene parametara tako da i najmanja promjena može napraviti veliku razliku u rezultatu. Pomoću programa za računalno potpomognut dizajn i modeliranje napravljen je praktični dio rada koji prikazuje korištenje ovog tipa programa u svrhu projektiranja cestovne rasvjete.

2. ZAHTJEVI CESTOVNE RASVJETE

Cestovna rasvjeta bitna je za unaprjeđenje sigurnosti na prometnicama pružajući brzu, preciznu i ugodnu vidljivost za vozače i pješake. Ona je također bitna i za unaprjeđenje protoka prometa noću jer vozačima pomaže da se orijentiraju, prepoznaju geometriju prometnice te prosude uvjete na prometnici.

Svrha cestovne rasvjete je doseći stupanj vidljivosti koji omogućava vozačima i pješacima brz, jasan i pouzdan prikaz svih bitnih detalja ceste (npr. smjer i njezinu okolicu) i sve prepreke koje se nalaze na cesti i oko nje. Kod projektiranja cestovne rasvjete treba uzeti pet bitnih stavki u obzir: osvjetljava li adekvatno željenu površinu, cijenu, koliko je štetna za okoliš te pozicija i izgled same rasvjete. Naime, u praksi je veliki problem naći balans između ovih stavki jer svaka situacija obično zahtjeva svoje jedinstveno rješenje [1]. Odabir rasvjete temeljit će se na pretpostavkama koje najbolje opisuju zadanu situaciju.

Kod situacija u ovom radu odabir klasa rasvjete temelji se na pretpostavci o gustoći i kompoziciji prometa te svjetlini okoline, no unatoč tome ovaj dio posla nije tako jednostavan budući da zahtjeva određeno planiranje pogotovo što se tiče C klase kod koje je potrebno odrediti područje na kojem se primjenjuje.

Kada je odabrana klasa rasvjete potrebno je odabrati svjetiljku, a odabir treba biti takav da se može primijeniti na željenoj površini uz što manju štetnost na okoliš.

Projektiranje cestovne rasvjete jednostavnije je izvan naselja, u prvom redu zbog toga što se stupovi bez problema mogu postavljati na željene pozicije te zbog toga što najčešće nema dodatnih površina (pješačke i biciklističke staze), a kompleksnost raste sa gustoćom prometa i velikim brojem građevina i ostalih objekata unutar naselja. Kod većih naselja nastaje cijeli niz problema pogotovo u konfliktnim zonama gdje nije moguće postaviti

svjetiljke na ravnomjernim udaljenostima zbog nedostatka adekvatnog prostora te zbog učestalih promjena u konfiguraciji prometnica (promjena broja kolničkih traka, promjena širine ceste, zelene površine, pješačke staze ili biciklističke staze itd.) što u konačnici najviše utječe na jednolikost rasvjete.

3. ZAKONI, PRAVILNICI I NORME ZA RASVJETU

U Zakonu o cestama (NN 84/11, 18/13, 148/13, 92/14) definirano je da javna cesta u zavisnosti o gospodarskom, društvenom i prometnom značenju može biti razvrstana u četiri kategorije:

- autocesta,
- državna cesta,
- županijska cesta,
- lokalna cesta.

Ovim zakonom (članak 4.) također je definirano da je jedan od sastavnih dijelova javne ceste i rasvjeta u funkciji prometa [2].

Pravilnikom o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju (NN 48/14) definirana je instalacija javne rasvjete koja se sastoji od elementa nosivih konstrukcija, kablenskog razvoda i uređaja za mjerenje, sklapanje, razvod, upravljanje, regulaciju intenziteta svjetlosnog toka i svjetiljki s ciljem rasvjetljavanja javnih i prometnih površina unutar naselja i javnih cesta [3].

Zakonom o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN 114/11) obuhvaća se zaštita od nepotrebnih ili štetnih emisija svjetla u prostoru u zoni ili izvan zone koju je potrebno osvijetliti te zaštitu noćnog neba od prekomjernog rasvjetljenja odnosno svjetlosnog onečišćenja. Mjere zaštite određuju se u skladnosti sa ekonomskim, biološkim, zdravstvenim, pravnim, astronomskim, sigurnosnim i ostalim standardima i normama. Ovim zakonom definirano je načelo opravdanosti u slučaju da rasvjeta u naseljenim mjestima i okolišu društvo daje puno veću korist nego štetu [4].

