



ISSN 1986-583X

UNIVERZITET U ZENICI / UNIVERSITY OF ZENICA
Mašinski fakultet / Faculty of Mechanical Engineering
Bosna i Hercegovina / Bosnia and Herzegovina

6. KONFERENCIJA / 6TH CONFERENCE

ODRŽAVANJE 2020

MAINTENANCE 2020

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

UREDNICI / EDITORS:
Fuad Hadžikadunić
Darko Petković



**ENGINEERING
SOURCE**

Novembar / November 20-21, 2020
ZENICA, BiH / B&H



ISSN 1986-583X

UNIVERZITET U ZENICI / UNIVERSITY OF ZENICA
Mašinski fakultet / Faculty of Mechanical Engineering
Bosna i Hercegovina / Bosnia and Herzegovina

6. KONFERENCIJA / 6TH CONFERENCE

ODRŽAVANJE 2020

MAINTENANCE 2020

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

UREDNICI / EDITORS:
Fuad Hadžikadunić
Darko Petković



**ENGINEERING
SOURCE**

Novembar / November 20-21, 2020
ZENICA, BiH / B&H

**6. Konferencija „ODRŽAVANJE 2020 – MAINTENANCE 2020“
20 - 21. novembar 2020., Zenica Bosna i Hercegovina**

Urednici/Editors:

v. prof. dr. Fuad Hadžikadunić

r. prof. dr. Darko Petković

Izdavač/Publisher:

University of Zenica

Faculty of Mechanical Engineering in Zenica

Fakultetska 1, 72000 Zenica

Tel: ++387 32 449-120, 449-143; fax: ++387 32 246-612

E-mail: mf@mf.unze.ba

Za izdavača/For publisher:

Prof. dr. Damir Kukić

Lektor/Lector:

Mr.sc. Branka Petković, prof. bhs jezika i književnosti

Tehnička priprema/Technical assistance and DTP:

mr. Emir Đulić, Emir Čaplja

Štampa/Printed by:

ŠTAMPARIJA FOJNICA

Fojnica

Za štampariju/For printing shop:

Šehzija Buljina

Izdanje/Issue:

200 primjeraka/copies

Copyright © 2020

ISSN 1986-583X

6. Konferencija „ODRŽAVANJE 2020“

Zenica, B&H, 20 - 21 novembar 2020.



UNIVERZITET U ZENICI / UNIVERSITY OF ZENICA
Mašinski fakultet / Faculty of Mechanical Engineering



ORGANIZACIONI ODBOR / ORGANIZING COMMITTEE

Dr. Fuad Hadžikadunić - Predsjednik/President

Dr. Darko Petković

Dr. Mustafa Imamović

Dr. Sabahudin Jašarević

Dr. Ibrahim Plančić

Dr. Fuad Klisura

Dr. Mustafa Hadžalić

Mr. Emir Đulić, sekretar/secretary

PROGRAM SCIENTIFIC REVIEW COMMITTEE

Dr. Darko Petković - Predsjednik/President

- | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| > Fuad Hadžikadunić (B&H) | > Ranko Božičković (B&H) | > Izet Džananović (B&H) |
| > Sabahudin Jašarević (B&H) | > Jusuf Duraković (B&H) | > Miodrag Hadžistević (Serbia) |
| > Fuad Klisura (B&H) | > Mustafa Imamović (B&H) | > Zdravko Krivokapić (CG) |
| > Sabahudin Ekinović (B&H) | > Hotimir Ličen (Serbia) | > Živoslav Adamović (Serbia) |
| > Nermina Zaimović-Uzunović (B&H) | > Bogdan Marić (B&H) | > Deda Đelović (CG) |
| > Nagib Neimarlija (B&H) | > Strain Posavljak (B&H) | > Branislav Čorović (CG) |
| > Nađija Haračić (B&H) | > Izet Smajević (B&H) | > Danilo Nikolić (CG) |
| > Šefket Goletić (B&H) | > Davorka Šaravanja (B&H) | > Špiro Ivošević (CG) |
| > Senad Balić (B&H) | > Jože Vižintin (Slovenia) | > Vito Tič (Slovenia) |
| > Nedim Hodžić (B&H) | > Marinko Aleksić (CG) | > Lorenc Malka (Albania) |
| > Elma Ekinović (B&H) | > Petar Stanojević (Serbia) | > Darko Lovrec (Slovenia) |
| > Nedeljko Vukojević (B&H) | > Borut Zorc (Slovenia) | > Dragutin Lisjak (Croatia) |
| > Dževad Zečić (B&H) | > Ninoslav Zuber (Serbia) | > Božidar Krstić (Serbia) |
| > Malik Čabaravdić (B&H) | > Mileta Janjić (CG) | > Bojan Ačko (Slovenia) |
| > Nusret Imamović (B&H) | > Safet Isić (B&H) | > Hasan Avdić (B&H) |
| > Ibrahim Plančić (B&H) | > Atif Hodžić (B&H) | > Ivo Čala (Croatia) |
| > Edin Begović (B&H) | > Kasim Bajramović (B&H) | > Čedomir Duboka (Serbia) |
| > Džafer Dautbegović (B&H) | > Mustafa Hadžalić (B&H) | > Nasuf Hadžiahmetović (B&H) |
| > Alma Žiga (B&H) | > Ismar Alagić (B&H) | > Tome Jolevski (Macedonia) |
| > Josip Kačmarčik (B&H) | > Senad Alić (B&H) | > Vehbi Ramaj (Kosovo*) |
| > Ranko Antunović (B&H) | > Ilija Čosić (Serbia) | > Ljubodrag Tanović (Serbia) |
| > Aleksandar Karać (B&H) | > Branislav Jeremić (Serbia) | > Mihael Aurel Titu (Romania) |
| > Samir Lemeš (B&H) | > Vidosav Majstorović (Serbia) | |
| > Edin Berberović (B&H) | > Dragutin Stanivuković (Serbia) | |

6. Konferencija „ODRŽAVANJE 2020“

Zenica, B&H, 20 - 21 novembar 2020.

Poštovana/i,

u Vašim rukama je Zbornik sa Šeste konferencije ODRŽAVANJE 2020 Mašinskog fakulteta Univerziteta u Zenici, održane od 20. do 21. novembra 2020. u Zenici.

Vjerujemo da i pored svih nedaća i nepredvidivosti, koje nam je donijela ova godina, nismo iznevjerili skromnu dvanaestogodišnju tradiciju organiziranja spomenute konferencije.

Nastojali smo u okolnostima koje nisu dozvoljavale ozbiljna predviđanja i planiranja, čak ni na sedmičnom nivou, upućujući pozive za konferenciju u maju 2020., planirati sigurno da ćemo konferenciju i održati.

I zajedno smo uspjeli!

U okviru nametnutih pandemijskih ograničenja, kombinacijom 'online' i 'face-to-face' prezentacija, realizovani su prikazi uvodnih referata recenziranih radova po sekcijama, potom pitanja, odgovori, diskusije te zajedničko fotografiranje lica pod maskama za uspomenu i dugo sjećanje u, nadamo se, boljim vremenima.

Želimo vjerovati da Vas Zbornik zatiče dobrog zdravlja i još boljeg raspoloženja. U tom smislu vjerujemo da ćete u njemu naći mnogo toga interesantnog za sebe, svoju organizaciju, kolege, studente ili prijatelje.

Iskreno se zahvaljujemo svim autorima i koautorima radova, a posebno kompanijama, na njihovom, izuzetno značajnom, doprinosu u realizaciji Konferencije.

Očekujući bolja vremena, želimo da konferencija ODRŽAVANJE bude još uspješnija 2022.

S poštovanjem,

v. prof. dr. Fuad Hadžikadunić - predsjednik Organizacionog odbora

r. prof. dr. Darko Petković - predsjednik Naučnog odbora

v. asist. mr. Emir Đulić - sekretar

Zenica, decembar 2020.

Dear Sir/Ms,

The Proceedings of the Sixth Conference MAINTENANCE 2020 of the Faculty of Mechanical Engineering of the University of Zenica is in your hands. The Conference was held from 20 to 21 November 2020 in Zenica.

In spite of all the hardships and unpredictability, brought to us in the course of this year, we did not, as we believe, betray the humble 12-year old tradition of organizing the mentioned Conference.

Although the circumstances did not allow any serious planning, not even for one week, we tried to make the firm plans to hold the conference and, therefore, we sent the invitations already in May 2020.

And together we managed to do it!

Given the restrictions imposed by the pandemic, we combined the online and face-to-face presentations of introductory peer-reviewed papers, which were divided into groups. Afterwards, we held the Q&A session, the discussion and the photo session, in order to capture this time when we had to wear masks over our faces and to keep photos as a memory for, hopefully, better future times.

We want to believe the Proceedings will find you in good health and in good spirits. Accordingly, we believe the Proceedings will present you with many good things both for yourself and for your organization, colleagues, students or friends.

We would like to extend our cordial gratitude to all authors and co-authors, and especially to the companies, for their extremely important contribution to the implementation of this Conference.

Hoping the better times will come, we wish the Conference MAINTENANCE achieve even greater success in 2022.

Sincerely,

Assoc. Prof. Dr Fuad Hadžikadunić – the Organization Board President

Prof. Dr Darko Petković - the Scientific Board President

Senior Assist MSc Emir Đulić - Secretary

Zenica, December 2020

6. Konferencija „ODRŽAVANJE 2020“

Zenica, B&H, 20 - 21 novembar 2020.

SADRŽAJ / CONTENTS

UVODNI REFERATI / KEYNOTE PAPERS

1. NATO KODIFIKACIONI SISTEM KAO GLOBALNI ALAT ZA NABAVKU REZERVNIH DIJELOVA
NATO CODIFICATION SYSTEM AS A GLOBAL TOOL FOR THE PROCUREMENT OF SPARE PARTS,
Marinko Aleksić (Montenegro)..... 1
2. POUZDANOST I ŽIVOTNI CIKLUS KORISNIČKE MREŽNE OPREME ZA PRUŽANJE TELEKOMUNIKACIJSKIH USLUGA
RELIABILITY AND LIFECYCLE OF USER NETWORK EQUIPMENT FOR PROVISION OF TELECOMMUNICATION SERVICES,
Ivan Grgurević, Ivan Jovović, Mateja Jasak, Allen Brodarić (Croatia) 15

SEKCIJE / SESSIONS

3. DETEKCIJA PARAZITNE POTROŠNJE ELEKTRO SUSTAVA OSOBNOG AUTOMOBILA
DETECTION OF PARASITIC CONSUMPTION OF PERSONAL CAR ELECTRIC SYSTEM,
Leonard Balukčić, Hrvoje Glavaš, Držislav Vidaković (Croatia) 25
4. REKONSTRUKCIJA TOVARNOG SANDUKA DAMPERA CAT 777-D U CISTERNU ZA VODE
THE RECONSTRUCTION OF CARGO BOX OF TIPPER TRUCK CAT 777-D INTO WATER TANK,
Kasim Bajramović, Irfan Bajramović, Admir Muslija (Bosnia and Herzegovina) 33
5. PREGLED I ODRŽAVANJE PUMPNOG AGREGATA FLYGT 2125.181
INSPECTION AND MAINTENANCE OF THE PUMP UNIT FLYGT 2125.181,
Kasim Bajramović, Mustafa Hadžalić, Dino Tica (Bosnia and Herzegovina)..... 41
6. MODELIRANJE I OPTIMIZACIJA ODRŽAVANJA
MODELING AND MAINTENANCE OPTMIZATION,
Bogdan Marić, Vlado Medaković (Bosnia and Herzegovina)..... 49
7. UTICAJ UVOĐENJA TEHNOLOGIJE ZATVORENOG LIVENJA NA KVALITET UGLJENIČNOG ČELIKA
THE INFLUENCE OF THE INTRODUCTION OF CLOSED CASTING TECHNOLOGY ON THE QUALITY OF CARBON STEEL,
Aida Imamović, Fuad Klisura, Mirsada Oruč, Omer Kablar, Almedina Podojak (Bosnia and Herzegovina) 55
8. MONTAŽA U DRVOPRERADI I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA
ASSEMBLY IN WOODPROCESSING AND FURNITURE PRODUCTION,
Ismar Alagić (Bosnia and Herzegovina)..... 63
9. PRIMJENA SMED-a U ODRŽAVANJU
APPLICATION OF SMED CONCEPT IN MAINTENANCE,
Ismar Alagić (Bosnia and Herzegovina)..... 73

10. SISTEMI ZA UPRAVLJANJE TOKOM MATERIJALA I PRIMJERI PRIMJENE U INDUSTRIJI MATERIAL MANAGEMENT SYSTEMS AND THEIR APPLICATION IN INDUSTRIAL CONDITIONS, Ismar Alagić (Bosnia and Herzegovina)	81
11. AKTUALIZACIJA ACTUALIZATION, Suad Sućeska (Bosnia and Herzegovina)	91
12. UTICAJ VRSTE GORIVA I REŽIMA RADA NA IZDUVNU EMISIJU GLAVNOG BRODSKOG DIZEL MOTORA INFLUENCE OF FUEL TYPE AND OPERATING MODE ON EXHAUST EMISSIONS OF MAIN MARINE DIESEL ENGINE, Sead Cvrk, Dravko Božičković, Nikola Manojlović (Montengro, Bosnia and Herzegovina)	97
13. MJERE PRIPREME I ODRŽAVANJA KOD IZGRADNJE I SANACIJA ZGRADA MEASURES OF PREPARATION AND MAINTENANCE IN THE CONSTRUCTION AND REHABILITATION OF BUILDINGS AND ROADS, Aleksandar Jurić, Držislav Vidaković, Krunoslav Minažek, Ivan Damjanović (Croatia)	105
14. ODRŽAVANJE OPREME U ORGANIZACIJI S LEAN POSLOVANJEM EQUIPMENT MAINTENANCE IN ORGANIZATIONS OPERATING ON THE LEAN PRINCIPLE, Držislav Vidaković, Matej Martić, Hrvoje Glavaš (Croatia)	115
15. WHAT USERS SHOULD KNOW ABOUT ERP SYSTEMS MAINTENANCE?, Dražena Gašpar (Bosnia and Herzegovina)	123
16. REMONT ŠKOLSKOG BRODA „JADRAN“ STUDIJA SLUČAJA OVERHAUL OF TRAINING SHIP „JADRAN“ CASE STUDY Marinko Aleksić, Sead Cvrk, Drako Petković (Montengro, Bosnia and Herzegovina) ..	131
17. SAVREMENA TEHNIKA I LJUDSKA PRAVA MODERN TECHNOLOGY AND HUMAN RIGHTS, Faruk Kozić (Bosnia and Herzegovina)	139
18. FORMIRANJE VIBRACIJSKOG SIGNALA I NJEGOVE OSOBINE KOJE ODREĐUJU NEISPRAVNOST VIBRATION SIGNAL FORMATION AND ITS FAULT DIAGNOSIS ABILITIES, Davorka Šaravanja, Darko Petković (Bosnia and Herzegovina)	147
19. CONTINUOUS ANALOG MONITORING OF HYDRAULIC RETURN-LINE FILTER PRESSURE, Vito Tič, Darko Lovrec (Slovenia)	155
20. DIJAGNOSTIKA STANJA I PRIJEDLOG MJERA SANACIJE DŽAMIJE TABAČICA U MOSTARU CONDITION DIAGNOSTICS AND PROPOSED MEASURES FOR THE REMEDIATION OF THE TABAČICA MOSGUE IN MOSTAR, Faris Trešnjo, Azra Mahinić, Marko Čećez, Amra Šarančić – Logo, Merima Šahinagić – Isović (Bosnia and Herzegovina)	161
21. DETERMINATION OF VALVE WEAR BASED ON CHARACTERISTICS MEASUREMENT, Darko Lovrec, Vito Tič (Slovenia)	169

22. INSTALACIJA I ODRŽAVANJE CLOUD SERVERA ZA BACKUP PODATAKA INSTALLATION AND MAINTENANCE OF CLOUD SERVER FOR DATA BACKUP, Pavelić Krešimir, Kurilj Krunoslav, Vidaković Držislav (Croatia)	175
23. RIZICI, ZAHTJEVI I STANDARDI SA ASPEKTA SIGURNOSTI U ZAVARIVAČKIM PROCESIMA RISKS, REQUIREMENTS AND STANDARDS FROM THE SECURITY ASPECT IN WELDING PROCESSES, Emir Đulić (Bosnia and Herzegovina)	181
24. OUTSOURCING U ODRŽAVANJU – ISKUSTVA IZ DRVNE INDUSTRIJE BIH OUTSOURCING IN MAINTENANCE-EXPERIENCE FROM THE B&H WOOD INDUSTRY, Sanin Hasanić, Emina Brkić, Amina Pandžo (Bosnia and Herzegovina)	191
25. PRIMJENA PRINTANIH 3D MODELA U PROCESU LIVENJA REZERVNIH DIJELOVA APPLICATION OF 3D PRINTED MODELS IN THE CASTING PROCESS OF SPARE PARTS, Baručija Anel, Kačmarčik Josip, Hadžalić Mustafa Mujagić Derviš (Bosnia and Herzegovina)	197
26. PERIODIČNI PREGLEDI, STATIČKO I DINAMIČKO PROBNO ISPITIVANJE DIZALICA PERIODIC INSPECTIONS, STATIC AND DYNAMIC TRIAL EXAMINATION OF CRANES, Adnan Panjević (Bosnia and Herzegovina)	207
27. PREDIKTIVNO ODRŽAVANJE PROCESNIH VENTILATORA VELIKIH SNAGA PREDICTIVE MAINTENANCE OF HIGH POWER PROCESS FANS, Safet Brdarević, Senad Alić, Sabahudin Jašarević (Bosnia and Herzegovina)	215
28. POSTUPAK CENTRIRANJA PROCESNIH VENTILATORA PROCEDURE OF CENTERING PROCESS FANS AS A PART OF THEIR PREDICTIVE MAINTENANCE, Safet Brdarević, Senad Alić, Đemil Lušija (Bosnia and Herzegovina)	225
29. PRIMJENA FREKVENTNIH PRETVARAČA U RUKOVANJU I ODRŽAVANJU ISTOVARNIH STANICA – VIPER APPLICATION OF FREQUENCY CONVERTERS IN HANDLING AND MAINTENANCE OF UNLOADING STATIONS – VIPER, Senad Alić, Senad Džidić, Emir Đulić (Bosnia and Herzegovina)	235
30. UTICAJ METEOROLOŠKIH USLOVA NA KONCENTRACIJE SO ₂ U ZRAKU ZENIČKE KOTLINE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON SO ₂ CONCENTRATIONS IN THE AIR OF THE ZENICA VALLEY, Vehid Birdahić, Nusret Imamović, Šefket Goletić (Bosnia and Herzegovina)	243
31. METODOLOGIJA REALIZACIJE REMONTNIH AKTIVNOSTI PREMA PRINCIPIMA PROJEKTOG MENADŽMENTA METHODOLOGY OF REALIZATION OVERHAUL ACTIVITIES ACCORDING TO THE PRINCIPLES OF PROJECT MANAGEMENT, Emir Đulić, Mustafa Imamović (Bosnia and Herzegovina)	249
32. PRIMJENA SCHUBERTOVE FUNKCIONALNO-INDIKATORSKE METODE ZA ODREĐIVANJE USPJEŠNOSTI ODRŽAVANJA APPLICATION OF SCHUBERT'S FUNCTIONAL-INDICATOR METHOD FOR DETERMINING SUCCESS OF MAINTENANCE IN COAL MINING FACTORY WITH UNDERGROUND EXPLOATATION, Tarik Karalić, Sabahudin Jašarević (Bosnia and Herzegovina)	257
33. ODRŽAVANJE GRAĐEVINSKIH OBJEKATA U INDUSTRIJI MAINTENANCE OF CONSTRUCTION FACILITIES IN INDUSTRY, Mustafa Imamović, Fuad Hadžikadunić, Emir Đulić (Bosnia and Herzegovina)	265

34. ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI ZBRINJAVANJA ISKORIŠTENIH ULJNIH FILTERA NA PODRUČJU ZENIČKO-DOBOJSKOG KANTONA RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF DISPOSAL OF USED OIL FILTERS ON AREA OF ZENICA-DOBOJ CANTON, Muvedet Šišić, Vehid Birdahić, Nusret Imamović, Šefket Goletić (Bosnia and Herzegovina)	273
35. KONSTRUKCIJA ULAZNE HAUBE FILTERA ZA PREČIŠĆAVANJE PLINOVA DESIGN OF GAS PURIFICATION INLET HOOD, Nedeljko Vukojević, Muamer Terzić, Hasan Halilović, Nedeljko Babić (Bosnia and Herzegovina)	281
36. TRENDOVI U ORGANIZACIJI SISTEMA ODRŽAVANJA U PREDUZEĆIMA DRVNE INDUSTRIJE U BIH TRENDS IN ORGANIZING MAINTENANCE SYSTEMS IN WOOD INDUSTRY ENTERPRISES IN B&H, Alan Lisica (Bosnia and Herzegovina)	289
37. TEHNIČKA REGULATIVA I ODRŽAVANJE OPREME POD PRITISKOM TECHNICAL REGULATION AND MAINTENANCE OF PRESSURE EQUIPMENT, Zlatan Ištvančić, Tintor Vukašin (Bosnia and Herzegovina)	295
38. TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA DIZALIČNIH SISTEMA U KONTEKSTU ODRŽAVANJA PREMA EVROPSKIM STANDARDIMA TECHNICAL DIAGNOSIS OF CRANE SYSTEMS IN THE CONTEXT OF MAINTENANCE ACCORDING TO EUROPEAN STANDARDS, Amel Tuka, Fuad Hadžikadunić, Elvir Halilčević, Admir Muslija (Bosnia and Herzegovina)	305
39. UPRAVLJANJE RIZICIMA KOD AEROZAGAĐENJA U GRADU ZENICA RISK MANAGEMENT FOR AIR POLLUTION IN THE CITY OF ZENICA, Fuad Klisura (Bosnia and Herzegovina)	313
40. UTICAJ AKTIVNOSTI ODRŽAVANJE NA PROJEKTOVANJE TOKOVA OPERACIJA U DRVOPRERAĐIVAČKOM PROIZVODNOM SISTEMU, Darko Petković, Ajdin Jeleč (Bosnia and Herzegovina)	321
41. PROJEKTOVANJE SISTEMA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA – ZAKONSKE NORME I PROCEDURE DESIGN OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEM - LEGAL STANDARDS AND PROCEDURES Muamer Terzić (Bosnia and Herzegovina)	331
INDEX AUTORA / AUTHORS INDEX	337

UVODNI REFERATI
KEYNOTE PAPERS

NATO KODIFIKACIONI SISTEM KAO GLOBALNI ALAT ZA NABAVKU REZERVNIH DIJELOVA

NATO CODIFICATION SYSTEM AS A GLOBAL TOOL FOR THE PROCUREMENT OF SPARE PARTS

Doc. dr Marinko Aleksić dipl. inž.
Univerzitet Adriatik, Pomorski fakultet Bar &
Hemijska industrija Polix Berane

REZIME

NATO kodifikacioni sistem (NCS) jedinstven je i zajednički sistem za identifikaciju, klasifikaciju i označavanja stavki snabdijevanja država korisnica sistema. Dizajniran je da postigne maksimalnu efikasnost u logističkoj podršci i olakša upravljanje podacima o materijalnim sredstvima. Sistem je prvenstveno namijenjen za vojne logističare, a u radu su opisane mnogostruke prednosti koje sistem pruža i državama i proizvođačima, kako namjenskih vojnih proizvoda, tako i civilnih. Posebno su naglašena olakšanja koja sistem omogućava u nabavci rezervnih dijelova i upravljanja životnim ciklusom vojnih sistema i opreme.

Ključne riječi: Kodifikacija, logistika, rezervni dijelovi.

ABSTRACT

The NATO Codification System (NCS) is a uniform and common system for identification, classification and stock numbering of Items of Supply of user nations. It is designed to achieve maximum effectiveness in logistics support and to facilitate materiel data management. The system is primarily intended for military logisticians, and the paper describes the multiple advantages that the system provides to both countries and manufacturers of both dedicated military and civilian products. The facilitations that the system enables in the procurement of spare parts and life cycle management of military systems and equipment are especially emphasized.

Key words: codification, logistics, spare parts.

1. UVOD

NATO sistem kodifikacije - NCS je jedinstveni sistem identifikacije, klasifikacije, označavanja i publikovanja podataka o materijalnim sredstvima u oružanim snagama sa ciljem da se oprema jedinstveno razvrstava i raspoznaje, da se omogući kompjuterska obrada podataka, logistička komunikacija i izmjena podataka u nacionalnom i internacionalnom okviru, čime se olakšava upravljanje lancem snabdijevanja^[1].

Kooperativna logistika unutar NATO-a bazira se na činjenici da oružane snage mogu komunicirati jednim standardnim jezikom na polju upravljanja materijalnim resursima. NATO kodifikacioni koncept kreira taj zajednički jezik korišćenjem NATO skladišnog broja NSN (engl.-NATO Stock Number). Prihvatanje NATO kodifikacionog koncepta se smatra važnom mjerom za zemlje u cilju kooperacije s NATO-om na polju logistike, radi obezbjeđenja interoperabilnosti i efektivne logističke podrške ^[2].

U savezu kakav je NATO, koncept interoperabilnosti, kao sposobnosti zajedničkog djelovanja, je od primarne važnosti i treba da bude primijenjen u svakoj oblasti. Ovaj sistem je razvijen zbog lekcija naučenih u istoriji sa svrhom:

- Uspostaviti zajednički jezik snabdijevanja tokom svih logističkih operacija
- Omogućiti interoperabilnost
- Optimizovati upravljanje resursima minimizirajući dupliciranje zaliha.

2. PRINCIPI KODIFIKACIJE

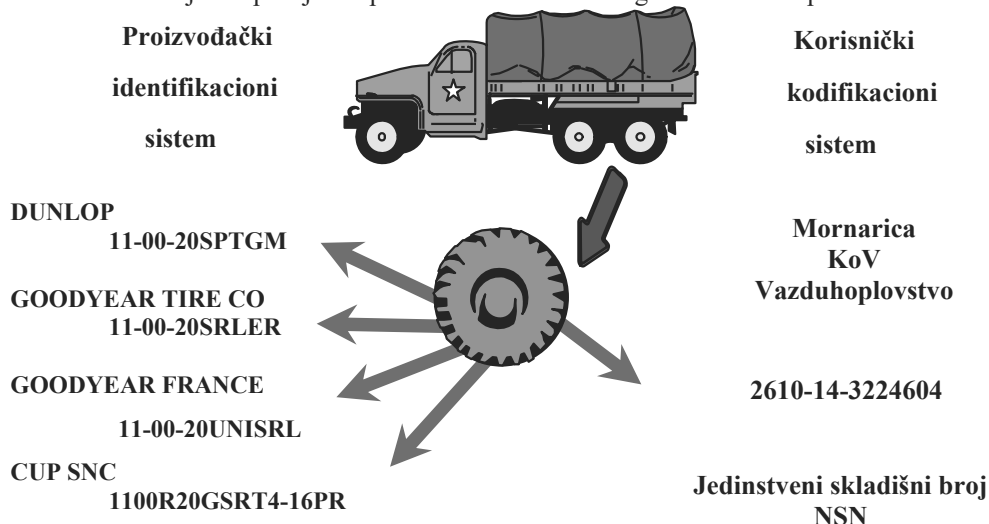
Kodifikacija postoji prvenstveno za podršku vojnim logističarima. U svom svakodnevnom radu logističar mora odgovoriti na razna pitanja o predmetima snabdijevanja kojima se bavi:

- Kako mogu naručiti ovo sredstvo ili rezervni dio?
- Koliko to košta?
- Gdje ga mogu skladištiti i koji posebni zahtjevi za skladištenje postoje za ovaj predmet?
- Ko proizvodi predmet?
- Je li predmet već u upotrebi naših snaga ili neke druge države?
- Može li se predmet ponovo koristiti?
- Može li se predmet spasiti ili reciklirati?
- Postoje li opasne komponente u materijalu?
- Koji rezervni dijelovi su potrebni?
- Da li su rezervni dijelovi dostupni u nacionalnom ili NATO sistemu?[1]

Jasno je da odgovori na ova pitanja omogućavaju prednosti za nabavku, upravljanje resursima, odlaganje i održavanje. Za nabavu nam je potreban detaljan opis predmeta i pristup informacijama o nabavi. Za upravljanje resursima potrebno nam je pravilno skladištenje kako bismo osigurali operativnu spremnost, preraspodjelu među korisnicima, zahtjeve za ambalažom, vijek trajanja i prevoz. Tehničari i inženjeri traže priručnike i tehničku dokumentaciju za održavanje. Na kraju životnog ciklusa predmeta potrebno je razmisliti o odlaganju. Vrlo su važni postupci zbrinjavanja i kontrola potencijalnih korisnika viška opreme. Odgovor na ova pitanja nalaze se u informacijama povezanim sa NATO skladišnim brojem NSN.

3. NATO SKLADIŠNI BROJ - NSN

Svaki vlasnik materijalnog sredstva, proizvođač ili korisnik, zahtijeva sistem za identifikaciju stavki. Na slici 1 je dat primjer za pneumatik – kamionsku gumu. Različiti proizvođači za



Različiti proizvođački brojevi

Slika 1. Set proizvođačkih oznaka i brojeva – jedan NSN

pneumatik sa istim karakteristikama koriste različite brojeve, a NATO koristi jedinstveni NATO skladišni broj – NSN [3]. Ako stavka snabdijevanja - rezervni dio ima iste karakteristike u smislu oblika, prilagodljivost i funkcije (engl.- form, fit and function), nije bitno ko ga koristi i nije bitno na kom je sistemu ili opremi, njemu se dodjeljuje jedan NATO skladišni broj NSN. Tako se on koristi u svim zemljama za upravljanje zalihama tog dijela - stavke snabdijevanja.

< OBLIK, PRILAGODLJIVOST i FUNKCIJA > znače:

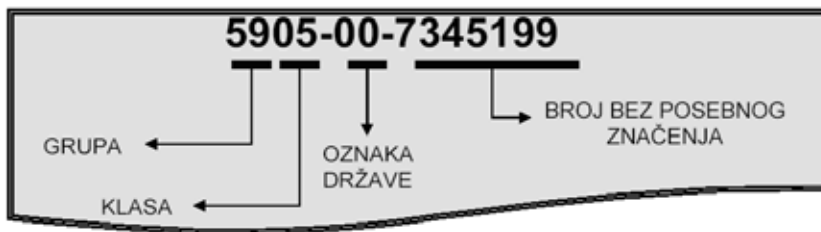
- OBLIK - Oblik, veličina, dimenzije i drugi fizički mjerljivi parametri koji jedinstveno karakterišu proizvod. Za softver, forma označava softverski jezik i medij.
- PRILAGODLJIVOST, PODESNOST - Sposobnost proizvoda da spoji ili međusobno povezuje integralne dijelove drugog proizvoda.
- FUNKCIJA - Djelovanje za koje je proizvod namijenjen.

NATO kodifikacija je zapravo jedinstveni sistem identifikacije, klasifikacije i označavanja brojnih materijalnih sredstava. Temelji se na Saveznom kataloškom sistemu SAD, a u NATO je uveden na osnovu STANAG sporazuma: STANAG 3150 - jedinstveni sistem klasifikacije sredstava i STANAG 3151 - jedinstveni sistem identifikacije sredstava [4].

Prilikom kodifikacije primjenjuju se dva osnovna pravila:

1. Svaka -sredstvo snabdijevanja ima jedan jedinstveni broj
(**JEDNA STAVKA – JEDAN BROJ**)
2. Nacionalni kodifikacioni biro države koja proizvodi stavku kodifikuje stavku, bez obzira ko koristi tu stavku-sredstvo. To se primjenjuje i u slučaju da država proizvođač ne koristi to sredstvo.

NATO skladišni broj NSN (engl.- NATO Stock Number), slika 2, se sastoji od 13 cifara, a podijeljen je u tri dijela: prvi dio – četiri cifre, drugi dio – dvije cifre i treći dio- sedam cifara.



Slika 1 Kompozicija NSN broja

Prva dva broja određuju GRUPU sredstava iz koje se nalazi sredstvo snabdijevanja. Treći i četvrti broj određuju KLASU sredstva. Zajedno sa prva dva broja određuje o kojem se sredstvu radi, namjeni sredstva i služi za identifikaciju sredstava po grupama i klasama, slika 3. Peti i šesti broj označavaju OZNAKU ZEMLJE proizvođača sredstva koja pušta proizvod u upotrebu. Pored članica NATO-a, određeni su i brojevi zemalja koje se bave proizvodnjom i prometom naoružanja i vojne opreme van NATO-a. Na primjer, za SAD su brojevi 00, za Crnu Goru 77, za Bosnu i Hercegovinu 75, a za Srbiju 73. Ostatak je broj bez posebnog značenja. Taj broj se dodjeljuje sukcesivno [5].

Jedan NSN sadrži podatke o:

- fizičkim karakteristikama sredstva i komponenata
- kvalitetu sredstava
- cijeni i uslovima prodaje
- pakovanju i uslovima transporta
- uslovima skladištenja i roku (vijeku) upotrebe

- proizvođačima
- korisnicima
- povezanosti sistema u mreži korisnika i proizvođača
- zamjenljivosti sredstava
- kriterijumima za njegovu opravku
- određivanju postupaka za uništavanje

oznaka	Grupa sredstava
10	Naoružanje
11	Nuklearno oružje
12	Oprema za kontrolu vatre
13	Municija i minkoeksplozivna sredstva
14	Vodeni projektili
15	Letjelice i konstrukcije letjelica
16	Sklopovi i dodatna oprema letjelica
17	Oprema za poljetanje, sletanje i rukovanje letjelicama na zemlji
18	Svemirske letjelice
19	Brodovi, mala plovila, pontoni i plutajući dokovi
20	Brodsko i mornarička oprema
21	
22	Željeznička oprema
23	Koprena vozila, motorna vozila, prikolice i motocikli
24	Traktori
25	Sklopovi, uređaji i oprema vozila
26	Točkovi i pneumatici
27	
28	Motori, turbine i sklopovi motora
29	Dodatna oprema i sklopovi motora
30	Transmisija (sklopovi, uređaji i oprema za transmisiju)
31	Ležajevi
32	Strojevi i oprema za obradu drveta
33	
34	Strojevi za obradu metala
35	Oprema za pružanje usluga i trgovinu
36	Specijalni industrijski strojevi
37	Poljoprivredni strojevi i oprema
	Oprema za izgradnju, miriranje, iskopavanje i održavanje puteva

Ornaka	Grupa i klasa sredstava
GRUPA 10	
10	Naoružanje
Napomena: Ova grupa uključuje borbeno oružje kao i neborbena sredstva koja izgledaju kao oružje, kao što su pirotehnički pistoleti. U ovu grupu uključena je i oprema za neutralizaciju oružja, kao što je oprema za zavarivanje, kamuflišne mreže i sl. Izuzeti iz ove grupe su uređaji za kontrolu paljbe i noćni uređaji klasifikovani u grupama 12 ili 58.	
1005	Naoružanje kalibra do 30 mm Uključuje: mitraljeze, puškomitraljeze, teške mitraljeze, puske i pištolje Isključuje: kugole, letjelice
1010	Naoružanje kalibra od 30 do 75 mm Uključuje: mehanizam zadnjaka cijevi; lafete; lansere granata za granate sa integralnom čahurom; pojedinačnu paljbu; vatru ili automatsko pušanje ili automatsku paljbu.
1015	Naoružanje kalibra od 75 do 125 mm Uključuje: mehanizam zadnjaka cijevi; lafete; nabijač
1020	Naoružanje kalibra od 125 do 150 mm Uključuje: mehanizam zadnjaka cijevi; "power drive"; stitove topa
1025	Naoružanje kalibra od 150 do 200 mm Uključuje: platformu; nabijač; stitove topa
1030	Naoružanje kalibra od 200 do 300 mm Uključuje: sprege topa; nabijač; odvijanje
1035	Naoružanje kalibra preko 300 mm Uključuje: mehanizam zadnjaka cijevi; mehanizme za obuku; "power drive" (vođenje snage)

Slika 2 Neke grupe i klase u NCS

Sve što vojska nabavlja je podložno kodifikaciji, slika 4, svi predmeti koji će se unijeti u inventar i njima se upravljati. Čak i ako se stvar ne podiže na naplatu, ako treba njome upravljati, treba je kodificirati. Civilne kompanije proizvode ili pružaju komercijalnu robu (engl.-Commercial off the Shelf COTS), a te stavke mogu se kodifikovati i pohraniti u bazu podataka NMCRL – NATO Master Katalog Referenci Logistike.



Slika 3. Šta se kodifikuje?

Šta treba kodifikovati? U teoriji, sistem snabdijevanja ne bi trebalo da rješava zahtjeve ako ne koriste NSN-ove ... ili bi trebalo imati ugrađeni postupak za izvršenje kodifikacije prije nego što riješi zahtjeve.

Kompanije iz Crne Gore su kodifikovale svoje proizvode namjenske i civilne industrije kako bi one bile vidljive i svoje proizvode učinile vidljivima u NATO zajednici i drugim državama koje koriste sistem [6]. Kompanija postaje vidljiva dobijanjem kompanijskog koda NCAGE. Šta to znači pokazuje činjenica da već postoji kodificirano 6 miliona predmeta proizvedenih u SAD-u i oko 11 miliona u ostalim zemljama NATO-a. Ovo je ogromno tržište

na kojem sve kompanije žele biti prisutne. Ovdje ćemo predstaviti primjere iz Crne Gore. Prvi kodifikovani crnogorski originalni proizvod je pištolj TM9 kojem je dodijeljen NSN 1005-77-0000001. Ovo je proizvod namjenske odbrambene industrije [7]. Nakon toga je kodifikovan veliki broj proizvoda i kompanija, kojima se dodjeljuje entitetski – kompanijski kod NCAGE¹. Ali postoje i mnogi drugi proizvodi koji su kodificirani. Npr. detonatorska kapisla broj 8 DK-8 je dobila skladišni broj NSN 1375-77-000-0074, što pokazuje da je to 77. po redu kodifikovani proizvod. Neki od kodifikovanih crnogorskih proizvoda prehrambene industrije su:

1. Vino, REZERVA	NSN 8965-77-000-0004
2. Vino, VRANAC	NSN 8965-77-000-0008
3. Vino, VRANAC PRO CORDE	NSN 8965-77-000-0011
4. Lozova rakija, PRVIJENAC	NSN 8965-77-000-0026
5. Goveda kobasica,	NSN 8905-77-000-0027
6. Goveđi gulaš, konzerviran	NSN 8905-77-000-0028

Koji su interesi crnogorskih prehrambenih kompanija u tome? One očekuju mogućnost da svoj proizvod ponude NATO trupama koje prolaze kroz Crnu Goru, NATO trupama u susjedstvu, NATO trupama ili brodovima tokom vježbi u Crnoj Gori ili direktno u Evropi ili SAD-u [8].

5. KO VRŠI KODIFIKACIJU ?

Kodifikaciju vrši NCB - Nacionalni kodifikacioni biro države, koji se nalazi u Ministarstvu odbrane. Svaki NCB je jedino odgovoran pred drugim zemljama za razmjenu podataka i kodifikaciju. Pripremu podataka za kodifikaciju vrši sama kompanija ili poseban ugovarač, a NCB vrši potvrđivanje i tzv. međunarodne transakcije posebnim softverom prema NATO Agenciji za snabdijevanje i nabavku NSPA i drugim zemljama u NCS sistemu. U današnje vrijeme kodifikacija se ne može izvoditi bez posebnog softvera. Postoji više softvera, koji se koriste u različitim nacionalnim biroima za kodifikaciju. Zajednička osnova im je da su bazirani na pravilima NATO kodifikacionog sistema i specifikacijama NATO priručnika za kodifikaciju ACodP-1 [9]. Oni podržavaju, na višem ili manjem nivou, sve nacionalne i internacionalne kodifikacione aktivnosti. Njihovo korišćenje ima za svrhu da podigne kvalitet, produktivnost i ekonomičnost procesa kodifikacije. Kvalitet im se razlikuje zavisno od toga koliko su komplikovani, na kom su operativnom sistemu zasnovani, koje dodatne mogućnosti imaju, da li su web-orijentisani itd. Crna Gora, Srbija i Sjeverna Makedonija koriste softver Bulkod, a Bosna i Hercegovina N-Core NG.

NATO Kodifikacionim sistemom se upravlja od strane NATO grupe Nacionalnih Direktora na NATO Kodifikacionom Komitetu 135 - AC/135. Komitet AC/135 je potpisao Memorandum o razumijevanju sa NATO Agencijom za snabdijevanje i nabavku - NATO Supply and Procurement Agency (NSPA) za pružanje specifične tehničke i administrativne podrške.

AC/135 publikuje dokumentaciju za podršku NATO kodifikacionog sistema. Jedna od veoma važnih je NMCRL - NATO Master katalog logističkih referenci. To je DVD publikacija i ažurna web-aplikacija (NMCRL WEB) koja obuhvata NATO skladišne brojeve svih zemalja NATO i onih van NATO koje ga koriste. Sadrži identifikacione podatke stavki koje se proizvode, listu država koje ih koriste, proizvođače i izvore snabdijevanja. NMCRL je osnovni alat za: kodifikatora da odredi da li je stavka već identifikovana od strane druge

¹ Interesantno je da nijedna nevladina organizacija, u bilo kojoj zemlji, ne može dobiti grant od Ambasade SAD, a da prije toga nije dobila NCAGE entitetski ili kompanijski kod od strane NSPA.

zemlje; logističara da odredi izvore snabdijevanja za datu stavku i drugim korisničkim državama za omogućavanje ukrštenog servisa.

6. KORIŠĆENJE NCS-A OD STRANE ZEMALJA VAN NATO-A

Sve više zemalja van NATO, uključujući Partnerstvo za mir, Mediteranski dijalog i zemlje Pacifičkog regiona koriste NCS. Te zemlje prepoznaju benefite adaptacije na NCS za interne odbrambene i industrijske potrebe, za saradnju sa NATO zemljama i za saradnju jedne s drugim.

Grupa Nacionalnih direktora za kodifikaciju - AC 135 prepoznaje da postoje prednosti i za NATO i za zemlje van NATO-a u njihovom adaptiranju na NCS. Jedna od politika grupe jeste da savezničkim i prijateljskim zemljama širom svijeta omogući učestvovanje u sistemu NCS. U svrhu olakšavanja i formalizovanja te participacije, Komitet AC/135 je inicirao Program „sponzorstva“. To je predmet formalnog sporazuma između zemalja van NATO i AC/135. Program „sponzorstva“ je dizajniran tako da pomaže zemljama kandidatima na putu da postanu punopravni članovi NCS zajednice, a da u isto vrijeme očuva visok kvalitet servisa i informacija postojećeg sistema i procedure [10].

6.1. Nivoi sponzorstva –Tier1 i Tier2

Razvoj kodifikacionih kapaciteta neke zemlje je postepen proces. Zbog toga je Komitet AC/135 uveo dva nivoa „sponzorstva“: Tier-1 i Tier-2.

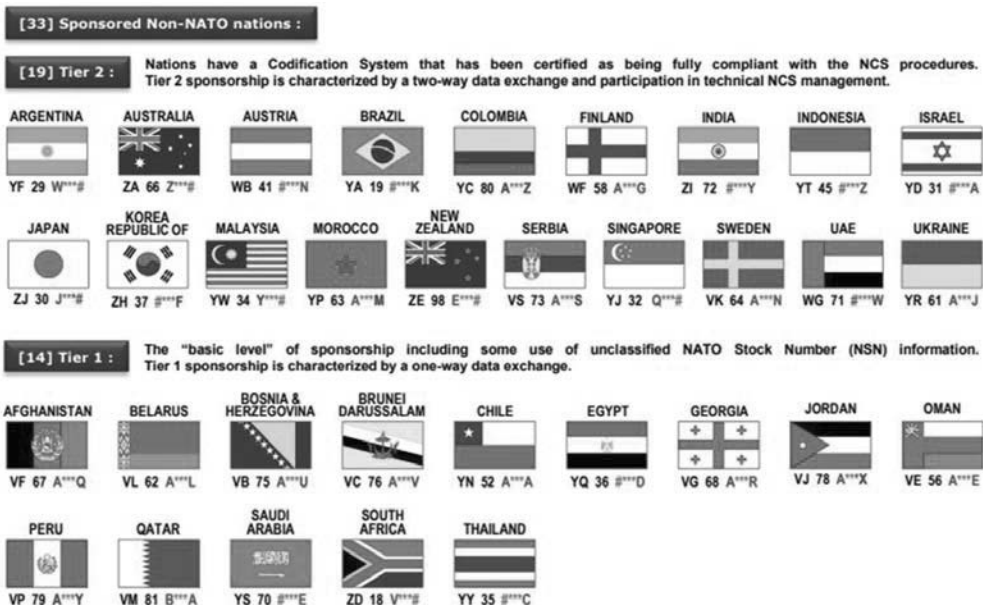
Tier-1 je osnovni nivo sponzorstva za zemlje koje nemaju kodifikacioni sistem, koje nisu još u potpunosti usaglasile svoj sistem sa ACodP-1 procedurama ili koje su izabrale da iz ekonomskih razloga ostanu na tom nivou. Ovaj nivo sponzorstva je karakterističan po jednosmjernoj izmjeni podataka sa određenim privilegijama i ograničenjima.

Tier-2 je nivo za zemlje koje imaju kodifikacioni sistem koji je sertifikovan i potpuno usaglašen s NCS procedurama, na nivou NATO država. Karakterističan je po dvosmjernoj razmjeni podataka. Svaki nivo sponzorstva, Tier 1 i Tier 2, pruža specifične prednosti i benefite.

TIER 1 (ulazni nivo) :

- Formalizacija odnosa sa NATO komitetom za standardizaciju AC/135, svim NATO zemljama i ostalim sponzorisanim zemljama van NATO po pitanju kodifikacije.

- Trenutno dodjeljivanje neophodnog nacionalnog koda neophodnog za početak ili razvoj nacionalnog kodifikacionog sistema.(U NATO skladišnom broju dvije cifre



Slika 4 Spisak država u statusu Tier 2 i Tier 1

predstavljaju nacionalni kod)

- Korišćenje provjerenog i osvjedočenog kodifikacionog softvera
- Pristup bazi od 17 miliona NATO skladišnih brojeva i informacija vezanih za njih. (Najveća na svijetu)
- Mogućnost korišćenja NATO sistema Mailbox za razmjenu kodifikacionih podataka sa NATO i sponzorisanim zemljama
- Mogućnost dobijanja tehničke pomoći od strane NATO zemalja kroz program BASELOG NATO komiteta AC/135
- Prijem regularnih ažuriranja preko Savezničkih kodifikacionih publikacija, oficijelnih dokumenata i brošura.
- Mogućnost dodavanja svojih vlastitih podataka u standardizovani NATO set proizvoda o stavkama (NMCRL – NATO Master katalog logističkih referenci, fajl sa imenima proizvođača NCAGE, fajl sa imenima stavki, itd.)
- Mogućnost predlaganja promjene sistema

TIER 2 :

Dodatno na benefite iz Tier 1 nivoa sponzorstva, zemlje na nivou Tier 2 će imati slijedeće benefite:

- Postaju punopravni članovi NCS zajednice.
- Dvosmjerni put razmjene podataka s NATO i sponzorisanim zemljama
- Učestvovanje na sastancima Tehničkog komiteta Panel A koji se bavi tehničkim pitanjima kodifikacije

Za ulazak u Tier2 Nacionalni kodifikacioni biro polaže poseban test pred 5 zemalja i NSPA kojim treba da dokaže visok nivo organizacije, sposobnost kodifikacije, dvosmjerne razmjene podataka i softvera koji koristi. Kada se zemlja uključi u program sponzorstva zahtijeva se

plaćanje određenih servisa. Plaćaju se administrativni i dokumentacioni troškovi, te tehnička podrška. Administrativni i dokumentacioni troškovi pokrivaju alokaciju nacionalnog koda, koda proizvođača NCAGE, obradu, štampanje, pakovanje i slanje dokumentacije i informacija. Tehnička podrška uključuje: telekomunikacione troškove za NATO sistem Mailbox i NATO automatski biznis sistem, NATO Master katalog referenci logistike NMCRL i NATO bazu podataka za municiju [11]. Trenutno je u nivou Tier 1 ukupno 14 država, a na nivou Tier 2 ukupno 19 država.

7. BENEFITI KORIŠĆENJA NATO KODIFIKACIONOG SISTEMA NCS

NCS je integralni dio procesa snabdijevanja u svijetu. On daje tačne informacije participirajućim zemljama o karakteristikama miliona artikala - stavki snabdijevanja. Pojednostavljuje rješenje problema nabave i upravljanja podacima o nabavi obezbjeđujući brz odgovor sa jednog i stalno ažurnog izvora. NCS nudi mnogo značajnih prednosti kako NATO-zemljama, tako i onima van NATO, a takođe i učesnicima iz privatnog sektora koji su van odbrambene zajednice.

7.1. Operativne prednosti

- Tačna kodifikacija stavki snabdijevanja, nacionalnih i onih iz NATO, omogućavajući racionalizaciju upravljanja zalihama. Rezervni dijelovi i ostali resursi koji se koriste za aktivnosti upravljanja održavanjem mogu biti korišteni za različitu opremu i sisteme. Distribucija esencijalnih rezervnih dijelova za vrijeme raspoređivanja snaga u operacijama i misijama se jednostavnije izvodi.
- Tačan opis svake stavke omogućava korisniku brzo pronalaženje opreme koja zadovoljava zahtjeve za zamjenu bez kašnjenja.
- Korišćenje zajedničkog jezika razumljivog za svakoga pojednostavljuje tehnički dijalog između korisnika.
- Korišćenje kompjuterske tehnologije dopušta upis, obradu i prosljeđivanje identifikacionih podataka o stavkama, kao i ostalih podataka koji su vezani za podršku, u jednostavno dostupnim bazama podataka [12].
- Opis stavki koje su već u sistemu omogućava konstruktorima i inženjerima preciznu pretragu i izbor komponenti ili opreme u skladu s njihovim tehničkim ili funkcionalnim karakteristikama efikasnije nego s bilo kojim komercijalnim katalogom.

7.2. Ekonomske prednosti

- NCS baza podataka omogućava vidljivost stavki koje su već stokirane u snabdjevačkom sistemu i omogućava prevenciju ponovnog unošenja istih stavki. To podržava standardizaciju upravljanja stavkama i eliminiše nepotrebne troškove za identifikaciju i pohranjivanje.
- Efektivno korišćenje sredstava omogućava, u slučaju potrebe, izmjenjivost podrške u nabavi između organizacija i država.
- Smanjenje zaliha, skladišnih kapaciteta, držanja evidencije, te personala eliminacijom dupliciranja ili multipliciranja istih stavki (iste stavke zavedene pod različitim imenom). Pokazalo se da kodifikacija smanjuje rast zaliha rezervnih dijelova za 50 procenata ili više. Na primjer, na kraju drugog svjetskog rata, SAD se imale oko 15 miliona stavki snabdijevanja kodifikovanih od strane različitih vidova vojski ili

službi. Nakon primjene naučno zasnovanog kodifikacionog sistema, taj broj se redukovao na oko 5 miliona.

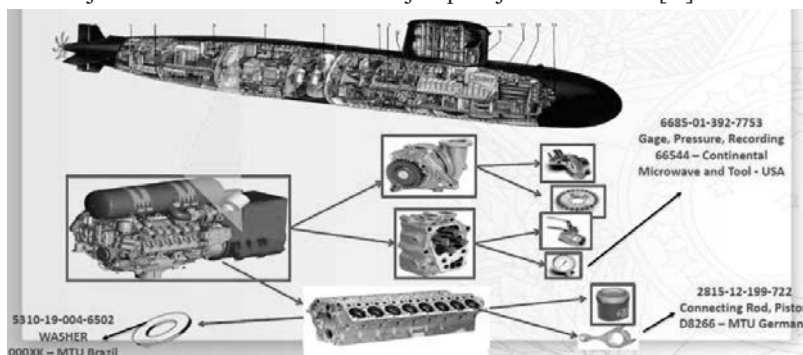
- Smanjeno vrijeme zastoja olakšavanjem ukrštene i umrežene podrške između servisa i država. Smanjenje troškova nabavke konsolidovanjem kupovine, omogućavajući rjeđu kupovinu u većim količinama
- Kao jedan od primjera prednosti korišćenja NATO kodifikacionog sistema navodi se primjer logističkih operacija za vrijeme mirovne operacije u Bosni. Kada je NATO tek stigao i postao dio mirovnih operacija, logističke operacije su bile pod supervizijom Ujedinjenih Nacija. Konstatovano je da su operacije bile veoma skupe i neefikasne, jer je nedostajao zajednički tehnički jezik i zajednički način za identifikaciju rezervnih dijelova. To je dovelo do toga da se dopremalo mnogo nepotrebnih i beskorisnih rezervnih dijelova, a sve pod veoma opasnim uslovima transporta. Kada se prešlo na korišćenje NATO kodifikacionog sistema za identifikaciju stavki, počeli su se realizovati ogromni logistički benefiti i problemi su svedeni na najmanju mjeru.[4]

8. NCS KAO PODRŠKA NABAVCI REZERVNIH DIJELOVA

U današnje vrijeme veoma često je udruživanje kompanija u cilju izrade multinacionalnih projekata, kao što su avioni, tenkovi ili podmornice. Korišćenje NCS olakšava multinacionalnu proizvodnju kompleksnih sistema. Svaki rezervni dio ima svoj NSN. Sa tačke gledišta jednog kodifikatora podmornica je skup od više stotina hiljada skladišnih brojeva rezervnih dijelova koji plove-rone u jednoj formaciji [13]. U svakom trenutku može se doći do potrebnih podataka bilo koje komponente kompleksnih sistema. Na taj način se stavljaju u jedan sistem za snabdijevanje različite varijante, tipove i veličine sastavnih (rezervnih) dijelova - stavki, omogućavajući dijelovima brojnih oružnih sistema da budu u vezi sa drugima. Takođe, povećavaju se mogućnosti za standardizaciju dijelova što je u direktnoj vezi sa tzv. materijalnom standardizacijom u NATO. Jasno je da se time povećava interoperabilnost.

NCS olakšava upravljanje životnim ciklusom vojne opreme, pošto pruža mogućnosti u svim fazama životnog ciklusa opreme: razvoj, nabavka, upotreba i na kraju rashodovanje.

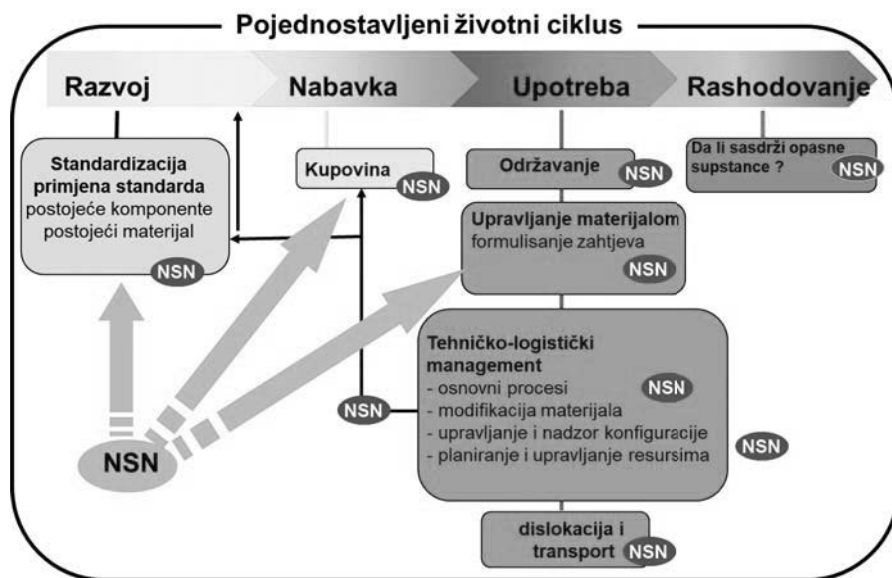
U fazi razvoja veoma je važno korišćenje baze NMCRL u kojoj nalazimo sve kodifikovane stavke. Pokazalo se da su približno 50 % komponenti koje se koriste u konstrukciji novih sistema već kodifikovane. To omogućava da se koriste postojeće komponente i postojeći materijali. Jasno je da to u službi standardizacije i primjene standarda [14].



Slika 6 Podmornica kao skup od više stotina hiljada NSN koji rone u jednoj formaciji

U fazi nabavke i pripreme tendera za nabavku korištenje informacija koje pruža NCS je takođe od nesumnjive koristi. Informacije su tačne, provjerene i verifikovane što logističarima daje sigurnost u radu. Jasno je da se time daje doprinos optimizaciji nabavke.

U toku upotrebe najsloženija je faza potrebe za održavanjem. Nabavka rezervnih dijelova je često kritična u ispunjenju rokova za održavanje i remont. NCS olakšava nabavku rezervnih dijelova za održavanje vojnih sistema. Korištenjem NATO skladišnog broja i NMCRL baze podataka vojni logističar može nedvosmisleno naručiti rezervni dio koji mu treba. To je veoma važno kada se jedinice nalaze u misijama u često udaljenim područjima, kao što je bila



Slika 7. NSN olakšava upravljanje životnim ciklusom vojne opreme

misija u Afganistanu. U takvim uslovima transport rezervnih dijelova je veoma dug i skup. Svaka greška bi prouzrokovala velike probleme u izvršavanju misije i produženje čekanja na održavanje.


Mnogi rezervni dijelovi instalirani na različite sisteme koje koriste različite oružane snage su isti, ali logističari to ne znaju, jer se njima upravlja posebno i nisu identifikovani. Identifikacija predmeta kroz NCS postupak dovest će do usporedbe tih predmeta i potvrditi da su to iste stavke. Tako će njima upravljati isti NATO skladišni broj NSN. Ovaj NSN će koristiti različite snage. To ilustruje interoperabilnost. Primjer opet možemo dati za jedinice koje su u misijama, a udaljene od svojih logističkih kapaciteta za npr. najviši vid održavanja, kao što je remont. U bazi podataka NMCRL u opisu NSN-a za rezervni dio koji se traži postoji rubrika u kojoj se vidi koje sve države i vojske koriste taj dio. Time se može pronaći rezervni dio u nekoj susjednoj jedinici ili logističkoj bazi druge države, koji su na istoj misiji. NCS podržava osnovne procese održavanja, upravljanje i nadzor nad konfiguracijom, kao i planiranje resursa. Također je olakšano upravljanje materijalom i formulisanje zahtjeva za potrošni ili remontni materijal. Ako je izražena potreba za modifikacijom, opet veliki izvor informacija je NCS i baza podataka NMCRL. U slučaju potrebe za dislokacijom i transportom, potrebne podatke o posebnim zahtjevima ili mogućim problemima daje opis u bazi podataka.






Vojna oprema i materijalna sredstva najčešće moraju da se skladište do trenutka kada se upotrebljavaju. Kao što je rečeno, NCS olakšava upravljanje zalihama u vojnim skladištima. I ako se za to ne koristi, može se NSN koristiti kao identifikacioni broj za upravljanje

zalihama. Ono što je najvažnije i više puta istaknuto NCS omogućava smanjenje zaliha, skladišnih kapaciteta, držanja evidencije, te personala eliminacijom dupliciranja ili multipliciranja istih stavki. NCS baza podataka omogućava vidljivost stavki koje su već stokirane u snabdjevačkom sistemu i omogućava prevenciju ponovnog unošenja istih stavki. Na kraju životnog ciklusa, često nakon dugo godina korištenja ili držanja materijalnog sredstva u skladištima, potrebno ga je rashodovati. Nekad smo u situaciji da je izgubljena tehnička dokumentacija i opisi za rukovanje istim. Tada opet potrebne podatke imamo u bazi NMCRL i opisu NSN-a. Tada nam je veoma važno da li stavka sadrži opasne supstance. U Crnoj Gori smo imali primjer rashodovanja dijelova avionskog motora, koji je imao radioaktivnu komponentu. Veoma važno je bilo da se imaju tačni podaci o toj komponenti. Potreba za takvim podacima je očigledna u svim bivšim državama članicama SFRJ, u kojima su ostali ogromni stokovi vojne opreme i ubojnih sredstava, koje je bilo potrebno demilitarizovati ili uništiti.

8.1. NCS omogućava pronalaženje zamjenskih izvora snabdijevanja rezervnim dijelovima

Veoma važna mogućnost koju pruža NCS je pronalaženje zamjenskih izvora snabdijevanja rezervnim dijelovima. Na slici 8. su prikazani neki kodifikovani sklopovi kompanije koja je naznačena na vrhu. U bazi podataka NMCRL u opisu kodifikovane stavke se nalaze i podaci koje druge kompanije proizvode isti dio, kao i po kojoj cijeni. To je veoma važan izvor



	500325137	500335719	500396428	504093025	500314007
					
1	BOSCH	BOSCH	DANIS	BAUER	ACP
2	DELCO	DELCO	AVIA	MAHLE	AIRTEX
3	HELLA	HELLA	DENSO	Motair	BOSCH
4	MAGNETI MARELLI	MAGNETI MARELLI	FRIGIFLEX		FISPA
5		Valco	ELCOP		HOFFER
6			MAGNETI MARELLI		KADPA
7			NISSENS		HEAT DOLA
8					Meßmer
9					

Slika 8. NCS omogućava pronalaženje zamjenskih izvora snabdijevanja rezervnim dijelovima

informacija u situaciji kada nismo u mogućnosti da nabavimo originalni dio. Takođe, pokazalo se da je to način da se nađu jeftiniji rezervni dijelovi u situaciji kada neka kompanija ima velike cijene. [15]

Poznato je da su vojni sistemi obično namijenjeni za dugotrajnu upotrebu i sa planiranim dugim životnim ciklusom. Proizvođači komponenti su često male kompanije, koje za razliku

od toga, imaju kratak životni vijek. Često propadaju, utope se u druge kompanije ili promijene proizvodni asortiman zbog zahtjeva i logike tržišta. To logističarima stvara velike probleme u nabavci rezervnih dijelova za stare sisteme. Veoma je teško naći takve zastarjele dijelove. U toj situaciji takođe posao olakšava baza NMCRL, koja pruža podatke o proizvođačima i korisnicima tih dijelova. Kao jedan od rezultata aktivnosti NATO Komiteta za kodifikaciju proizašla je inicijativa za stvaranje svojevrstne berze rezervnih dijelova koje vojske Saveza imaju na stokovima. To je veoma olakšalo rješenje problema održavanja „starih“ sistema [16].

9. ZAKLJUČAK

NATO sistem kodifikacije NCS kao jedinstveni sistem identifikacije, klasifikacije, označavanja i publikovanja podataka o materijalnim sredstvima u oružanim snagama omogućava jedinstveno razvrstavanje i raspoznavanje vojne opreme i rezervnih dijelova. NCS omogućava računarsku obradu podataka kodifikacije, logističku komunikaciju i izmjena podataka u nacionalnom i internacionalnom okviru čime se olakšava upravljanje lancem snabdijevanja.

NCS daje tačne i ažurne informacije vojnim logističarima i kompanijama o karakteristikama miliona artikala-stavki. Pojednostavljuje rješenje problema nabave i upravljanja podacima o nabavi obezbjeđujući brz odgovor sa jednog i stalno ažurnog izvora - NMCRL baze podataka. NCS nudi mnogo značajnih prednosti kako NATO-zemljama, tako i onima van NATO, a takođe i učesnicima iz privatnog sektora koji su van odbrambene zajednice.

Korištenje NCS olakšava multinacionalnu proizvodnju kompleksih sistema, pa se tako povećavaju mogućnosti za standardizaciju dijelova, što direktno utiče na interoperabilnost. NCS olakšava upravljanje životnim ciklusom vojne opreme, pošto pruža mogućnosti u svim fazama životnog ciklusa opreme: razvoj, nabavka, upotreba i na kraju rashodovanje. U fazi razvoja veoma je važno korišćenje baze NMCRL u kojoj nalazimo sve kodifikovane stavke, takođe daje doprinos i optimizaciji nabavke. NCS olakšava nabavku rezervnih dijelova za održavanje vojnih sistema. Korištenjem NATO skladišnog broja i NMCRL baze podataka vojni logističar može nedvosmisleno naručiti rezervni dio koji mu treba. NCS podržava osnovne procese održavanja, upravljanje i nadzor nad konfiguracijom, kao i planiranje resursa. Upravljanje materijalom i formulisanje zahtjeva za potrošni ili remontni materijal je takođe olakšano. NCS omogućava smanjenje zaliha, skladišnih kapaciteta, držanja evidencije, te personala eliminacijom dupliciranja ili multipliciranja istih stavki. Veoma važna mogućnost koju pruža NCS je pronalaženje zamjenskih izvora snabdijevanja rezervnim dijelovima, a takođe takozvanih zastarjelih dijelova.

10. LITERATURA

[1] Aleksić M., Mališić V.: "The introduction of NATO codification system in the Army of Montenegro", The Conference of maintenance - KOD, page. 119-125. Tivat, 2009.

[2] Aleksić, M., Informacija: NATO kodifikacioni sistem NCS kao sredstvo za dostizanje interoperabilnosti Vojske Crne Gore, Ministarstvo odbrane Crne Gore, Sektor za materijalne reurse, Odsjek za standardizaciju i kodifikaciju, Podgorica, 2009.

[3] Arnett, S: "Cataloging in NATO Today and the Vision for Tomorrow", ppt – presentation, Defense Logistics Information Service, Battle Creek, USA, 2005.

[4] "Guide to the NATO Codification System AC 135", NATO Group of National Directors on Codification AC/135, Capellen, 2000.

[5] Aleksić M., Turković T.: "Acceptance of NATO standards as a condition for achieving interoperability of the Army of Montenegro", The Conference of maintenance - KOD, page. 443-450. Ulcinj, 2010.

-
- [⁶] Aleksić M., "NATO and the Economy: Opportunities and possibilities for Montenegro", The speech on the Panel for Businessmen on Finomen conference Budva, Montenegro. 2015,
- [⁷] Aleksić M.: „How to apply and get NATO code”, Workshop for Committee of Metallurgy and Metallurgical Industry Association in Chamber of Commerce of Montenegro, Podgorica , 2017.
- [⁸] Aleksić M., Mališić V.:” Possible Benefits Of NATO Codification System Usage For The Civil Companies”, OTEH 2012, 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies,.Beograd, 2012.
- [⁹] https://www.nato.int/structur/ac/135/acodp1/ACodP1_E.pdf
- [¹⁰] <https://www.nato.int/structur/AC/135/welcome.htm>
- [¹¹] https://www.nato.int/structur/AC/135/nmcr1/nmcr1_e/index.html
- [¹²] Aleksić M., Mališić V.:” Investigation of the Possibility for Transformation of MNE Armed Forces Nomenclature to the NATO Codification System”, OTEH 2012, 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies,.Beograd, 2012.
- [¹³] Edesio Teixeira L. J.: “Codification as a Tool for the Management of the Systems Life Cycle and the Industrial Defense Base”, Presented by Director of Defense Codification Centre, Brazil, World Codification Forum at Melbourne (Australia), 25th May 2017
- [¹⁴] Aleksić M., Turković T.:” Acceptance of NATO standards as a condition for achieving interoperability of the Army of Montenegro", The Conference of maintenance - KOD, page. 443-450. Ulcinj, 2010.
- [¹⁵] Gouriou Pierre-Yves, “NATO Codification Training - NSN, What is behind ?” Presented by NCB France, World Codification Forum at Melbourne (Australia), 25th May 2017
- [¹⁶] Gette Christelle, Pustejovsky A.: NSPA Workshop B - NMCRL - Unique Catalogue of Alternative Sources of Supply, Presented by NSPA, World Codification Forum at Melbourne (Australia), 25th May 2017

**POUZDANOST I ŽIVOTNI CIKLUS KORISNIČKE MREŽNE
OPREME ZA PRUŽANJE TELEKOMUNIKACIJSKIH USLUGA**

**RELIABILITY AND LIFECYCLE OF USER NETWORK EQUIPMENT
FOR PROVISION OF TELECOMMUNICATION SERVICES**

Assist. Prof. Ivan Grgurević, PhD, Ivan Jovović, PhD student, Mateja Jasak, MEng
University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences
Department of Information and Communication Traffic
Vukelićeva 4, 10 000 Zagreb, Croatia
ivan.grgurevic@fpz.unizg.hr, ivan.jovovic@fpz.unizg.hr, mateja.jasak1@gmail.com

Allen Brodarić, PhD student
Optima Telekom d.d.
Bani ul. 75a, 10 000 Zagreb, Croatia
allenbrodaric@gmail.com

ABSTRACT

The development of advanced telecommunication technologies means also the development of Telecommunication Services (TS). For the users to be able to use TS, the telecommunication operators need to deliver the user network equipment (UNE), router and digital receiver, which have to be periodically replaced. Depending on the availability, the provision of TS can be realised by means of a coaxial cable, copper pair and optical cable. Regarding the area of UNE maintenance, there is corrective and preventive maintenance, and an important characteristic is the reliability and UNE lifecycle. The paper has analysed the reliability and lifecycle of the telecommunication operator UNE considering the issues of maintenance at several levels. The characteristics of the network equipment for a certain technology have been compared and the usual situation of UNE replacement have been identified.

Key words: user network equipment, coaxial cable, copper pair, optical cable, corrective maintenance, preventive maintenance, reliability, lifecycle

REZIME

Razvojem suvremenih telekomunikacijskih tehnologija razvijaju se i telekomunikacijske usluge (TU). Kako bi korisnici mogli koristiti TU, telekomunikacijski operator dužan je isporučiti korisničku mrežnu opremu (KMO), usmjernik i digitalni prijemnik, koje periodično treba promijeniti. Ovisno o dostupnosti, pružanje TU moguće je ostvariti putem koaksijalnog kabela, bakrene parice i optičkog kabela. Obzirom na područje održavanja KMO, postoji korektivno i preventivno održavanje, a bitna karakteristika je pouzdanost i životni ciklus KMO. U radu je provedena analiza pouzdanosti i životnog ciklusa KMO telekomunikacijskog operatora promatrajući problematiku održavanja na više razina. Uspoređene su karakteristike mrežne opreme za određenu tehnologiju i prepoznati najčešći uzroci zamjene KMO.

Ključne riječi: korisnička mrežna oprema, koaksijalni kabel, bakrena parica, optički kabel, korektivno održavanje, preventivno održavanje, pouzdanost, životni ciklus

1. INTRODUCTION

The development of newer technologies has enabled higher speeds of the Internet and provision of digital images in television services. In order for the telecommunication operators to make it possible for the users to use their services, they have to deliver the user network equipment and ensure secure and high-quality service provision [1]. Depending on the type of service, the telecommunication operator has to deliver a router and a set-top box (STB). Maintenance is an inevitable characteristic in telecommunications, as well as in all the industrial systems and processes. The purpose of this paper is to identify the most common situation and reasons of replacement of the user network equipment and determine how often an individual network equipment is replaced by the new one (corrective maintenance), considering the consequences of the occurrence of failure. The paper will consider the quality of today's network equipment in comparison with the equipment used in previous technologies. The characteristics of the selected network equipment for a particular technology will also be compared. Depending on the availability, the telecommunication service provision can be provided via coaxial cable (hybrid fiber – coaxial, HFC), copper pair (Digital Subscriber Line, DSL) and optical cable (Fiber To The x, FTTx). The analysis of characteristics will establish the observed advantages and drawbacks of a certain user network equipment.

The aim of this paper is to conduct an analysis of the reliability and lifecycle of the user network equipment of the selected telecommunication operator. This issue will be processed through several units that consider the areas of user network equipment of the telecommunication operator, maintenance of the user network equipment and as conclusion an analysis of reliability and lifecycle of the user network equipment performed in the software tool *Matlab Predictive Maintenance Toolbox*.

The user network equipment is the device that the user has leased for use from a telecommunication operator. According to the type of the technology, the cable service is identified, service via copper pair and service via optical fibre. In order to connect the services of the telecommunication operator, every technology requires the user network equipment through which the services can be provided. Router is an active network device that operates at the network level of the OSI (*Open System Interconnection Model*) reference model. The basic functions of the router are to forward packets from one network to another and the selection of the best path through the network along which the packets will be routed. The traffic is routed towards logical IP (*Internet Protocol*) addresses. From the header of the received packet, the routers read the destination IP address and the comparison is made with the record within the routing table. If the IP address matches, the packet is forwarded to the destination. Otherwise, the packet is discarded. The reliability of the network equipment is initially tested and analysed by the network equipment manufacturers, whereas its use is evaluated by the telecommunication operators and their users [2]. The telecommunication operators record the errors and failures on the network equipment and keep statistics accordingly. The issue of maintenance of the network equipment with emphasis on reliability has been addressed by many authors, but from different points of view, according to technology, type of service, supply, capacity, frequency, failures, etc. [3] [4].

2. USER NETWORK EQUIPMENT MAINTENANCE

Maintenance management is defined as a function which is related to the maintenance technologies, equipment design in terms of reliability and sustainability, sustainability research, and reliability in terms of performance improvement. Proper and functional user network equipment is the basic prerequisite for access and use of the service by the service provider. The telecommunication operator must provide appropriate user network equipment.

Further in the text the corrective, preventive and predictive maintenance of the user network equipment is described.

2.1 Corrective maintenance of the user network equipment

Corrective maintenance is a set of maintenance interventions that help to repair the faults caused by accidental causes. This type of maintenance is expensive, and it is caused by poor planning and incomplete repair of components. With corrective maintenance, it is not possible to determine in advance when the system will fail; this is only possible when the symptoms of the fault are recognized. Another downside is that the resources are used only to fix the fault, whereas it would be better if the resources were used to fix the cause of the fault. Therefore, the equipment does not operate at the level of reliability which is acceptable to telecommunication operators [5]. In corrective maintenance the intervention is done in order to repair the equipment when it stops working. In other words, this is a reactive approach, with potentially higher operating costs. This type of maintenance can be more cost-effective, but only until a major failure occurs [6].

2.2 Preventive maintenance of the user network equipment

Preventive maintenance is the prevention of the occurrence of a potential failure, i.e. it means taking care of the devices or the system in order to perform the required functionality.

The primary goal of preventive maintenance is to eliminate faults that consequently cause significant damage or require long-term repair [7]. In order to eliminate the fault before it occurs, it is necessary to determine the level of correct operation of an individual device by constant tests. If the defective component is found, it will be replaced by a correct component. There are two approaches to preventive maintenance [8]:

- Scheduled maintenance – a set of works for the sake of maintenance that are performed on the facility or device; they are time scheduled and performed by a professional in order to determine the correct operation of the equipment; and
- Conditional maintenance – the conditions indicate the device failure and reduce the efficiency of the entire system. It is used only when necessary.

2.3 Predictive maintenance of the user network equipment

The predictive maintenance approach measures the historical data and data from the network elements in real time in order to understand the process of degradation before the failure [9]. It also predicts which network elements will fail in the coming days, using the tools and methods of predictive analytics [10]. Therefore, it can work as an occasional review of equipment condition by pre-determining the need for maintenance services, increasing the equipment availability time and reducing the amount of un-scheduled emergency work.

It can also increase the level of reliability in equipment performance, by forecasting the probability of failure and conditions necessary to maximize the lifetime of the equipment. Telecommunication operators must collect all the historical data and real-time data from the services and processes of maintenance, and from the obtained data it is possible to present the mode of operation of the equipment [8].

3. ANALYSIS OF RELIABILITY AND LIFECYCLE OF THE USER NETWORK EQUIPMENT

Reliability is the probability of failure-free operation over a certain time period and in accordance with the prescribed operating conditions. When approaching the issue one should take into consideration the fact that the systems are divided into repairable and non-repairable. The repairable systems – after a failure, can return into the standby mode in any possible way, except by replacing the entire system with a new one. Non-repairable systems –

only one failure can cause the required function to stop performing. The lifecycle is a time dimension that begins at the moment of the need for some user equipment until the moment of decommissioning is completed. It contains four basic time periods [11]:

1. Period of definition and creation – the purpose and general properties are determined;
2. Period of design and development – checking the possibility of achieving the given functions;
3. Period of implementation and start of operation; and
4. Period of operation and maintenance – occurs at the end of implementation.

Based on the data adapted to the research, the graphs for 2017 and 2018 are presented in the software *Matlab Predictive Maintenance Toolbox*. The graphs were made in the MATLAB R2019a and MATLAB R2020a versions. The data presented in the graphs show whether the user network equipment has been replaced due to a malfunction, or e.g. change of technology. The change of technology means the replacement of the device because of higher Internet speeds, change in the connection method, e.g. switching from copper pair to coaxial cable and the like. The data in the graphs are presented by six-month periods for two observed years (2017 and 2018). The *Matlab Predictive Maintenance Toolbox* has a wide application scope, and it enables standard deviation and distortion. Also, the power spectrum can be estimated and the frequency domain features, such as spectral peaks can be extracted. Once the values are entered, these can be plotted and ranked to determine which characteristics are most appropriate for the classification of errors. With the help of this tool, it is possible for the manufacturers to reduce the maintenance costs, extend the equipment service life, reduce downtimes and improve the production quality by solving the problems before they cause equipment failure [12]. In this paper, the mentioned software tool is used due to ease of use, possibility of estimating the remaining service life, possibility of estimating the failure of the network equipment and based on the obtained estimate it is possible to predict and avoid possible failures [13]. With this software tool the failures of network devices can be displayed, i.e. the replacement of network devices due to the advances in technology shown in days, seconds, hours, months and years. Moreover, these data may be presented separately, which is an advantage if single network devices need to be analysed at a particular time. Table 1 shows the network devices and their specifications, and they are ordered from the latest - Ubee EVW32C to the oldest - Cisco DPC2100. When selecting a network device the telecommunication operator must pay attention to the frequency range since every telecommunication operator has leased a certain frequency spectrum. The routers that have the ability of connecting over a wireless network can be divided into two types – single-band or two-band. A single-band router operates at a frequency of 2.4 GHz or 5 GHz. Two-band router operates at 2.4 GHz and 5 GHz.

Table 1 – Comparison of network device specifications of the selected telecommunication operator

Network device model	Frequency range	Frequency of wireless network	Speed of transfer	Modulation	Input impedance
Ubee EVW32C	from 108 MHz to 1002 MHz	Two-band (2.4 GHz and 5 GHz)	2.4 GHz – 300 Mbit/s 5 GHz – 1,300 Mbit/s	64 or 256 QAM	75 Ohm
Technicolor TC7200	from 108 to 1,002 MHz	Single band (2.4 GHz or 5 GHz)	up to 250 Mbit/s	64 QAM / 256 QAM	75 Ohm
Thomson TCW750-4	from 108 to 862 MHz	Single band (2.4 GHz)	up to 54 Mbit/s	QPSK i 16 QAM	75 Ohm
Cisco DPC2100	from 88 to 930 MHz	-	up to 42 Mbit/s	64 QAM from 43 to 73 dBμV 256 QAM from 47 to 77 dBμV	75 Ohm

The users who use two-band router, when connecting to a wireless network, will be offered two (2) wireless networks with different names. A single-band router means that a wireless

signal is broadcast on one frequency, and the two-band means that the wireless signal is broadcast on two frequencies. The difference between these two types is that the single-bank router has a wide area of coverage, but the data transfer is slower, congestion is a rather common problem, and in two-band the data transfer speed is higher, but the drawback is the shorter coverage area. As for the router bandwidth, the minimum required bandwidth is AC1200. AC means that the router has support for the wireless standard offered by the wireless connections at 5 GHz frequency. AX means that the router has support for 802.11ax wireless standard. The number that follows AC or AX represents the theoretical throughput capacity of the router. For example, 1,200 means 1,200 Mbit/s. Unfortunately, this is not the case in practice, and lower speeds than mentioned are achieved. Regarding modulation, the greater the modulation, the greater the throughput capacity of the data. The incoming impedance in all the routers is the same, since the standard 75 Ohm coaxial cable is used, which is primarily used for audio and video. Figure 1 shows the amount of the replacement of user network devices in the first six months, that is, first half of the year 2017.

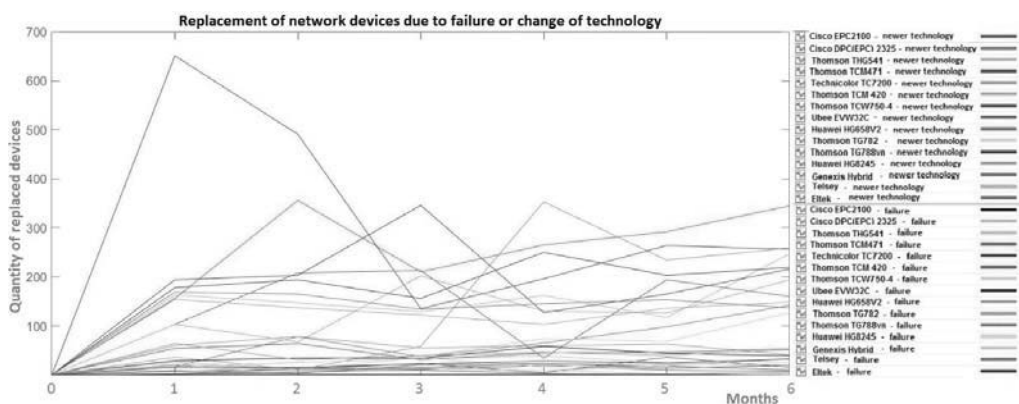


Figure 1 – Replacement of user network devices in the first half (six months) of 2017

As can be seen from Figure 1, the network device Technicolor TC7200 was in the first month (January 2017) replaced the most – as many as 651 times due to failures. In the remaining months of the first half of the year, the amount of network device decreases. The mentioned network device supports DOCSIS 3.0 (*Data Over Cable Service Interface Specifications*), which means that the device supports newer technologies. The reason for the replacement is, among other things, poorer signal acquisition via the wireless network. The same network device was replaced a maximum of 353 times due to a change in the technology. The network device Ubee EVW32C was set up instead of Technicolor TC7200 since it supports DOCSIS 3.1. No replacements were reported for Ubee EVW32C in the first half of 2017.

Figure 2 shows the amount of user network device replacement in the second six months of the year 2017. The Huawei HG658V2 network device was replaced because of the change in technology. Since the mentioned network device is used for the technology via copper pair, one of the reasons for the replacement is the expansion of the cable and optical network, so that the changes in the technology are made at the specified addresses with the user's permission.

In the second month (February 2017), the largest amount of devices was replaced, over 350 network devices, and after that, the amount of network device replacement decreased, but at the end of the year it increased again to an amount of over 340 network devices. Thomson TCW750-4 was also replaced because of the change in the technology. The most common replacement of such a network device is the failure to support higher Internet speeds.