Što se tiče normi za cestovnu rasvjetu pravila su definirana sljedećim normama prihvaćenim od strane Hrvatskog zavoda za norme :

HRI CEN/TR 13201-1:2014 - Smjernice za odabir razreda rasvjete

HRN EN 13201-2:2015 – Zahtjevana svojstva

HRN EN 13201-3:2015 – Proračun svojstava

HRN EN 13201-4:2015 – Metode mjerenja svojstava rasvjete

HRN EN 13201-5:2015 – Pokazatelji energetskih svojstava

4. ODABIR KLASJE RASVJETE

Klasa rasvjete odabire se sukladno parametrima koji se nalaze u niže navedenim tablicama [5]. Klasa rasvjete za motorizirani promet (M):

Klasa M predviđena je za vozače motoriziranih vozila na prometnicama sa srednjim i velikim brzinama prometa. Odgovarajuća klasa rasvjete mora se odabrati sukladno funkciji ceste, brzini, cjelokupnom izgledu, gustoći prometa, kompoziciji prometa te uvjetima okoline.

Za određivanje osvjetljenja klase M koje će se koristiti u zadanoj situaciji potrebno je odabrati prikladne težinske vrijednosti (VW) te napraviti zbroj svih težinskih vrijednosti (VWS). Broj klase M tada se računa kao:

$$M = 6 - VWS$$

Pažljivim odabirom prikladnih težinskih vrijednosti dobit će se broj klase između 1 i 6. Ako je zbroj težinske vrijednosti (VWS) < 0 tada se uzima vrijednost 0. Ako je rezultat $M \leq 0$ treba se primijeniti klasa M1.

Kada izgled ceste ne dopušta procjenu luminancije površine ceste, slijedeći konvencionalna pravila opisana u normi HRN EN 13201-2, potrebno je koristiti klasu C. Za motoriziran promet pri malim brzinama i na parkiralištima treba se koristiti klasa P [6].

Klasa rasvjete za konfliktna područja (C) :

Klasa osvjetljenja C namijenjena je korištenju u konfliktnim područjima na prometnim rutama gdje je kompozicija prometa pretežno motorizirana. Konfliktna područja pojavljuju se tamo gdje se ceste križaju ili u područjima gdje se često nailazi na pješake, bicikliste i ostale korisnike ceste. Područja koja pokazuju promjene u geometriji ceste kao na primjer smanjenje broja prometnih traka ili promjene u širini također se smatraju kao konfliktna područja. Njihovo postojanje rezultira povećanjem potencijalnog sudara između dva ili više vozila, vozila i pješaka ili biciklista te ostalih sudionika u prometu te između vozila i fiksnog objekta. Za konfliktna područja luminancija je preporučeni kriterij za dizajn, ali ipak tamo gdje postoji promjenjiva geometrija prometnice, smanjena ili slaba preglednost i drugi faktori koji onemogućuju u korištenje

luminancije možemo koristiti iluminanciju. Podudarnost između luminancije i prosječne horizontalne iluminancije ovisi o svjetlini površine ceste što je prikazano vrijednošću Q0 površine.

Budući da je klasa C namijenjena istim korisnicima kao i klasa M, minimalna klasa ne smije biti manja od najmanje klase spojne ceste. U praksi je preporučeno koristiti jednu razinu više (npr. ako smo imali M3 tada ćemo koristiti parametre za M2).

Klasu računamo po principu :

$$C = 6 - VWS ,$$

te dobivamo broj između 1 i 5 koji predstavlja klasu . Ako je zbroj (VWS) ≤ 0 tada trebamo primijeniti vrijednost 1. Ako je konačan rezultat $C < 0$ tada treba primijeniti klasu C0.

Klasa C ovisi o geometriji prostora (npr. kružni tok). Daljnje smjernice definiraju se po potrebi na nacionalnoj razini svake države [6].

Klasa rasvjete za pješake i spora područja P:

Klasa rasvjete P namijenjena je za pješake i bicikliste te prometnice sa smirenim prometom i parkirališta. Za određivanje klase P koja se primjenjuje u zadanoj situaciji sa specifičnom kompozicijom prometa treba odabrati težinske vrijednosti (VW), te ih zbrojiti kako bismo dobili vrijednost VWS.

Tada se klasa P računa kao:

$$P = 6 - VWS$$

Dobivena vrijednost predstavlja klasu te ima iznos između 1 i 6. Ako je zbroj težinskih vrijednosti (VWS) manji od 0, tada se vrijednost 0 treba primijeniti . Ako je rezultat $P = 0$ tada koristimo P1 klasu [6].

Svaka klasa ima svoje zahtjeve i svoju namjenu. Zahtjevi klase M jedini se baziraju na luminanciji dok se klase C i P baziraju za iluminanciji. Iako su i klasa M i klasa C primarno namijenjene prometnicama koje pretežno koriste vozači motornih vozila razlika je u tome što u većini konfliktnih zona (koje predstavlja klasa C) nije moguće izračunati luminanciju budući da luminancija ovisi o promatraču koje sa nalazi 60 m ispred mjernog polja, a duljina polja zavisi o udaljenosti između dvije svjetiljke.

Klasa M namijenjena je za vozače motoriziranih vozila na prometnicama na kojima se razvija srednja do velika brzina vožnje.

Glavni kriterij ovih klasa je baziran na luminanciji površine ceste te sadrži prosječnu luminanciju, cjelokupnu jednolikost i longitudinalnu jednolikost za uvjete kada je površina ceste suha. Dodatni kriterij povezan je sa onesposobljavanjem odsjaja kvantificiran

pragom porasta TI i osvjetljenjem okoline kvantificiranim omjerom rubne iluminacije EIR. Dodatni kriterij korišten u nekim zemljama je ukupna jednolikost luminancije u vlažnim uvjetima.

C klasa također je namijenjena vozačima motornih vozila, ali za korištenje u konfliktnim područjima kao što su trgovački centri, križanja cesta, kružni tokovi, tj. na mjestima gdje se ne primjenjuje izračun luminancije površine ceste ili nije praktičan za primjenu. Kriterij osvjetljenja bazira se na prosjeku horizontalne iluminacije i ukupnoj jednolikosti. Ova klasa također može imati primjenu i za pješake i bicikliste.

HS predstavlja klasu koja se bazira na hemisfernoj iluminaciji. P klasa i HS klasa namijenjene su za pješake i bicikliste na pješačkim i biciklističkim stazama, pomoćnim linijama odvojenom ili uz glavne prometnice, parkiralištima, školskim dvorištima itd. Kriterij rasvjete P klase bazira se na horizontalnoj iluminaciji područja i definira se pomoću srednje i minimalne iluminacije [7].

Kriterij rasvjete HS klase bazira se na hemisferičnoj iluminaciji područja i definira se pomoću prosječne hemisferne iluminacije i ukupne jednolikosti te iluminacije.

Treba uzeti i u obzir to da izlazna svjetlost određenih rasvjetnih tijela ovisi i o temperaturi. Fotometrijski podatci obično se objavljuju uzimajući u obzir referentnu temperaturu od 25°C tako da je potrebno razmotriti određene izmjene za takve izvore svjetlosti koji ovise o temperaturi ako je temperatura okoline drugačija.

Aspekti okoliša cestovne rasvjete uzeti su u obzir u točki 7 (norme NE HRN 13201-2) u obliku doba dana te emitiranja svjetla u određenim smjerovima te što nije potrebno ni poželjno.

Zahtjevi za motoriziran promet [6,7,8]:

- Potrebno je izračunati prosječnu luminanciju (L), ukupnu jednolikost (U_0), uzdužnu jednolikost (U_l), dozvoljeno bliještanje (f_{bl}) i osvjetljenje okoline (R_{EI}) [7].