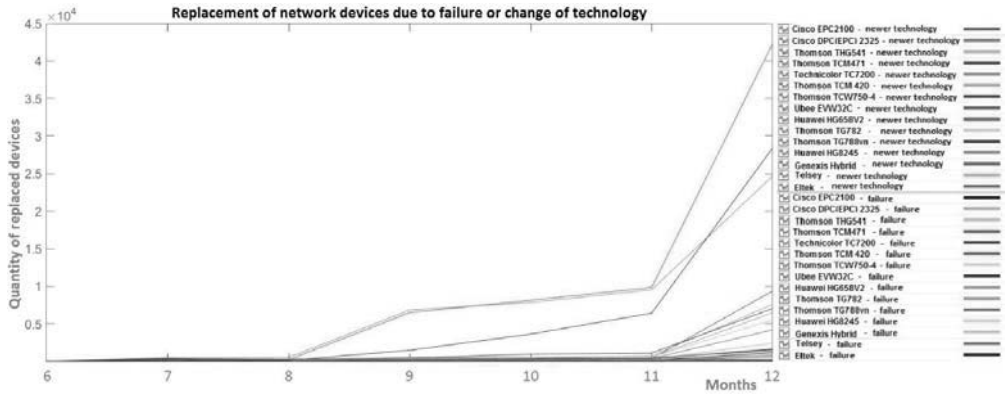


Figure 2 – Replacement of user network devices in the second half (six months) of 2017

Figure 2 shows the sudden rise in the replacement of network devices due to the change of technology in relation to the replacement of network devices due to failures. It can be seen that the network devices Huawei HG658V2, Thomson TG788vn and Technicolor TC7200 have been replaced in the largest quantities. The specifications of cable network devices Cisco EPC2100, Cisco DPC2325, Thomson THG541, Thomson TCM471 show that the network devices belong to DOCSIS 2.0, which means that the mentioned devices support maximum speeds of up to 55 Mbit/s for *download* and 30 Mbit/s for *upload*. The replacement of such network devices usually occurred due to the advances in technology in the form of increased Internet speed. In Figure 2 the mentioned network devices that belong to DOCSIS 2.0 have not been presented in larger quantities since they have been gradually replaced in larger amounts by 2017. Comparing the second half of 2017, there are more failures. The most network devices that have been replaced are Technicolor TC7200, Huawei HG658V2, Thomson TG788vn and their quantities exceed as many as 4,000 devices within one month. Figure 3 shows the quantity of replacement of user network devices in the first six months of the year 2018.

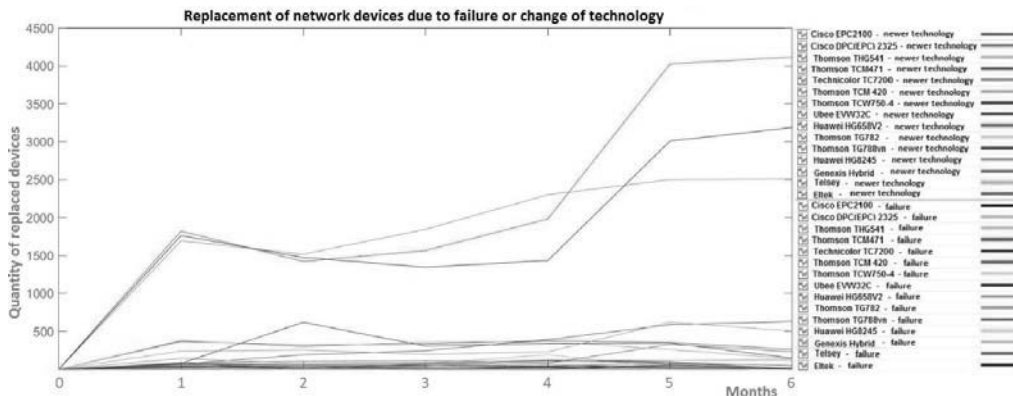


Figure 3 – Replacement of user network devices in the first half (six months) of 2018

If we look at the first six months in 2018 compared with the same period in 2017, it can be seen that in 2018 there were far fewer replaced user network devices due to failure. Figure 3 shows that the network device Huawei HG658V2 changed the most and that over 4,000 network devices were replaced due to the change in technology. There were ten times fewer

failures for the specified network device. The dark green curve indicates the technology change for the network device Thomson TG788vn, and the light green curve indicates the network device Technicolor TC7200 which was also replaced because of the change in the technology. Compared to 2017, Figure 3 shows a more frequent replacement of the network device Ubee EVW32C. The problem of this network device lies in the frequency at which this network device operates. In addition, the replacement of the network device Technicolor TC7200 can be seen. Both of these network devices are newer and support all the mentioned characteristics that are in compliance with the advances of technology. Nevertheless, the devices are quite often replaced. Figure 4 shows the quantity of the replacement of the network user devices in the next six months, i.e. the second half of 2018.

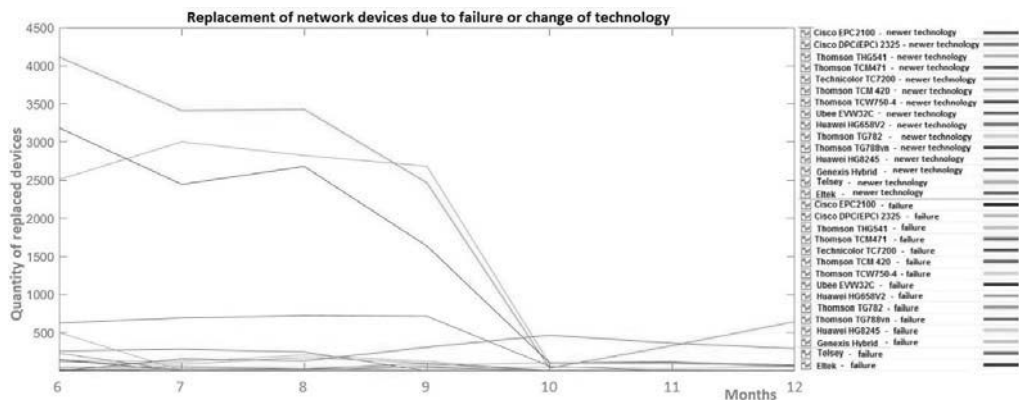


Figure 4 – Replacement of network user devices in the second half of 2018

As in the previous graphs, the largest amount of replaced network devices is Huawei HG658V2, whose number exceeds 3,400 devices, that were replaced because of the change in the technology. The next with the largest number of replacements due to the change in the technology is Technicolor TC7200, whose replacement quantity is 3,005 devices in the 7th month and Thomson TG788vn which was replaced more than 2,600 devices in the same month (July 2018). Regarding optical passive terminals, that are replaced in very small quantities, the most often replaced device is Huawei HG8245. For example, Eltek was not replaced a single time in the second half of 2018 due to malfunction, Telsey has only three (3) replaced devices, and Genexis Hybrid has nine (9) replaced devices.

4. CONCLUSION

The telecommunication operators worldwide use artificial intelligence and machine learning in many business aspects including also the network equipment maintenance. Using newer technologies which include the early warning system, vibration-based sensors, digital control platforms, predictive algorithms, the data on network devices are collected and the operating status of the network devices is monitored. The application of algorithms makes it possible to detect faults even before they occur. For the purpose of this paper, the Matlab Predictive Maintenance Toolbox software was used, and the graphs are presented and analysed in the MATLAB R2019a and MATLAB R2020a versions. Certain models of network devices in 2017 and 2018 have quite a high amount of replacements due to failures, which makes such network devices unreliable. However, comparing the replacement of network devices due to failures and replacement of network devices due to the change in technology, the rapid advancement of technology has initiated a much larger quantity of replaced devices in relation to the replacement of network devices due to failures.

Given the rapid advancement of technology, the network devices are usually replaced due to higher Internet speeds (speed requirements), whereas TVs have increasingly advanced interactive contents. As open software platforms such as Android TV and portable media devices such as Apple TV evolve faster, TVs will continue to be the means of getting the contents to service providers over the next decade. In selecting the cable router attention should be paid to DOCSIS standards and channel connection. With every newer DOCSIS standard, the transfer speeds increase. Regarding channel connection, usually more data are downloaded than transmitted so that the number of download channels will always be larger than the number of upload channels. The topic of reliability and lifecycle of the user network equipment of the telecommunication operator can be viewed in the future also as a multi-criteria problem. This research will serve as a basis for further studies of user equipment and a starting point for the aforementioned multi-criteria analysis to identify the most cause of failures. This direction would create a base of real factors necessary for the best possible maintenance of user equipment.

REFERENCES

- [1] Chen L, Xi Z, Lu Z, Chen M. Network Equipment Safety Assessment Based on Alert Data. In 11th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA); 2018; Changsha, China. 161-166.
- [2] Mogylevych D, Kononova I, Kredentser B, Oksiuk O. Reliability of Redundant Telecommunications Equipment Advanced Model Considering Failures and Refusals of Structure Elements. In 019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT); 2019; Kyiv, Ukraine. 238-243.
- [3] Liu Y, Zhang C, Zhang A. A study of evaluating indexes for the reliability of equipment support network. In 2012 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering; 2012; Chengdu, China: IEEE. 165-168.
- [4] Salmela O. Reliability Assessment of Telecommunications Equipment. Dissertation ed. Espoo, Finland, EU: Helsinki University of Technology; 2005.
- [5] Begović M. Održavanje tehničkih sustava (engl. Maintenance of technical systems). Zagreb, Croatia, EU: University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences; 2003.
- [6] Hubert M, Ribeiro T. How predictive maintenance can promote innovation in the Telecom sector. ; 2017.
- [7] Grgurević I, Kordić G. Usporedna analiza cloud baziranih mobilnih aplikacija za preventivno održavanje u sektoru telekomunikacija (engl. Comparative Analysis of Cloud-Based Mobile Applications for Preventive Maintenance in Telecommunications). In Održavanje 2018 - Maintenance 2018; 2018; Zenica, BiH. 341-348.
- [8] Levitt J. Complete Guide to Preventive and Predictive Maintenance. New York, USA: Industrial Press Inc.; 2011.
- [9] Hossain MK, Shahrir MS, Yusof MIM, Yusof Z, Asraf NM. Predictive maintenance of network elements using Markov model to reduce customer trouble tickets. In 2017 IEEE Conference on Big Data and Analytics (ICBDA); 2017; Kuching. 31-36.
- [10] Holmberg K, Adgar A, Arnaiz A, Jantunen E, Mascolo J, Mekid S. E-maintenance. New York, USA: Springer-Verlag London; 2014.
- [11] Yang G. Life Cycle Reliability Engineering. New Jersey, USA: Wiley; 2007.
- [12] Boone T, Franklin PH. Cost modeling for customer premises equipment. In 2017 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS); 2017; Orlando, FL, USA. 1-5.
- [13] Zhang H, Xue S, Li X, Li R, Zhang X, Ma L. Evaluation Model for Life-Cycle Management Capability of Power Grid Corporation's Distribution Equipment Assets. In 2020 5th Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE); 2020; Chengdu, China. 1961-1965.

SEKCIJE
SESSIONS

**DETEKCIJA PARAZITNE POTROŠNJE
ELEKTRO SUSTAVA OSOBNOG AUTOMOBILA**

**DETECTION OF PARASITIC CONSUMPTION
OF PERSONAL CAR ELECTRIC SYSTEM**

Leonard Balukčić, student
Izv.prof.dr.sc. Hrvoje Glavaš, dipl.ing.el.
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek,
Osijek, Hrvatska

Mr. sc. Držislav Vidaković, dipl.ing.grad.
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek,
Osijek, Hrvatska

REZIME

Novi automobili sukladno podsustavima i neovisno o pogonskom stroju su u osnovi električna vozila. Napajanje sklopova upravljanja, dijagnostike i prateće opreme osigurano je iz klasične baterije. Elementi elektronike i česte nadogradnje osnovnog sustava, npr. sigurnosnim dodatcima i audio-vizualnom opremom, smanjuju pouzdanost i povećavaju opterećenje izvora napajanja. Cilj rada je prezentirati tri metode detekcije parazitne potrošnje opće dostupnim mjernim uređajima te njihovu praktičnu primjenu. S obzirom na cilj postavljena su tri zadatka: objasniti način procjene ispravnosti baterije kao osnovnog uvjeta uspješne detekcije, objasniti najstariju metodu baziranu na mjerenju struje, objasniti metodu mjerenja pada napona na osiguračima i trenutno najšire primjenjivu kombiniranu metodu. Kombinirana metoda je posljedica povećanja kompleksnosti i autonomije automobila u odlučivanju uključenosti pojedinih podsustava električne potrošnje, a bazirana je na analizi vremenske promjene električnih veličina koje kod većine automobila ulaze u fazu mirovanja tijekom prvog sata neaktivnosti.

Ključne riječi: automobil, parazitna potrošnja, mjerenje

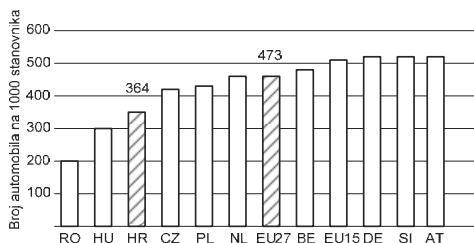
ABSTRACT

New cars base on subsystems regardless of the type of engine are basically electric vehicles. The power supply for control, diagnostic, and other equipment is a classic battery. Electronics elements that are frequently used for upgrades of the basic system, eg. safety accessories and audio-visual equipment, reduce reliability, and increase the load on the power supply. This paper presents three methods of detection of parasitic consumption with generally available measuring devices and their practical application. The aim is to explain how to assess the state of the battery as a basic condition for successful detection, to explain the oldest method based on current measurement, to explain the method of measuring the voltage drop across fuses and currently most widely used combined method. The combined method it was developed as the complexity of car subsystems increased. The autonomy of individual electrical subsystems of electricity consumption requires tracking of electrical values in time as most cars enter the sleep mode during the first hour of inactivity.

Keywords: car, parasitic consumption, measurement

1. UVOD

Automobil predstavlja simbol cestovnog prometa. Promet koji danas poznajemo u svojoj 251 godini postojanja koristi 23 % ukupne svjetske potrošnje energije. Povijest cestovnog transporta počinje 1769. godine kada je Nicolas-Joseph Cugnot (Francuska) napravio prvi samohodni stroj na paru koji je postizao brzinu 4 km/h. 1860. Jean Joseph Étienne Lenoir konstruirao je dvotaktni motor, 1867. godine Nicolaus August Otto konstruirao četverotaktni motor, 1885–86. Karl Friedrich Benz (Njemačka) pravi automobil na benzinski pogon i tri točka, 1891. William Morrison izrađuje elektromobil za 6 putnika. 1897. Electric Carriage and Wagon Company of Philadelphia proizvodi taksi za potrebe NY, 1899. Lohner-Porsche prvi hibridni automobil, 1908. Henry Ford - Model T koristio je etanol i benzin kao pogonsko gorivo, period od 1935-60. karakterizira povlačenje električnog automobila, 1958. Volvo uvodi pojas u automobil, 1963. Yasuzaburo Kobori (Japan) izumio zračni jastuk, 1966. postavljen prvi ekološki standard ispusta, [1]. Od 204 milijuna vozila tijekom 60-tih godina proteklih desetljeća broj vozila je porastao više od 5 puta. Danas svaka druga osoba u EU posjeduje osobni automobil, slika 1.



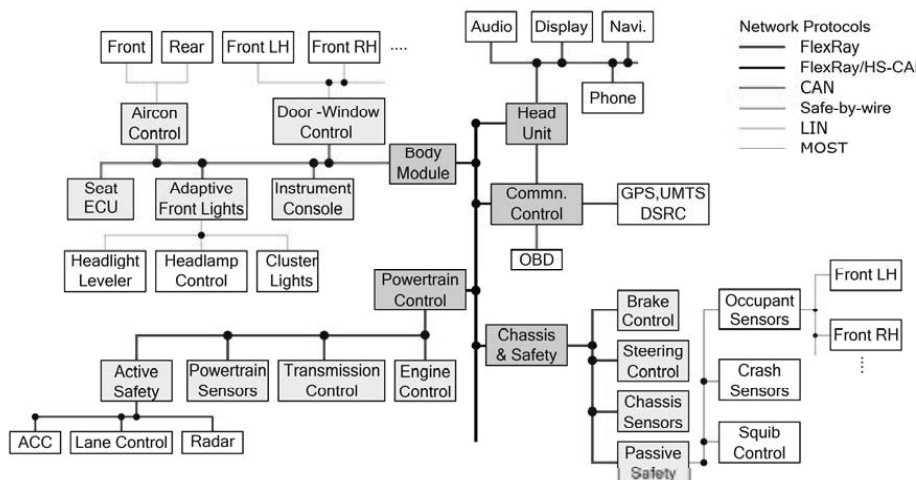
Slika 1. Broj osobnih vozila na 1000 stanovnika, izvor [1]

Porast boja vozila prati i porast kompleksnost tehničke realizacije. Tablica 1 prikazuje načelne karakteristike koje su obilježile pojedina desetljeća, [2].

Tablica 1. Evolucija arhitekture vozila, izvor [2]

Desetljeće	Karakteristike
1950.	Jednostavan 12 V sustav bez elektronike.
1960.	Pojava audio sustava i staklenih osigurača.
1970.	Pojava elektronike, osigurača koje danas imao (ATO), sustav ožičenja počinje biti složeniji i zahtijevati stručnost.
1980.	Standardi dovode do rasta elektroničkog sadržaja, zaptivene veze postaju standard, elektro kutije poprimaju novi izgled, količina električnih instalacija predstavlja izazov proizvođačima.
1990.	Ekspertiza za sustave ubrzanja postaje važna, električni centri redefinišu arhitektonske standarde i optimizaciju, upravljanje složenosti postaje žarište postrojenja za montažu vozila, minijaturizacija kabela i komponenta poboljšava pakiranje.
2000.	Sve više i više elektronike daje ulazne podatke automobilu, podaci i komunikacijski protokoli omogućuju nove zahtjeve za proizvodom, "Opcionalna" oprema postaje standard, povećanje zakonskih zahtjeva dovodi do rasta sadržaja.
2010.	Povezivanje i sigurnost upravljanja te zahtjevi na učinkovitost uzimaju svoj danak, integracija potrošačke elektronike dodaje slojeve složenosti, ometanje vozača postaje socijalno pitanje, sigurnosni zahtjevi potiču ugradnju dodatnih električnih sadržaja (TPMS).
2020.	Ugrađeni sustavi više nisu ograničenje, napredno povezivanje i sigurnost nastavljaju dovode do kabela i priključaka nove generacije, zakonodavstvo (sigurnost, ekonomičnost goriva itd.) utječe na rast količine električnog sadržaja, pojavljuju se napredni komunikacijski protokoli i nove tehnologije.

Kompleksnost električnog sustava automobila najbolje se vidi na slici 2 koja prikazuje mrežnu arhitekturu modernog automobila.



Slika 2. Tipična mrežna arhitektura modernog automobila, izvor [3]

Električni sustavi automobila postepeno dobivaju autonomiju u izvršavanju pojedinih zadataka iz područja sigurnosti i dijagnostike. Analiza svih tehničkih sustava odvija se sukladno energetske bilanci. Energetska bilanca je posebna vrsta statistike koja se bavi analizom toka energije od pojave u sustavu pa do predaje krajnjem korisniku. Zbog toga neophodno je prvo sagledati izbor napajanja (akumulator) i mjerjenjem pozicionirati neplamsku potrošnju. Osnovnu tehnologiju napajanje predstavlja baterija na bazi olova. Da bi sustavi nesmetano radili napon mora biti u nazivnim vrijednostima. Česta je pojava da automobil ne može upaliti zbog loše baterije i time gubi svoju osnovnu funkciju. Da bi utvrdili razloge pražnjenja baterije nakon testiranja iste detekcija parazitne potrošnje predstavlja najvažniji korak utvrđivanja uzroka problema.

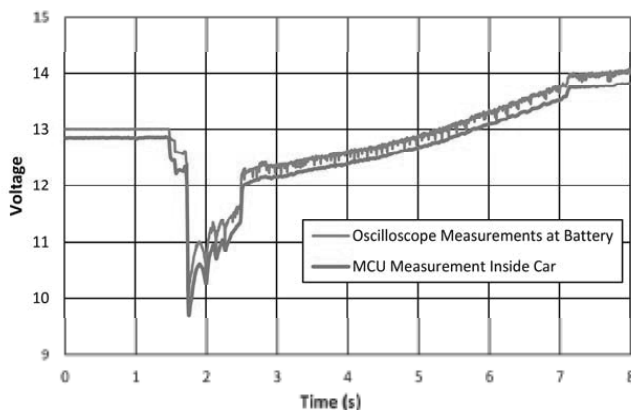
2. AUTOMOBILSKA BATERIJA - AKUMULATOR

Automobilska baterija - akumulator stara je tehnologija bazirana na olovu. Postoje više različitih tehničkih realizacija. Prvi i osnovni tip predstavlja akumulatori otvorenog tipa u kojem se mora redovito provjeravati nivo elektrolita. Potreba za smanjenim održavanjem razvija akumulator zatvorenog tipa u kojem se konstrukcijom omogućuje kondenzaciju elektrolita i eliminira njegov gubitak. Budući da postoji potreba i rada pri različitim nagibima vozila pojavili su se i gel akumulatori. Danas gotovo sva nova vozila koriste AGM (Absorbent Glass Mat) akumulatore. Stanje napunjenosti akumulatora u mirovanju procjenjuje se na osnovu vrijednost napona na njegovim stezaljkama, tablica 2.

Tablica 2. Procjena napunjenosti baterije na osnovu mjerenja napona, izvor [4]

	radno područje						smanjen vijek			oštećenje	
SOC (%)	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
U (V)	>12,6	12,5	12,4	12,3	12,2	12,1	11,9	11,8	11,6	11,3	10,5

Kada postoji potrošnja na osnovu informacije iz tablice 2 mogli bi doći do pogrešnih zaključaka o stanju kapaciteta (State Of Charge - SOC) [5]. Osim kapaciteta bitna je i potezna struja koju akumulator može dati prilikom pokretanja vozila. Naponske prilike najbolje opisuje slika 3 koja prikazuje oscilogram napona prilikom pokretanja automobila.



Slika 3. Oblik napona prilikom pokretanja automobila, izvor [6]

Na slici 3 možemo vidjeti da je akumulator maksimalno napunjen i da napon prilikom starta poprima 10 V (mjereno osciloskopom) da bi se nakon paljenja približio iznosu koji odgovara naponu punjenja od 14 V. U nedostatku složenije dijagnostičke opreme voltmetrom se može mjeriti stanje napona prilikom starta vozila i ako taj napon poprimi vrijednost manju od 9,6 V (pri 21°C) imamo naznaku problema sa akumulatorom, [7]. Otkaz modernih akumulatora često nastupa brzo i naglo, ali periodična ispitivanja mogu pružiti informaciju o stanju. Kao praktičan primjer uzmimo vozilo Hyundai i20 na kojem je vijek trajanja baterije prve ugradnje 5,5 godina. Tijekom tog perioda prešao je 81683 km u vremenu od 2027 h, prosječnom brzinom 43 km/h. Približno 23% od ukupnog broja kilometara ostvareno je na autocesti ~ 490 h, a prosječna dnevna ruta iznosi 16 km. Ukoliko se radi o vozilima koji imaju veći broj pokretanja ili vozilima koja se rijetko koriste prosječan vijek trajanja akumulatora je 3 godine. Razlog tome je nedovoljna napunjenost uslijed opetovanih pokretanja ili kontinuiranog pražnjenja u stanju mirovanja. Potrošnja pojedinih sustava u stanju mirovanja prikazana je tablicom 3.

Tablica 3. Potrošnja pojedinih sustava automobila, izvor [8]

	nova baterija	baterija sa više od 100 ciklusa
Alarm (mA)	29,50	32,65
Radio (mA)	7,50	10,65
Centralno zaključavanje (mA)	9,50	12,65
ECU (mA)	9,50	12,65
Ukupno (mA)	42,50	45,65

Normalno (dopušteno) kontinuirano opterećenje baterije je 20 do 30 mA što omogućuje da se vozilo pokrene bez problema do mjesec dana. Vrijednosti pražnjenja 50 do 80 mA javlja se kod rada alarmnog sustava ili opreme dodatne ugradnje audio/video što dovodi do nemogućnosti pokretanja vozila u roku od tjedan dana. Više od 100 mA predstavlja naznaku kvara ili uključene opreme, npr. nepažnjom nedovoljno zatvorena vrata prtljažnog prostora

ostavljaju svjetlo uključeno ili ugradnjom audio/video sustava koji se ne isključuje vađenjem ključa. Tablica 4 prikazuje tipične vrijednosti struje pojedinih potrošača.

Tablica 4. Vrijeme rada pojedinih sustava automobila na akumulatoru 45Ah, izvor [9]

	snaga (W)	struja (A)	Vrijeme rada (h)
Pozicija	20	1,67	26,52
Svjelo/maglenke	110	9,17	4,89
Audio sustav	20	1,67	26,52
Rasvjeta kabine	5	0,42	100,75
Maksimalna potrošnja	265	22,08	2,04

Iz tablice 3 vidljivo je da su najveći potrošač svjetla na vozilu. Zaboravljena svjetla na vozilu ne predstavljaju problem ukoliko napon baterije na padne duže vrijeme ispod razine prikazane tablicom 2. Kada je izvor neplanske potrošnje vidljiv i poznat nije problem otkloniti problem, međutim parazitna potrošnja se javlja uslijed otkaza pojedinih elemenata ili ukoliko neki od izvršnih članova ostane u nepravilnom položaju i pokušava se vratiti u početno stanje.

3. DETEKCIJA PARAZITNE POTROŠNJE

Parazitna potrošnja nekada je često bila posljedica oksidacije konektora baterije u kombinaciji sa zaprljanjem i proboja izolacije vodiča, a danas najčešće uslijed neispravnih ili nekompatibilnih elektroničkih elementa sustava (alarma, audio opreme). Detekcija parazitne potrošnje provodi se sa napunjenim akumulatorom kako bi svi podsustavi radili ispravno na nazivnoj vrijednosti napona. Automobil zaključavamo na takav način da se može pristupiti svim razvodnim točkama. Prekidač status otvorenosti haube motora kratko spojimo. Obavezno pričekamo više od 30 minuta (Hyundai preporuka 10-20 min [10]) kako bi svi sustavi ušli u stanje mirovanja. Npr. u normalnim okolnostima nakon isključenja vozila sustav hlađenja može iz baterije povući struju od više ampera, a nakon toga dolazi faza pripreme mirovanja npr. 250 mA da bi u konačnici struja iz baterije poprimila iznos mirovanja od 20-30 mA. Tablica 5. prikazuje vrijednosti struje nakon isključenja vozila i nakon što vozilo uđe u stanje mirovanja, [11].

Tablica 5. Usporedba potrošnja pojedinih modela automobila u stanju mirovanja, izvor [11]

	početna struja (A)	trajna struja u mirovanju (A)
Chevrolet kobalt	2,70	0,24 (nakon 1 min.); 0,01 (nakon 15 min.)
Ford Focus	0,68	0,02 (nakon 18 min.)
Nisan Almera	0,07	0,01 (nakon 20 min.)
VW Caddy	0,09	0,02 (nakon 2 min.)
Lada Vesta	1,25	0,07 (nakon 1 min.); 0,03 (nakon 30 min.)

3.1. Detekcija parazitne potrošnje mjerenjem struje

Detekcija parazitne potrošnje mjerenjem struje najstarija je metoda, a provodi se skidanjem negativne priključnice s akumulatora i postavljanjem ampermetra u strujni krug. Problem metode je mogući prekid strujnog kruga i isključivanje potrošača koji su samoinicijativno postali teret te gubitak podataka pohranjenih u memoriji uređaja. Navedeno se može spriječiti kratkospojnicima koji se otvaraju u trenutku mjerenja. Očekivane vrijednosti struje koje se mjere su reda mA, ali poprimaju iznos i do nekoliko A. Zbog toga se ispitivanje započinje podešenjem mjernog instrumenta na području mjerenja velikih struja 10-20 A (koji ne

posjeduje osigurač). Problem se može pojaviti ukoliko dođe do nehomičnog pokretanja automobila kada struja poprimi iznose i veće od 300 A što dovodi do uništenja instrumenta. Nakon pažljive instalacije ampermetra u strujni krug pristupa se izvlačenju i vraćanju osigurača pojedinih strujnih krugova dok struja ne poprimi prihvatljivu vrijednost od 20-30 mA. Nakon detekcije strujnog kruga u kojem postoji parazitna potrošnja pristupa se analizi svih elemenata u krugu. Za analizu neophodno je posjedovati električne sheme strujnih krugova vozila. Ukoliko se vađenjem osigurača ne uoči smanjenje struje postoje dva elementa koja mogu predstavljati problem: starter s neispravnim ispravljačkim sklopom i oštećenje vodiča elektro-razvoda. Oštećenje vodiča se može dogoditi mehanički ili korozijom. Prvi korak je odspajanje alternatora i ukoliko to ne dovede do smanjenja struje, problem treba tražiti mjerenjem otpora pojedinih vodiča.

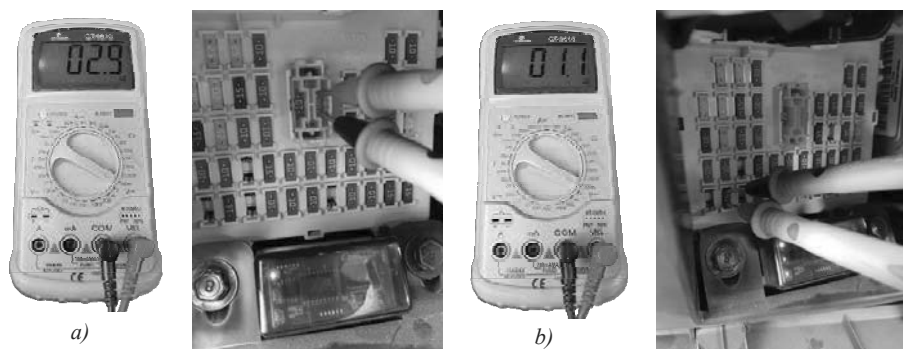
3.2. Detekcija parazitne potrošnje mjerenjem napona

Detekcija parazitne potrošnje mjerenjem napona postala je popularna kako su sustavi automobila počeli biti kompleksni. Vađenjem osigurača događalo se da pojedini elementi sustava prestaju sa radom što je dovodilo do nemogućnosti pravovremenog uočavanja problema. Zbog toga se pristupilo mjerenju pada napona na osiguračima što je u načelu princip rada ampermetra (mjerenje pada napona na šantu). Sukladno pripremljenim tablicama na osnovu izmjerene vrijednosti napona i nazivne vrijednosti osigurača procjenjuje se struja u strujnom krugu. Tablica 6. prikazuje vrijednosti struje kroz osigurač na osnovi izmjenog pada napona, izvor podataka [12].

Tablica 6. Procjena struje kroz osigurač nazivnih vrijednosti 5-25 A mjerenjem pada napona

	Osigurač 5 A	Osigurač 10 A	Osigurač 15 A	Osigurač 20 A	Osigurač 25 A
1 mV	0,065	0,130	0,220	0,300	0,460
2 mV	0,130	0,265	0,450	0,600	0,930
3 mV	0,195	0,400	0,670	0,910	1,400
4 mV	0,260	0,532	0,900	1,210	1,870
5 mV	0,330	0,665	1,130	1,520	2,340
10 mV	0,660	1,335	2,260	3,040	4,690

Praktičan primjer prikazan je na slici 4 koja opisuje mjerenje pada napona na osiguraču audio-sustava nazivne vrijednosti 20A slika a) i utičnici upaljača s osiguračem 15 A na koju je spojen DVR.

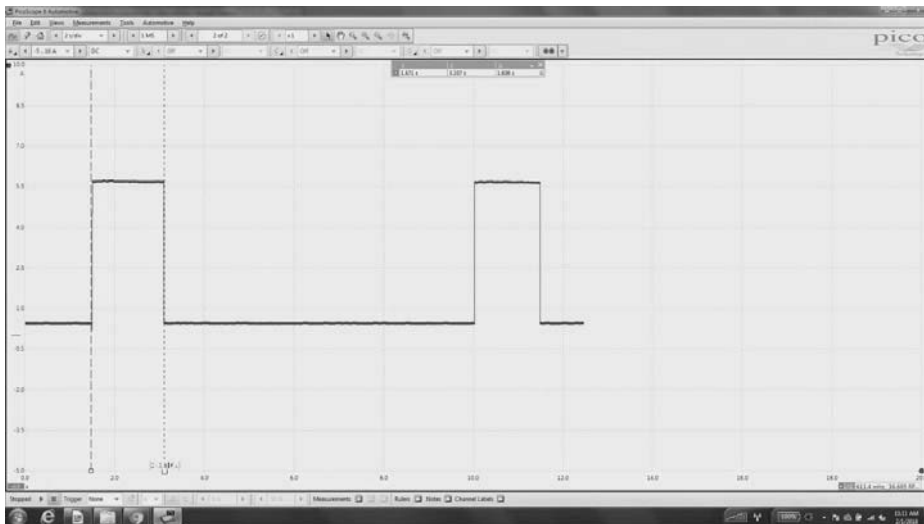


Slika 4. Mjerenje pada napona na osiguraču: a) audio-sustava 20A, b) DVR kamere 15A

Iz mjerenja na slici 4 i podataka iz tablice 5 može se zaključiti da je približna snaga audio-sustava $12\text{ V} \cdot 0,879\text{ A} = 10,55\text{ W}$ manja od vrijednosti prikazane tablicom 3. Snaga DVR-a iznosi $12\text{ V} \cdot 0,243\text{ A} = 2,92\text{ W}$ što znači da bi sukladno tablici 2 baterija mogla napajati kameru pet dana bez ugroze životnog vijeka.

3.3. Detekcija parazitne potrošnje mjerenjem struje i napona

Detaljnijom analizom slike 2 koja prikazuje tipičnu mrežnu arhitekturu modernog automobila može se doći do spoznaje kompleksnosti strukture i protokola. Upravo ta kompleksnost dovela je do razvoja treće metode detekcije parazitne potrošnje koja je kombinacija prethodno navedenih metoda, ali uz vremensko praćenje promjene električnih veličina. Razlog je u tome što pojedini podsustavi mogu inicirati pokretanje drugih, kao što je slučaj kod ugradnje audio vidio opreme ili atenuatora koji su ostali u nepravilnom položaju i pokušavaju doći u početno stanje. Kako se radi o potrošačima koji povlače više ampera u kratkom vremenskom periodu potrebno je mjerenje pada napona na osiguračima provoditi u trenutku kada se potrošnja pojavljuje a to se detektira ampermetrom spojenim u seriju s baterijom. Na slici 5 primjer je parazitne potrošnje neispravnog brisača koji se pokušava vratiti u početni položaj [13]. Potrošnja od preko 5,5 A traje 1,636 sekundi nakon čega slijedi 6,929 sekundi neaktivnosti.



Slika 5. Primjer nekontinuirane parazitne potrošnje automobila, izvor [13]

Da bi se navedeno detektiralo opće dostupnim mjernim uređajima potrebno je postaviti ampermetar na bateriju i pratiti potrošnju struje, a mjerenje pada napona provoditi u trenutcima kada je potrošnja uočena.

4. ZAKLJUČAK

Evolucija automobila postupno je dovela do smanjivanja primarno strojarske komponente u vozilima i porasta elektromehaničkih elemenata. Ekološki zahtjevi pokrenuli su implementaciju senzora i dodatnih elektroničkih sklopova. Društvena razvojna komponenta koja promiče autonomiju i rasterećenje vozača rezultirala je pojavom komunikacijsko-informacijske infrastrukture. Relativno jednostavno vozilo u kontekstu složenosti značajno se

promijenilo od konstrukcije koja nam je tijekom proteklih desetljeća bila dobro poznata. Jedini element koji se u kontekstu načina rada nije promijenio je izvor osnovnog napajanja, akumulator. Promjenom konstrukcije akumulatora smanjila se potreba za održavanjem, ali porast potrošača dovelo je do potrebe kontinuirane kontrole njegovog stanja. Uvid u stanje akumulatora mjerenjem napona nije pouzdan, pa stoga treba pratiti njegovo ponašanje pod teretom. Najjednostavnije je praćenje iznosa napona prilikom pokretanja vozila koji ne bi smio poprimiti iznose manje od 9 V. Do pražnjenja baterije najčešće dolazi uslijed parazitne potrošnje prouzrokovane ugradnjom dodatne opreme i otkazom postojećih elemenata instalacije. Detekcija mjerenjem samo struje primjenom ampermetra i vađenjem osigurača u slučaju automobila novijeg datuma proizvodnje nije dobra metoda. Razlog se nalazi u uređajima koji u trenutku prekida napajanja koje se događa vađenjem osigurača mijenjaju svoje ponašanje. Zbog navedenog razvila se metoda mjerenja pada napona na osiguračima (u suštini emulacija ampermetra pri čemu se osigurač ponaša kao šant). Nedostatak navedene metode je što novi automobili imaju potrošače koji se mogu periodično autonomno uključivati pri čemu se može dogoditi da u trenutku mjerenja ne detektiramo potrošnju pojedinih strujnih krugova. Navedeni problem doveo je do razvoja i primjene kombinirane metode mjerenja struje i pada napona koja se danas primjenjuje u praksi. Navedene metode odnose se prvenstveno na detekciju opće dostupnim mjernim uređajima.

5. REFERENCE

- [1] Glavaš H., Ivanović M., Keser T.: Energetska učinkovitost u cestovnom prometu // Tridesetdrugi skup o prometnim sustavima s međunarodnim sudjelovanjem Automatizacija u prometu 2012 / Šakić, Željko (ur.). Zagreb: KoREMA, Unska 3, Zgreb Croatia, 2012. str. 19-25
- [2] Aptiv: Evolution of Vehicle Architecture, June 21, 2018, <https://www.aptiv.com/newsroom/article/evolution-of-vehicle-architecture>, pristup ostvaren 30.04.2020.
- [3] Shreejith S.: Enhancing Automotive Embedded Systems with FPGAs, School of Computer Science and Engineering, PhD thesis, Nanyang Technological University, 2016.,
- [4] Bahtiar Y., Lead-Acid Battery III, LinkedIn <https://www.slideshare.net/BahtiarYulianto/lead-acid-battery-iii>, August 2017, pristup ostvaren 30.04.2020.
- [5] Bei L., Di Z., & Du L. L.: New Online Detection Method of State of Charge of Car Batteries. Applied Mechanics and Materials, 253-255, 2130–2134. 2012. doi:10.4028/www.scientific.net/amm.253-255.2130
- [6] Kerley R.: Automotive Lead-Acid Battery State-of-Health Monitoring System, diplomski rad, Virginia Polytechnic Institute and State University, July 30, 2014, Blacksburg, Virginia
- [7] Lewis J.: Standard Battery, Charging System, And Starting System Service Manual, NAPA EESP, 2017
- [8] ATLIB.info, Car battery drain calculator, <https://atlib.info/calc/leakage-current>, pristup ostvaren 30.04.2020.
- [9] ATLIB.info, Battery discharge time calculator, <https://atlib.info/calc/battery-discharge>, pristup ostvaren 30.04.2020.
- [10] GDS, Hyundai i20 Service manual, Battery - Repair procedures, 2012.
- [11] За рулем, Сколько жить аккумулятору без подзарядки — экспертиза, <https://www.zr.ru/content/articles/917119-skolko-prozhivet-akkumulyator-bez-podzaryadki>, pristup ostvaren 30.04.2020.
- [12] Glassford J.: How to Do a Battery Parasitic Drain Test by Checking the Voltage Drop Across Fuses, [https://www.autonerdz.com/yabbfiles/Attachments/How to do Parasitic drain test across fuses.pdf](https://www.autonerdz.com/yabbfiles/Attachments/How%20to%20do%20Parasitic%20drain%20test%20across%20fuses.pdf), pristup ostvaren 30.04.2020.
- [13] GoTech: How To Perform A Parasitic Amp Draw (Battery Drain) Test The Right Way, By Not Disturbing The System, YouTube <https://youtu.be/RAos-qLYUos>, 2018., pristup ostvaren 30.04.2020.

**REKONSTRUKCIJA TOVARNOG SANDUKA DAMPERA
CAT 777-D U CISTERNU ZA VODU**

**THE RECONSTRUCTION OF CARGO BOX OF TIPPER TRUCK
CAT 777-D INTO WATER TANK**

**Doc.dr.sc Kasim Bajramović, dipl. inž. rud.
ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj/Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet**

**Irfan Bajramović, BA ing.cestovnog prometa
O.R. “BI-Trade” Kakanj**

**Admir Muslija, dipl.inž. saob.
Doktorant Fakulteta prometnih znanosti Zagreb**

REZIME

Zbog ukazane potrebe i nedostatka cisterni za polijevanje cesta u radilištu na PK „Vrtlište“, Rudnik Kakanj, neophodno je osigurati cisternu za vodu odgovarajućeg kapaciteta. Pogon PK „Vrtlište“ posjeduje jedan tovarni sanduk od dampera CAT 777 D interni broj 54 u prijedlogu za otpis, koji bi se rekonstruirao u cisternu za vodu. Zbog velike potrebe za obaranje prašine na kopu u ljetnom periodu i posjedovanja rezervnog tovarnog sanduka od dampera CAT 777 D, u ovom radu će se prikazati način rekonstrukcije tovarnog sanduka od dampera CAT 777 D u cisternu za vodu.

Ključne riječi: cisterna, prašina, sanduk, voda

ABSTRACT

Due to the indicated need and lack of cisterns for watering the roads in the work site at PK "Vrtlište", Rudnik Kakanj, it is necessary to provide a water cistern of appropriate capacity. The PK "Vrtlište" plant has one cargo box made of a CAT 777 D tipper, internal number 54 in the proposal for write-off, which would be reconstructed into a water tank. Due to the great need for dust collection at the mine in the summer and the possession of a spare cargo box from the CAT 777 D tipper, this paper will show the method of reconstruction of the cargo box from the CAT 777 D tipper into a water tank.

Keywords: cistern, dust, box, water

1. UVOD

Kamionski transport predstavlja primarnu alternativu transporta otkrivke za sve površinske kopove. Glavni razlog njegove primjene je niz prednosti u odnosu na ostale načine transporta. Njihovo korištenje prouzrokuje obimno stvaranje prašine na transportnim cestama, što je hronični problem na mnogim površinskim kopovima. Prašina može da izazove zdravstvene probleme radnika, može da ošteti opremu, mehanizaciju, smanjuje vidljivost i otežava rad. Obimno stvaranje prašine na rudničkim transportnim cestama je uobičajeni problem za većinu površinskih kopova s operacijama površinske eksploatacije. Selekcija parametara optimalnog nošenja grubih materijala smanjuje, ali sasvim ne eliminira potencijal za „proizvodnju“ prašine. Za postojeće operacije koje ne moraju da imaju optimalno konstruirane i održavane cesta, problem identifikacije oštećenja cesta i pojave prašine, problematično je određivanje njihovih utjecaja na sigurnost i zdravlje i usmjeravanje prioriteta unutar ograničenja limitiranog kapitala i ljudske snage. To se ispoljava u tome da se većina operatora na površinskoj eksploataciji slaže da su poželjne ceste bez prašine, ali je teško to prevesti na aktivnosti poboljšanja s efikasnim troškovima. Radna sredina na površinskim kopovima zbog prirode, obima i specifičnosti posla, redovno je izložena zaprašenosti, zagušljivim i otrovnim gasovima, niskim i povećanim temperaturama, buci i drugim štetnim utjecajima. Primjenom velikih kapaciteta mašina u površinskoj eksploataciji, povećava se proizvodnja, ali i štetni utjecaji, a time i rizik od povrede i oboljenja rudara. Posljedice toga se direktno odražavaju na produktivnost rada, ekonomičnost i rentabilnost poslovanja.

2. SISTEMI ZA REGULISANJE NIVOA ZAPRAŠENOSTI RADILIŠTA

Sistemi koji se primjenjuju u praksi za kontrolu zaprašenosti radilišta baziraju se na principu obaranja prašine vodom. Postoji više sistema koji se uspješno primjenjuju na površinskim kopovima za obaranja prašine. Suzbijanje stvaranja i podizanja prašine s cesta unutar i van kopa pri kamionskom transportu uglja i otkrivke može da se vrši:

- a) Polijevanjem cesta iz stacionarnog hidrosistema sa sistemom prskalice, priključenog na sistem za odvodnjavanje kopa.
- b) Polijevanjem cesta vodom iz autocisterni, čije površine su neobrađene, odnosno zastor je od tvrdih stijena s kopa.
- c) Obradom površina cesta, ako se na pripremljeni sloj debljine oko 15 cm nanosi bitumen, nafta ili drugo vezivno sredstvo, odnosno izvrši asfaltiranje cesta (15 cm + 15 cm = 30 cm)

Radna sredina na površinskim kopovima zbog prirode, obima i specifičnosti posla, redovno je izložena zaprašenosti, zagušljivim i otrovnim gasovima, niskim i povećanim temperaturama, buci i drugim štetnim utjecajima.

Sadržaj lebdeće prašine u vazduhu površinskog kopa često je 5-10 puta iznad dozvoljene granice (2 mg/m), što ima za posljedicu:

- znatno smanjenje vidljivosti cesta i vrlo štetno djelovanje po zdravlje radnika,
- otežano normalno odvijanje transporta i smanjenje njegovog učinka,
- znatno skraćenje radnog vijeka motora i drugih dijelova osjetljivih na prašinu,
- stvaranje kliznog sloja između podloge i točkova pri određenom stepenu vlažnosti, a pri velikoj količini prašine može prouzrokovati i prekid saobraćaja po cestama bez kolovozne konstrukcije,
- štetno djelovanje na okolinu, odnosno na okolna naseljena mjesta.

Smanjenje zaprašenosti u kopu postiže se:

- preventivnim intervencijama,
- orošavanjem,
- provjetranjem i
- usisavanjem na mjestima utovara pri njenom velikom izdvajanju.

Prašina se na cestama u površinskom kopu najčešće obara orošavanjem vodom iz cisterni. Sistematskim polijevanjem cesta vodom, količina prašine u vazduhu smanjuje se 6-7 puta. Njegov glavni nedostatak je brza evaporacija (isparavanje) vode, pri visokim temperaturama od 30 do 40°C, koja traje svega 15-20 minuta, tako da je to vrijeme periodičnosti orošavanja. Zbog ukazane potrebe i nedostatka (cisterna vode za polijevanje cesta u radilištu (Perlini C/V), nije više za upotrebu), cisterni za polijevanje cesta u radilištu, neophodno je osigurati cisternu za vodu odgovarajućeg kapaciteta. Trenutno pogon PK „Vrtlište“ ima dvije manje cisterne od 10 i 15 m³, koje ne zadovoljavaju traženi kapacitet. Potreba za ovom rekonstrukcijom se javila i nabavkom 10 (deset) novih transportnih jedinica (Belaz 75135 i Belaz 75131), gdje raspoložive cisterne nisu u mogućnosti odgovoriti traženom kapacitetu. Pogon PK „Vrtlište“ posjeduje jedan tovarni sanduk od dampera CAT 777 D (interni broj 54 u prijedlogu za otpis), koji bi se rekonstruirao u cisternu za vodu. U ljetnim danima, kada je povećana koncentracija prašine u kopu, rekonstruisani sanduk bi se ugradio na ispravni damper CAT 777 D, gdje bi u ljetnim danima obarao prašinu u kopu. Po završetku ljetnog perioda, odnosno kada ne bude potrebe za korištenjem cisterne za obaranje prašine, ponovno će se izvršiti zamjena sanduka. Prednost ovog načina je da navedeni damper ponovno ide u proces eksploatacije, odnosno na transport uglja i otkrivke. Zbog velike potrebe za obaranjem prašine na kopu u ljetnom periodu i posjedovanja rezervnog tovarnog sanduka dampera CAT 777 D, potrebno je izvršiti rekonstrukciju tovarnog sanduka za cisternu za vodu.

3. OPŠTE KARAKTERISTIKE DAMPERA CAT 777 D

3.1. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE DAMPERA CAT 777 D

Damper CAT 777D (slika 1.) posjeduje sljedeće tehničke karakteristike:

- Proizvođač:	CAT-USA
- Tip:	CAT 777D
- Broj šasije:	3PR00244
- Broj motora:	2GR00397
- Godina proizvodnje:	1997
- Dužina kamiona (m)	9,78
- Visina kamiona (m)	5,028
- Rastojanje osovina točkova (m)	4,57
- Visina utovara (m)	4,288
- Visina podignutog sanduka (m)	9,95
- Najniža tačka kamiona (m)	0,75
- Najniža tačka podignutog sanduka (m)	0,872
- Razmak zadnje osovine i kraja kamiona (m)	3,045
- Razmak prednje osovine i početka kamiona (m)	2,20
- Dužina sanduka (m)	6,95
- Dužina štitnika kabine (m)	2,26
- Tip motora:	3508B – EUI
- Snaga motora (kW)	746
- Zapremina sanduka (m ³)	60,10

- Širina kamiona (m)	6,10
- Razmak prednjih točkova (m)	4,20
- Razmak vanjskih zadnjih točkova (m)	4,42
- Razmak unutrašnjih zadnjih točkova (m)	2,73
- Unutrašnja širina sanduka (m)	5,20
- Razmak vanjskih strana predenjih guma (m)	4,96
- Masa kamiona (t)	70
- Masa korisnog tereta (t)	91
- Ukupna masa kamiona (t)	161
- Maksimalna brzina kamiona (km/h)	60.4
- Zapremina rezervoara za gorivo (l)	1137
- Gume:	27 R 49



Slika 1. Damper CAT 777 D

Damper CAT 777 zadržava sve tehničke karakteristike koje se odnose na :

- upravljački sistem,
- kočioni sistem,
- električnu instalaciju,
- motor i sistem prijenosa snage,
- gume.

Karakteristike tovarnog sanduka nakon rekonstrukcije

Korpa:

- kapacitet do ruba40,09 m³

Cisterna za obaranje prašine CAT 777 D nakon rekonstrukcije

- zapremina C/V (tovarnog sanduka do ruba)40 m³

4. TEHNOLOŠKI POSTUPAK REKONSTRUKCIJE SANDUKA

Rekonstrukcija sanduka može se podijeliti u tri faze:

- Demontaža sanduka s dampera,
- Rekonstrukcija sanduka,
- Montaža sanduka na šasiju, testiranje i probni rad

4.1 Demontaža sanduka s dampera

U sklopu demontaže sanduka potrebno je obaviti sljedeće pripreme radnje:

- priprema dampera i prostora za izgradnju sanduka (čišćenje, pranje, osiguranje zaštite na radu),
- dovoženje dampera na plato i propisno parkiranje sa svim elementima osiguranja i zaštite radnika koji učestvuju u rekonstrukciji,
- raspajanje cilindara kipe od tovarnog sanduka,
- vađenje osovinica (bolcna) veze šasija tovarni sanduk,
- izgradnja tovarnog sanduka s dampera pomoću dizalice 40 t,
- izvlačenje dampera van radnog prostora,
- postavljanje tovarnog sanduka na već pripremljen prostor na platou određenom za rekonstrukciju sanduka.

4.2 Rekonstrukcija sanduka

Sama rekonstrukcija radi se u fazama:

a) Oblaganje sanduka dampera CAT 777D

- oblaganje sanduka će se raditi limom debljine 5 mm,
- izvođenje bravarsko-zavarivačkih radova (mjerena, rezanja, pripreme, ugradnje elemenata i zavarivanje pozicija na tovarni sanduk,
- izrada otvora za izlazne stepenice.

b) Izrada komora unutar sanduka

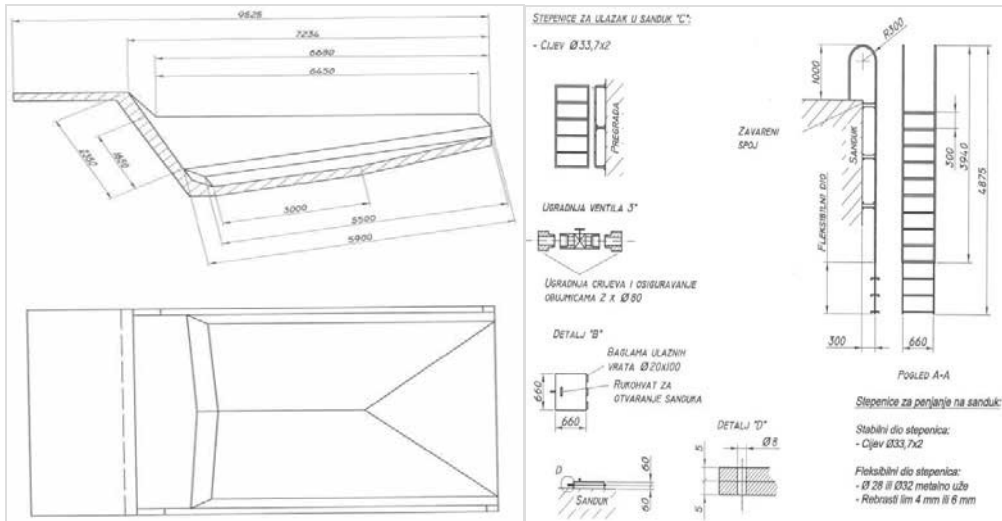
- nakon oblaganja, unutar sanduka ugradnja pregrade od lima 5 mm, ojačana L profilom 50 x 50,
- izrada 8 komora koje će imati ulogu stabilnosti cisterne prilikom obaranja prašine, slika 5,
- izrada prolaza između komora,
- ojačanja pregrada L profilom sa bočne strane i centralne pregrade,
- ukupno 6 pregrada i centralna pregrada, za ukupno 8 komora.

c) Izrada poklopca i ljestava na sanduk

- poklopac na spremniku vode je jedan od bitnih segmenata kod rekonstrukcije sanduka. Isti ima sljedeće namjene:
 - potreba za redovnim pregledom unutrašnjosti spremnika vode,
 - ljestve i otvor na spremniku koji će biti zaštićen poklopcem slika 3., kako bi vozač imao pristup samom spremniku sa vodom (čišćenje, popravke i dr.),
 - stepenice za penjanje na sanduk sa rukohvatima i fleksibilnim dijelom do poda i stepenice za ulazak u sanduk tj. spremnik vode slika 3.

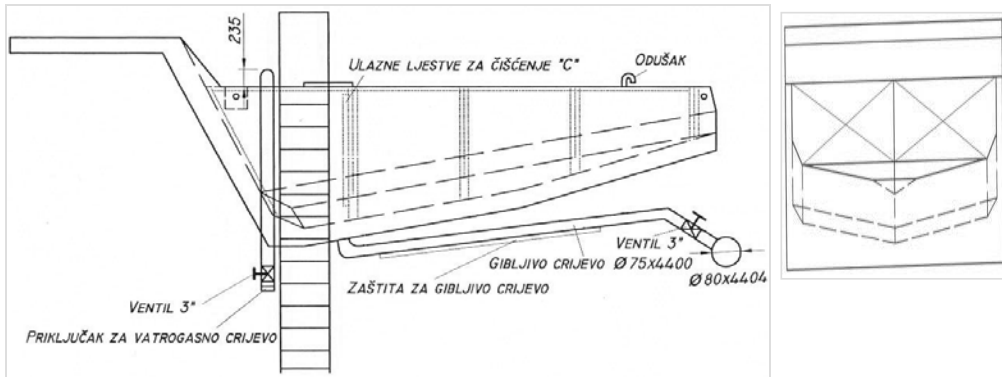
4.3 Montaža sanduka na šasiju, testiranje i probni rad

- ugradnja tovarnog sanduka na šasiju dampera, (slika 2.)
- postavljanje osovinica (bolcna) veze šasije i tovarnog sanduka,
- spajanje cilindara kipe na tovarni sanduk,
- ugradnja ventila, gibljivog crijeva, cijevi za rasipanje vode,
- testiranje i puštanje u rad.

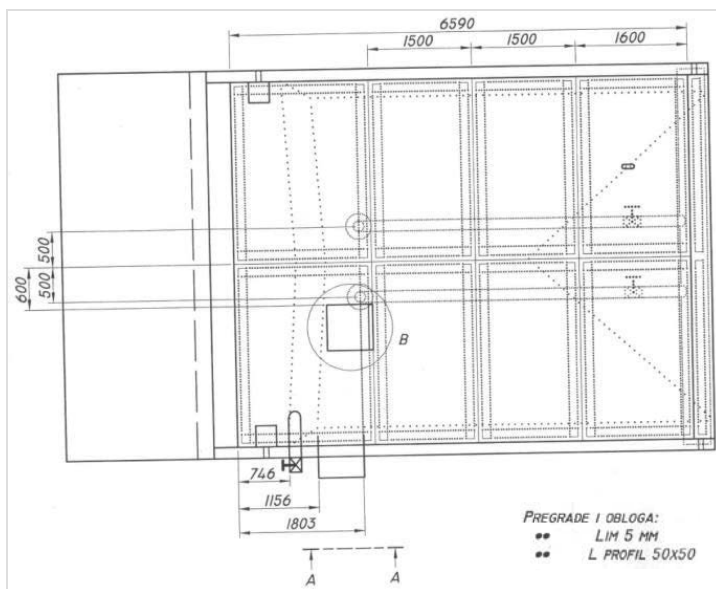


Slika 2. Dimenzije sanduka

Slika 3. Instalirani dijelovi na sanduku CAT 777



Slika 4. Izgled sanduka dampera nakon rekonstrukcije



Slika 5 . Izgled sanduka sa 8 komora stabilnost

5. ZAKLJUČAK

Cilj ovoga rada je da se vidi mogućnost povećavanja kapaciteta za obaranje prašine na Površinskom kopu „Vrtlište“ u ljetnom periodu. Rudnik Kakanj je u posjedu rezervnog tovarnog sanduka od dampera CAT 777 D, na kojem je potrebno izvršiti rekonstrukciju tovarnog sanduka u sanduk za obaranje prašine tj. za cisternu. Ovaj rad je dao osnovne smjernice kako izvršiti rekonstrukciju. Povoljnost ovog načina rješavanja problema ogleđa se u tome, da nakon završetka ljetnog perioda, odnosno kada ne bude potrebe za korištenjem cisterne za obaranje prašine, CAT 777 D se vraća u prvobitno stanje (mogućnost zamjena sanduka).

6. REFERENCE

- [1] Sredojević J.: Rudarsko-građevinske mašine za otkopavanje stijenskih masa, Zenica 2016.
- [2] Pojednostavljeni rudarski projekt "Rekonstrukcija tovarnog sanduka dampera Cat 777- D za cisternu vode za polijevanje cesta u radilištu pogona PK "Vrtlište" ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj.
- [3] <https://pdf.directindustry.com/pdf/caterpillar-global-mining/777d/55229-563082.html>

**PREGLED I ODRŽAVANJE PUMPNOG AGREGATA
FLYGT 2125.181**

**INSPECTION AND MAINTENANCE OF THE PUMP UNIT
FLYGT 2125.181**

Doc.dr.sc. Kasim Bajramović, dipl. inž. rud.
ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj/ Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet

Doc.dr.sc. Mustafa Hadžalić, dipl.ing.maš.
Institut „Kemal Kapetanović“/Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet

Mr.sc. Dino Tica, dipl.ing.maš.
JP Elektroprivreda BiH, TE Kakanj/ Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet

REZIME

U dosadašnjoj praksi odvodnjavanja nakupljenih voda na etažama kopa, koristile su se male prenosne pumpe koje nisu zadovoljavale tražene kriterije u pogledu kapaciteta, funkcionalnosti, sigurnosti i ekonomičnosti. Pored ovoga za postojeće pumpe je izražen problem otežanog remonta i održavanja, zbog nemogućnosti nabavke odgovarajućih rezervnih dijelova. Bitan faktor predstavlja i cijena ovih pumpi, obzirom da se radi o uređajima koji moraju zadovoljiti stroge zahtjeve u pogledu ekoloških kriterija. Pumpe Flygt serije 2125.181 predstavlja veliki pomak u tehnologiji muljnih pumpi. Temeljito projektirane, te robusne, ove pumpe nude neusporedivu otpornost na trošenje, dosljedne performanse tokom radnog vijeka i jednostavno održavanje. Rezultat ovoga je manji ukupni trošak energije i vremena korištenja. U ovom radu će se prikazati pregled i održavanje pumpnog agregata tipa Flygt 2025.181.

Ključne riječi: kvalitet održavanja, odvodnjavanje, pumpni agregat

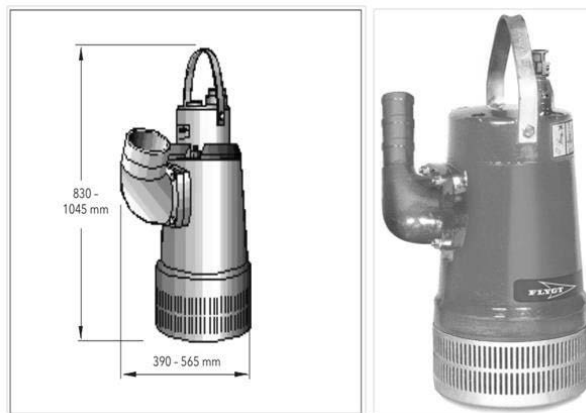
ABSTRACT

In the current practice of drainage of accumulated water on the floors of the mine, small portable pumps were used that did not meet the required criteria in terms of capacity, functionality, safety and economy. In addition to this, the problem of difficult overhaul and maintenance for the existing pumps is pronounced, due to the impossibility of procuring appropriate spare parts. An important factor is the price of these pumps, since they are devices that must meet strict requirements in terms of environmental criteria. The Flygt 2125.181 series pumps represent a major breakthrough in sludge pump technology. Thoroughly designed and robust, these pumps offer unparalleled wear resistance, consistent service life and easy maintenance. The result is a lower total cost of energy and time of use. This paper will present an overview and maintenance of the Flygt 2025.181 pump set.

Keywords: maintenance quality, drainage, pump unit

1. UVOD

Pumpa Flygt serije 2125 predstavlja veliki pomak u tehnologiji muljnih pumpi. Temeljito projektirane, te robusne, ove pumpe nude neusporedivu otpornost na trošenje, dosljedne performanse tokom radnog vijeka i jednostavno održavanje. Rezultat ovoga je manji ukupni trošak energije i vremena korištenja. Pumpa je uronjiva, namijenjena je za pumpanje otpadnih voda, mulja, neprerađene i čiste vode. Pokreće je električni motor. Pumpa može podnijeti tekućine koje sadrže čestice koje odgovaraju otvorima na taložniku. Broj otvora – 186. Dimenzije otvora: 6×50 mm. Vrsta pumpe: HT Visokotlačna. Pumpe navedenih serija su opremljene patentiranom Dura-Spin™ tehnologijom hidraulike i novo dizajniranim Hard-Iron™ radnim kolom što značajno poboljšava otpor prema trošenju i održavanje performansi tijekom vremena. Flygt Plug-inSeal™ mehanička brtva sa Spin-Out™ sistemom koji izbacuje abrazivne čestice iz brtvene komore osigurava nikad veću pouzdanost i jednostavno održavanje. Podešavanje radnog kola za optimalne performanse se obavlja samo jednim vijkom.



Slika 1. Pumpni agregat 2125.181

2. RUKOVANJE I ODRŽAVANJE PUMPNOG AGREGATA

2.1 Osnovne preporuke pri rukovanju-eksploataciji pumpnog agregata

Sigurnosni elementi za praćenje i kontrolu rada pumpe:

- Stator uključuje toplinske kontakte spojene u niz koji aktivira alarm u slučaju prevelike temperature.
- Toplinski kontakti otvoreni pri 125°C.

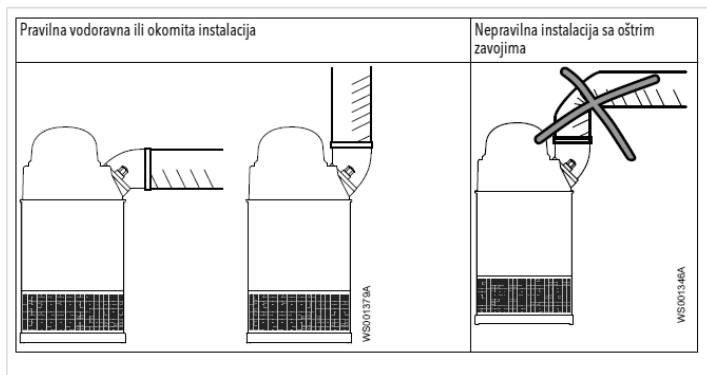
Sprječavanje taloženja

Kako bi se izbjeglo taloženje kada upumpana tekućina sadrži krute čestice, brzina tekućine u ispusnom vodu mora biti iznad određene vrijednosti. Potrebno odaberite odgovarajuću najmanju brzinu iz tablice i u skladu s tim odabrati odgovarajuće dimenzije ispusnog voda.

Osnovne preporuke:

- Pravilna upotreba i puštanje u rad pumpnog agregata,
- Osigurati stabilnosti agregata dok je u radu,

- Ostvariti dovoljnu udaljenosti od drugih objekata i uređaja od pumpnog agregata,
- Ostvariti dovoljnu udaljenost od lako zapaljivih i eksplozivnih sredstava,
- Spriječiti da se pomjera pumpa u toku rada ili da se vrše bilo kakvi pregledi i čišćenje iste,
- Agregatom rukovati isključivo ručno,
- Agregatom mogu rukovati samo stručno osposobljene osobe,
- Agregat se ne smije koristiti u zatvorenom prostoru,
- Pri promjeni rada pumpe (povećana bučnost, vibracije, temperatura i sl.) pumpu obavezno isključiti.



Slika 2. Instalacija pumpnog agregata

Instaliranje S-instalacijom

Kod S-instalacije, pumpa je prenosiva i namijenjena za rad potpuno ili djelomično uronjena u pumpanu tekućinu. Pumpa je opremljena priključkom za crijevo ili cijev.

Ovi zahtjevi i upute primjenjuju se samo u slučaju da je instalacija obavljena prema dimenzionalnom crtežu.

1. Provedite kabel, tako da nema oštih zavoja. Provedite da nije stegnut, i da ne može biti usisan u usisni otvor pumpe.
2. Spojite ispusni vod.
3. Spustite pumpu u karter.
4. Postavite pumpu na bazu i provjerite da se ne može prevrnuti ili potonuti. Alternativno, pumpa može biti zaustavljena pomoću lanca za podizanje neposredno iznad dna kartera. Provjerite da li se pumpa može okretati pri pokretanju ili tokom rada.
5. Spojite kabel motora i starter i opremu za praćenje prema posebnim uputama.
6. Provjerite da je okretanje rotora ispravno.

2.2 Osnovna pravila pri održavanju pumpnog agregata

Prije bilo koje radnje održavanja pumpe potrebno je držati se odnosno dobro proučiti Opšte upute date od samog proizvođača u Uputstvu za upotrebu. Posebno je bitno ne prekoračiti granične vrijednosti jer to šteti motoru.

Uputstvom su također date propisane količine i vrste ulja i način održavanja. Potrebno je poštivati oznake i uputstva na kontrolnoj tabli odnosno pločici. Također je potrebno voditi posebnu brigu u prvom mjesecu eksploatacije pumpe. Poslije isteka navedenog roka ako nema promjene eksploatacionih uvjeta pumpu kontrolisati jednom mjesečno.

**6. Konferencija „ODRŽAVANJE - MAINTENANCE 2020“
Zenica, B&H, 20. – 11. Novembar 2020.**

Periodični pregledi i pokazivači servisa upozoravaju kada je potrebno održavanje i servis:

- Prefiltera, filtera i ulja,
- Usisne rešetke,
- potisni vod,
- Čišćenje ventilatora, lopatica i hladnjaka ulja,
- Način uklanjanja vlage i nečistoća,

Pored naprijed navedenih pregleda neophodno je izvršiti sljedeće provjere:

- Odspojite i zaključajte električno napajanje prije instaliranja ili servisiranja pumpe.
- Uvjerite se da se jedinica ne može prevrnuti ili ispasti, te ozlijediti ljude ili oštetiti imovinu.
- Temeljito isperite jedinicu čistom vodom prije nego što koristite jedinicu.
- Isperite komponente u vodi nakon rasklapanja.
- Provjerite opasnost od eksplozije prije nego što varite ili koristite električni ručni alat.
- Pustite da se sve komponente sustava i pumpe ohlade prije nego što njima rukujete.
- Provjerite da li su proizvod i njegove komponente temeljito očišćene.
- Ne otvarajte bilo koje odušne ili odzračne ventile niti uklanjajte bilo koje priključke dok je sistem pod pritiskom. Provjerite je li pumpa je izolirana od sistema i da se pritisak oslobađa prije nego što rastavite pumpu, uklonite priključke ili rastavite cijevi.

3. PREGLED I ODRŽAVANJE PUMPNOG AGREGATA FLYGT 2125.181

Tabela 1. Prikaz aktivnosti na pregledu pumpe

Servisna stavka	Postupak
Vidljivi dijelovi na pumpi i instalacijama	<ol style="list-style-type: none">1. Provjeriti jesu li svi vijci, zavrtnji i navrtke pravilno zategnuti.2. Provjeriti stanje ručki za podizanje očnih vijaka, užadi, lanaca i žica.3. Provjeriti postoje li istrošeni ili oštećeni dijelovi.4. Podesiti i/ili zamijeniti, ako je potrebno.
Cijevi, ventili i ostala periferna oprema	<ol style="list-style-type: none">1. Provjeriti postoje li istrošeni ili oštećeni dijelovi.2. Podesiti i/ili zamijeniti, ako je potrebno.
Kućište pumpe i rotor	<ol style="list-style-type: none">1. Provjeriti postoje li istrošeni ili oštećeni dijelovi.2. Podesiti i/ili zamijeniti, ako je potrebno. Habanje na rotoru ili okolnim dijelovima zahtjeva fine prilagodbe na rotoru ili zamijene dotrajalih dijelova.
Ulje	Provjeriti mješavinu vode i ulja: <ol style="list-style-type: none">1. Umetnuti cijev ili crijevo u otvor za sipanje ulja.2. Prekriti gornji kraj cijevi.3. Uzeti malo ulja s dna (mješavina zraka i ulja može se pomiješati s mješavinom vode i ulja).4. Ako mješavina sadrži previše vode (emulzirana, kremasta) ili ako je voda staložena, promijeniti ulje.

**6. Konferencija „ODRŽAVANJE - MAINTENANCE 2020“
Zenica, B&H, 20. – 11. Novembar 2020.**

Tabela 2. Prikaz aktivnosti na održavanju pumpe

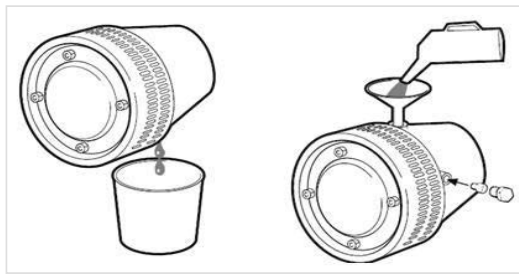
Servisna stavka	Postupak
Ulaz kabela	<ol style="list-style-type: none"> 1. Provjeriti jesu li ispunjeni sljedeći zahtjevi: <ul style="list-style-type: none"> - Kabela stezaljka mora biti pravilno zategnuta. - Ulaz kabela mora biti čvrsto zategnut u krajnjem donjem položaju. - Rukavac brtve i umetci moraju biti u skladu s vanjskim promjerom kabela. 2. Odrezati komad kabela, tako da se rukavac brtve zatvara oko novog položaja na kabeu. 3. Zamijeniti rukavac brtve, ako je potrebno.
Kontrolna komora	<ol style="list-style-type: none"> 1. Provjeriti da li je vijak za provjeru pravilno zategnut. 2. Ukloniti vijak za pregled. 3. Ispustiti svu tekućinu, ako postoji. 4. Ako u kontrolnoj komori ima ulja, provjeriti je li unutarnji mehanički zatvarač oštećen. 5. Ako u kontrolnoj komori ima vode: <ul style="list-style-type: none"> - Provjeriti da "O" prsten nije oštećen - Provjeriti da na ulazu kabela nema curenja.
Kabel	<ol style="list-style-type: none"> 1. Provjeriti vanjsku zaštitu, ako je oštećena, zamijeniti kabel. 2. Provjeriti da na kabelima nema oštrih zavoja i da nisu ukliješteni.
Rashladni sistem	Ako je protok kroz sistem djelomično ograničen, isprati i očistiti sistem.
Senzori nivoa ili druga osjetna oprema	<ol style="list-style-type: none"> 1. Provjeriti funkcionalnost. 2. Zamijeniti ili popraviti svu oštećenu opremu. 3. Očistiti i podesiti opremu.
Oprema	<ol style="list-style-type: none"> 1. Provjeriti stanje i funkcionalnost 2. Kontaktirati električara, ako je potrebno.
Otpornost izolacije u statoru	<ol style="list-style-type: none"> 1. Provjeriti izolaciju: <ul style="list-style-type: none"> - faza – faza na statoru, - faza- uzemljenje. Izolacija treba biti > od 1 megaoma. Za provjeru izolacije koristiti megaohmmetar od 1000 VDC. 2. Ako je rezultirajuća vrijednost < od 1 megaoma, kontaktirati ovlašteni servis.

Zamjena ulja:

Preporučuje se parafinsko ulje viskoznosti u blizini ISO VG32. Pumpa se iz tvornice isporučuje s ovom vrstom ulja. U primjenama u kojima su otrovna svojstva od manje važnosti, mogu se koristiti mineralna ulja viskoziteta do ISO VG32.

Ispuštanje ulja:

1. Položite pumpu na stranu.
2. Učvrstite pumpu osloncima kako biste spriječili njeno prevrtanje.
3. Uklonite vijak za ulje. Postoje dva vijka za ulje. Svaki vijak se koristiti za odvod, ali je lakše ispustiti ulje ako su oba vijka za ulje uklonjena.
4. Okrenuti pumpu, tako da je otvor za ulje okrenut prema dolje i pustite ulje da istječe.



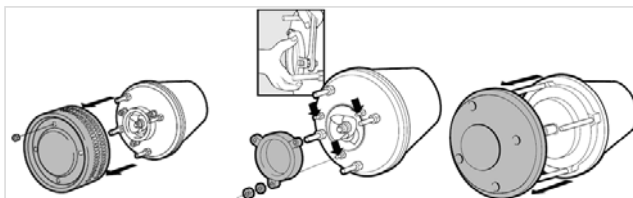
Slika 3. Ispuštanje ulja iz pumpe

Daljnji slijed aktivnosti podrazumijeva:

1. Zamijeniti O-prsten vijka za ulje.
2. Vratiti jedan vijak za ulje i zategnite ga.
3. Okrenuti pumpu tako da je otvor za ulje okrenut prema gore i dosipajte novo ulje.
4. Ponovno postavite vijak za ulje i pritegnite ga.
Moment zatezanja: 10–40 Nm (7,4–30 ft-lbs)

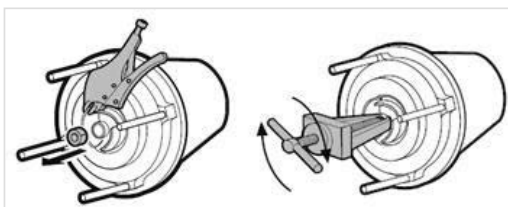
Zamjena rotora

1. Položite pumpu na stranu.
2. Ukloniti:
 - a) Uklonite navrtke i taložnik.



Slika 4. Zamjena rotora pumpe-uklanjanje navrtke i poklopca za usisavanje

- b) Uklonite navrtke i poklopac za usisavanje.
 - c) Uklonite navrtke i difuzor.
3. Uklonite rotor:
 - a) Blokirati rotor da biste spriječili okretanje. (Koristite kliješta, odvrtlač ili sličan alat).
 - b) Uklonite navrtku rotora.
 - c) Izvadite rotor. (Koristiti izvlačač rotora).



Slika 5. Zamjena rotora pumpe-uklanjanje navrtke rotora

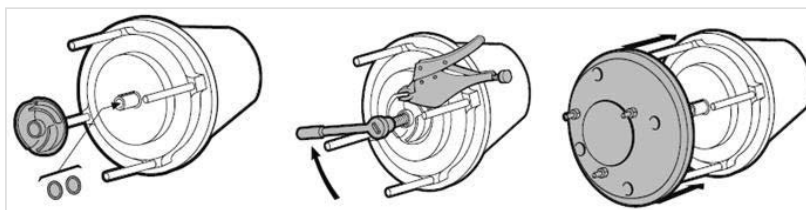
4. Ako difuzor treba zamijeniti, prvo se mora ispustiti ulje.
5. Uklonite svornjake i difuzor.

Instaliranje rotora

Provjerite da li je gornji difuzor ispravno postavljen prije nego što počnete instalaciju.

1. Priprema osovine:

- a) Ispolirajte bilo kakve nedostatke finim šmirgl papirom (kraj osovine mora biti čist i bez neravnina).
- b) Namastite kraj osovine.
- c) Umetnite klin u predviđeni utor na osovini.
- d) Namjestite odgovarajući broj umetaka za podešavanje na osovinu.



Slika 6. Instaliranje rotora pumpe

2. Instaliranje rotora:

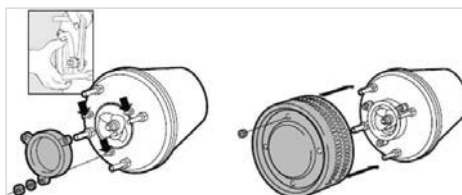
- a) Namjestite rotor na osovinu.
- b) Blokirajte rotor da biste spriječili okretanje (koristite kliješta, odvrtac ili sličan alat).
- c) Zategnite maticu rotora (moment zatezanja: 60 Nm (44 ft-lbs). Zazor rotora mora biti minimalan kada je rotor zategnut. Koristite umetke za podešavanje da biste podesili zazor.

3. Provjera da li se rotor može lako okretati.

4. Instaliranje donjeg difuzora.

5. Instaliranje poklopca za usisavanje:

- a) Pritisnite poklopac za usisavanje na rotor (zazor rotora mora biti minimalan kada je rotor zategnut. Koristite unutarnje navrtke za podešavanje zazor).
- b) Postavite matice na vijke. Ravnomjerno zategnite sve matice.



Slika 7. Instaliranje rotora pumpe-donjeg difuzora, poklopca za usisavanje i cjedila

6. Provjerite da li se rotor može lako okretati.

7. Instalirajte cjedilo.

Da bi pumpa mogla raditi s maksimalnim kapacitetom, rotor se mora redovito podešavati.

5. NAJČEŠĆI PROBLEMI, DETEKCIJA I NAČIN OTKLANJANJA

Kod rješavanja problema u vezi s pumpom neophodno je pridržavati se sljedećeg:

- Odspojiti i zaštititi napajanje, osim kada obavljate provjere za koje je napon neophodan.
- Pazite da se nitko ne nalazi u blizini pumpe kada se napajanje ponovno spoji.

Prilikom rješavanja problema u vezi s električnom opremom, koristite sljedeće:

- Univerzalni instrument multimeter,
- Ispitna lampa (ispitivač kontinuiteta),
- Shema ožičavanja.

6. ZAKLJUČAK

Pumpe Flygt serije 2125.181 predstavlja veliki pomak u tehnologiji muljnih pumpi. Temeljito projektirane, te robusne, ove pumpe nude neusporedivu otpornost na trošenje, dosljedne performanse tokom radnog vijeka i jednostavno održavanje. Rezultat ovoga je manji ukupni trošak energije i vremena korištenja.

Pumpni agregat Flygt 2125.181 ima dosta jednostavnu konstrukciju, potreban je mali broj radnika na opsluživanje, pumpa je jednostavna za rukovanje i održavanje, ima niske manipulativne troškove.

U odnosu na ostale vrste pumpnih kapaciteta imaju niz prednosti, kao što su:

- jednostavna konstrukcija,
- lagano rukovanje i održavanje,
- dugotrajnost i pouzdanost,
- mogućnosti rada u gotovo svim vremenskim uvjetima,
- široka mogućnost manipulacije rada itd.

Sagledavajući naprijed navedeno može se sa sigurnošću reći da pumpni agregati Flygt 2125.181 za crpljenje vode zadovoljavaju tražene uslove rada, kapacitet, sigurnost i pouzdanost u vrijeme izvođenja radova na odvodnjavanju.

Prednosti održavanja pumpnog postrojenja su jednostavnije planiranje (znamo da će to biti nakon određenog vremenskog perioda) i što tako sistem odvodnjavanja održavamo pouzdanim i sigurnim. Ove prijenosne muljne pumpe predstavljaju veliki pomak u tehnologiji transporta mulja i drugih zagađenih tekućina s lakoćom i bez začepjenja. Detaljno projektirane, te robusne, ove pumpe nude neusporedivu otpornost na habanje, dosljedne performanse u toku radnog vijeka i jednostavno održavanje.

7. LITERATURA

[1] “PRP tipski projekat pumpnog postrojenja za odvodnjavanje u zoni ulaza u HTO tunel „Ribnica“ na pogonu PK "Vrtlište", ZD RMU "Kakanj" d.o.o. Kakanj; mašinski i elektro dio.

[2] <https://pdf.directindustry.com/pdf/flygt/flygt-2125181/113401-865215.html>

[3] <https://www.manualslib.com/manual/1211693/Flygt-2125.html?page=37#manual>

MODELIRANJE I OPTIMIZACIJA ODRŽAVANJA

MODELING AND MAINTENANCE OPTMIZATION

Dr sc. Bogdan Marić, dipl.inž.maš.
Univerzitet u I. Sarajevu,
Mašinski fakultet
Istočno Sarajevo

Dr sc. Vlado Medaković, dipl.inž.maš.
Univerzitet u I. Sarajevu,
Mašinski fakultet
Istočno Sarajevo

REZIME

Danas se preduzeća moraju neprestano prilagođavati globalnim trendovima na tržištu, poput visokog kvaliteta proizvoda, skraćenog roka isporuke, niskih cijena, povećanog broja varijanti po proizvodu i mnogih drugih trendova. Da bi ispunili ove zahtjeve, proizvodnim procesima su potrebna raznovrsna sredstva za rad koja im moraju biti na raspolaganju kako bi se nesmetano odvijali. Da bi se to osiguralo, pored nabavke novih sredstva za rad potrebno je i održavanje postojećih, tako da zbog održavanja ili neispravnosti sredstva za rad dođe do minimalnih zastoja, odnosno prekida u proizvodnim procesima. Održavanje podrazumijeva skup različitih aktivnosti i postupaka koji imaju zadatak da obezbijede pravilno funkcionisanje sredstva za rad, tj. nivo operativne sigurnosti i pouzdanosti koji zadovoljava postavljenu funkciju cilja. U pogledu dinamike i sadržaja primjene, ono mora biti vrlo pažljivo odmjereno i strogo usklađeno sa stvarnim potrebama. U suprotnom, mogu se dobiti suprotni efekti. Umjesto visoke pouzdanosti, gotovosti i efikasnosti, nepažljivo i prečesto sprovođenje, naročito složenih i dugotrajnih postupaka održavanja, može prouzrokovati druge, dodatne i još ozbiljnije otkaze, koji mogu značajno smanjiti pouzdanost i efektivnost, uz značajno povećanje troškova. Stoga je potrebno pronaći takva rješenja dinamike i sadržaja postupaka održavanja koji će dati najveće efekte. Ovo se rješava u skladu, kao što je prikazano u ovom radu, metodom modeliranja i optimizacije sistema za održavanje.

Ključne riječi: održavanje, sredstva za rad, modeliranje, optimizacija, pouzdanost, troškovi održavanja.

ABSTRACT

Today, companies have to constantly adapt to global market trends, such as high product quality, shortened delivery times, low prices, increased number of variants per product and many other trends. In order to meet these requirements, production processes need a variety of means of work that must be available to them in order to run smoothly. In order to ensure that, in addition to the procurement of new means of work, it is also necessary to maintain the existing ones, so that due to the maintenance or malfunction of the means of work, there are minimal downtimes, i.e. interruptions in production processes.