- Luminancija površine ceste rezultat je iluminacije površine ceste, refleksijskih svojstava površine ceste i geometrijskih uvjeta promatranja (vidljivost 60 - 160 m).

- Ukupna jednolikost (U_0) ukazuje na to koliko dobro površina prometnice služi kao podloga za označavanje.

- Longitudinalna jednolikost (U_l) pruža mjeru uočljivosti ponavljanih uzoraka svijetlih i tamnih mrlja na prometnici. Odnosi se na vizualne uvjete dugog neprekidnog djela ceste.

- Prag porasta (f_{bl}) ukazuje da iako cestovna rasvjeta poboljšava vizualne uvjete ona također uzrokuje bliještanje do određenog stupnja u zavisnosti o rasvjetnom tijelu i geometrijskoj situaciji. Izračunat f_{bl} predstavlja mladog vozača. Temeljni uzrok bliještanja je raspršenje svjetlosti u ljudskom oku koje se obično povećava kako čovjek stari. Povećanje je individualno i kod nekih je minimalno, a kod nekih izraženo posebice ako boluju od katarakta i ne liječe ga (siva mrena).

- U nekim je zemljama površina prometnice mokra ili vlažna značajan dio vremena. Za odabrane vlažne uvjete dodatni zahtjevi ukupne jednolikosti (U_0) mogu biti izrađeni kako bi se izbjeglo ozbiljno snižavanje performansi za vlažna razdoblja [7].

Zahtjevi za konfliktna područja:

- Treba biti izračunata prosječna iluminacija (E) te ukupna jednolikost iluminacije (U_0).

- Bliještanje se može ograničiti ili maksimalnim vrijednostima ili odabirom rasvjetnih tijela po klasama [9].

- Klasa C uglavnom je namijenjena za korištenje tamo gdje se luminancija površine ceste ne može izračunati ili nije praktična. To se može desiti kada imamo vidljivost manju od 60 m i kada imamo nekoliko promatračkih pozicija koje su bitne. C klasa ima daljnju primjenu za pješake i bicikliste u slučajevima kada P i HS klase nisu adekvatne za upotrebu.

Zahtjevi za pješake i bicikliste:

- Za zadovoljavanje norme potrebno je izračunati prosječnu iluminaciju (E), minimalnu iluminaciju (E_{min}), prosječnu hemisfernu iluminaciju (E_{hs}) te ukupnu jednolikost hemisferne iluminacije (U_0).

- Bliještanje se može ograničiti ili maksimalnim vrijednostima ili odabirom rasvjetnih tijela po klasama [9].

Dizajn i razmještaj cestovne rasvjete i opreme mogu napraviti veliku razliku u izgledu ceste i okoline ceste po noći i po danu [9,10,11]. To se odnosi ne samo na korisnike ceste već i na one koji mogu vidjeti instalaciju rasvjete s neke udaljenosti.

Stoga je pri projektiranju rasvjete potrebno usmjeriti pozornost na sljedeće stvari [12,13,14,15,16]:

Izgled za vrijeme dana:

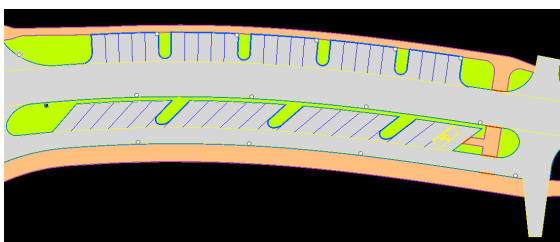
- Izbor metode podupiranja, npr. stupovi sa ili bez luka, svjetiljke ovještene na čelično uže ili svjetiljke direktno ugrađene na neki objekt
- Dizajn i boja rasvjetnih stupova
- Visina rasvjetnih stupova ili drugih elemenata za podupiranje u odnosu na građevine u okolini, drveće i ostale istaknute objekte unutar vidnog polja
- Dizajn, duljina i nagib luka na stupu
- Nagib rasvjetnog tijela
- Izbor rasvjetnog tijela
- Izgled za vrijeme noći i ugodnost:
- Izgled boje svjetla
- Montažna visina rasvjetnog tijela
- Izgled svjetiljke koja svijetli
- Izgled kompletne instalacije kada tijelo svijetli
- Izgled urbanog okoliša kada tijelo svijetli
- Optičko usmjeravanje izravnim svjetlom iz rasvjetnog tijela
- Smanjenje razine svjetlosti u određenom vremenu

5. PROJEKTIRANJE CESTOVNE RASVJETE POMOĆU CAM/CAD ALATA

Na konkretnim primjerima prikazan je način projektiranja rasvjete jednolike prometnice te rasvjete kružnog toka kao konfliktne zone upotrebom DIALux programa za proračun.

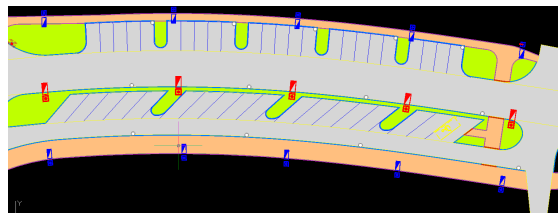
5.1. Projektiranje rasvjete jednolike prometnice

Prema nacrtu u odgovarajućem CAD programu (slika 1.) potrebno je isprojektirati rasvjetu za prometnicu i pješačku stazu (šetnicu).



Slika 1. Situacija prometnice za koju se projektira rasvjeta

Na nacrt u CAD programu potrebno je ucrtati raspored rasvjetnih stupova (slika 2.). Crvenom bojom označeni su rasvjetni stupovi ceste, dok su plavom bojom označeni rasvjetni stupovi pješačke staze.



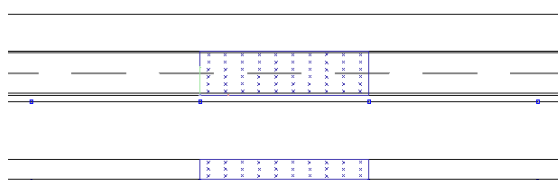
Slika 2. Raspored rasvjetnih stupova

Zatim se pripremljena podloga iz CAD programa unosi u CAM program (DIALux) gdje je potrebno unijeti dimenzije odnosno geometriju prometnice za koju se rasvjeta projektira.

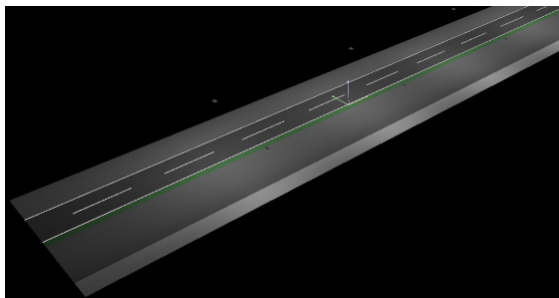
Ukoliko nema unaprijed dostupnih podataka o širini ceste (pješačke staze, biciklističke staze, zelene površine) potrebno je izvršiti izmjeru u odgovarajućem CAD programu te dobivene podatke iskoristiti unosom u za to predviđena polja. Također potrebno je odabrati i klasu prometnice.

Nakon toga potrebno je odabrati vrstu svjetiljke (pri tome se koriste katalogi proizvođača opreme selekcijom kroz izbornik, a s ciljem odabira točnog tipa željene svjetiljke). Tada je potrebno odrediti parametre za odabranu vrstu svjetiljke (razmak između svjetiljki, visina montaže, udaljenost od ruba prometnice, duljinu luka i nagib svjetiljke).

Unosom svih traženih podataka u DIALux-u dobivamo model rasvjete prometnice te pokrećemo svjetlotehnički proračun (slika 3. i slika 4.)



Slika 3. 2D prikaz rasvjete prometnice i pješačke staze



Slika 4. 3D prikaz rasvjete prometnice i pješačke staze

Nakon što je pokrenut svjetlotehnički proračun rasvjete, provjerava se zadovoljava li projektirana rasvjeta uvjete za traženu klasu. Iz proračuna je vidljivo kako rasvjeta zadovoljava sve tražene uvjete za odabranu klasu prometnice M3 i odabranu klasu pješačke staze P6.