Maintenance implies a set of different activities and procedures that have the task of ensuring the proper functioning of the means of work, i.e. a level of operational security and reliability that satisfies the set objective function. In terms of dynamics and content of application, it must be very carefully weighed and strictly in line with real needs. Otherwise, the opposite effects can be obtained. Instead of high reliability, readiness and efficiency, careless and too frequent implementation, especially of complex and time-consuming maintenance procedures, can cause other, additional and even more serious failures, which can significantly reduce reliability and efficiency, with a significant increase in costs. Therefore, it is necessary to find such solutions of the dynamics and content of maintenance procedures that will give the greatest effects. This is solved in accordance, as shown in this paper, with the method of modeling and optimization of maintenance systems.

Key words: maintenance, means of work, modeling, optimization, reliability, maintenance costs.

1. UVOD

Rastuća složenost strukture modernih tehničkih sistema, heterogenost i suprotstavljanje sve strožim zahtjevima za njihovo prilagođavanje nadređenom okruženju nameću potrebu njihovog održavanja kao sve važnijeg elementa njihovog ukupnog životnog ciklusa, s visokim stepenom uticaja na sve proizvodne performanse. tj. kvalitet upotrebe i troškove.

Tokom čitavog perioda upotrebe, tehnički sistemi su izloženi uticaju širokog spektra spoljnih i unutrašnjih poremećaja stohastičkog karaktera, što dovodi do odstupanja njihovih osnovnih karakteristika i parametara stanja od nominalnih (dozvoljenih) vrijednosti. U stalnoj težnji korisnika da radne karakteristike sistema zadrže unutar dozvoljenih odstupanja ili da se vrati zadanom (željenom) intervalu, razvijeni su različiti sistemi održavanja, zavisno od karakteristika primijenjene strategije, tehnologije i organizacije održavanja.

Održavanje podrazumijeva skup različitih aktivnosti i postupaka koji imaju zadatak da obezbijede pravilan rad tehničkog sistema, tj. nivo operativne sigurnosti i pouzdanosti koji zadovoljava postavljenu funkciju cilja. U pogledu dinamike i sadržaja primjene, ono mora biti vrlo pažljivo odmjereno i strogo usklađeno sa stvarnim potrebama. U suprotnom, mogu se dobiti suprotni efekti. Umjesto visoke pouzdanosti, gotovosti i efikasnosti, nepažljivo i prečesto sprovođenje, naročito složenih i dugotrajnih postupaka održavanja, može prouzrokovati druge, dodatne i još ozbiljnije otkaze, koji mogu značajno smanjiti pouzdanost i efektivnost, uz značajno povećanje troškova. Stoga je potrebno pronaći takva rješenja dinamike i sadržaja postupaka održavanja koji će dati najveće efekte. Ovo se rješava metodama modeliranja i optimizacije sistema održavanja.

2. MODELIRANJE I OPTIMIZACIJA ODRŽAVANJA

Za izbor optimalne strategije (konceptije) sistema održavanja, tj. za odlučivanje između preventivnog i korektivnog održavanja, uz procjenu vremenskih intervala u kojima su postupci preventivnog održavanja *po vremenu* i *prema stanju* najpovoljniji koriste se različiti oblici i vrste modela održavanja.

Model održavanja je matematički model koji izražava zavisnost između pojedinih karakteristika (varijabli) sistema koji se održava i izlaznih vrijednosti sistema koje nastaju kao rezultat rada i trošenja (habanja) sistema i aktivnosti održavanja. Do sada su razvijeni samo uprošćeni modeli. Cilj konstrukcije ovih modela je odabir optimalne strategije održavanja gdje je kriterijum optimalnosti veličina izlaza iz sistema koji se održava i koja se može postići uzimajući u obzir određena ograničenja.

Pod optimizacijom se ovdje podrazumijeva iznalaženje optimalnog (najboljeg) rješenja za tako uprošćeni matematički model održavanja a ne na optimizaciju cijelog procesa i sistema održavanja kao realnog procesa.

Matematičko modeliranje procesa i sistema održavanja je veoma složen problem tako da ovaj pristup ima više akademski i teorijski značaj ali se u nekim slučajevima sistema koji se održavaju mogu koristiti i za donošenje odluka u procesu upravljanja održavanjem.

Ovi matematički modeli se zasnivaju na *modeliranju pouzdanosti*.

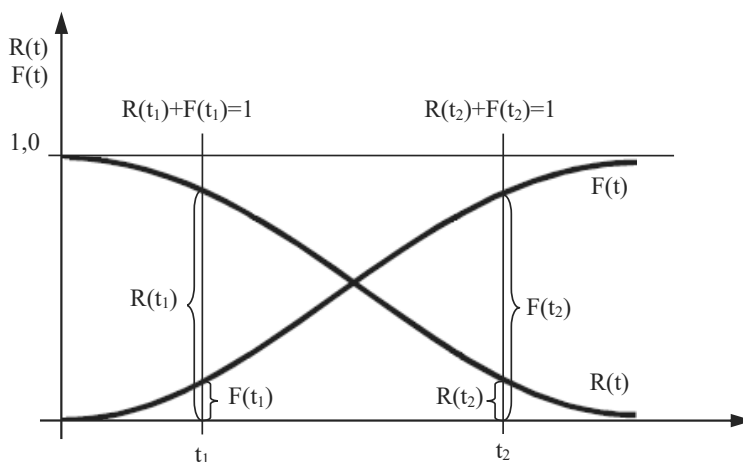
Funkcija pouzdanosti nekog sistema koji se održava se izražava na sljedeći način:

$$R(t) = 1 - F(t) = P(X > t) \text{ za } t \geq 0 \quad (1)$$

Ova funkcija se naziva još i kumulativna funkcija bezotkaznog rada ili vjerovatnoća bezotkaznog rada.

Drugim riječima funkcija $R(t)$ je funkcija *pouzdanosti* tj. vjerovatnoća da će sistem raditi bez otkaza u periodu vremena od nula do trenutka t .

$F(t)$ je funkcija nepouzdanosti tj. vjerovatnoća da će u datom vremenskom intervalu $(0, t)$ nastati otkaz. Funkcija pouzdanosti je dakle komplementarna funkciji nepouzdanosti (sl.1).



Slika 1. Pouzdanost i nepouzdanost kao funkcija vremena rada

Pri tome je:

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (2)$$

$$\lim_{t \rightarrow 0} R(t) = 1, \quad (3)$$

dok je,

$$\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1 \quad (4)$$

Za diskretne varijable uspostavlja se statistička interpretacija funkcije pouzdanosti na sljedeći način:

$$R(t) = \frac{n - N(t)}{n} = \frac{n(t)}{n}, \text{ za } n \rightarrow \infty \quad (5)$$

gdje je:

$N(t)$ – ukupan broj komponenti koje su otkazale ili ukupan broj stanja "u otkazu" do trenutka t ,

n – ukupan broj komponenti ili ukupan broj stanja.

$n(t)$ – ukupan broj ispravnih komponenti ili ukupan broj stanja "u radu"

Modeli održavanja razvijeni su za slučajeve korektivnog i preventivnog održavanja kao i kombinovane modele korektivno-preventivnog održavanja.

Modelima korektivnog održavanja definiše se način uvođenja potrebnih operacija održavanja kada dođe do otkaza. Varijable u ovim modelima su *cijena* i *vrijeme izvođenja ovih operacija*. Ovim modelima ne određuje se kada će se izvoditi operacije održavanja, pa su znatno jednostavniji.

Modeli preventivnog održavanja su mnogo složeniji, jer se od njih traži da pomognu u donošenju odluke kada treba preduzeti operacije održavanja prije nego što se desi otkaz, ali i koje operacije.

Najrazvijenije su sljedeće dvije vrste modela preventivnog održavanja:

- 1) Opšti modeli obnavljanja
- 2) Modeli zamjene na bazi troškova

2.1 Opšti modeli obnavljanja

Ovi modeli se zasnivaju na izboru najpovoljnije strategije održavanja obnavljanjem a pored teorijske osnove (funkcije pouzdanosti) zasnivaju se i na empirijskim i eksperimentalnim statističkim podacima.

Pretpostavlja se da je izvršeno ispitivanje pouzdanosti komponenti koje su bitne za održavanje i to na dovoljno velikom (što većem) broju uzoraka sa više primjeraka u svakom uzorku. Testiranje uzoraka se vrši tokom nekog unaprijed utvrđenog vremena t a svaki komad u uzorku koji otkaze tokom tog vremena zamjenjuje se novim. Broj otkaza u svakom uzorku je slučajna varijabla $n(t)$ koja pokazuje broj otkaza ispitivanih komada neke komponente tj. uzorka u toku vremena t .

Ispitivanjem više uzoraka dobiju se jednakosti $n_1(t_1)$, $n_2(t_2)$, $n_3(t_3)$ itd.

Slučajna varijabla $n(t)$ podliježe nekom zakonu raspodjele koja se u opštem slučaju definiše srednjom vrijednosti $\bar{n}(t)$ i standardnom devijacijom $s(t)$ ili varijansom $s^2(t)$.

U teoriji održavanja tehničkih sistema, raspodjela vremena do otkaza najbolje je definisana Weibulovom raspodjelom. To direktno proizilazi iz njenog parametarskog karaktera i širokih mogućnosti interpretacije veoma različitih zakona slučajno promjenljivih veličina izborom odgovarajućih vrijednosti ovih parametara.

Weibulova raspodjela se izražava u dva oblika, sa dva ili tri parametra. Oba ova oblika imaju puni praktični smisao. Osnovne funkcije dvoparametarske Weibulove raspodjele imaju oblik:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}, \quad (6)$$

gdje je:

β – parametar oblika

η – parametar razmjere

Izrađene su tabele koje pokazuju veze između parametara Weibulove raspodjele i odgovarajućih srednjih vrijednosti i standardne devijacije raspodjele koje se koriste za rješavanje praktičnih problema održavanja.

2.2. Modeli zamjene na bazi troškova

Ovi modeli se zasnivaju na upoređenju troškova preventivnog i korektivnog održavanja i to:

- 1) Troškova preventivne zamjene dijelova koji nisu otkazali u periodu T_p .
- 2) Troškova korektivnog održavanja u istom periodu, pri čemu se pretpostavlja da nije moguće da jedna komponenta dva puta otkáže u periodu T_p .

Troškovi preventivne zamjene dijelova koji nisu otkazali po jedinici vremena kao funkcija vremena t su:

$$C'(t) = \frac{C_{op}}{T_p} \cdot R(T_p), \quad (7)$$

gdje je:

C_{op} – iznos troškova preventivnog održavanja

$R(T_p)$ – funkcija pouzdanosti (pouzdanost u vremenu T_p)

Troškovi korektivne zamjene u periodu T_p koja je funkcija vremena t su:

$$C''(t) = \frac{C_{ok}}{T_p} \cdot Q(T_p), \quad (8)$$

gdje je:

C_{ok} – iznos troškova korektivnog održavanja

$Q(T_p)$ – funkcija koja izražava zavisnost troškova od vremena nastanka u periodu T_p .

Ukupni troškovi preventivnih i korektivnih zamjena su:

$$C(t) = C'(t) + C''(t) = \frac{C_{op} \cdot R(T_p) + C_{ok} \cdot Q(T_p)}{T_p}, \quad (9)$$

minimizacija troškova se postiže ako je:

$$\frac{dC(t)}{dT_p} = 0 \quad (10)$$

Na bazi ove analize mogu se izraditi dijagrami koji pokazuju zavisnost ukupnih troškova od vremenskih perioda T_p za različite sisteme koji se održavaju koji se mogu koristiti za donošenje odluka o tome kada treba preduzimati akcije preventivnog održavanja kako bi se minimizirali ukupni troškovi održavanja.

Kada troškovi održavanja neophodni za održavanje radne sposobnosti sistema postanu visoki, tada se govori o postepenom otkazu. Ovdje je dijagnostički parametar izražen u vidu ekonomskog parametra, "troškovi održavanja" umjesto fizičko-tehničkog degradacionog parametra.

3. ZAKLJUČAK

Održavanje sredstava za rad može da se realizuje u više varijanti, po više strategija, sa većim ili manjim razlikama u osnovnim obilježjima pojedinih rješenja. Čim postoji više varijanti, postavlja se pitanje koju izabrati, koja je najbolja. Odgovor na ovo pitanje u načelu nije lako, tako da kod izbora strategije održavanja treba voditi računa o sljedeća dva krupna razloga:

1. Svaka varijanta strategije održavanja izaziva određene efekte, određenu gotovost, troškove i druge karakteristike sistema održavanja, stoga izlazne karakteristike sistema za svaku varijantu treba izraziti jasno i kvantitativno.
2. Upoređivanje različitih varijanti strategije predstavlja višekriterijumski problem (gotovost, troškovi, itd.), koji se uspješno rješava samo ako su jasno određeni svi važni zahtjevi i ograničenja, odnosno funkcija cilja sistema koji se posmatra.

Izbor optimuma za definisane kriterijume i za definisana ograničenja predstavlja neposredni zadatak optimizacije. Nije dovoljno odrediti optimalnu strategiju, već je potrebno objasniti za koje kriterijume i koja ograničenja je to rješenje najbolje i na osnovu čega je ocjena donijeta.

4. REFERENCE

- [1] Belak, S.: Terotehnologija, Visoka škola za turistički menadžment, Šibenik, 2005.,
- [2] Bulatović, M.: Održavanje i efektivnost tehničkih sistema, Univerzitet Crne Gore – Mašinski fakultet u Podgorici, Podgorica, 2007.,
- [3] Minić, S., Arsenić, Ž.: Modeli održavanja tehničkih sistema, Vojna knjiga, Beograd, 1998.,
- [4] Palmer, R.: Maintenance Planning ang Scheduling Handbuk, McGraw-Hill eBook, 2006.,
- [5] Vasić, B. i drugi: Održavanje tehničkih sistema - Istraživanje i projektovanje za privredu, Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, Beograd, 2006.

UTICAJ UVOĐENJA TEHNOLOGIJE ZATVORENOG LIVENJA NA KVALITET
UGLJENIČNOG ČELIKA

THE INFLUENCE OF THE INTRODUCTION OF CLOSED CASTING
TECHNOLOGY ON THE QUALITY OF CARBON STEEL

Prof.dr.sc.Aida Imamović¹, doc.dr.sc.Fuad Klisura², prof.dr.sc.Mirsada Oruč³,

MA Omer Kablar⁴, MA Almedina Podojak⁵

^{1,3,5}Metalurško-tehnološki fakultet, Univerzitet u Zenici,

Zenica, Travnička cesta 1.

⁴ArcelorMittal Zenica

²IPI d.o.o. Zenica, BiH

REZIME

Proizvodnja gredica od ugljeničnih čelika odvija se najčešće tehnologijom kontinuiranog livenja sistemom otvorenog livenja. U cilju zaštite livnog mlaza i poboljšanja ovog tipa livenja uveden je postupak zatvorenog livenja. Za sistem zatvorenog livenja najčešće se koriste SEN izljevnicima, koji značajno doprinose poboljšanju kvaliteta proizvedenog čelika a posebno s aspekta čistoće čelika.

U ovom radu dat je prikaz uticaja tehnologije zatvorenog livenja na mehanička svojstva i kvalitet površine na primjeru ugljeničnog čelika, te samim time i uticaj na kvalitet gotovih proizvoda, vruće valjane žice.

Ključne riječi: ugljenični čelik, otvoreno i zatvoreno livenje, mehanička svojstva, površinske greške

ABSTRACT

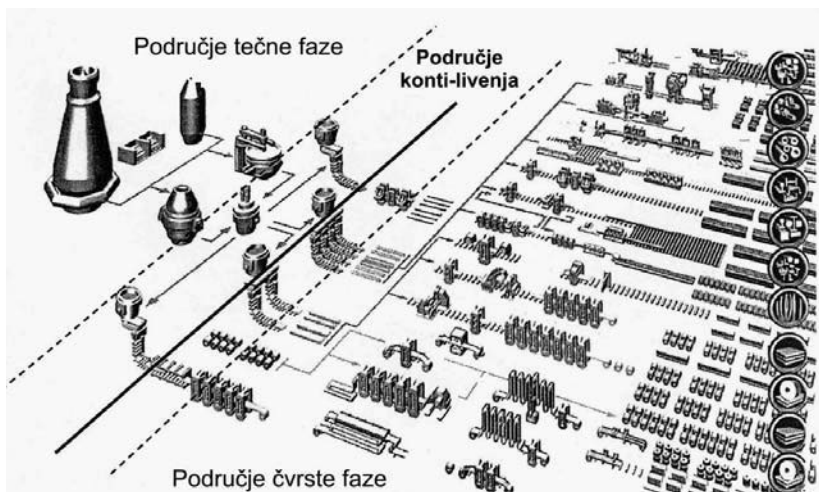
The production of carbon steel billets is most often carried out by continuous casting technology with an open casting system. In order to protect the casting jet and improve this type of casting, a closed casting procedure was introduced. SEN castings are most often used for closed casting systems, which significantly contributes to the improvement of the quality of produced steel, especially from the aspect of steel purity.

This paper presents the impact of closed casting technology on the mechanical properties and surface quality for example of carbon steel, and thus the impact on the quality of finished products, hot rolled wire.

Keywords: carbon steel, open and closed casting, mechanical properties, surface defects

1. UVOD -TEHNOLOGIJA KONTINUIRANOG LIVENJA

U metalurgiji čelika od posebne važnosti je tehnologija kontinuiranog livenja koja omogućava da se u relativno kratkom vremenskom intervalu odliju velike količine čelika, čija se proizvodnja, kreće od 200 do 400 t čelika/h, slika 1.

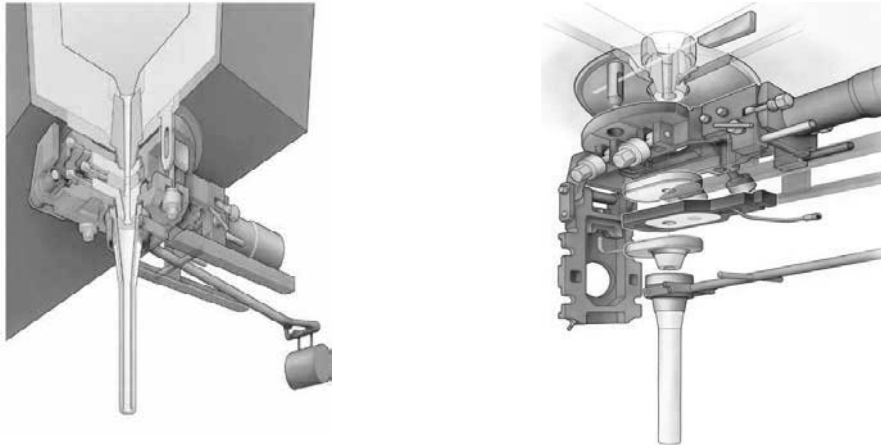


Slika 1. Šematski proces kontinuiranog livenja kao međufaza između tečne – čvrste faze u proizvodnji čelika / čeličnih konti- odlivaka [1]

Zahtijevani kvalitet čeličnih konti - odlivaka (kontinuirano livenih odlivaka) postiže se s optimiranjem parametara procesa, prije svega brzine i temperature livenja, te kontrolom brzine skrućivanja odlivaka preko izbora odgovarajućih režima primarnog i sekundarnog hlađenja. Pošto se danas se postavljaju sve veći zahtjevi za kvalitet čelika to se mora voditi računa o zaštiti tečnog čelika prilikom livenja da ne bi došlo do reakcija sa kisikom iz zraka. Posebno je ova problematika izražena pri livenju čelika koji su dezoksidirani sa jakim dezoksidantima, zbog prisustva lakooksidirajućih elemenata, kada dolazi do sekundarne oksidacije mlaza čelika, a što se može izbjeći s djelomičnom ili potpunom zaštitom livnog mlaza između livnog kazana i međukazana, kao i između međukazana i kristalizatora.

1.1. TEHNOLOGIJA ZATVORENOG LIVENJA

Kompanija ArcelorMittal Zenica, ima izuzetan potencijal za proizvodnju kvalitetnih čelika s obzirom da raspolaže sa savremenim proizvodnim kapacitetima i prioritetno teži, pored povećanja obima proizvodnje i prema što nižim troškovima, i što većim kvalitetom proizvoda/poluproizvoda. S tim ciljem Kompanija ArcelorMittal Zenica je pristupila unapređenju postojeće tehnologije livenja uvođenjem tehnologije zatvorenog livenja i instaliranjem uređaja za zaštitu livnog mlaza tipa 13 QC, slika 2.



Slika 2. Uređaj za zatvoreno livenje – tip 13 QC [2]

Zaštita mlaza tokom livenja ubraja se u vrlo važne i u većini čeličana primjenjivane, postupke sekundarne metalurgije i to ne samo pri proizvodnji kvalitetnih i plemenitih čelika nego i pri proizvodnji ugljeničnih čelika.

2. PRAKTIČNI DIO

2.1. Tipovi uzoraka kvaliteta niskougljeničnog čelika

U praktičnom dijelu istraživanja dat je prikaz uticaja tehnologije zatvorenog livenja na mehanička svojstva i kvalitet površine na primjeru ugljeničnog čelika. S tog aspekta urađeno je ispitivanje uzoraka od čelika oznake B500B, odnosno uzoraka jedne taline odlivene tehnologijom otvorenog livenja (talina: C – OL), koja je upoređena sa četiri taline odlivene tehnologijom zatvorenog livenja (taline: C1 - ZL, C2 – ZL, C3 – ZL, C4 – ZL), čiji je hemijski sastav prikazan u tabeli 1. [3].

Tabela 1. Hemijski sastav ispitanih čeličnih talina kvaliteta B500B [3]

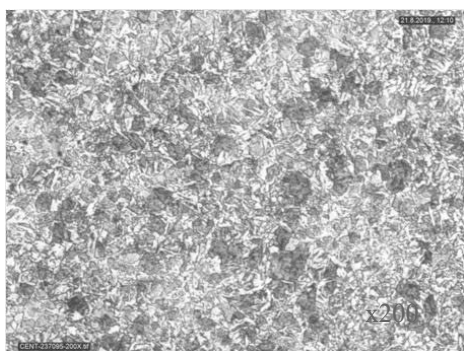
Talina	Vrsta livenja	Hemijski sastav (%)						
		C	Si	Mn	P	S	Cu	N
Hemijski sastav po ASTM/AISI		0,22	-	-	0,05	0,05	0,8	0,12
Talina C – OL	OTVORENO	0,17	0,12	0,51	0,026	0,008	0,08	0,006
Talina C1 – ZL	ZATVORENO	0,18	0,11	0,49	0,028	0,009	0,09	0,006
Talina C2 – ZL	ZATVORENO	0,17	0,11	0,52	0,033	0,015	0,08	0,007
Talina C3 – ZL	ZATVORENO	0,18	0,10	0,53	0,025	0,015	0,07	0,006
Talina C4 – ZL	ZATVORENO	0,18	0,12	0,53	0,038	0,009	0,07	0,006

Na osnovu tabele 1, može se zaključiti da propisani hemijski sastav po ASTM/AISI za čelik oznake B500B, zadovoljavaju sve taline. Nema značajnih razlika u hemijskom sastavu talina proizvedenih različitim tehnologijama livenja istih kvaliteta, s obzirom da su tehnologije primarne proizvodnje i sekundarnih tretmana tečnog čelika bile iste.

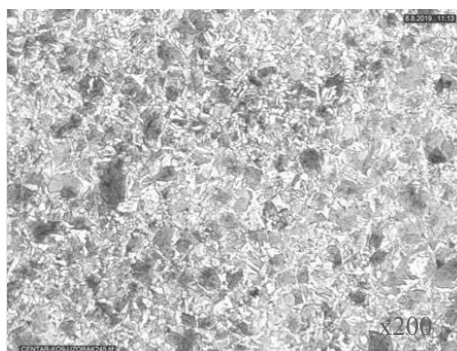
2.2. Metalografska ispitivanja

Metalografska ispitivanja urađena su u laboratorijama ArcelorMittala Zenica na optičkom mikroskopu. Uzorci za ispitivanje su uzeti nakon proizvodnje i prerade gredica od čelika oznake B500B, koje su odlivene različitim tehnologijama livenja, odnosno primjenom otvorenog i zatvorenog livenja.

Na slikama 3. i 4. prikazane su mikrostrukture vruće valjane žice od čelika B500B, i to uzorka C-OL i C1 – ZL.



Slika 3. Feritno-perlitna mikrostruktura uzorka žice proizvedene iz taline C – OL, čelika B500B- otvoreno livenje, uvećanje x200



Slika 4. Feritno-perlitna mikrostruktura uzorka žice proizvedene iz taline C1 – ZL, čelika B500B- zatvoreno livenje, uvećanje x200

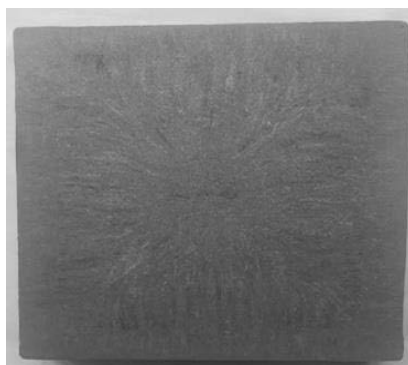
Analizom mikrostruktura, uzoraka žice proizvedene iz taline C – OL, odnosno žice proizvedene iz taline C1-ZL je utvrđeno da se radi o mikrostrukturi feritno-perlitnog tipa, koja je potvrđena i za žice proizvedene iz taline C2-ZL, C3-ZL i C4-ZL.

2.3. Rezultati ispitivanja makrostrukture

Na slikama 5. i 6. prikazani su izgledi makroploča gredica 150x150 mm čelika oznake B500B, odlivenih tehnologijom otvorenog, odnosno zatvorenog livenje, na primjeru taline C-OL i C1-ZL [3].



Slika 5. Makroploča gredice
150x150 mm, čelika
B500B C – OL

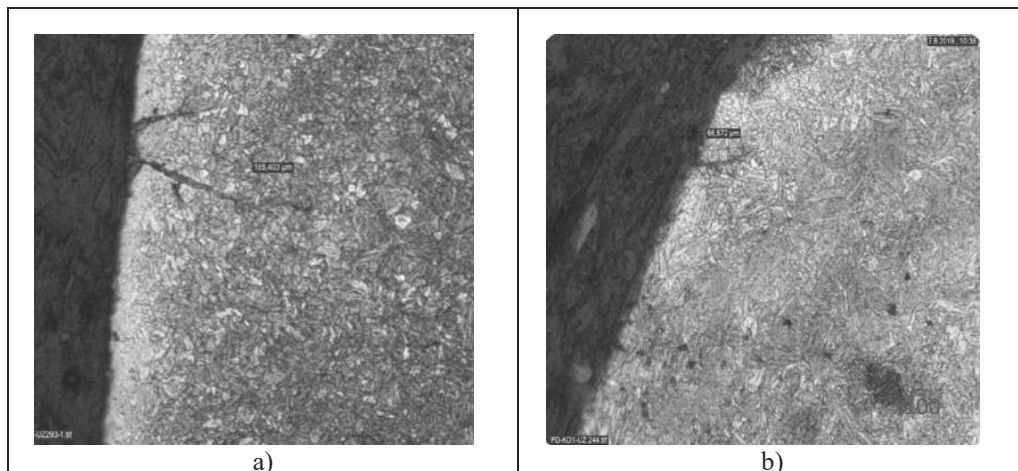


Slika 6. Makroploča gredice 150x150
mm, čelika
B500B C – ZL

Analiza grešaka na dobijenim makropločama za gredice proizvedene postupkom otvorenog i zatvorenog livenja ukazuje da su centralne greške uočljivije kod gređica koje su odlivene postupkom otvorenog livenja.

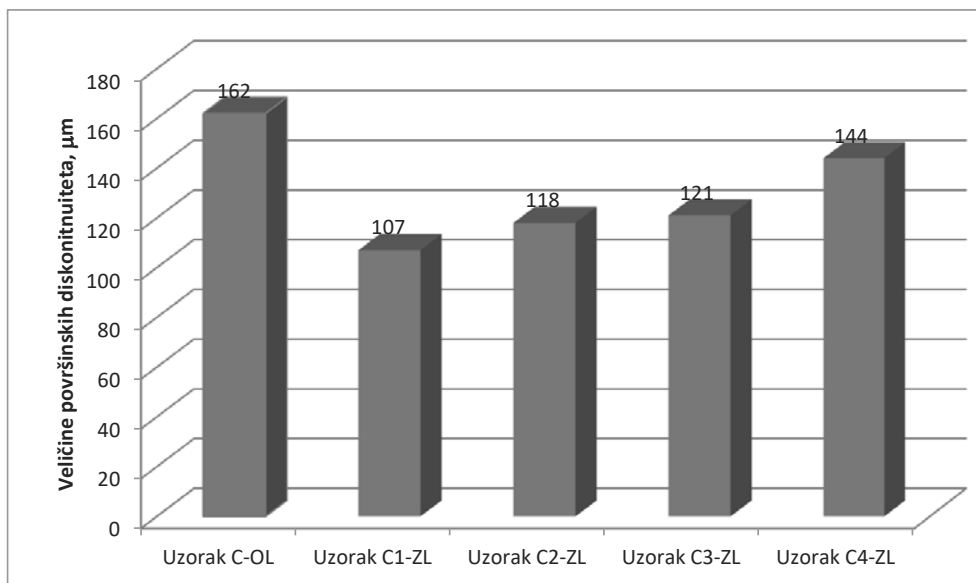
2.4.. Rezultati ispitivanja površinskih diskontinuiteta

Na slici 7. su prikazani izgledi površinskih diskontinuiteta gređica od čelika B500B odlivenih bez primjene zašitnog mlaza, i to na primjeru gređice odlivene postupkom otvorenog livenja iz taline C – OL i gređice odlivene postupkom zatvorenog livenja iz taline C1 – ZL.



Slika 7. Površinski diskontinuiteti gređica od čelika B500B, odlivena gređica bez primjene zašitnog mlaza iz taline C – OL (a) i odlivena gređica uz primjenu zašitnog mlaza iz taline C1 – ZL (b), uvećanje x100 [3]

Analizom kvaliteta površine gredica došlo se do zaključka da su površinski diskontinuiteti manjih dimenzija i znatno manje izraženi na gredica odlivenim uz primjenu zatvorenog livenja. Kod Talina C – OL, uočeni su površinski diskontinuiteti kod svakog uzorka, sa prosječnom dužinom od 162 μm . Kod gredica proizvedenih iz talina C1 – ZL, C2 – ZL, C3 – ZL i C4 – ZL uočeni su površinski diskontinuiteti manjih dužina.... u odnosu na površinske diskontinuitete gredica koje su odlivene tehnologijom otvorenog livenja, slika 9.

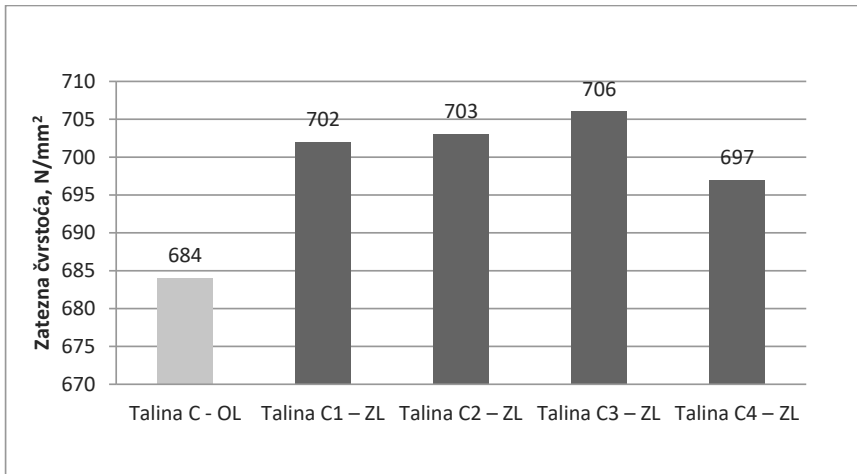


Slika 9. Prosječne vrijednosti dužina površinskih diskontinuiteta gredica od čelika B500B od talina odlivenih tehnologijom otvorenog i zatvorenog livenja

Analizom rezultata datih na slici 9. može se uočiti da je kvalitet površine poboljšán, odnosno izraženost površinskih diskontinuiteta značajno smanjena kod gredica odlivenih primjenom zatvorenog livenja.

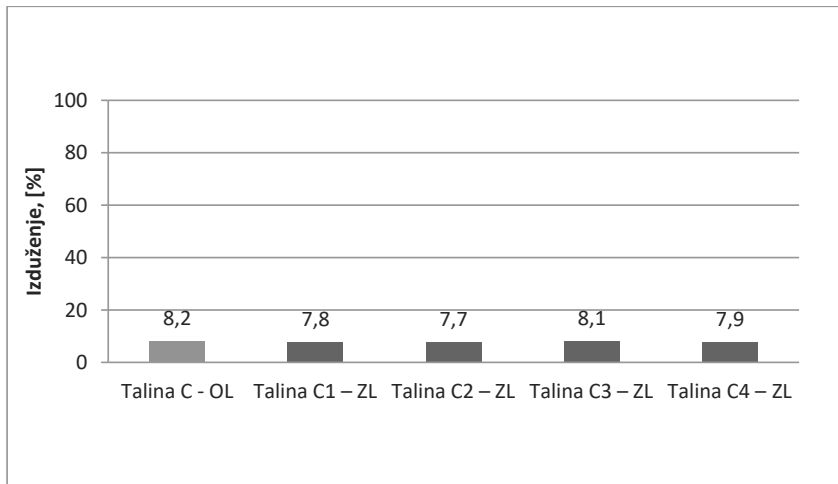
2.5. Rezultati ispitivanja mehaničkih svojstva

Na slici 10. predstavljene su vrijednosti zatezne čvrstoće uzoraka žice od čelika oznake B500B koje su proizvedene od svih predstavljenih talina, tabela 1, odlivenih primjenom otvorenog, odnosno zatvorenog livenja.



Slika 10. Vrijednosti zatezne čvrstoće uzoraka od čelika B500B, dobijenih od gredica odlivenih tehnologijom otvorenog i zatvorenog livenja [3]

Na slici 11. date su vrijednosti za izduženje ispitanih uzoraka od čelika B500B koje su proizvedene od svih predstavljenih talina, odlivenih primjenom otvorenog, odnosno zatvorenog livenja.



Slika 11. Vrijednosti ukupnog izduženja uzoraka od čelika B500B, dobijenih od gredica odlivenih tehnologijom otvorenog i zatvorenog livenja [3]

Sa dijagrama datih na slikama 10. i 11. može se uočiti da su vrijednosti mehaničkih svojstava uzoraka žice od čelika B500B dobijenih različitim tehnologijama livenja (otvorenim i zatvorenim livenjem) u granicama propisanih vrijednosti mehaničkih svojstava, dok je za žicu dobijenu uz primjenom zatvorenog livenja čelika moguće postići veću zateznu čvrstoću.

3. ZAKLJUČAK

U cilju zaštite livnog mlaza prilikom kontinuiranog livenja čelika u ArcelorMittal-u Zenica uveden je postupak zatvorenog livenja. Za sistem zatvorenog livenja koristi se uređaj za zatvoreno livenje – tip 13 QC, koji značajno doprinosi poboljšanju kvaliteta proizvedenih konti - odlivaka tipa gredice.

U ovom radu na primjeru ugljeničnog čelika oznake B500B upoređene su tehnologije otvorenog i zatvorenog livenja na kvalitet gredica i vruće valjane žice, te se može zaključiti:

- Hemijska analiza svih ispitanih talina je u granica propisanim standardima, i za taline kod kojih je primijenjen postupak otvorenog livenja, kao i za taline kod kojih je primijenjen postupak zatvorenog livenja.
- Mikrostruktura vruće valjanje žice je feritno-perlitna i identična je za sve ispitane uzorke žice, bez obzira da li su gredice odlivene bez ili sa zaštitom livnog mlaza.
- Ispitivanjem kvaliteta makroploča od gredica uočene su razlike kod gredica odlivenih tehnologijom otvorenog i zatvorenog livenja. Centralne greške su manje izražene ili ih i nema kod gredica od talina odlivenih tehnologijom zatvorenog livenja.
- Ispitivanjem površinskih diskontinuiteta kod gredica odlivenih primjenom tehnologije zatvorenog livenja utvrđeno je, da su površinski diskontinuiteti značajno smanjeni, odnosno da je kvalitet površine poboljšan u odnosu na gredice dobijene otvorenim livenjem.
- Rezultati ispitivanja mehaničkih svojstava za uzorke talina proizvedene različitim tehnologijama livenja, pokazuju da su u granicama standardom propisanih vrijednosti, ali su utvrđena povećanja zatezne čvrstoće za žicu dobijenu od gredica proizvedenih primjenom zatvorenog livenja.

LITERATURA

[1] D. Senk: Iron & Steel Metallurgy, Aachen University, Lecture 2008.

[2] <https://www.slideserve.com/kaili/tundish-gate-type-13-qc> (pristup sept.2020.)

[3] Almedina Podojak: Poboljšanje tretmana sekundarne metalurgije u proizvodnji ugljeničnih čelika primjenom tehnologije zatvorenog livenja, Magistarski rad, Zenica 2020.

MONTAŽA U DRVOPRERADI I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA

ASSEMBLY IN WOODPROCESSING AND FURNITURE PRODUCTION

Dr. Ismar Alagić, direktor
Agencija za razvoj Općine Tešanj TRA d.o.o.
Tešanj

REZIME

Proces montaže kao osnovni proces formiranja finalnog proizvoda predstavlja bitan segment procesa proizvodnje, ali i održavanja. Važnost za proces proizvodnje se može predstaviti kroz vrijeme trajanja procesa montaže koji se u oblasti drvne industrije najčešće izvodi ručno. Ovdje je prisutna značajna osnova za uvođenjem procesa automatizacije, što je pojava do koje dolazi u slučaju domaćih firmi [1]. Projektovanje procesa montaže za svaku seriju proizvoda zahtijeva definisanje predstavnika grupe proizvoda za koji će se projektovati proces montaže na osnovu njegovih osnovnih obilježja i nakon čega slijedi izrada šeme montaže. Redoslijed zahvata i proračun vremena trajanja, također obuhvata i stepen složenosti proizvoda od kojeg zavisi složenost procesa montaže. Potreba za proračunom vremena trajanja zahvata proističe iz jasne težnje za ostvarivanjem profita svakog poslovnog sistema. Upravo iz toga razloga morate na jasan i precizan način da upravljate troškovima i procijenite vrijeme izrade proizvoda, gdje učešće vremena i troškova procesa montaže zauzima veoma značajno mjesto u drvoprerađivačkoj industriji.

U drvopreradi nailazimo na postupke predmontaže poluproizvoda i završne montaže gotovih proizvoda, a u ovom radu prezentovat ćemo "sistem 32" sa primjerima njegove primjene, potom najčešće oblike klasičnih spojeva u drvopreradi, neke od najzastupljenijih oblika čvrstih i odvojivih tehnika spajanja, te najčešće vrste montažnih mjesta i montažnih stolova na uzorku domaćih drvoprerađivačkih firmi sa navođenjem njihovih prednosti i nedostataka. Ovaj rad bi trebao doprinijeti boljem razumijevanju značaja postupka montaže u drvoprerađivačkoj industriji i proizvodnji namještaja.

Ključne riječi: Montaža, održavanje, namještaj, spojevi, sistem 32, montažna mjesta

ABSTRACT

The assembly process as the basic process of forming the final product is an important segment of the production as well as maintenance process. The importance for the production process can be presented through the duration of the assembly process, which in the field of wood industry is usually performed manually. There is a significant basis for the introduction of the automation process, which is a phenomenon that occurs in the case of domestic companies.

Designing the assembly process for each batch of products requires defining a representative of the product group for which the assembly process will be designed based on its basic characteristics, followed by the development of an assembly scheme. The order of the procedure and the calculation of the duration also include the degree of complexity of the product on which the complexity of the assembly process depends. The need to calculate the duration of the project stems from a clear desire to make a profit of each business system. It is for this reason that you need to manage costs in a clear

and precise way and estimate the time of product production, where the share of time and costs of the assembly process occupies a very important place in the wood processing industry.

In woodprocessing we encounter the procedures of pre-assembly of semi-finished products and final assembly of finished products, and in this paper we will present "system 32" with examples of its application, then the most common forms of classic joints in woodworking, some of the most common forms of solid and detachable joining techniques. and assembly tables on a sample of domestic wood processing companies without mentioning their advantages and disadvantages. This paper should contribute to a better understanding of the importance of the assembly process in the wood processing industry and furniture production.

Ključne riječi: assembly, maintenance, furniture, joints, system 32, assembly places.

1. UVOD

Drvoprerađivačka industrija posjeduje jednu od najdužih tradicija industrijske proizvodnje na našim prostorima. U Bosni i Hercegovini je aktivno više od 1.400 firmi u ovoj industriji i ona zapošljava više od 30 hiljada radnika s najmanjom fluktuacijom kadra. Prema statističkim podacima, kategorija drvo i proizvodi od drveta ima najveći vanjskotrgovinski suficit. Osim što drvena industrija BiH ima višedecenijsku tradiciju i najstarija je industrijska grana u našoj zemlji, tradicionalno je izvezno orijentirana i ekološki prihvatljiva, važno je naglasiti da se razvoj drvne industrije u BiH zasniva na korištenju domaćih resursa i stručnjaka [2].

Proces montaže kao osnovni proces formiranja finalnog proizvoda predstavlja bitan segment procesa proizvodnje, ali i održavanja. Važnost za proces proizvodnje se može predstaviti kroz vrijeme trajanja procesa montaže koji se u oblasti drvne industrije najčešće izvodi ručno. Ovdje je prisutna značajna osnova za uvođenjem procesa automatizacije, što je pojava do koje dolazi u slučaju domaćih firmi [1].

U drvoprerađivačkoj industriji nailazimo na postupke predmontaže poluproizvoda i završne montaže gotovih proizvoda, a u ovom radu prezentovat ćemo "sistem 32" sa primjerima njegove primjene, potom najčešće oblike klasičnih spojeva u drvoprerađivačkoj industriji, neke od najzastupljenijih oblika čvrstih i odvojivih tehnika spajanja, te najčešće vrste montažnih mjesta i montažnih stolova na uzorku domaćih drvoprerađivačkih firmi sa navođenjem njihovih prednosti i nedostataka [1]. Ovaj rad bi trebao doprinijeti boljem razumijevanju značaja postupka montaže u drvoprerađivačkoj industriji i proizvodnji namještaja.

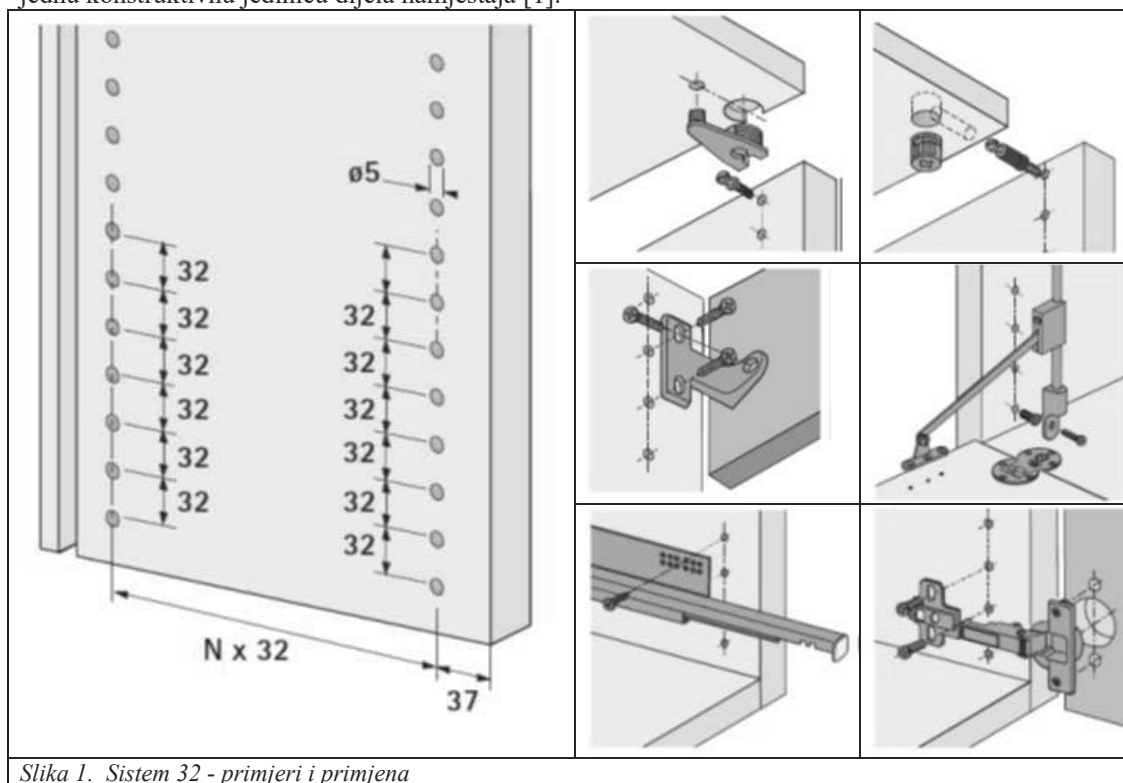
2. MONTAŽA I TEHNIKE SPAJANJA U PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA

Mnogi proizvođači namještaja u Bosni i Hercegovini trenutno prelaze sa zanatske na industrijsku proizvodnju, te se suočavaju sa izazovima industrijske proizvodnje i rješavanjem montaže brojnih sastavnih dijelova iz vlastite proizvodnje i kooperacije u gotove proizvode. Kako bi se domaće firme mogle prihvatati veće narudžbe, neophodno je strukturirati gotove proizvode na njegove sastavne elemente i organizovati proizvodnju dijelova, poluproizvoda, komponenti i dr. Tada na scenu stupa potreba uvođenja standardizacije i primjene u procese montaže [4].

Iskustva s preduzećima u drvnoj industriji u kojima se koriste CNC-centri za obrađivanje, pokazala su da se samo u onim firmama efikasno koriste CNC-mašine, u kojima postoji napredna „standardizacija“ tokova i korištenih materijala i okova. Standardizacija firmama ne pomaže samo kod obrade uz pomoć CNC-mašine, nego već od prvog kontakta s novim kupcem, pa preko kupovine sirovina i okova, pa sve do montaže proizvedenog namještaja. Standardizacijom se štedi vrijeme, troškovi i povećava kvalitet. Uvođenjem standardizacije dolazi do manje nespornosti i osim toga, kupac može računati s konstantnim kvalitetom. Prilikom standardizacije priprema rada igra ključnu ulogu kod određivanja proizvodnih

koraka i odabira mašina za obradu. Za objašnjavanje značaja standardizacije odabrat ćemo primjer sistema 32.

Prije je svaki radnik u stolariji određivao dimenzioniranje tiplova prema vlastitom nađenju. Spojevi pod uglom u slučaju 22 mm jakih ploča nisu se često pojavljivali. Radnik „A“ za ovo je koristio 10 mm debele drvene tiplove. Majstor „B“ ipak koristi tiplove debljine 8 mm, a šegrt „C“ opet umjesto tiplova preferira spojeve s jezičkom i utorom. Zbog toga je slučaj bio takav da je CNC-mašina posjedovala jednak broj svrdla od 8 mm i 10 mm. Dodatno su se za spojeve s jezičkom i utorom koristile dvije pile (horizontalna i vertikalna). Danas se standardima unutar firme definišu spojevi pod uglom. Za sve pločaste materijale koji su primjerice tanji od 25 mm trebalo bi koristiti tiplove debljine 8 mm. Zbog toga je nekoliko svrdla od 10 mm u glavi bušilice CNC-mašine zamijenjeno sa onima od 8 mm, što je za posljedicu imalo značajno smanjenje vremena obrade, jer su drvene ploče koje se obrađuju debljine manje od 25 mm. Kod programiranja može se uštedjeti mnogo vremena ukoliko se primjenjuju standardi unutar firme. Ukoliko se sprovedu logično i povezano, ovi standardi mogu predstavljati „inteligentne“ programe. Gdje je prije pisano mnoštvo različitih programa, danas je dovoljno tek nekoliko „inteligentnih“ programa. U standarde se ubraja i konstrukcijski princip „sistem 32“, koji spaja dvije komponente, odnosno red rupa i okov, u jednu konstruktivnu jedinicu dijela namještaja [1].



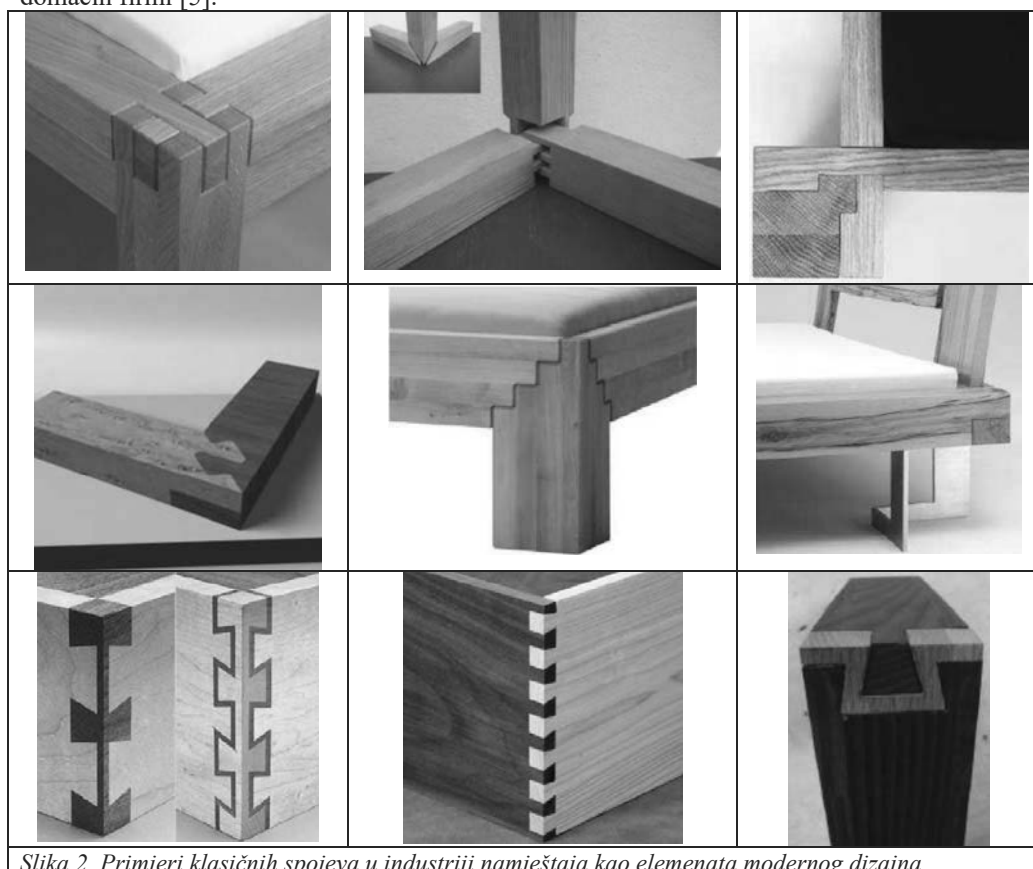
Slika 1. Sistem 32 - primjeri i primjena

„Sistem 32“ podrazumijeva standardizovani princip konstrukcije u proizvodnji namještaja, koji propisuje sljedeće konstruktivne zahtjeve: razmak bušenja = 32mm, prečnik bušenja = 5mm, udaljenost ose od prednje bočne ivice = 37mm, udaljenost ose vertikalnih redova rupa jedne od druge = djeljivo s 32. Osnovne prednosti „sistema 32“ ogledaju se u činjenici da imamo isti razmak između prve i zadnje izbušene rupe gornje i donje bočne ivice, te da udaljenost zadnje bočne ivice od reda rupa sa zadnje strane iznosi 37mm (spojka stražnjeg

zida). Uvođenje ovog standardizovanog sistema napravilo je pravu revoluciju u proizvodnji namještaja, tako da je dobijen međunarodni općeprihvatljiv standard, jednoznačan konstruktivni sklop redova rupa i okova, ostvarene uštede u troškovima pripreme rada, proizvodnje i montaže, a posebna pogodnost leži u činjenici da je ovo idealan model za proizvodne procese sa korištenjem CNC mašina ili automatizovanih centara za bušenje [1]. Primjenom sistema 32 ostvaren je veliki napredak u pozicioniraju svih prilagođenih vrsta okova što znatno pojednostavljuje montažu, montaža postaje brža (npr. nacrtati, zasjeći/ predbušenje više nije potrebno), spriječena je pojava grešaka u mjerenju, a mogućnost da dođe do pojave klizanja je gotovo nemoguća. Također, među prednosti ovog sistema ubrajamo: veću otpornost na izvlačenja euro-vijaka u poređenju s normalnim vijcima za drvo i veću stabilnost spoja [6].

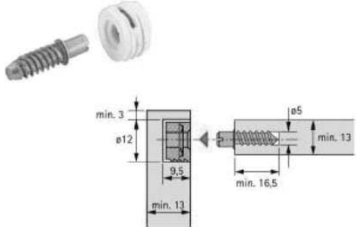

3. TEHNIKE SPAJANJA U DRVOPRERADI

Standardizacije u proizvodnji i montaži namještaja. Ovo omogućava primjenu identičnih dijelova namještaja za različite proizvode kao npr. proizvođač stolova može koristiti identične noge stola za različite modele stolova ili proizvođač stolova koristi identične korpuse i varira samo prednje strane. Dodatne mogućnosti za standardizaciju u proizvodnji namještaja su uvođenje veličina serija, zajedničko obuhvatanje elemenata konstrukcije jednakih dimenzija radi minimiziranja vremena opremanja pogona i upotreba identičnih okova (kao npr. što primjenjuje IKEA i prenosi na sve svoje dobavljače). Na slici 2 dat ćemo prikaz klasičnih spojeva u industriji namještaja kao elemenata modernog dizajna koji su prepoznati kod domaćih firmi [5].



Slika 2. Primjeri klasičnih spojeva u industriji namještaja kao elemenata modernog dizajna.

Moderne tehnike spajanja u drvoprerađivačkoj industriji dijele se u dvije velike grupe: čvrste i odvojive tehnike spajanja. Na temelju izvršenog uvida u postojeće stanje primjene u domaćim firmama, te kataloge vodećih svjetskih proizvođača komponenti za spajanje na slici 3 dat je prikaz jedne od čvrstih tehnika spajanja [1]. Među najpoznatijim čvrstim tehnikama spajanja nalaze se: Festool „Domino“, Lamello „Tenso P“, Knapp „Tuck“ tiplovi od čelika za opruge, Hettich „Everfix“ – čvrsta tehnika spajanja, HOFFMANN – „Schwalbe“ i dr.

Hettich „Everfix“ – čvrsta tehnika spajanja	
<p>Prednosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • vrlo jednostavna struktura / jednostavna montaža, • mala veličina, • visoka otpornost na izvlačenje (80 kg), • pogodno za serijsku proizvodnju (neophodno je samo bušenje), • montaža bez alata. 	<p>Nedostaci:</p> <ul style="list-style-type: none"> • skupo <p>Troškovi za 100 komada Hettich Everfix: Otprilike 50 €</p>
	

Slika 3. Hettich „Everfix“ – čvrsta tehnika spajanja

S druge strane slika 4 daje prikaz jedne odvojive tehnike spajanja u drvoprerađivačkoj industriji. Za prezentovane, svjetski poznate komponente spajanja, dat je prikaz osnovnih prednosti i nedostataka njihove primjene, te troškova njihove upotrebe što predstavlja korisnu informaciju pri konačnom odabiru od strane onih koji koriste navedene komponente u svojim proizvodima. Među najpoznatije odvojive tehnike spajanja u drvoprerađivačkoj industriji prepoznajemo sljedeće: Lamello „Clamex P“, Lamello „Divario P“, Lamello „Invis Mx2 System“, Lamello „Fast“, Okovi za krevete „Berliner Betthaken“ i dr.






Lamello „Fast“ – odvojiva tehnika spajanja	
<p>Prednosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potpuno nevidljiv, odvojiv spoj, • jednostavna obrada, • moguća upotreba „normalne“ Lamello glodalice, • moguća obrada na CNC mašinama. 	<p>Nedostaci:</p> <ul style="list-style-type: none"> • skupo, • moguće ga je opteretiti samo do određenog nivoa. <p>Troškovi za 100 parova Lamello Fast: otprilike 88,00 €</p>
	

Slika 4. Lamello „Fast“ – odvojiva tehnika spajanja

4. MONTAŽNI STOLOVI U DRVOPRERADI

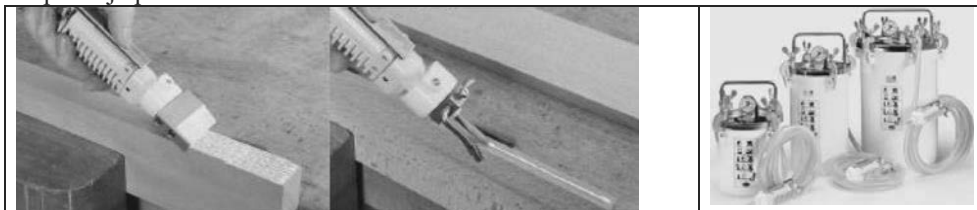
Industrijska montaža namještaja izvodi se na montažnim stolovima. Izvedba montažnih stolova kao mjesta za montažu može biti različita, tako da razlikujemo sljedeće vrste mjesta za montažu: montažne stolove sa podesivom visinom, izdvojene montažne stolove, fiksno radno mjesto za montiranje, montažni stolovi sa balanserima za montažni alat i Lean radna

stanica [3]. Na slici 5 dat je prikaz različitih mjesta za montiranje u drvoprerađivačkim tvornicama sa njihovim prednostima i nedostacima za primjenu [1].

Vrsta montažnog mjesta	Prednosti i nedostaci
<p>Montažni stolovi sa podesivom visinom</p> 	<p><u>Prednosti:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • rad koji ne opterećuje leđa, • prilagodljivost visini radnog predmeta, • dostupni u mnogim različitim izvedbama. <p><u>Nedostaci:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • manja otpornost na uvijanje nego kod nepokretnih montažnih stolova, • često su veoma skupi.
<p>Izdvojeni montažni sto</p> 	<p><u>Prednosti:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • nema bočnih ograničenja fleksibilne veličine radnih predmeta, • radni predmet se može obraditi sa svih strana, • često veoma stabilan i otporan na uvijanje. <p><u>Nedostaci:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • spremanje alata i materijala nije idealno rješivo.
<p>Fiksno radno mjesto montiranja</p> 	<p><u>Prednosti:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • moguće veoma strukturirano spremanje alata i materijala, • rad na kratkim udaljenostima, • veoma pogodno za serijsku proizvodnju, • moguć visok stepen specijalizacije rada. <p><u>Nedostaci:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • veličine radnog predmeta su veoma ograničene.
<p>Varijante opreme na montažnim stolovima</p> 	<p>Balanseri za montažni alat koji se često koristi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • spremnik za alat / regali za sitne dijelove, • osvjetljenje, • regali za sitne dijelove, • obloge od tepiha za pažljivo rukovanje na osjetljivim površinama, • pneumatski i strujni priključci koji se nalaze iznad glave, • monitori za prikazivanje još predstojećih naloga za obradu.
<p>Lean radna stanica</p> 	<p><u>Prednosti:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • detaljno zadavanje montažnih instrukcija, • moguće upravljačke funkcije, • veoma pogodne za serijsku proizvodnju, • moguće angažovanje niskokvalifikovanih saradnika. <p><u>Nedostaci:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • vjerovatno veoma skupe, • ostatak pogona mora biti uporedivo organizovan.

Slika 5. Vrste montažnih mjesta u montaži namještaja sa pojedinačnim prednostima i nedostacima.

Aktuelni trendovi u drvoprerađi i proizvodnji namještaja nameću dodatne zahtjeve za korištenje modernih alata u procesu montaže. Jedan od tih trendova zagovara štedljivu upotrebu ljepila što dovodi do smanjenja troškova. Prikaz dat na slici 6 pokazuje da je znatno brže lijepljenje nego sa tubom ili četkicom, a ljepilo se može ciljano nanijeti u definisanoj količini. Manje prljanje radnih površina povlači da je potrebno manje čišćenja ili čišćenje uopće nije potrebno.



Slika 6 Upotreba ljepila pri montaži namještaja.

Veoma važno pitanje kada su u pitanju montažni postupci predstavlja optimizacija montažnih radova. Optimizacioni pristupi su najčešće usmjereni ka osvjetljenosti radnog prostora, obradi i vremenu pripreme, te radnoj ergonomiji. U svakom radnom pogonu najbolja je dnevna svjetlost, a električno osvjetljenje treba da iznosi približno vrijednosti 500 luksa. (lx). Alat i materijal koji će se vjerovatno koristiti treba da se nalazi na dohvata ruke (po principu: ono što se često upotrebljava da bude što bliže). Sa aspekta radne ergonomije preporučuje se rad koji ne opterećuje leđa i da se izbjegava rad u sagnutom položaju. Treba voditi računa o redosljedu montaže, naprimjer da se montiranje okova obavi prije montiranja korpusa. Kada je riječ o električnim i pneumatskim priključcima njih je po mogućnosti poželjno raspoređivati iznad glave, uz umanjivanje zamršenosti kablova koji predstavljaju zamke za zapinjanje [6]. Također, dužine priključaka treba prilagoditi područjima primjene. Kada je riječ o uvođenju montažne trake u proces proizvodnje, možemo utvrditi da je takvo rješenje korisno kod serijske proizvodnje u određenim okolnostima, a inače je nefleksibilno. U drvoprerađi ključni element u optimizaciji montažnih radova predstavlja upotreba specijalnog montažnog stola koji je prikazan na slici 7 [1].



Slika 7. Specijalni montažni stolovi

Kod optimizacije montažnih radova specijalni montažni stol prikazan na slici 7 opremljen je sa priteznom prstenom. Mogućnost zatezanja lijepljenih ploča ističe u prvi plan sljedeće prednosti ovog stola, kao što su: moguće istovremeno horizontalno i vertikalno presovanje,

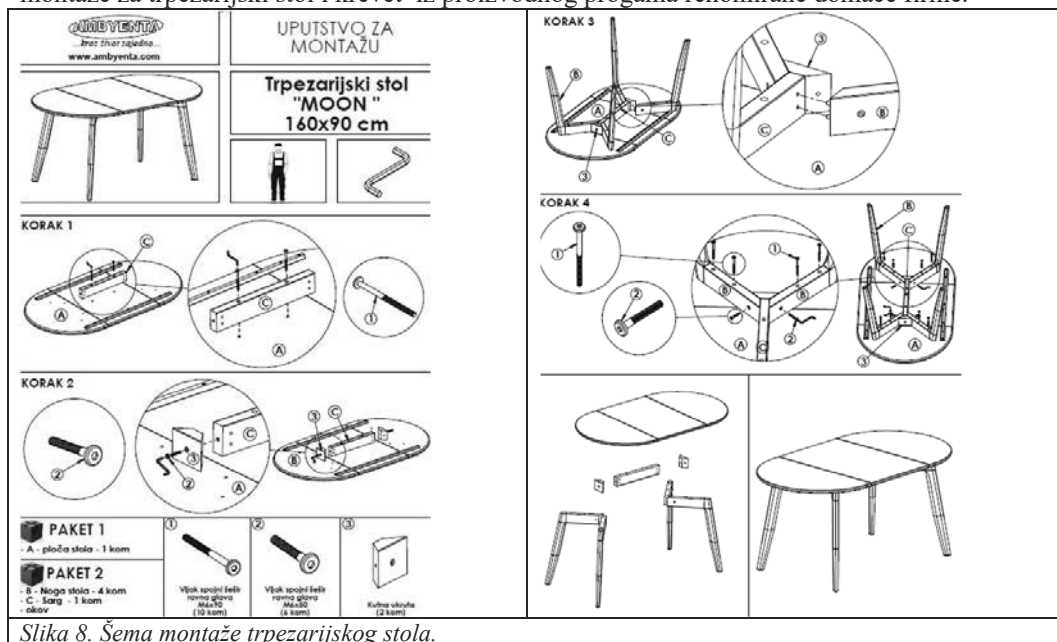
potrebno neznatno vrijeme pripreme i prenosiva je visoka zatezna sila. Kod podešavanja uglova upotrebom navedenog montažnog stola dobijamo prednosti kao što su: visoka preciznost, izrada preciznih graničnika i rupičastog rastera je preduslov, lijepljenje okvira u uglu bez pretjeranih kontrolisanja, jednostavno prilagođavanje graničnika za drugačije uglove ili formate. Prikazani prednji zatezni sistem na montažnom stolu omogućava jednostavno prilagođavanje visine obrade za komforan rad i sigurno fiksiranje radnih predmeta.

5. PRIMJER PROJEKTOVANJA SISTEMA ODRŽAVANJA I SISTEMA MONTAŽE U OBLASTI PROIZVODNJE NAMJEŠTAJA

Osnovu projektovanja tehnološkog postupka montaže čine:

- izbor optimalne varijante procesa montaže,
- redoslijed zahvata u montaži,
- izbor potrebnih alata,
- proračun vremena izvršenja operacija montaže,
- izbor transporta,
- razrada tehnološko-tehničke dokumentacije.

Tokom procesa projektovanja neophodno je uzeti u obzir i mogućnost korištenja različitih sistema automatizacije koji će ubrzati proces montaže uz postizanje željenog kvaliteta kreiranih spojeva. Uzimajući u obzir osnovne karakteristike proizvoda moguće je definisati šemu montaže proizvoda koja će se koristiti kao osnova prilikom projektovanja zahvata procesa montaže. Projektovanje podrazumijeva pored definisanja, njihovog redoslijeda i stepena složenosti, i proračun vremena trajanja zahvata. Na slici 8 dat je primjer šeme montaže za trpezarijski stol i krevet iz proizvodnog programa renomirane domaće firme.

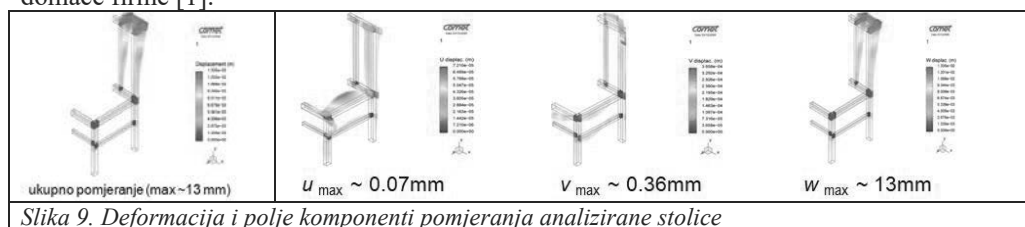


Slika 8. Šema montaže trpezarijskog stola.

Iz prikazane šeme montaže vidljiva je složenost proizvoda koja se u postupku projektovanja sistema montaže mora uzeti u razmatranje prvenstveno zbog njenog uticaja na složenost procesa montaže i održavanje proizvoda pri njegovom korištenju [1].

Mjesta spoja predstavljaju područje koncentracije naprezanja i potencijalno „žarište“ slabljenja konstrukcije što je možda najbolje vidljivo na primjeru stolice kao dijela namještaja

koji svi svakodnevno koristimo. U fazi konstruisanja potrebno je sagledati postojanost ostvarenog spoja, koji se dalje razrađuje u izradi stolice, a testira prije same eksploatacije. Na slici 9 su dati rezultati istraživanja deformacije skeleta stolice iz proizvodnog programa jedne domaće firme [1].



Sa slike 9 vidljiv je značaj dizajna namještaja za segment njegovog održavanja, ali i sigurnosti njegovih korisnika.

6. ZAKLJUČAK

Projektovanje procesa montaže za svaku seriju proizvoda zahtijeva definisanje predstavnika grupe proizvoda za koji će se projektovati proces montaže na osnovu njegovih osnovnih obilježja i nakon čega slijedi izrada šeme montaže. Redoslijed zahvata i proračun vremena trajanja, također obuhvata i stepen složenosti proizvoda od kojeg zavisi složenost procesa montaže. Potreba za proračunom vremena trajanja zahvata proističe iz jasne težnje za ostvarivanjem profita svakog poslovnog sistema. Upravo iz toga razloga, morate na jasan i precizan način da upravljate troškovima i procijenite vrijeme izrade proizvoda, gdje učešće vremena i troškova procesa montaže zauzima veoma značajno mjesto u drvoprerađivačkoj industriji [7]. U drvoprerađi nailazimo na postupke predmontaže poluproizvoda i završne montaže gotovih proizvoda. U radu su dati primjeri tehnika spajanja u drvoprerađi koji predstavljaju najbolje prakse primijenjene u radnim uslovima domaćih firmi.

7. REFERENCE

- [1] Alagić Ismar, Tehnologija montaže i demontaže (rukopis na recenziji), Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, Zenica, 2020.
- [2] Alagić Ismar, Priručnik za menadžere u proizvodnji i održavanju tehničkih sistema-lidere budućnosti, ISBN 978-9958-31-435-3, COBISS.BH-ID 28873222, Off-set, Tuzla, 2020.
- [3] Alagić Ismar, Industrial Engineering & Maintenance: Lean Production – Six Sigma with application of tools and methods in specific working conditions, Štamparija S, ISBN 978-9958-074-09-7, COBISS.BH-ID 24232454, 629.331:[658.5:005.6(075.8), Tešanj, 2017.
- [4] Alagić I., KAIZEN IN PRACTICE-CASE STUDY OF APPLICATION OF LEAN SIX SIGMA METHOD IN WORKING CONDITION OF WOOD-PROCESSING FIRM, New Technologies, Development and Application II, Lecture Notes in Networks and Systems 76, Isak Karabegović-Editor, ISSN 2367-3370 ISSN 2367-3389 (electronic) Lecture Notes in Networks and Systems, ISBN 978-3-030-18071-3 ISBN 978-3-030-18072-0 (eBook), Springer Nature Switzerland AG, 2020.
- [5] Alagić I., Stautmeister T, Wüthrich K., Demaurex E., COMPETITIVE MARKET-BASED DESIGN, TECHNOLOGY AND TESTING CENTER IN WOOD INDUSTRY AS THE WOOD ACADEMIA IN BOSNIA AND HERZEGOVINA, RIM 2017, ISSN 2566-3275, Sarajevo, 2017.
- [6] Alagić I.: "CERTIFICATION MANUAL OF WOOD AND WOODEN PRODUCTS", 9th SCIENTIFIC/RESEARCH SYMPOSIUM, "METALLIC AND NONMETALLIC MATERIALS: production -properties-application", MNM 2012, ZENICA, B&H, 2012.
- [7] Alagić I., THE GAP ANALYSIS AS A TOOL TO IMPROVE THE COMPETITIVENESS OF WOOD PROCESSING SECTOR IN BOSNIA AND HERZEGOVINA, 15th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2011, Prague, Czech Republic, 12-18 September 2011.

PRIMJENA SMED-a U ODRŽAVANJU

APPLICATION OF SMED CONCEPT IN MAINTENANCE

Dr. Ismar Alagić, direktor
Agencija za razvoj općine Tešanj TRA d.o.o.
Tešanj

REZIME

Brza izmjena alata –SMED (eng. Single Minute Exchange of Die) je još jedan alat koji nam dolazi iz japanske filozofije kvaliteta i Toyota proizvodnog sisteme-TPS. Shigeo Shingo, pionir u razvoju Toyota sistema proizvodnje (Toyota Production System), počeo je 50-tih godina prošlog vijeka da proučava efekte poboljšanja u vremenu promjene alata u proizvodnji i formulisao je prvu fazu SMED-a. On je 1970. godine razvio kompletan sistem za smanjenje vremena podešavanja (eng. Setup) koji je nazvao SMED – eng. Single Minute Exchange of Dies, što bi bio akronim za promjenu alata u jednobrojčanoj minuti. Moderna industrijska proizvodnja je “koncepte brzog prebacivanja” učinila aktuelnijim možda više nego što je to ranije bila praksa. U stručnoj literaturi koja je na engleskom jeziku nalazimo SMED, također pod terminima na engleskom jeziku Set-up Reduction/Quick Changeover. SMED nije moguće posmatrati bez Lean razmišljanja i procesa stalnih poboljšanja.

Kroz smanjeno vrijeme postavljanja alata postižu se sljedeći efekti, kao što su: smanjuje se potreba za skladištem; pruža se veću fleksibilnost i kapacitet i; omogućuje bolju uslugu za kupca. Naime, SMED je jedna od strategija za dostizanje izvrsnosti u modernoj industrijskoj proizvodnji.

U ovom radu, dat će se brojni primjeri primjene SMED koncepta u održavanju mašinskih sistema koji su rezultat dugogodišnjeg bavljenja ovom problematikom od strane autora.

Ključne riječi: SMED, održavanja, LEAN koncept, primjena u praksi.

ABSTRACT

Quick change of tools –SMED (Single Minute Exchange of Die) is another tool that comes to us from the Japanese philosophy of quality and Toyota production system-TPS. Shigeo Shingo, a pioneer in the development of the Toyota Production System (Toyota Production System), started in the 1950s to study the effects of improvements in tool changes times in the production and formulated the first phase of the SMED. In 1970 he developed a complete system for reducing setup times (Setup), which is called SMED - Single Minute Exchange of Dies, which would be the acronym for changing tools in single minute. Modern industrial production made "concept of fast switching" more actual perhaps more than it used to be the practice. In the professional literature in English we find SMED, also under the terms of the English language Set-up Reduction / Quick Changeover. SMED cannot be seen without Lean thinking and a process of continuous improvement.

Through reduced tooling times following effects are achieved, such as: reduction of the warehouse; provides the flexibility and capacity; provides better service to the customer. The SMED is one of the strategies for achieving of excellence in modern industrial production. Based on vast experience of author a numerous examples of SMED application in maintenance of mechanical systems will be shown in this article.

Ključne riječi: Single Minute Exchange of Die-SMED, maintenance, LEAN concept, application in practices.

1. UVOD

Brza izmjena alata – SMED (eng. Single Minute Exchange of Die) je još jedan alat koji nam dolazi iz japanske filozofije kvaliteta i Toyota proizvodnog sisteme - TPS. Shigeo Shingo, pionir u razvoju Toyota sistema proizvodnje (Toyota Production System), počeo je 50-tih godina prošlog vijeka da proučava efekte poboljšanja u vremenu promjene alata u proizvodnji i formulisao je prvu fazu SMED-a. On je 1970. godine razvio kompletan sistem za smanjenje vremena podešavanja (eng. Setup) koji je nazvao SMED – eng. Single Minute Exchange of Dies, što bi bio akronim za promjenu alata u jednobrojčanoj minuti [3].

Moderna industrijska proizvodnja je “koncepte brzog prebacivanja” učinila aktuelnijim možda više nego što je to ranije bila praksa. U stručnoj literaturi, koja je na engleskom jeziku nalazimo SMED, također pod terminima na engleskom jeziku Set-up Reduction/Quick Changeover. U ovom radu dat ćemo primjere primjene SMED koncepta u industrijskim uslovima [1,2,3,4,5,6].

2. SMED-BRZA IZMJENA ALATA

Da li ste se ikada zapitali koliko vremena izgubite npr. u 5 godina?

Neki od primjera gubitka vremena u toku našeg života su sljedeći: Žene provedu čitavih 136 dana spremajući se, četiri godine potrošite telefonirajući na poslu, a na poslu provedete 99.117 sati, ako se briju, muškarci na ovu radnju utroše 3.000 sati u toku života, 115 dana provedete smijući se, 38.003 sati potrošite hraneći se, pušači provedu 160 dana na pauzi za cigaretu, na internetu provedete čitavih 5 godina, čekajući u redu provedete 6 mjeseci svog života, a više od četvrt vijeka vam ode na spavanje. Tačnije prespavate 26 godina [13].

Ako uzmimo naprimjer da obavljamo šest različitih radnih zadataka, gdje kod prvog radnog zadatka isti obavimo 50 puta u toku jednog dana, drugi zadatak obavljamo pet puta u toku jednog dana, treći zadatak obavljamo jedanput dnevno, četvrti zadatak se obavlja jedanput sedmično, peti zadatak jedanput u mjesec dana i šesti zadatak se obavi jedanput u toku godine dana. Pri našoj analizi pratimo vremenski period od 5 godina. Ako pretpostavimo da izgubimo samo 1 minut vremena, dolazimo do impozantnih pokazatelja da:

- a) kod prvog zadatka smo tada izgubili 8 sedmica,
- b) kod drugog radnog zadatka gubitak vremena iznosi 6 dana,
- c) kod trećeg zadatka smo izgubili 1 dan,
- d) kod četvrtog radnog zadatka gubitak vremena iznosi 4 sata,
- e) kod petog radnog zadatka gubitak vremena iznosi 1 sat,
- f) kod šestog zadatka smo izgubili 5 minuta.

Da li je neko od Vas pitanju gubitka vremena pristupio na ovakav način?

Bojim se da to radi veoma mali broj ljudi, jer veoma često se zanemaruje činjenica da je “vrijeme” jedini resurs koji nije moguće nadoknaditi. Gore izneseni podaci, na jasan način pokazuju koliki je prostor za poboljšanja prisutan u svakom dijelu našeg života i rada, pa samim time u radu poslovnih sistema. Kroz smanjeno vrijeme postavljanja alata postižu se sljedeći efekti, kao što su: smanjuje se potreba za skladištem, pruža se veća fleksibilnost i kapacitet i omogućuje se bolja usluga za kupca. Naime, SMED je jedna od strategija za dostizanje izvrsnosti u modernoj industrijskoj proizvodnji [7,8,9,10,11,12].

Šta je vrijeme promjene alata?

To je količina vremena potrebno za promjenu dijela opreme od proizvodnje posljednjeg dobrog komada proizvodne šarže do prvog dobrog dijela sljedeće proizvodne šarže [1].

Pri primjeni SMED-a treba se usredotočiti na proces, a ne na tehnologiju. Brojne analize primjene SMED-a govore da su glavne prednosti njegove primjene sljedeće:

- manje prilagodbe znače manje šanse za pogreške,
- uklanjanje pokusne obrade smanjuje otpad od materijala,
- priprema radnih uslova unaprijed pomaže u stabiliziranju kvalitete proizvoda,
- povećava fleksibilnost / kapacitet raspoređivanja,
- smanjuje potrebu za količinama u procesu,
- poboljšani nivo usluga za korisnike,
- manje šarže znače manju količinu neusklađenih dijelova, manja nedovršena proizvodnja (eng. Work in process - WiP).

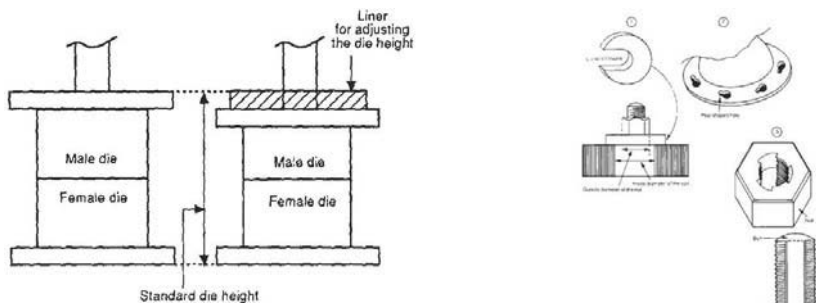
Sve navedene analize su sagledavali prednosti primjene SMED modela, gdje se došlo do zaključaka da bi primjena SMED-a trebala biti jeftinija u odnosu na postojeći sistem, potom da navedeni proces treba biti dobro planiran, dobro utreniran i na dobar način izvršen, jer bez standardizovanog i propisanog rada nema kontinuiranog poboljšanja. U svojoj knjizi „Quick Changeover Learning Package”, Shingo Shigeo vjeruje da se bilo koje vrijeme postavljanja alata može smanjiti za 50-60% nominalnog vremena [11].

3. PRIMJERI PRIMJENE SMED KONCEPTA U INDUSTRIJSKOJ PRAKSI

Neki od najboljih primjera primjene SMED-a su sljedeći:

- utori za učvršćenje i T-vijci smanjuju vrijeme vezivanja,
- novi držač dijela smanjio je vrijeme potrebno za stavljanje i otklanjanje dijelova na učvršćenje. Zatezna poluga eliminira potrebu za uklanjanjem matice od vijka,
- dodatni klizači omogućuju završetak odstranjivanja vanjskog vremena i dr.

Na slici 1 dat je prikaz nekih od ideja sa primjerima primjene SMED-a kao „najboljih praksi“ u procesima montaže [8].



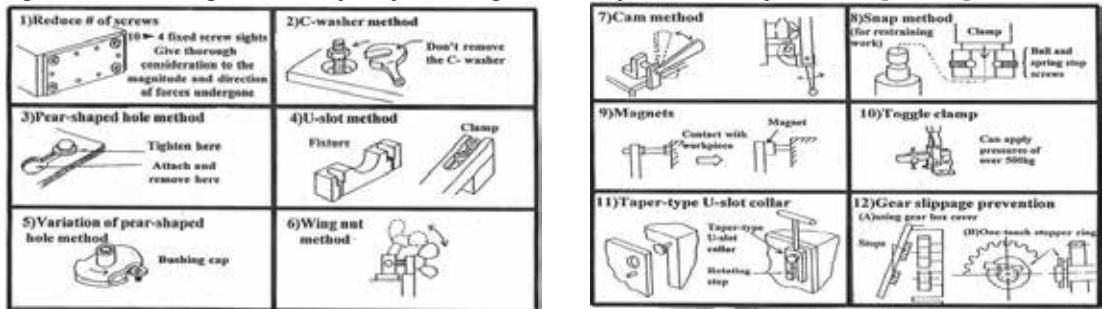
Slika 1. Primjeri „ideja“ primjene SMED-a kao „najboljih praksi“ u procesima montaže.

Sa slike 1 vidljive su neke od ideja primjene SMED-a iz kojih možemo zaključiti sljedeće [3]:

- a) brzi prelazak počinje i završava sa 5S;
- b) promijenite unutrašnje podešavanje u vanjsko, a zatim poboljšajte preostalo vrijeme unutrašnje pripreme,
- c) vijci su naši neprijatelji,
- d) ako morate koristiti svoje ruke pazite da noge ne koristite, ne šetaj,
- e) nemojte se oslanjati na posebne „fine-tuning“ vještine, naprotiv iste izbjegavajte,
- f) standardi su standardni: „nisu“ fleksibilni,
- g) standardizirati sve SMED operacije, odnosno „napisati i propisati ih“.