Tablica 1. Numerički izračun cestovne rasvjete

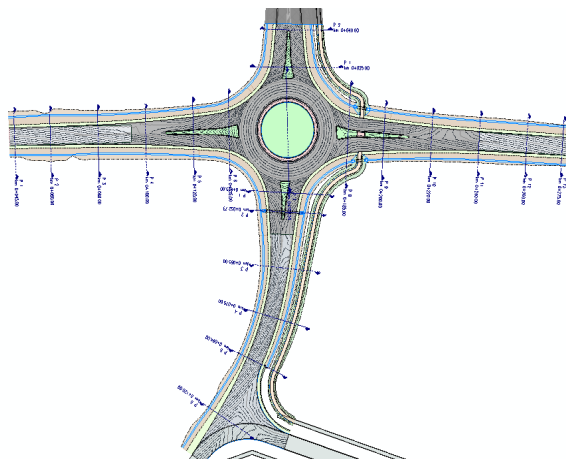
	L_{av} [cd/m ²]	UO	UI	TI[%]	EIR
Izračunata vrijednost	1.34 ✓	0.58 ✓	0.89 ✓	8 ✓	0.82 ✓
Tražena vrijednost	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.35

Tablica 2. Numerički izračun rasvjete pješačke staze

	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]
Izračunata vrijednost	2.55 ✓	1.82 ✓
Tražena vrijednost	≥ 2.00	≥ 0.60

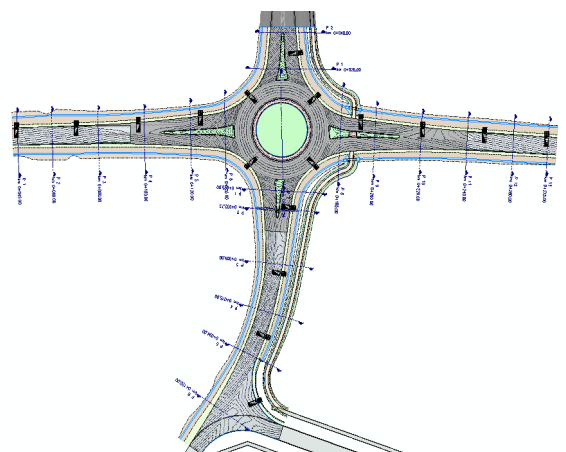
5.2. Projektiranje rasvjete kružnog toka

Prema nacrtu u odgovarajućem CAD programu (slika 5.) potrebno je projektirati rasvjetu kružnog toka i priključnih cesta.



Slika 5. Situacija kružnog toka i prilaznih cesta

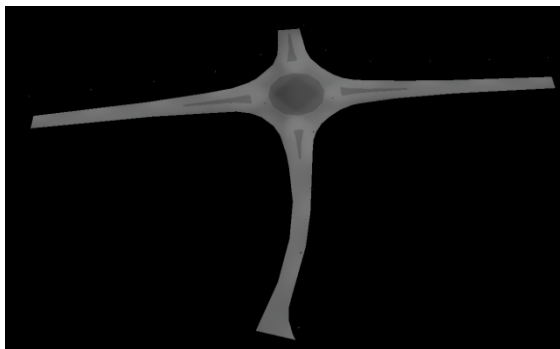
Na nacrt u CAD programu potrebno je ucrtati raspored rasvjetnih stupova (slika 6.).



Slika 6. Raspored rasvjetnih stupova kružnog toka i priključnih cesta

Zatim je u DiaLux potrebno uvesti takav nacrt te na mjesta predviđena nacrtom postaviti svjetiljke odgovarajuće vrste. Tada je potrebno odrediti parametre za odabranu vrstu svjetiljke (razmak između svjetiljki, visina montaže, udaljenost od ruba prometnice, duljinu luka i nagib svjetiljke). Prije odabira svjetiljki, potrebno je odrediti klasu konfliktnog područja. Prema normi HRN EN 13201-1, a sukladno karakteristikama konfliktnog područja, odabrana je klasa C2.

Nakon toga pokrećemo svjetlotehnički proračun (slika 7.).