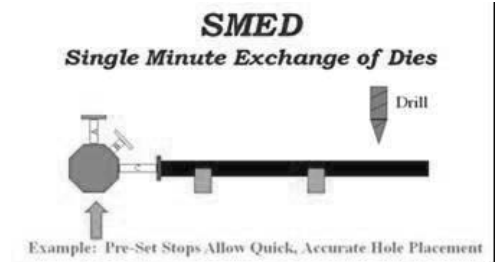
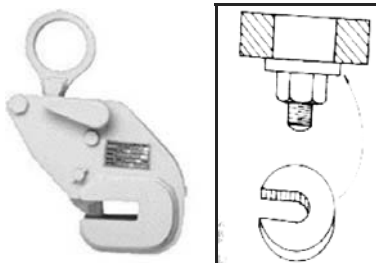
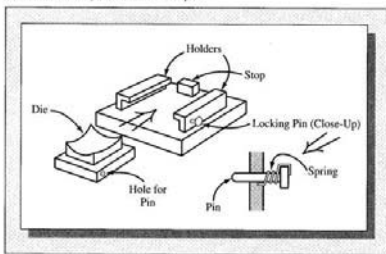
Kod prikaza na slici 1 vidljivo je da se visine kalupa bušilice ili mašine za oblikovanje mogu standardizirati korištenjem košuljice (eng. spacer), tako da podešavanje udarca neće biti

potrebno. Kod primjera “brzi spojnik” koji je obradio Monden Y. u knjizi “Toyota Production System-An Integrated Approach to Just-In-Time”, navedeno je da vijak obično predstavlja najpopularniji alat za pričvršćivanje [8]. No, budući da se vijak pričvršćuje na konačno okretanje navrtke može se popustiti na prvom okretu, zato bi trebalo izraditi prikladan alat za pričvršćivanje koji bi omogućio samo jedno okretanje navrtke [1,2,3,8].

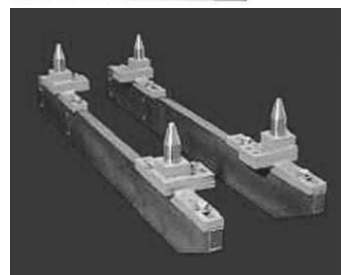
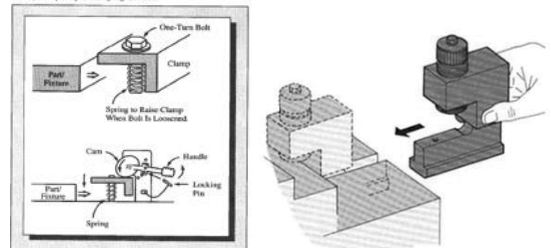


Example: Quick-attachment devices (Fast locating & fastening)

Attachment with fixed holders and pins.



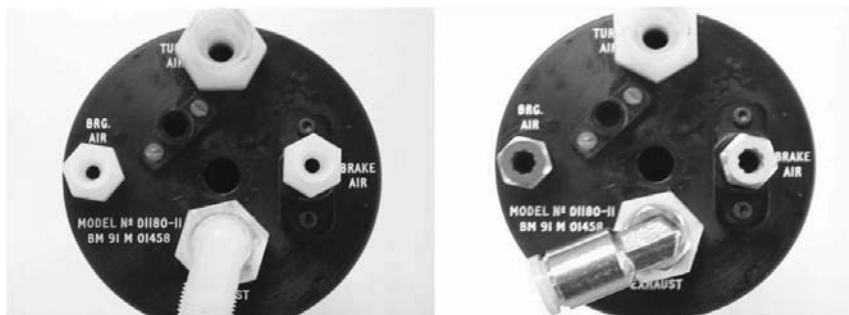
Examples of simple clamping devices.



Slika 2. Primjeri i ideje primjene SMED-a.

S ciljem boljeg shvatanja značaja SMED-a na slici 2 dat je prikaz još nekoliko primjera i ideja primjene SMED-a iz izvora korištene literature i obavljenih posjeta firmama, dok su isto tako na internetu dati brojni video prikazi koji govore o primjeni SMED-a u konkretnim industrijskim uslovima [14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26]. Iz svih primjera i ideja

navedenih na slici 2 vidljivo je da SMED traži mogućnosti za otklanjanje gubitaka u pripremi (eng. Setup), a zatim iste eliminiše i umanjuje ih. Na slici 3 dat je prikaz sprečavanja pojave slučajnih grešaka oličen u konceptu POKA-YOKE, koji se nadopunjuje sa SMED pristupom i čini nedjeljivu cjelinu programa stalnih poboljšanja-Kaizen [1,2,3].

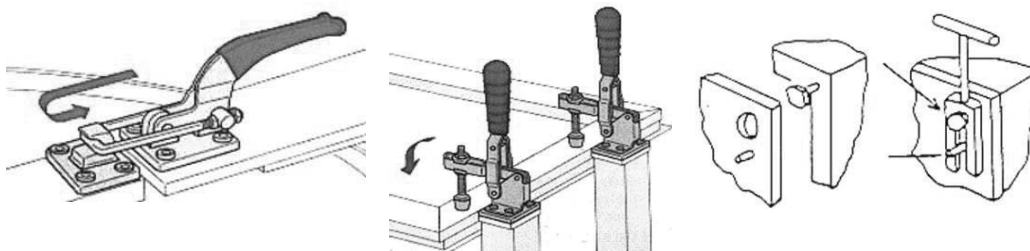


a) prije intervencije

b) poslije intervencije

Slika 3. KAIZEN alati: Poka Yoke - sprečavanje slučajnih grešaka i SMED.

Na slici 4 je data još jedna ideja praktične primjene SMED-a. Sa slike 713 se vidi da je klizna stezaljka smanjila vrijeme potrebno za stavljanje i vađenje dijelova n. Dva držača spriječili su potrebu za zavarivanjem dijelova tokom postupka lijepljenja. Upravo, postavljanje klizača omogućilo je brzo i privremeno poravnavanje dva dijela [7,8,11].

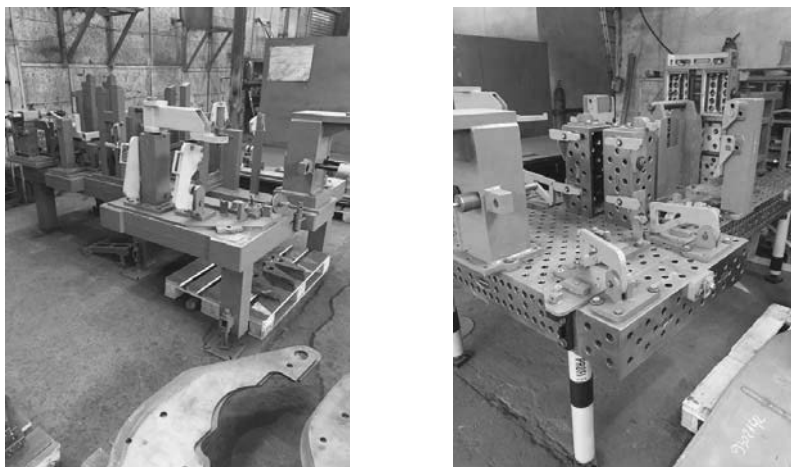


Slika 4. Primjer „klizna stezaljka“ primjene SMED-a.

Nakon svega prezentovanog, osnovne preporuke pri primjeni SMED-a , koje možemo nazvati „gledaj i traži“, iz razloga pravovremenog uočavanja i otklanjanja bi bile sljedeće [1,2,3]:

1. Netašice, pogreške, neodgovarajući smještaj potrebne opreme. To možemo izbjeći pomoću liste za provjeru, osobito vizuelnih, i pripreme na izmjenjivom prihvaćaju,
2. Neodgovarajući ili nepotpuni popravci opreme,
3. Optimizacija za najmanje rada, za razliku od najmanjeg kašnjenja,
4. Neadekvatni kalupi koji zahtijevaju nekoliko izgubljenih 'testova', prije nego što budu na temperaturi koja će raditi,
5. Oprema koja koristi spore i precizne pripreme za grubi dio pripreme. To je nepotrebno gubljenje vremena,
6. Nedostatak vizuelnih linija ili oznaka za dijelove i opremu,
7. Prisilna promjena između različitih materijala, kada je moguće kontinuirano "napajanje", ili približno,
8. Nedostatak funkcionalne standardizacije, to jest standardizacija samo dijelova potrebnih za postavljanje; npr. svi vijci upotrebljavaju ključ s istom veličinom, tačke za prianjanje prihvaćaća nalaze se na istom mjestu na svim utorima,

9. Mnogo pokreta, kretanje operatora oko opreme tokom postavljanja,
10. Više vezanih tačaka nego što je zapravo potrebno da bi se neophodna čvrstoća veze ostvarila,
11. Priključne tačke koje se pričvršćuju na više okretaja,
12. Sve prilagodbe nakon početnog postavljanja,
13. Upotreba stručnjaka tokom postavljanja,
14. Bilo koji podešavanje alata za pomoć, kao što su vodilice ili sklopke.



Slika 5. Primjer primjene POKA YOKE i SMED alata u kontekstu Kaizen programa.

Na slici 5 dat je jedan primjer primjene Poka-Yoke i SMED alata u kombinaciji u radnim uslovima i procesima jedne domaće firme [3]. Pri realizaciji SMED-a treba imati na umu da je veoma bitan segment cijelog procesa predstavlja dokumentovanje novog „podešavanja i postavljanja“ alata, pri čemu treba imati na umu sljedeće:

- a) navedite svaki element na grafikonu za postavljanje operacija, nakon Kaizena,
- b) video snimanje koristite za novi postupak postavljanja alata,
- c) zabilježite vrijeme postavljanja za svaki element,
- d) napomena je prepoznati područja za buduće poboljšanje.

Ovdje želim posebno istaknuti element video snimanja kao način da se utvrdi, ali i dokumentuju svi detalji značajni za proces „postavljanja i podešavanja“ alata. Medij video zapisa omogućava da se ubuduće možemo vratiti na dokumentovanu pojavu i u slučaju potrebe dodatnih pitanja razmotrimo mogućnosti za poboljšanje procesa. Video snimanje je veoma važno za razumijevanje trenutne situacije i uočavanje i razdvajanje vremena sa dodanom i bez dodane vrijednosti u proizvodnom procesu. Na slici 6 dat je prikaz standardizovanja dokumentovanja SMED postupka kroz prikaz obrazaca za dokumentovanje postupka [2].

The image shows two forms used for documenting the SMED process. The left form, titled 'Set-up Operations Standard', includes fields for Machine, From, To, Area / Department, Date, and Part #. It features a table for 'Operation Time' with columns for 'Changeover Categories' (Minor, Major, Work) and 'Operation Time' (Setup, Run). The right form, titled 'After Kaizen', includes fields for Product, Product PIN, Machine/Equipment, Load Center, and Date. It features a table for 'Step No.' with columns for 'Description', 'Start Step Time', 'Before Int. Time', 'Before Ext. Time', 'After Int. Time', 'After Ext. Time', 'Method of Reduction', and 'Cost'. Both forms have a 'Total Time' section at the bottom.

Slika 6. Obrasci za dokumentovanje SMED postupka.

SMED postupak ima veoma veliki uticaj na smanjenje veličine „šarže“. Pri tome, grafikon standardne operacije pripreme postat će osnova za novi postupak postavljanja alata. Potrebno je pripremiti odgovarajuće pojedinosti i upute za rad koji će biti uključeni u grafikonu postavljanja operacija. Veoma je bitno da postojeće osoblje u firmi bude obučeno za uvođenje SMED postupka. Ilustracije radi, navest ćemo primjer veze između veličine šarže i smanjivanja vremena “postavljanja podešavanja” alata (eng. setup). U tabeli 1 dat je prikaz veze između veličine šarže i smanjivanja vremena “postavljanja i podešavanja” alata [1,3].

Tabela 1. Veza između veličine šarže i smanjivanja vremena “postavljanja i podešavanja” alata.

Vrijeme postavljanja	Radno vrijeme	Broj postavljanja	Broj različitih proizvoda u proizvodnji	Trajanje proizvodnje
2 sata	6 sati	1	1	32 dana
1 sat	6 sati	2	2	16 dana
30 minuta	6 sati	4	4	8 dana
15 minuta	6 sati	8	8	4 dana
7,5 minuta	6 sati	16	16	2 dana
3,75 minuta	6 sati	32	32	1 dan

Kao svojevrsni zaključak nakon svega iznesenog, kao glavne koristi od primjene SMED-a uz česta „podešavanja i postavljanja alata“ možemo iskaknuti: smanjuje veličinu proizvodne serije-šaržu, smanjuje zalihe „nedovršene proizvodnje“ (eng. Work in process-WIP), povećava fleksibilnost, skraćuje radno, odnosno mašinsko vrijeme, poboljšava kvalitet, smanjuje gubitak i otpad, povećava kapacitet i dr. [5].

4. ZAKLJUČAK

Iskustvo i primjena SMED-a uz „dobre prakse“ doveli su do prepoznavanje sljedećih osam tehnika za brzu promjenu alata, kako slijedi: odvojite unutrašnje od vanjskih operacija pripreme, pretvori unutrašnju u vanjsku pripremu, standardizujte funkciju, a ne oblik, koristite funkcionalne stezaljke ili potpuno uklonite elemente za pričvršćivanje, koristite srednje veličine prihvaćaća, usvojite paralelne operacije, uklonite podešavanja, mehanizuj i automatizuj sve šta možeš.

Na kraju, kao primjer korisne primjene SMED-a iz svakodnevnog života i rada možemo ukazati na slučaj sa zamjenom guma na utrkama „Formula 1“ (primjer ručnomehanizovane montaže) kroz vremenski period od posljednjih 65 godina [27].

5. REFERENCE

- [1] Alagić Ismar, Tehnologija montaže i demontaže (rukopis na recenziji), Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, Zenica, 2020.
- [2] Alagić Ismar, Priručnik za menadžere u proizvodnji i održavanju tehničkih sistema-lidere budućnosti, 443 str. : ilustr. ; 25 cm, - Bibliografija: str. 411-427 ; bibliografske i druge bilješke uz tekst, ISBN 978-9958-31-435-3, COBISS.BH-ID 28873222, Off-set, Tuzla, 2020.
- [3] Alagić Ismar, Industrial Engineering & Maintenance: Lean Production – Six Sigma with application of tools and methods in specific working conditions, Štamparija S, 748 stranica:ilustr.25 cm, ISBN 978-9958-074-09-7, COBISS.BH-ID 24232454, Nacionalna i univerzitetska biblioteka Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 629.331:[658.5:005.6(075.8), Tešanj, 2017.
- [4] Alagić I., KAIZEN IN PRACTICE-CASE STUDY OF APPLICATION OF LEAN SIX SIGMA METHOD IN WORKING CONDITION OF WOOD-PROCESSING FIRM, New Technologies, Development and Application II, Lecture Notes in Networks and Systems 76, Isak Karabegović-Editor, ISSN 2367-3370 ISSN 2367-3389 (electronic) Lecture Notes in Networks and Systems, ISBN 978-3-030-18071-3 ISBN 978-3-030-18072-0 (eBook), Springer Nature Switzerland AG, 2020.
- [5] ALAGIĆ I., BOŽIČKOVIĆ R., VIŠEKRUNA V., BRKIĆ A. : “PRIMJENA LEAN SIX SIGMA ALATA U KONKRETNIM RADNIM USLOVIMA FIRME IZ AUTOMOBILSKE INDUSTRIJE”, Festival kvaliteta 2017., Jahorina, BiH, 26-28. oktobar 2017.
- [6] ALAGIĆ Ismar: “APPLICATION OF LEAN SIX SIGMA TOOLS IN ORDER TO ELIMINATE BOTTLENECKS IN WORKING CONDITIONS FIRM FROM B&H”, 19. međunarodni simpozij o kvaliteti, Plitvice, Republika Hrvatska, 21.-23.3.2018. godine.
- [7] Kondo Y., Companywide Quality Control, 3A Corporation, Tokyo, 1995.
- [8] Monden Y., Toyota Production System-An Integrated Approach to Just-In-Time, The Institute of Industrial Engineers, USA, 1993.
- [9] Mizuno S., Company-wide Total Quality Control, Asian Productivity Organisation-APO, 1992.
- [10] Nemoto M., Toyota Quality Control for Management-Strategies and Techniques from Toyota and Toyoda Gosei, 1987.
- [11] Shingo Shigeo, Quick Changeover Learning Package, The Productivity Press Development Team, ISBN 1-56327-1.26-5, New York, 1996.
- [12] Shingo S., Study of Toyota Production System from Industrial Engineering Viewpoint, Japan Management Association, Tokyo, 1989.
- [13] <http://www.pcnen.com/portal/2014/06/07/koliko-vremena-gubimo-na/>
- [14] Tini wise (quick fastening), <https://www.carrlane.com/en-us/product/clamps-accessories/edge-clamps/tiny-vise-edge-clamps>
- [15] <https://www.youtube.com/watch?v=Y2mLQITACOU>
- [16] <https://www.youtube.com/watch?v=26Unvos5a9s>
- [17] Modular clamping, <https://www.youtube.com/watch?v=mMBUrEHTAcQ>
- [18] <https://www.youtube.com/watch?v=mMBUrEHTAcQ>
- [19] Welding fixture, https://www.youtube.com/watch?v=_ozTECNC8mc
- [20] <https://www.youtube.com/watch?v=-Adah8nVV0A>
- [21] <https://www.youtube.com/watch?v=QW00Fv1-byQ>
- [22] <https://www.youtube.com/watch?v=CMrLFpXJSGA>
- [23] <https://www.youtube.com/watch?v=zr2GoW0VYWU>
- [24] Rotacioni prihvatač, <https://www.youtube.com/watch?v=Ytap9imwLCA>
- [25] <https://www.youtube.com/watch?v=Ytap9imwLCA>
- [26] <https://www.youtube.com/watch?v=UIIGI3laGAo>
- [27] <https://www.youtube.com/watch?v=gRgCTQwGMIE>

SISTEMI UPRAVLJANJA TOKOM MATERIJALA I NJIHOVA PRIMJENA U INDUSTRIJI

MATERIAL MANAGEMENT SYSTEMS AND THEIR APPLICATION IN INDUSTRIAL CONDITIONS

Dr. Ismar Alagić, direktor
Agencija za razvoj Općine Tešanj TRA d.o.o.
Tešanj

REZIME

Proces proizvodnje povezuje instalisane proizvodne kapacitete odnosno postrojenja i izlazne jedinice s potražnjom kupca. Uspostavljenu harmoniju realizacije proizvodnog procesa remeti promjena količina, do koje nerijetko dolazi iz razloga da zahtjevi potražnje mijenjaju se prema ciklusima i sezonama, a sukladno tome variraju i proizvodni kapaciteti. Realnost bosanskohercegovačke prerađivačke djelatnosti predstavlja činjenica da smo postali destinacija za proizvodnju „malih serija“ sa visokom diversifikacijom proizvoda. Ovo je ujedno najskuplji oblik proizvodnje, a nerijetko se dešava da proizvodni kapaciteti budu neiskorišteni pri prelasku sa proizvodnje jednog proizvoda na drugi. Implikacije do kojih dolazi oslikavaju se u stvaranju troškova bez stvaranja prihoda za prerađivačke firme, a visok stepen diversifikacije aktuelizira problem zadovoljavanja potražnje izlaznih jedinica koji postaje kompleksan i zahtijeva donošenje poslovnih odluka zasnovanih na kratkoročnim i dugoročnim predviđanjima. Dosadašnja iskustva i recentna literatura iz predmetne oblasti ukazuju da tri faktora znatno utiču na uspješnost poslovnog sistema. Ta tri faktora su: protok proizvoda, radni proces i, dužina čekanja. U slučaju proizvodnih firmi, dužina čekanja se obično opisuje kao vrijeme proizvodnog ciklusa. Ako je riječ o firmi uslužne orijentacije, onda se dužina čekanja opisuje kao vrijeme koje kupci provedu čekajući u redu. Kao alat za analizu i iskorištenost proizvodne opreme koristi se indeks ukupne efikasnosti opreme – OEE.

Ako govorimo o sistemima upravljanja tokom materijala tada razlikujemo dva osnovna pristupa „gurati“ (eng. push) i „povlačiti“ (eng. pull). Princip „povlačiti“ je reaktivan, odnosno prema tom su pristupu stvarne zalihe (odnosno stvarna potražnja) okidač koji daje signal kada treba krenuti s novom proizvodnjom. Pristup „guraj“ je proaktivan odnosno predviđene zalihe (odnosno predviđena potražnja) kombinovane s predviđenim vremenima izrade koriste se kao signal za pokretanje nove proizvodnje. Najpoznatiji sistemi koji funkcionišu na „push“ pristupu u praksi su MRP sistemi (eng. Material requirement planning – sistem planiranja potreba materijala), a na pull pristupu su bazirani KANBAN sistemi. U radu ćemo prezentovati najpoznatije sisteme za upravljanje materijalima i zalihama, te primjere primjene u industrijskim uslovima domaćih firmi koristeći podršku aplikacija iz područja informaciono-komunikacionih tehnologija koja su bila predmet istraživanja autora rada u prethodnom periodu.

Ključne riječi: Proizvodnja, lanac snabdijevanja, sistemi upravljanja materijalima, zalihe, indeks ukupne efikasnosti opreme-OEE, primjena u u industrijskoj praksi.

ABSTRACT

The installed manufacturing capacities and output units with the customer demand is connected by manufacturing process. The established harmony of the realization of the production process is disturbed by changes in quantities, which often occurs due to the fact that demand requirements change according to cycles and seasons, and production capacities vary accordingly. The reality of Bosnia and Herzegovina's processing activity is the fact that we have become a destination for the production of "small batches" with high product diversification. This is also the most expensive form of production, and it often happens that production capacities are unused when switching from the production of one product to another. The implications are reflected in cost generation without generating revenue for processing firms, and a high degree of diversification highlights the problem of meeting demand for output units, which becomes complex and requires business decisions based on short-term and long-term forecasts. Previous experiences and recent literature in the subject area indicate that three factors significantly affect the success of the business system. These three factors are: product flow, workflow and, waiting time. In the case of manufacturing firms, the waiting time is usually described as the production cycle time. If it is a service orientation firm, then the length of the wait is described as the time customers spend waiting in line. The Overall Equipment Effectiveness (OEE) index is used as a tool for the analysis and utilization of production equipment.

If we talk about control systems during the material, then we distinguish between two basic approaches "push" and "pull". The principle of "withdrawal" is reactive, ie according to this approach, actual stocks (or actual demand) are the trigger that gives the signal when to start new production. The "push" approach is proactive, ie the forecasted stocks (ie the foreseeable demand) combined with the foreseen production times are used as a signal to start a new production. The most well-known systems that work on the "push" approach in practice are MRP systems (material requirement planning), and the pull approach is based on KANBAN systems. In this paper, we will present the most famous systems for managing materials and stocks, and examples of application in industrial conditions of domestic companies using the support of applications in the field of information and communication technologies that were the subject of research by authors in the previous period.

Ključne riječi: manufacturing, supply chain, material management system, inventory, Overall Equipment Effectiveness-OEE, application in industrial practices.

1. UVOD

Ako govorimo o sistemima upravljanja tokom materijala tada razlikujemo dva osnovna pristupa: „gurati“ (eng. push) i „povlačiti“ (eng. pull). Princip „povlačiti“ je reaktivan, odnosno prema tom su pristupu stvarne zalihe (odnosno stvarna potražnja) okidač koji daje signal kada treba krenuti s novom proizvodnjom. Pristup „guraj“ je proaktivan odnosno predviđene zalihe (odnosno predviđena potražnja) kombinovane s predviđenim vremenima izrade koriste se kao signal za pokretanje nove proizvodnje. Najpoznatiji sistemi koji funkcionišu na „push“ pristupu u praksi su MRP sistemi (eng. Material requirement planning – sistem planiranja potreba materijala), a na pull pristupu su bazirani KANBAN sistemi [1].

U radu ćemo prezentovati najpoznatije sisteme za upravljanje materijalima i zalihama, te primjere primjene u industrijskim uslovima domaćih firmi koristeći podršku aplikacija iz područja informaciono-komunikacionih tehnologija koja su bila predmet istraživanja autora rada u prethodnom periodu.

2. SISTEM ZA UPRAVLJANJE TOKOM MATERIJALA - „PULL“ PRISTUP

Povlačenje ili „Pull“ princip je način upravljanja tokom vrijednosti (materijala/informacija/usluga) koji pokreće proces toka i prerade, te vrijednosti samo i onda kada postoji jasna narudžba kupca za tu vrijednost. Dakle, narudžba/potražnja pokreće okidač „povlačenja“

vrijednosti kroz sve procese jedne organizacije, od npr. nabave repromaterijala, preko npr. prerade u proizvodnji, do isporuke prema kupcu [2].

„Pull“ pristup prepoznatljiv je po upotrebu „Kanbana“. Kanbani su zapravo kontejneri ili „buffer-i“. Kanban na japanskom jeziku znači kartica ili mala akcijska pločica odnosno pločica koja stane u utor kontejnera. Kanban je metoda odnosno alat za planiranje i upravljanje tokom „vrijednosti“, prije svega materijala, koji se često koristi u organizacijama koje posluju po principa Lean i Just in Time. Dakle, Kanban je metoda koja se zasniva na jasno isplaniranoj i transparentno izvedenoj preradi vrijednosti, i koja u kombinaciji sa metodama Pull, JIT, 5S, i drugim konceptima vodi ka uspostavljanju Lean organizacije [2]. Glavna snaga i upotreba Kanban sistema leži u upravljanju proizvodnjom u toku na planski i transparentan način. Kanban sistem jasno ukazuje na postojanje otpada, uskih grla i mogućnosti za poboljšanje procesa. Pri razmatranju kanban sistema važni termini za shvatanjem svrsishodnosti predmetne metodologije su sljedeći: Vizuelizacija, Kanban karte, fizički limit zaliha, itd. Ideju za kanban sistem u Toyoti su pronašli u konceptu rada „supermarketa“, gdje je potrebno stalno voditi računa o potrebnoj „minimalnoj količini“ proizvoda na stanju. Navedeni slučaj je prikazan na slici 1, a dat je prikaz primjene „kanban“ sistema u radu supermarketa i automata za kupovinu osvježnja [3].



Slika 1. Primjer primjene „Kanban sistema“ u radu „supermarket-a“ i automata za prodaju.

Kanban sistem predstavlja veoma efikasan način upravljanja sa zalihama i njihovog povlačenja na način da se održava koncept Lean odnosno „vitke“ poslovne organizacije. Najpoznatiji proizvođač „brze hrane“ u svijetu firma McDonald’s je usavršio model Kanban sistema do nivoa koji može poslužiti kao najbolji primjer primjene Kanban sistema u praksi. Naime, ako obratite pažnju na policama iza leđa prodavača u McDonald’s restoranima uvijek stoji potrebna količina pripremljenih određenih obroka. Kada navedena količina padne na niži nivo, koji je donja granica „alarma“, tada radnik u kuhinji bez ikakve dodatne intervencije izvana počinje pripremu novih obroka i sa njima dopunjava sigurnosnu zalihi. Kada dođe do nivo gornje propisane zalihe, tada se automatski zaustavlja i čeka dalji razvoj situacije odnosno dalju potrošnju obroka.



Slika 2. Primjer primjene kanban sistema na upravljanje zalihama putem praćenja minimalne i maksimalne potrebne količine zaliha.

Sa slike 2 je vidljiv primjer upravljanja zalihama putem praćenja minimalne i maksimalne potrebne količine zaliha koja je utvrđena proračunom. Veoma važno pitanje primjene kanban sistema u proizvodnom pogonu ili skladištu predstavlja određivanje potrebnog broja kanban mjesta. **Kako odrediti broj Kanban mjesta** [1,3]?

Da bi odgovorili na ovo pitanje, prvo trebamo pojasniti značenje sljedećih termina:

- ❖ TAKT procesa - odrediti takt procesa; koliko proizvoda moramo proizvesti da bismo zadovoljili potrebe kupca;
- ❖ Normalno vrijeme dopune/obnove sistema - koliko nam vremena treba da bismo dopunili sistem (KANBAN mjesta);
- ❖ Vanredne situacije - koliko nam vremena treba u slučaju „problema“ (vanredne situacije);
- ❖ Promjene od strane kupca - ukoliko kupac promijeni količinu/koliko moramo biti fleksibilni;
- ❖ Sigurnosna zaliha (eng. buffer) - koliko „dodatnih“ Kanban mjesta želimo radi neplaniranih rizika ili komfora poslovanja.

“Takt time” ili “vrijeme takta” je pojam koji vuče porijeklo iz njemačkog jezika od riječi “takt zeit”. Značenje riječi „takt“ je termin za palicu koju koristi dirigent orkestra za regulisanje tempa muzike. U kontekstu Lean Six Sigma to predstavlja postavljanje takta odnosno rad procesa ili proizvodne linije, što ustvari predstavlja „ritam“ **proizvodnje** [2]. Bitno je praviti razliku između „takt time“ i „vremena procesa“. To nisu dva ista pojma, jer „vrijeme procesa“ je vrijeme potrebno da nešto proizvedemo. Poređenjem podataka za ova dva termina možemo izvući zaključak gdje su nam problematična područja odnosno gdje se nalaze „uska grla“ u procesu proizvodnje. Veoma često pitanje koje se postavlja u tipičnom proizvodnom procesu je: „**Kakav „takt“ moramo imati da bismo proizveli tačno onoliko proizvoda koliko treba kupcu?**“ [3]

Da bi odgovorili na navedeno pitanje, prvo moramo definisati izračunavanje „broja kanban mjesta“, prema sljedećem matematičkom obrascu:

$$N = (dL \times S) / C \quad \dots(1)$$

gdje je:

- N = broj kanban mjesta;
- d = prosječna potreba (sat ili dnevno);
- L = vrijeme proizvodnje (eng. lead time), bilo sat ili dnevno;
- S = sigurnosna zaliha;
- C = veličina kontejnera odnosno kamiona.

Ako uzmemo kao ulazne podatke, na primjer sljedeće vrijednosti:

- Proizvodnja = 200 komada/sat;
- Vrijeme proizvodnje = 3 sata;
- Kapacitet kontejnera = 50;
- Sigurnosna zaliha ili faktor = 15%

Tada dobijamo da “broj Kanban mjesta” za dati primjer iznosi:

$$N = (200 * 3 * (1 + 0,15)) / 50 = 14 \quad \dots(2)$$

S druge strane, „takt time“ je **broj radnih minuta** (ili sati) u danu (ili smjeni) **podijeljen sa brojem naručenih komada** za taj dan (ili smjenu). Navedenu definiciju opisu sljedeći matematički obrazac:

$$T = T_a / T_d$$

...(3)

gdje je:

-T = Takt time;

-T_a = raspoloživo vrijeme;

-T_d = broj radnih komada;

Raspoloživo vrijeme T_a je vrijeme koje ne uključuje pauze, zastoje i druge oblike čekanja odnosno to je „**neto**“ vrijeme. Obično se takt time iskazuje u broju sekundi/minuta po radnom komadu. Koncept „takt time“ sa sobom nosi sljedeće koristi za jedan proizvodni proces: Pojednostavljuje izračun kapaciteta; Usklađuje procese sa potrebama kupca; Pomaže pri balansiranju resursa; Smanjuje zalihe i; Daje mogućnost da svi znaju šta odnosno koji broj komada je „potreban za uspjeh“ [3].



Slika 3. Prikaz efekata „uskih grla“ u konkretnom drvoprerađivačkom sistemu.

Sada ćemo dati par napomena o „**uskim grlima**“ (eng. „Bottleneck“) kao terminu koji je blisko povezan sa objašnjenim terminom „takt time“. U proizvodnim sistemima, usko grlo je fenomen koji nastaje kada jedna komponenta ozbiljno ograničava rad ili kapacitet čitavog sistema. Ta komponenta se ponekad naziva i tačkom uskog grla. Pojam je nastao kao metafora za grlo boce, koje ograničava protok tečnosti iz boce [7]. Formalno gledano, usko grlo je mjesto koje leži na kritičnoj putanji sistema, a ima najmanju protočnost. Sistemski projektanti obično izbjegavaju uska grla a veliki naponi se ulažu i u njihovo lociranje i podešavanje. Usko grlo može biti npr. procesor, komunikacijski link, softver za obradu podataka, itd. Na slici 3 dat je prikaz efekata nastanka „uskih grla“ u konkretnom drvoprerađivačkom poslovnom sistemu [1].

Usko grlo je fenomen koji nastaje kada je rad čitavog sistema ograničen jednom komponentom koju je moguće identifikovati. U proizvodnim procesima koji se sastoje od velikog broja zadataka, uska grla smanjuju protok, povećavaju nivo zaliha i smanjuju efikasnost. Uska grla se mogu simulirati uz korištenje aplikacije Excel i drugih sličnih programskih aplikacija [5]. Rješenje otklanjanja pojave „uskih grla“ u proizvodnji treba potražiti u mogućnosti uvođenja „balansiranja proizvodnih linija“. Osnovne karakteristike balansiranja proizvodnih linija su sljedeće:

- ❖ kontinuiran sistem, tj. nizak stepen raznolikosti odnosno velik obim;
- ❖ standardizovani proizvodi;
- ❖ mašine za posebne namjene za izvršavanje određenih zadataka;
- ❖ nizak stepen kvalifikacije radnika;
- ❖ nizak obim nedovršene proizvodnje i;
- ❖ niska jedinična cijena proizvodnje.

Proizvodna firma obično proizvodi niz proizvoda – ili bar proizvodi isti proizvod u različitim dimenzijama. Da bi se omogućila procjena obima materijala koji se kreće između različitih odjeljenja unutar proizvodnog pogona potrebno je definisati standardnu jedinicu tereta.

Jedinica tereta predstavlja "jedan komad, više komada ili neku količinu rasutog materijala koji su upakovani i učvršćeni na takav način da se teret može odložiti, podići i prenositi između dvije lokacije kao jedinstvena masa".

Korištenjem ove standardne jedinice moguće je izračunati koliko ekvivalentnih jedinica tereta je potrebno transportovati od npr. odjeljenja A do odjeljenja B, što definiše termin „lokacija radnog odjeljenja“. Za grafički prikaz odnosa između odjeljenja se može koristiti šema odnosa među aktivnostima. Šeme odnosa između aktivnosti su izuzetno korisne u utvrđivanju odjeljenja koja se ne mogu nalaziti jedna pored drugih ili u neposrednoj blizini. Redoslijed aktivnosti koji je potrebno primjeniti prije pristupanja balansiranju proizvodnih linija, a u okviru određivanja lokacije radnih odjeljenja je sljedeći:

- ▶ definisati ekvivalentnu jedinicu tereta (j.t.);
- ▶ izračunati ocjenu lokacije odjeljenja (ukupna zapremina x ocjena zbiru udaljenosti);
- ▶ izraditi tabele ukupnih vrijednosti "od-do", udaljenosti, zapremina x udaljenost, ukupno (zapremina x udaljenost);
- ▶ rangirati odnose između odjeljenja pomoću ocjene lokacije odjeljenja (ukupni zbir);
- ▶ odvojiti odjeljenja iz praktičnih ili sigurnosnih razloga i
- ▶ izraditi šemu odnosa među aktivnostima.

Glavna prednost „pull“ pristupa je njegova jednostavnost. Proizvodnja i kretanje materijala započinju tek s narudžbom, odnosno centar vuče materijal iz njemu prethodnog centra. Druga prednost „pull“ pristupa s upotrebom kanban kontejnera je da ograničava količinu zaliha između radnih centara. Ovo omogućava čvrstu kontrolu investicija u zalihe i ubrzava protočnost sistema. Zalihe se mogu još dodatno smanjiti (zalihe skrivaju probleme, kao što su kvarovi mašina, problemi s kvalitetom i dr.) dok se problemi ne riješe, nakon čega se ponovo mogu povećati. Nedostatak „pull“ pristupa očituje se u situacijama kada je kapacitet proizvodnog sistema nefleksibilan i potražnja za gotovim proizvodom varira. U tim uslovima upotreba pull sistema, a da usluga kupcima bude visoka, zahtijeva viši nivo zaliha, a onda taj cijeli sistem više nije jeftin [3].

3. SISTEM ZA UPRAVLJANJE TOKOM MATERIJALA - „PUSH“ PRISTUP

U praksi je često nemoguće ostvariti čisti „Pull“ princip, pa je kombinacija sa principom Push jedino moguće rješenje. Dakle, Push (Guranje) princip je način upravljanja tokom vrijednosti koji proces toka vrijednosti pokreće na osnovu određenog plana, predviđanja, maksimizacije iskorištenja resursa, itd. Ovdje je opasnost od nastanka raznih vrsta otpada ili rasipanja (npr. proizvod koji niko ne želi da kupi). Princip Push bi bio upravo suprotan od navedenih primjera. Najčešće su prisutne sljedeće kombinacije [2]:

- izrada softvera koji je naručen, ali čija se izrada isplati samo ako se na tržištu proda još primjeraka;
- proizvodnja namještaja po mjeri, gdje su određeni repromaterijali već dobavljeni, a određeni polu-proizvodi već proizvedeni, tako da sve to se provodi na osnovu plana prodaje namještaja.

4. SISTEM ZA UPRAVLJANJE TOKOM MATERIJALA - POLCA PRISTUP

Kombinacijom pull i push pristupa dobijen je hibridni pristup poznat pod nazivom POLCA. POLCA je akronim pojma na engleskom jeziku Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization koji je razvila grupa stručnjaka sa univerziteta Wisconsin-Madison predvođena sa Rajn Suri-jem. Ovaj sistem je pomogao brojnim proizvodnim firmama da smanje vremena proizvodnje i zaliha, povećaju isporuke na vrijeme i podignu radni moral. POLCA je pristup

koji je razvijen za proizvode s jako promjenljivom potražnjom, a kombinuje elemente pristupa pull i push. Razlikujemo sljedeća dva cilja:

- a) ostvarivanje solidne osnove znanja kako bi se vidjelo da li je POLCA primjenjiva u poslovnom okruženju;
- b) postavljanje osnova za buduće inovacije.

POLCA kombinuje snagu MRP-a da precizno odredi sve potrebne materijale, s kartičnim kontrolnim mehanizmom namijenjenim brzom protoku materijala kroz sistem. Podaci pohranjeni u MRP sistem omogućuju da se koordinira i dostava od dobavljača kako bi se sve odvijalo „tečno“ i „na vrijeme“. Vremena prolaza materijala zovu se na engleskom jeziku „guideposts“ i štite od toga da se ne pretjera u težnji da protok materijala kroz firmu bude prebrz time prouzrokuje da određene narudžbe kasne. Razmatra se povlačenje i guranje materijala kroz firmu, a započinje se s MRP-om [1].

5. INDEKS UKUPNE EFIKASNOSTI OPREME - OEE

Kao alat za analizu i iskorištenost proizvodne opreme koristi se indeks ukupne efikasnosti opreme - OEE (eng. Overall Equipment Effectiveness). Mjerenjem vrijednosti indeksa OEE saznaje se koliko se dobro vlada procesom i koji je dio proizvodnog procesa moguće poboljšati. Za potrebe izrade ovog rada, izvršili smo uvid u primjeru nekoliko firmina području općine Tešanj s velikoserijskom proizvodnjom dijelova od metala, plastike i automobilskih dijelova. Opći zaključak govori da je u primjeru firme Mann Hummel BA uočeno da sistemskim praćenjem zastoja detektovani su slučajni i tokom rada teško primjetni faktori koji utiču na smanjenje raspoloživosti, efikasnosti i kvaliteta, čime mogu da ugroze kvalitet i proizvodnost firme. Detaljnom analizom zastoja, uvidjelo se da se pored mašina koje postoje u pogonu, može identificirati još jedna tzv. „skrivena“ mašina. Sprovedenim korektivnim mjerama su dijelom aktivirani kapaciteti „skrivenih“ mašina, što je u drugom periodu praćenja eksperimenta rezultiralo povećanjem raspoloživosti, efikasnosti i kvaliteta, a u konačnici i povećanjem vrijednosti indeksa OEE [1]. Uvođenjem OEE metode omogućeno je da se detaljno prate svi zastoji koji se dešavaju na radnom mjestu, da bi se kasnije unosenjem podataka u bazu i njihovom obradom dobila vrijednosti OEE indeksa, raspoloživosti, efikasnosti, kvaliteta i najuticajnijih gubitaka na nivou mašine, nivou fabrike i glavnih gubitaka [4]. Upravljanje proizvodnjom i operativom započinje sa predviđanjem. Predviđanje može biti tehničko i određeno, ili obuhvaćeno odlukama o kapacitetu i planiranju proizvodnje. Osnovno pravilo koje treba imati na umu je da kapacitet proizvodnje i potražnja za proizvodom trebaju biti usklađeni. Tehnološke odluke najčešće uključuju odabir vrste mašina i specificiranje teoretskih izlaznih jedinica proizvoda. Odluke o radnoj snazi su značajne jer kapaciteti mašina ne znače mnogo bez postojanja kvalifikovanih radnika koji rukuju sa navedenim mašinama i postrojenjima. Kontrola na nivou izvršenja radnih zadataka predstavlja poseban izazov za područje upravljanja proizvodnjom.

Pitanja sa kojima se susreću menadžeri u proizvodnji su: Koja radna operacija slijedi? Ko je prvi na redu za procesiranje? Koju narudžbu treba prije početi realizovati? Cjelokupni proizvodni proces se mora pratiti i kontrolisati. U tom smislu suočavamo se sa pitanjima:

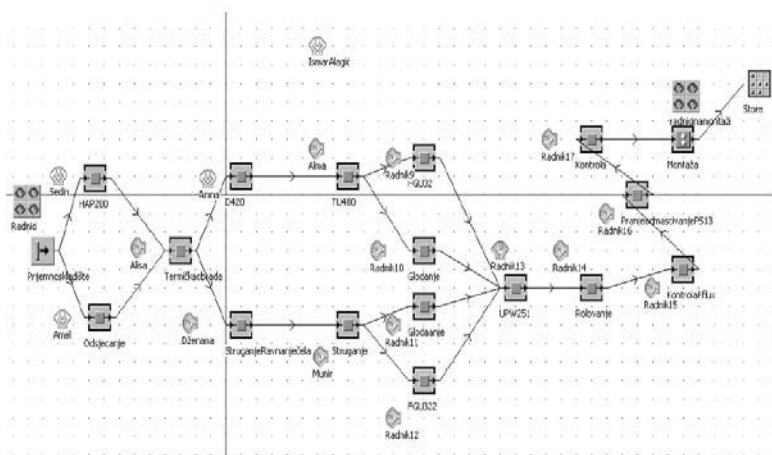
Koliko dobro kapacitet odgovara potražnji? Da li je protok proizvoda i usluga bio dovoljno protočan, dovoljno lagan i tečan, te dovoljno predvidljiv? Da li prati vrijeme ciklusa proizvoda i usluga efikasnu kontrolu zaliha i pravovaljanu uslugu za kupca?

Opći zaključak je da proces počinje sa predviđanjem i prolazi kroz cjelovito planiranje i planiranje radne snage, planiranje, kontrolu na nivou obavljanja posla i nadziranje. Strategija za optimizaciju TPM, predstavlja ključ uz čiju pomoć se može otkriti „skrivena“ mašina i

moćnost da se iz proizvodne opreme izvuče još dodatnih 25÷30% kapaciteta [6]. OEE je tradicionalno i najčešće primjenjivani instrument u TPM i pokazuje sposobnost opreme kada je ona u upotrebi. Na potpunu iskorištenost proizvodne opreme utiču određene vrste gubitaka. OEE, kao metodologija i alat koji upravljanje kvalitetom koristi za analizu iskorištenosti proizvodne opreme, definiše tri osnovna područja gubitaka: raspoloživost, efikasnost i kvalitet [4].

6. PRIMJER PRIMJENE SOFTVERSKJE PODRŠKE NA UPRAVLJANJE TOKOM MATERIJALA U FIRMI PREVENT FAD

Simulacija upravljanja tokom materijala je podržana od aplikacije razvijene od strane Siemens PLM Softwara za modeliranje, simulaciju, analizu, vizualizaciju i optimizaciju proizvodnih sistema i procesa, protoka materijala i logističkih operacija. Korištenjem Tecnomatix Plant Simulacija, korisnici mogu optimizirati protok materijala, iskorištavati resursa i logistiku za sve nivoe planiranja postrojenja za globalne proizvodne pogone, preko lokalnih postrojenja do specifičnih proizvodnih linija. Navedeni softver autor rada je primijenio na logističke probleme u firmi Prevent FAD. Na slici 4 dat je prikaz layouta za proces proizvodnje sklopa spona sa pripadajućim tokovima materijala [1].



Slika 4. Layout pogona za proizvodnju automobilskih dijelova sa prikazom tokova materijala.

7. PRINCIPI I POKAZATELJI UPRAVLJANJA MATERIJALIMA SA ASPEKTA ODRŽAVANJA

„Deset principa rukovanja opremom“ sa aspekta održavanja predstavlja osnovu putem koje se može unaprijediti poslovanje cjelokupne firme. Ti principi nude efikasnije i djelotvornije pristupe u manipulaciji sa proizvodima u proizvodnom pogonu [8].

Deseta principa rukovanja materijalima sa aspekta održavanja su:

1. **Princip planiranja:** Cjelokupno rukovanje materijalima trebalo bi biti rezultat promišljenog plana, gdje se na početku u potpunosti definišu potrebe, ciljevi djelovanja i specifikacija predloženih metoda poslovnim funkcijama.
2. **Princip standardizacije:** Metode, oprema, kontrole i softver za rukovanje materijalima trebaju biti dizajnirani u okvirima postizanja krajnjih ciljeva djelovanja i bez žrtvovanja potrebne fleksibilnosti, modularnosti i propusne moći.
3. **Princip rada:** Posao rukovanja materijalima treba biti minimiziran bez žrtvovanja produktivnosti nivoa usluge zahtijevane od aktivnosti.

4. **Princip ergonomičnosti:** Ljudske sposobnosti i ograničenja moraju biti prepoznate i uzete u obzir u dizajnu zadataka i opreme rukovanja materijalima da bi se osigurale sigurne i djelotvorne aktivnosti.
5. **Princip jedinice tereta:** Jedinice tereta će biti prikladno dimenzionisane i podešene na način kojim se postižu ciljevi protoka materijala i zaliha u svakoj etapi lanca snabdijevanja.
6. **Princip iskorištenosti prostora:** Djelotvorna i učinkovita upotreba znači koristiti sav raspoloživi prostor.
7. **Princip sistemskog pristupa:** Kretanje materijala i skladišne aktivnosti trebaju biti potpuno integrisane da čine koordinisani, operativni sistem koji obuhvata primanje, pregled, skladištenje, proizvodnju, sklapanje, pakovanje, unificiranje, izbor narudžbe, otpremanje, transport i rukovanje povratima.
8. **Princip automatizacije:** Aktivnosti rukovanja materijalima trebaju biti mehanizovane i/ili automatizovane gdje je to moguće, da bi unaprijedili operativnu efikasnost, povećali odgovornost, unaprijedili dosljednost i predvidljivost, smanjili operativne troškove i uklonili ponavljajući ili potencijalno nesigurni ručni rad.
9. **Princip zaštite okoliša:** Uticaj na okoliš i potrošnja energije trebaju se smatrati kriterijima oblikovanja ili izbora alternativne opreme i sistema rukovanja materijalima.
10. **Princip životnog ciklusa troškova:** Ukupna ekonomska analiza treba uzeti u obzir cijeli životni ciklus cjelokupne opreme za rukovanje materijalima i proizlazećih sistema.

8. POKAZATELJI PRODUKTIVNOSTI I ODRŽAVANJA UPRAVLJANJA MATERIJALIMA

Pokazatelji rukovanja materijalom doprinose u procjeni efikasnosti i produktivnosti sistema, te njegovom pouzdanijem održavanju. Ne postoji međunarodni standard koji definiše pokazatelje rukovanja materijalima. Pojedina trgovačka udruženja u svijetu rade na razvoju standarda koji su različiti zavisno o industriji i vrsti posla. U ovom radu koristit ćemo pristup da uvedemo pokazatelje radnog učinka koje upoređujemo iz tekućeg perioda sa ranijim periodom. Pokazatelji koji se prate u različitim vremenskim periodima, a potom međusobno upoređuju su značajni za cjelokupnu operativnu efikasnost sistema. Upravo zbog održavanja upravljanja materijalima, bitno je uspostaviti sistem praćenja navedenih pokazatelja u svakoj firmi [1].

Prvi pokazatelj koji ćemo obraditi je pokazatelj rukovanja materijalima i rada (RMR). Ovaj pokazatelj se izračunava, tako što se broj osoba koje su dodijeljene rukovanju materijalima podijeli s ukupnim brojem operativnog osoblja u firmi. Najpouzdaniji broj za utvrđivanje broja osoblja je da se preuzmu podaci iz tekućih platnih listi. Drugi pokazatelj upravljanja materijalima je pokazatelj iskorištenosti opreme za rukovanje materijalima (IORM). Poseban izazov kod ovog pokazatelja je određivanje teorijskog kapaciteta. Teoretski kapacitet može da predstavlja situaciju kada mašine rade pod punim opterećenjem ili kada je pogon u radu. Treći pokazatelj rukovanja materijalima je pokazatelj iskoristivosti prostora za skladištenje (IPS). Izračunavanje ovog pokazatelja postiže tako što broj zauzetih kubnih metara skladišnog prostora podijelimo s ukupnim brojem raspoloživih kubnih metara skladišnog prostora. Veoma često se čini greška jer kod određivanja ukupnog raspoloživog prostora koristi samo podni prostor, a ne kubni prostor. Cjelokupni prostor pogona je teoretski raspoloživ za skladištenje, a ne samo pod.

Četvrti pokazatelj je pokazatelj postotka prolaza (PP). U današnje vrijeme kada cijena prostora vrtoglavo raste, tada raspoloživi prostor mora biti bolje iskorišten. Prolazi u pogoni su neophodni za kao transportni koridori, te nikako ne bi smjeli biti korišteni za skladištenje robe. Kod određivanja prostora za skladištenje treba se uzimati u obzir ukupna zapremina prostora. Prolazni prostor bi trebao biti manji u automatizovanim sistemima rukovanja materijalima, nego što je to slučaj u ručnim ili mehanizovanim sistemima rukovanja materijalima. Peti pokazatelj rukovanja materijalima je odnos broja pokreta u odnosu na ukupan broj aktivnosti (P/A). Jednačina za izračunavanje P/A pokazuje ukupnu efikasnost upravljanja materijalima. Visoka uspješnost pokazatelja ukazuje na moguća poboljšanja reduciranjem koraka rukovanja ili prelaskom na mehanizovano ili automatizovano poslovanje. Bitno je napomenuti da firma definiše šta podrazumijeva „visoku“ uspješnost pokazatelja P/A. Šesti pokazatelj je efikasnost proizvodnog ciklusa (EPC). Ovaj pokazatelj mjeri efikasnost protoka proizvoda u objektu pogona, te omogućava uvid u kašnjenje. Za izračunavanje EPC pokazatelja potrebno je podijeliti vrijeme proizvodnih ili skladišnih aktivnosti s vremenom provedenim u odjelu. Naime, to je vrijeme provedeno radeći podijeljeno s vremenom provedenim na poslu. Sedmi pokazatelj je oštećeni tereti (OT). Tehnike upravljanja proizvodnjom i rukovanjem materijalom usmjerene su na smanjenje ili potpunu eliminaciju oštećenja proizvoda nastalih nepropisanim rukovanjem. Ovi troškovi se pribrajaju ukupnom trošku aktivnosti, a ne doprinose dodatnoj vrijednosti proizvoda [1].

9. ZAKLJUČAK

Iz prezentovanog možemo zaključiti da zadatak projektanta je da pronade optimalni i najekonomičniji system upravljanja tokom materijala koji omogućava sljedeće [1,2]:

- Smanjenje transportnih puteva i transportno-manipulacionih operacija;
- Povećanje produktivnosti kako proizvodne tako i transportno-manipulativne opreme;
- Smanjenje količine materijala u procesu proizvodnje;
- Preglednost proizvodne površine, jer je tok materijala bliži pravolinijskom kretanju;
- Smanjenje vremenskog ciklusa proizvodnje;
- Troškovi proizvodnje su manji, jer je manje transportno-manipulativnih operacija i sl.

10. REFERENCE

- [1] Alagić Ismar, Upravljanje lancem vrijednosti – snabdijevanje i logistika, ISBN 978-9958-31-441-4, COBISS.BH-ID 29091590, Off-set, Tuzla, 2020.
- [2] Alagić Ismar, Priručnik za menadžere u proizvodnji i održavanju tehničkih sistema-lidere budućnosti, ISBN 978-9958-31-435-3, COBISS.BH-ID 28873222, Off-set, Tuzla, 2020.
- [3] Alagić Ismar, Industrial Engineering & Maintenance: Lean Production – Six Sigma with application of tools and methods in specific working conditions, ISBN 978-9958-074-09-7, COBISS.BH-ID 24232454, Štamparija S, Tešanj, 2017.
- [4] Bašić, H. Brkić, M. Softić, A., Omerašević, E.: Contribution to the development of quality control based on monitoring of index of overall equipment efficiency. 20th International Research/Expert Conference ‘Trends in the Development of Machinery and Associated Technology – TMT’, 2016.
- [5] Goldratt, E. M. and J. Cox, The Goal (Cilj). North River Press Books. Great Barrington, MA. Četvrto revidirano izdanje, 2014.
- [6] Hartman, E. H.: TPM Effiziente Instandhaltung und Maschinenmanagement., aktualisierte und erweiterte Auflage. München. mi-Fachverlag, FinanzBuch Verlag, 2007.
- [7] Roser, C., K. Lorentzen, and J. Deuse, Reliable shop floor bottleneck detection for flow lines through process and inventory observations: the bottleneck walk (Pouzdanost otkrivanje uskog grla u radionici posmatranjem toka procesa i zaliha). Logistic Research. December 2015.
- [8] Raymond A. Kulwiec, Basic of Material Handling, The Material Handling Institute Charlotte NC., pg. 20, Pittsburgh, 2018.

AKTUALIZACIJA

ACTUALIZATION

M.sc. Suad Sućeska
SS
Sarajevo

REZIME

Aktualizacija je veoma bitna u održavanju u informatici. Danas se ovaj pojam sreće u mobilnim uređajima. Ovaj pojam obuhvata ažuriranje (update) i upgrade. Ažuriranje (update) software-a podrazumijeva dodavanje service pack-ova kod operativnih sistema, novih definicija virusa kod anti-virusnih programa. Upgrade software-a je podizanje software-a na novu, višu verziju. Na pr. sa MS Windows 8 na MS Windows 10, MS Office 2010 na MS Office 2013, SEP 13 na SEP 14. Aktualizacija je bitna i u drugim oblastima i djelatnostima. Danas i propisi koji uslovljavaju korištenje određenih novih tehnologija (ICT), također zahtijevaju aktualiziranje da bi se omogućilo korištenje ovih novih tehnologija.

Ključne riječi: Aktualizacija, održavanje, ažuriranje, software, hardware, propisi.

SUMMARY

Actualization is very important in maintenance in informatics. Today this term is met in mobile devices. This term includes update and upgrade. Update of the software involves adding service packs to the operating systems, new virus definitions to the anti-virus programs. Upgrade of the software is shifting to newer, higher version of the software. For example, from MS Windows 8 to MS Windows 10, MS Office 2010 to MS Office 2013, SEP 13 to SEP 14. Actualization is also important in other fields and activities. In recent times, regulations, which are prerequisite for use of certain new technologies (especially ICT), also require actualization in order to enable the usage of these new technologies.

Keywords: actualization, maintenance, update, software, hardware, regulations.

1. UVOD

Aktualizacija je dio održavanja. Ova riječ se vrlo često pominje u informatici kada treba neki software dopuniti sa dodacima koje su njegovi proizvođači, programeri, napravili od posljednje verzije. Tako se, na primjer, mogu dodati zakrpe i service pack-ovi kod prethodnih verzija MS Windows-a, nove definicija virusa kod anti-virusnih programa. Ovo se obično naziva ažuriranje (update). Međutim, aktualizacija software-a uključuje i prelaženje na novu verziju software-a, na pr. sa MS Windows 8 na MS Windows 10, sa MS Office 2010 na MS Office 2013, sa SEP 13 na SEP 14... Ovo se naziva upgrade. Od MS Windows 10, Microsoft uvodi samo update ovog operativnog sistema. Dakle, nema više upgrade-a na novu verziju, nego se ovaj operativni sistem, MS Windows 10, održava putem dva polugodišnja update-a koji se izdaju svake godine.

Izmjene se ne dešavaju samo u software-u (SW), nego i u hardware-u (HW). Da bi se dobila neka nova karakteristika potrebno je dodati odgovarajući HW dodatak ili nabaviti novu

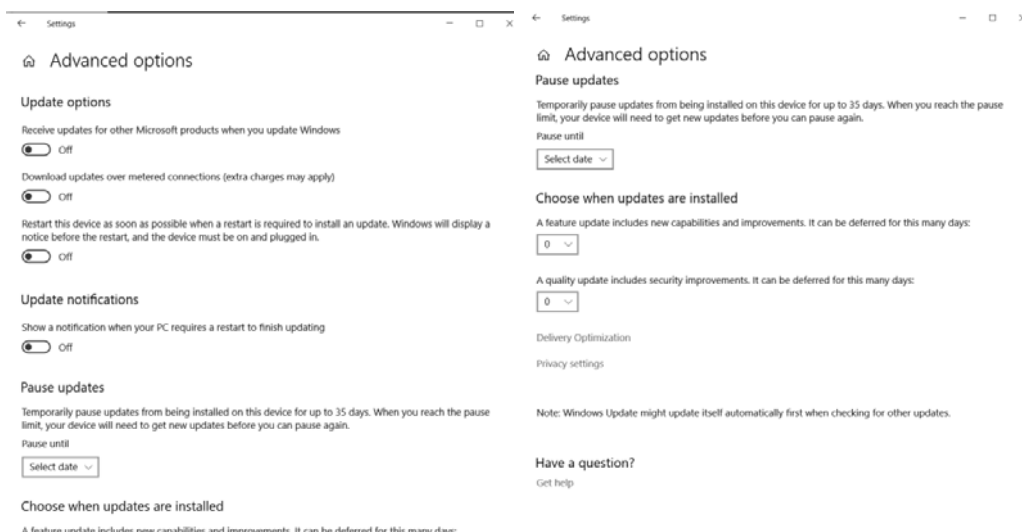
opremu. Tako da se i u ovom slučaju može govoriti o aktualizaciji. ICT tehnologije se danas nalaze u svim djelatnostima, pa se i unapređenja u ICT odražavaju i na djelatnostima u kojima se primjenjuju

Aktualizirati se, također, može i u drugim djelatnostima. U novije vrijeme propisi koji uslovljavaju korištenje određenih novih tehnologija, prije svega ICT, također zahtijevaju aktualiziranje u vrlo kratkom roku, kako bi se omogućilo korištenje ovih tehnologija.

2. AKTUALIZACIJA SOFTWARE-A

Svakodnevno se radi na poboljšanju postojećih i kreiranju novih verzija određenog software-a, kao i kreiranju sasvim novog. To podrazumijeva dodavanje novih mogućnosti, poboljšanje rada, uklanjanje sigurnosnih propusta, omogućavanje rada novim hardware-skim dodacima, i druge aktivnosti. Da bi se navedena poboljšanja dodala na hardware potrebno je napraviti aktualizaciju software-a. Kod mobilnih uređaja ova aktivnost se naziva aktualizacija, dok se kod PC i dalje koriste nazivi ažuriranje (update) i upgrade.

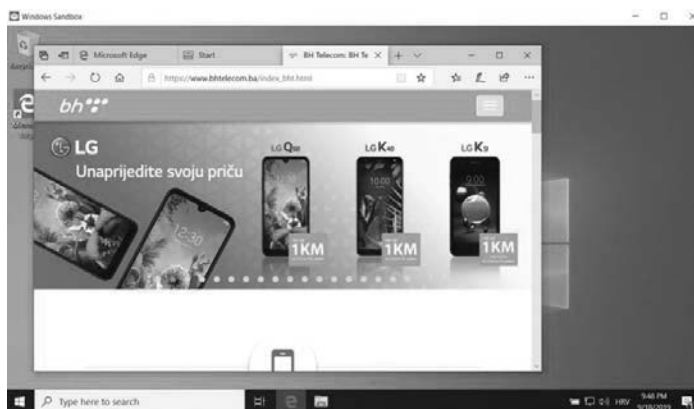
Ažuriranje se programski može automatizirati pomoću programiranih opcija koje se kod MS Windows-a nalaze u Settings; Windows Update; 'Advanced options'. Ponuđene opcije obično nude sljedeći izbor automatizacije update-a: Automatski update; Provjera i import update-a, a instalacija po odobrenju; Obavijest o update-u, a download po odobrenju; Nikad ne provjeravati za novi update. MS Windows 10 daje još veći izbor opcija, koje su prikazane na slici 1.



Slika 1: Opcije update-a u MS Windows 10

2.1. Aktualizacija i sigurnost

Naročito su bitna ažuriranja koja sprečavaju sigurnosne propuste operativnog sistema ili drugog software-a, kao i ona koja dodaju nove definicije virusa u antivirusni software. Ova ažuriranja se obično automatski podešavaju za sve računare LAN-a u određeno vrijeme, i potrebno ih je napraviti odmah nakon njihovog izdavanja. Tako, na primjer, majski Update 2019. MS Windows-a 10 (verzija 1903) donosi jedan novi program koji veoma doprinosi sigurnosti računara: Windows Sandbox.



Slika 2: Windows Sandbox u MS Windows-u 10

Windows Sandbox omogućava sigurno pokretanje neprovjerenog software-a bez oštećenja računara. Microsoft opisuje Windows Sandbox kao novo lagano desktop okruženje napravljeno za sigurno pokretanje aplikacija u izolaciji. Software instaliran u Windows Sandbox-u je izolovan i ne može uticati na računar. Nakon zatvaranja Windows Sandbox-a brišu se fajlovi i stanja instaliranog i korištenog software-a. [2]

3. AKTUALIZACIJA HARDWARE-A

Brzo napredovanje ICT tehnologija se u novije vrijeme jako primjećuje na mobilnim tehnologijama: smartphone-ima, gdje vodeće firme godišnje izrađuju najmanje dvije nove verzije ovog proizvoda. Zamjenu smartphone-a uslovljava i brzi razvoj komunikacionih tehnologija. Tako, na primjer, smartphone koji je podržavao 3G može da podržava 4G, ali ne i 5G, pa je zato potrebno nabaviti novu verziju smartphone-a koja ga podržava. Naravno, promjene na HW i komunikacijama prate i nove verzije operativnih sistema i nove aplikacije. Tako, na primjer, smartphone može da zadovoljava uslove za upgrade na Android 7, 8, ali ne i na verzije 9, 10, ili novije.

Bilo je pokušaja da se modularnom gradnjom omogući update smartphone-a (HW) sa novim modulima (projekat Google-a: ARA).



Slika 3: Google-ov projekt ARA za razvoj modularnog smartphone-a

Međutim, danas je relativno niska nabavna cijena novih verzija smartphone-a prevazišla ovakav način dodavanja novih karakteristika na postojeći smartphone. Zato je za aktualiziranje smartphone-a (HW) potrebno nabaviti novu verziju koja podržava određene nove karakteristike.

Preko navedenih podataka o brzini promjena verzija smarphone-a (HW), operativnih sistema (Android), pa i aplikativnog software-a može se izvesti predodžba o brzini promjena u oblasti ICT tehnologija. Također se može uočiti jako kratak period od pronalaska nove tehnologije

(4G, 5G, ...) do njenog uvođenja u proizvodnju, odnosno njene pojave na tržištu u novom proizvodu.

4. AKTUALIZACIJA U ZAKONODAVSTVU

U novije vrijeme propisi koji uslovljavaju korištenje određenih novih tehnologija, prije svega ICT, također zahtijevaju aktualiziranje u vrlo kratkom roku, kako bi se omogućilo korištenje ovih tehnologija. Upravo ova uslovljenost dovodi do kašnjenja uvođenja nekih ICT tehnologija zbog nepostojanja ili neažurnosti odgovarajućih zakona i propisa. Lijep primjer za ovo je elektronski potpis.

Elektronski potpis se na nivou države ne može dati na upotrebu bez odgovarajućeg zakona. Razlika u brzini kojom tehnički kadar savladava ove nove tehnologije i one kojom zakonodavni kadar donosi odgovarajuće zakone je u BiH veoma znatna. Ovo se odražava na termine uvođenja novih tehnologija, koji u BiH mnogo kasne zato što pravovremeno nisu doneseni odgovarajući zakoni, mada je tehnički kadar ovladao tim tehnologijama da ih može implementirati. Ovdje se može govoriti o razlici brzina aktualizacije odgovarajućeg materijala u različitim djelatnostima. U ovom slučaju: ICT i zakonodavstva. 'Zakon o elektronskom potpisu BiH' iz 2006. je napravljen prema direktivi 'Directive 1999/93/EC Europskog Parlamenta' od 13.12.1999.. [3,10] Elektronski certifikati nisu uvedeni u upotrebu u BiH 2013. godine kada je to bilo planirano. Donošenje propisa eIDAS 01.07.2016. dovodi do ukidanje navedene direktive. [11] Ovo je dovelo do zastarijevanja zakona o elektronskom potpisu i stavljanja van snage nekih njegovih odluka. [5] Federalni zakon o elektronskom potpisu je trenutno prihvaćen samo u formi prednacrt. [8]

Gore-navedena razlika brzina aktualizacije odgovarajućeg materijala u ICT i zakonodavnoj djelatnosti se mora uskladiti da bi nove tehnologije mogle biti uvedene tempom koji diktiraju razvijene zemlje u koje BiH treba da se priključi za nekoliko godina. Navedeni elektronski potpis u BiH je odličan primjer loše koordinacije između ICT i zakonodavne djelatnosti.

Dobra korekcija ovog nesklada se već može uraditi na uvođenju opštih propisa za zaštitu podataka (GDPR), koji su stupili na snagu 25.05.2018.. BiH trenutno nije direktno obavezna primjenjivati GDPR. Međutim, pojedina preduzeća i institucije koje su poslom povezane sa državama članicama EU trebaju da ga primjenjuju. Ulaskom BiH u EU praćenje izmjena koje diktira EU će biti intenzivnije i te izmjene će morati biti uvedene u vrlo kratkom roku. Ovo znači da će zakonodavna djelatnost BiH morati mnogo brže aktualizirati zakone potrebne za uvođenje novih ICT i drugih tehnologija.

Trenutno postoje dvije prepreke za korištenje neke nove ICT tehnologije, koja za uvođenje zahtjeva zakonsku regulativu: ne postoji zakon koji omogućava njeno korištenje; ali također ne postoje ni zakoni koji će pravno sankcionirati njenu zloupotrebu. Oba aspekta zakonodavstva trebaju biti obuhvaćena i u kratkom vremenu aktualizirana prema propisima u razvijenim zemljama.

5. ZAKLJUČAK

Brz razvoj ICT tehnologija zahtjeva česte izmjene na operativnim sistemima, sigurnosnom software-u, korisničkim aplikacijama, ali i hardware-u, pa čak i u drugim djelatnostima. U mobilnoj telefoniji, smartphone-ima, koji su preuzeli ulogu personalnog računara, primjetne su vrlo brze promjene HW. Za dodavanje novih HW ili komunikacionih komponenti vodeće firme koje proizvode ove uređaje prave najmanje 2 verzije smartphone-a godišnje. Ovakav tempo uvođenja novih HW, SW i komunikacija zahtjeva i vođenja računa o njihovoj aktualizaciji. Na području BiH je primjetna razlika između brzine kojom tehničko osoblje ovladava novim tehnologijama i brzine aktualizacije propisa koji su potrebni za njihovo uvođenje. U svijetu se zakoni potrebni za uvođenje nove tehnologije donose mnogo brže, pa se zato i ta nova tehnologija brže nalazi u upotrebi. Samim tim se u upotrebu brže uvode i

prednosti koje donose ove nove tehnologije. Da bi nove tehnologije bile što prije uvedene u upotrebu u BiH mora se ubrzati i aktualizacija odgovarajućih zakona i propisa, koji su vezani za uvođenje novih tehnologija (naročito ICT), i uskladiti ih sa odgovarajućim propisima koji se za tu tehnologiju koriste u razvijenim zemljama.

6. REFERENCE

Pri izradi rada korištena je slijedeća literatura:

[1] Ed Bott: Windows 10 IT Pro Essentials Support Secrets, Microsoft Press, Redmond, Washington, USA, 2016.

[2] <https://techcommunity.microsoft.com/t5/Windows-Kernel-Internals/Windows-Sandbox/ba-p/301849>

[3] Zakon o elektronskom potpisu, Službeni glasnik BiH broj 91/06, Sarajevo, 2006.

[4] Pravilnik o mjerama i postupcima upotrebe i zaštite elektronskog potpisa, sredstava za formiranje elektronskog potpisa i sistema certificiranja, Službeni glasnik BiH broj 14/17, Sarajevo, 2017.

[5] Odluka o stavljanju van snage odluke o osnovama upotrebe elektronskog potpisa i pružanja usluga ovjeravanja, Službeni glasnik BiH broj 53/17, Sarajevo, 2017.

[6] Pravilnik o bližim uvjetima za izdavanje kvalificiranih potvrda, Službeni glasnik BiH broj 14/17, Sarajevo, 2017.

[7] Charlie Russel and Sharon Crewford: Windows Server 2008 Administrator's Companion, Microsoft Press, 2008.

[8] Prednacrt Zakona o elektronskom potpisu Federacije Bosne i Hercegovine:

<https://fmpik.gov.ba/bh/dokumenti/zakoni/sektor-elektronskih-komunikacija-i-po%C5%A1ta.html>

[9] http://www.mkt.gov.ba/dokumenti/Ured_za_nadzor/default.aspx?id=6420&langTag=bs-BA&template_id=100&pageIndex=1

[10] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31999L0093>

[11] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014R0910&qid=1603277892790>

UTICAJ VRSTE GORIVA I REŽIMA RADA NA IZDUVNU EMISIJU GLAVNOG BRODSKOG DIZEL MOTORA

INFLUENCE OF FUEL TYPE AND OPERATING MODE ON EXHAUST EMISSIONS OF MAIN MARINE DIESEL ENGINE

Mr. sc. Sead Cvrk dipl. inž.
Univerzitet Crne Gore, Pomorski fakultet
Kotor

Prof. dr. Zdravko Božičković, doc. dr. Nikola Manojlović
Internacionalni Univerzitet Travnik, Fakultet politehničkih nauka
Travnik

REZIME

Vrsta goriva koja se koristi za napajanje kao i režim rada značajno utiču na izduvnu emisiju glavnog brodskog dizel motora. Biodizel gorivo je jedna od mogućnosti za smanjenje zagađujućih komponenti u izduvnoj emisiji glavnog brodskog dizel motora. Do 2030. godine Lloyd Register predviđa globalnu potražnju za oko 100 miliona tona biogoriva za pogon brodskih motora. U ovom radu istražen je utjecaj smjese biodizel goriva kao i izbor režima rada na izduvnu emisiju kod sporohodnih dvotaktnih brodskih dizel motora. Ovo istraživanje izvedeno je na sporohodnom reverzibilnom dvotaktnom dizel motoru, bez instaliranih uređaja za naknadnu obradu izduvnih gasova motora. Istraživanje je vršeno za tri vrste goriva na četiri režima rada, i to za brojeve obrtaja koljenastog vratila motora, 150, 180 i 210 o/min. Gorivo koje se koristilo za pogon motora bilo je euro dizel, smjesa euro dizela i 20 % biodizela od suncokretovog ulja i smjesa euro dizela i 20 % biodizela od palminog ulja. U izduvnoj emisiji motora mjereni su kiseonik O₂, ugljen monoksid CO, ugljen dioksid CO₂ i sumpor dioksid SO₂.

Ključne riječi: Brodski motor, biodizel gorivo, izduvna emisija, režim rada.

ABSTRACT

The type of fuel used for the power supply as well as the operating mode significantly affects the exhaust emissions of the main marine diesel engine. Biodiesel fuel is one of the possibilities for reducing polluting components in the exhaust emissions of the main marine diesel engine. By 2030 The Lloyd's Register predicts global demand for about 100 million tons of biofuels to power marine engines. In this paper it was investigated how biodiesel fuel mixtures as well as the choice of operating mode influences the exhaust emissions in low-speed two-stroke marine diesel engines. This research was performed on a low-speed reversible two-stroke diesel engine, without installed after-treatment exhaust gas devices. The research was performed for three types of fuel in four operating modes, for engine speeds, 150, 180 and 210 rpm. The fuel used to power the engine was euro diesel, a mixture of euro diesel and 20 % biodiesel from sunflower oil and a mixture of euro diesel and 20 % biodiesel from palm oil. Oxygen O₂, carbon monoxide CO, carbon dioxide CO₂ and sulfur dioxide SO₂ were measured in the exhaust emissions of the engine.

Key words: marine engine, biodiesel fuel, exhaust emissions, operating mode.

1. UVOD

U brodarstvu, koje podliježe propisima Međunarodne pomorske organizacije (eng. International Maritime Organization-IMO), s povećanjem pomorskog transporta rastu i emisije u apsolutnim odnosima. Brodarstvo troši oko 5 % ukupne svjetske potrošnje nafte [1, 2] što daje ukupnu godišnju emisiju NO_x od oko 12,57 miliona tona i oko 10,54 miliona tona SO_x [1]. U SAD (Sjedinjene američke države), luke su označene kao glavni zagađivači. Samo na području luke Los Angeles dnevno se emituje oko 31,5 tona NO_x što je ekvivalentno emisiji iz oko 650 000 automobila [3]. Iz navedenog je jasno da će do značajnih ograničenja emisija u brodarstvu doći vrlo brzo.

Svjetsko brodarstvo prema podacima Međunarodne pomorske organizacije emituje oko 438 miliona tona godišnje CO₂ što odgovara oko 1,8 % ukupne količine CO₂ emisija [4]. Brodarstvo generiše najmanje emisije po jedinici pređenog puta u trgovačkom transportu, manje od vazduhoplovnog, drumskog ili željezničkog transporta.

Odbor međunarodne pomorske organizacije za zaštitu mora i okoline (eng. Marine Environment Protection Committee-MEPC) bitno mijenja Aneks VI MARPOL konvencije s primjenom od 1. jula 2010.godine. Zahtjeva se kontrola ispuštanja sa brodova štetnih materija koje uništavaju ozon, azotnih oksida NO_x, sumpornih oksida SO_x i čestica te isparljivih organskih jedinjenja (VOC) [5].

Kao zadnja aktivnost IMO-a, u područjima koja su zaštićena od emisije izduvnih gasova sa brodova (eng. Emission Control Area-ECA), jeste odluka MEPC-a o uključivanju novog poglavlja 4 u MARPOL, Aneks VI, a koje se odnosi na "Pravila za utvrđivanje i kontrolu energetske efikasnosti brodova" (eng. Energy Efficiency Design Index-EEDI), koja su stupila na snagu 01. januara 2013. godine i primjenjuje se na sve brodove preko 400 bruto tona koji obavljaju međunarodnu plovidbu. Izmjena MARPOL-a odnosi se na uključenje poglavlja 4 u Aneks VI i ima za cilj poboljšati energetska efikasnost brodova pomoću projektnih i operativnih mjera koje bi dovele do smanjenja emisija ugljendioksida CO₂ nastalog iz goriva procesom sagorijevanja. Od ukupne količine emisije ugljendioksida CO₂, koju proizvedu svi načini transporta, na pomorski transport otpada oko 2,7 % [6, 7].

Smanjenje izduvne emisije brodskih motora moguće je postići upotrebom biodizel goriva kao i optimalnom regulacijom opterećenja na većem intervalu promjene broja obrtaja koljenastog vratila glavnih brodskih motora.

2. EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE

Eksperimentalno istraživanje je izvedeno na školskom brodu Jadran. Školski brod Jadran je izgrađen u brodogradilištu "H. C. Silken Son" u Hamburgu, SR Njemačka u periodu od 1931 do 1933 godine. Osnovna namjena broda od izgradnje bila je obuka pomorskog kadra ratne i trgovačke mornarice Jugoslavije. Brod je motorni jedrenjak tipa "barkantin" sa deplasmanom od 787 tona i "dužinom preko svega" od 60 metara, a na vodnoj liniji 41 metar. Širina na glavnom rebru je 8,9 m, srednji gaz je 4,35 m, visina velejarbola 39,1 m.

Za pogon broda koristi se reverzibilni brodski dizel motor, model ALPHA 494-R proizveden u fabrici brodskih motora "LITOSTROJ" u Ljubljani, Republika Slovenija. Motor je izrađen po licenci "BURMEISTER", može se smatrati sporohodnim motorom jer postiže maksimalni broj obrtaja koljenastog vratila od 320 min⁻¹ pri čemu ostvaruje maksimalnu snagu od 390 kW. Motor ima četiri radna cilindra i peti cilindar koji radi kao dvoradni klipni kompresor a namijenjen je za izmjenu radne materije u motoru (ispiranje cilindra). Prečnik cilindra je 290 mm a hod klipova je 490 mm [8]. Tehnički podaci o motoru prikazani su u tabeli broj 1.

Pogon broda se ostvaruje preko propelerskog vratila i propelera sa fiksnim krilima. Eksperimentalno istraživanje je izvršeno na vezu broda kako bi se postigli isti uslovi za sve radne režime prilikom mjerenja.

Tabela 1: Tehnički podaci za motor

Proizvođač motora	Model motora	Princip rada motora	Maksimalna snaga	Broj cilindara	Prečnik cilindra/hod klipa
LITOSTROJ Ljubljana	Alpha 494.R	Dvotaktni sporohodni reverzibilni	390 kW 320 min ⁻¹	5	290 mm 490 mm

Mjerenje je vršeno na tri broja obrtaja koljenastog vratila motora, 150 min⁻¹, 180 min⁻¹ i dva režima na 210 min⁻¹ (jedan režim kada je kormilo bilo u sredini a drugi režim kada je kormilo bilo zakrenuto sasvim desni-KSD) čime su postignuta četiri radna režima. Za svaki ostvareni režim rada motora korištene su tri vrste goriva.

U toku pogona broda, razvijena snaga motora se stalno mijenja zavisno od tehničkih karakteristika propelera. U uslovima pogona broda, snaga koju motor predaje propeleru sa fiksnim korakom krila zavisi od broja obrtaja propelerskog vratila i geometrijskih karakteristika propelera. Otpor koji pruža propeler, a koji motor savlađuje, proporcionalan je kvadratu broja obrtaja propelera [9]:

$$M = k \cdot n^2 \quad (1)$$

Efektivna snaga koja se predaje od motora propeleru može da se izrazi preko obrtnog momenta koji se sa koljenastog vratila motora prenosi preko spojnice na propelersko vratilo, pri čemu se ono obrće ugaonom brzinom ω :

$$P_e = M \cdot \omega \quad (2)$$

U slučaju kada motor pokreće propeler određenog koraka krila, snaga motora koju propeler apsorbuje pri različitim brojevima obrtaja koljenastog vratila biće:

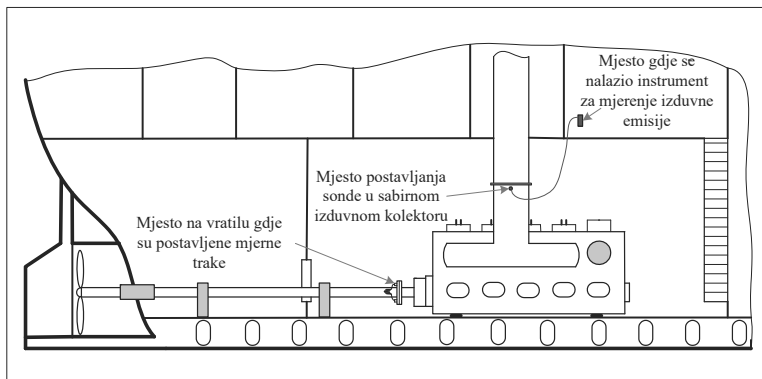
$$P_e = M \cdot \omega = k \cdot n^2 \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} = k_1 \cdot n^3 \quad (3)$$

- P_e [W], snaga koju motor predaje propeleru,
- M [Nm], obrtni moment propelera,
- n [min⁻¹], broj obrtaja propelera,
- k_1 , koeficijent proporcionalnosti koji zavisi od geometrijskih karakteristika propelera.

Iz jednačine (3) vidljivo je da se snaga motora koju propeler troši mijenja po kubnoj paraboli u funkciji promjene broja obrtaja propelera. Ova kriva se naziva propelerska karakteristika. Propelerska kriva u stvari predstavlja pogonsku brzinsku karakteristiku motora i bitno je naglasiti da se ona mijenja u zavisnosti od uslova plovidbe broda kao i od stanja oplata broda i krila propelera (koliko su obrasli) kao i od geometrijskih parametara propelera.

Istraživanje je obuhvatalo mjerenje snage motora na odabranim režimima, mjerenje potrošnje goriva i mjerenje sastava izduvne emisije. Mjerenje snage vršeno je pomoću senzora čija se funkcija zasniva na principu rada mjernih traka. Senzori su postavljeni na propelersko vratilo i mjereno je elastično uvijanje vratila koje je proporcionalno snazi koju motora razvija za pogon propelera. Mjerenje potrošnje goriva vršeno je elektronskom vagom tako što se mjerila masa goriva u posebnoj posudi iz koje se napajao motor na početku i kraju određenog vremenskog intervala. Za mjerenje sastava izduvnih gasova glavnog brodskog dizel motora na školskom brodu Jadran korišćen je gasni analizator "testo 350 MARITIME". Instrument se

sastoji od kontrolne jedinice (upravljačka jedinica za prikazivanje i očitavanja) i kućišta analizatora (mjerni instrument). Spojni kontakti, kablovi za prenos podataka ili bluetooth (opcija) se koristi za povezivanje upravljačke jedinice sa kućištem analizatora. Proizvođač gasnog analizatora testo 350 maritime je firma Testo SE & Co. KGaA, Titisee-Neustadt, Njemačka.



Slika 1. Mjesto postavljanja mjerne opreme na motoru

Za potrebe eksperimenta korišćeno je eurodizel i biodizel gorivo. Biodizel gorivo je proizvedeno namjenski za eksperiment u laboratorijskim uslovima od korišćenog suncokretovog i palminog ulja.

Pripremljeni uzorci goriva su bilisljedeći:

- čisto eurodizel gorivo-(ED),
- eurodizel 80 % i 20 % biodizel od palminog ulja (24 litra+6 litara)-(BDP20) i
- eurodizel 80 % i 20 % biodizel od suncokretovog ulja (24 litra+6 litara)-(BDS20).

Na osnovu fizičko-hemijske analize uzoraka goriva (izvršena u laboratoriji) određena je donja toplotna moć svakog uzorka pojedinačno što je prikazano u tabeli 11.

Tabela 2: Maseni udjeli u procentima pojedinih hemijskih elemenata i donja toplotna moć za sve uzorke goriva, autorski prikaz

Uzorci goriva	Maseni udjeli u %						H_d kJ/kg
	C	H	O	N	S	H ₂ O	
ED	84,26	13,6	1,807	0,32	0,0085	0,0041	43982,068
BDP20	81,87	13,10	4,651	0,36	0,0061	0,0128	42649,288
BDS20	80,44	12,83	6,438	0,27	0,0061	0,0153	41589,128

Donja toplotna moć određena je pomoću empirijske formule za tečna goriva [9]:

$$H_d = 339,13 \cdot c + 1193,24 \cdot \left(h - \frac{o+n}{8} \right) + 92,11 \cdot s - 25,12 \cdot w \quad (4)$$

U izrazu (4) označeni su sa c , h , o , n , s i w procentualni maseni udjeli prisutnih hemijskih elemenata C , H , O , N , S i vode H_2O u gorivu. Koeficijenti ispred masenih udjela predstavljaju ogrjevnu moć pri potpunom sagorijevanju 1 kg pojedine komponente. Izračunata vrijednost snage na odabranim režimima određena je prema formuli (5) na osnovu podataka o potrošnji goriva i vrijednosti donje toplotne moći za svaki uzorak [9]:

$$P_e = \frac{G_h \cdot H_d \cdot \eta_e}{3600} \quad (5)$$

- P_e [kW], efektivna snaga,
- G_h [kg/h], časovna potrošnja goriva,
- H_d [kJ/kg], donja toplotna moć goriva,
- η_e efektivni stepen djelovanja (za dvotaktne prehranjivanje motore sa povratnim ispiranjem može se usvojiti da je $\eta_e=0,35-0,42$), usvojen je $\eta_e=0,37$.

Tokom izvođenja eksperimenta predviđenim planom izmjeren je sastav izduvnih gasova za sve odabrane uzorke goriva na navedenim režimima rada glavnog motora: kiseonik O₂ %, ugljen monoksid CO ppm, ugljen dioksid CO₂ %, sumpordioksid SO₂ ppm i azotni oksidi NO_x ppm.

3. REZULTATI EKSPERIMENTA SA DISKUSIJOM

3.1. Parametri pogonskog sistema broda

Pogonski sistem broda sastoji se od pogonskog motora, propelerskog vratila i propelera. U tabeli 3 prikazani su izmjereni i izračunati parametri sistema pogona broda.

Tabela 3: Parametri sistema pogona broda

Vrsta goriva	Režim rada motora	Izračunata snaga P [kW]	Izmjerena snaga P [kW]	Potrošnja goriva [kg/h]	Donja toplotna moć H_d [kJ/kg]
ED	N 150	69,16	67	15,30	43982,068
	N 180	104,87	105	23,20	
	N 210	168,06	168	36,20	
	N 210 KSD	174,48	184	38,60	
BDP20	N 150	68,81	67	15,70	42649,288
	N 180	104,98	105	23,95	
	N 210	163,50	168	37,30	
	N 210 KSD	174,45	184	39,80	
BDS20	N 150	68,81	67	16,10	41589,128
	N 180	104,93	105	24,55	
	N 210	163,49	168	38,25	
	N 210 KSD	174,61	184	40,85	

Izmjerene vrijednosti snage koju je razvijao motor na odabranim režimima za svaku vrstu goriva su iste. Razlog je što su za svaki odabrani režim rada motora bili isti uslovi okoline (svi otpori bili su isti).

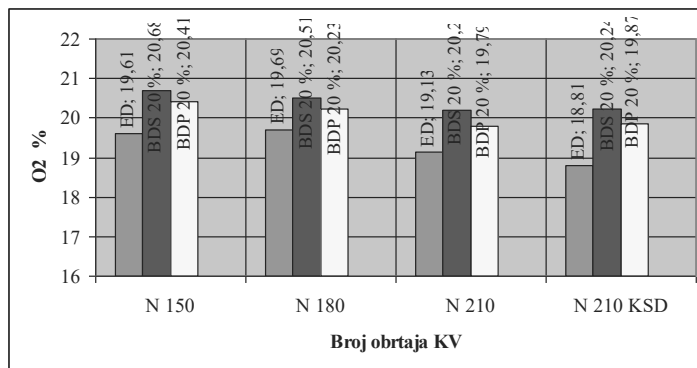
Izmjerene vrijednosti potrošnje goriva pokazuju da je potrošnja različita za sve vrste goriva na odabranim režimima rada motora. Razlog je različita vrijednost donje toplotne moći svakog uzorka goriva.

Na osnovu izračunatih vrijednosti snage koju motor preko propelerskog vratila predaje propeleru na svim režimima, može se uočiti da se one razlikuju u odnosu na izmjerene vrijednosti. Razlozi se mogu tražiti u usvojenom efektivnom stepenu djelovanja motora. Efektivni stepen djelovanja nije konstantan za cijelo područje rada od minimalnog do maksimalnog broja obrtaja koljenastog vratila motora a isto tako promjenljiv je u zavisnosti od opterećenja motora na konstantnom broju obrtaja. Zbog navedenih razloga proračunate vrijednosti snage se razlikuju od izmjerenih.

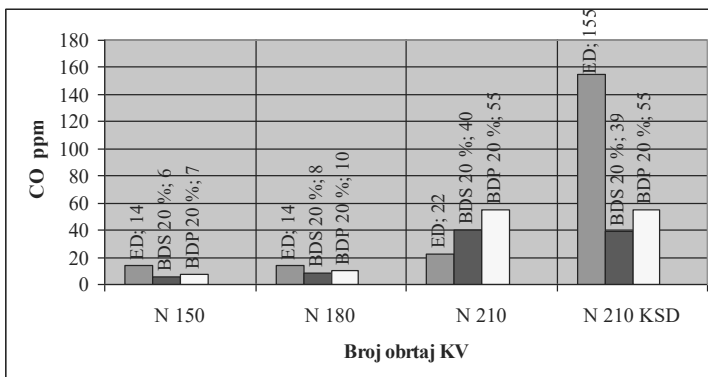
3.2. Parametri izduvne emisije motora

Pri različitim brojevima obrtaja koljenastog vratila motora i različitim opterećenjima mijenjaju se termički i strujni uslovi odvijanja pojedinih procesa stvarnog ciklusa, što neminovno utiče na tok procesa sagorijevanja a time i na sastav izduvnih gasova.

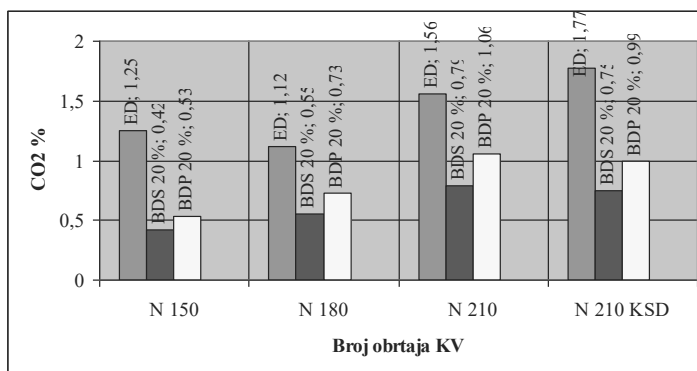
Udjeli pojedinih izmjerenih vrijednosti komponenti u izduvnim gasovima za tri uzorka goriva i četiri režima rad prikazani su na slikama od broja 2 do 6.



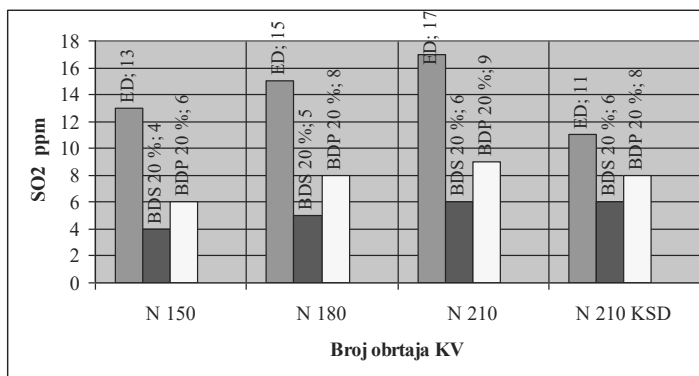
Slika 2: Izmjerene vrijednosti kiseonika



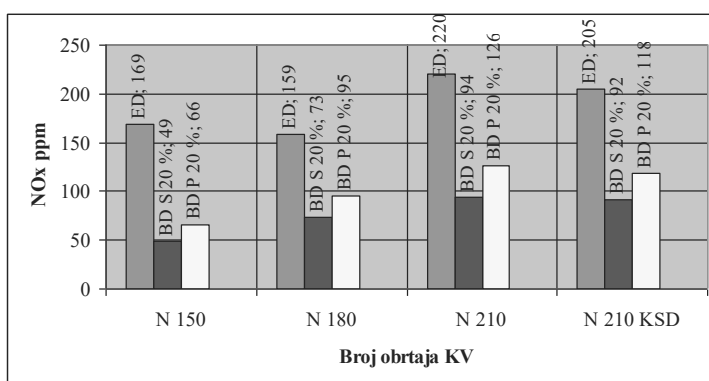
Slika 3: Izmjerene vrijednosti ugljenmonoksida



Slika 4: Izmjerene vrijednosti ugljendioksida



Slika 5: Izmjerene vrijednosti sumpordioksida



Slika 6: Izmjerene vrijednosti azotnih oksida

Rezultati mjerenja satava izduvnih gasova su pokazali:

- da se procenat O₂ u izduvnim gasovima smanjivao što se povećavao broj obrtaja koljenastog vratila motora i povećavalo opterećenja na istom broju obrtaja koljenastog vratila motora, da je procenat O₂ u izduvnim gasovima motora veći kod biodizel goriva u odnosu na eurodizel gorivo za sve režime rada motora što je posljedica većeg sadržaja kiseonika u gorivu[10];

- da se sadržaj CO u izduvnim gasovima povećavao što se povećavao broj obrtaja koljenastog vratila motora a uglavnom se povećavao sa povećanjem opterećenja na istom broju obrtaja koljenastog vratila motora a ovakav trend može se objasniti da je na većim brojevima obrtaja koljenastog vratila motora i većim opterećenjima odnos vazduha i goriva manji, odnosno smjesa vazduha i goriva je bogatija [11];

- da je procenat CO₂ u izduvnim gasovima manji za biodizel goriva u odnosu na čisto euro dizel gorivo na svim režimima a razlog za ovakav trend može se objasniti nižim procentualnim udjelima ugljenika i vodonika za biodizelske smjese u odnosu na čisto dizel gorivo što uslovljava i niži procenat emisije CO₂ [12];

- da se sadržaj SO₂ u izduvnim gasovima povećavao što se povećavao broj obrtaja koljenastog vratila motora, smanjivao se sa povećanjem opterećenja na istom broju obrtaja koljenastog vratila motora i bio je niži kod biodizel goriva što je posljedica manjeg sadržaja sumpora kod biodizel goriva a što ima zaposljedicu smanjenje podmazujućih osobina goriva [13];

- da biodizel goriva imaju manji sadržaj NO_x u odnosu na čisto euro dizel gorivo a razlog je što imaju veći cetanski broj i niži aromatski sadržaj u poređenju sa čistim eurodizel

gorivom što ima za posljedicu kašnjenje samozapaljenja goriva, sporijim rastom pritiska i nižim temperaturama procesa sagorijevanja te smanjenje emisije NO_x u izduvnim gasovima [14].

4. ZAKLJUČAK

Povećanje efikasnosti brodske pogona (dizel motora) moguće je uvođenjem propelera sa upravljivim i promjenljivim korakom krila kao pogonskog elementa brodske propulzije čime se mogu postići optimalni parametri opterećenja na bilo kom broju obrtaja koljenastog vratila motora zbog karaktera promjene propelerske karakteristike (kubna parabola).

Kada je u pitanju emisija štetnih produkata sagorijevanja kod brodskih dizel motora, dosadašnja istraživanja su pokazala da pored vrste i kvaliteta goriva, uslovi pod kojima se odvija proces sagorijevanja u motoru imaju odlučujući uticaj na količinu emitovanih štetnih supstanci koje učestvuju u aerozagađenju. Pored načina odvijanja procesa sagorijevanja i nekih drugih značajnih faktora, posebno su uticajni eksploatacioni faktori. To su prije svega opterećenje motora i karakter promjene opterećenja, broj obrtaja koljenastog vratila, intenzitet hlađenja, tehničko stanje motora, sistem razvoda, sistem goriva, naslage na zidovima prostora za sagorijevanje i drugi na koje značajno mogu uticati lica koja poslužuju i održavaju brodske motore. Eksperimentalno istraživanje u ovom radu pokazalo je da biodizel goriva sadrže značajno manje štetnih produkata u izduvnoj emisiji brodskih motora.

5. LITERATURA

- [1] Davies, M.E. et al, Study on the economic, legal, environmental and practical implications of a European Union system to reduce ship emissions of SO₂ and NO, BMT Murray Fenton Edon Liddiard Vince Ltd, UK, Report No. 3623, August 2000.
- [2] BP Statistical Review of World Energy, June 2004.
- [3] Bailey, D., Harboring pollution: Strategies to clean up US ports, National Resources Defense Council, USA, August 2004.
- [4] GHG emissions from international shipping and aviation, ECON Centre for Economic Analysis, Oslo, for Swedish Environmental Protection Agency, January 2003.
- [5] Report of the marine environment protection committee on its fifty-eighth session“, International Maritime Organization, MEPC 58/23, 16 October 2008.
- [6] A. Andreasen, K. B. Nyggard, Water-in-fuel emulsion as marine engine fuel for reduced NO_x and particulate emissions, Environmental Protection Agency Danish Ministry of the Environment, 2010.
- [7] Exhaust Gas Emission Control Today and Tomorrow, MAN Diesel & Turbo, Copenhagen, Denmark, 2008.
- [8] Osnovna brodska knjiga školskog broda Jadran
- [9] Živković M.C. Motori sa unutrašnjim sagorijevanjem I dio teorija motora, Mašinski Fakultet Beograd 1985.
- [10] Fukuda, H.: Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils, Journal of Bioscience and Bioengineering, Vol. 92, No. 5, 2001.
- [11] Gumus M., Kasifoglu S. 2010 Performance and emission evaluation of a compression ignition engine using a biodiesel (apricot seed kernel oil methyl ester) and its blends with diesel fuel. Biomass Bioenergy 34:134–139.
- [12] Ozsezen A.N., Canakci M., Turkcan A. 2009 Sayin C. 2009 Performance and combustion characteristics of a DI diesel engine fueled with waste palm oil and canola oil methyl esters. Fuel 88:629–636.
- [13] Muñoz M., Moreno F., Monné C., Morea J., Terradillos J. 2011 Biodiesel improves lubricity of new low sulphur diesel fuels. Renew Energy 36:2918–2924.
- [14] Kalligeros S., Zannikos F., Stournas S., Lois E., Anastopoulos G., Teas Ch., Sakellaropoulos F. 2003 An investigation of using biodiesel/marine diesel blends on the performance of a stationary diesel engine. Biomass Bioenergy 24:141–149.

MJERE PRIPREME I ODRŽAVANJA KOD IZGRADNJE I SANACIJE ZGRADA

MEASURES OF PREPARATION AND MAINTENANCE IN THE CONSTRUCTION AND REHABILITATION OF BUILDINGS AND ROADS

Aleksandar Jurić, Držislav Vidaković, Krunoslav Minažek, Ivan Damjanović
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Vladimira preloga 3, Osijek, Hrvatska

REZIME

Kako bi građevine zadržale svoju funkciju u predviđenom periodu eksploatacije potrebno je voditi računa i o mjerama održavanja. U radu su opisane mjere održavanja zgrada kako u postupku građenja i sanacija, tako i u samoj eksploataciji. Istaknuto je nekoliko važnih uzroka pomaka, deformacija i oštećenja zgrada te prikazani načini njihova praćenja, čime se pomaže usmjeriti mjere održavanja, kako na pojedine dijelove samog objekta tako i na objekte iz bliže okoline, npr. pristupne prometnice i pješačke staze. U određenim situacijama nastanak pomaka, deformacija i oštećenja objekata može se povezati sa slijeganjima temeljnog tla. Kao primjer nužnih poduzetih mjera sanacije i održavanja uzet je slučaj sanacije temeljnog tla vukovarske gimnazije, pri čemu su korištena mjerenja slijeganja i pomaka na osnovu kojih su određene prioritetna područja za provedbu mjera sanacije. Na navedenom primjeru dane su potrebne mjere pripreme, sanacije i održavanja kako bi se umanjio i u konačnici izbjegao dalji razvoj oštećenja u nastavku eksploatacije.

Ključne riječi: Priprema, održavanje, mjerenje, slijeganja, deformacije, oštećenja, sanacija,

ABSTRACT

In order to constructions keep their functions in the exploitation period, maintenance measures must be taken into account. The paper describes the measures of maintenance in the process of construction and rehabilitation of buildings, as well as in the exploitation. Several causes of displacements, deformations and damage development on buildings are stressed out, as well as how to measure them in order to direct rehabilitation and maintenance measures, on particular parts of building itself, as well as on the immediate surroundings like access roads and pedestrian paths. One of the possible causes of displacement and deformation and damage development is soil subsidence. As the example of application of necessary measures for foundation soil rehabilitation of the Vukovar high school building was taken, where subsidence and movements measurements were undertaken in order to direct priorities in rehabilitation. In the given example, the necessary preparation, rehabilitation and maintenance measures are given in order to avoid additional damage development.

Keywords: Preparation, Maintenance, Measurement, Settling, Deformation, Damage, Repair

1. UVOD

Zakonom o gradnji [1] u Republici Hrvatskoj održavanje građevine se definira kao „izvedba građevinskih i drugih radova na postojećoj građevini radi očuvanja temeljnih zahtjeva za građevinu tokom njezina trajanja, prateći usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u kojima je izgrađena.“ Osnovni zahtjevi za građevinu se u skladu s principima europskog usklađivanja tehničkog zakonodavstva razrađuju i određuju Tehničkim propisima, a odstupanje od osnovnih zahtjeva dozvoljeno je uz suglasnost nadležnog ministarstva samo u iznimnim slučajevima, kao što

je rekonstruiranje građevina upisanih u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske ili građevina koje se nalaze u kulturno-povijesnoj cjelini upisanoj u taj Registar i to samo ako bi se poštivanjem zahtjeva narušila bitna spomenička svojstva. S druge strane, Zakonom o prostornom uređenju nalaže se da odredbe dokumenata prostornog uređenja i dozvole trebaju štiti postojeću graditeljsku baštinu od devastacije [2], a Zakonom o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara [3] propisuju se obaveze i prava vlasnika kulturnih dobara, mjere zaštite i očuvanja kulturnih dobara, obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, obavljanje inspekcijskog nadzora i druga pitanja važna za zaštitu i očuvanje kulturnih dobara. Održavanje kojim se tokom trajanja građevne nastoje očuvati temeljni zahtjevi za nju te unapređivanje ispunjavanja tih zahtjeva redovno je dužnost vlasnika građevine, a poslove održavanja građevina prema posebnom zakonu mora povjeriti osobama koje ispunjavaju uvjete za obavljanje tih poslova propisane posebnim zakonom. Za slučaj oštećenja građevine, zbog kojeg postoji opasnost za život i zdravlje ljudi, okoliš, prirodu, i druge građevine kao i stabilnost tla na okolnom zemljištu, vlasnik građevine je prema Zakonu o građenju [1], dužan poduzeti hitne mjere za otklanjanje opasnosti i označiti građevinu opasnom do otklanjanja takvog oštećenja. Najčešći problem u praksi je što se mnoge građevine koriste i duže od njihovog predviđenog vijeka trajanja, a tokom 50, 100 i više godina mijenja se spoznaja o opasnostima kao što su požar, potres, gubljenje energije, a veoma često i kada se zbog dodatne izgradnje u okolini narušava stabilnost zemljišta.

Kada se govori o uzrocima oštećenja građevina, oni mogu biti brojni i često različiti, a vrlo često se te pojave događaju u gradskim sredinama gdje je građenje, pripreme radnje za izgradnju većih građevina kao i rekonstrukcija postojećih građevina veoma učestala. U pravilu su to objekti poput nebodera, trgovačkih centara, podzemnih garaža, škola, bolnica te ostalih velikih objekata. U širem smislu, kao vrstu pripremljenih mjera koje se mogu upotrijebiti kao upozorenje na pojavu slijeganja, deformacija, pomicanja pa tako posljedično i oštećenja građevina, a u cilju efikasnijeg održavanja, moguće je upotrijebiti različita opažanja i geodetska mjerenja. U ovom radu cilj je ukazati na mjere održavanja koje bi mogle pomoći u otklanjanju uzroka deformacija i oštećenja i time umanjile njihove posljedice. Nakon što se prvotno detektiraju promjene na objektima kao što su slijeganja, pomaci i razvoj pukotina, različitim kako geotehničkim tako i geodetskim mjerenjima potrebno ih je pratiti. U ovom smislu moguće je pratiti vertikalne pomake (slijeganja) temelja, zidova ili elemenata iz okoliša objekta, promjene nagiba zidova i drugih konstruktivnih elemenata kao i pojave pukotina i ostalih oštećenja (na keramici, stolariji, instalacijama i slično). Glavni cilj tih radnji je dobijanje podataka potrebnih kako za samo definiranje postupaka sanacije u cilju zaustavljanja daljnjih pomaka i deformacija te za planiranje odgovarajućih mjera održavanja tako i za usmjeravanje tih mjera na kritične zone unutar objekta ili okoliša. Za primjer su uzeti radovi mjerenja, sanacije kao i izvršenih ili planiranih mjera održavanja i sanacije na zgradi gimnazije u Vukovaru, kako na samom objektu, tako i u njegovoj okolini.

2. OSNOVNE INFORMACIJE O OBJEKTU GIMNAZIJE U VUKOVARU

Zgrada gimnazije u Vukovaru sagrađena je za ono vrijeme vrlo brzo, [4], slika 1. Početak građenja bio je u proljeće 1894. godine, a već u desetom mjesecu iste godine je useljena. Glavno pročelje zgrade je duljine 43 metra, desno krilo duljine je 20, a lijevo 16 metara. Tijekom Domovinskog rata doživjela je gotovo potpuno rušenje, krovšte je spaljeno i zarušeno, stropovi, podovi te velik dio nosivih zidova je urušen ili znatno oštećen [5], slika 2. Obnovi zgrade pristupa se po mirnoj reintegraciji te je ona obnovljena i 2000. godine puštena u rad, slika 3. Zgrada je poprilično razvedena u tlocrtu, a temeljno tlo ispo nje je lesno. Zgrada se nalazi na uzvisini u kojoj su se, u njenom podnožju nalazili dijelom podgrađeni, a većim dijelom nepodgrađeni „podrumi“.

Nekoliko godina nakon puštanja u rad na objektu se počinju pojavljivati prva oštećenja, prvotno u vidu manjih pukotina na nosivim, a potom i oštećenja u zoni temeljnih zidova koja su sugerirala pojavu slijeganja pri čemu slijedi intenzivniji razvoj pukotina. Čini se vjerojatnim da je uslijed oštećenje, nepravilno izvedene ili slabo održavane odvodnje površinskih voda, došlo do pojave provlaživanja temeljnog tla, razvoja slijeganja, a što je nakon toga rezultiralo i pojavom pukotina i

oštećenja na samoj zgradi. Podnožje lesnog platoa od djelovanja oborina dijelom je bilo šticeo starim obložnim zidovi od opeke, dok je za dio pokosa ocijenjeno da ih je potrebno pridržati masivnim armirano betonskim potpornim zidovima, pri čijoj izvedbi se moralo sanirati i lokalno klizanje. Zbog karaktera oštećenja na zgradi koja su čija je pojava sugerirala da su nastala kao posljedica slijeganja temeljnog tla pristupilo se istraživanju svojstava temeljnog tla u okviru opsežno provedenog programa geotehničkih istražnih radova. Ovi radovi nadopunjeni su praćenjem razvoja oštećenja objekta različitim geotehničkim te geodetskim mjerenjima. Sve poduzete aktivnosti bile su podloga za razradu projektnog rješenja sanacije, nakon čega su temelji dodatno stabilizirani mlazno injektiranim pilotima, 2008. godine [6]. Kako rješenje površinske odvodnje unatoč preporukama nije bilo potpuno riješeno, sanacija se nije mogla smatrati zaključenom te je mjerjenje i opažanje nastavljeno i poslije sanacije temelja. Dodatni razvoj pukotina opažen je 2011. godine, a promatranje se nastavlja do 2014. Sve okolnosti vezane na stanje objekta i okoliša rezultiraju potrebom ozbiljnog pristupa rješavanju problema pa je 2015. godine područje gimnazije uključeno u međunarodni projekt „RECALL - zajedno protiv lokalnih klizišta“. U okviru ovog projekta provedeni su dodatni istražni radovi u tlu kao i nadopune postojećeg sustava opažanja i mjerjenja, a 2016. odnosno 2017. godine pristupa se izradi cjelovitog projektnog rješenja sanacije kako temeljnog tla tako i konstrukcijske sanacije. U razdoblju od 2014. do 2017. godine obavljena su ispitivanja geofizičkim metodama te geotehnička ispitivanja koja su dala podatke o promjenama vlažnosti, stišljivosti te drugim svojstvima karakteristikama temeljnog tla [7]. Povremene promjene širine pukotina na objektu događaju se zbog izostanka potpune sanacije objekta koja obuhvaća kako sanaciju kritičnih zona temeljenja odnosno temeljnog tla tako i konstruktivnu sanaciju, površinsku odvodnju te unutarnju kanalizaciju. Važne informacije o lokaciji, karakteru i intenzitetu razvoja oštećenja došla su iz provedenih mjerjenja te će u narednom poglavlju biti dane osnovne značajke najznačajniji instrumenata i sustava koji su pri tomu korišteni.



Slika 1. Stara gimnazija u Vukovaru, [4]



Slika 2. Gimnazija nakon Domovinskog rata, [5]

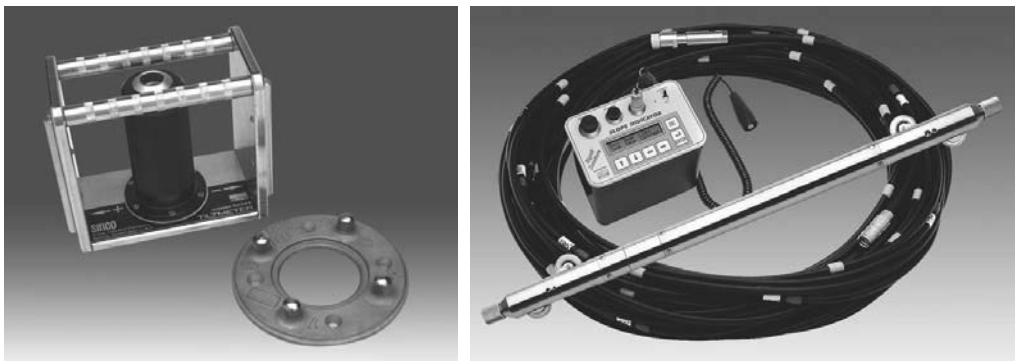


Slika 3. Gimnazija obnovljena 2000. godine, [5]

3. PRIMJERI PRAĆENJA I MJERENJA ZA POTREBE ODRŽAVANJA I SANACIJE

3.1. Klinometar i inklinometar

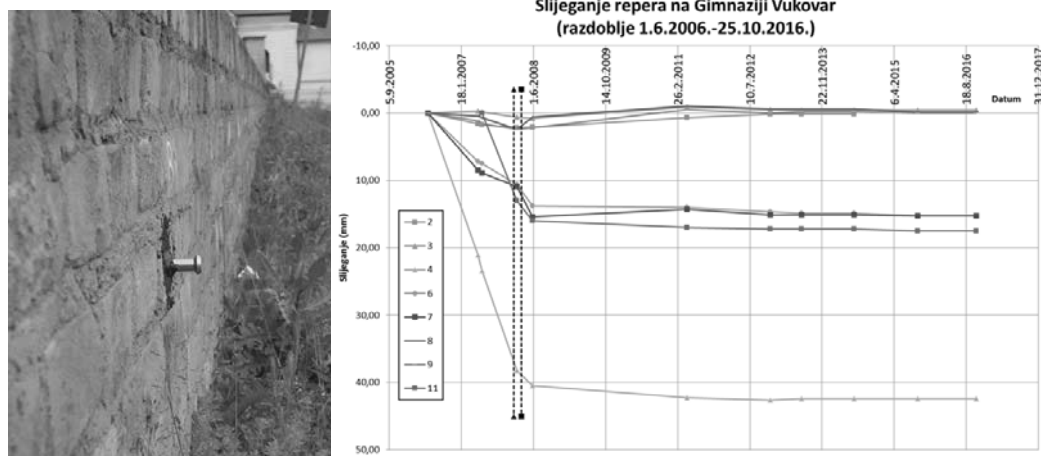
Klinometar je uređaj, slika 4. lijevo, kojim se mjeri inklinacija (naginjanje) određenog konstruktivnog elementa objekta (zid, stup, podna/stropna ploča) nastalo uslijed različitih djelovanja (npr. promjene u temeljnom tlu povezane s nastankom slijeganja ili klizanja). Mjerenje klinometrom može sastojati se od dva elementa; mjernih pločica na konstruktivnom elementu, te prijenosnog klinometra s pripadnom jedinicom za očitavanje. Mjerne pločice fiksiraju se za konstruktivni element. Posebni uređaj – klinometar kojim se mjeri promjena nagiba ravnine pločice pozicionira se uvijek na isto mjesto pomoću istaknutih klinova-vodilica. Fiksiranje pločice se postiže pomoću vijaka ili ljepila ili zajedno. Uobičajeno se na objekt se postavlja određeni broj mjernih pločica na kojima se mjeri promjena nagiba konstruktivnog elementa. Ukoliko se može utvrditi (ili procijeniti) koja je točka rotacije oko koje se događa promjena nagiba, iz udaljenosti od točke rotacije i izmjerene promjene nagiba može se odrediti vrijednost horizontalnog ili vertikalnog pomaka tih karakterističnih kritičnih točaka. Sličan princip mjerenja ima i vertikalni inklinometar, slika 4. desno, kojim se mjerenja vrše tako da se inklinometarska sonda povlači kroz specijalnu cijev s vodicama ugrađenu u tla, a najčešće se koristi kod praćenja razvoja horizontalnih pomaka u tlu prilikom razvoja klizišta.



Slika 4. Klinometar (lijevo) i inklinometar (desno), [8]

3.2. Geometrijski precizan nivelman

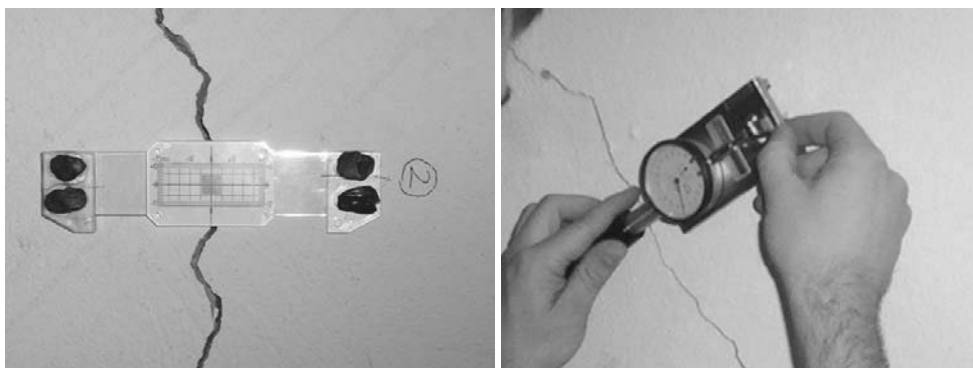
Jedan od najefikasnijih i prilično preciznih načina mjerenja slijeganja je metoda geodetskog mjerenja - geometrijskog nivelmana uz pomoć nivelira. Ova metoda se može smatrati najtočnijom geodetska metoda mjerenja visinskih razlika (i vertikalnih pomaka), s točnošću ispod 1 mm. Kada se pomoću ove metode želi pratiti slijeganje, na objekt se postavlja odgovarajući broj repernih točaka na kojima se mjere slijeganja kritičnih točaka, slika 5. lijevo. Konkretno, na sanaciji vukovarske gimnazije, a prije sanacije temelja, 2008. godine, geodetska mjerenja metodom geometrijskog preciznog nivelmana [6] počinju 2006. godine. Mjerenje je izvršeno s instrumentom Ze-iss KONI007 i pripadajućim invarnim letvama. Na zgradi je postavljeno 10 kontrolnih repernih točaka na kojima su se mjerila slijeganja zgrade, a kasnije je postavljeno još 20-ak kontrolnih repera. Nakon prvih 3 geodetska mjerenja slijeganja koja su izvršena u sedmom mjesecu 2006. godine, u sljedećoj godini izvršeno je još 6 mjerenja. Od početka 2008. godine pa do jeseni izvršeno je još 6 mjerenja slijeganja, nakon čega je počela sanacija temelja. Pokazan je trend umirenja slijeganja čime se potvrđuje uspješnost provedene sanacije. Godine 2011. primijećen je porast širine pukotina na objektu (koji se poklapa s vremenskim periodom u kojemu je vršena sanacija okolnih prometnica pri čemu se provodilo intenzivno dinamičko zbijanje valjcima) što je zahtijevalo praćenje te je organizirano interventno geodetsko mjerenje. Geodetska mjerenja u određenim intervalima nastavljena su sve do 2017. godine. Primjeri praćenja vrijednosti slijeganja na repernih točaka u razdoblju od 2006. do 2016. godine prikazano je na slici 5 (desno).



Slika 5. Mjerni reper (lijevo), rezultati praćenja slijeganja geodetskim mjerenjima 2006-2016., [6]

3.3. Klizni mikrometri i prijenosni komparatori

U kombinaciji s geodetskim praćenjem slijeganja, geotehničkim mjerenjima pomaka u temeljnom tlu ili mjerenjima naginjanja zidova prati se, odnosno mjeri pojava i širenje pukotina na zidovima, stupovima, svodovima te drugim konstruktivnim elementima. Promjenu širine vertikalnih, horizontalnih ili dijagonalno orijentiranih pukotina moguće je mjeriti pomoću kliznog mikrometra, mjernih stalalaca, fiksnim ili prijenosnim komparatorima i raznim ravnalima [7], slika 6.



Slika 6. Mjerna stakalca (lijevo) i primjena prijenosnog komparatora (desno) za mjerenje promjene širine vertikalnih i horizontalnih pukotina

Na zgradi gimnazije u Vukovaru, s obzirom na pojavu i na mahove vrlo intenzivno širenje brojnih pukotina, paralelno s geodetskim mjerenjima vršena su mjerenja promjene njihove širine kliznim mikrometrima, koja su u pravilu potvrdila trendove izmjerenog razvoja slijeganja utvrđenog geodetskim mjerenjima. Najveća opažena slijeganja prije sanacije temelja, iznosila su oko 40 mm - primjer posljedica slijeganja na podovima u blizini podrumskog svoda prikazan je na slici 7 (lijevo). Nakon sanacije temelja slijeganje se postupno umirilo, kako prikazuju rezultati mjerenja prikazani na slici 5 (lijevo). Osim što se za praćenje promjene širine pukotina koristio prijenosni komparator, na pukotinu koja je ocijenjena kritičnom (po veličini i intenzitetu širenja) instaliran je automatski mjerač promjene širine pukotina (engl. *crackmeter*) kojim je vršeno kontinuirano praćenje [7]. Pukotine su u početku, slika 7 (desno), prije sanacije temelja iznosile i do 20 mm, da bi nakon sanacije dodatni porast njihove širine u vremenu iznosio do približno 1 mm.



Slika 7. Slijeganje temelja (lijevo) i pukotine na zidovima na vukovarskoj gimnaziji.

4. VAŽNI UZROCI DEFORMACIJA I OŠTEĆENJA

4.1. Neodržavanje sustava oborinske i površinske odvodnje

Čest uzrok pojave deformacija i pukotina na objektima, koje su posljedica slijeganja temeljnog tla je nepostojanje, neadekvatna ili loše održavana, odnosno neodržavana odvodnja oborinske vode. Direktno ispuštanje oborinske vode s krovnih ploha, bez oluka ili slučajevi gdje se ispuštanje oborinske vode iz vertikalnih oluka vrši neposredno uz zidove (rubove) objekta za posljedicu može imati omekšanje temeljnog tla te nastanak slijeganja. U posebnim slučajevima tala osjetljivih na skupljanje i bujanje, povećana količina vlažnosti može rezultirati bujanjem tla i nastankom

oštećenja na objektima. Neodržavana oborinska odvodnja (oštećeni oluci, začepljene cijevi ili kanalizacijska okna, dotrajale i propusne instalacije) kao i neodržavana površinska odvodnja (zarastao teren, nepovoljan nagib terena, zapuštenost odvodnih kanala) mogu kroz određeni vremenski period rezultirati omekšavanjem temeljnog tla. Ukoliko se tomu pribroji oštećenje tijekom ratnih stradanja i višegodišnje neodržavanje, tada je mogućnost ovih utjecaja na pojavu oštećenja još i veća. Ako se uz to radi i o temeljnom tlu koje je osjetljivo na povećanu vlažnost, kao što je lesno tlo na kojemu je građena gimnazija u Vukovaru to može rezultirati ranije opisanim oštećenjima. U slučaju gimnazije u Vukovaru, dodatnom intenzitetu razvoja slijeganja i oštećenja pogodovalo je i postojanje „podruma“ u podnožju uzvisine na kojoj je sagrađena [6]. Svodovi nekoliko pronađenih „podruma“ uslijed provlađivanja lesnog tla u koje su ukopani doživjeli su znatne deformacije, pa i zarušavanja. Razmjeri zarušavanja ispod jednog ruba zgrade bili su takvi da se na maloj dubini od površine terena, uz temelj objekta pojavila „kaverna“ – otvor volumena nekoliko desetaka m³, slika 8 (desno).

Kada se objekt nalazi u neposrednoj blizini kosine, slika 8 (lijevo), potrebno je provjeriti njegov utjecaj na stabilnost pokosa, te ukoliko se pokaže potrebnim pokos je potrebno pridržati odgovarajućom potpornom konstrukcijom.



Slika 8. Stari nedržavani zid u podnožju (lijevo) i pronalazak „kaverne“ uz temelj vukovarske gimnazije (desno) [6]

4.2 Razna dinamička oštećenja

Dinamički uzroci nastanka oštećenja na objektima mogu biti različiti, a najpoznatiji dinamički uzroci nastanka oštećenja na građevinama su potresi. Iako su oni uglavnom relativno rijetki, mogu ovisno o intenzitetu dovesti do znatnih oštećenja, što je naročito izraženo kod objekata koji su građeni prije nastanka propisa za projektiranje pri djelovanju potresa. Druga moguća česća oštećenja zgrade mogu biti uzrokovana upotrebom građevinskih kamiona i radnih strojeva prilikom utovara i istovara materijala, zbijanja temeljnog tla, poravnavanja i sl. U praksi su poznati dinamički uzroci oštećenja neposredna blizina prometnica po kojima voze teški kamioni – tegljači i sl. U slučaju gimnazije u Vukovaru, kratkotrajni porast širine ranije nastalih pukotina mogao se povezati upravo s radovima na sanaciji lokalnih prometnica.

4.3. Građenje drugih objekata, neosigurane građevinske jame i iskopi

U urbanim sredinama, čest uzrok pojave slijeganja, pukotina i drugih oštećenja na postojećim objektima je građenje novih objekata uz postojeće objekte, u neposrednoj blizini ili bližoj okolini već postojećih objekata, kao što je to prikazano na slici 9. Također, važno je uzeti u obzir da se takvim različitim gradnjama i dogradnjama može narušiti i stabilnost tla do te mjere da nastupe velike deformacije i potpuno ili djelomično zarušavanje građevne jame, što je zabilježeno u praksi, a može rezultirati rušenjem ili velikim oštećenjima postojećih objekata u blizini. Posljedice ovakve nestabilnosti mogu biti to veće što je veća dubina iskopa građevne jame. Dakle, može se zaključiti da duboki iskopi predstavljaju neposrednu opasnost za postojeće objekte te je pri projektiranju i

izvedbi njihove zaštite potrebno u obzir uzeti sva nepovoljna djelovanja, a izvedbu treba pratiti primjena sveobuhvatnog plana opažanja i mjerenja.



Slika 9. Podbetoniranja temelja kod osiguranja građevne jame (lijevo) i nastanak pukotina na susjednom objektu (desno), primjer građevne jame u Slavonskom Brodu.

4.4. Neodržavanje infrastrukture

Kao reprezentativni primjer neodržavanja infrastrukture je neodgovarajuće održavanje prometnica, koja zbog nastanka rupa i drugih oštećenja, slika 10. (lijevo i sredina), mogu indirektno izazvati pojavu dodatnih dinamičkih uzroka oštećenja vozilima koja se kreću tim prometnicama, a što pogoduje nastanku još većih dodatnih oštećenja. Jedan od važnih uzroka oštećenja je i neodgovarajuća odvodnja prometnica, odnosno cesta, slika 10. (desno). Pri tome nakupljanje vode može stvoriti neposrednu opasnost za samu prometnicu, postojeće objekte uz prometnicu, kao i naknadnim smrzavanjem koje pogoduje degradaciji gornjih slojeva kolničke konstrukcije. Čest slučaj je i neodgovarajuće održavanje sustava odvođenja oborinskih voda kao i pripadnih slivnika, [9]. Ovakvi propusti uvelike mogu promijeniti sastav i mehaničke karakteristike temeljnog tla, a što je spomenuto u polavlju 4.1.

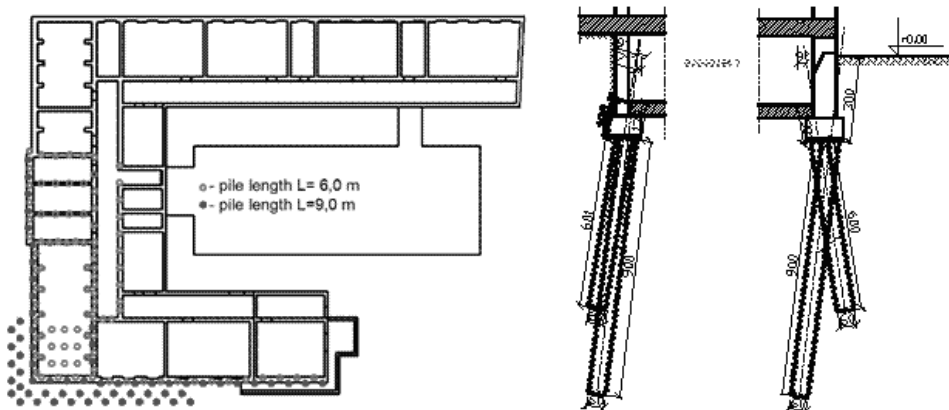


Slika 10. Primjer neodržavanja cesta, pješačkih staza uz objekt i pripadajuće odvodnje, [6],[9].

5. PODUZETE MJERE ODRŽAVANJA

Govoreći o objektu gimnazije u Vukovaru, potrebe za mjerama održavanja, a zbog toga što one nisu bile pravodobno i u početku provedene, kao i potrebe za sanacijom, bile su prisutne praktički od samog početka, nakon puštanja objekta u rad, po dovršetku poslijeratne obnove. Aktivnosti, koje je trebalo poduzeti u ranim fazama nastanka oštećenja, a odnosne se prvenstveno na održavanje vjerojatno bi dovele do usporavanja ili izostanka razvoja oštećenja u znatnoj mjeri, [10]. Ukoliko se mjere održavanja ne primjene u pravom trenutku, u pravilu što ranije u odnosu na trenutak kada se uoči nastanak štetnih pojava, oštećenja rastu i tada se više ne može govoriti o održavanju već o potrebi sanacije nastalog stanja. U slučaju gimnazije u Vukovaru, bilo je nužno utvrditi karakter i

razmjere problema, zbog vrlo složene međusobne interakcije različitih elemenata koji su bili međusobno isprepleteni, a to su: prevlađivanje temeljnog tla osjetljivog na vlagu, blizina pokosa i postojanje „podruma“ u podnožju pokosa. Kako bi se problem raščlanio i pronašli dominantni uzroci nastanka oštećenja, provedeni su opsežni istražni radovi u tlu, te opažanja i mjerenja kako na samom objektu tako i u okolini. Na osnovu prikupljenih podataka definirano je rješenje sanacije te se 2008. godine pristupilo sanaciji temeljnog tla ispod najugroženijeg dijela objekta primjenom mlaznog injektiranja, te zapunjavanja pronađenih kaverni, kao i djelomično plombiranje podruma u podnožju pokosa, slika 11.



Slika 11. Tlocrtni prikaz (desno) i karakteristični presjeci (lijevo) izvedbe mlazno injektiranih stupnjaka u kritičnoj zoni objekta gimnazije u Vukovaru prema projektnom rješenju iz 2008. godine [11].

Uspješnost primijenjenih mjera sanacije je praćena i kroz duži vremenski period nakon završetka sanacije te je utvrđeno umirivanje slijeganja i drugih mjerenih oštećenja (slika 5). Nakon provedene mjere sanacije temeljnog tla bilo je potrebno izvršiti i dodatne mjere sanacije i održavanja, a koje nisu poduzete u optimalnom roku, te se u naknadnom periodu pojavljuju mjestimična širenja pukotina na dijelovima objekta. Blizina pokosa uz objekt i sve naveden okolnosti rezultirale su uključivanjem ovog objekta u europski projekt „Recall – zajedno protiv lokalnih klizišta“ koji je uključivao provedbu istraživanja, mjerenja i opažanja koja su pomogla podići interes za sveobuhvatniji pristup sanaciji te je izrađena projektna dokumentacija na osnovu koje je predviđena kako dodatna sanacija temeljnog tla u pojedinim problematičnijim zonama tako i cjelovita konstruktivna sanacija, uz nužnu sanaciju instalacija te sanacije oborinske odvodnje. Međutim, ovi radovi još nisu provedeni, te dok oni ne budu izvedeni nije moguće isključiti eventualni dodatni razvoj oštećenja. Ova konačna mjera će svakako pridonijeti nestanku do sada navedenih negativnih posljedica.

6. ZAKLJUČCI

Radovi na održavanju važni su kako u pripremi tako i nakon svih faza izgradnje ili sanacije. Na ovom konkretnom slučaju sanacije vidi se da su oni veoma bitni kako bi se negativne pojave, kako na tlu tako i na zgradi, (slijeganja objekata i njihove posljedice kao što su pukotine na zidovima, stropovima i podovima) često mogle izbjeći. Pripremni radovi i održavanje okolnog tla prije postupaka građenja, rekonstrukcije ili sanacije, veoma su važni. Jednako tako važne su i mjere održavanja koje je potrebno napraviti i nakon svršetka radova, odnosno, tokom same eksploatacije. To nisu samo postupci vezani uz stalne kontrolne preglede i mjerenja, radove na objektu, pripremi ili saniranju konstrukcije i temeljnog tla, nego su veoma bitne i mjere održavanja. One se odnose na održavanje kako samog objekta, temeljnog tla i okolnog terena, tako i cjelokupne infrastrukture u samom objektu, ali i u njegovoj bližoj ili daljoj okolini. To prvenstveno može biti održavanje

instalacija unutar objekta, odvodnja oborinskih, otpadnih i površinskih voda, održavanje parkirališta i okolnih cesta te slivnika i kanala. Na objektu vukovarske gimnazije ukazano je na potrebne postupke mjerenja, kako bi se objekt mogao uspješno sanirati, ali i na eventualni izostanak niza potrebnih mjera održavanja, koje su bile potrebne kako bi se opisane negativne pojave donekle izbjegle ili ublažile.

7. REFERENCE

- [1] Zakon o gradnji, Narodne novine, br. 153/13., 20/17., 39/19., 125/19.
- [2] Zakon o prostornom uređenju, Narodne novine, br. 153/13., 65/17., 114/18., 39/19.
- [3] Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, Narodne novine, br. 69/99., 151/03., 157/03., 87/09., 88/10., 61/11., 25/12., 136/12., 157/13., 152/14., 44/17, 90/18.].
- [4] Web stranica Gimnazije u Vukovaru, link
<https://www.google.hr/search?q=stara+vukovarska+gimnazija&tbm=isch&ved>,
- [5] Web stranica Gimnazije u Vukovaru, link
(http://gimnazija-vukovar.skole.hr/skola/slike_gimnazije_od_1991_do_1999),
- [6] Građevinski fakultet Osijek: Izvještaj o geotehničkim mjerenjima gimnazije vukovar u periodu 13.7.2016. – 25.10.2016., Osijek, studeni 2016.
- [7] Kaluđer J., Damjanović I., Minažek K. : Vukovarska gimnazija – istražni radovi i opažanja složenog geotehničkog problema, 193, – Skup "Zajednički temelji '17"- Udruga hrvatskih građevinskih fakulteta, Zagreb, 2017.
- [8] Web stranica Mjerni instrumenti, link
<https://durhamgeo.com/product-category/geotechnical-instrumentation>
- [9] Jurić A., Moser V., Lozančić S.: Pomaci i oštećenja zgrada uzrokovani neodržavanjem – OTO Vinkovci, 2019.
- [10] Građevinski fakultet Osijek: Izvještaj o geotehničkim mjerenjima gimnazije Vukovar do datuma 24.5.2017., Osijek, svibanj 2017.
- [11] Mulabdić, Mensur; Minažek, Krunoslav. Foundation improvement for a building on loess soil // Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering / Hamza, Mamdouh ; Shahien, Marawan ; El-Mossallamy, Yasser (ur.). Alexandria : IOS Press, 2009. 2362-2365.

**ODRŽAVANJE OPREME U ORGANIZACIJAMA S LEAN
POSLOVANJEM**

**EQUIPMENT MAINTENANCE IN ORGANIZATIONS OPERATING
ON THE LEAN PRINCIPLE**

**Mr.sc. Držislav Vidaković, dipl.ing.grad.
Matej Martić, bacc. ing. aedif.
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Osijek, Hrvatska**

**Izv.prof. dr.sc. Hrvoje Glavaš, dipl.ing.el.
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek,
Osijek, Hrvatska**

REZIME

Poslovanje u 21. st. zahtjeva nove koncepte organizacije i upravljanja koji podrazumijevaju promjenu pristupa održavanju. U svijetu se sve više proizvodnje organizira po Lean principima, a preduvjet tome je visoka pouzdanost i učinkovitost opreme, koju omogućuje fleksibilno održavanje s minimaliziranim gubicima. To ne može pružiti tradicijsko održavanje, već je Lean najviše povezan s integriranim produktivnim održavanjem. U članku su navedeni osnovni ciljevi i principi Lean poslovanja i pojašnjene su metode koje se za to koriste. Uz to je opisano održavanje koje odgovara funkcioniranju Lean organizacije. Uvijek je naglasak na obuci, informiranju i pridobivanju ljudskih resursa, od menadžmenta do operativaca, kako bi dali ključni doprinos uvođenju i stalnom unaprjeđivanju održavanja i poslovanja.

Ključne riječi: *Lean*, pouzdanost i učinkovitost opreme, integrirano produktivno održavanje

ABSTRACT

Business in the 21st century requires new concepts of organization and management that imply a change of approach to maintenance. In the world, more and more production is organized according to Lean principles. Precondition for this is high reliability and efficiency of the equipment, which allows flexible maintenance with minimized losses. This cannot provide traditional maintenance, but Lean is most associated with Total Productive Maintenance. The article states the basic goals and principles of Lean business and explains the methods used for that. In addition, the appropriate maintenance required for the functioning of the lean organization is described. The emphasis is always on training, informing and gaining human resources, from management to operational workers, to make a key contribution to the success of the implementation and continuous improvement of maintenance and performance.

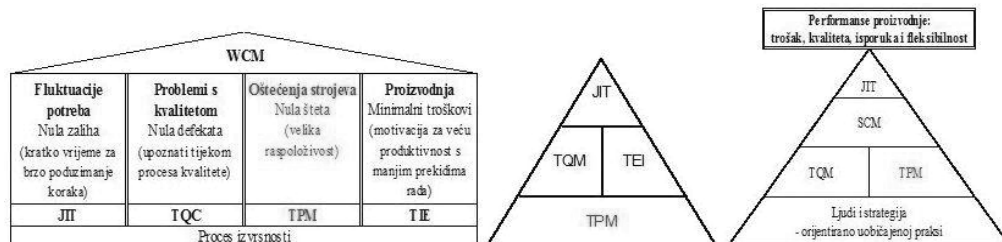
Keywords: Lean, Reliability and Efficiency of Equipment, Total Productive Maintenance

1. UVOD – TEŽNJA K UNAPREĐENJU POSLOVANJA I ODRŽAVANJA

Rast konkurencije na globaliziranom tržištu u 21. st. iziskuje promjene upravljanja i organizacije proizvodnje, pri čemu se mora preispitati mogućnosti prilagodbe i unaprjeđenja sustava održavanja u poslovnim subjektima [1]. Velike kompanije teže tzv. “Svjetskoj klasi proizvodnje“ (*World Class Manufacturing - WCM*), koja donosi veliku dobit i ostale koristi. Smatra se da je u Japanu WCM postignut poslovanjem koje je usvojilo programe [2]:

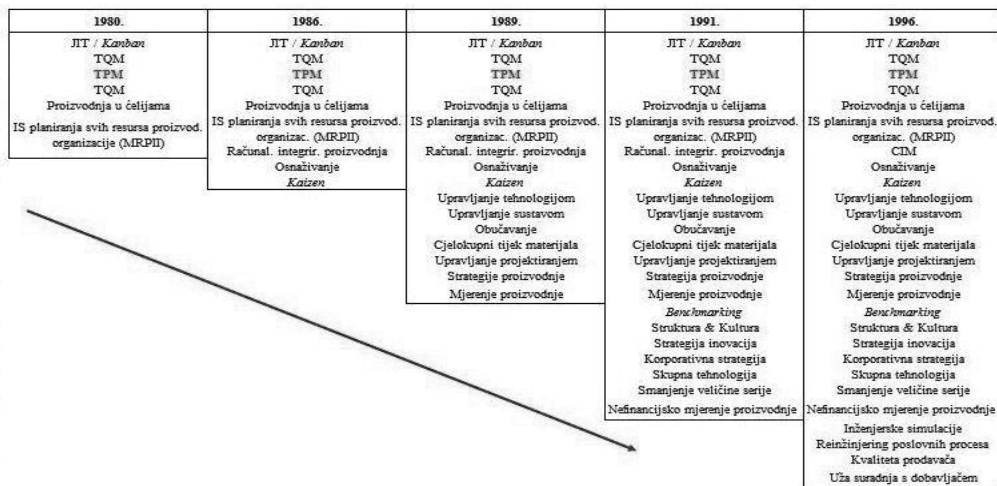
- “Cjelovito upravljanje kvalitetom“ (*Total Quality Management - TQM*),
- “Upravo na vrijeme“ (*Just in Time - JIT*),
- “Integrirano produktivno održavanje“ (*Total Productive Maintenance - TPM*) i
- “Potpuna uključenost zaposlenika“ (*Total Employee Involvement - TEI*).

Na slici 1 lijevo je prikazano kako ove četiri metodologije doprinose postizanju najviših performansi proizvodnih procesa. *The Society of Manufacturing Engineers* iz SAD-a gleda na TPM kao na proces osnaživanja na kome se temelji unaprjeđenje proizvodnje [3] (slika 1 u sredini). Neki autori umjesto TEI uz prva tri programa uključuju “Toyotin proizvodni sustav“ (*Toyota Production System*) [4] ili “Upravljanje lancem nabave“ (*Supply Chain Management - SCM*) [1] (sl. 1 desno) i naglašavaju njihovo sinergijsko djelovanje na proizvodnost [4, 5].



Slika 1. Programi koji vode k boljem poslovanju s naglašenom ulogom TPM - Lijevo: Model kvalitetnog upravljanja WCM-om (prema [6]); Sredina: Piramida produktivnosti [3]; Desno: Okvir integrirane proizvodne prakse (prema [1])

U nastojanju da unaprijeđe performanse organizacije analiziraju svoje proizvodne sustave i detektiraju neučinkovitosti i slabosti. Povećavanje broja različitih tehnika, odnosno metoda, koje su se tijekom posljednja dva desetljeća 20. st. združene koristile za postizanje WCM-a pokazuje slika 2.



Slika 2. Razvoj tehnika koje se združene koriste za postizanje WCM-a (prema [7])

2. POSLOVANJE NA LEAN PRINCIPIMA

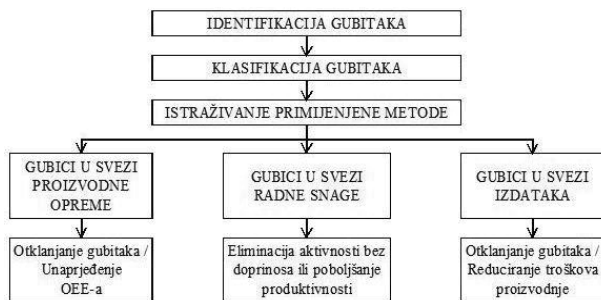
Djelotvorno uspostavljeno *Lean* poslovanje uključuje upravo glavne programe za postizanje WCM-a. *Lean* filozofija i većina tehnika koje se pri tome koriste potječu iz japanskog proizvodnog konteksta. Uz “dejapanizaciju“ i prilagođavanje Zapadu, širi se od 1990-ih godina i danas je u svijetu jedan od najutjecajnijih trendova upravljanja i organizacije [8].

Izvorni model *Lean* proizvodnje počiva na četiri glavna principa [9]:

- Redukcija gubitaka,
- Automatizacija,
- JIT i *Kanban* (sustav upozoravajućih kartica za vizualizaciju i poticanje učinkovitosti) i
- Ujednačavanje proizvodnje (jap. *heijunka*).

Naziva se “lean“ (vitka) jer teži tome da se uradi što više sa što manje ljudskog napora, manje opreme, manje vremena i prostora, a da pri tome proizvod potpuno zadovolji kupca [10]. Kako bi se postigla kvaliteta i vrijednosti proizvoda s najmanjim mogućim troškovima, *Lean* koncept proizvodnje nastoji eliminirati sve aktivnosti koje ne stvaraju dodanu vrijednost na proizvodu. Osim niza gubitaka koji negativno utječu na ljudski rad, za postizanje performansi svjetske klase treba istražiti i na odgovarajući način riješiti gubitke koji negativno utječu na učinkovitost opreme (gubici zbog kvarova, postavljanja/namještanja, smanjenja brzine, praznog hoda/manjih zastoja, proizvoda s greškom, pokretanja i promjene alata), na vrijeme pokretanja stroja i na djelotvorno korištenje proizvodnih resursa (gubici prinosa, trošenje, gubljenje i kvarenje alata i gubici energije) [11]. Općenito, *Lean* kao vrste gubitaka prepoznaje i prekomjernu proizvodnju, nepotrebne pokrete i greške, a neki tome kao gubitak pridodaju i neiskorištenu kreativnost zaposlenika [12].

Proces eliminacije gubitaka pokazan je na slici 3.



Slika 3. Djelovanja kod proizvodnje i održavanja fokusiranih na unaprjeđenja (prema [2])

Za uvođenje *Leana* u organizaciju ne postoji neka strogo definirana, jedinstvena formula [13], ali je uvijek bitno kritički pratiti i korigirati rad u radnom procesu koji se izvodi protivno *Lean* pravilima. Uz pomoć odgovarajućih alata, tj. tehnika treba uočiti gubitke i otkloniti ih, a onda takvo djelovanje usvojiti kao dugotrajan proces u radnoj organizaciji.

Pouzdanost opreme je preduvjet za provođenje *Lean* koncepta proizvodnje [14], pa se za postizanje sveukupne proizvodne i organizacijske sposobnosti svakako preporuča strateško usvajanje TQM i JIT programa s TPM programom. Uz to, *Lean* poslovanje često uključuje “6-sigma“ i *Poka Yoke* za izbjegavanje grešaka, “5 S“ za sređivanje radnog mjesta te *benchmarking*, a za još veće poboljšanje performansi i uspostavljanje ujednačene proizvodnja (bez obzira na promjenjivu potražnju, tako da se povećava iskorištenost kapaciteta pogona) i obrnuti inženjering [2] (proces otkrivanja tehnoloških principa sustava i svega drugog što je napravljeno kroz analizu strukture, funkcije i djelovanja).

Za maksimaliziranje učinkovitosti u organizaciji se moraju usvojiti inicijative fokusirane na unaprjeđenja, odnosno *Kobetsu Kaizen* (individualna poboljšanja za daljnju učinkovitost).

Provedene studije potvrđuju da su troškovi uvođenja *Leana* u organizacije u pravilu manji od ušteda koje se s ovakvim poslovanjem postižu [15].

3. UPRAVLJANJE I RAZVOJ PRISTUPA ODRŽAVANJU

Najčešće prihvaćena definicija održavanja kaže da je to djelovanje nužno za normalnu funkciju ili ponovno uspostavljanje cjelovitosti i funkcije tehničkog sustava [16]. Primarni cilj održavanja proizvodne opreme je osiguravanje njezinog sigurnog i učinkovitog radnog stanja kako bi se proizvodni ciljevi mogli ispuniti u okviru planiranog vremena, troškova i kvalitete [17]. Planiranjem održavanja nastoji se iznaći optimalni omjer rizika i vremena u kojem je radna oprema izvan uporabe. Izborom i provođenjem optimalne strategije održavanja može se povećati kvalitet poslovanja i pouzdanost, te kroz maksimalno iskorištenje raspoloživih resursa smanjiti ukupne troškove [18]. Program održavanja se može različito postaviti (prema koncepciji, organizaciji i tehnologiji) obzirom na različite mogućnosti onoga tko obavlja održavanje i različite objekte održavanja. Na složenost problematike utječe i ograničenost raspoloživih resursa te mogućnost promjena objekta održavanja tijekom uporabe. Odabir učinkovitog programa održavanja uključuje jasno definiranje programskih ciljeva, razvoj dobrog komunikacijskog sustava, odgovarajuće opremanje organizacije za održavanje, davanje preciznog pojašnjenja postupaka održavanja, potpunu kontrolu performansi održavanja, aktivnu procjenu rezultata održavanja i snažnu podršku top menadžmenta [19].

Upravljanje održavanjem je vrlo složeno jer se sastoji od raznolikih zadataka koje treba povezati i izbalansirati. U tablici 1. navedeni su elementi važni za razumijevanje upravljanja.

Tablica 1. Zadaće upravljanja održavanjem (prema [20])

Zadaće upravljanja	Pojašnjenje
1. Organizacija održavanja	- Na početku, uz razumijevanje poslovnih funkcija organizacije
2. Osposobljavanje za održavanje	- Ovu potrebu naglašava visokotehnološka oprema, bitna za rad i održavanje
3. Radni nalozi	- Pokreću, prate, i bilježe sve aktivnosti održavanja
4. Planiranje i vremenski raspored	- Za dosezanje maksimalne efikasnosti i efektivnosti
5. Preventivno održavanje (PM)	- Ključno je za svaki pokušaj unaprjeđenja procesa održavanja
6. Osiguranje potrebnog inventara	- Treba se usredotočiti na pružanje pravih dijelova u pravo vrijeme, upravo koliko treba
7. Upravljanje održavanjem i imovinom poduzeća s računalnim sistemom	- Olakšava prikupljanje, obradu i analizu podataka te pruža automatsko izvješćivanje o kritičnim događajima
8. Uključivanje odjela proizvodnje	- Trebaju biti spremni da daju potporu nastojanjima odjela održavanja
9. Izvješćivanje	- Podaci iz radnih naloga koriste se za izvješća za kontrolu i upravljanje održavanjem
10. Prediktivno održavanje (PdM)	- Istražiti i nabaviti tehnologiju koja rješava ili ublažava kronične probleme rad. opreme
11. Postizanje zadovoljavajuće pouzdanosti	- Primjenjuju se tehnike i analize za optimalizaciju programa održavanja
12. Opći postupci	- Pustiti da inicijative održivog unaprjeđenja postanu dio kulture tvrtke
13. Financijska optimalizacija	- Za donošenje odluka kombiniraju se svi relevantni podaci o imovini
14. Kontinuirano unaprjeđenje	- Traži se unaprjeđenje kroz trajnu evaluaciju programa
15. Ugovaranje	- Može se ugovarati <i>outsourcing</i> za dopunski rad i usko specijalizirane poslove
16. Upravljanje dokumentacijom	- Treba voditi brojne dokumente tijekom cijelog vijeka opreme

Tržišno natjecanje i promjene potreba proizvodnje nameću potrebu za preispitivanjem upravljanja održavanjem s ciljem unaprjeđenja poslovanja organizacije. To je potaknulo vodeće organizacija širom svijeta da prihvate djelotvorne i učinkovite strategije (nazvane 4. generacijom) kao što su održavanje temeljeno na stanju, održavanje usmjereno na pouzdanost i TPM, umjesto tradicionalnih, reaktivnih pristupa, koji problem rješavaju tek kada se pojavi. To nisu radikalno nove ideje, već su nastale, kao sljedeći korak u evoluciji održavanja, na osnovu prethodnih, ali se od njih bitno razlikuju odnosom prema ukupnim troškovima, pouzdanosti i riziku, pretpostavljaju veću povezanost između projektiranja i funkcioniranja opreme te puno više koriste informatičke tehnologije. Podrazumijevaju sveobuhvatan pristup, dugoročno predviđanje, planiranje i definiranje potrebnih aktivnosti održavanja, kako bi se otklonili uzroci kvarova.

Suvremeni pristupi održavanju usmjereni su na pouzdanost i unaprjeđenje funkcioniranja sustava, pa *Lean* u njihovim procesima prepoznaje gubitke koje treba otkloniti. Oni su kategorizirani kao gubici tijekom obrade (prekomjerna ili nepotrebna), prekomjerne i

zastarjele zalihe materijala za održavanje, loše planiranje i organizacija održavanja, ponavljanje proizvodnje zbog slabog održavanja, čekanje na intervenciju održavanja, prekomjerno trajanje aktivnosti održavanja te nepotrebni pokreti i transportne operacije [14].

4. UNAPRJEĐENJE PROIZVODNJE TPM-om

4.1 Koncept i koristi od TPM-a

Integrirano (potpuno, cjelovito ili totalno) produktivno održavanje je poslovna filozofija, razvijena kao proširenje preventivnog održavanja da bi ono postalo više produktivno. Kao i *Lean*, ima ishodište u japanskoj automobilskoj industriji. Zbog razlika u radnoj kulturi i prihvaćanja i provođenja zadataka na poslu, TPM je dobio svoju zapadnjačku inačicu u knjizi Petera Willmotta "TPM: Western Way". To je kombinacija američkog preventivnog održavanja i japanskog koncepta cjelovitog upravljanja visokom kvalitetom i potpune uključenosti zaposlenika. Ovaj pristup održavanju postrojenja komplementaran je s TQM, JIT, TEI, kontinuiranim unaprjeđenjem performansi (*Continuous Performance Improvement - CPI*) i drugim strategijama svjetske klase [21]. Zapravo, TPM je neophodan za obavljanje JIT operacija [2] i *Lean* poslovanja.

Glavne karakteristike TPM-a naglašene su u njegovom nazivu, kako je pokazano u tablici 2. U tablici 3 su pojašnjeni temeljni principi ("stupovi") TPM-a.

Tablica 2. Opisne karakteristike iz naziva TPM-a

T - Integrirano	P - Produktivno	M - Održavanje
- uzimaju se u obzir svi aspekti i uključuju u održavanje svi zaposleni, od vrha do dna organizacije	- naglasak je na nastojanju da se održavanje učiniti za vrijeme proizvodnje i s minimalnim problemima za proizvodnju	- samostalno održavanje dobrog stanja opreme od strane onih koji rade s njom u proizvodnji (popravci, čišćenja, podmazivanja i sl.) te prihvaćanje utroška neophodnog vremena kako bi se te radnje obavile

Tablica 3. Temeljni principi TPM-a (prema [2],[22])

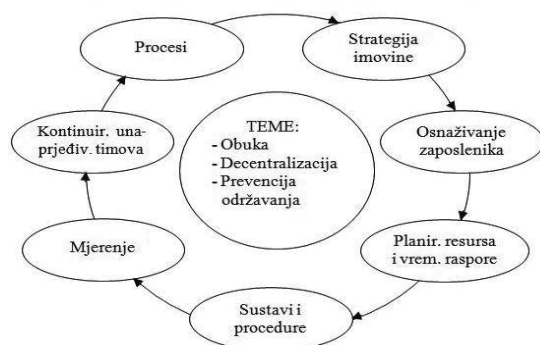
Samostal. održavanje	Fokusiran. na unaprjeđenje (individualno)	Održavanje kvalitete	Planirano održavanje	Edukacija i osposobljavanje	Sigurnost zdravlje i okoliš	Ured (služba) TPM-a	Razvojni menadžm.
<ul style="list-style-type: none"> - Razvijanje vještina operatera - Gajenje osjećaja vlasništva operatera - Čišćenje, podmazivanje, zatezanja, podšavanje, pregledi, ponovno podešavanje na proizvodnoj ontrami 	<ul style="list-style-type: none"> - Sustavna identifik. i eliminac. gubitaka - Rad bez gubitaka i ublažavanje gubitka kroz "zašto - zašto" i FMEA analize - Postiti unaprjeđenje učinkov. sustava - Unaprjeđenje OEE proizvod. sustava 	<ul style="list-style-type: none"> - Postizanje nula proizvoda s greškom - Praćenje i bilježenje problema s opremom i njihovih početnih uzroka - Postavljanje 3M (stroj/čovjek/materijal) izvješta 	<ul style="list-style-type: none"> - Planiranje učinkovitog i djelotvornog sustava PM, PdM i periodič. održavanje za cijeli životni ciklus opreme - Uspostavljanje kontrolnih lista PM-a - Poboljšanje srednjeg vremena između kvarova i srednj. vremena za popravak 	<ul style="list-style-type: none"> - Prenošenje tehnoloških vještina, vještina kontrole kvalitete i međuljudsk. vještina - Obučavanje zaposlenih za više vještina - Usmjeravanje zaposlenika na ciljeve organizacije - Periodično evaluacija vještina i njihovo obnavljanje 	<ul style="list-style-type: none"> - Briga o odgovarajućoj radnoj okolini - Osiguranje sigurne rad. okoline i eliminiranje incidenata s ozljed. i nesrećama - Osiguranje standard. radnih procedura 	<ul style="list-style-type: none"> - Povećanje sinergije između različitih poslovnih funkcija - Uklanjanje proceduralnih smetnji - Fokusiranje na bilježenje problema u svezi troškova - Primjena "5S" u uredu i rad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Minimalni problemi i vrijeme pokretanja nove opreme - Korištenje znanja od postojećeg sustava za nove sustave - Inicijative unaprjeđivanja održavanja

Kod Steinbacherovog i Steinbacherovog modela TPM-a "nosivi stupovi" su prevencija održavanja (projektiranje opreme tako da je jednostavna za rukovati i brinuti se o njoj) te preventivno, prediktivno i samostalno održavanje, a svi se temelje na osposobljavanju i edukaciji [23].

Za razliku od prijašnjih programa PM-a koji su koncentrirani u odjelima održavanja, u nastojanju optimaliziranja učinkovitosti opreme TPM uključuje radnike svih odijela i razina organizacije na neki način povezanih s radnom opremom (što obuhvaća i razvoj, planiranje i administraciju), a naročito radnike koji neposredno rukuju s opremom (operatere) koju treba održavati. U TPM-u je specifično prakticiranje samostalnog održavanja (*autonomous maintenance - AM*) kroz svakodnevne aktivnosti na poslu od strane sveukupne radne snage. Tako se sposobnije, kvalificiranije održavatelje oslobađa za zahtjevnije zadatke održavanja.

Za uspješnost TPM-a treba poticati na stjecanje vještina održavanja i održavatelje i proizvodne radnike (da budu osposobljeni za više zadaća). Potrebna je njihova dobra suradnja (međusobna komunikacija i uvažavanje) jer TPM ih angažira na održavanju opreme kroz unakrsno djelujuće timove. Kod radnika koji rade s opremom treba razviti osjećaj da se prema njoj ponašaju kao da je njihovo vlasništvo (da se potrudu i u dijagnosticiranju i u mogućem poboljšanju, uključujući i suradnju s prodavačem opreme). Za menadžere, od onih koji upravljaju proizvodnjom, pa sve do najviše razine, važno je da shvaćaju i podržavaju funkcioniranje i interakciju različitih inicijativa TPM-a [2, 20]. Ovakvo održavanje očito zahtjeva promjenu načina razmišljanja u organizaciji jer se na održavanje više ne gleda kao na neprofitabilne aktivnosti, nego TPM uspostavlja partnerski odnos između održavanja i proizvodne funkcije.

TPM se može primijeniti u različitim tvrtkama i u svakom odjelu tvrtke, ali ga treba uvoditi u fazama i sustavno, prilagođeno vlastitoj organizaciji i ciljevima. Tijekom uvođenja TPM-a može se uspostaviti različite proaktivne *Lean* programe, ali treba imati u vidu da istovremeno korištenje previše njih u ranoj fazi može dovesti do zbunjenosti i slabljenja zapažanja učinka pojedinog programa [2]. Na slici 4 je Pirsigov model provedbe TPM-a.



Slika 4. Pirsigov model provedbe TPM-a u organizaciji (prema [24])

Krajnji cilj TPM-a je postizanje nula defekata (bez proizvoda s nedostacima), nula kvarova opreme i nula nezgoda. Pri tome oprema treba raditi 100%-tnim kapacitetom 100% vremena (radikalno smanjenje neiskorištenosti opreme zbog manje zastoja). U skladu s tim, opći ciljevi su kontinuirano smanjenje utroška vremena (za postavljanje, zastoje i dr.), degradacije opreme (kroz prevenciju) i troškova održavanja (za 20%) te povećanje sigurnosti radnika, kvalitete proizvoda, operativne učinkovitosti (za 50%) i raspoloživosti radne opreme, bez dodatnih ulaganja u novu opremu i nove zaposlenike [2, 25]. Kod uspješno uspostavljenog TPM-a investicije u njega vraćaju se za najmanje tri puta [26]. U velikom broju tvrtki, u Japanu i diljem svijeta, pravilna provedba TPM-a donijela je niz pozitivnih rezultata za njihovo poslovanje. Među njima su poznate kompanije, kao što su *Toyota*, *Ford*, *Harley Davidson*, *Kodak* i *Texas Instruments*, i sve su s TPM-om postigle 50% ili više umanjjenje vremena zastoja, manje zalihe rezervnih dijelova i kraće vrijeme isporuke [25].

4.2 Mjerenje sveukupne učinkovitosti opreme

Uvođenje i unaprjeđenje strategije održavanja temelji se na praćenju troškova i ostvarenih performansi proizvodne opreme, odnosno mjerenju, na temelju prethodne analize dobro izabраниh pokazatelja. Sveukupna učinkovitost opreme (*Overall Efficiency Equipment - OEE*) je široko prihvaćena kao temeljno, kvantitativno mjerilo za pouzdanost proizvodnog sustava i njegovu izvedbu [2, 27]. Koristi se kao objektivni dnevni snimak stanja opreme i predstavlja mjeru doprinosa trenutne opreme na dodanu vrijednost u vremenu proizvodnje. Veličina OEE se izračunava množenjem raspoloživosti (tj. dostupnosti) opreme, učinkovitosti proizvodnog

procesa i stope kvalitetnih proizvoda [28]. Na slici 4. prikazan je izračun koji uzima u obzir šest glavnih gubitaka na čije iskorijenjivanje su usredotočene TPM inicijative. Kao takav, OEE je ključni indikator za uspješnost TPM-a i ukazuje na opravdanost daljnjeg razvoja njegovih inicijativa u organizaciji.



Slika 4. Izračun OEE temeljen na šest glavnih gubitaka (prema [2])

U dobro postavljenom sustavu izvješćivanja izmjereni OEE pomoći će organizaciji da se usredotoči na parametre kritične za uspjeh. Usporedba između očekivanih i postignutih veličina OEE-a daje potrebni poticaj za unaprjeđenje politike održavanja i pokazuje efekt kontinuiranog unaprjeđenja u proizvodnim sustavima. Za TPM standard je 90% raspoloživosti, 95% učinkovitosti izvedbe i 99% stope kvalitetnih proizvedenih elemenata. Podizanje OEE-a bitno doprinosi unaprjeđenju proizvodnje, a kada je postignuta razina od 85% ($0,90 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 0,85$) smatra se svjetskom klasom i reperom za druge.

5. ZAKLJUČAK

Tržište mnogim organizacijama uvjetuje da implementiraju proaktivne *Lean* programe i organizacijske strukture kako bi poboljšale svoju konkurentnost. Iz perspektive proizvodnje, poboljšanje učinkovitosti i profitabilnosti može se tražiti kroz povećanje vrijednosti unutar organizacije, eliminiranjem postojećih, nepotrebnih gubitaka. Da bi se vidio efekt unaprjeđenja potrebno je konstantno pratiti pokazatelje ostvarenih performansi.

Za uspješnu proizvodnju moderna organizacija mora imati podršku djelotvornih i učinkovitih procedura i postupaka održavanja. Bolje je da je planski fokusirana na rješavanje uzroka problema funkcioniranja sustava i održavanja opreme, nego da se brine samo o popravljanju.

Kroz holistički pristup TPM nastoji optimalizirati učinkovitost proizvodne opreme kroz cijeli njen životni ciklus, sustavnim identificiranjem i suzbijanjem gubitaka (vremena, materijala i energije), neučinkovitih radnih ciklusa i grešaka proizvoda. To se postiže pomoću svih zaposlenika i njihovog timskog djelovanja, a ne investiranjem u neku novu tehnologiju. Sinergija između odjela održavanja i rukovatelja opreme rezultira povećanjem OEE-a.

U praksi se dokazalo da je sveobuhvatna implementacija TPM-a vrlo isplativa strateška inicijativa, koja može poboljšati organizacijske sposobnosti u različitim dimenzijama i doprinijeti postizanju WCM-a. No, ovakvo održavanje nužno treba promjenu stava prema održavanju unutar organizacije i novu radnu kulturu, a što iziskuje vrijeme i napore.

6. REFERENCE

- [1] Wakchaure V. D., Nandurkar K. N., Kallurkar S. P.: Relationship between Implementation of TQM, JIT, TPM and SCM and Manufacturing Performance: Empirical Evidences from Indian Context, International Manufacturing Science and Engineering Conference MSEC2014, Detroit, Michigan, 2014.,

- [2] Ahuja P. S.: Total Productive Maintenance, Poglavlje 17. u Handbook of Maintenance, Management and Engineering, Springer-Verlag, London, 2009.,
- [3] Society of Manufacturing Engineers: TPM in America, Dearborn, Michigan, 1995.,
- [4] Hailu H., Mengstu S., Hailu T.: An integrated continuous improvement model of TPM, TPS and TQM for boosting profitability of manufacturing industries: An innovative model & guideline, Management Science Letters, 8 (2018), str. 33-50.,
- [5] Schonberger R. J.: Japanese production management: an evolution – with mixed success, Journal of Operations Management, 25 (2007) 2, str. 403-419.,
- [6] Szewiecz D., Roszak M. T., Helizanowicz D.: Methodology of the quality management in the productive process, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 30 (2008) 1, str. 87-94.,
- [7] De Felice F., Petrillo A., Monfreda S.: Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry, Poglavlje 1. u Operation Management, InTech, 2013.,
- [8] Oudhuis M., Tengblad S.: Experiences from Implementation of Lean Production: Standardization versus Self-management: A Swedish Case Study, Nordic journal of working life studies, 3 (2013), str. 31-47.,
- [9] Ohno T.: Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production, Productivity, Inc, Portland, 1998.,
- [10] Womack P. J., Jones D. T.: Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation, Simon&Schuster, New York, 1996.,
- [11] Shirose K.: Total Productive Maintenance: New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries, Japan Institute of Plant Maintenance, Tokio, 1996.,
- [12] Liker K.: The Toyota Way Fieldbook, McGraw-Hill Professional, 2006.,
- [13] Piškorić M., Kondić V.: Lean production kao jedan od načina povećanja konkurentnosti hrvatskih poduzeća na globalnom tržištu, Tehnički glasnik, 4, (2010) 1-2, str. 37-41.,
- [14] Bulatović M., Đurović D.: "5 S" kao alat lean koncepta u održavanju, The 3rd Conference Održavanje - Maintenance 2014, Zenica, 2014. str. 9-18.,
- [15] Nowotarski P., Paslawski J., Matyja, J.: Improving Construction Processes Using Lean Management Methodologies – Cost Case Study, World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium 2016, Procedia Engineering, Vol. 161, str.1037-1042.,
- [16] Knezevic J.: Increasing Profitability and Reliability through Failure Management, Održavanje i eksploatacija, 4 (2016), str. 5-9.,
- [17] Higgins, L. R., Mobley R. K., Smith, R.: Maintenance Engineering Handbook, 6. izdanje, McGraw-Hill, New York, 2002.,
- [18] Milosavljević P., Rall K.: Six Sigma Concept in the Maintenance Process of Technical Systems, Facta Universitatis - Series: Mechanical Engineering, 3 (2005) 1, 2005, str. 93-108.,
- [19] Taylor and Francis Group: Construction equipment maintenance, LLC, 2006.,
- [20] Wireman T.: TPM – An American Approach, Industrial Press Inc., New York, 1990.
- [21] Cua K. O., McKone K. E., Schroeder R. G.: Improving Performance through an Integrated Manufacturing Program, The Quality Management Journal, 13 (2006) 3, str. 45-60.,
- [22] Rodrigues M., Hatakeyama K.: Analysis of the fall of TPM in companies, Journal of Material Processing Technology, 179 (2006) 1-3, str. 276-279.,
- [23] Steinbacher H. R., Steinbacher N. L.: TPM for America, Productivity Press, Portland, Oregon, 1993.,
- [24] Pirsig R. M.: Total productive maintenance, Managing Factory Maintenance, Industrial Press Inc., New York, 1998.
- [25] Čekerevac S.: Totalno produktivno održavanje, Tehnička dijagnostika, 2 (2004), str. 62-67.,
- [26] Kennedy R.: Re-inventing the maintenance process, Queensland Maintenance Conference, 1998.,
- [27] Muchiri P., Pintelon L., Gelders L., Martin, H.: Development of maintenance function performance measurement framework and indicators, International Journal of Production Economics, 131 (2011) 1, str. 295-392.
- [28] Gregory A.: Number cruncher – overall equipment effectiveness and total productive Maintenance, Works Management, 59 (2006) 7, str. 18-20

WHAT USERS SHOULD KNOW ABOUT ERP SYSTEMS MAINTENANCE

Dražena Gašpar, Full professor
University of Mostar, Faculty of Economics
Mostar

ABSTRACT

The objective of the paper is to research what users should be aware of and implement related to the ERP (Enterprise Resource Planning) systems maintenance. ERP systems are complex business information systems aimed to manage and integrate all the business processes within an organization. Both ERP users and researchers are mainly focused on the process of developing and implementing ERP systems, often neglecting the need for their continuous maintenance. The paper investigates the principles and elements of ERP maintenance that user should know in order to gain the positive impact of ERP on their business performance.

Key words: ERP systems, maintenance, ERP maintenance taxonomy

1. INTRODUCTION

Since their beginning in the 1990s, enterprise resource planning (ERP) systems have become the dominant type of information systems, especially in large and medium organizations. ERP system is a business information system that comprises integrated sets of comprehensive software. It manages and integrates all the business functions (production, supply, inventory management, sales, marketing, finance, accounting, human resource, etc.) within an organization, with a rationalized data architecture characterized by core process integration and shared product or customer databases [1]. The ERP system has the following abilities [2]:

- Automate and integrate business processes,
- Enable the implementation of best business practices,
- Share common data and practices across the entire enterprise,
- Create and enable access to information in real-time.

Before deciding to buy/develop and implement an ERP system, the organization must carefully analyze its business process and IT support. Namely, any information system, including ERP, is inseparable from existing business processes, organizational structure, and culture. The organization's readiness to accept and implement necessary changes significantly affected the ERP system's successful implementation. Only successful implementation of ERP systems can reduce the product development cycle, reduce inventory levels, improve customer service, and improve coordination of global operations [3].