Slika 7. 3D prikaz rasvjete kružnog toka

Nakon što je pokrenut svjetlotehnički proračun, provjerava se zadovoljava li projektirana rasvjeta uvjete za odabranu klasu konfliktnog područja. Iz proračuna je vidljivo kako rasvjeta zadovoljava sve tražene uvjete za odabranu klasu konfliktne zone C2.

Tablica 3. Numerički izračun rasvjete konfliktne zone

	$E[lx]$	UO
Izračunata vrijednost	23	0,519
Tražena vrijednost	≥ 20	$\geq 0,40$

6. ZAKLJUČAK

Ovaj rad opisuje i demonstrira upotrebu CAM/CAD računalnih programa u svrhu projektiranja javne rasvjete. Programi ovakvog tipa do prije 30-ak godina bili su dostupni isključivo velikim industrijskim korisnicima zbog cijene računala koja su mogla izvršavati takve zadaće, ali i zbog toga što su većinom razvijali sami sebi prilagođene programe. Danas su CAM/CAD programi široko dostupni za različite namjene i našli su primjenu u različitim područjima. Takav alat omogućava brzinu i preciznost kakva se nikad ne bi mogla postići bez upotrebe računala.

Programi koji su se koristili u ovom radu su progeCAD, u kojem smo na geokodiranom nacrtu prometnice ucrtali razmještaj stupova te DIALux 4.13 u kojem su se na osnovu podataka o razmještaju stupova i položaju svjetiljki te dimenzijama prometnice i drugih površina u okolini, obavljali svjetlotehnički proračuni.

Budući smjer razvoja programa za dizajn i modeliranje zasnovat će se na jačanju snage računala koja će omogućiti precizniju i bržu izradu projekta te detaljan pregled situacije pomoću uređaja za virtualnu stvarnost. Kako bi se smanjilo vrijeme potrebno za izradu projekta potrebna je implementacija određenih mogućnosti kojima bi se određene radnje automatizirale i na taj način olakšala izradu projekta, a samim time uštedjelo i vrijeme. Kod projektiranja javne rasvjete to bi se moglo implementirati na način gdje bi unutar programa (ili na vanjskom poslužitelju) bila baza svih dostupnih svjetiljki za program, te bi se jednostavnim unosom dimenzija prometnice, tipom podloge i odabirom željene klase mogao dobiti popis svih svjetiljki koje zadovoljavaju zadane kriterije. Daljnji razvoj može se očekivati i na polju virtualne stvarnosti i 3D animacije gdje će se moći prošetati virtualnim ulicama i imati bolji uvid u cjelokupnu situaciju simuliranog prostora.

LITERATURA:

- [1] Minnesota Department of Transportation: Roadway Lighting Design Manual, 2010.
- [2] Narodne novine (NN 84/11,18/13,148/13,92/14), "Zakon o cestama"
- [3] Narodne novine (NN 48/14), "Pravilnik o energetskom pregledu zgrada i energetskom certificiranju"
- [4] Narodne novine (NN 114/11), "Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja"
- [5] HRI CEN/TR 13201-1:2014 : Smjernice za odabir razreda rasvjete
- [6] HRN EN 13201-2:2015 : Zahtijevana svojstva
- [7] HRN EN 13201-3:2015 – Proračun svojstava
- [8] HRN EN 13201-4:2015 – Metode mjerenja svojstava rasvjete
- [9] CIE Publication 126:1997, Guidelines for minimizing sky glow
- [10] HRN EN 13201-5:2015 – Pokazatelji energetskih svojstava
- [11] CIE Publication 115:2010, Lightning of roads for motor and pedestrian traffic
- [12] CIE Publication 140:2000, Road lightning calculation
- [13] CIE Publication 144:2001, Road surface and road marking reflection characteristics
- [14] Wout van Bommel : Road Lighting, Springer International Publishing Switzerland, 2015.
- [15] D. A. Schreuder : Road Lighting for Safety, Thomas Telford Publishing, 1998.
- [16] Peter R. Boyce : Lighting for Driving: Roads, Vehicles, Signs, and Signals, CRS Press, 2008.