Today, ERP systems are "widely accepted by organizations and have become the backbone of IT business management" [4]. The investment in ERP systems is usually considered at a strategic level because it could invest hundreds of thousands or millions of dollars [5]. In 2018, according to *Report Enterprise Resource Planning (ERP) Software – Global Market*

Analysis, Insights and Forecast, 2019-2026 [6], the ERP market was valued at \$35.81 billion, but in 2020 is expected to exceed \$49 billion. Costs for ERP maintenance can come up to annually about 25 percent of implementation costs [7].

Although companies have spent considerable amounts on ERP systems, their focus has stayed primarily on the implementation phase while neglecting the maintenance phase. A similar situation is in academic and practitioner literature that centers mostly on adoption and implementation issues, ranging from ERP-process fit, business process reengineering (BPR), and implementation methodologies to organizational impacts. Post-implementation issues are as important as matters concerning adoption, yet they are often under-researched [8].

However, ERP projects are complex and never-ending stories. The first minute that the ERP system is put into production, its maintenance starts. During the ERP life cycle, companies are faced with fixing bugs, aligning organizational processes with ERP, adapting ERP to unstable environments, supporting new user requirements, and so on [9].

This paper aims to explore the principles and elements of ERP maintenance that users should know to gain ERP's positive impact on their business performance.

This research's primary goals are to investigate the main categories of ERP maintenance and what users should know about ERP maintenance to achieve the maximum potential that ERP systems offer.

2. ERP SYSTEM MAINTENANCE TAXONOMY

The traditional software maintenance literature use definition of term maintenance proposed by the Institute for Electrical and Electronics Engineers (IEEE), where term maintenance comprises "*amendment of a software product after delivery to correct faults, to improve performance or other attributes, or to adapt the product to a modified environment*" [10]. However, some researchers define maintenance as: "the process of identifying and performing changes required for improving or maintaining system usability and performance throughout the ERP post-implementation stage" [11], [12], [13]. The post-implementation amendments are generally classified as maintenance and include the implementation of hot packs, import of new objects from ERP vendor, version upgrade, and similar [14]. While some authors by term maintenance comprise all types of post-implementation amendments [12], [13], others simply focus on a single type [15], [12], [14]. So [14] makes a difference between maintenance, enhancement, and upgrade activities, while other authors use different terms like maintenance activities, maintenance practices, enhancements, changes, amendments revisions, and upgrades. In order to avoid inconsistency in terminology and reduce the terms to a common denominator, some authors use only the term amendments [14].

Most researchers and practitioners agree that ERP system maintenance follows on from ERP systems implementation, precisely when users start to use it, and it lasts until replacement with a new system. According to the academic and practitioner literature, ERP maintenance usually includes [16], [17]:

- Correcting bugs, i.e., errors that left uncovered during testing;
- Aligning with changes in business processes and environment;
- Implementing new functionality requested by organizational stakeholders;
- Replacing or upgrading hardware and software due to technical problems.

There are different approaches to software/ERP maintenance classification. The earlier taxonomies stress the technical aspects of maintenance. The result is that users hardly understand it, and they cannot see any business benefits of maintenance. Namely,

organizations implement ERP systems intending to achieve concrete benefits from the systems, and that is the main driver for continual maintenance of those systems. However, the earlier taxonomies do not facilitate cost and benefit justification for doing ERP maintenance [14]. One taxonomy divides ERP system maintenance into six categories; corrective, adaptive, perfective, preventive, user support, and external parties [12]. The first three categories (corrective, adaptive, and perfective) were taken from the taxonomy developed by [18]. The other three categories (preventive, user support, and external parties) were added by [12] to adjust the taxonomy to ERP systems better. The purpose of corrective maintenance is to correct faults, adaptive maintenance to accommodate changes in the data and processing environments, and perfective for performance improvement in the form of enhance maintenance (which includes changes and additions to system functionality) and non-functional perfective maintenance [18], [14].

The maintenance can also be divided into client-side and vendor-side maintenance [13]. Client-side maintenance deals with requests initiated by the client and includes bug fixing and help-desk support. Vendor-side maintenance consists of the application of hot-packages (system patches), enhancement packages, and online service system notes that provide updates on patches for the system [14].

Since the business users' need to achieve concrete benefits from their ERP system is the main driver for the investment in ERP system maintenance, here is presented a simplified client-benefits-oriented taxonomy of ERP maintenance (Figure 1) initially developed by [14].

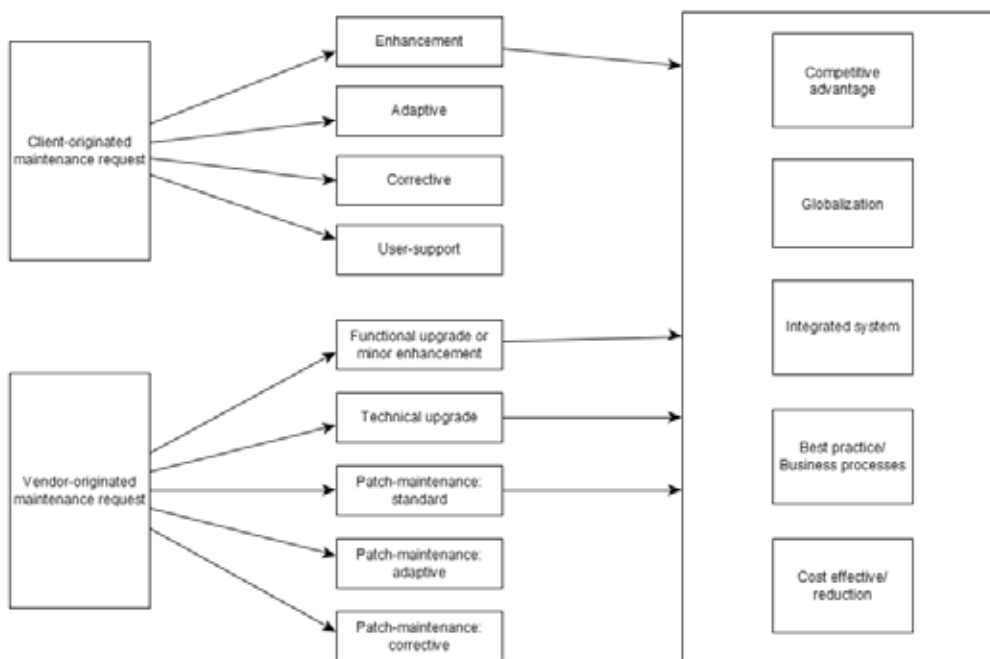


Figure 1. The client-benefits-oriented taxonomy of ERP maintenance [14]

Figure 1 shows the nine categories of ERP maintenance: enhancement, adaptive, corrective, user-support, functional upgrade, technical upgrade, patch-maintenance-adaptive, patch-maintenance-corrective, and patch-maintenance-standard. There is an assumption that all mandatory requests, such as all corrective and adaptive requests and user-support requests, do

not contribute to achieving business benefits. Figure 1 shows that the four categories of ERP maintenance results with business benefits: enhancement, functional upgrade, minor enhancement, technical upgrade, and patch-maintenance (keeping the installed system up to the standard required by the vendor). This taxonomy [14] proposes five main categories of benefits for ERP maintenance activities: competitive advantage, globalization, integrated system, best practice/business processes, and cost reduction [14].

The presented ERP maintenance taxonomy is important to manage, record, and track all ERP maintenance activities and facilitate cost and benefit justification of the maintenance activities and assist business users in quantifying the cost of not-implementing maintenance requests.

3. ERP MAINTENANCE – WHAT USERS SHOULD KNOW

There is no doubt that adequate ERP system maintenance is crucial to support efficient and effective business processes. Tsai et al.'s study [19] shows that system and data maintenance activities can influence business performance in the post-implementation stage. The maintenance can include adjusting the ERP system architecture or adding new functions. Simple modification or extension of some functions is often insufficient, meaning that on-going reengineering of the business processes is necessary [20]. Without these efforts, ERP systems may inevitably contain many disconnects in the business processes [21], which may inhibit enterprise-wide process integration [22]. Ifinedo et al. [23] showed that the constructs of system quality, service quality, personal impact, workgroup impact, and organizational impact are powerfully relevant in measuring ERP success post-implementation. Law et al. [24] showed that maintenance and support activities in the post-implementation phase are critical factors for ERP success, and organizations should plan for them in the ERP implementation phase. Zhu, Li, Wang, and Chen [25] developed an integrative model using the Technology-Organization-Environment (TOE) framework to explain ERP post-implementation success from the technological (implementation quality), organizational, and environmental (external support) aspects.

The research related to user awareness and facts that users should know about ERP system maintenance is under-researched. Yet, most of the research is focused on ERP implementation and critical factors of ERP success.

However, according to available literature resources, key issues that ERP users should know and consider when ERP maintenance is in question are summarized as follow:

- The decision about the extent of ERP customization
- Communication with ERP vendor
- Appropriate governance
- Infrastructure issues
- Provide on-going staff training
- Keep ERP system up to date
- Security
- ERP system review.

The decision about the extent of ERP customization is a strategic decision that can affect the costs and risks of implementation and the on-going maintenance and upgrade of the system [17]. Customization of the ERP refers to the software changes made to fit business requirements [26]. Modifications of the ERP functionality make software upgrades and migration to future releases difficult [17]. Thus, it is wise to avoid customizations or eliminate them before migrating and upgrading to a new ERP software release [27].

Communication with an ERP vendor is vital for ensuring appropriate ERP maintenance. It is difficult to sever the tie between vendor and client since the former's product releases have a significant bearing on the future of the latter's installations, as well as vendors' abilities to provide on-going upgrade and maintenance of their products with a guaranteed level of service quality [17]. Most ERP users have no alternative because incorporating incremental modifications and bolt-on modules to the existing ERP system is beyond their internal capability [29].

Appropriate governance refers to duly planning, monitoring, and evaluation of ERP maintenance. In order to be successful, ERP maintenance needs close cooperation among different stakeholders (IT staff, vendors, users, executives). However, there are differences between stakeholders in terms of knowledge, interest, expectations, and problem-solving approaches that may result in conflict from time to time [17]. These differences increase the challenge of managing the maintenance process. The management of ERP adopting companies must be sensitive to these issues and establish mechanisms to resolve any political and business matters arising from stakeholder conflicts [17].

Infrastructure issues can become a limiting factor for successful ERP maintenance. Namely, ERP adopters must invest in additional hardware and software platforms to support maintenance [17]. In order to avoid infrastructure limitations, the organization should regularly estimate the hardware and software needs for ERP maintenance, plan investment, and ensure adequate financial support.

Providing on-going staff training is crucial for unlocking the full potential of the ERP system. User training, tailored specifically to the company's business processes and practices, and the quality of training materials and user manuals, can significantly contribute to developing in-house skills for operating and maintaining the ERP system [17].

Keeping an ERP system up to date is essential as the time between updates (releases) becomes shorter and shorter. Namely, ERP products are "continuously evolving in terms of technology and functionality" [28], and ERP adopting companies have to face pressure from vendors who are too eager to convince users to migrate to a newer release of the software [17]. If the organization is not up to date with its ERP system, it cannot use new features and improvements coming with new versions.

Security in this context refers to maintaining security measures like performing regular backups and system restorations. Installing patches as soon as they arrive from the vendor will help the organization avoid becoming a victim of cyber hacks and data breaches [30].

ERP system review is highly recommended whenever users are in doubt. However, it is recommended that organizations make ERP system review periodically to assess the system's functionality, address any issues that could be slowing it down, evaluate updates with business gaining a clearer vision of the opportunities for improvement and the budget required [30].

4. CONCLUSION

ERP maintenance phase comes once the ERP project's implementation is completed, and users start to use ERP to accomplish their daily business activities. Although there is no doubt that ERP maintenance is crucial for achieving business benefits, it is still an under-researched field. The researchers and practitioners are more focused on implementation than the maintenance phase of the ERP system. However, since ERP becomes a predominant type of information system, one can expect that the interest in investigating the ERP maintenance phase will increase. The relationship between implementation and post-implementation (maintenance) critical success factors and the impact of maintenance issues on the ERP system's overall success could be of more interest to both researchers and practitioners.

There is a need for research that identifies the users' perspective regarding the key ERP maintenance issues discussed in this paper. Further research should be based on an empirical investigation of users' attitudes towards ERP maintenance.

5. REFERENCES

- [1] Ross, J.W., Weill, P., Robertson, D.: *Enterprise Architecture as Strategy*, Harvard Business School Press, Boston, 2006.,
- [2] Nah, F., Lau, J.: Critical factors for successful implementation of enterprise systems, *Business Process Management Journal*, Vol. 7, No. 3, 285-296, 2001,
- [3] Pavković, V., Gašpar, D.: ERP Systems and Business Performance: a Literature Overview, Book of Proceedings, 2nd International Scientific Conference on Digital Economy DIEC, Tuzla, BH, 2019,
- [4] Mangin, P., Hovelaque, V., Bironneau, L.: Enterprise Resource Planning contribution to firm performance: A literature review over the last 15 years, 11e congress international de genie industrial – CIGI2015, Québec, Canada, 2015,
- [5] Liu, L., Miao, R.; Li, C.: The impacts of enterprise resource planning systems on firm performance: An empirical analysis of Chinese chemical firms, *IFIP International Federation for Information Processing*, Vol. 254/2008, 579-587, 2008,
- [6] Fortune Business Insights: Report Enterprise Resource Planning (ERP) Software – Global Market Analysis, Insights and Forecast, 2019-2026, Source: Fortune Business Insights Desk and Primary Research, 2019,
<https://www.fortunebusinessinsights.com/enterprise-resource-planning-erp-software-market-102498>
- [7] Granebring, A., Revay, P.: Enterprise resource planning competence centers: a case study, *Kybernetes*, Vol. 34 Nos 9/10, pp. 1551-1562., 2005,
- [8] Ngai, E., Law, C., Wat, F.: Examining the critical success factors in the adoption of enterprise resource planning, *Computers in Industry* 59, 548–564., 2008,
- [9] Lopez C., Salmeron, J.L.: A Framework for Classifying Risks in Erp Maintenance Projects. In *Proceedings of the International Conference on e-Business (ICE-B-2011)*, pages 201-204, 2011,
- [10] IEEE : IEEE standard for software maintenance, *IEEE Std 1219-1998*. (pp. 47). New York: Institute of Electrical and Electronic Engineers, 1998,
- [11] López, C., Salmeron, J.L.: Modeling maintenance projects risk effects on ERP performance. *Computer Standards & Interfaces*, 36(3), 545-553., 2014,
- [12] Nah, F. F.-H., Faja, S., Cata, T.: Characteristics of ERP software maintenance: A multiple case study. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, 13(6), 399-414., 2001,
- [13] Ng, C. S. P., Gable, G. G., Chan, T. (2002). An ERP -client benefit-oriented maintenance taxonomy. *Journal of Systems and Software*, 64(2), 87-109., 2002,

- [14] Oseni, T., Foster, S., Rahim, M., Smith, S.P.: A Framework for ERP Post-Implementations Amendments: A Literature Analysis, *Australasian Journal of Information Systems*, Vol 21, 2017,
- [15] Khoo, H. M., D.: Deciding to upgrade packaged software: A comparative case study of motives, contingencies and dependencies. *European Journal of Information Systems*, 16(5), 555-567., 2007,
- [16] Beynon-Davies, Paul. *Business Information Systems*. Palgrave Macmillan. Kindle Edition, 2013,
- [17] Law, C.C. H., Chen, C. C., Wu, B. J. P.: Managing the full ERP life-cycle: Considerations of maintenance and support requirements and it governance practice as integral elements of the formula for successful ERP adoption. *Computers in Industry*, 61(3), 297-308., 2010,
- [18] Swanson, E. B. (1976). *The dimensions of maintenance*. Paper presented at the Proceedings of the 2nd international conference on Software engineering, California, USA, 1976,
- [19] Tsai, M.-T., Li, E.Y., Lee, K.-W., Tung, W.-H.: Beyond ERP implementation: the moderating effect of knowledge management on business performance. *Total Quality Management & Business Excellence*, V.22 (2), pp.131–144., 2011,
- [20] Kocaoglu, B., Acar, Z.A.: Developing an ERP Triggered Business Process Improvement Cycle from a Case Company, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 181, pp 107–114, 2015,
- [21] Allen, T.: Improve your business processes for ERP efficiency. *Strategic Finance*, 92(11), 54–59., 2011,
- [22] Ha, Y.M., Ahn, H.J.: Factors affecting the performance of Enterprise Resource Planning, (ERP) systems in the post-implementation stage, *Behaviour & Information Technology*, 2013,
- [23] Ifinedo, P., Rapp, B., Ifinedo, A., Sundberg, K.: Relationships among ERP post-implementation success constructs: An analysis at the organizational level. *Computers in Human Behavior*, 26(5), 1136-1148., 2010,
- [24] Law, C. C., Chen, C. C., Wu, B. J.: Managing the full ERP life-cycle: Considerations of maintenance and support requirements and IT governance practice as integral elements of the formula for successful ERP adoption. *Computers in Industry*, 61(3), 297-308., 2010.
- [25] Zhu, Y., Li, Y., Wang, W., Chen, J.: What leads to post-implementation success of ERP? An empirical study of the Chinese retail industry. *International Journal of Information Management*, 30(3), 265-276., 2010,
- [26] Dittrich, Y., Vancouleur, S.: Practices around customization of standard systems, in: *Proceedings of the 2008 International Workshop on Co-operation and Human Aspects of Software Engineering*, pp. 37–40., 2008,
- [27] Beatty, R., Williams, C.: ERP II: best practices for successfully implementing an ERP upgrade, *Communications of the ACM* 49 (3), pp 105–109, 2006,
- [28] Beard, J, Sumner, M.: Seeking strategic advantage in the post-net era: viewing ERP systems from the resource-based perspective, *Journal of Strategic Information Systems* 13, pp 129–150, 2004,
- [29] Kumar, K., van Hillegersberg, J.: ERP experiences and evolution, *Communications of the ACM* 43 (4), pp 23–26., 2000,
- [30] Warnock, R.: 7 things you need to know about maintaining your ERP system, 2018, <https://www.cio.com/article/3298161/7-things-you-need-to-know-about-maintaining-your-erp-system.html>.

**REMONT ŠKOLSKOG BRODA „JADRAN“
STUDIJA SLUČAJA**

**OVERHAUL OF TRAINING SHIP „JADRAN“
CASE STUDY**

Doc. dr Marinko Aleksić dipl. inž.
Univerzitet Adriatik, Pomorski fakultet Bar

Dr. sc. Sead Cvrk dipl. inž.
Univerzitet Crne Gore, Pomorski fakultet Kotor

Prof. dr. Drako Petković dipl. inž.
Univerzitet Zenica, Mašinski fakultet

REZIME

Školski brod Jadran je u svojoj dugogodišnjoj istoriji više puta remontovan, ali je uvijek zadržao svoj osnovni izgled i ljepotu. U ovom radu se daje pregled remonta broda i specifičnosti zadnjeg remonta. Veliki remont broda obuhvata najveći obim remontnih radova i znavljanja sistema, uređaja, opreme i mašina broda novim sredstvima, pa se stoga izvršava u velikim remontnim brodogradilištima, koja su podržana velikim brojem kooperanata i specijalizovanih firmi. Zadnji remont broda Jadran je izveden u Jadranskom brodogradilištu Bijela, koje je u to vrijeme bilo opterećeno štrajkovima i procesom stečaja, koji je doveo do likvidacije firme. Uprkos tome, zajedničkim naporima Nadzornog organa MO CG, posade, radnika i rukovodstva JB Bijela remont je uspješno doveden do kraja.

Ključne riječi: Školski jedrenjak, remont broda, brodogradilište.

ABSTRACT

The training ship Jadran has been overhauled several times in its long history, but it has always retained its basic appearance and beauty. This paper provides an overview of ship overhaul and the specifics of the last overhaul. Major ship overhaul includes the largest volume of overhaul works and renewal of ship systems, devices, equipment and machines with new funds, and therefore it is performed in large overhaul shipyards, which are supported by a large number of subcontractors and specialized companies. The last overhaul of the ship Jadran was performed in the Adriatic Shipyard Bijela, which at that time was threatened by strikes and the bankruptcy process, which led to the liquidation of the company. Despite that, with the joint efforts of the Supervisory Body of the Ministry of Defense of Montenegro, the crew, workers and management of Shipyard, the overhaul was successfully completed.

Key words: school sailboat, ship repair, shipyard.

1. UVOD

Školski brod „Jadran“ je najstariji brod u Mornarici Vojske Crne Gore. Gradnja broda je završena 1933. godine, a počela je septembra 1930. godine kada je sklopljen ugovor za njegovu gradnju sa njemačkim brodogradilištem „H.C.Stulcken Sohn“ u Hamburgu. Nacrte za brod je izradio inženjer Josip Škarica iz Rijeke prema zahtjevima Komande Ratne

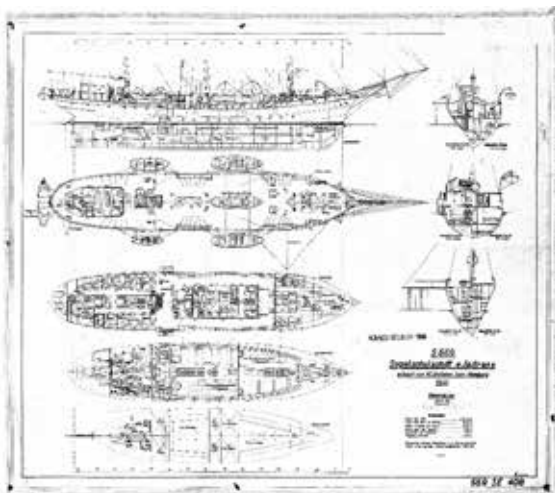
Mornarice. Školski jedrenjak dobio je ime „Jadran“ i porinut je u more 25. juna 1931. godine, a do završetka radova se čekalo još dvije godine. Dana 16. jula 1933. godine brod je uplovio u Bokokotorski zaliv i pristao u Pomorski arsenal u Tivtu (u SFRJ dobio ime Mornaričko tehnički remontni zavod "Sava Kovačević"). Tadašnji tehnički podaci broda bili su:

trojarbolni motorni jedrenjak tipa barkantin, deplasman 720 tona, dužine 49 m (na vodnoj liniji 41 m, preko svega 60 m), širina 8,9 m, motor „Diesel tip MAN“ 276 kW (omogućavao je brzinu oko 9 čv), 12 jedara površine 800 m², brod je imao dva salutna topa 47 mm D/30.

Posadu su sačinjavali: 12 oficira (komandant, zamjenik komandanta, 2 manevarska oficira, 5 pomorskih oficira, intendant i brodski ljekar), 36 podoficira, 108 mornara.

U Tivtu brod je popunjen posadom i opremljen svim potrebnim sredstvima kako bi mogao izvršavati namjenske zadatke. U flotnu listu Ratne mornarice Kraljevine Jugoslavije upisan je 19.

avgusta 1933. godine, što se obilježava kao rođendan broda [1]. Kroz njegovu istoriju brod je zadržao svoj spoljni izgled i osnovne karakteristike, ali je pretrpio mnoge izmjene kroz nekoliko velikih i generalnih remonta.



Slika 1 Originalni nacrti broda Jadran

2. ISKUSTVA SA KRSTARENJA I VAŽNOST ZA OBUKU

Školski brod „Jadran“ je imao i ima neprocjenjivi značaj u njegovanju i razvijanju pomoračke tradicije i običaja. Danas na brodu svoja prva iskustva u pomorstvu i navigaciji, pored pripadnika crnogorske Mornarice, stiču i učenici i studenti pomorskih obrazovnih ustanova u Crnoj Gori. Može se reći da je ovo kulturno-istorijski najznačajniji brod Mornarice Vojske Crne Gore, koji na najljepši način predstavlja Crnu Goru i njenu vojsku.

„Jadran“ je, sa kadetima i studentima na palubi, plovio vodama Mediterana, Atlantskog okeana, Crnog, Crvenog, Egejskog, Mramornog i Tirenskog mora. Do početka Drugog svjetskog rata imao je sedam međunarodnih krstarenja. Prvo je bilo od 25. juna do 25. jula 1934. na ruti Dubrovnik – Tunis- Malta – Pirej – Tivat. Najduže je bilo 1938, od 20. aprila do 31. avgusta, kada je brod posjetio Njujork i Boston. Ruta je bila Šibenik - Malta - Gibraltar - Madeira - Hamilton - Njujork - Boston - Azori - Gibraltar - Tunis - Dubrovnik.



Slika 2 Jadran sa raširenim jedrima

Od Drugog svjetskog rata do 1991. godine i raspada SFRJ brod je obavio 16 međunarodnih krstarenja. Među njima se svakako izdvaja učešće na obilježavanju 200 godina Trafalgarske bitke i Međunarodnom festivalu mora, u engleskoj luci Portsmut, gdje se ovaj jedrenjak našao među više od 20 najljepših jedrenjaka svijeta, kao i 170 savremenih ratnih brodova. Smotru impozantne flote usidrene u moreuzu Sokent izvršila je kraljica Elizabeta II. Izdvaja se i krstarenje za Lisabon, na izložbu „EXPO-98“, zatim „Sailing to Barcelona“ 2008. godine i krstarenje Tivat - Istanbul - Kstanca - Pirej - Tivat 2009. godine .[²]

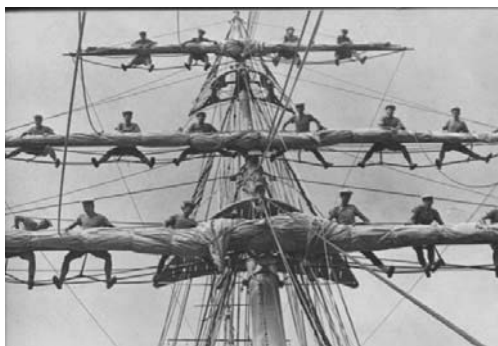
3. TEHNIČKI PODACI

Školski brod „Jadran“ je jedrenjak čelične konstrukcije spajan tehnologijom zakivanja, sa tri palube i punim deplasmanom od 761 tonu. Visina velikog jarbola je 39,1 m, a ukupna dužina svih konopa u snasti potrebnih za upravljanje ukupno 12 jedara je veća

od 11 km. Brod je na jedra, uz povoljan vjetar i sa uvježbanom posadom, postizao maksimalnu brzinu od zavidnih 15,8 čvorova.

Danas, maksimalna daljina plovljenja prilikom vožnje ekonomskom brzinom iznosi 3.000 milja, a autonomnost broda je 15 dana sa zalihama vode od 32 tone, i zalihama goriva od 24,5 tone. Brod ima 40 članova redovne posade i može primiti do 52 kadeta – pitomca. [2]

Ovaj brod i danas plovi na način kako su to radili stari jedrenjaci iz prve polovine 19. vijeka. Vitla, koturnici, jedra i kormilo na „Jadranu“ pokreću se ručno, kao što se iz mora podižu i dva glavna sidra, težine po 1.050 kg. Sidreno vitlo tom prilikom pokreće 18 ljudi.



Slika 3 Mornari spremni za širenje jedara

4. SPECIFIČNOSTI ŽIVOTNOG VIJEKA I ODRŽAVANJA BRODA


Računajući da "Jadran" plovi već 87 godina interesantno je razmotriti trajanje životnog vijeka brodova i uticaj održavanja na njega. Životni vijek eksploatacije brodova, zbog primijenjenih kvalitetnih konstrukcionih materijala, je obično 30 do 40 godina [³]. U svijetu je odavno praksa da se ratni brod, tokom prosječnog vijeka eksploatacije, podvrgava procesu modifikacije dva puta. Osnovni opredjeljujući faktor jeste proces zastarijevanja tehničkih rješenja i konstrukcije sistema opšte i borbene namjene na brodu. Raketni čamci, koji su bili u jugoslovenskoj i crnogorskoj Mornarici od sredine šezdesetih, nakon 40 godina upotrebe su generalno remontovani i prodani za dalju upotrebu Ratnoj mornarici Egipta. Školski brodovi "Jadran" i "Galeb" su najpoznatiji primjeri ratnih brodova sa produženim resursima. Značajno je napomenuti da se i pored planiranja modifikacija, životni vijek brodova crnogorske Mornarice produžava mimo svih standarda.[⁴]

4.1. Preventivno održavanje u Mornarici

U Mornarici, preventivno održavanje brodova i ostalih mornaričkih tehničkih materijalnih sredstava (MTMS), prema Pravilu mornaričko tehničke službe [⁵], obuhvata: osnovno održavanje, tehničko održavanje, remont, modernizaciju i kontrolne preglede. Remont brodova i MTMS u Mornarici je skup aktivnosti na planiranju i pripremama, te izvođenju planiranih radnji u remontanjskim ustanovama kojima se održava tehnička ispravnost u toku čitavog vijeka upotrebe ratnog broda ili MTMS. Remont se vrši poslije utrošenog resursa koji

je određen za svaki tip broda ili MTMS, na osnovu uputstava proizvođača i praćenja istrošenja sastavnih dijelova mašina, opreme i brodske konstrukcije. Remont MTMS se dijeli na: mali remont, srednji remont i generalni remont. Osnovna dokumentacija – popis radova se naziva remontni iskaz. Prema navedenom Pravilu, podjela remonta brodova je nešto drugačija i obuhvata: dokovanje (izvlačenje broda iz mora), mali remont broda, veliki remont broda i generalni remont broda, tabele 1 i 2.

Tabela 1: Dokovanje i mali remont


<p>Dokovanje (izvlačenje)</p>	<p>Izvlačenje na plutajući dok (slika 4) ili sinhrolift radi pregleda i radova na podvodnom dijelu trupa broda. Načelno obuhvata sljedećeradove:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Čišćenje, pregled i otklanjanje nedostataka na podvodnom dijelu trupa broda; 2. Pregled osovinskih vodova, propelera i kormila; 3. Čišćenje, pregled i opravku podvodnih ventila i otvora; 4. Pregled i opravka dubinomjera, brzinomjera i podvodnog električnog lokatora; 5. Izmjenu katodne zaštite i obnavljanje zaštitnih premaza. Za vrijeme dokovanja broda mogu se vršiti i manji radovi na mašinama i brodskim uređajima. 	 <p><i>Slika 4- Dokovski radovi na Jadranu</i></p>
<p>Mali remont broda (MR)</p>	<p>Obuhvata preglede i radove provjere tehničke ispravnosti brodskih uređaja, korekciju zazora, zamjenu šupernica, brtvila i osiguranja, te obnavljanje zaštitnih premaza, uz obavezno dokovanje. Ukoliko se u MR konstatuju oštećenja i povećano trošenje dijelova, radovi se proširuju na utvrđivanje uzroka i otklanjanje posljedica otkaza.</p>	

Mornarica ima organizovan i formalizovan pristup održavanju. Za održavanje brodova i ostalih MTMS je zadužena mornaričko-tehnička služba, kojoj je to uz snabdijevanje jedinica, osnovni zadatak. Organizacija i sprovođenje održavanja u Mornarici u suštini je propisana i regulisana navedenim Pravilom mornaričko-tehničke službe [5]. Prema tom Pravilu, osnovni principi na kojima je zasnovano održavanje u Mornarici su: centralizovano rukovođenje održavanjem, jedinstvena tehnologija održavanja i oslanjanje na tehničke ustanove u rejonu baziranja brodova. Veoma važan princip je insistiranje na sprovođenju prevencije u održavanju. Zahtijeva se što duže očuvanje ispravnosti brodova, uz racionalno trošenje resursa, pošto se za održavanje u Mornarici izdvajaju veoma velika sredstva. Ilustracije radi, za remont broda predviđeno je vrijeme od nekoliko stotina hiljada norma sati, za razliku od npr. tenka za koji se predviđa par hiljada sati.[6]

4.2. Obučenosť i stručnosť mornaričkog kadra

U crnogorskoj Mornarici ustaljeno je da, prije prijema dužnosti, starješina polaže odgovarajući ispit za samostalno obavljanje dužnosti. Obuka za samostalno obavljanje dužnosti, u dijelu održavanja, za starješine obuhvata: upoznavanje sa MTS koji se nalaze na zaduženju u podčinjenom organizacionom dijelu broda, poznavanje organizacije, načina izvođenja i metodike obuke osnovnog održavanja, kao i metodike borbene obuke organizacionog dijela broda i obavljanje određene dužnosti u toku plovljenja broda.

Tabela 2: Veliki i generalni remont

<p>Veliki remont brodova (VR)</p>	<p>Obuhvata veći obim radova, da bi se uz redovno održavanje i MR obezbijedila pouzdana eksploatacija do idućeg velikog ili generalnog remonta broda, odnosno do kraja vijeka eksploatacije. U sklopu VR, sa trupa broda skida se u potrebnom obimu izolacija, veći dio mašina (slika 5), uređaja, naoružanja i opreme radi remonta. Brod se dokuje potreban broj puta, a dotrajali dijelovi brodske konstrukcije zamjenjuju se novim.</p>	 <p><i>Slika 5 – Demontirana jedra tokom velikog remonta Jadrana</i></p>
<p>Generalni remont broda (GR)</p>	<p>Obuhvata najveći obim remontnih radova i znavljanja sistema, uređaja, opreme i mašina broda novim sredstvima. Sa trupa broda skidaju se svi uređaji, oprema i mašine, prenos u radionicu, rastavljanje do nivoa elementarnih dijelova, čišćenje, defektaciju, opravku, zamjenu ili regeneraciju svih neispravnih dijelova, kompletiranje, sastavljanje i ispitivanje. GR se načelno vrši jednom u životnom vijeku broda, ali na Jadranu je vršen dva puta. U literaturi [7] se tvrdi da se ovom preventivnom intervencijom obnavlja (vraća) izgubljena radna sposobnost sistema približno na prvobitni nivo. Predstavlja najskuplji vid održavanja.</p>	

Starješine mijenjaju dužnosti i ovaj ispit se polaže uvijek pri prijemu nove dužnosti i veoma pozitivno utiče na usvajanje znanja, navika i vještina. Prema podacima iz intervjua starješina [8], oko 80 % ih je polagalo 3-4 puta ispit za samostalno obavljanje različitih dužnosti. Što se tiče obuke za održavanje, ona obuhvata sve mornare i starješine, na način koji je primjeren njihovoj ulozi u osnovnom održavanju. Posada aktivno učestvuje i u aktivnostima remontovanja broda. Posebno je karakterističan slučaj sa podoficirima, koji često na brodovima istog tipa rade i više od petnaest godina. Svakodnevni rad na sistemima i prisustvo tokom bilo kakvih intervencija, opravke ili remonta daje im i dimenziju poznavanja sistema u svrhu opravke. Tako oni postaju vrsni poznavaoči uređaja i sistema kojima rukuju, često bolji od specijalista za održavanje pojedinih uređaja [9]. Ratni brod ima dovoljno prostora i rezervnih dijelova, pa se održavanje može sprovoditi i za vrijeme plovidbe. U održavanju, radna snaga mornara uglavnom se koristi za poslove čišćenja, pranja, podmazivanja, popune pogonskim tečnostima i zaštite od korozije.[4]

5. SVI REMONTI JADRANA

Školski brod „Jadran“ je u svom životnom ciklusu nekoliko puta remontovan u obimu velikog i generalnog remonta, a broj malih remonta i dokovanja neće se ni spominjati, jer ih je bilo daleko više. U nastavku će biti opisani veliki i generalni remont.

5.1. Prvi generalni remont Jadrana

Nakon aprilskog rata 1941. godine „Jadran“ preuzimaju Italijani čije su jedinice okupirale Boku. Brod je zadržao ulogu školskog broda, a ime mu je promijenjeno u „Marco Polo“.

Kapitulacija Italije 8. septembra 1943. godine brod je zatekla u Veneciji, gdje ga preuzimaju Nijemci koji nisu imali interesa da jedrenjak koriste u njegovoj pravoj namjeni. Brod stoga kraj Drugog svjetskog rata dočekuje u izuzetno zapuštenom stanju, devastiran i opljačkan, služeći kao most na jednom od venecijanskih kanala.

Na zahtjev jugoslovenske Vlade, jedrenjak je ubrzo vraćen i dotegljen u Tivat gdje je 21. aprila 1947. počela detaljna obnova gotovo potpuno uništenog "Jadrana". Radovi su povjereni Mornaričko Tehničkom Remontnom Zavodu "Sava Kovačević" u Tivtu i brodogradilištu "Split".

U Tivtu "Jadran" je generalno remontovan. Brod je u potpunosti obnovljen, ugrađen je novi glavni motor FIAT od 383 kW, nova drenaža, elektroinstalacije, obnovljene su stambene prostorije, palubna oprema i postavljena potpuno nova snast, oputa i nova jedra.

Budući da sačuvane predratne tehničke dokumentacije gotovo da više nije bilo, presudnu ulogu u obnovi broda činila su sjećanja¹ starih Arsenalovih inženjera i majstora.[¹⁰] Remont je završio 17. decembra 1948. godine. Međutim zbog čekanja na neke rezervne dijelove i opremu brod je u stvari završen polovinom 1949. godine.[1]

5.2. Drugi i treći remont Jadrana

Nakon perioda uspješnih vožnji na kojima su stasavale generacije starješina Ratne Mornarice, u periodu od 27. marta 1956. godine do 26. novembra 1957. godine, brod je proveo u drugom remontu u MTRZ "Sava Kovačević" u Tivtu, koji možemo okarakterisati kao veliki remont. Nakon ponovnog ulaska u operativnu upotrebu, brod nastavlja sa školskim vožnjama i obukom vojnih i civilnih pomorskih kadrova.

Sledeći remont i rekonstrukcija izvršen je u MTRZ "Sava Kovačević" u Tivtu od 1967. do 1969. godine. U ovom remontu izvršeno je kompletno ogoljenje trupa iznutra uz cjelokupno vadenje balasta. Izmijenjeno je 23 lima oplata, 7 limova glavne palube i 4 lima donje palube, 10 limova manevarske palube, te 35 % limova proveze. Zamijenjena je kompletna tikova paluba. Izvršena je rekonstrukcija komandnog mosta. Rekonstruisano je sidreno vitlo, lednica, mornarski prostori, nabavljeni novi brodski čamci od stakloplastike. Snast broda je u cjelini demontirana, napravljen je novi krmeni jarbol, velenastavak, prikosnik, sošnjaci vele i krmenog jarbola i deblo. Nabavljena su dva kompleta jedara, jedan platneni, a jedan od „Dacrona“. Izvršena je kompletna rekonstrukcija mašinskog kompleksa, ugrađen je nov pogonski motor "Litostroj" ALPHA tip 494 R, nominalne snage 390 kW na 320 o/min i promijenjena celokupna drenaža za novi motor. Ugrađeni su novi dizel agregati „Torpedo“ T-534. Ugrađen je novi kotao za grijanje. Izmijenjena je kompletna elektroinstalacija, kao i sistem ventilacije, pumpi, kompresora, nova pomoćna brodska mreža od 24 V. Na brod su ugrađena nova sredstva veze i navigacije, radio-uredjaji, radar, žirokompasi, dubinomjer i brzinomjer. Po završetku radova izvršena je proba nagiba i proračun stabiliteta broda.[1] Na osnovu svega možemo i ovaj remont karakterisati kao generalni.

5.3. Četvrti remont Jadrana

Po planu remonta Jadran odlazi u sledeći veliki remont u MTRZ "Sava Kovačević" u Tivtu koji je trajao u vremenu od 15.10.1990.do 24.12.1994 godine.

Navedeni remont je dosta kasnio (iz poznatih razloga došlo je do zastoja u radovima) objektivno radovi su bili završeni u maju 1993. godine i brod je već u junu izvršavao zadatke, ali je zbog manjih neizvršenih obaveza od strane remontnog zavoda i administrativnih problema zapisnik o primopredaji radova potpisan 24.12.1994.godine.

U ovom remontu demontirana je kompletna snast i sve opute, napravljen je novi krmeni jarbol, zamijenjene cjelokupne tikove palube, oprema snasti je djelomično remontovana dok

¹ Veliki udio u tome je imao stolar Josip Nikolić iz Donje Lastve koji je "Jadranom" 1938. plovio za SAD.

je ostalo zamijenjeno. Novoizrađeni su novi nastavci prednjeg jarbola i krmni nastavak, razme i bočnice. Promijenjeno je oko 40 % lima nadgrađa na glavnoj palubi. Izvršena je rekonstrukcija kuhinje, ugrađena je nova električna kuhinja, umjesto stare sa gorionicima na naftu. Izvršen je kompletan remont navigacijskih i radio uređaja te obimni stolarski radovi na rekonstrukciji stambenih prostorija i sizova, stolova i ormara u mornarskom prostoru. Izvršena je rekonstrukcija glavne razvodne ploče, agregatna zamjena dizel-generatora sa novim „FAMOS“ 2FP 612-A od 105 kW, generalni remont glavnog motora, izmjena 80 % električne instalacije i remont sidrenog vitla. Izmjenjen je dio drenažnog sistema i rekonstruisana mornarska praona.[1]

6. NEKE SPECIFIČNOSTI ZADNJEG REMONTA

Zadnji remont broda *Jadran* je izveden u Jadranskom brodogradilištu "Bijela" od 2013. do 2017. godine, koje je u to vrijeme bilo opterećeno štrajkovima i procesom stečaja, koji je na kraju doveo do likvidacije firme. Uprkos tome, zajedničkim naporima Nadzornog organa Ministarstva odbrane Crne Gore, posade, radnika i rukovodstva "Bijele" remont je uspješno doveden do kraja. Bio je to posao najvećeg obima, koji je podrazumijevao da se brod rastavi bukvalno do golog korita, sve što je dotrajalo i otkazalo da se popravi i zamijeni, a onda ponovo sklopi i dovede u funkciju. Tokom ovog remonta „*Jadranov*“ glavni pogonski motor tipa „Burmeister Alpha“ snage 390 kW, a koji je u njegovoj strojarnici radio još od 1967. godine i bio veoma pouzdan, zamijenjen je novim modernim američkim dizel-motorom tipa „Caterpillar C18“ snage na zamajcu 447 bkW. Ugrađena su i dva nova „Caterpillarova“ pomoćna motora (dizel-agregata) snage po 100 kW i jedan agregat od 70 kW. Brod je dobio modernu kontrolnu kabinu za centralizovano upravljanje pogonskim kompleksom, novo propelersko vratilo sa četverokrakim propelerom, klimatizacijski sistem, a kompletno je zamijenjena sva drenaža i sve instalacije struje, odnosno komprimovanog vazduha. Ugrađena je nova centralna elektro-razvodna ploča, desalinizator morske vode koji proizvodi 8.000 litara tehničke vode na dan. Prostorije za boravak posade su osavremenjene i opremljene novim namještajem, uređeni su mokri čvorovi, brod je dobio novu modernu kuhinju, nove pumpe opšte službe, zanovljen je i modernizovan dio



Slika 6 Jadran u doku u Bijeloj

elektronske i navigacijske opreme, a zamijenjeni su novim i svi dijelovi drvenih nastavaka jarbola i križeva u snasti jedrenjaka.

Nakon remonta, „*Jadranu*“ su djelomično izmijenjene tehničke karakteristike. Dimenzije broda i deplasman nisu se mijenjali, ali novi pogonski sistem sada jedrenjaku obezbjeđuje veću ekonomsku i maksimalnu brzinu koje sada iznose 9, odnosno 11,3 čvora. Maksimalna daljina plovljenja prilikom vožnje ekonomskom brzinom iznosi 3.000 milja, a autonomnost broda je 15 dana sa zalihama vode od 32 tone i zalihama goriva od 24,5 tone. Utrošak goriva sada iznosi 70 litara dizela na sat pri vožnji ekonomskom, odnosno 115 litara na sat pri vožnji maksimalnom brzinom. Brod sada ima 40 članova redovne posade, a može primiti do 52 kadeta-pitomca koji se na njemu obučavaju u pomorskim vještinama, astronomskoj, terestričkoj i elektronskoj navigaciji, pomorskoj meteorologiji, te osnovima strojarstva i nauke o brodu.[11]

Veliki dio tereta oko radova na brodu podnijela je sama posada „*Jadrana*“ koja je u veoma teškim uslovima radila mnoge poslove na jedrenjaku. Posada je izvodila kako fine zanatske

radove (na drvetu, metalu), tako i fizičke radove. Koliki je to fizički napor bio, pored ostaloga, svjedoči i činjenica da je posada sama, ručno iz broda iskrcala a nakon okončanih radova na trupu, ponovno ukrcala, jednu po jednu, svaku gajandru (olovni utezi) stalnog balasta ukupne težine 125 tona. Pojedinačno, ovi utezi teški su između 25 i 60 kilograma, a iz broda su izvađene i u njega vraćene po sistemu "ruka ruci".^[12]

Zadnji remont broda je znatno kasnio. "Bijela" je bila pred likvidacijom i opterećena štrajkovima. Osim toga, završetak planiranih remontnih radnji usporavali su finansijski problemi i nedovoljan broj kvalifikovanog personala. Proces reorganizacije u "Bijeloj" otežavao je ugovorena plaćanja nabavki i usluga, kao i plaćanje usluga prema podizvođačima radova. Međutim, poslovi na "Jadrane" kasnili su i zbog kompleksnosti samog procesa i vrste remonta, takođe i zbog toga što je došlo do proširenja radova predviđenih osnovnom verzijom remontnog iskaza. Tako je nekoliko puta došlo do produžavanja rokova. Proširenje remontnih radnji u odnosu na ugovorene, podrazumijevalo je izradu novih projektnih rješenja, zatim nabavku i isporuku nove opreme i sredstava, ugradnju i brodograđevno-tehnička prilagođavanja, što je uslovlilo produženje roka završetka remonta broda.

7. ZAKLJUČAK

Školski brod „Jadran je primjer broda veoma dugog životnog vijeka. U tom vremenu na njemu je izvršen veliki broj, kako velikih tako i generalnih remonta. Broj malih remonta i dokovanja je daleko veći. Jadran je i u tom pogledu školski primjer na kome su svi vidovi održavanja izvršeni. Zadnji remont je bio jedan od najspeficijnijih. Nakon ukidanja MTRZ "Sava Kovačević" u Tivtu Mornarica nema svoj remonti zavod. Remont je izveden u Jadranskom brodogradilištu "Bijela", koja je bila pred likvidacijom i opterećenaštrajkovima. Uprkos tome, zajedničkim naporima Nadzornog organa Ministarstva odbrane Crne Gore, posade, radnika i rukovodstva "Bijele" remont je uspješno doveden do kraja. Bio je to posao najvećeg obima, ali je izveden za cijenu koja nikad ne bi mogla da se postigne u inostranstvu. Na žalost Crna Gora više nema ni jedno veliko remontno brodogradilište, tako da će buduće remonte morati da izvodi u inostranstvu. Sa inženjerske tačke gledišta i strateške nezavisnosti Mornarice, to je činjenica koju je država morala izbjeći.

8. LITERATURA

[1] Antić, B, Školski brod Jadran 1933-2003, Vojno izdavački zavod Beograd, 2003.

[2] Magazin o odbrani i vojsci - Partner br. 72, Ministarstvo odbrane Crne Gore, Podgorica, oktobar 2018.

[3] Rističević, V.: "Uloga MOC-a u Ratnoj mornarici", Novi Glasnik 6-96, VIZ, Beograd, 1996.

[4] Aleksić, M., Petković, D., Stanojević, P., "RCM – Održavanje prema pouzdanosti, Univerzitet Zenica, Mašinski fakultet, 2011. , 190 p. ISBN 978-9958-639-26-5

[5] "Pravilo Mornaričkotehničke službe", URM - 1127, SSNO URM, Beograd, 1981.

[6] Petkovic, D., Aleksić, M., Stanojević, P., " Konceptije održavanja, Univerzitet Zenica, Mašinski fakultet, 2020. 193 p., ISBN 9958-617-30-7

[7] Adamović, Ž.: Logistički sistem održavanja, Privredni pregled, Beograd, 1989.

[8] Tomanović, R.: "Stručno-specijalistička obuka brodskih posada iz osnovnog održavanja MT sredstava", Novi Glasnik 3-4-98, VIZ, Beograd, 1998.

[9] Prodanić, B.: Održavanje brodova i drugih MTMS u Ratnoj Mornarici sa aspekta CIE/TQM koncept², Magistarski rad, Mašinski fakultet, Podgorica, 2001.

[10] Luković S.: 85 godina "Jadrana": Od Atlantskog okeana do školskog broda, Dnevni list Vijesti, Podgorica 2019.

[11] Siniša Luković, Škola pod jedrima - 85 godina čuvenog jedrenjaka, školskog broda Mornarice VCG „Jadran“, Vijesti, Podgorica, 2018

[12] <http://www.bokanews.me/vijesti/25623/>

SAVREMENA TEHNIKA I LJUDSKA PRAVA
MODERN TECHNOLOGY AND HUMAN RIGHTS

Prof. dr. Faruk Kozić
Filozofski fakultet Univerziteta u Zenici

REZIME

Savremena tehnologija se koristi kao moćno sredstvo za razvoj i zaštitu ljudskih prava. Novije tehnologije kao što su umjetna inteligencija, automatizacija i druge imaju potencijal da daju značajan i pozitivan doprinos promociji i zaštiti ljudskih prava. Istovremeno, brzi razvoj umjetne inteligencije, automatizacije i robotike doveo je do ozbiljnih pitanja o mogućim negativnim uticajima na ljudska prava, budućnosti rada i prava radnika. Kako koristiti nove tehnologije? Vlade se trebaju fokusirati na pozitivne efekte i saniranje negativnih efekata ubrzanog razvoja tehnike, kako bi ublažile rizike za ljudska prava i suzbijale negativne efekte, od kojih su mnogi još uvijek nepoznati. Svi ljudi imaju pravo korištenja dostignuća nauke i tehnike. Ako se pravilno koristi, tehnika može biti moćna sila u podršci ljudskim pravima. Demokratiju, demokratske sisteme i dostignuti stepen ljudskih prava treba sačuvati u vrijeme kriza, raznih rizika i pandemija.

Ključne riječi: Automatizacija, digitalizacija, digitalna sloboda, kibernetički napadi, digitalni građanin, digitalna transformacija, digitalna demokratija, digitalno ropstvo, ljudska prava, 5G, sigurnost, umjetna inteligencija.

ABSTRACT

Modern technology is used as a powerful tool for the development and protection of human rights. Newer technologies such as artificial intelligence, automation and others have the potential to make a significant and positive contribution to the promotion and protection of human rights. At the same time, the rapid development of artificial intelligence, automation and robotics has led to serious questions about possible negative impacts on human rights, the future of work and workers' rights. How to use new technologies. Governments need to focus on the positive effects and remedying the negative effects of the accelerated development of technology, in order to mitigate human rights risks that may have negative effects, many of which are still unknown. All people have the right to use the achievements of science and technology. Used properly, technology can be a powerful force in support of human rights. Democracy, democratic systems and the achieved level of human rights should be preserved in times of crisis, various risks and pandemics..

Key words: automation, digitization, digital freedom, cyber attacks, digital citizen, digital transformation, digital democracy, digital slavery, human rights, 5G, security, artificial intelligence ...

1. UVOD

Centralno načelo u domenu ljudskih prava je jednakost prava za sve ljude. Tehnologija je moćno sredstvo za razvoj ljudska prava. Veći pristup internetu i razvoj društvenih medija i mreža, omogućili su aktivistima da organizuju i šire svoju poruku brže do korisnika. Tehnologije u nastajanju, kao što je vještačka inteligencija, eng. Artificial intelligence (AI), mogu značajno proširiti dostupnost i kvalitet podataka na osnovu kojih se donose značajne odluke u društvu. Pristalice ovih tehnologija vjeruju da će osloboditi nove mogućnosti, povećati efikasnost i pomoći u boljem korištenju ljudskih potencijala i širenju ljudskih prava. Svi ljudi imaju pravo korištenja dostignuća savremene nauke i tehnike.

U isto vrijeme, brzi razvoj vještačke (umjetne) inteligencije, automatizacije i robotike izaziva ozbiljna pitanja o uticaju na ljudska prava, o budućnost rada i koristi od njihove ekspanzije. Postoji rizik da će upotreba mašina za povećanje produktivnosti povećati nejednakosti i uticati na gubitak radnih mjesta. Rast ekonomije, omogućen tehnologijom, doprinio je promjeni prirode rada, povećao dostupnosti fleksibilnih pozicija koje pružaju prilike nekima, ali i negativno utiču na život drugih ljudi. Pored toga, masovno prikupljanje podataka može dovesti do kršenja prava na privatnost i olakšati vladama da prate aktivnosti aktivista, rada opozicije, neistomišljenika, bolesnih od korona virusa. Organizacije za ljudska prava istražuju kako da ova tehnološka dostignuća koriste svim ljudima a da ne pogoršaju položaj i ne uvećaju nejednakost marginalnih, ugroženih ili ranjivih grupa. Razvojem i primjenom robota mnogi radnici postaju suvišni. Za sve ove promjene u digitalnoj demokratiji (2) potreban je digitalni građanin. U modernim državama, prednosti digitalne demokratije su: prevazilaženje prepreka prostorne rastrkanosti stanovništva, neposredno učestvovanje većeg broja građana, smanjenje troškova glasanja, omogućavanje neposredne demokratije i bolji uvid u stanje ljudskih prava. Sve više poslova preuzimaju inteligentne mašine. Isporuka robota se povećala u svim sektorima, naročito u prehrambenim i potrošačkim kompanijama, a najviše u automobilskoj industriji. Potrebe za automatizacijom rastu, jer kompanije nastoje da smanje troškove rada.

Digitalizacija prodire u sva javna i privatna područja života i utiče na ljudska prava. Da li su ljudska prava spremna za vrijeme robotike i umjetne inteligencije? Evropa nastoji da bude glavni lider u digitalnom svijetu.(3) Postoji strah da će povećana autonomija mašina narušiti status ljudi. Ovaj strah je opravdan jer se ne zna ko će se smatrati odgovornim, u pravnom ili moralnom smislu, ako inteligentne mašine nanese štetu. Ljudi se plaše da će dospjeti u digitalno ropstvo ili digitalnu diktaturu. Fokus naše brige za ljudska prava ne bi trebalo da leži na robotima, kao što izgleda u prve dvije decenije 21. vijeka. Više treba da brinemo o ljudskoj upotrebi robota i vještačke inteligencije i njihovom korištenju u nepravednim i nejednakim političkim, vojnim, kulturnim, ekonomskim i socijalnim sistemima. Problem kod izgradnje mreže 5G u Evropi je u tome što pored Kineza u Evropi postoje još samo dva dobavljača: Ericsson iz Švedske i Nokia iz Finske. Do kraja 2020. godine trebalo bi preko 100 evropskih gradova uvesti 5G mrežu. Zato će teško biti odreći se tehnike Huawei. Evropska Unija se odlučila na kompromis kada je u pitanju izgradnja 5G mreže. Kineske tvrtke dobijaju pristup ali s ograničenjima, jer EU slijedi primjer Velike Britanije, sa naglaskom na sigurnost. EU će kompromisnim rješenjem državama članicama dati tzv. „alatnu kutiju“ s kriterijima za provjeru buduće sigurnosti mreže. Opremiće zemlje i njihove ponuđače telekomunikacijskih usluga alatima, kako bi izgradili evropsku infrastrukturu s najvišim sigurnosnim standardima, jer žele da svi profitiraju. Evropljani strahuju da će, ako ne uvedu super brzu 5G mrežu, kojom se u realnom vremenu mogu prenositi velike količine podataka, zaostati u međunarodnoj konkurenciji. Ona bi trebala poslužiti u upravljanju u novim tvornicama potpomognutom robotima. Evropljani su u ovom slučaju „tehnoški prespavali“, jer kasne u izgradnji vlastitih kapaciteta. Povećana je zavisnost od interneta i

informacione i komunikacijske tehnologije. Pitanje sajber bezbjednosti i privatnosti, stepena povjerenja u tehnologije, jednostavnost korištenja za široku populaciju bez tehničkih predznanja, to su neki od osnovnih preduslova da se obezbijedi masovno prihvatanje. Pokazalo se da velike krize više pogoduju velikim vođama nego demokratskim procedurama, pa je za očekivati daljnji porast autokratskih vođa u odnosu na demokratske institucije. Korona-kriza je uništila našu svakodnevicu i suspendovala demokratiju, tržišnu ekonomiju i ugrozila ljudska prava. Pandemija je ubrzala *digitalnu transformaciju* društava¹. Digitalizacija nije samo tehnički već i društveni fenomen.

2. VRIJEME DOMINACIJE ROBOTA

Moderni trendovi u industriji se oslanjaju na robotiku kao faktor napretka i ulažu velika sredstva u modernizaciju proizvodnje. Na svjetskim kongresima i međunarodnim sajmovima predstavljaju se dostignuća i postavljaju brojna pitanja. Kada će ljudi u mnogim sektorima postati suvišni? Digitalna primjena ne mijenja samo radne uslove u industriji. Inovativna pomoćna sredstva su važna za zdravlje i njegu pacijenata. Važni su programi za planiranje, dokumentaciju i obračune, pomažu u obavljanju posla koji zahtjeva mnogo vremena. Ostaje više vremena za pacijente. Postoji strah da će autonomija mašina podrivati status ljudi.

Za radnike u industriji 4.0 je drugačija situacija. Radnici moraju brzo da reaguju na probleme i da pronađu nova, kreativnija rješenja. Roboti uz pomoć vještačke inteligencije mogu da postanu još stručniji pomagači. Mašine neće samo obavljati zadatke za koje su programirane. Roboti bi uskoro mogli da razumiju pitanja kolega-ljudi, da odgovore na njih i da reaguju na gestikulaciju. U narednoj fazi automatizacije cilj je predvidjeti radne korake, kako bi se prepreke uočile i uklonile. Ključnu ulogu imaju školovanje i dalje usavršavanje kako bi zaposleni održali korak sa brzinom radnog svijeta 4.0. Većina ispitanih radnika u oblasti tog usavršavanja priželjkuje veći angažman politike, privrede i nauke². Većina zaposlenih ne strahuje da će zbog robota ostati bez posla: 78 posto ispitanika je uvjeren da njihove socijalne sposobnosti ne mogu zamijeniti roboti sa svojim čipovima.

Međutim, optimizam ne dijele svi. Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj (OECD) pretpostavlja da će u Njemačkoj mnoge radnike zamijeniti roboti. Oko 36 posto zaposlenih treba očekivati da će im se rad značajno promijeniti. U Njemačkoj je ta kvota viša nego u Norveškoj, SAD ili Austriji. Razlog je što je njemačka industrija tako strukturirana da procesi automatizacije mogu bolje i brže da se primijene. Ekonomije sa velikim industrijama imaju veći rizik od automatizacije. Prema rezultatima studije, radna mjesta su više na udaru u Japanu i Slovačkoj nego u Njemačkoj. Mašine su sve pametnije i to kod mnogih izaziva strah. U narednih dvadesetak godina svakog petog zaposlenog u Njemačkoj moći će da zamijeni robot ili softver. Znači li to da ta radna mjesta se mijenjaju ili nestaju? Umrežavanje mašina i automata koji sami uče ne mora da uništava radna mjesta. U industriji zaposlene u proizvodnji će roboti rasteretiti, tako da će moći da se posvete novim izazovima. Međutim, to je kulturni šok, a sindikati trebaju bolje sagledati posljedice digitalnog privređivanja.

U mnogim društvima nerazvijenim ili onim u tranziciji još uvijek nedostaje svijest o potrebi promjene, a prisutan je i strah, koji je posljedica neznanja i neinformiranosti. Razvoj vještačke (umjetne) inteligencije veliki je izazov i tjera društva da revidiraju pojmove rada i

¹ „Digitalna transformacija“ se razlikuje od pojma „digitalizacije“, nije usko tehnički, već obuhvata izmjene u poslovnim modelima, načinu življenja, utiče na svakodnevne navike, očekivanja i kvalitet života.

² Prema rezultatima studije „Automatica Trend-Index“, 70% zaposlenih u Njemačkoj smatra da tehničke funkcije poput inteligentnog upravljanja uz pomoć glasovne komande predstavljaju olakšanje pri radu, a 60% ispitanih vjeruje da vještačka inteligencija od robota pravi bolje asistente u proizvodnji.

ekonomije. Drugi je problem kako obezbijediti dovoljan broj novih poslova koje ljudi obavljaju bolje od algoritama ili robota u roku od 10 do 20 godina, istaknuto je na 2. Međunarodnom forumu ICT društva u Osijeku u maju 2019. godine, na temu Roboti dolaze: Uticaj robotizacije na gospodarstvo i društvene promjene. Istraživanje Svjetskog ekonomskog foruma u 2018. godini pokazalo je da je 57 posto postojećih poslova u velikom riziku od automatizacije u idućih 10. godina. Zanimanja koja su pod najvećim rizikom od potpune zamjene nekim od oblika vještačke inteligencije su zaposleni u transportu, logistici, uslužnim djelatnostima, proizvodnim zanimanjima, administraciji, kancelarijsko osoblje...

Naši životi postali su nezamislivi bez ICT tehnologije, koja nam postaje veći oslonac, zahvaljujući internetu, vještačkoj inteligenciji i proširenoj virtualnoj stvarnosti. To je nadogradnja naših vještina i osjetila³. Zemlje u razvoju moraju jačati društveni, pravni i obrazovani sistem da bi robotizacija imala pravu primjenu. Tehnologije po sebi nisu dobre ni loše, već su dobri ili loši ljudi koji ih koriste i koji ih mogu instrumentalizirati za različite svrhe, lične, grupne, političke, ili ih mogu zloupotrebljavati. Ako moćna tehnologija dođe u ruke malog broja ljudi koji imaju novac i moć, onda ta tehnologija može biti u funkciji osnaživanja te društvene grupe, i pitanje je ko je onda može kontrolisati. Ako ljudi imaju pravo na korištenje tehnologije, nemaju pravo da je zloupotrebljavaju.

3. KLIMATSKE PROMJENE I TEHNOLOGIJA

Ljudi imaju pravo na zdravu životnu sredinu koja je ozbiljno ugrožena (klimatske promjene, globalno zagrijavanje, ozonske rupe, efekat staklene bašte, kisele kiše, zagađenost velikih gradova, rijeka, jezera, erozije, vjetrovi, poplave...). U porastu su tradicionalni oblici nejednakosti, ekstremno siromaštvo i bolesti, a pojavili su se novi oblici nejednakosti. Tehnički razvoj doveo je do preobražaja prirodne sredine i narušio odnos harmonije čovjeka i prirode.(6) Narušavanjem tog odnosa ugrožavaju se ljudska preva na zdravu životnu sredinu. Ključni pokazatelji modernog društva su klimatske promjene i tehnologija, a ne bogatstvo i primanja, tvrdi se u Razvojnom programu Ujedinjenih nacija (UNDP). Klimatske promjene povećavaju postojeće socijalne i ekonomske razlike. Tehnologija i klimatske promjene stvaraju novi tip globalne nejednakosti. To stvara podjele među onima koji imaju i onima koji nemaju. U sjeni klimatske krize, tehnoloških promjena, pandemije, nejednakosti u ljudskom razvoju poprimaju neočekivane oblike, a tome doprinosi pandemija koronavirusa.

Inovacije i napredne tehnologije tražene su svuda. Moderni kućanski aparati imaju vezu s internetom, a to ih čini podložnim hakerskim napadima. Microsoft se obratio Kongresu SAD kako bi se bolje regulisala upotreba tehnologije za prepoznavanje lica, jer ona otvara dodatne probleme za pitanje privatnosti i slobode izražavanja. Ovo je prvi put u historiji da je jedna velika tehnička kompanija uputila ozbiljno upozorenje zbog ubrzanog razvoja tehnologije za prepoznavanje identiteta uz pomoć video kamera ili fotografija. Vlade se trebaju pozabaviti ovim pitanjem i osloniti na mišljenje stručnjaka prilikom donošenja mjera i odluka o novoj tehnologiji. Tehnika je omogućila nastanak i razvoj industrijskog načina proizvodnje i zagađenja životne sredine. Dalji razvoj tehnike omogućiće da se ovaj i slični problemi kvalitetno riješe.(6) Microsoft, koji je snabdijevao ovom tehnologijom razne kompanije, odbio je zahtjeve mnogih klijenata, uz opravdanje da nova tehnologija ozbiljno ugrožava ljudska prava i životnu sredinu. Nove tehnologije pomažu u borbi za ljudska prava širom svijeta. Tehnologija mijenja naše živote, a mijenja i način na koji neprofitne organizacije nadgledaju kršenje ljudskih prava širom svijeta. Fotografije snimljene sa velikih visina otkrivaju klimatske promjene u prirodi, užasavajuće slike, stradanja, rata, zločina, etničkog

³ *Informacijska i komunikacijska tehnologija* (ICT) obuhvata računre, komunikacijsku opremu i s njima povezane usluge. Internet je plodno tlo za inovacije, on je demokratičan, jer svako može biti autor sadržaja.

čišćenja... Satelitska tehnologija dovela je do revolucije u načinu na koji grupe za ljudska prava otkrivaju štete u prirodi, zločine, a humanitarne organizacije imaju uvid u događaje sa razdaljine od više hiljada kilometara. Prednosti tehnologije su brojne jer svaka nova inovacija znači više mogućnosti i veći kvalitet života. Tehnologija donosi nevidene mogućnosti u kojima građani mogu učestvovati u promociji odgovornosti, transparentnosti i boljem funkcionisanju demokratije u svijetu. Uz sve pozitivne aspekte virtualnog svijeta, postoje i one negativne, jer mogu ugroziti ljudska prava. To su nejednakosti koje utiču na sposobnost ljudi da rade u ekonomiji znanja, a promjene se stalno događaju. Naše težnje i potrebe su se promijenile. Ljudi više ne vode računa samo o novcu na svojim bankovnim računima. Važne su i mogućnosti koje im se pružaju, društvena mobilnost i sloboda izbora.

Indijske vlasti su kontrolu protesta protiv useljeničkog zakona, pokušale kontrolisati, prekidom telefonskih i internetskih veza. To je metoda koja se koristi i u drugim dijelovima svijeta. Vlade širom svijeta isključuju internet kao mehanizam pritiska da onemoguće ostvarivanje prava na mirni protest. Ovakve blokade su povreda prava na slobodno okupljanje i prava na slobodno izražavanje mišljenja.

Polovinom novembra 2019. godine u Iranu je telekomunikacijska mreža isključena. To je bila reakcija vlasti na proteste u zemlji zbog porasta cijene benzina. Blokade interneta su paralisale mnoge dijelove javnog života i uticale i na rad medija i organizacija za zaštitu ljudskih prava. Tražilice poput Googlea ili društvene mreže poput Facebooka, Twittera ili YouTube-a su u Kini potpuno zabranjene. Vlasti u Mianmaru su u junu 2019. godine blokirale pristup internetu u dvije savezne zemlje. Ovim mjerama ugrožena su prava građana. Moderni kućanski aparati imaju vezu s internetom, što ih čini podložnim hakerskim napadima. Život modernog čovjeka je gotovo nezamisliv bez povezanosti na internet. Nakon što su računari i mobilni telefoni uvezani s ostatkom svijeta, počeli su i druge, kućanske uređaje, povezivati na internet. Na taj način postali su potencijalna žrtva špijuniranja i meta hakerskih napada. Stručnjaci kompanije Infigo IS, specijalizirane za pružanje profesionalnih usluga u području informatičke sigurnosti, upozorili su da moderni i pametni uređaji predstavljaju novu prijetnju sigurnosti korisnika i to tamo gdje su najosjetljiviji, u njihovom stanu ili kući.

Veliki broj modernih uređaja danas se može spojiti na internet, jer imaju ugrađen Android operativni sistem, slično mobitelima, a to ih čini osjetljivim na razne hakerske napade. Proizvođači pametnih kućanskih uređaja rijetko izdaju sigurnosna uputstva ili sisteme zaštite, pa je rizik veći. Moderne kuće su sve više povezane međusobno i sa ostatkom svijeta, a taj trend je sve prisutniji. Nije rijetkost naći pametne kuće, u kojim su povezani frižider i mašina za pranje veša, grijanje, televizori i osvjetljenje, sa jednim kontrolnim mjestom, koje je spojeno na internet. To vlasniku omogućava potpunu kontrolu nad kućom. Koriste se „pametni zvučnici“, digitalni asistenti i druga razna moderna kućanska pomagala. Ekološke katastrofe na nuklearnim centralama pokazale su da bez zdrave životne okoline nema uživanja ni drugih ljudskih prava, posebno prava na život, prava na zdravlje i sigurnost.(4)

4. RIZICI OD HAKERSKIH NAPADA

Postoje brojni rizici od hakerskih napada. Hakeri mogu dosađivati korisnicima mijenjanjem kanala, jačanjem ili stišavanjem zvuka, na razne načine ometajući normalno odvijanje svih poslova i funkcija mrežno kontroliranih.... Oni mogu uključiti mikrofone i kamere koji su sastavni dio televizora, ali i mnogih drugih kućanskih uređaja, te tako snimati i prislušivati ukućane. Internet omogućava hakerima da nadziru korisnike, to isto mogu činiti proizvođači samih uređaja. To je već zabilježeno u slučaju američke kompanije Vizio, koja je koristila svoje televizore za prikupljanje podatke o navikama korisnika širom SAD-a, a podatke prodavala drugim kompanijama. Hakerskim napadima su podložni i drugi „pametni kućanski uređaji“, pa se može poremetiti termostat grijanja, gdje kuća, stan ili vikendica, postanu nepodnošljivi za boravak, kontrolsati toplota vode prilikom tuširanja i naškoditi ljudima... Još se ne zna sve šta i kako se može naškoditi korisnicima novih tehnologija i koja im se prava mogu ugroziti. Kupci žele što jeftiniji uređaj, a sigurnost je najčešće prvi faktor na kojem se štedi u proizvodnji. S obzirom na sve veću povezanost novih uređaja, očekivati je da će broj incidenata rasti, pa je potrebno da se ova oblast bolje pravno reguliše.

Već je poznato da medicinski uređaji poput inzulinskih pumpi i raznih aplikacija u hirurgiji srca i krvotoka mogu biti hakirani i daljinski upravljani, što potencijalno može dovesti do smrtonosnih ishoda; već je zabilježeno više hiljada upada u smart televizore i druge „pametne“ uređaje, tako da ni kuća ili stan odnosno dom ne nude sigurnost koja se nekada podrazumijevala. Sve su to ugrožavanja ljudskih, prava na sigurnost, privatnost... Naučna i tehnička saznanja mogu imati dvostruku društvenu funkciju humanističku i antihumanističku. To mnogo zavisi od načina kako se koriste naučna saznanja, inovacije i otkrića i u koje svrhe. Opasno je ako se koriste naučna i tehnička saznanja u vojne svrhe.(7) Razvoj tehnike ima i etičku dimenziju, jer na nivou društva se stvaraju sve savršenija oruđa za uništavanje ljudi, a etička dimenzija na individualnom planu se može vidjeti kroz pitanje zašto naučnici i inženjeri učestvuju u stvaranju ratne tehnike (ako već bolje od ostalih mogu naslutiti i shvatiti rizike zloupotrebe naučnih i tehničkih dostignuća). Neki naučnici su pokušali da se moralno koriguju; naprimjer Alfred Nobel ili Robert Openharmer (tvorac prve atomske bombe), koji je odbio da radi na pronalasku termonuklearne bombe. Proizvodnja oružja za masovno uništavanje (atomskog, hemijskog, biološkog) postala je iracionalna, jer se time može uništiti ljudska vrsta i planeta Zemlja.

5. SPORNA ZAŠTITA

Ovakve internet stvari (eng.Internet of Things: IoT) ili uređaji još nisu predmetom jednake zaštite kao naprimjer pametni telefoni, lični računari i laptopi. Infigo tvrtka je posljednjih godina provela više sigurnosnih testiranja takvih sistema gdje su rezultati bili loši u smislu da su pronađene kritične sigurnosne ranjivosti koje omogućuju napadaču provođenje osjetljivih aktivnosti poput uticaja na rad senzora ili nadzora kamere. Zbog mogućnosti spajanja svih uređaja na internet, stručnjaci za informatičku sigurnost savjetuju oprez. Kao pojedinci mi ne kontrolišemo klimatske, tehničke i društvene promjene, a tempo promjena je nepredvidiv i utiče na živote ljudi. Uticaji novih tehnologija često se očituju „žestoko, haotično i bez reda“(1) Društvene i tehničke promjene često i ne vidimo, iako se one odvijaju pred nama i mi u njima učestvujemo. Izloženost bilo kojeg sistema napadima potrebno je smanjiti. Ozbiljnost situacije je istakao i američki Federalni istražni biro (FBI), koji je upozorio da su „pametni“ televizori, koji se povezuju na internet, izloženi napadima hakera. Sasvim je normalno da preko televizora pristupamo sadržajima na YouTube platformi, ili koristimo servise poput Netflix. Internetska veza ujedno omogućava hakerima da upadnu u nečiji dom preko neosiguranog televizora, preko kojeg onda mogu doći i do internet rutera, glavne veze

privatne kuće sa ostatkom svijeta. Sve analize pokazuju da je anonimnost čovjeka u 21. vijeku gotovo nemoguća, a sa njom i privatnost. Govori se o „smrti anonimnosti“ zbog ekspanzije interneta. Tako sve lično postaje javno, dostupno za korisnike mreže i ostaje dostupno zauvijek. Na internetu ništa ne može biti zaboravljeno. Ova erozija anonimnosti je produkt prožimanja službi socijalnih medija, javnih mobilnih kamera, slobodnih foto i video sajtova. Google je obznanio da je njegova misija da objedini sve informacije svijeta. To bi trebala pomoći vještačka inteligencija. Google želi biti pametniji od čovjeka.⁽²⁾ Ljudski, kulturni i društveni napredak postaje mjerilo naših tehničkih odluka i naših tehničkih akcija. Međutim, napredak se ne može postići bez, mimo ili protiv tehnologije, već samo kroz primjenu tehnologije u raznim oblastima života. Nauka i tehnologija mogu samo stvoriti praktične preduslove za ostvarivanje ljudskih prava i upravo su oni ti koji nam omogućavaju posmatrati situaciju u pojedinim zemljama širom svijeta. Održavanje političkih, ekonomskih, socijalnih, kulturnih i sigurnosnih sistema postalo je stalan izazov i potreba.

6. ZAKLJUČAK

Tehnika je oduvijek i u svim uslovima bila potrebna čovjeku. Čovjek zavisi od primjene svojih tehničkih vještina. Ubrzani razvoj nauke i tehnike doprinose brzim društvenim promjenama. Tehnika doprinosi brzom napretku demokratije širom svijeta, a to vidimo po primjeni tehničkih pomagala i primjeni elektorske demokratije. Razvoj tehnike omogućava bolju primjenu, širenje i kontrolu ljudskih prava na svim nivoima vlasti i u svijetu, razvijenim, nerazvijenim i društvima u tranziciji. Satelitski snimci pokazuju gdje se drastično u svijetu krše ljudska prava, progone civili, spaljuju, kuće, sela, ubijaju ljudi, vrši etničko čišćenje, čine ratni zločini, genocid. Satelitski snimci su otkrili mnoge masovne grobnice... To su velike prednosti za zaštitu, nadgledanje i razvoj ljudskih prava. Međutim, razvoj tehnike također ugrožava privatnost i anonimnost na poslu, u stanu ili kući. Upotreba savremenih tehničkih uređaja ima nepredvidive razmjere i perspektive. Od tog razvoja ljudi imaju velike koristi i prednosti. Ali, savremena tehnika ih ugrožava i pojavljuju se novi rizici. Istraživanja pokazuju da je potrebna bolja zaštita savremenih uređaja od zloupotrebe, bolje pravno regulisanje ove oblasti i zaštite ljudskih prava. Na te stvari već su ukazivali stručnjaci iz informatičkih oblasti, a to nameće i sama praksa.

7. LITERATURA

- [1] Entoni Gidens, *Sociologija*, Ekonomski fakultet, Bograd, 2005., str. 434, 475 i 488.
- [2] Kozić Faruk, *Priručni leksikon demokratije i ljudskih prava*, „Meligrafprint“, Zenica, 2018., str.15-17, 46-48 i 224
- [3] Kozić Faruk, *Humanistička baština, demokratija i ljudska prava*, „Meligrafprint“, Zenica, 2019., str.71.
- [4] Kozić Faruk, *Demokratija i ljudska prava i bosanskohercegovački društveni ambijent*, „Meligrafprint“, Zenica, 2011., str.138-139.
- [5] Kozić Faruk, *Demokratija u 21. vijeku*, Zbornik radova 7. međunarodnog naučno-stručnog skupa *Obrazovanje, jezik, kultura, tendencije i izazovi*, Zenica, 26.-27.04.2018., str. 764-774.
- [6] Radivojević Radoš, *Sociologija tehnike*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2015., str.148 i 154.
- [7] Radivojević Radoš, *Tehnika i društvo*, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2000., str.32-40.
- [8] Huning A. (1982) *Tehnologija i ljudska prava*. U: Rapp F., Durbin P.T. (eds) tehnološka filozofija u raspravi. Vieweg + Teubner Verlag

FORMIRANJE VIBRACIJSKOG SIGNALA I NJEGOVE OSOBINE KOJE ODREĐUJU NEISPRAVNOST

VIBRATION SIGNAL FORMATION AND ITS FAULT DIAGNOSIS ABILITIES

Davorka Šaravanja, dr.sc.

**Fakultet strojarstva, računarstva i elektrotehnike, Sveučilište u Mostaru
Mostar**

Darko Petković, dr.sc.

**Mašinski fakultet, Univerzitet u Zenici
Zenica**

REZIME

Svi fizički procesi, pa tako i mehaničke vibracije, mogu se klasificirati kao determinirani procesi, koji se mogu opisati točnim matematičkim odnosima i slučajni koji se ne podređuju točnomu opisivanju i vrijednostima i koje u nekome trenutku vremena nije moguće predvidjeti. Bilo da su determinirani ili slučajni vibracijski procesi na strojevima i mehanizmima određuju se, ne samo osobinama signala, nego i informacijom koja se dobiva iz njega. U ovom radu pokazane su najvažnije vibracijske karakteristike koje predstavljaju nositelje informacija o neispravnostima i način formiranja dijagnostičkog modela stroja ili mehanizma koji kvantitativno povezuje neispravnost u njima sa promjenama vibracijskih karakteristika. Cilj rada je da u praktičnom postupku vibracijskog dijagnosticiranja stroja i mehanizma iskoristi proceduru sinkronog filtriranja vibracijskog signala, čiji je smisao da se dobije povezanost dijagnostičkog modela sa vibracijskim karakteristikama koji određuju stanje sklopa.

Ključne riječi: Vibracijski signal, vibracijske karakteristike, dijagnostički model

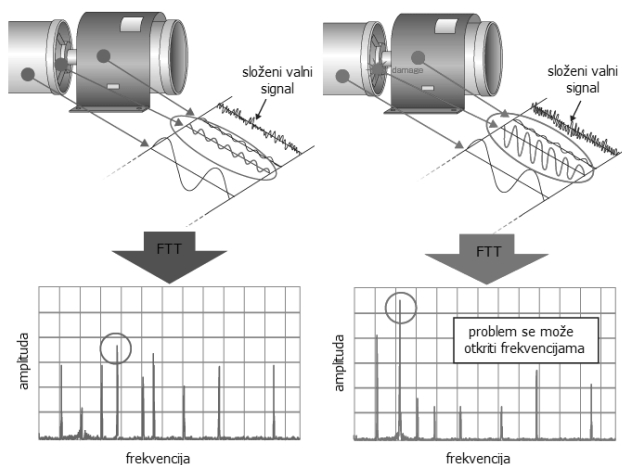
ABSTRACT

All physical processes, including mechanical vibrations, can be classified as determined processes, which can be described by exact mathematical relations and random, which are not subject to exact description and values and which at some point in time cannot be predicted. Whether determined or random vibrational processes on machines and mechanisms are determined not only by the properties of the signal, but also by the information obtained from it. This paper presents the most important vibration characteristics that represent the carriers of information about faults and the way of forming a diagnostic model of a machine or mechanism that quantitatively connects the fault in them with changes in vibration characteristics. The aim of this paper is to use the procedure of synchronous filtering of the vibration signal in the practical procedure of vibration diagnostics of the machine and mechanism, the purpose of which is to obtain the connection of the diagnostic model with vibration characteristics that determine the state of the assembly.

Keywords: vibration signal, vibration characteristics, diagnostic model

1. UVOD

Vibracijski procesi nastaju kao posljedica funkcioniranja strojeva i mehanizama i neposredni su rezultat djelovanja sila među njihovim elementima (Sl.1). Vibracije, dakle, predstavljaju opažljive i mjerljive pokrete na površini stroja, na elementu konstrukcije i postolju. Ponekad se javljaju zbog stvaranja buke, jer ih isključivo šire čvrsta tijela određene mase oko svog ravnotežnog položaja. Čvrsta tijela mogu biti rotirajući ili oscilirajući dijelovi stroja ili fluid u kontaktu s njima. [1]

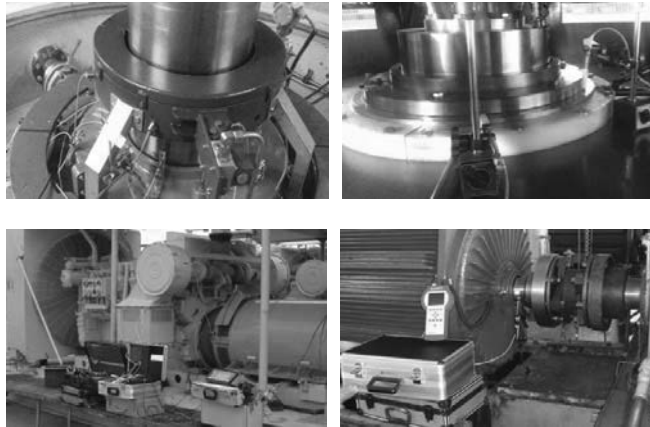


Slika 1. Slikoviti prikaz formiranja vibracijskog signala

Osobine ili promjene osobina elemenata mehanizama i strojeva manifestiraju se njihovim međusobnim djelovanjima zbog čega se vibracijski signal, kao sporedni rezultat međusobnog djelovanja, pokazuje i kao nosilac informacija o tehničkom stanju elemenata mehanizma, koji obrazuju kinematičke parove, npr. par zupčanika u zupčastoj sprezi; prsteni, kuglice, valjci, kavez u valjnim ležajevima; cilindar i klip kod motora sa unutarnjim izgaranjem, itd. Istovremeno, sa ovim pojavama u mehanizmu postoji i međusobno djelovanje pokretnih ili rotirajućih elemenata sa vanjskom sredinom; rotiranje lopatica turbina ili krakova elise u struji plina, turbulencija u struji na graničnoj površini, kavitacija u nestišljivim fluidima, pojava hidrauličkog udara, i sl. [2]

U ovom radu cilj je dati teorijsku osnovu za formiranje vibracijskog signala-metode kojom se određuje oblik neispravnosti u mehaničkom sustavu (koji vodi pojavi defekata), kako bi se u praktičnoj primjeni na temelju predstavljenih oblika neispravnosti:

- izvršio pravilan izbor strategije dijagnosticiranja vibracijskog procesa mehaničkog sustava,
- utvrdile karakteristike vibracijskih procesa u problemima dijagnostike tehničkog stanja mehaničkog sustava,
- napravila prava selekcija mjernih parametara vibracijskih procesa na objektu,
- izmjerili konkretni vibracijski parametri na odabranim mjernim pozicijama postrojenja i
- izvršila njihova analiza za procjenu stvarnog tehničkog stanja (Sl.2.).[3]



Slika 2. Primjeri instalirane opreme za mjerenje i analizu vibracija

Sustav za formiranje vibracijskog signala i instalirana oprema za mjerenje i analizu vibracija ima ulogu identificirati probleme kada se pojave. Nažalost, neki problemi s vibracijama se ne manifestiraju na način na koji se očekuje, pa prikupljeni parametri mogu biti neprikladni za otkrivanje promjena. Zato je bitno naglasiti da je iskustvo i znanje vibracijskog eksperta prikupljanja koji su sposobni detektirati promjene, nego postavljati ih na način da daju dijagnostičke informacije.

2. VIBRACIJE KOD STROJEVA I MEHANIZAMA

2.1. Izvori vibracija na rotacijskim strojevima i mehanizmima

U svim rotacijskim mehanizmima i strojevima djeluju dinamičke sile, koje predstavljaju ne samo glavne izvore vibracijskih procesa, nego i oštećenja kao posljedica vibracijskih gibanja. Oblici neispravnosti mijenjaju obilježja sila, a zbog toga i karakteristike vibracija, pa se, u ovom kontekstu, može reći da je zadaća dijagnostike strojeva ispitivanje dinamičkih sila i vibracijskih procesa u funkciji određivanja tehničkog stanja stroja. Vibracijski procesi sadrže samo informaciju o dinamičkim silama, mada se pri procesu transformacije dinamičkih sila u vibracije, neke informacije čak i izgube, npr, pri transformaciji sila u toplinsku energiju. Stoga, kada postoji izbor između ova dva tipa signala (temperature ili vibracija), u dijagnostici se daje prednost vibracijskim procesima.

Dakle, rezultat međusobnog djelovanja sklopova rotacijskog stroja jesu gibanja u vidu vibracijskih procesa. Promjena na osobinama sklopova utječu na međusobno djelovanje, pa je vibracijski signal, koji se ustanovi, sporedni rezultat vibracijskog procesa, odnosno i nositelj informacija i pokazatelj tehničkog stanja sklopova, kao što su kinematički parovi tipa zupčanika u zahvatu, vanjski, unutarnji prsteni, kavez kugličnih ležajeva i sl. Isto tako pored međusobnog djelovanja sklopova unutar strojne konstrukcije, nastaju i međudjelovanja između pokretnih ili rotirajućih elemenata sa vanjskom sredinom, kao što su rotiranja lopatica, propelera u struji nekog medija, turbulencija na graničnoj površini, kavitacija ili hidraulički udarci i sl.

Vibracijski procesi, koji prate međusobna djelovanja sklopova mogu se predstaviti u obliku prinudnih i vlastitih vibracija, koje mogu poslužiti kao nositelji informacija, mada su karakteristike i važnost tih informacija različite, ovisno o tomu, koje su vrste vibracija u pitanju. Npr. ako amplitude prinudnih vibracija kao energetske karakteristike nose informacije o kvaliteti konstrukcije u fazi izrade i o većim promjenama parametara tehničkog

stanja (bliskim ekstremnim), to modulacija prinudnih vibracija i vibracija u području vlastitih frekvencija sklopova predstavljaju izvore informacija o postojanju nepravilnosti u ranijoj fazi njenog nastanka.[4]

2.2. Vibracijske karakteristike

Kao najvažniji nositelji informacija o tehničkom stanju i neispravnostima u mehaničkom sustavu jesu mehaničke vibracije, koje mogu biti periodične, aperiodične ili stohastične. Periodične se ponavljaju nakon određenog vremenskog perioda, a frekvencija na kojoj se ta ponavljanja javljaju je $f=1/T$ (Hz). Periodične i determinističke vibracije mogu biti potpuno opisane matematskim relacijama vibracije, jer njihove amplitude mogu biti potpuno određene u funkciji vremena u nekoj željenoj točki. Ako se dvije ili više harmonijskih vibracija različitih frekvencija javlja u isto vrijeme, one se superponiraju, a rezultat toga su složene periodične vibracije, koje se također ponavljaju u regularnim vremenskim intervalima. Periodične vibracije prikazuju se vremenskom, ali u praksi češće u frekvencijskom području, jer se na taj način ostvaruje bolji pregled pojedinih vibracijskih komponenata na, tzv. spektru vibracija (Sl.1). Vibracije su potpuno određene svojim karakteristikama:

- Amplitudom koja predstavlja maksimalnu trenutnu vrijednost vibracija, odnosno mjeru veličine vibracija i može se koristiti za procjenu stroja opterećenog vibracijama.
- Frekvencijom koja predstavlja učestalost ponavljanja vibracija u jednoj sekundi. U dijagnostici strojeva frekvencija omogućuje donošenje odlučujuće informacije o uzroku vibracija, koji mogu biti određeni pomoću identificiranja vibracija sa fiksnom frekvenciju ili frekvencijom koja je u vezi sa pogonskom brzinom strojnih rotacijskih dijelova.
- Fazni kutom koji definira početnu poziciju mjerne točke u trenutku kad je $t=0$. Informacija o faznom kutu ili faznoj poziciji vibracija je vrlo važna da bi bilo moguće ispraviti ili dijagnosticirati uzroke vibracija. [5]

Složene ili mješovite vibracije mogu biti ispitivane u dvije kategorije:

- Uskopojasno ispitivanje kod kojeg se složene (mješovite) vibracije razdvajaju na harmonijske komponente (npr. primjenom frekvencijskog analizatora ili filtera);
- Širokopojasno ispitivanje kod kojih se amplituda ukupnih vibracija daje bez frekvencija i faznog kuta. Izmjerena vrijednost je zabilježena je na određenom frekvencijskom području (npr. 10–1000 Hz) i svaka vibracijska komponenta unutar ovog frekvencijskog područja predstavlja zbrojenu ukupnu vrijednost, tj. ne razmatra se pojedinačno. [6]

3. DIJAGNOSTIČKI MODEL SKLOPA MEHANIZMA

Za proučavanje vibracijskog signala nužno je razjasniti način njegovog opisivanja, tj. formirati odgovarajući model signala koji predstavlja funkcionalnu ovisnost i opisuje njegove najvažnije osobine dopuštajući određenu idealizaciju, a u kojoj se kao argument javlja vrijeme.

Dinamički model mehanizma kvantitativno povezuje neispravnost u mehanizmu sa promjenama osobinama vibracijskih procesa i to samo u području niskofrekvencijskih vibracija do 200 ili 300 Hz. Ali, da bi mehanizam vibrirao sa prvim vlastitim formama potrebna je vrlo velika snaga izvora, koju čine samo velika oštećenja. Naime, u ovim slučajevima vrlo je lako vezati takva oštećenja sa promjenom amplitude vibracija na frekvenciji obrtanja.

Sljedeći problem je predvidjeti trend promjena vibracijskih karakteristika mehanizma pri utjecaju oštećenja koji imaju malu vibroaktivnost i teško ih je dinamički modelirati. U grupu ovakvih oštećenja sa srednje-frekvencijskim vibracijama spadaju svi defekti dodirnih površina, defekti tipa korozijske i erozijske istrošenosti, prskotine u konstrukciji mehanizma i

niz drugih. Male promjene parametara tehničkog stanja u ranoj fazi razvijanja ovakvih neispravnosti sprečavaju da se dobiju kvantitativni i kvalitativni odnosi između karakteristika vibracijskog signala i oštećenja pomoću dinamičkog modela. Zbog toga se formiraju imitirajući dijagnostički modeli sklopa mehanizma.[7,8]

Model torzijskih vibracija sklopa mehanizma u bezdimenzionalnom obliku opisuje se jednadžbom harmonijskog vibratora:

$$\ddot{x}(t) + \varepsilon(x, t)\dot{x}(t) + \omega^2 \gamma(t)x(t) = M(t), \quad \dots (1)$$

gdje su:

$x(t)$ - deformacija sklopa mehanizma (npr. zupca zupčanika, lopatice turbine, ležaja i sl.);

ω - vlastita frekvencija vibracija za danu krutost;

$\varepsilon(x, t)$ - koeficijent prigušenja koji u općem slučaju ovisi od koordinate x ;

$\gamma(t)$ - parametar koji karakterizira ovisnost funkcije krutosti sprežanja od vremena;

$M(t)$ - pobuda (torzijski moment).

Utjecaj oštećenja na vibracije modela (1) u implicitnom obliku može se predstaviti sljedećom jednadžbom:

$$\ddot{x} + \varepsilon(x, t, R)\dot{x} + \omega^2 \gamma(t, R)x = M(t, R) \quad \dots(2)$$

gdje je:

$R = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ vektor promjene parametara tehničkog stanja sklopa ili vektor oštećenja.

Osnovni parametar modela (2) koji određuje pobudu vibracija je funkcija krutosti sprežanja koja se javlja kao proizvod dvije funkcije $\gamma(t, R) = g(t, R)h(t)$ gdje je:

$$g(t, R) = 1 + \mu(R)\xi(t + T_{vr}) \quad \dots(3)$$

promjenljiva amplituda sa periodom frekvencije vrtnje $f_{vr} = 1/T_{vr}$ i brzo promjenljive funkcije krutosti sprežanja $h(t) = h(t + T_p)$ s periodom preklapanja oštećenih površina T_p . U izrazu (3) μ je dubina amplitudne modulacije krutosti sprežanja sa periodičkim ponavljanjem impulsa $\xi(t + T_{vr})$, koji nastaje pri ulasku lokalnog defekta u zonu kontakta.

S obzirom da je jednadžba torzijskih vibracija parametarska, čak i kad nema oštećenja, tj. ($\mu=0$) i kad je torzijski moment $M(t)$ konstantan, u sustavu (1) se pobuđuju poliharmonijske vibracije sa frekvencijama koje su djeljive bez ostatka sa frekvencijom preklapanja oštećenih površina, gdje je $f_p = kf_{vr} = 1/T_p$ frekvencija pobude sklopa (npr. zubaca zupčanika ili sl.), a $k=z$ broj zubaca kod zupčastog para.

Pri nastajanju lokalnih oštećenja koji ulaze u zonu dodira sa frekvencijom vrtnje f_{vr} nastaje periodičko ponavljanje kratkotrajnih impulsa $\xi(t + T_{vr})$, koji moduliraju amplitudu $g(t)$ funkcije krutosti $\gamma(t)$. Amplituda i frekvencija ponavljanja ovih impulsa povećavaju se sa razvojem oštećenja kontaktnih površina.

Kako se vidi iz izraza (2), neispravnost utječe ne samo na parametre sustava ε i γ već i na funkciju pobude $M(t)$. U općem slučaju funkciju pobude moguće je predstaviti u obliku:

$$M(t, R) = M(t + T_{vr}) + M(t + T_p) + M_i(t + T_d) \quad \dots(4)$$

gdje je:

$M(t + T_{vr})$ - periodična niskofrekvencijska pobuda nastala uslijed djelovanja defekta, a koji narušavaju centriranje;

$M(t + T_p)$ - je rezultat djelovanja kinematičkih grešaka;

$M_i(t + T_d)$ - je impulsna pobuda sa frekvencijama koje su djeljive bez ostatka sa frekvencijom prolaza lokalnog defekta $f_d = 1/T_d$; npr. kod zupčastog para učestalost dolaska defekta u zonu dodira f_d poklapa se ili je djeljiva bez ostatka sa frekvencijom vrtnje f_{vr} zupčanika sa greškom.

Prema tome, vibracijski signal u okolini k -toga harmonika osnovne frekvencije pobude neispravnog sklopa mehanizma, može se predstaviti u obliku:

$$x(t) = \left[1 + \sum_i \mu_i \cos(i\Omega t) \right] \left\{ a_k \cos k\omega_z \left[t + \sum_i v_j \cos(j\Omega t) \right] \right\} \quad \dots(5)$$

gdje je:

μ_i - veličina amplitudne modulacije harmonika ω_p frekvencije $i\Omega$;

Ω - $2\pi f_d$ -kružna frekvencija ulaska oštećenja u zonu dodira;

ω_p - je osnovna frekvencija pobude (zubaca, lopatica itd.);

v_j - je indeks frekvencijske modulacije.

Spektar rješenja jednadžbe (2) može se predstaviti u obliku zbroja spektara prinudnih i vlastitih vibracija:

$$S_x(t) = \sum_{k=1}^{\infty} A_k \delta(f - kf_{vr}) + \sum_{i=1}^{\infty} B_i \delta(f - lf_p) + \sum_{p=1}^{\infty} \sum_{q=1}^{\infty} C_{pq} \delta[f - (pf_p \pm qf_{vr})] + \sum_{r=1}^{\infty} D_r \delta[f - (f_s \pm rf_{vr})], \quad \dots(6)$$

gdje je:

prvi član-harmonijski red frekvencija vrtnje kf_{vr} ;

drugi član-spektar osnovnih frekvencija lf_p ;

treći član-spektar kombiniranih frekvencija ($pf_p \pm qf_{vr}$) u okolini prinudnih frekvencija pf_p ;

četvrti član-spektar kombiniranih frekvencija ($f_s \pm rf_{vr}$) u okolini vlastitih frekvencija sklopa f_s .

Pojava i širenje nekog oštećenja sa vremenom dovodi do preraspodjele energije među komponentama spektra vibracijskog procesa (6). Poznavanje mehaničkih procesa rasprostiranja vibracija u konstrukciji mehanizma omogućuje formiranje kvalitativnog dijagnostičkog modela sklopa mehanizma, potrebnog za traženje informativnih dijagnostičkih znakova različitih oštećenja.

Postoji veliki broj mehanizama cikličnog djelovanja, kod kojih se međusobni utjecaj elemenata odvija po periodičnom zakonu, povezanom sa obrtnim gibanjem.

Kod rotacijskih mehanizama u niskofrekvencijskom području (do 200–300Hz), jedna od osnovnih frekvencija pobuđivanja jeste frekvencija vrtnje rotora $f_{vr} = \omega_{vr}/2\pi$, gdje je ω_{vr} kružna frekvencija vrtnje rotora. [9]

Vibracije mehanizma su, u ovom području frekvencija, harmonijskog oblika i dani su izrazom:

$$x(t) = a \cos \omega_{vr} t \quad \dots(7)$$

i rezultat su, uglavnom, neuravnoteženosti obrtnih masa. Energija ovakvih vibracija je vrlo velika dok je prigušenje sustava malo, pa se vibracije rasprostiru na velika udaljenja. U stvari, *ove vibracije i određuju dinamičku otpornost konstrukcije mehanizma*. Mehanizam se, pri ovome razmatra kao elastični sustav sa koncentriranim parametrima. Amplituda vibracija a_{vr} na rotorskoj frekvenciji određuje se veličinom ekscentričnog odstupanja i odnosom kritične frekvencije vrtnje rotora prema radnoj frekvenciji. Kao informativni parametar kod ovakvog modela može poslužiti veličina amplitude (ili prirast amplitude) vibracija na rotorskoj frekvenciji. [10]

Vibracijski procesi kod praktičnog rada rotacijskih mehanizama i strojeva daleko su od sinusoidnih i predstavljaju vibriranje u formi determiniranih sinusoidnih osciliranja, koji vrlo često ne odražavaju utjecaj oštećenja na vibracije mehanizama.

Razlozi uvećanja amplitude vibriranja na frekvencijama vrtnje rotora mogu biti razne nepravilnosti, otkloni vratila od koaksijalnosti, narušavanje geometrije sklopova vrtnje

(ležajeva, diska turbine, zupčanika reduktora, elise pumpe i sl.) ili periodične sile koje nastaju u toku radnog procesa.

Svi nabrojani izvori pobude koji izazivaju niskofrekvencijska vibriranja mehanizma (do 200–350 Hz) sa istom frekvencijom f_{vr} su koherentna i ne daju se razdijeliti ni sa kakvim matematičkim operacijama, jer svaki od izvora vibracijskih procesa koji dovode do nepravilnosti, dovodi do vibriranja mehanizma kao jedne cjeline.

Radi toga, da bi se izabrao pravi uzrok među uzrocima promjene amplitude na frekvenciji vrtnje sklopa mehanizma i utvrdila vrsta neispravnosti, potrebne su *dopunske informacije*.

Za formiranje karakterističnih dijagnostičkih znakova razmatranih neispravnosti nedovoljno je samo svesti amplitude vibriranja na rotorsku frekvenciju f_{vr} , već je nužno dodati i dopunsku informaciju.

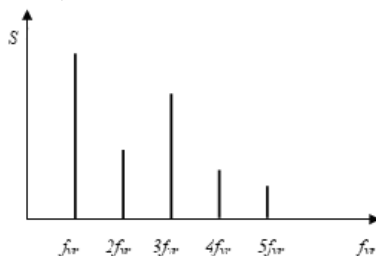
U nekim slučajevima dovoljno je razmotriti ponašanje harmonijskoga reda kf_{vr} koji formira n -dimenzioni vektor dijagnostičkih znakova na temelju amplitudne komponente kf_{vr} . U drugim slučajevima nužno je koristiti se informacijom koja je sadržana u srednje-frekvencijskom (od 200–300 Hz do 1–2 kHz) području vibriranja mehanizma. [11]

U niskofrekvencijskim i srednje-frekvencijskim područjima, vibracijsko ponašanje rotacijskih mehanizama, u najprostijoj formi se opisuje u vidu poliharmonijskog vibriranja, jednadžbom:

$$x(t) = \sum_{k=1}^n a_k \cos[k(2\pi f_0 t) + \varphi_k], \quad \dots(8)$$

čiji je spektar diskretan (Sl.2.), sa vrijednostima (izračunima) u točkama $f = kf_{vr}$:

$$S(f) = \sum_{k=1}^n S(kf_{vr}) \delta(f - kf_{vr}). \quad \dots(9)$$



Slika 2. Spektar poliharmonijskog procesa

Osim frekvencije vrtnje, u spektru vibracijskoga signala rotacijskog mehanizma prisustvuju i takve karakteristične frekvencije kao što su $kf_p = k(f_{vr} p)$, $k = 1, 2, 3, \dots, n$; gdje je p broj elemenata sa međudjelovanjem u okolini rotora. Za zupčasto sprezanje broj $p=z$ je broj zubaca prijenosnika; za turbinu broj lopatica na disku; za pumpu broj krakova elise, itd.

4. ZAKLJUČAK

Poliharmonijski model vibriranja rotacijskih mehanizama predstavlja pogodnu formu predstavljanja vibracijskog procesa koji omogućuje jasniji uvid na određene, fizičke uvjetovane frekvencije kf_p , dakle, višekratnike osnovne frekvencije f_p pobude vibriranja dijagnosticiranog sklopa mehanizma. U praksi vibracijskog dijagnosticiranja rotacijskih mehanizama preporuka je da se koristi procedura sinkronog filtriranja vibracijskog signala, čiji se smisao i nalazi u tome da se dobije povezanost karakteristika poliharmonijskog modela sa parametrima stanja dijagnosticiranog sklopa. Ovaj model signala pogodno je koristiti za ocjenu kvalitete izrade rotacijskog mehanizma, s obzirom na činjenicu da što je viša kvaliteta

izrade, tim je niža razina vibroaktivnosti mehanizma. Veza sa sklopom koji se dijagnosticira ostvaruje se izračunavanjem frekvencija harmonijskih ili poliharmonijskih vibracija koje generira dani sklop suglasno sa kinematikom mehanizma.

Važno je naglasiti povezanost tradicionalnih spektralno-korelacijskih metoda obrade mjerne informacije i specifičnih metoda analize strukture vibracijskog procesa, korištene u dijagnostičke ciljeve, pri čemu principi prepoznavanja vibracijskih slika/spektara omogućavaju efikasnije rješavanje postavljenih zadataka otkrivanja neispravnosti koji dovode do većih oštećenja.

5. REFERENCE

- [1] Šaravanja D., Petković D.: Tehnička dijagnostika-metode identifikacije struktura i stanja sustava, Sveučilište u Mostaru, ISBN 978-9958-16-131-5, Mostar, 2019.
 - [2] Scheffer C., Girdhar P.: Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance, 2004 Elsevier Ltd. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-6275-8.X5000-0>
 - [3] <https://www.bkvibro.com/en/products.html>, Accessed on:15-07-2020
 - [4] Migulin V.V., Medvedev V.I., Mustel E.R., Parygin V.N.: Basic Theory of Oscillations, translated from the Russian by George Yankovsky, Mir Publishers, 1983.
 - [5] DIN 1311, 1-4: Vibration theory, Beuth-Verlag GmbH, Berlin 30.
 - [6] Mobley R. K.: Root Cause Failure Analysis, ISBN: 0-7506-7158-0, 1999 by Butterworth-Heinemann, Available from: https://www.academia.edu/28211869/ROOT_CAUSE_FAILURE_ANALYSIS
 - [7] Zbornik radova znanstveno-stručnog skupa IFTOMM-Vibracije rotacionih strojeva i sistema, Karlovac, 19. i 20. travnja 1983.
 - [8] Вибрации в технике. Справочник в 6 томах. Том 3. Колебания машин, конструкций и их элементов, Машиностроение, Москва, 1980. / Oscillations in Mechanical Engineering, (3. chapter of the monograph edited by F. M. Dimentberg and K. S. Kolesnikov), Moscow, 1980.
 - [9] Rašković, D.: Teorija oscilacija, ID: 960613008, Naučna knjiga, Beograd, 1965.
 - [10] Broch, J. T.: Mechanical Vibration and Shock Measurement, ISBN: 8787355361, Brüel&Kjær, 1984.
 - [11] Stegić, M.: Teorija vibracija linearnih diskretnih mehaničkih sustava/Vibration Theory of the Linear Discrete Mechanical Systems, ISBN 953-6313-02-2, FSB, Zagreb, 1996.
-

CONTINUOUS ANALOG MONITORING OF HYDRAULIC RETURN-LINE FILTER PRESSURE

Vito Tič

University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering
SI-2000 Maribor
Slovenia

Darko Lovrec

University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering
SI-2000 Maribor
Slovenia

ABSTRACT

Most industrial hydraulic devices use a filter element on the return line, as this method of filtration is both the most efficient and the most economically acceptable. However, the condition of the filter element itself is usually monitored by visual or electronic clogging indicators. Upgrading the classic clogging indicator with continuous analog pressure measurement on the hydraulic filter element can provide us with much more useful information about the condition of our filter and the condition of our device.

The paper presents the use of continuous analog pressure measurement on the hydraulic return-line filter element and the results of measurements performed on test bed for continuous endurance testing of hydraulic components.

Ključne riječi: Hydraulics, filter, clogging, monitoring

1. INTRODUCTION

In hydraulic installations, large volumetric flows pass through extremely small gaps and clearances at very high pressures. This means that such an installation is considerably more sensitive to dirt and contamination in the hydraulic oil, above all solid particles, than is the case with other types of machinery. Experience has shown that more than 50% of the premature breakdowns that occur in hydraulic installations are due to contaminated hydraulic fluid. It is the task of the hydraulic filter to reduce this dirt and contamination to an acceptable level as regards the size and concentration of the dirt particles concerned. This provides protection against premature wear of the components and assemblies. [1]

2. HYDRAULIC RETURN LINE FILTERS

The location of the filter in the return line is the most common arrangement. This solution is cheap, presents no problems and means that the full volumetric flow is circulated through the filter. A disadvantage though, is the fact that the contamination is retained in the filter after the hydraulic oil has left the circuit. When this location is chosen, it is assumed that dirt particles only represent a danger to the system after having passed through a number of times

(this applies particularly to small particles), and that their removal in the return line therefore provides sufficient protection.

Most commonly depth-type filters are used as return line filters and they are manufactured from compressed textile, cellulose, glass, synthetic or metal fibres. They can also comprise a number of fibre layers and they can contain a sintered-metal filter element. Return-line filters are generally used as full-flow filters with a by-pass valve in parallel. They are mainly installed in the oil tank, but are sometimes also fitted as line filters. [1]

3. FILTER CLOGGING INDICATORS

Filter elements installed in hydraulic filters remove dirt from a hydraulic system and therefore become contaminated themselves. Free pores or spaces in the filter material are obstructed by dirt particles, which causes a continuous increase in the pressure loss. The dirt load collected in a filter element gradually increases during service, which also leads to a higher pressure drop. The resulting differential pressure Δp is monitored by a clogging indicator. Once a preset value is reached, an electrical and/or optical signal is generated. [2]

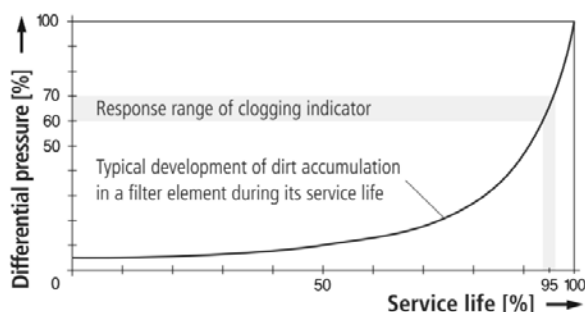


Figure 1. Differential pressure on filter during its service life [2]

The following must be observed in this context: The pressure drop caused by the filter element increases depending on the flow rate, the dirt load, and the viscosity of the pressure fluid. Therefore, a filter element is not regarded contaminated before the clogging indicator responds at operating temperature of the hydraulic system, causing a continuous signal.

Within the clogging indicator, the differential pressure $\Delta p = p_1 - p_2$ (pressure upstream of the element minus pressure downstream of the element) caused by the filter element acts on a magnetic piston against the force of a spring.[2]

4. FILTER CONDITION MONITORING

Warning of filter-bypass is typically afforded by visual or electric clogging-indicators. These devices indicate when pressure drop Δp across the element is approaching the opening pressure of the bypass valve (where fitted). In the case of a return filter for example, if the bypass valve opens at a $\Delta p = 3$ bar, the clogging indicator will typically switch at $\Delta p = 2$ bar. Replacing standard clogging-indicators with differential pressure gauges or transducers enables continuous, condition monitoring of the filter element. This permits trending of fluid cleanliness against filter element pressure-drop, which may be used to optimize oil sample and filter change intervals. For example, the optimal change for a return filter in a particular system could be higher or lower than the clogging indicator switching pressure of $\Delta p = 2$ bar. Continuous monitoring of filter pressure drop can also provide early warning of component failures and element rupture. For example, if the Δp across a pressure filter suddenly increased from 1 to 3 bar (all other things equal), this could be an indication of an imminent

failure of a component upstream. Similarly, a sudden decrease in Δp could indicate a rupture in the element - something that a standard clogging indicator will not warn of. [3]

5. TESTING RIG

There are a lot of different tests available for testing lubrication properties of hydraulic fluids and testing the performance of hydraulic components. The main goal of all these tests is to achieve conditions as similar as possible to those that occur in real operation. They try to reproduce mechanical wear mechanisms on certain hydraulic components. After examining wear on the components used in the test, a statement can be made regarding the effectiveness of the tested hydraulic fluid.

Based on most established and standardized tests, a special test rig was developed for testing all the important components – pump, valve, cylinder, hydraulic fluid,... was designed to provide a more comprehensive insight into the wear of hydraulic components and performance of hydraulic fluid.

The device is based on the use of a B&Cs BG20 gear pump. It uses a proportional valve which controls the movement of a two-sided hydraulic cylinder with resistance on each side. Schematic diagram of the device can be seen in Figure 2. The test is composed out of predefined number of load cycles. Each cycle consists of hydraulic fluid first moving the cylinder to one side until predefined pressure is exceeded and then to the other.

The device's main objective is to age and wear out hydraulic fluid and hydraulic components. By analysing components and hydraulic fluid after performing the test and by interpreting the measurements made during the test, we can find out about changes on the components that occurred during operation. Change of pump and valve pressures and pump flow can be noticed during testing which are consequences of component wear. [4]

Since the main objective of the device is to accelerate component wear and hydraulic fluid ageing, a HLP type hydraulic oil with low viscosity of VG 22 was used.

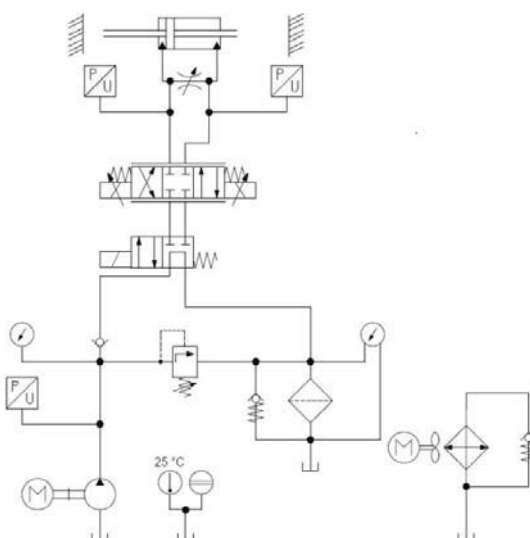


Figure 2. Schematic diagram of testing rig [4]

The designed rig is intended for long autonomous continuous uninterrupted operation. for longer periods of time. It can run for a few months or for a predefined number of load cycles.

Therefore, the components that are used must be high quality and very reliable. This applies to all the used parts, but especially the controller, its expansion modules and the sensors. [4] The parameters that we measure in our system are fluid level inside the tank, temperature, pressure, flow... Pressure sensors are located after the pump and on A and B ports of the proportional valve, while temperature sensors for measuring fluid temperature are located all over the system. There is also a sensor present for measuring ambient air temperature. Besides using common filter clogging indicator which is only capable of giving us digital information (when switched from 0 to 1 the filter is clogged), we have fitted an additional analog pressure sensor for detecting differential pressure on return line filter. Figure 4 shows all the parameters which we measure, record and monitor in real-time.

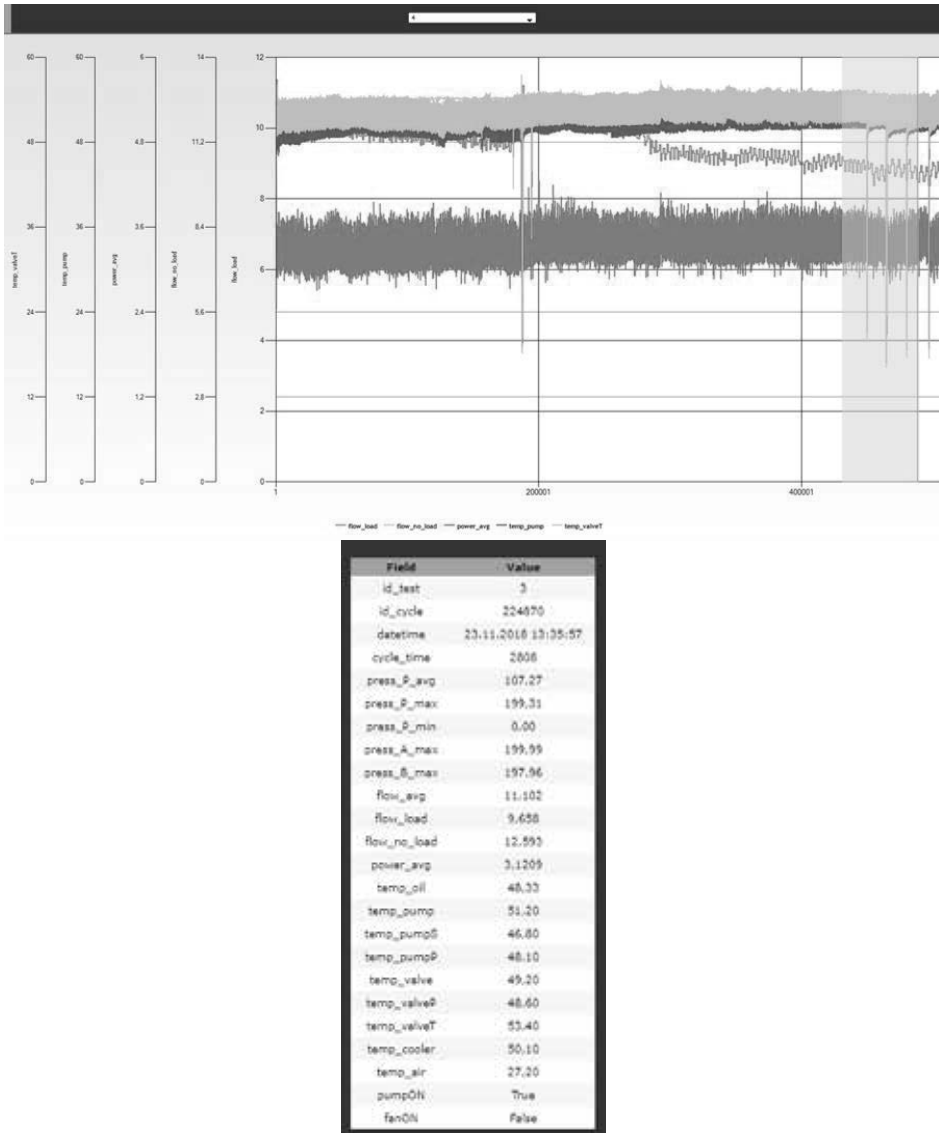


Figure 3. On-line measured values during long-term endurance test[4]

6. RESULTS

Installing an analog pressure sensor on the return line filter enabled us to continuously monitor the condition of the filter element. Based on the record data set we able to examine the effect of oil temperature, contamination level and flow rate on the performance of a hydraulic filter through its service life.

Figure 4 presents differential pressure on return filter during start-up phase during which the oil temperature increases to working temperature of $50\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. The effect of temperature increase and thus viscosity decrease can be clearly seen from the figure. As the temperature increases, the oil viscosity decreases due to weakened cohesive forces, which leads to increased filtration rates and hence more time to build the pressure, upstream of the element. We can notice that the differential pressure on the return filter drops from 0,7 bar at low temperatures (20 °C) to under 0,2 bar (at working temperature of 50 °C).

But not only at the start-up phase, the filter differential pressure fluctuation of 0,1 bar can also be seen during the test where the temperature fluctuates between 48 and 52 °C .

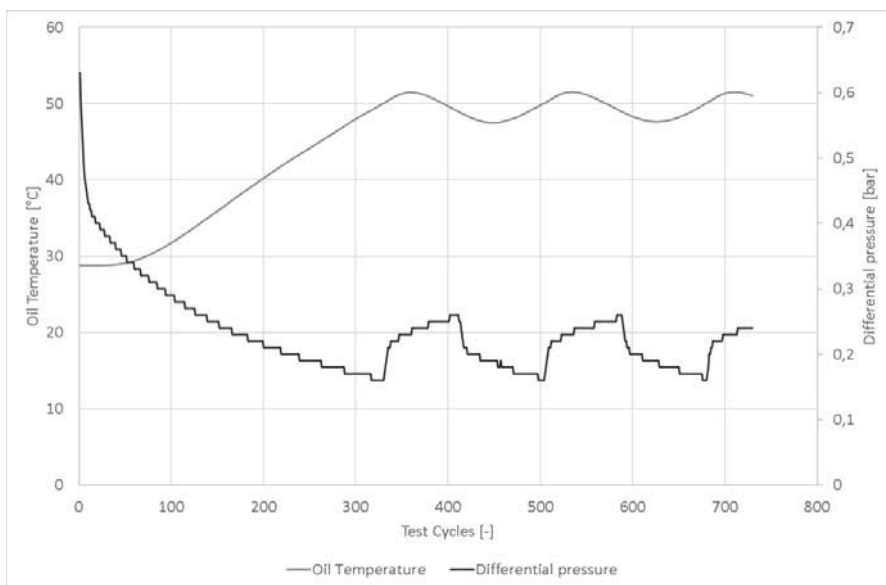


Figure 4. Differential pressure on return filter during start-up phase

Figure 5 presents the results of differential pressure on return filter during the entire long-term endurance test. The first thing we can notice is the running-in phase of the components during which the differential pressure on return filter is rapidly increasing due to excessive wear of components in the running-in phase.

The running-in phase is followed by a very constant phase, where the differential pressure on return filter is very stable. We can conclude that there is very little wear on components in this phase.

After approx. 300.000 test cycles we can notice the beginning of exponential increase of differential pressure on return filter due to the beginning of excessive component wear. Sadly, the test could not be completed to 1.000.000 as it was planned, because the aluminium housing of the pump has cracked and the test has to be stopped. Although, the beginning of the exponential increase of differential pressure on return filter is clearly seen.

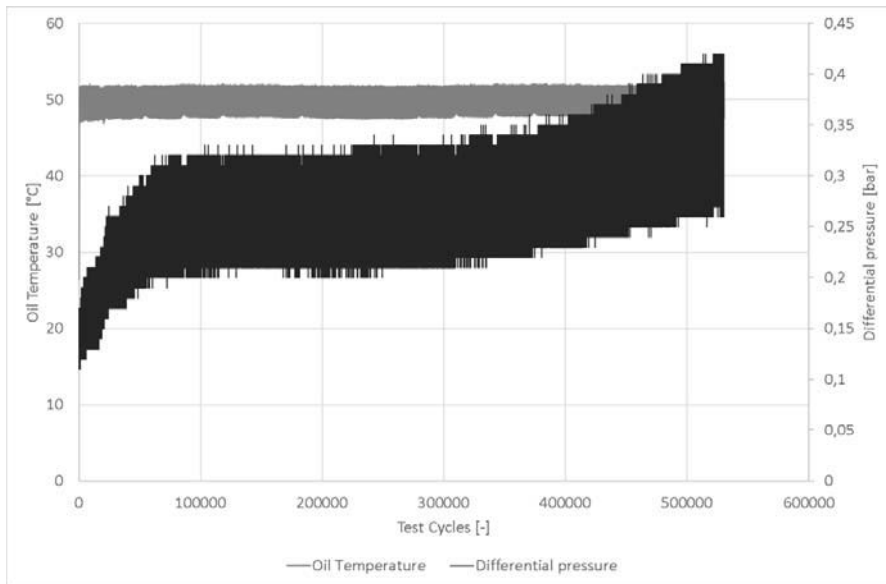


Figure 5. Differential pressure on return filter during long term endurance test

7. CONCLUSION

The process of filtration is associated with several complex physical phenomena, which demonstrate the interdependency of numerous fluid and solid properties. As a part of continued research we have proved that analog differential pressure sensors can be effectively used to monitor the condition of the filter element and consequently can also be used to monitor the condition of hydraulic components.

Further studies are under way to develop the correlations between these variables to formulate the Δp trends to predict the filter element's residual lifetime and to detect sudden Δp changes which could be consequence of a rapidly failing component.

8. REFERENCES

- [1] Werner G.: Hydraulics. Theory and Applications. From Bosch. Robert Bosch GmbH, Hydraulics Division K6, 1984.
- [2] N. N.: Filtration & Fluid Management • Sensors & Measurement. Argo-Hytos.
- [3] Casey B.: How And Why To Monitor Hydraulic Filter Condition. Brendan Casey Blog. 2016. <https://www.hydraulicspneumatics.com/technologies/hydraulic-pumps-motors/article/21885276/how-and-why-to-monitor-hydraulic-filter-condition>
- [4] Čakš A., Tič V.: Data Acquisition and Management of Hydraulic Components Test Device. International conference Fluid Power 2019. University of Maribor Press. 2019.

**DIJAGNOSTIKA STANJA I PRIJEDLOG MJERA SANACIJE
DŽAMIJE TABAČICA U MOSTARU**

**CONDITION DIAGNOSTICS AND PROPOSED MEASURES FOR THE
REMEDICATION OF THE TABAČICA MOSGUE IN MOSTAR**

Mr.sc. Faris Trešnjo, dipl. inž. grad. **Mr.sc. Azra Mahinić, dipl. inž. grad.**
Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru, **Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru,**
Mostar **Mostar**

Mr.sc. Marko Čećez, dipl. inž. grad. **Mr.sc. Amra Šarančić Logo, dipl. inž. grad.**
Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru, **Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru,**
Mostar **Mostar**

Dr.sc. Merima Šahinagić-Isović, dipl. inž. grad.
Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru,
Mostar

REZIME

U radu je prikazana dijagnostika stanja džamije Tabačice u Mostaru koja je izgrađena u 16. vijeku i predstavlja kulturno-istorijsko nasljeđe grada. Objašnjeni su koraci pri dijagnosticiranju stanja postojeće konstrukcije, koji obuhvataju prikupljanje postojeće dokumentacije, pregled konstrukcije, ispitivanja i proračune, te ocjenu i odluku o daljnjem postupanju.

Dati su nacrti džamije, izvršen je vizuelni pregled džamije, urađena su laboratorijska ispitivanja na Institutu Građevinskog fakulteta, kao i in situ ispitivanja na karakterističnim mjestima konstrukcije. Vizuelnim pregledom je uočen veliki broj oštećenja na džamiji, koja su klasificirana u 3 grupe.

Na kraju rada dat je prijedlog mjera sanacije za prikazana oštećenja i preporuke za daljnje održavanje džamije, u svrhu produženja njenog upotrebnog vijeka, kao osnovnog zahtjeva trajnosti.

Ključne riječi: Trajnost, održavanje, dijagnostika, sanacija, oštećenja, pregledi, ispitivanja

ABSTRACT

The paper presents a diagnosis of the condition of the Tabačica mosque in Mostar, which was built in the 16th century and represents the cultural and historical heritage of the city. The steps in diagnosing the condition of an existing structure are explained, including collection of existing documentation, inspection of the structure, test and calculations, and assessment and decision on further action. Drawings of the mosque were given, a visual inspection of the mosque was performed, laboratory tests were carried out at the Institute of the Faculty of Civil Engineering, as well as in situ tests at characteristic construction sites. A visual inspection revealed a large number of damages to the mosque, which were classified into 3 groups.

At the end of the paper, a proposal of remedial measures for the shown damages and recommendations for further maintenance of the mosque were given, in order to extend its lasting, as a basic requirement of durability.

Key words: durability, maintenance, diagnostic, remediation, damages, inspection, testings

1. UVOD

U Mostaru je, koliko se zna, izgrađeno 36 džamija i mesdžida i sve nose nazive svojih osnivača, osim Tabačice. Ova džamija je sagrađena na prijelazu iz XVI u XVII vijek po želji Hadži-Kurta, predstavnika jedne od najstarijih mostarskih familija. Nalazi se na desnoj obali Neretve, stotinjak metara zapadno od Starog mosta. Podignuta je na jednom kraku Radobolje zasvođenom sa dva kamena svoda, pa je zato poznata kao „džamija u kojoj se imam nalazi na suhom, a džemat na vodi“. Džamija nije u stalnoj nego povremenoj upotrebi.

Ova džamija spada među značajnije spomenike islamske sakralne arhitekture u Mostaru. Njena arhitektura se u nekim detaljima razlikuje od arhitekture ostalih mostarskih džamija. Na njenu arhitektonsku specifičnost najviše su uticali mjesto i ambijent u kome je izgrađena. Osnovica joj je pravugaonik sa 12 x 9,5 m, a građena je od tesanog kamena tenelije i miljevine, vezanog krečom. U širini cijele džamije izgrađene su dvostruke i prostrane mahfile, jedne iznutra, a druge sa vanjske strane. Uz desni zid džamije dozidana je kamena munara, koja skladno djeluje sa vanjskim izgledom džamije. Ispred se nalazi, pored tabhane, još i hamam i više dućana od kojih su neki bili izgrađeni neposredno uz džamiju. Zato je Tabačica spadala među najposjećenije džamije u Mostaru. Neposredno uz lijevi zid džamije na mjestu gdje je trebao biti probijen četvrti prozor, prizidana je mala zgrada u kojoj je u vrijeme podizanja tabačkih dućana bila smještena stupa, kroz koju je proticala rijeka Radobolja (Slika 1.). Ta je zgrada sagrađena po svojoj prilici kad i džamija, a možda i ranije. Zgrada je tokom vremena ruinirana pa je Zavod za zaštitu spomenika kulture i prirodnih rijetkosti 1954. godine rekonstruisao na istom mjestu novu zgradu. Na njoj su izvršeni prethodni konzervatorski i restauratorski radovi. Ona se nalazila pod zaštitom države.



Slika 1. Džamija Tabačica i rijeka Radobolja

Za vrijeme agresije na Bosnu i Hercegovinu, džamija Tabačica je pretrpjela veliku štetu. Munara je u potpunosti srušena, značajno je oštećen zid gdje su ulazna vrata, kao i zid prema istoku. Ono što je sačuvano do današnjih dana, što nije rekonstruisano je zid okrenut ka zapadu: zid u kojem se nalazi mihrab i dio mimbere.

Džamija Tabačica je rekonstruisana i ponovo osposobljena za korištenje 2000. godine [1].

2. DIJAGNOSTIKA STANJA DŽAMIJE TABAČICE

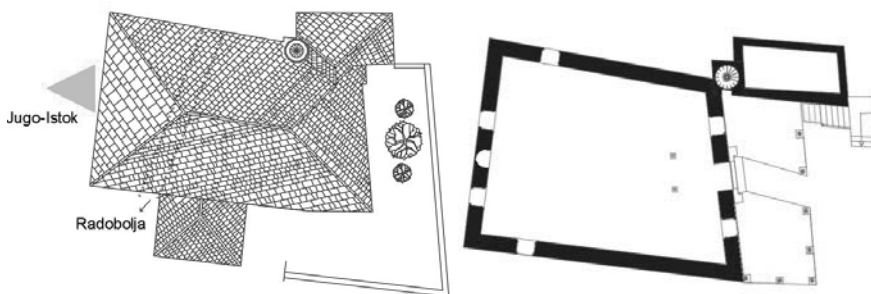
Glavni cilj dijagnostike stanja konstrukcija je na osnovu mjerenja i istraživanja dati odgovore na pitanja u kakvom je stanju promatrana konstrukcija. Neophodno je utvrditi kritične elemente konstrukcije, budući da ukupno stanje građevine diktira stanjem njezinog najslabijeg dijela. Redoslijed dijagnostike za postojeće građevine može se podijeliti na nekoliko koraka: prikupljanje ili rekonstrukcija postojeće dokumentacije, pregled građevine, ispitivanja i proračuni, ocjenjivanje i odluka o narednim postupcima.

U okviru dijagnostika stanja džamije Tabačice, prateći korake dijagnostike postojećih objekata, urađeno je:

1. Nacrti džamije
2. Pregledi građevine
3. Ispitivanja i praćenja
4. Statički proračun
5. Ocjenjivanje i odluka o daljnjem postupanju

Podaci o izvornom projektu i proračunu džamije nisu nađeni, pa se poslije preliminarnog pregleda građevine, pristupilo izradi arhitektonskih nacрта. Izvršeno je snimanje geometrije objekta i izmjere presjeka. Snimanje džamije je vršeno ručno, bez skele, uz pomoć metra, pantljičke i laserskog mjerača distance. Rezultat snimanja su arhitektonski nacrti postojećeg stanja građevine (Slika 2.), koji sadrže:

- situaciju
- osnovu
- poprečni i podužni presjek
- vanjske i unutrašnje fasade
- nacрте munare, mimbere i mihraba.



Slika 2. Situacija i osnova džamije Tabačice

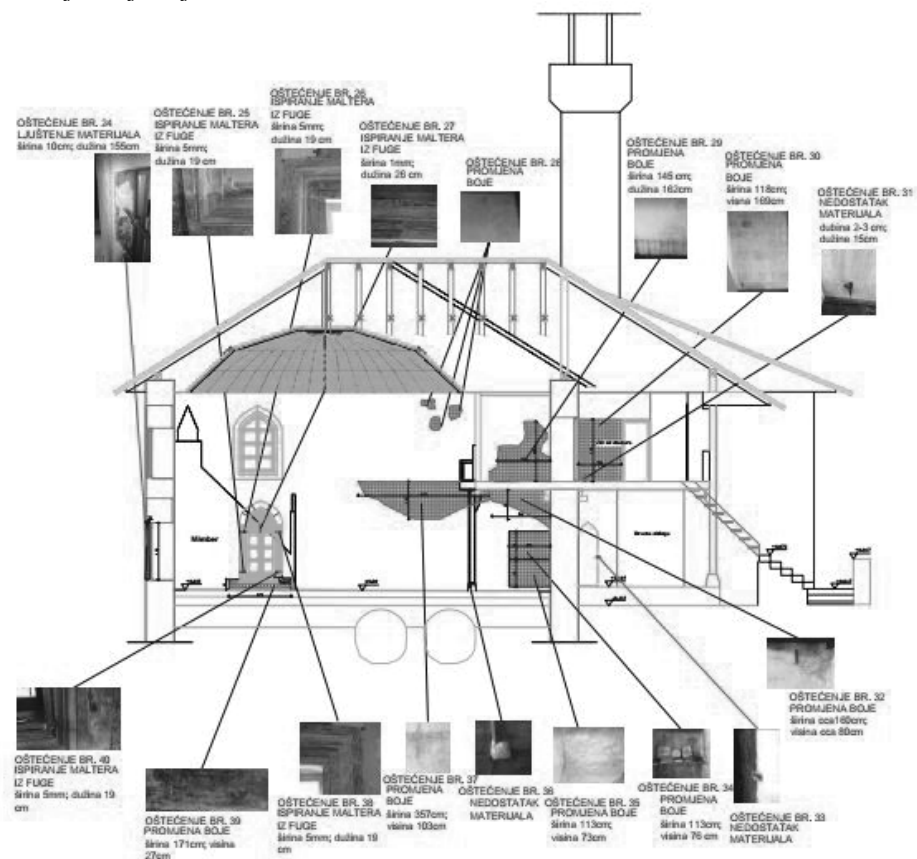
2.1. Analiza nastanka oštećenja

Nakon izrade arhitektonskih nacрта, pristupilo se detaljnom pregledu postojećeg stanja, uočavanju i ucrtavanju svih identifikovanih oštećenja. Prilikom detaljnog vizuelnog pregleda konstrukcije posebna pažnja se posvetila: izgledu i razlikama u boji površine konstrukcije, pojavi pukotina, njihovoj veličini i rasporedu, znakovima degradacije materijala na površini konstrukcije, deformacijama na konstrukciji, te na mjesta curenja ili zadržavanja vode, tj. na vlažne površine. Snimak postojećeg stanja džamije zajedno sa identifikacijom i mapiranjem oštećenja predstavlja polaznu osnovu za sljedeći korak, analizu nastanka oštećenja.

Na slici 3. je dat prikaz većeg broja oštećenja na džamiji Tabačici, koja su podijeljena po svom karakteru na:

- Nedostatak materijala,
- Pukotine,

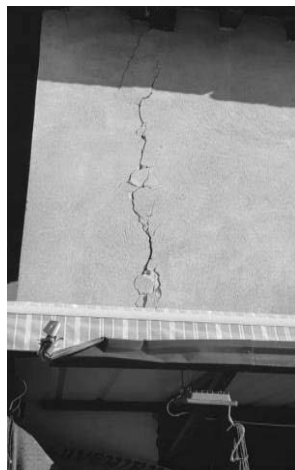
- Ljuštenje boje.



Slika 3. Prikaz jednog dijela oštećenja na džamiji

Sva oštećenja su fotografisana, a u ovom radu su prikazana neka od njih (Slika 4., Slika 5. i Slika 6.). Za svako oštećenje data je i preliminarna analiza nastanka oštećenja.

Grupa I: Pukotine



Slika 4. Pukotina na zapadnom zidu džamije Tabačice a) unutra b) spolja
Grupa II: Površinski nedostatak materijala



Slika 5 .Površinsko oštećenje kamenih i drvenih podova

Grupa III: Ljuštenje boje



Slika 6. a) Promjena boje na zidu, b) Nedostatak maltera na vanjskoj fasadi

2.2. Ispitivanja materijala

U svrhu dijagnostike stanja konstrukcija primjenjuju se nerazorne i razorne metode ispitivanja, a provode se na lokaciji građevine ili u laboratoriju. Ispitivanje se vrši odgovarajućim metodama, pri čemu se definišu slijedeće osobine:

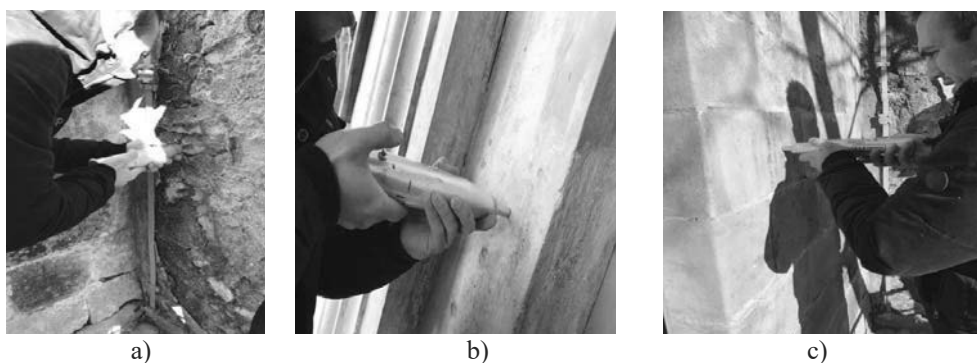
- promjene poprečnih presjeka i uzdužne geometrije od preopterećenja (oštećenja, pukotine, napuknuća) i od procesa dotrajalosti (koroziije, ljuštenja), a utvrđuju se upotrebom lasera, ultrazvučnih uređaja, kliznih mjerila i elektroničnih mjerila,
- cjelovitost konstrukcije, a ispituje se npr. udarnim odzvanjanjem,
- čvrstoća materijala, koja se određuje pomoću zatežućih i pritiskujućih ispitivanja na uzorcima, metodom sklerometra, ispitivanja kidanjem ili cijepanjem,
- osobine koje utječu na vlastitu težinu ili dodatno stalno opterećenje (gustoća materijala, stalna oprema),
- osobine vezane uz položaj konstrukcije i vijek trajanja (uvjeti okoliša, karbonizacija, sadržaj hlorida i sl.), te osobine upotrebljivosti (širina pukotina).

Ispitivanje nerazornim metodama u nekim slučajevima u određenoj mjeri oštećuje konstrukciju, ali su oštećenja nastala ovom metodom površinska i zanemariva. Osim toga,

pojedine metode ispitivanja se razlikuju i po tome da li razmatraju informacijama o stanju konstrukcije samo u jednoj tački ili daju izravan uvid u globalno ponašanje konstrukcije.

2.3. In situ ispitivanja

Za in situ ispitivanja iskorišten je sklerometar (Slika 7.). Odskočni čekić ili sklerometar "Schmidt" koristi se za određivanje kvalitete betona i drugih građevinskih kompozitnih materijala, a određen je u njemačkom standardu (DIN 4240). Sklerometar se koristi tako da se čekić aparata okomito prisloni na površinu ispitivanog betona i pritiskom ruke na suprotnoj strani aparata izvrši aktiviranje zbijene opruge koja daje potisnu silu udarnoj masi, koja djelovanjem opruge udara u udarni čekić i odskače na suprotnu stranu. Ovaj odskok se "fiksira", zaustavi pomoću jahača na skali, koji se nalazi na vanjskoj strani uređaja. Na osnovu registriranog odskoka na skali i baždarnih dijagrama prikazanih na samom uređaju, kao ovisnost čvrstoće (MPa), o visini odskoka h (mm), odredi se vrijednost čvrstoće betona. Veličina odskoka, koja se očitava pomoću jahača, koji se kreće duž skale, je uslovna arbitralna veličina, koja ovisi i o tvrdoći ispitivanog betona i potisnoj energiji opruge (starost, te zamor opruge, njena jačina) i o veličini pokretne mase. Zbog toga, za ispravno korištenje sklerometra potrebno je povremeno baždarenje [2].



Slika 7. Mjerenje sklerometrom: a) Zid džamije (lokacija 1), b) Podest ispred džamije (lokacija 2), c) Zid munare (lokacija 3)

Tabela 1. Rezultati mjerenja sklerometrom

Lokacija ispitivanja	Broj uzorka	1	2	3	4	5	Srednja vrijednost rezultata (MPa)
Lokacija 1	Čvrstoća uzorka (MPa)	41	38	29	50	45	40,60
Lokacija 2	Čvrstoća uzorka (MPa)	29	32	35	25	30	30,20
Lokacija 3	Čvrstoća uzorka (MPa)	20	22	23	25	25	23,00

Rezultati ispitivanja (Tabela 1.) su pokazali da ispitivani kamen sa džamije Tabačica ima čvrstoću u skladu sa referentnim vrijednostima kamena tenelije i miljevine. Također, kasnije je i statičkim proračunom dokazano da evidentirana oštećenja bitno ne utiču na nosivost konstrukcije.

2.4. Laboratorijska ispitivanja

Kao što je rečeno u uvodnom dijelu ovog rada, džamija je građena od tesanog kamena tenelije i miljevine. Rezultati ranijih ispitivanja čvrstoće na pritisak kamena tenelije na uzorcima uzetih iz obližnjog kamenoloma se kreću između 25 i 45 MPa, dok se čvrstoća na pritisak kamena miljevine kreće između 15 i 30, a nekada i do 35 MPa [3].

Kamen takođe odlikuju velike varijacije u čvrstoći i poroznosti ovisno o mjestu odakle je uzet pojedini uzorak, zbog čega je potrebno posvetiti posebnu pažnju na odabir kamena u odnosu na vizuelno uočljive varijacije u građi, poroznosti ili boji.

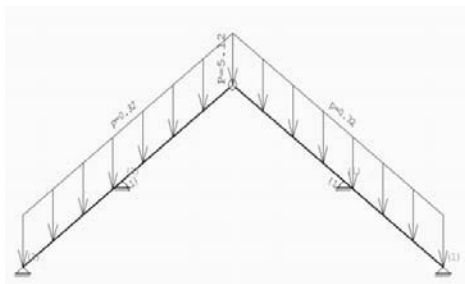
Ispitivanja miljevine su pokazala da je čvrstoća na pritisak uzorka opterećenih paralelno slojevima jednaka 70% čvrstoće na pritisak uzoraka opterećenih okomito na slojeve (Tabela 2.)

Tabela 2. Fizičko – mehaničke osobine tenelije i miljevine [3]

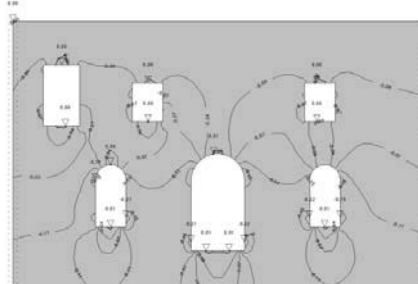
SVOJSTVO		KAMEN	
		TENELIJA	MILJEVINA
Gustoća [g/cm ³]		2,616	2,402
Prostorna masa [g/cm ³]		1,977	1,836
Poroznost [%]		24,40	23,60
Upijanje vode [%]	Pod. atm. pritiskom	9,47	14,10
	Kuhanjem u vodi	14,11	16,30
Koeffcijent zasićenja		0,67	0,87
Postojanost na mrazu		nepostojan	nepostojan
Čvrstoća na pritisak [MPa]	U suhom stanju	37,14 (32,86-45,00)	22,99 (20,82-24,69)
	U vodom zasićenom stanju	30,81 (27,67-36,16)	17,02 (13,96-20,72)
Koeffcijent razmekšanja		0,83	0,74

2.5. Metode proračuna

Proračun konstrukcije se odnosi na dimenzioniranje kritičnih mjesta na konstrukciji i proračun čitavog sistema s realnim parametrima, utvrđenim kroz pregled i ispitivanje konstrukcije. Proračunski model na kojem se provodi proračun postojeće konstrukcije mora prikladno prikazivati ponašanje konstrukcije, otpornost njenih dijelova i opterećenje na konstrukciju u skladu sa stvarnim stanjem na postojećoj konstrukciji. Pri proračunu džamije Tabačica koristio se softverski paket Tower 8, pri čemu je urađena statička analiza kompletne konstrukcije. Na Slici 9. dat je prikaz usvojenih statičkih sistema i prikaz dobivenih napona.



a)



b)

2.6. Prijedlog mjera sanacije

Tok dijagnostike stanja završava odgovorom na pitanje koje korake valja poduzeti i kako postupiti s konstrukcijama u budućnosti. Trebaju se dati preporuke za kratkoročne i dugoročne aktivnosti.

Nakon izvršene analize nastanka oštećenja kao i analize pojedinih elemenata konstrukcije, pristupilo se izradi prijedloga intervencija, a na osnovu nalaza analize.

Oštećenja su prema ozbiljnosti spram nosivosti konstruktivnih elemenata objekta, grupisana u tri grupe, i to:

- Oštećenja koja zahtijevaju intervenciju,
- Oštećenja na kojima se neće izvršiti intervencija jer ne utiču na nosivost i vrijednost građevine,
- Intervenciju daju konzervatori slikanja.

Oštećenje koje zahtjeva trenutnu intervenciju je pukotina sa Slike 4., za koju se preporučuje upotreba FRP karbonskih mreža. Potrebno je obiti stari malter i ugraditi novi uz korištenje FRP karbonatnih mreža koje imaju sposobnost da preuzmu napone zatezanja. FRP materijal sadrži veliki broj finih vlakana, izraženih mehaničkih karakteristika, unutar matrice od epoksi smole. Trake-tkanine mogu da budu nosive u više pravaca u zavisnosti od načina tkanja "vlakana". Primjena ovih mreža koristila se na zgradi kardinala Maffei, Pisa, Italija.

Sva ostala navedena i zabilježena oštećenja ne iziskuju intervenciju, samo upute o pravilnom korištenju i održavanju konstrukcije.

3. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana dijagnostika stanja džamije Tabačice u Mostaru i objašnjen je princip dijagnosticiranja kojeg čine: prikupljanje postojeće dokumentacije i nacrti, vizuelni pregled džamije, ispitivanja, potrebne statičke proračune i na kraju ocjena i odluka o daljnjem postupanju i održavanju džamije.

Nakon in situ ispitivanja i ispitivanja u laboratoriji ustanovljeno je da zidovi džamije imaju zadovoljavajuću nosivost. Također, statičkim proračunom je dokazano da oštećenja na džamiji bitno ne utiču na nosivost cijele konstrukcije.

Za oštećenje koje zahtjeva intervenciju dati su prijedlozi sanacije, kao i smjernice za kvalitetnije i svrsishodnije održavanje džamije.

4. REFERENCE

- [1] Hasandedić H.: Tabačica džamija u Mostaru, Orijentalni institut u Sarajevu, Sarajevo, 1960.,
- [2] Muraljov M.: Građevinski materijali, Građevinski fakultet, Beograd, 1995.
- [3] Bilopavlović V., Šaravanja K., Pekić S.: "Ispitivanje petrografskih i fizičko-mehaničkih svojstava kamena tenelije i miljevine", e-Zbornik radova Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Mostaru, br. 6, 2013.

DETERMINATION OF VALVE WEAR BASED ON CHARACTERISTIC MEASUREMENT

Prof. Dr. Darko Lovrec,
University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering
SI-2000 Maribor, Slovenia

Doc. Dr. Vito Tič,
University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering
SI-2000 Maribor, Slovenia

ABSTRACT

There are different ways to determine the extent of valve internal leakage, and, consequently, the degree and the type of valve degradation, resulting from valve wear. This is especially important for continuously operating hydraulic control valves. To obtain information on the type of valve degradation in addition to the extent of the leak, it makes sense to use an appropriate method. The solution to this problem is offered by measuring the static characteristics of the valves.

The paper presents the results of determining the degree of wear of proportional continuously operating valves based on the static characteristics measurement in accordance with the Standard ISO 10770. Based on the measurement of characteristics according to a standardised procedure and a standardised way of displaying individual characteristics, we obtain a more comprehensive insight into the degradation of the valve. Consequently, it is also possible to infer the influence of the type of valve degradation on the behaviour of the hydraulic system.

Keywords: Hydraulic control valves, wear, monitoring, steady state characteristics

1. INTRODUCTION

Tribological systems, in general, are subject to different types of wear. Three of these types of wear are dominant in hydraulic valves (see Figure 1): Erosion, three-body abrasion, and impact wear. The characteristics of these wear types and the factors governing wear behaviour are discussed below.

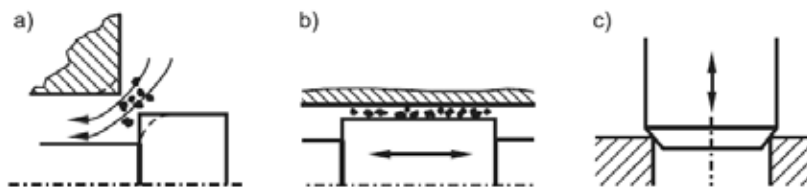


Figure 1: Valve wear mechanisms: a) Erosion, b) Three-body abrasion, c) Impact wear [1]

In spite of filtering measures, fluid power circuits are invariably subject to contamination with solid particles. When fluid passes by component walls and edges with high velocity,

suspended particles cause *erosive wear* on the component material by constant removal of material. This type of wear affects both spool and poppet valves, particularly at small valve openings with narrow flow channels, and all kinds of valve components – spool, sleeve, housing, poppet, and seat, when they are paired tribologically with solid contaminants. Depending on the valve type, erosive wear phenomena are perceptible in the near of metering geometry, such as spool edges, spool notches, and sleeve orifices, or sealing geometry, such as poppet or seat edges.

Abrasive wear occurs when relative motion is imposed on the valve components in the presence of solid contaminants. This type of wear affects mainly spool valves during operation of the spool. The tribological pairing, in effect, consists of the spool, any solid particles, and the housing or inserted sleeve. Component material is sheared off by the particles entering the valve gap when the components are moved. The results of three-body abrasion can be observed in gap widening and deformation of the housing.

In poppet valves, the poppet is frequently pressed into the seat with high velocity and energy when the valve is closed. Especially in pilot-operated valves, this implicates *wear due to the impact* of the components of the tribological pairing comprising poppet and valve seat. During continuous operation, material can be cracked out of the geometry under stress, resulting in fractures, or pitting at the sealing edge or the seat. (e. g. [1], [2], [3])

A directional valve with proportional magnets (HAWE Type NSWP 2 G20/MP/02-G 24) was used for the research, which, despite the small positive overlap of the control edges, enables continuous operation of the valve (continuous adjustment of the position and, consequently, the flow of the valve in proportion to the electrical control signal). The valve, with the considered wear zones, is shown in Figure 1.

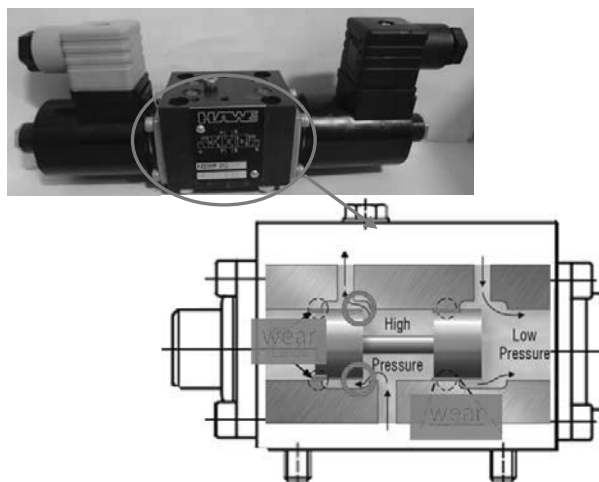


Figure 2. Considered directional valve with proportional magnets – appearance and wear zones

In the case of a directional valve with a longitudinally movable control spool, the wear of the sliding surface of the spool is in the forefront of the discussion. As a result of increased wear a larger gap occurs between the spool and the valve housing, which leads to increased internal valve leakage (Three-body wear mechanism – sliding wear).

As this is a continuously operating valve, due to the possibility of adjusting small flow cross-sections (and small flows), wear of the control edges is also present in practice (Erosion of control edges). The focus of the discussion in this paper is focused on the impact of the increased gap (increased clearance) due to sliding wear and increased leakage.

2. OPTIONS FOR VALVE LEAKAGE DETERMINATION

One of the options for determining the degree of valve wear is the classical measurement of leakage flow, in a way such as, e. g., shown in Figure 3. This approach is very simple, but, in this case, based on the measured amount of fluid due to leakage, we only get information about the amount or degree of wear, but no information about the wear of the valve spool control edges. The latter is especially important in the case of valves with very small positive overlap or with zero overlap.

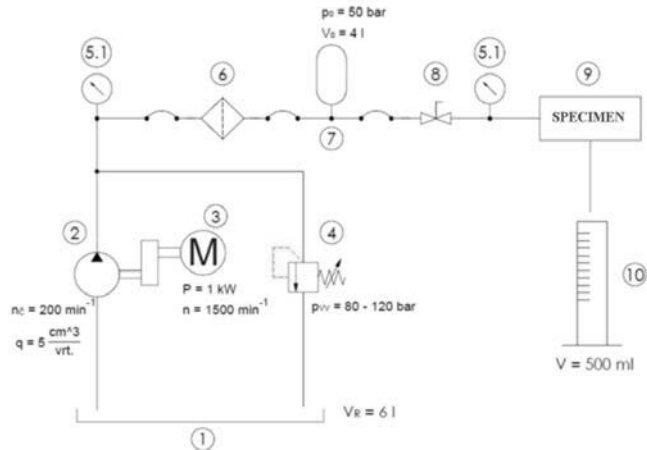


Figure 3: A classic approach to leak measurement and inference to the degree of valve wear [4]

Another approach that gives us a more comprehensive insight into the extent of leakage is to measure the characteristic according to the Standard ISO 10770-1 – in our case it is a Leakage test. In this way, we obtain additional information about the condition of the control edges of the valve slider, as well as the influence of wear on the change in the characteristic of the valve.

3. MEASUREMENTS ACCORDING STANDARD ISO 10770-1

The ISO 10770-1 Standard applies to electrically controlled directional hydraulic valves, and consists of three parts. The first part refers to the testing of 4-port directional valves, the second part relates to the testing of 3-port valves, and the third part to the pressure control valves. [5] The Standard is divided into electrical tests, performance tests that are further divided into dynamic and static tests, and pressure impulse tests. The static performance tests of 4-port directional valves are relevant for the preselection of control valves. With this Standard, different static characteristics are defined: Proof pressure tests, an internal leakage test, output flow versus input signal test, flows across lands versus input signal, output flow versus load pressure difference, output flow versus valve pressure drop, limiting output flow versus valve pressure drop, output flow versus fluid temperature, pressure difference versus fluid temperature, etc.

Two tests are important for our purposes: The internal leakage test and, additionally, for a better insight into the effects of increased leakage, a signal Output flow versus input signal test at constant valve pressure drop. The Standard ISO 10770-1 specifies the procedure for performing the test fairly accurately, as well as the conditions for conducting the individual tests. In order to determine the actual course of these characteristics, it is necessary to build a measuring device, or to have it available for measurement.

The measuring device contains, in addition to the hydraulic part of the device, designed in accordance with the Standard proposal, appropriate sensors, and with the appropriate control and data acquisition system for the automated recording of the individual characteristics. Based on the ISO 10770-1 test procedures, in our case, a test device was designed and built.

The layout of the device for measuring of 4-way directional flow control valves and the appearance of the device equipped with sensors are shown in Figure 4.

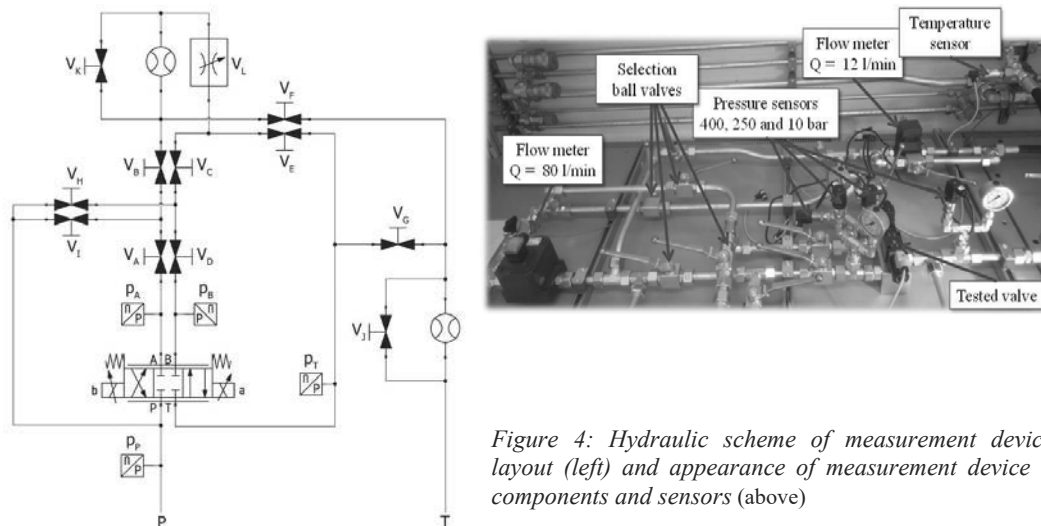


Figure 4: Hydraulic scheme of measurement device layout (left) and appearance of measurement device – components and sensors (above)

The Standard ISO 10770-1 also specifies the test conditions that are presented in Table 1.

Table 1: Required test conditions [5]

Ambient temperature	20 ±5 °C
Filtration	According to ISO 4406
Hydraulic fluid	Mineral hydraulic oil (ISO 6743-4)
Hydraulic fluid temperature	40 ±6 °C at valve inlet
Fluid viscosity grade	VG 32 (ISO 3448)
Pressure	±2,5 % according to specific test

The measuring device requires the use of necessary, very accurate sensors for measuring pressure and flow, and shut-off valves for selecting the measurement of specific characteristics. More detailed information on the structure of the device, the necessary equipment and the procedure for measuring the individual characteristics, as well as the various possibilities of using the device, is available in the literature, e.g. [6], [7], [8].

4. MEASUREMENT RESULTS

The internal leakage test measures the internal leakage flow between the individual valve ports. During the test, both control (working) ports are closed and the tank port is opened. The pressure port is loaded with 100 bars, or with valve's maximum allowed pressure.

Before performing the measurement, it is necessary to drive the valve several times over its entire control area. The flow of leakage on the tank port is then measured throughout the control area. The result is a graph of the leakage flow depending on the control signal.

With the device presented in Figure 4, the repeatability of the measurement procedure was performed first, and only then, all other measurements. Two valves of the same type were used for the purpose of checking the repeatability of the measuring procedure, for determining the differences between the valves of the same series and for further research. [8] The measurement was repeated three times, whereby the results were identical. The latter

proves the high degree of reproduction of the measurement procedure, and, therefore, high degree of measurement repeatability. Figure 5 shows the results of the internal leakage test along with the measuring layout for Valve 2 as an example.

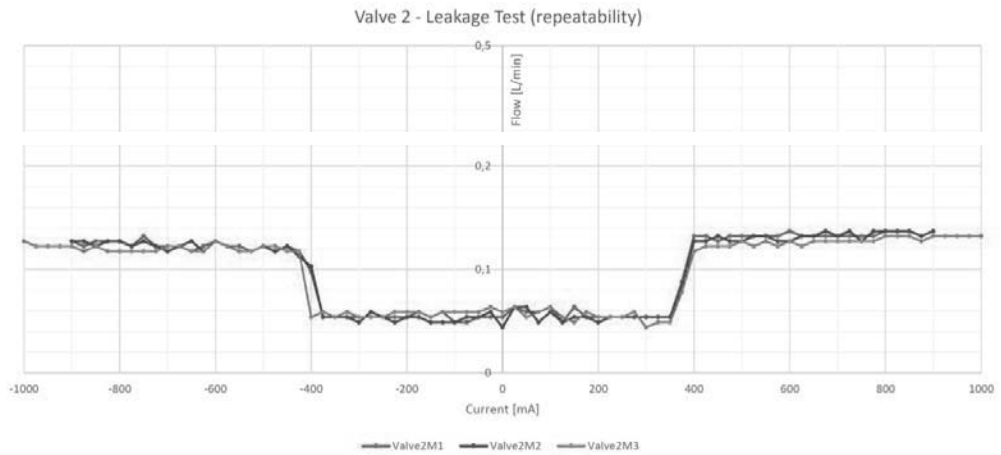


Figure. Internal leakage test – measurement repeatability Valve 2

For the purpose of determining the effect of the increased gap height due to wear (clearance = the difference between the spool diameter and the valve body) on the extent of internal valve leakage, we reduced the diameter of the valve spool by grinding it by 4 microns. According to the Hagen-Poiseuille equation, where laminar flow in a concentric gap is considered, the gap height δ is the most influential parameter affecting the extent of leakage – Equation 1.

$$Q_{L,\text{conc-gap}} = \frac{\pi d_m \delta^3}{12 \eta l} \Delta p, \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (1)$$

where Δp is the pressure difference, d_m the medium diameter of the round concentric gap, δ is the height of the gap where the spool is centred in the hole, η is the dynamic viscosity of the hydraulic fluid and l is the length of the gap – length of positive overlap.

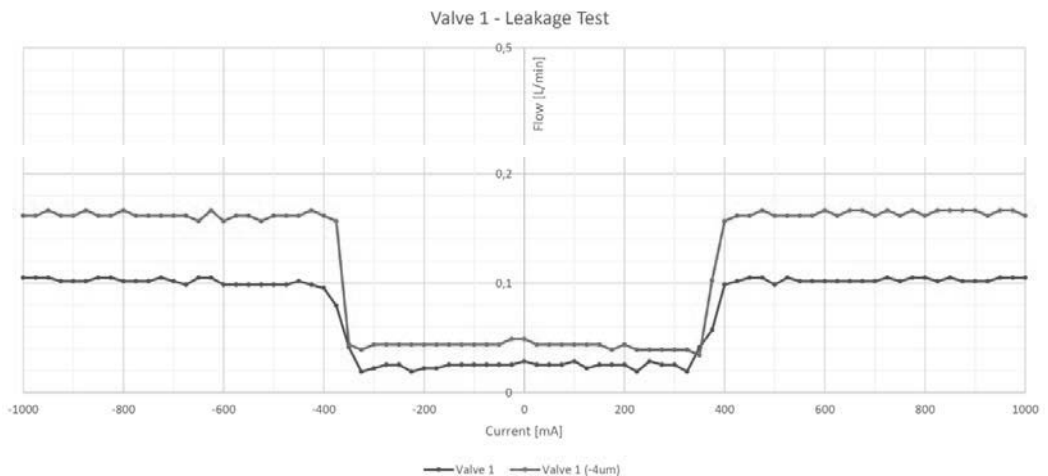


Figure 6. Leakage characteristics of modified Valve 1

According to Equation (1), the decrease in diameter should be reflected in increased internal valve leakage. The influence of such an “artificially” increased gap on the extent of leakage and the change in characteristics are shown in Figure 6. The Figure shows clearly the increased extent of the total internal valve leakage, the size of the positive valve overlap representing the dead zone of the valve, as well as changes in valve switching and middle position.

5. CONCLUSION

The known extent of internal valve leakage provides the user with information on the degree of valve degradation due to wear. In the case of hydraulic directional valves with a longitudinally movable control spool, the main cause of wear is the wear in the form of three-body abrasion. In the case of continuously operating valves, e. g. proportional valves or servo valves, due to the possible setting of small flow cross-sections (small valve openings), erosion of the control edges occurs additionally.

The extent of valve leakage can be determined in several ways. One of the simplest is to measure the leakage flow when the valve control ports are closed. With this method, we only get information about the amount of leakage, and nothing else. In certain cases, especially in the case of continuously operating control valves, it is also important to know how the characteristics of such a valve have changed due to increased wear and leakage. As a result of increased wear, the valve switching behaviour and parameters that are important for control also change.

In this case, the extent of the leak can be measured in accordance with Standard ISO 10770, which, in addition to the standard leak measurement procedure, also contains measurements of other static characteristics important for the synthesis of hydraulic controlled drives. In addition to the extent of the leakage, we can also determine the size of the spool overlap in this way, the impact of leakage on the dynamics of valve switching, as well as the possible impact of erosion of the valve control edges.

6. REFERENCES

- [1] Reinertz, O., Schlemmer, K., Schumacher, J., Murrenhoff, H.: Development of an Accelerated Ageing Test for Hydraulic Spool and Poppet Valves, 7th International Fluid Power Conference, Aachen 2010, pp. 1-13, 2010.,
- [2] Zhang, K., Yao, J., Jiang, T., Yin, X., Yu, X.: Degradation Behavior Analysis of Electro-Hydraulic Servo Valve under Erosion Wear, 978-1-4673-5723-4/13/ 2013 IEEE, 2013.,
- [3] Lehner, S.: Verschleißwechselwirkungen in hydraulischen Komponenten durch Feststoffverschmutzung des Druckmediums, Dissertation, RWTH, Aachen, Germany, 1996.,
- [4] Strmčnik, E., Majdič, F.: Comparison of leakage level in water and oil hydraulics, Advances in Mechanical Engineering, Advances in Mechanical Engineering, 2017, Vol. 9(11) pp. 1–12, DOI: 10.1177/1687814017737723.,
- [5] ISO 10770-1: Hydraulic fluid power-Electrically modulated hydraulic control valves – Part 1: test methods for 4-port directional flow-control valves, 2009.,
- [6] Tič, V., Lovrec, D.: Test device and automated test procedures for measuring valve characteristics, International Conference Fluid Power, 1st ed. Maribor: University of Maribor Press, Faculty of Mechanical Engineering, pp. 145-158, 2019.,
- [7] Lovrec, D.: Significance of proportional valve steady-state characteristics, International Conference Fluid Power, 1st ed. Maribor: University of Maribor Press, Faculty of Mechanical Engineering, 2019, pp. 159-170, 2019.,
- [8] Lovrec, D., Edler, J.: Selection procedure of hydraulic valves for tribological research, Serbiatrib '19 : proceedings on engineering sciences, 16th International Conference on Tribology, 15-17 May 2019, Kragujevac, Se, ISSN 2620-2832, vol. 1, no. 1. Kragujevac: University of Kragujevac, Faculty of engineering. cop., pp. 646-651, 2019.

INSTALACIJA I ODRŽAVANJE CLOUD SERVERA ZA POHRANU REZERVNIH KOPIJA PODATAKA

INSTALATION AND MAINTENANCE OF CLOUD SERVER FOR DATA BACKUP

Krešimir Pavelić, mag.ing.comp
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Osijek, R. Hrvatska

Krunoslav Kurilj, ing.inf
Graditeljsko – geodetska škola Osijek
Osijek, R. Hrvatska

Mr.sc. Držislav Vidaković
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Osijek, R. Hrvatska

REZIME

S obzirom na to da sve veću potrebu izrade rezervnih kopija podataka te njihovo arhiviranje, uz poštivanje načela privatnosti i sigurnosti, jedan od načina je i izrada vlastitog mrežnog „cloud“ servera koji služi prijemu i pohrani korisničkih podataka. U radu je objašnjen princip instalacije, osnovnog podešavanja i održavanja servera baziranog na operativnom sistemu Ubuntu 20.04 LTS.

Ključne riječi: Cloud, server, backup, rezervna kopija, održavanje, instalacija

SUMMARY

Given the growing need to back up data and archive them, while respecting the principles of privacy and security, one of the ways is to create your own network „cloud“ server that serves to receive and store user data. The paper explains the principle of installation, basic setup and maintenance of a server based on the Ubuntu 20.04 LTS operating system

Keywords: cloud, server, backup, maintenance, installation

1. UVOD

Današnje poslovanje i sveukupni rad u informatičkom okruženju iziskuje skoro svakodnevnu potrebu za izradom rezervnih kopija korisničkih podataka. Bilo da se tu radi u podacima najvišeg prioriteta i poslovne tajne ili o osobnim podacima korisnika informatičkog sustava, bitno je da ti podaci budu arhivirani i dostupni u za to određenom trenutku. Mehanički ili električni kvar, pogreška operativnog sustava, pogreška u aplikativnom programu, razni zlonamjerni programi poput virusa ili jednostavno greška samog korisnika mogu vrlo lako dovesti do toga da bitni podatci budu izgubljeni. Štete u tom slučaju mogu varirati od banalnih, ukoliko izgubimo nekakav marginalan dokument ili fotografiju do milijunskih ukoliko izgubimo podatke o projektima, nacрте, izračune i slično.

Danas postoje mnoge tvrtke koje nude u svom poslovanju usluge arhiviranja i pohrane podataka no tu se uvijek postavlja pitanje sigurnosti, odnosno da li su ti podaci dostupni (čitljivi) onome tko nudi uslugu ili samo vama.

Ukoliko želite podatke imati pod kontrolom i da su dostupni samo vašoj tvrtki i djelatnicima, jedan od načina je izrada vlastitog mrežnog „Cloud“ servera.

2. HARDWARE & SOFTWARE

Računalo potrebno za izradu servera može varirati u cijeni i sastavu komponenti. Moguće je sastaviti server od starijeg, polovnog računala no za siguran i pouzdan rad potrebno je računalo bazirano na serverskoj arhitekturi. Ovdje prvenstveno govorimo o centralnoj procesorskoj jedinici (CPU), radnoj memoriji (RAM) i diskovnom kontroleru sa RAID mogućnostima. Brži i jači procesor omogućuje lakši i brži rad kompletnom sustavu, veća količina radne memorije omogućuje izvođenje većeg broja zadataka u jedinici vremena dok RAID polje ovisno o konfiguraciji vrši istovremene zapise na dva, tri ili više hard diskova s čime se omogućuje da u slučaju kvara jednog od diskova, podaci ostaju dostupni i čitljivi na ostalima.

Od programa se koristio operativni sistem Linux, distribucije UBUNTU, 20.04 LTS (Long time support). Operativni sustav za izradu i konfiguriranje servera je u potpunosti besplatan.

Cloud aplikacija koja se postavlja na server, Nextcloud je također besplatna.

3. OPERATIVNI SUSTAV

Ubuntu 20.04 LTS je serverski operativni sustav^[1], gdje se skoro sva podešavanja i instalacije vrše putem terminala. Kratica LTS znači Long Time Support, čime se tvrtka Canonical u čijem je vlasništvu Ubuntu programski paket, obvezala da će pružati dugogodišnju podršku korisnicima koji se odluče za ovu distribuciju.

Operativni sustav koji se koristi je 64-bitni, sa mogućnošću preuzimanja velikog broja aplikacija koji su danas dostupni na tržištu i bazirani na Linux-u baziranim računalima. Prilikom instalacije UBUNTU 20.04, potrebno je odgovoriti na nekoliko pitanja uključujući regionalne postavke, količinu hard diska koju želimo namijeniti operativnom sustavu te podatke o mrežnoj povezanosti sa internetom. Pri tome se upisuje mrežna (IP) adresa servera, adresa DNS servera te adresa Gatewaya kako bi korisnici mogli pristupiti samome serveru.

Nakon toga se upisuju podaci o administratoru računala i rad može započeti.

4. INSTALACIJA CLOUD SOFTWARE-A ^[2]

Sam proces instalacije započinje naredbom

```
root@cloudstorage:~# sudo snap install nextcloud
```

Slika 1. Primjer naredbe kojom započinjemo instalaciju Nextcloud aplikacije na serveru cloudstorage

Nakon što se server spoji sa udaljenim distributerom programa, započinje preuzimanje Nextcloud programskog paketa kao i njegovo automatsko postavljanje na server. Procedura ovisno o brzini internet veze može biti vrlo brzo gotova.

```
root@cloudstorage:~# sudo snap install nextcloud
nextcloud 19.0.4snap1 from Nextcloud* installed
root@cloudstorage:~#
```

Slika 2. Obavijest o uspješnom instaliranju Nextcloud-a

Kako bi mogli provjeriti da li je sve u redu te dovršiti instaliranje, potrebno je spojiti se sa drugog računala putem bilo kojeg internet preglednika kucajući mrežnu (IP) adresu samoga servera u adresnu traku.

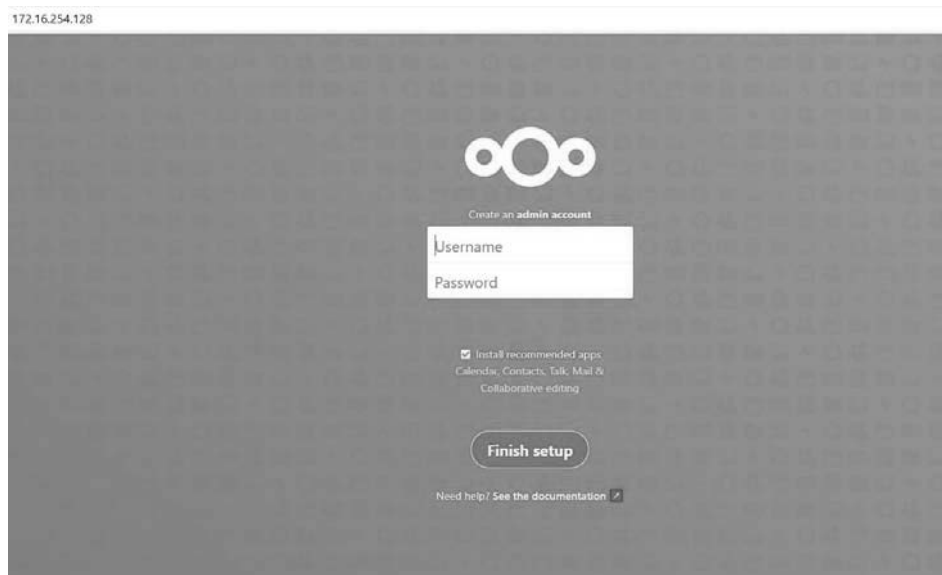
Ukoliko nismo sigurni koju IP adresu ima server, to lako možemo provjeriti putem naredbe: ip addr show ^[3]

```
root@cloudstorage:~# ip addr show
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN group default qlen 1000
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
    inet 127.0.0.1/8 scope host lo
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 ::1/128 scope host
        valid_lft forever preferred_lft forever
2: ens33: <BRDADDCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel state UP group default qlen 1000
    link/ether 00:0c:29:97:e8:8d brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 172.16.254.128/24 brd 172.16.254.255 scope global dynamic ens33
        valid_lft 1395sec preferred_lft 1395sec
    inet6 fe80::20c:29ff:fe97:e88d/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
root@cloudstorage:~# sudo joe /etc/netplan/00-installer-config.yaml _
```

Slika 3. Prikaz IP adrese servera

U drugoj polovini ekrana otkrivamo adresu servera: 172.16.254.128. Ta adresa se može promijeniti po želji editirajući datoteku 00-installer-config.yaml u /etc/netplan direktoriju i upisivanjem podataka koji su nam potrebni

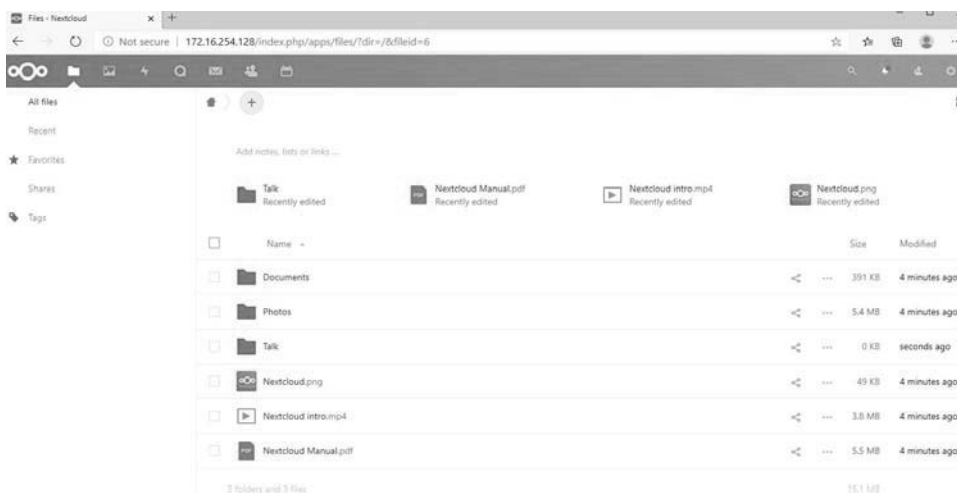
Tada na drugom računalu otvorimo bilo koju internet pretraživač i u adresu pretrage upišemo IP adresu servera, u ovom slučaju 172.16.254.128. U primjeru je korišten Edge pretraživač



Slika 4. Pristup serveru sa drugog računala pomoću IP adrese i internet preglednika

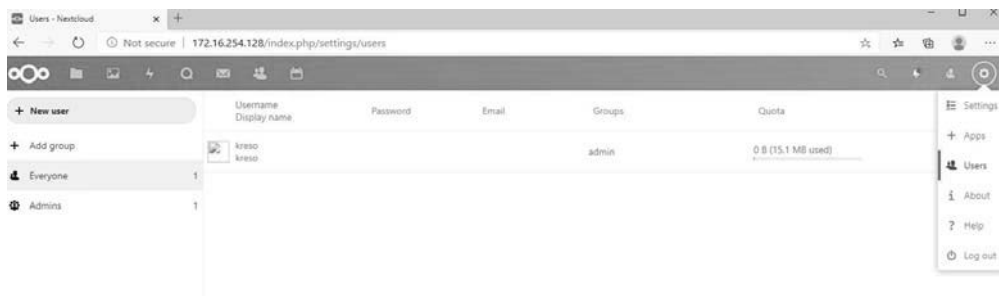
Ukoliko je sve u redu, trebali bi ugledati poruku kao na slici 4. Slijedi unos korisničkog imena i lozinke sa kojom će se budući administrator Cloud servisa koristiti. Također možete odabrati da li želite instalirati i dodatne programe koji se nalaze u paketu.

Korisničko sučelje je slično većini programa te tematike i djelomično podsjeća na windows explorer. U njemu se omogućuje kreiranje ili brisanje foldera, dodavanje ili brisanje datoteka, prikazuje se zauzeće prostora kao što je prikazano na slici 5.

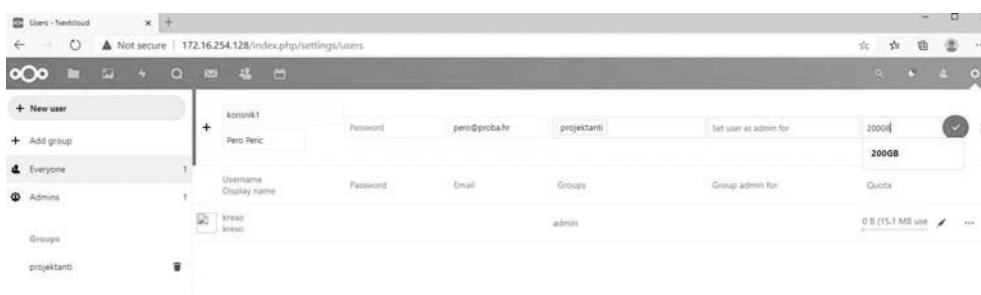


Slika 5. Izgled administratorskog sučelja

Sada, administrator sustava može početi dodavati buduće korisnike ili grupe korisnika. Moguće je svakom pojedinačnom korisniku dodijeliti određeni fiksni prostor za pohranu dokumenata. Koliki će taj prostor biti ovisi o kapacitetima vašeg servera. U slikama 6 i 7 prikazano je kako se dodaju korisnici i kako se upisuje količina prostora koju korisnik može zauzeti.

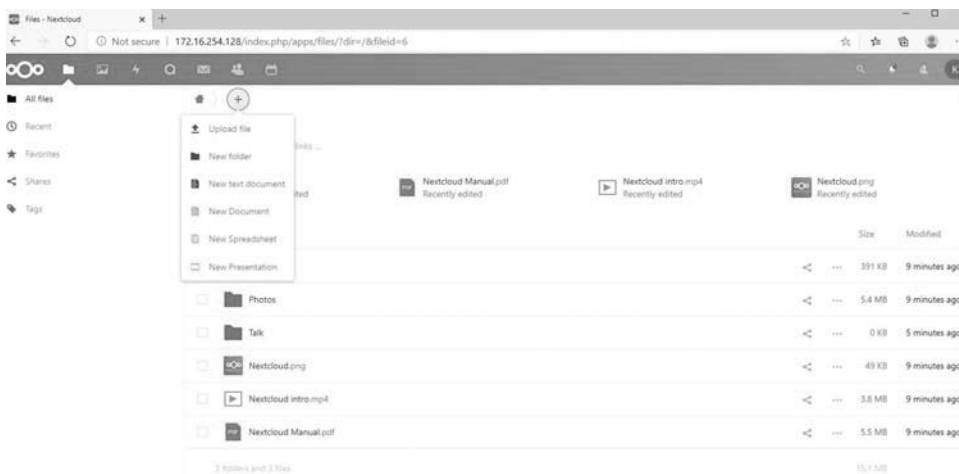


Slika 6. Dodavanje korisnika pomoću menija sa desne strane ekrana



Slika 7. Dodjeljivanje prostora veličine 200GB korisniku

Korisnik, koji nije administrator, kada dobije podatke o dodijeljenom korisničkom imenu i lozinki, pristupa sustavu kao što je prikazano na slici 4. Sučelje koje vidi korisnik ne razlikuje se puno od administratorskog osim što mu nedostaju nužne opcije za nadzor i upravljanje sustavom.



Slika 8. Korisničko sučelje

Naravno, umjesto brojaka (IP adrese) koje se upisuju u pretraživač, moguće je serveru dodijeliti i nekakvo pamtljivo ime, tipa cloudstorage.gfos.hr no onda se ti podaci moraju registrirati i podesiti u DNS zapisima servera.

Osim direktnog rada sa serverom, korisnicima se nudi i mali program, klijent koji se instalira na njihovo računalo. Nakon instalacije Nextcloud klijenta, odabere se direktorij za kojeg želimo da se u realnom vremenu sinhronizira sa serverom. To znači da će svi dokumenti na lokalnom računalu, koji se nalaze u tom folderu automatski biti prebačeni na server bez ranije opisane procedure prijave i rada. Također, ukoliko ih obrišemo iz tog foldera, automatski se brišu i sa servera. Moguće je izabrati više od jednog foldera za sinhronizaciju.

5. ODRŽAVANJE

Sam server se održava kao i obično računalo. Preventivno i korektivno. U preventivno održavanje spada mehanički pregled, čišćenje, postavljanje na UPS uređaj kao i redovno ažuriranje programske podrške.

Programi se ažuriraju naredbama `#sudo apt update` ^[3] i `#sudo apt upgrade` ^[3]

Korektivno održavanje nastupa u slučaju kvara. Ukoliko je kvar hardverski, potrebno je zamijeniti jednu ili više neispravnih komponenti a u slučaju greške u programskom sustavu potrebno je ili pratiti kodove pogreški i poruke softvera (log zapisi) ili kontaktirati proizvođača paketa radi podrške

6. ZAKLJUČAK

Koristeći ovaj sustav vaši se podaci dupliciraju i pohranjuju na server koji je pod vašom kontrolom i u vašem vlasništvu. U slučaju kvara i gubitka podataka na računalu korisnika, na serveru se nalaze svi oni podaci koje je korisnik tamo ranije pohranio. Nakon što se korisniku popravi staro ili nabavi novo računalo, potrebno je samo putem internet pretraživača pristupiti serveru i svi njegovi podaci su mu ponovno dostupni. Čak i ako dođe do neispravnosti samog diska na serveru, ukoliko je tijekom instalacije korišteno RAID polje, administrator zamijeni neispravan disk sa novim a ostali diskovi u serveru preuzimaju posao bez gubitka podataka. Mnogi današnji sustavi koriste prostor za pohranu u oblaku, Dropbox, Google drive, One drive itd. Ovo je jedan od načina kako sami možete postaviti i podesiti jedan takav manji sustav koji bi zadovoljio potrebe tvrtke.

7. REFERENCE

[1] <https://releases.ubuntu.com/20.04/>

[2] <https://nextcloud.com/install/>

[3] <http://manpages.ubuntu.com/>

RIZICI, ZAHTJEVI I STANDARDI SA ASPEKTA SIGURNOSTI U ZAVARIVAČKIM PROCESIMA

RISKS, REQUIREMENTS AND STANDARDS FROM THE SECURITY ASPECT IN WELDING PROCESSES

V.ass. Emir Đulić, dipl. inž. maš.
Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici
Zenica

REZIME

Postupci zavarivanja se prema svim mjerilima klasificiraju u vrlo opasne, a izvor glavnih opasnosti je od fizičkih i hemijskih pojava, koje su vezane za tok konkretnog postupka zavarivanja. Prema podacima ILO o broju ozljeda i profesionalnih oboljenja radnika pri zavarivačkim procesima, možemo zaključiti da najslabiji zavarivački problemi nisu u tehničkom aspektu (optimalna tehnologija i odgovarajući kvalitet zavarenih spojeva) već u sigurnosti i zaštiti zdravlja, pri čemu treba implementirati cjeloviti pristup rješavanju identifikovanih opasnosti, jer mnoge opasnosti proizilaze takođe iz načina izvođenja i radnih mjesta posmatranog zavarivača, koji nisu u neposrednoj vezi sa samom tehnologijom zavarivanja. Cilj rada je da se ukaže na aspekte i zahtjeve vezane za zdravlje i bezbjednost, prikaže procjena rizika (električna struja, priključivanje opreme, zaštitni gas i emisija dimova, zračenje, ventilacija i buka), definiše zaštita sa aspekta redovnog pregleda opreme i sredstava za rad pri zavarivanju te pregledno prikažu standardi i normativi koji su propisani pravilnicima i zakonskom regulativom kao prevencije u smanjivanju potencijalnih rizika.

Ključne riječi: Zavarivanje, zaštita na radu, rizik, standardi i regulativa

SUMMARY

According to ILO data on the number of injuries and occupational diseases of workers during welding processes, we can conclude that the most complex welding problems are not in the technical aspect (optimal technology and appropriate quality of welded joints) but in safety and health. In accordance with this, a comprehensive approach to addressing the identified hazards should be implemented, because many dangers also arise from the way of performing and jobs of the observed welder, which are not directly related to the welding technology itself. The aim of this paper is to point out aspects and requirements related to health and safety, present a risk assessment (electricity, connection of equipment, shielding gas and smoke emissions, radiation, ventilation and noise). The goal is to define protection from the aspect of regular inspection of equipment display standards and norms prescribed by the regulations and legislation as well as prevention in reducing potential risks.

Keywords: welding, occupational safety, risk, standards and regulations

1. POSTUPCI ZAVARIVANJA I POTENCIJALNE OPASNOSTI

Zavarivanje je proces izrade nerazdvojivog spoja uspostavljanjem međuatomskih veza između dijelova koji se zavaruju, pri kome se pojedinačno ili kombinovano koristi toplotna i mehanička energija, a po potrebi i dodatni materijal. Postupci zavarivanja, koji se najčešće koriste u praksi, zasnovani su na lokalnom zagrijavanju materijala iznad temperature topljenja, kada zavareni spoj nastaje očvršćavanjem (npr. elektrolučno zavarivanje), ili na lokalnom zagrijavanju materijala do temperature topljenja, kada zavareni spoj nastaje uz dodatno djelovanje pritiska (npr. elektrootporno zavarivanje). Zavarivanje je najjednostavniji, najučinkovitiji i najjeftiniji način nanošenja slojeva jednog metala na osnovnu masu drugog metala, stoga tehnologija zavarivanja danas nema bolje alternative kada je u pitanju spajanje metalnih proizvoda, jer objektivni kriteriji kao što su optimizacija u smislu nosivosti, pouzdanosti i cijene proizvoda su dominantno na strani zavarivanja. Prema svim mjerilima postupci zavarivanja se razvrstavaju u vrlo opasne; kako za izvođača tako i za obližnje učesnike procesa. Procesi zavarivanja su praćeni pojavama visokih temperatura, nastajanjem ili korištenjem gasovitih produkata, svjetlosnim i toplotnim zračenjem, te opasnostima od električne struje. Sve ove pojave ili materije mogu štetno uticati na zdravlje zavarivača i drugih radnika, a predstavljaju i potencijalnu opasnost za nastanak materijalne štete. Osnovni zadatak u pogledu zdravlja i zaštite je da se otklone ovi opasni uticaji zavarivanja, pa se zbog toga preduzimaju odgovarajuće mjere sigurnosti, koje su propisane zakonima i pravilnicima. Svaki zavarivač ima pravo i obavezu zaštite prema tim propisima. Najsloženiji zavarivački problemi nisu u tehničkom aspektu (optimalna tehnologija i odgovarajući kvalitet zavarenih spojeva) već u sigurnosti i zaštiti zdravlja, pri čemu treba implementirati cjeloviti pristup rješavanju identifikovanih opasnosti, jer mnoge opasnosti proizilaze takođe iz načina izvođenja i radnih mjesta posmatranog zavarivača, koji nisu u neposrednoj vezi sa samom tehnologijom zavarivanja.

Pri zavarivanju su moguće nesreće koje bitno mogu utjecati na zdravlje radnika, ako ne poznamo sve izvore opasnosti. Kod zavarivanja se javljaju različite opasnosti koje prijete zavarivaču, a dominantne su:

- Opasnost od električne struje i strujnog udara;
- Opasnosti od zračenja;
- Opasnosti od pare i toksičnih plinova u zavarivačkom dimu;
- Opasnosti od prskanja užarenog metala;
- Opasnosti koje prijete od buke i
- Opasnost kod zavarivanja u neodgovarajućoj mikroklimi (visina, skučen prostor, fizički napor i ukočenost...)

Zavarivači su često prisutni i na susjednim radnim mjestima (npr. rezanje, pripajanje, predgrijavanje, transport, brušenje) tako da se prethodno definisane opasnosti manifestuju sljedećim pojavama, konkretno, i tokom izvođenja samog postupka ali i tokom pripreme posla:

- mehaničke povrede;
- vanjske opekotine;
- unutrašnje krvarenje i opekotine;
- gušenje ili trovanje;
- oštećenje mišića i
- profesionalna oboljenja.

Svjetska organizacija rada (ILO) kategoriše zavarivačke poslove kao profesiju koju prati veliki broj ozljeda i profesionalnih oboljenja, što ovo zanimanje stavlja u sami vrh opasnih zanimanja. Veoma su rijetki procesi u kojima su neposredni izvršioци izloženi većem broju opasnih i negativnih uticaja od zavarivačkih procesa, stoga je potrebno ovu tematiku staviti na prvo mjesto kada se govori o postupcima zavarivanja, kako bi se radni vijek zavarivača produžio i približio radnom vijeku ostalih zanimanja.

2. OPASNOSTI OD ELEKTRIČNE STRUJE

Električna struja je opasna za zavarivača, jer nisu sve komponente u zatvorenom strujnom krugu zaštićene od direktnog kontakta. Električna struja može izazvati udar na ljudsko tijelo i povrede (oštećenja) zavisno od vrste struje, jačine, dužine trajanja dodira sa strujom i puta struje. Strujni udar se javlja prolaskom izmjenične struje kroz tijelo čovjeka, gdje izaziva nekontrolirano grčenje mišića, opekotine te na kraju zastoј rada srca pri većim naponima. Naizmjenična struja (AC) od 15 mA može da izazove grčenje mišića, a od 80 mA ugrožava srčani mišić sa fatalnim posljedicama. Odijelo, rukavice i radne cipele moraju biti bez metalnih zakovica i od materijala koji nije provodnik struje. Držać elektrode mora biti izolovan, a kablovi bez oštećene izolacije. Pažnju treba obratiti i na priključke na električnu mrežu. Da bi se smanjila mogućnost strujnog udara, definisani su najveći naponi u otvorenom strujnom kolu izvora struje.

Najveća opasnost od strujnog udara se javlja:

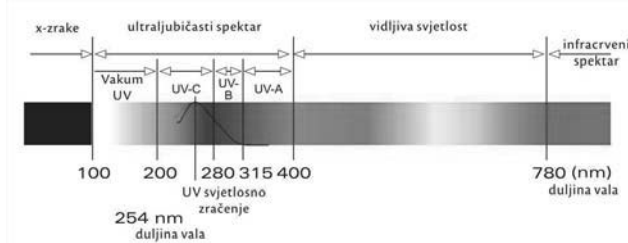
- u prinudnom kontaktu električnih provodnika sa nezaštićenim čovječjim tijelom npr. kada čuči, sjedi ili je nagnut;
- ako je rastoјanje za slobodno kretanje između električnih provodnika manje od 2 m, kada je radno mjesto vlažno, u pari ili zagrijano, ili ako se radi na terenu.

Prilikom postupaka zavarivanja, u svrhu smanjenja rizika od strujnog udara, pred zavarivački proces se postavljaju sljedeći zahtjevi:

- Izvori struje za zavarivanje ne smiju biti u skućenom nepreglednom prostoru gdje ima električne provodljivosti;
- Rukovanje blizu priključka na mrežu (promjena polarnosti, priključak otvorenog provodnika, popravka oštećenog provodnika) mora obaviti obučен električar;
- Kada se zavaruje uz visoku opasnost od struje, zavarivač mora biti dobro izolovan od tla;
- Izvori struje moraju odgovarati specifikacijama za struju;
- Terenska radna mjesta (na otvorenom prostoru) moraju biti opremljena izvorima koji ispunjavaju zahtjeve IP 23 i
- Kada se prekida rad, uređaj za kontakt elektrode i gorionik moraju biti na izolovanom mjestu.

3. OPASNOST OD ZRAČENJA

Električni luk odaje vidljive svjetlosne zrake koji na oči djeluju kao jaka sunčeva svjetlost. Sem svjetlosti, električni luk je i izvor infracrvenog i ultraljubičastog zračenja.



Slika 1. Spektar zračenja

Svjetlosno zračenje zbog svog intenziteta, pri nedovoljnoj zaštiti te dugotrajnom izlaganju izaziva privremenu zaslijepjenost, ali i trajno smanjenje vida. Infracrveno (IC) zračenje izaziva povećanje temperature te u najgorem slučaju može izazvati zatamnjenje vida, dok ultraljubičasto zračenje dovodi do zapaljenja očnih kapaka, a može doći i do oštećenja ocnog živca kao i do stvaranja opekotina. Za zaštitu očiju od zračenja moraju se primijeniti filter tamna stakla, koja smanjuju intenzitet zračenja na dozvoljene vrijednosti. Ujedno ova filter stakla zaštićuju i od mehaničkih oštećenja očiju (prskanja, iskre). Stakla su standardizirana s raznim zatamnjenjima. Što je struja zavarivanja jača, to zatamnjenje stakla mora biti veće.

4. OPASNOST OD ZAGAĐENE ATMOSFERE

Prilikom zavarivanja dolazi do pojave zavarivačkog dima u kojem se nalaze razne vrste plinova, metalnih para i krutih čestica raznih plinova i para koji se oslobađaju, a štetni su za zdravlje. Gasovi, dimovi i pare zavisi od osnovnog materijala, ali prije svega od upotrebjene vrste elektroda. Značajan izvor štetnih dimova su i zaštitne prevlake na osnovnim materijalima.

Neke od toksičnih tvari koje se javljaju pri raznim postupcima zavarivanja su:

- azotovi oksidi;
- ozon;
- ugljični monoksid;
- mangan i njegovi oksidi;
- flour i njegovi spojevi i
- Mn, Ni, F, Fe, Cr, itd.

Svi ovi gasovi i dimovi smanjuju procent kiseonika u vazduhu koji udiše zavarivač, a sem toga i sami su manje ili više štetni. Opasne materije u zagađenoj atmosferi mogu prouzrokovati alergiju, trovanje, oštećenje pluća i rak. Pri organizaciji rada obavezno je voditi računa o osobinama škodljivih supstanci koje se koriste pri radu ili se mogu pojaviti na radnim mjestima i obezbjediti periodično ili trajno ispitivanje zagađenosti atmosfere radnih mjesta po pojedinim otrovnom ili štetnim radnim supstancama. Za zaštitu zavarivača od pojave plinova i para koristi se ventilacija prostora uz odsis zraka radnog prostora, što uvelike pridonosi samoj kvaliteti zraka radnika. Ovisno o količini štetnih plinova, može se koristiti i maska za zavarivanje sa filterom kroz koji cirkulira pročišćeni zrak.

5. OPASNOST OD BUKE

Opasnost od buke prijete u samom procesu zavarivanja ili kod opreme koja se koristi za rad. Može doći do privremenog, ali i trajnog oštećenja sluha. Oštećenje sluha posljedica je djelovanja buke koja je jača od 85 dB u toku rada. Mjere zaštite od buke su primjena manje bučnih uređaja, prostorno pregrađivanje pregradama ili paravanima, obilježavanje prostora povećane buke, zaštita (čepovi) za uši. Ako buka prelazi 90 dB standardna zaštita od buke je obavezna za sve zaposlene radnike.

6. OPASNOST KOD ZAVARIVANJA U POSEBNIM USLOVIMA RADA

Skućeni i nepristupaćni prostori u pogledu zavarivanja smatraju se oni u kojima nema prirodne ventilacije, zapremnina je manja od 100 m³ ili su dimenzije manje od 2 m, kao što su rezervoari, posude, cjevovodi, mali brodski prostori. Zavarivać tokom cijelog vremena svog rada drži zavarivaćka kliješta ili gorionik i stalno ponavlja određene pokrete, čak i u prinudnom položaju, a pored toga još premješta, podiže i spušta predmet, što povećava opterećenost radnika i sa tim smanjuje efikasnost, ali i povećava rizik od opasnosti. Kako bi se opasnost preduprijedila i smanjila, ergonomija u takvim slučajevima mora odrediti dozvoljenu visinu opterećenja u odnosu na učestalost i vrijeme trajanja, te odrediti kojim opterećenjima je zavarivać pri svom radu izložen. Zato je potrebno zavarivaću omogućiti optimalne uslove za zavarivanje, naućiti ih o najpogodnijem držanju i položaju pri zavarivanju te im po potrebi omogućiti dodatnu pomoćnu opremu. Stručnjaci su otkrili da postoje naućni dokazi za tvrdnje da su zavarivaći zbog dizanja teških tereta izloženi prekomjernom riziku za zapaljenje rotacionog omotaća ramena. Isto tako postoje studije i o drugim zdravstvenim problemima zavarivaća, prije svega sa uklješćenjem pršljenova kićme, zato je vrlo važno odgovarajuće namještanje predmeta.

7. MJERE ZAŠTITE ZAVARIVAĆA

Mjere zaštite na radu poduzimaju se kako bi se ostvario siguran rad i očuvalo zdravstveno stanje zavarivaća i ostalog osoblja u neposrednoj blizini mjesta zavarivanja. Mjere zaštite mogu se okvirno podijeliti na:

- opće mjere zaštite na radnom mjestu,
- upotrebu osobnih zaštitnih sredstava,
- preventivne mjere zaštite.

Procedure mjera zaštite na radu tokom zavarivaćkih procesa obuhvataju pisana obavješćenja i uputstva, izuzetno u usmenom obliku, kada radniku prijete neposredna opasnost za život i zdravlje. Samo radnici, koji su primili potrebna uputstva, smiju imati dostup na mjesta, gdje prijete neposredna neizbježna opasnost, ili smiju koristiti radnu opremu za zavarivanje. Isto je potrebno brinuti o obavješćenosti o rizicima na grupnom radu (pisani dogovor o grupnom radu). Poslodavac mora radna mjesta i sredstva za rad (aparate za zavarivanje) opremiti sa znacima za obavješćavanje i opasnosti te uputstvima za bezbjedan rad.

Obaveze poslodavca u pogledu bezbjednosti na radu tokom zavarivaćkog posla:

- izraditi i prihvatiti Izjavu o bezbjednosti sa ocjenom rizika;
- odrediti stručnog radnika, zaduženog za bezbjednost na radu;
- odrediti ovlaštenog ljekara;
- preduzimati mjere zaštite od požara;
- izdati uputstva za bezbjedan rad;
- preduzimati mjere prve pomoći i evakuacije;
- osposobljavati zavarivaća za bezbjedan rad;

- obavještavati zavarivače o opasnostima;
- obezbjeđivati periodične ispitivanja radnog okruženja i radne opreme i
- obezbjeđivati zdravstvene preglede zavarivača.

Za uputstva je zadužen direktor preduzeća, ako pisano ne ovlasti druge osobe; obično je to inženjer za bezbjednost, poslovođa ili koordinator zavarivanja. Neobrazovan zavarivač nikako ne može biti zadužen za određivanje odgovarajućih mjera, povezanih sa bezbjednošću, životnom sredinom i požarom, a posebno se ne podrazumijeva da za bezbjedan rad bude odgovaran jedino zavarivač! Poslodavac mora radnike osposobiti za bezbjedno vršenje poslova: pri promjeni radnih uslova, preraspoređivanju na drugo radno mjesto ili promjenama u radnom procesu. Poslodavac mora obezbjeđiti periodična ispitivanja radnog okruženja (radni prostori), koje može izvoditi sam ili preko ovlaštene organizacije i periodične preglede te ispitivanja radne opreme (mašina). Rok periodičnih pregleda i ispitivanja ne smije biti duži od tri godine. Poslodavac na osnovu ocjene rizika detaljnije definiše rok i obim pregleda radne opreme i ispitivanja radnog okruženja. Vršenje tih zadataka smije se povjeriti samo osobama, ili za to ovlašćenim organizacijama sa dobijenim dozvolama za rad. Nadzor nad izvođenjem zakona o bezbjednosti na radu, propisa izdatih na njegovoj podlozi, internih akata poslodavca i drugih propisa o bezbjednosti i zdravlju na radu vrši inspekcija rada. Inspekcija o svojim nalazima i mjerama obavještava pored poslodavca i radničko predstavništvo i reprezentativni sindikat kod poslodavca.

8. STANDARDI I PROPISI

Nažalost, posebno u uslovima privređivanja u Bosni i Hercegovini, čest je slučaj da su uprkos velikim zdravstvenim problemima i povredama zavarivača, standardi, normativi i pravilnici o bezbjednom radu u zavarivačkim procesima slabo poznati menadžerskim strukturama, jer ih smatraju čisto kao trošak, a ne investiciju koja se u prosjeku najbrže isplati i dugoročno donosi najveći profit. Postoji veliki broj standarda i normativa sa područja bezbjednosti na radu, koji se posebno odnose na zavarivanje i zavarivanju srodne postupke, a u nastavku je sistematizovan i pregledno prikazan skup standarda i normativa koji su propisani pravilnicima i zakonskom regulativom kao prevencije u smanjivanju potencijalnih rizika, a koje bi kompanije koje u osnovi imaju proizvodnju zavarenih konstrukcija trebale implementirati u odnosu na procjenu rizika opasnosti

Električni udar i elektromagnetna polja

- IEC 60479-1 Effects of current on human beings and livestock. Part 1: General aspects
- IEC 60479-2 Effects of current passing through the human body. Part 2: Special aspects
- EN 60529:1992 Specification for degree of protection provided by enclosures (IP codes)
- EN 60974-1:2005 Arc-welding equipment - Welding power sources
- EN 60974-10:2008 Arc-welding equipment - Electromagnetic compatibility (EMC) requirements
- EN 60974-11:2004 Arc-welding equipment - Electrode holders
- IEC 62081:1999 Arc welding equipment - Installation and use

Dimovi i gasovi pri zavarivanju

- EN ISO 10882-1:2011 Bezbjednost i zdravlje pri zavarivanju i srodnim postupcima - Uzorkovanje praha i gasova iz zone disanja zavarivača -1. dio: Uzorkovanje praha (čestica)
- EN ISO 10882-2:2002 Bezbjednost i zdravlje pri zavarivanju i srodnim postupcima - Uzorkovanje praha i gasova iz zone disanja zavarivača - 2. dio: Uzorkovanje gasova
- ISO/TR 13392:2014: Bezbjednost i zdravlje pri zavarivanju i srodnim postupcima – Sastav dimova pri elektro-lučnom zavarivanju
- EN ISO 15011-1:2009 Zdravlje i bezbjednost pri zavarivanju i srodnim postupcima - Laboratorijska metoda za uzorkovanje dima i gasova, nastalih pri elektro-lučnom zavarivanju - 1. dio: Određivanje emisija i uzorkovanja za analizu praha
- EN ISO 15011-2:2009 Zdravlje i bezbjednost pri zavarivanju i srodnim postupcima - Laboratorijska metoda za uzorkovanje dima i gasova, nastalih pri elektro-lučnom zavarivanju - 2. dio: Određivanje količine oslobođenih gasova, izuzev ozona
- EN ISO 15011-3:2009 Health and safety in welding and allied processes - Laboratory method for sampling fume and gases generated by arc welding - Part 3: Determination of ozone concentration using fixed point measurements
- EN ISO 15012-1:2013 Health and safety in welding and allied processes - Equipment for capture and separation of welding fume - Part 1: Requirements for testing and marking of separation efficiency
- EN ISO 15012-2:2008 Health and safety in welding and allied processes - Requirements, testing and marking of equipment for air filtration - Part 2: Determination of the minimum volume flow rate of captor hoods and nozzles
- prEN ISO 15012-3:2016 Health and safety in welding and allied processes - Requirements, testing and marking of equipment for air filtration - Part 3: Determination of the capture efficiency of on-torch welding fume extraction devices
- EN ISO 15012-4:2016 Health and safety in welding and allied processes - Equipment for capture and separation of welding fume - Part 4: General requirements

Zračenja

- EN ISO 25980:2014 Bezbjednost i zdravlje pri zavarivanju i srodnim postupcima - Providne zavjese (paravani), trake i zakloni pri elektro-lučnim postupcima

Buka

- ISO 9612: Acoustics - Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in working environment

Požar i eksplozije

- Zakon o zaštiti od požara

Ergonomija

- ISO 6385: Ergonomska načela pri projektovanju radnih sistema
- EN ISO 7250: Osnovne mjere ljudskog tijela za tehnološko projektovanje
- Zakon o bezbjednosti i zdravlju na radu,
- Zakon o zdravstvenoj zaštiti i zdravstvenom osiguranju,
- Zakon o inspekciji rada.

Lična zaštitna oprema zavarivača

- EN 169:2002 Personal eye protection equipment used in welding and similar operations
- EN 175:1997 Personal protection - Equipment for eye and face protection during welding and allied processes
- EN 12477:2002 Zaštitne rukavice za zavarivače
- ISO 11611:2015 Protective clothing for use in welding and allied processes

Označavanje uređaja i opreme

- ISO 17846:2004 Welding and allied processes - Health and safety - Wordless precautionary labels for equipment and consumables used in arc welding and cutting

Bezbjednost mašina pri automatizaciji zavarivanja

- EN 292-1: Bezbjednost mašina - Osnovni pojmovi, opšta načela projektovanja 1. dio: Osnovna terminologija, metodologija
- EN 292-2: Bezbjednost mašina - Osnovni pojmovi, opšta načela projektovanja 2. dio: Tehnička načela i specifikacija
- EN 294: Bezbjednost mašina - Bezbjednosna rastojanja, koja sprječavaju dohvrat opasnih područja sa gornjim ekstremitetima
- EN 349: Bezbjednost mašina - Minimalna rastojanja, koja sprječavaju gnječenja na dijelovima ljudskog tijela
- EN 418: Bezbjednost mašina - Oprema za isključenje u slučaju opasnosti – funkcionalni aspekti, načela projektovanja
- EN 457: Bezbjednost mašina - Zvučni signali za opasnost - Opšti zahtjevi, projektovanje i ispitivanje
- EN 574: Bezbjednost mašina - Dvoručni upravljački uređaji - Funkcionalni aspekti - Načela projektovanja
- EN 811: Bezbjednost mašina - Bezbjednosna rastojanja, koja sprječavaju dohvrat opasnih područja sa donjim ekstremitetima
- EN 842: Bezbjednost mašina - Vizuelni signali za opasnost - Opšti zahtjevi, projektovanje i ispitivanje
- EN 953: Bezbjednost mašina - Zaštitnici - Opšti zahtjevi za projektovanje i konstruisanje nepokretnih i pokretnih zaštitnika
- EN 954-1: Bezbjednost mašina - Dijelovi upravljačkih sistema u vezi sa bezbjednošću - Opšta načela projektovanja
- EN 999: Bezbjednost mašina - Postavljanje zaštitne opreme u odnosu na brzinu približavanja dijelova tijela čovjeka
- EN 1037: Bezbjednost mašina - Sprečavanje neočekivanog uključenja

9. ZAKLJUČAK

Kako je u zavarivačkom procesu standardima, smjernicama i preporukama strogo definisana i kontrolisana tehnologija postupka (parametri zavarivanja, elektroda, aparat, zaštitni gas, stručna kvalifikacija...) tako i samo radno mjesto, oprema i proces moraju biti u skladu sa standardima i normativima koji definišu aspekt sigurnosti, odnosno smanjuju potencijalni rizik i opasnost. Kroz rad su definisani aspekti i zahtjevi vezani za zdravlje i bezbjednost, prikazana procjena rizika te pregledno prikazani standardi i normativi koji su propisani pravilnicima i zakonskom regulativom kao prevencije u smanjivanju potencijalnih rizika u procesu zavarivanja. Poznavanjem potencijalnih opasnosti koji mogu naštetiti radniku,

procjenom rizika istih, te implementacijom standarda koji definišu ovo područje, značajno se smanjuje rizik od povreda i profesionalnih oboljenja, te poboljšava sam proces.

10. REFERENCE

- [1] PAŠIĆ Omer, Zavarivanje za studente tehničkih fakulteta, SVJETLOST Sarajevo, 1998.
- [2] KUDUMOVIĆ Džafer, Zavarivanje i termička obrada, TUZLA, 1998.
- [3] Kraut B. (2009.) Krautov strojarski priručnik, Zagreb, Sajema
- [4] Razni časopisi i katalogi zavarivanja
- [5] Seferović R.: Tehnologije remonata
- [6] Ristić M. Opasnosti i mere bezbednosti na radu pri zavarivanju
- [7] Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu. Osobna zaštitna oprema za zaštitu glave, vrata, očiju i lica“

OUTSOURCING U ODRŽAVANJU-ISKUSTVA IZ DRVNE INDUSTRIJE BiH

OUTSOURCING IN MAINTENANCE-EXPERIENCE FROM THE B&H WOOD INDUSTRY

Dr.sc.Sanin Hasanić, dipl.ing.maš
Secom d.o.o.
Visoko

Emina Brkić, Mag. maš.ing.
Secom d.o.o.
Visoko

Amina Pandžo, Mag. maš.ing.
Secom d.o.o.
Visoko

REZIME

Nekadašnji giganti drvne industrije BiH davno su prestali da postoje, te su, danas, najzastupljeniji oblici organizacije mala i srednja preduzeća. Krivaja i Šipad su imali zastupljene sve procese, od istraživanja i razvoja novih proizvoda, organizovanih kao posebni centri, do održavanja i proizvodnje određenih dijelova i sklopova kako za mašine tako i za namještaj. Danas je, za mala i srednja preduzeća, nemoguće upravljati svim procesima važnim za proizvodnju, stoga se oni odlučuju na korištenje usluga specijalizovanih kompanija naročito u dijelu održavanja. Cilj rada je prezentovati iskustva i predstaviti načine korištenja usluga outsourcing-a u održavanju, kompanija iz oblasti drvne industrije BiH.

Ključne riječi: Outsourcing, održavanje, drvna industrija.

ABSTRACT

The existence of the former giant companies from the BiH wood industry is the history and nowadays the small and medium-sized enterprise are the most represented types of organization. Krivaja and Šipad possessed all organizational processes starting from the researches and development of new products that had been organized as special centres to the maintenance and production of specific and specialized parts and assemblies for machines and furniture. In present days, the small and medium-sized enterprises are not able to manage all process vital for production, so they reach out for services by specialized companies especially in the sector for maintenance. The aim of this paper work is to present experience and way of use of outsourcing within maintenance from the BiH wood industry.

Key words: Outsourcing, maintenance, wood industry

1. UVOD

Kao što je već rečeno, nekadašnji giganti drvne industrije BiH, koji su davno su prestali da postoje, imali su zastupljene sve procese, od istraživanja i razvoja novih proizvoda, organizovanih kao posebni centri, do održavanja i proizvodnje određenih dijelova i sklopova kako za mašine tako i za namještaj. Ti sistemi su bili organizovani kao preteče današnjeg oblika formiranja klastera te su bili nosioci razvoja čitavih regija. Službe zadužene za održavanje su bile organizovane na stručnom i naučnom principu sa praćenjem i dokumentovanjem svih dešavanja iz ove oblasti. Današnje kompanije iz oblasti prerade drveta, koje većinom spadaju u male ili srednje, nisu u mogućnosti fokusirati se i upravljati svim procesima važnim za proizvodnju, stoga se oni odlučuju na korištenje usluga specijalizovanih kompanija, što se odnosi i na segment održavanja. Cilj rada je prezentovati iskustva i predstaviti načine korištenja usluga outsourcing-a u održavanju, kompanija iz oblasti drvne industrije BiH.

2. OUTSOURCING U ODRŽAVANJU

Mali je broj radova koji se bave specifičnošću održavanja u drvnj industriji. Razlog je, najvjerojatnije, taj da je i sama tehnologija zastupljena u drvnj industriji različita. U procesima od primarne prerade drveta pa sve do proizvodnje namještaja imamo zastupljena izuzetno različita sredstva za rad. U primarnoj preradi dominiraju robusna sredstva rada poput pila za rezanje trupaca, dok u finalnoj preradi drveta prevladavaju sofisticirane kompjuterski upravljane mašine. Naravno da je i pristup održavanju takvih mašina različit. Na osnovu toga, prema mogućnostima kompanija, možemo podijeliti održavanje u drvnj industriji na :

- održavanje vlastitim kapacitetima,
- kombinovano održavanje, vlastito i outsourcing usluge, i
- kao potpuna usluga outsourcing-a

Glavni ciljevi koji treba da budu postignuti procesom održavanja su:

- maksimalno smanjenje troškova koji nastaju zbog zastoja u radu uslijed neplaniranih kvarova na sredstvima za rad.
- produžavanje vijeka trajanja sredstava za rad kroz stalni nadzor, čišćenje i popravke.

Odluka menadžmenta da funkciju održavanja dodatno poboljša izborom outsourcinga kao strateškog cilja, jasno pomaže najznačajnije faktore koji utiču na kvalitet proizvodnog procesa i dostizanje boljih i pozitivnih poslovnih rezultata. Pri izboru metoda održavanja uspješnosti održavanja važno je voditi računa o širini obuhvata realnosti funkcije održavanja i potrebnih informacija koje daje ta metoda o uspješnosti funkcije održavanja[1]. Kvalitetan odabir strategije, kada, koliko, i u kom obliku koristiti usluge drugih kompanija u procesu održavanja, direktno utiče na smanjenje troškova proizvodnje i poslovanja smanjenjem vremena zastoja i mogućnošću upravljanja potrebnim sredstvima za otklanjanje kvarova. Današnje, najpoznatije strategije u procesu održavanja[2]:

- održavanje usmjereno na pouzdanost (Reliability centered maintenance - RCM),
- pregledi na osnovu rizika (Risk Based Inspection - RBI),
- integrirano produktivno održavanje (Total productive maintenance - TPM),

vrlo je teško primijeniti u uslovima u kojima rade današnje kompanije iz oblasti drvoprerade u BiH. Razlozi su različiti, ali najjasnije objašnjenje bi bilo da male i srednje kompanije iz oblasti prerade drveta nisu sposobne primijeniti niti provoditi neku od ovih strategija bilo zbog nestručnosti, nedostatka radne snage ili nedostatka tehnoloških kapaciteta. Strateški ciljevi za svaku kompaniju su različiti. Oni ovise od više faktora a najznačajniji su:

- tehničko-tehnološka sposobnost,
- položaj na tržištu,
- veličina kompanije ...,

dok je u oblasti održavanja najvažniji cilj maksimizirati dostupnost i raspoloživost sredstava rada u njihovom maksimalnom kapacitetu.

U praksi, vrlo je bitno obezbjediti i uvesti određene postupke jasnog sagledavanja stvarnog stanja postrojenja i na osnovu tih informacija donijeti odluke o daljim postupcima.

Te informacije trebaju da daju odgovor o potrebnoj hitnosti, veličini postupka i načinu koji je neophodno provesti. Takođe je potrebno dati informacije da li je uopšte potrebno pokrenuti postupak i da li se on isplati u datom trenutku. To se definiše programom održavanja koji bi svaka kompanija morala posjedovati sa jasno naznačenim prioritetima i kriznim tačkama, kao i sa ocjenom mogućih i očekivanih rezultata. Program održavanja treba da sadrži principe kao i način djelovanja u slučaju kriznih situacija.

Organizacija i obezbjeđenje svih potrebnih uslova za nesmetano odvijanje remonta, mora da ima svoju teoretsku i naučnu bazu jer su dobiti pravilno i kvalitetno izvršenih remonta značajni na odvijanje svih procesa a ne samo proizvodnje.

Današnje mašine i uređaji u drvnoj industriji karakteriše integrisanje različitih grana tehnike, mašinstva, elektrotehnike, elektronike i procesne tehnologije. Nezavisno od toga koji se tehnički sistem održava, znanja potrebna za to se mogu generalizovati.

Međutim, bitno je naglasiti da bitan značaj imaju i posebna znanja koja se direktno odnose na mašine i uređaje koje treba da se održavaju i koja se stiču praksom i pravilnim vođenjem dokumentacije. Važno je dobro poznavati funkciju i zadatke mašina i uređaja koji treba da se održavaju, njihove karakteristike i svojstva.

U dosadašnjoj praksi, korištenje outsourcing-a u održavanju je najčešće u slučajevima kada kompanije nisu bile sposobne proizvesti ili uraditi nešto u vlastitoj režiji. U tim slučajevima, kompanije koje se bave preradom drveta, posežu za pomoći od strane proizvođača ili prodavača opreme koji su osposobljeni kako za pomoć u održavanju tako i za nabavku potrebnih rezervnih dijelova. Danas, sa razvojem logistike, brzim transportovanjem rezervnih dijelova, najčešće u roku od 24 sata, bespotrebno je imati na zalih veću količinu rezervnih dijelova i na taj način stvarati nepotrebne troškove. Takođe, mnogi proizvođači opreme su prepoznali priliku za dodatnom zaradom i pružaju usluge inspeksijskih pregleda, remonta i popravki, što olakšava rad domaćim kompanijama.

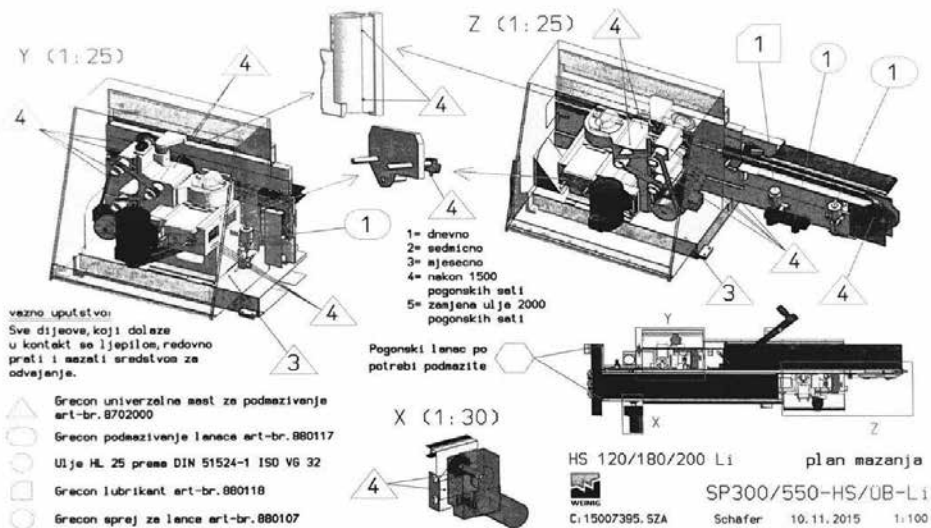
Poznat je Caesov teorem (Ronald Coas dobitnik Nobelove nagrade za ekonomiju 1991. godine), po kojem će kompanije rasti i biti profitabilne sve do nivoa do kog su operacije unutar kompanije iste ili niže vrijednosti od kupovine, odnosno outsourcing-a iste operacije na tržištu. Drugim riječima, u slučaju održavanja, ako je kompanija ima niže troškove angažovanjem specijaliziranih firmi za održavanje na tržištu onda je to ispravan put. Na taj način kompanije izbjegavaju bespotrebne troškove angažovanje kompetentnih zaposlenika, te na taj način smanjuju troškove.

Održavanje u drvnoj industriji, prema periodima rada sistema su vremenski određeni i možemo ih podijeliti na :

- tekuće ili preventivno održavanje,

- planirane zastoje, i
- neplanirani zastoji.

U tekuće održavanje spadaju sve aktivnosti koje se odnose na svakodnevno ili drugačije terminski određeno, čišćenje, pranje, podmazivanje i kontrolni pregledi stanja postrojenja. Podmazivanje je najčešće terminski određeno od strane proizvođača i pridržavanje plana podmazivanja je obavezno od strane operatera. U suprotnom je moguć i gubitak garancije. Zadatak kontrolnih pregleda se svodi na indentifikaciju oštećenja ili kvarova i obavljaju se vizuelni pregledima te mjerenje pojedinih parametara koji nam mogu identifikovati određena odstupanja. Primjer plana podmazivanja prikazana je na sljedećoj slici:



Slika 1. Primjer plana podmazivanja za mašinu za dužinski širinski spoj HS-120-Dimter Grecon

Metologija 5S, u ovom slučaju je izuzetno podesna i jednostavna. Kako drvenu industriju karakteriše veliki broj radnih komada i obrada sa velikom količinom otpada-piljevine, elementi 5S metodologije (Seiri - odvajati, Seiton - uređivati, Seiso - čistiti, Seiketsu - standardizirati, Shitsuke – provoditi u praksi), omogućavaju praćenje i pravovremeno reagovanje u slučaju eventualnih zastoja.

Danas je potrebno široko znanje, multidisciplinarnost i praćenje ponašanja različitih elemenata proizvodnog sistema, kako bi se postigla izvrsnost u svakodnevnom radu.

Po metodologiji 5S potrebno je da se oslobodimo od "otpada" ili gubitaka koji proizlaze iz neurednog radnog okruženja. Neuredno radno okruženje dovodi i do slabih preventivnih pregleda kojima bi se mogli ustanoviti eventualni kvarovi. U srži ove metodologije je proces stalnog poboljšanja, a ne samo sistema kojim se uređuje i čisti radno okruženje, kako se često ova metodologija objašnjava.

Kako smo prije naveli zastoji u proizvodnji mogu biti planirani i neplanirani. Planirani zastoji događaju se van radnog vremena. Operacije održavanja, u ovom slučaju, se vrše u prethodno

planiranim vremenskim intervalima i postupcima te se odvijaju, najčešće u praksi, angažovanjem vanjskih saradnika za obavljanje određenih poslova. Te su operacije najčešće:

- periodični remont mašina
- zamjene elemenata,
- provjere i podešavanja.

Prema praksi BiH drvoprerađivača, planirane zastoje obavljaju tokom kolektivnih godišnjih odmora. To je podesno iz više razloga. Terminski je strikto određeno, takođe, kompanije imaju dovoljno vremena za definisanje poslova kao i angažovanje spoljnih saradnika. Neplanirani zastoji su oni koji, najčešće, nose i najveće troškove za kompaniju i njihovo vrijeme trajanja nije moguće terminski odrediti. Ovo su zastoji čije bi sprječavanje trebalo da bude suština svih napora službe održavanja i menadžmenta kompanije.

3. PRAKSA U ODRŽAVANJU MAŠINA U DRVNOJ INDUSTRIJI BIH

Današnje službe održavanja, u kompanijama iz ove oblasti, su najčešće organizovane po principu ekipa sastavljenih od bravara, mehaničara i električara. Poslovi koje oni obavljaju mogu se podijeliti na:

- poslove koje mogu samostalno obaviti zaposleni iz kompanije,
- poslove za koje im je potrebna djelimična pomoć specijalističkih kompanija, i
- poslove koji se u potpunosti moraju outsourcing-ovati jer zahtjevaju specijalistička znanja.

Poslovi službe održavanja se najčešće odnose na jednostavne popravke kvarova poput zamjene ležajeva, zamjene pokvarenih dijelova, zavarivanja određenih dijelova, popravke jednostavnijih sklopova te poslova koji se odnose na problem sa električnom energijom. Takođe, bitan dio njihovog posla odnosi se na vizuelno-zvučno dijagnosticiranje eventualnih nepravilnosti u radu poput vibracija ili zaprljanja.

Sljedeći poslovi u održavanju su poslovi za koje ove službe nisu osposobljene i za koje se djelimično mora angažovati stručnjaci sa strane iz specijalističkih kompanija. Najčešće su to poslovi koji se odnose na termoenergetska postrojenja te problem sa električnim ili hidrauličnim pogonima. U ovom slučaju, najbolje je da se poslovi obavljaju uz asistenciju zaposlenih iz kompanije čime se djelimično vrši i transfer znanja.

Održavanje postrojenja za koje zaposleni iz kompanija za preradu drveta najčešće nisu osposobljeni odnose se na poslove, koji su u posljednje vrijeme sve češći, vezane za mašine i postrojenja koja su kompjuterski upravljana. Činjenica je da su ta postrojenja sve češće zastupljena, što dovodi do toga da je i sve češće potrebno angažovati specijalističke kompanije za otklanjanje kvarova. Velikim dijelom sami proizvođači internet vezom pomažu i otklanjaju kvarove koji se odnose na softver. Takođe stalne posjete i preventivni pregledi od strane proizvođača opreme su od krucijalog značenja za produženje radnog vijeka mašina.

4. ZAKLJUČAK

Finalizacija proizvoda i proizvodnja gotovog namještaja, danas, je izazov za sve preradaivače drveta. Proizvodnja masivnog namještaja postaje sve zastupljenija i predstavlja i predstavlja izuzetnu šansu za drvoprerađivačku industriju BiH [3]. Da bi se to ostvarilo veoma je bitno osposobiti i organizovati službu održavanja te spoznati mogućnosti outsourcing-a za što brže rješavanje eventualnih kvarova. Na taj način smanjujemo čekanja i troškove što je danas od krucijalne važnosti za opstanak na tržištu. Savremeni oblik upravljanja održavanjem podrazumijeva uvođenje svakodnevnih i efikasnih postupaka nadgledanja sredstava rada, koji

treba da obezbjedi potrebne informacije za donošenje odluka. U ovom trenutku, najvažnije je za svaku kompaniju, da odredi strategiju i metodu održavanja i stalnim provjerama odredi da li se takav pristup isplati. Pravilno izabrana strategija će umnogome smanjiti troškove poslovanja i obezbijediti gotovo nesmetano odvijanje poslovnog procesa.

5. REFERENCE

- [1] Karić M., Brdarević S., Jašarević S.,:Mjerenje uspješnosti održavanja kao instrument upravljanja u JP ZD RMU Abid Lolić Bila, IX Naučno-Istarživačka konferencija sa međunarodnim učešćem Kvalitet 2015. Neum, Bosna i Hercegovina,2015.
- [2] Letica M.:Utjecaj outsourcinga na poslovne performanse poduzeća, Ekonomski fakultet Mostar, Sveučilište u Mostaru, Ekonomski fakultet u Splitu, doktorski rad, Mostar, srpanj 2013.,
- [3] Hasanić S.:Upravljanje kvalitetom u procesu osvajanja novog proizvoda u proizvodnji masivnog namještaja, doktorski rad, Mašinski fakultetu Zenici, Univerzitet u Zenici, Zenica, 2018.

**PRIMJENA PRINTANIH 3D MODELA U PROCESU LIVENJA
REZERVNIH DIJELOVA**

**APPLICATION OF 3D PRINTED MODELS IN THE CASTING
PROCESS OF SPARE PARTS**

Anel Baručija
ArcelorMittal Zenica
Zenica
Bosna i Hercegovina

Josip Kačmarčik
Univerzitet u Zenici,
Mašinski fakultet u Zenici
Zenica
Bosna i Hercegovina

Mustafa Hadžalić
Univerzitet u Zenici,
Institut "Kemal Kapetanović" u Zenici
Zenica
Bosna i Hercegovina

Derviš Mujagić
Univerzitet u Zenici,
Institut "Kemal Kapetanović" u Zenici
Zenica
Bosna i Hercegovina

REZIME

U radu je istražena primjena 3D printanja FDM tehnologijom (Fused Deposition Modeling) za izradu kalupnih modela za proces livenja u pijesku. Za dva rezervna dijela, dvije udarne ploče za laboratorijsku čeljusnu drobilicu, tehnologijom 3D printanja izrađeni su kalupni modeli, koji su se upotrijebili za proces livenja i proizvodnju odlivaka. Istraživane su različite geometrijske karakteristike modela značajne za proces livenja (radijusi i nagibi), primjenjivost različitih materijala i parametara procesa 3D printanja, te mogućnosti spajanja lijepljenjem printanih dijelova u svrhu izrade većih kalupnih modela. Provjerena je dimenzionalna tačnost dijelova izrađenih 3D printanjem. Na temelju provedenog istraživanja i dobivenih rezultata, došlo se do zaključka da tehnologije 3D printanja omogućavaju uštedu vremena i novca, što je naročito značajno za održavanje mašina i sistema, jer se eliminiše potreba za konvencionalnim metodama izrade rezervnih dijelova i dugi rokovi isporuke istih. Dakle, 3D printanje ima veliki potencijal za širu primjenu u održavanju i može biti konkurent drugim proizvodnim tehnologijama.

Ključne riječi: 3D printanje, FDM tehnologija, livenje u pijesku

ABSTRACT

The paper investigates the application of 3D printing with FDM technology (Fused Deposition Modeling) for the production of mold models for the sand casting process. For two spare parts, two impact plates for a laboratory jaw crusher, mold models were made using 3D printing technology, which were used for the casting process and the production of castings. Different geometrical characteristics of the model significant for the casting process (radius and slopes), applicability of different materials and parameters of the 3D printing process, and the possibility of joining by gluing

printed parts for the purpose of making larger mold models were investigated. The dimensional accuracy of the parts made by 3D printing was checked. Based on the conducted research and the obtained results, it was concluded that 3D printing technologies save time and money, which is especially important for the maintenance of machines and systems, because it eliminates the need for conventional production methods of spare parts and long delivery times. Thus, 3D printing has great potential for wider application in maintenance and can be a competitor to other manufacturing technologies.

Keywords: 3D printing, FDM technology, sand casting

1. UVOD

3D printanje je tehnologija koja je doživjela veliki napredak u posljednjim godinama i sve veću primjenu u raznim granama tehnike i industrije [1-3]. U ovom radu se razmatrala tehnologija FDM (*Fused Deposition Modeling* - modeliranje topljenim depozitom); najekonomičnija, najpristupačnija i najviše primijenjena tehnologija u posljednjim godinama. Ova metoda se sve više i više primjenjuje u različitim granama industrije, te nalazi svoju primjenu i u industriji livenja, kao nova tehnologija za izradu modela za kalupe. U brojnim radovima su opisane različite prednosti 3D printanja kao tehnologije za pripremu livačkih modela u odnosu na konvencionalne tehnologije [4-7].

U ovom radu je prikazan praktičan primjer primjene 3D printanja za izradu livačkih modela. Livenjem u pijesku su proizvedene dvije zamjenske udarne ploče (u daljem radu ploča 1 i ploča 2) za laboratorijsku čeljusnu drobilicu za različite mineralne sirovine, koja je u sastavu opreme Instituta „Kemal Kapetanović“ u Zenici. Gabaritne dimenzije ploče 1 su 266x166,7x30,7 mm, a ploče 2 245x152,9x25,2. Na slici 1. prikazane su fotografije drobilice i istrošenih ploča. Radi otpornosti na trošenje prilikom njihovog rada, ploče su izrađene od manganskog čelika.

Na osnovu postojeće dokumentacije, radioničkih crteža za izradu modela za livenje [8], napravljeni su 3D modeli ploča pomoću komercijalnog CAD softvera *SolidWorks* [9]. Kod dimenzija u postojećoj dokumentaciji već je bio uračunat koeficijent skupljanja od 2,3% uslijed hlađenja materijala nakon livenja, te se to nije razmatralo u ovom radu.



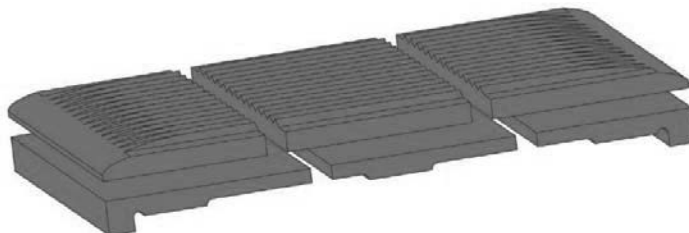
Slika 1. a) Čeljusna drobilica, b) Istrošena ploča 1, c) Istrošena ploča 2.

Za izradu printanih dijelova upotrijebljen je 3D printer Ultimaker 2+ [12], s kojim je opremljen IDEALab na Mašinskom fakultetu u Zenici, radnog volumena 223x223x205 mm. U istraživanju je prvo izrađena ploča 1 (3D print i odlivak), te su se ta iskustva primijenila pri izradi ploče 2, te se kod njene izrade razmatrali i neki dodatni faktori.

Kod izrade CAD modela varirane se različite karakteristike značajne za livenje (radijusi i nagibi) s ciljem istraživanja njihovog utjecaja na proces manuelne izrade kalupa. Istraživana je i primjenjivost dva različita materijala za 3D printanje, polilaktida (PLA) [10] i polietilen tereftalata modificiranog glikolom (PET-G) [11], te parametara procesa 3D printanja (veličina mlaznice, ispunjenost i rastojanje između slojeva). Nakon izrade je provjerena dimenzionalna tačnost modela dobivenih 3D printanjem. Dodatno, kalupni modeli su izrađeni spajanjem više dijelova dobivenih 3D printanjem jer su im dimenzije bile veće od radnog volumena 3D printera, te je istražena primjenljivost različitih ljepljiva, kao i konstrukcija presječnih površina u cilju olakšavanja spajanja.

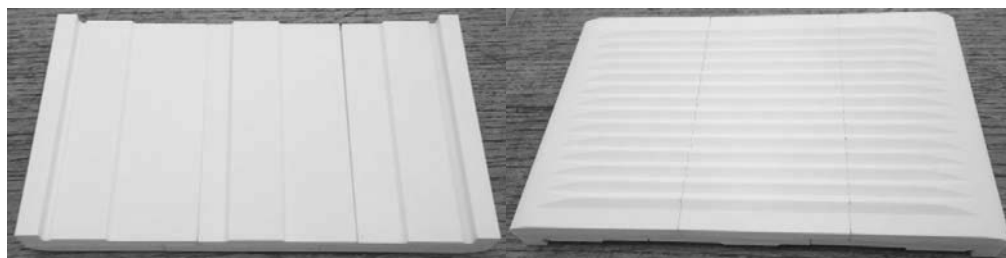
2. IZRADA PLOČE 1

Za potrebe 3D printanja za ploču 1 je usvojena podjela na šest dijelova, kako je prikazano na slici 2. Podjela po horizontalnoj ravnini je izvršena radi prilagođavanja modela tehnologiji 3D printanja s ciljem postojanja početne ravnine od koje započinje printanje. Podjela na 3 dijela po vertikalnoj ravnini je urađena radi brže izrade i lakšeg printanja pojedinačnih dijelova. Vertikalna podjela dijelova je urađena s nejednakim dužinama paralelnih gornjih i donjih dijelova, kako bi se bolje uklapali prilikom lijepljenja. Bez ove podjele printanje bi moralo početi ili s gornje ili s donje strane ploče, koje nisu ravne, što bi usložilo proces printanja s potrebom za definiranje podupirača (oslonaca) u 3D printanju.



Slika 2. 3D model ploče 1 podijeljen na 6 dijelova za 3D printanje

Kao materijal printanja je korišten PLA, mlaznica (nozzle) na printeru od 0,4 mm, te popunjenost modela od 20%. Priprema G-koda za printanje je urađena pomoću softvera Ultimaker Cura [13]. Lijepljenje ploče je izvršeno s brzim ljepljivom za široku upotrebu na bazi cianoakrilata, Derby 602 [14], dostupnim u prodaji u BiH. Izgled nakon lijepljenja je prikazan na slici 3.

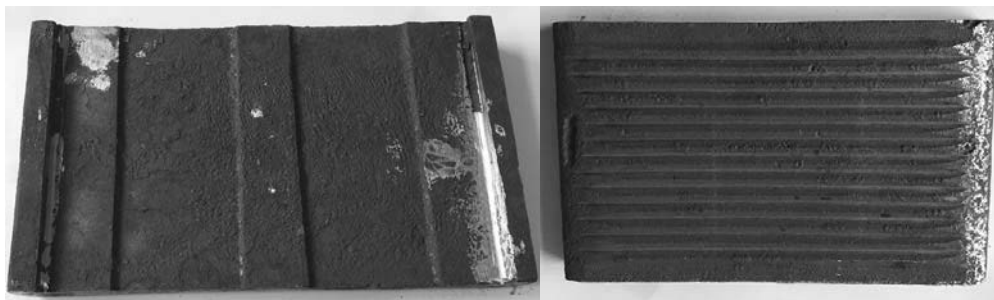


Slika 3. Ploča 1 nakon lijepljenja printanih dijelova



Slika 4. Izrada livačkih kalupa za ploču 1

Nakon lijepljenja, rubovi spojeva su obrađeni s komercijalnim montažnim ljepilom, T Rex Glue [15], lagano prebrušeni, te je ploča i prefarbana akrilnom bijelom bojom. Na ploči su dodatno izbušena dva otvora u kojim je urezan navoj, zbog montaže šipki za manipulaciju prilikom rada. Na slici 4. je prikazana primjena printanih modela pri izradi livačkih kalupa. Nakon upotrebe modela za izradu kalupa na njemu nisu bila vidljiva oštećenja. Nakon livenja, na odlivcima ploča su odsječeni nastavci ostali od ulivnih kanala, te su grubo prebrušene. Također je izvršena i termička obrada radi smanjivanja zaostalih napona i ujednačavanja metalografskih osobina čelika. Fotografija odlivka ploče 1 data je na slici 5.



Slika 5. Odlivak ploče 1

U toku izrade prve ploče problemi koji su uočeni su :

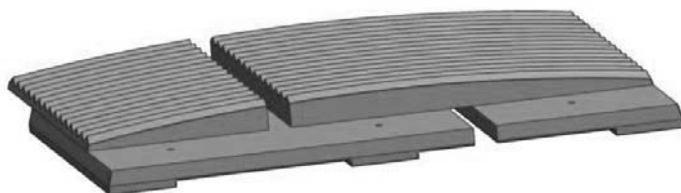
- dugo vrijeme printanja (oko 8 sati za svaki dio),
- kod sastavljanja modela iz više dijelova problem predstavlja tačno pozicioniranje, pogotovo kod lijepljenja brzim ljepilom,
- veliki broj dijelova dodatno usložnjava i otežava proces spajanja i lijepljenja,
- na postojećim crtežima koji su se koristili za izradu modela nisu bili napravljeni nagibi, što kod manuelne izrade livačkih modela i nije predstavljalo preveliki nedostatak,
- na postojećim crtežima nisu napravljeni ni livački radijusi, čiji nedostatak nije uočen, radi same tehnologije printanja, i oblika ivica, kao i zbog ručne izrade kalupa, čime su znatno „ublažene“ oštre ivice,
- kod nasjeda za ploče su ostavljeni utori, čija konstruktivna namjena nije najjasnija, koji nisu mogli biti reprodukovani u pijesku, tj. rasuli bi se u kalupima, te uzrokovali neispravnosti na odlivcima (vidjeti sliku 5).

Na osnovu navedenog, kod izrade ploče 2 odlučeno je da se uvedu sljedeće izmjene:

- na stranicama dijelova modela koji se lijepe će se napraviti otvori za spojnice (koje će se napraviti od žice za printanje),
- izbaciti će se utori iz modela čija izrada nije moguća u kalupima,
- u modele će se ubaciti livački nagibi i radijusi, radi poređenja s izradom bez njih kod manualne izrade kalupa, tj. njihovom potrebom kao i mogućnošću izrade na 3D printeru,
- ploča će se podijeliti na manje dijelova, konkretno četiri dijela radi olakšavanja spajanja i lijepljenja.

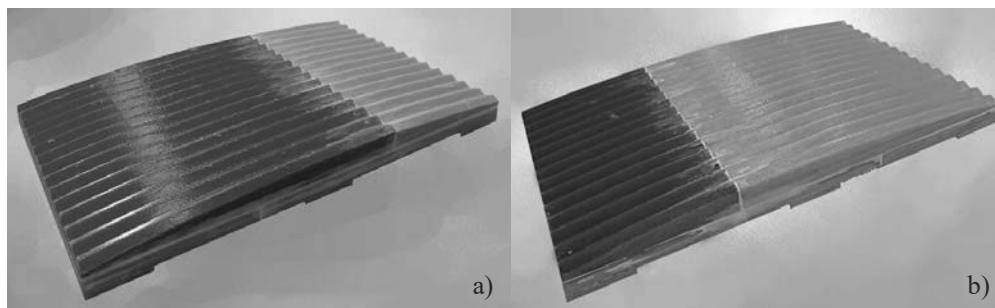
3. IZRADA PLOČE 2

Kod pripreme CAD modela za ploču 2 uklonjeni su nedostaci uočeni kod prethodne ploče: napravljeni su livački nagibi (2°) i radijusi (0,3 mm), te su uklonjeni utori kod nasjeda, čija reprodukcija nije moguća u pješčanim kalupima. Ova ploča je podijeljena na četiri dijela, manje dijelova nego prethodna. Radi lakšeg spajanja na površinama koje se trebaju spajati i liječiti, napravljeni su cilindrični otvori za spojnice za lakše spajanje dijelova. Radi jednostavnosti, spojnice su napravljene od žice za printanje, prečnika 3 mm, te su i prečnici otvora tome prilagođeni. 3D model ploče 2 za printanje je prikazan na slici 6. Ploča 2 je isprintana u dva primjerka, od različitih materijala za printanje: PLA i PET-G. Ovdje je kod printanja korištena mlaznica nazivnog otvora 0,6 mm, te ispuna modela od 10%. Priprema za printanje je urađena kao i kod ploče 1 sa softverom Ultimaker Cura.

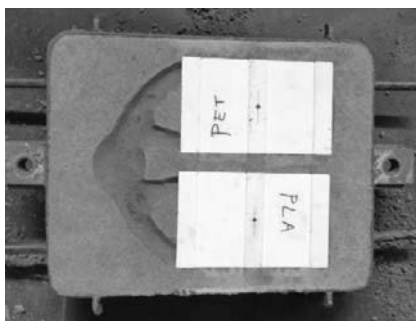


Slika 6. 3D model ploče 2.

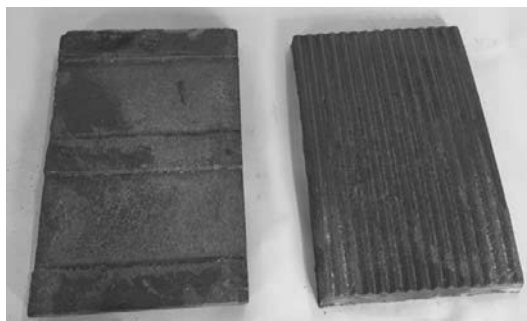
Radi testiranja primjene različitih ljepljiva, za lijepljenje ploče 2 je primijenjeno montažno ljepljivo, T Rex Glue. Izgled ploča nakon lijepljenja dat je na slici 7. Nakon lijepljenja, ploča je obrađena i ofarbana, kao i ploča 1. Kod gotovih ploča je bilo vidljivo golim okom da livački nagibi od 2° nisu dobro izrađeni na manjim površinama, površinama s kratkim dužinama nagiba, te na dijelovima gdje se nagib mijenjao (površine koje leže na podionoj ravni između kalupa). Ovaj nedostatak zbog ručne izrade livačkih kalupa nije predstavljao veći problem pri livenju.



Slika 7. Ploča 2 izrađena od: a)PLA i b)PET-G.



Slika 8. Izrada livačkog kalupa ploče 2.



Slika 9. Odlivci ploče 2.

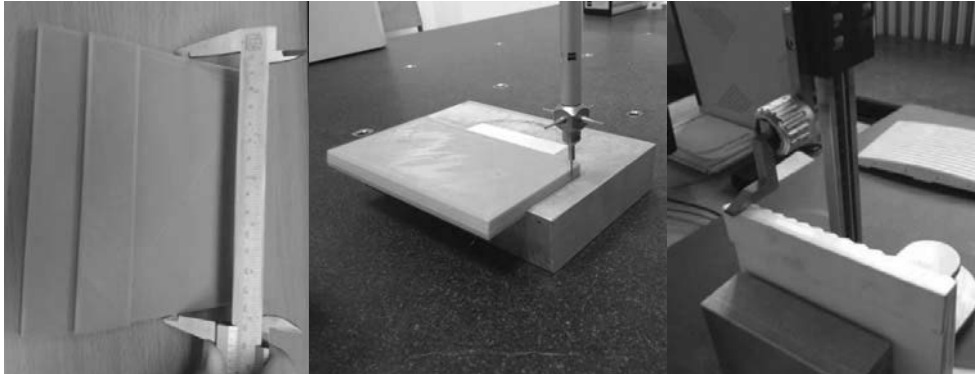
Obje ploče su uspješno primijenjene za izradu livačkih kalupa u pijesku, što je prikazano na slici 8. Gotove ploče dobivene livenjem su prikazane na slici 9. Nakon livenja su odsječeni ulivni kanali, te je izvršena termička obrada, kao i kod prethodne ploče. Dobivene ploče su uspješno postavljene u drobilicu čime je ona ponovno stavljena u funkciju na Institutu.

Kod izrade ploče 2 uklonjeni su određeni nedostaci uočeni kod prethodne ploče, ali su i ispitane neke druge opcije za izradu. Primjena montažnog ljepila za spajanje dijelova se pokazala kao lošija opcija, zbog potrebnog dužeg vremena za ostvarivanje lijepljenog spoja, te potrebe za fiksiranjem prilikom sušenja. Ipak, i s montažnim ljepilom su ostvareni funkcionalni spojevi. Dva različita materijala nemaju praktično primjetnu razliku kod primjene modela izrađenih od njih za izradu livačkih kalupa, ipak PLA se pokazao pogodnijim kao materijal za printanje. Kod printanja modela od PET-a javili su se određeni problemi koji su rezultirali neuspješnim printanjem te je neke dijelove bilo potrebno printati iz više puta. Kod ploče 2 je radi brže izrade modela korištena mlaznica većeg nazivnog otvora (0,6 mm) nego kod prve ploče (0,4 mm) što je rezultiralo nešto slabijim kvalitetom vanjske površine (vizuelno vidljivo). Mora se naglasiti da primjena veće mlaznice nije dala i veliku uštedu vremena, na osnovu čega je zaključeno da je mlaznica od 0,4 mm optimalna za izradu ovakvih modela, što je i najviše primjenjivana veličina u praktičnoj primjeni. Kod izrade ploče 2 je korištena i manja popuna modela (10%) u odnosu na ploču 1 (20%) što nije prouzročilo praktično uočljive razlike, a rezultiralo je bržim printanjem i manjom potrošnjom materijala, te se ispuna od 10 % može preporučiti i za printanje sličnih dijelova.

4. DIMENZIONALNA KONTROLA LIVAČKIH MODELA

U radu je izvršena dimenzionalna kontrola dijelova dobivenih 3D printanjem, kako to može biti značajan parametar za ocjenu primjenjivosti tehnologije. Za provjeru dimenzija pojedinačnih segmenata odabrana je ploča 2, jer je printanje izvršeno s dva različita materijala. Pomoću pomičnog mjerila izmjerene su vanjske dimenzije svakog od segmenata ploče 2 (slika 10.a), i to dužina, širina, visina, te osno rastojanje između cilindričnih otvora za ubacivanje spojnice za sastavljanje ploča. Kontrola površina segmenata, ravnosti i ugla nagetih površina (livački nagibi), izvršena je pomoću koordinatne mjerne mašine „ZEISS Contura G2“, aktivnom skenirajućom sondom „VAST XT“ (slika 10.b). Gabaritne dimenzije obje ploče, nakon lijepljenja i farbanja, izmjerene se pomoću visinomjera (slika 10.c). Detaljniji opis svih mjerenja se može naći u [8], a ovdje su radi ograničenja prostora dati samo okvirni rezultati u tabeli 1, rasponi odstupanja i srednje vrijednosti odstupanja i apsolutnih vrijednosti odstupanja od nazivnih mjera (u mm i %). Izmjerena odstupanja dužinskih mjera imaju relativno visoke vrijednosti, u poređenju sa klasičnim proizvodnim tehnologijama, međutim nalaze su unutar livačkih tolerancija i prihvatljive su za tehnologiju

livenja pomoću kalupa u pijesku. Kontrolom površina ustanovljena je zadovoljavajuća ravnost površina, a potvrđeno je vizuelno uočeno odstupanje od modeliranih livačkih nagiba.



Slika 10. Mjerenje: a) dužinskih mjera na segmentu ploče 2, b) površine (ravnosti i ugao) na segmentu ploče 2 i c) dužinskih mjera na gotovom modelu ploče 2.

Tabela 1. Odstupanja izmjerenih dimenzija printanih dijelova od nominalnih.

Mjerene dimenzije	Maksimalno odstupanje	Minimalno odstupanje	Srednja vrijednost odstupanja	Srednja vrijednost apsolutne vrijednosti odstupanja
dužinske mjere segmenata ploče 2 od PLA	0,5 mm	-0,7 mm	-0,086 mm	0,24 mm
dužinske mjere segmenata ploče 2 od PET	0,3 mm	-0,5 mm	-0,043 mm	0,21 mm
gabaritne mjere ploče 1	1,14 mm	-0,23 mm	0,29 mm	0,50 mm
gabaritne mjere ploče 2 od PLA	0,04 mm	-0,36 mm	-0,19 mm	0,20 mm
gabaritne mjere ploče 2 od PET	0,11 mm	-0,33 mm	-0,15 mm	0,2 mm
ravnost površina segmenata ploče 2 od PLA	0,21 mm	0,070 mm	0,14 mm	/
ravnost površina segmenata ploče 2 od PET	0,23 mm	0,034 mm	0,12 mm	/
ugao nageatih površina segmenata ploče 2 od PLA	-0,23°	-1,6°	-0,75°	0,75°
ugao nageatih površina segmenata ploče 2 od PET	-0,15°	-2,3°	-0,75°	0,75°

Odstupanja dužinskih mjera i ravnosti su nešto većih vrijednosti od onih u istraživanju [17], gdje se također istraživala dimenzionalna tačnost 3D printanja s istim 3D printerom. Ipak, veće vrijednosti se mogu objasniti time da su segmenti ploče 2 izrađeni s mlaznicom od 0,6 mm, a u radu [17] je korištena mlaznica od 0,4 mm, tako da se može reći da su rezultati u ovom radu saglasni s prethodnim sličnim istraživanjima. Također, ograničenje koje treba uzeti u obzir kod analize rezultata iz ovog rada je to što su dužinske mjere na ploči 2 između nageatih površina, što je moglo značajno utjecati na tačnost mjerenja. Nedostatak ovog istraživanja je što prije lijepljenja nisu izmjereni i segmenti ploče 1, gdje bi se usljed manje mlaznice od 0,4 mm i nepostojanja nageatih površina (livačkih nagiba) mogla očekivati i manja odstupanja. Kod odstupanja gabaritnih dimenzija cijelih, zalijepljenih ploča, uočeno je veće odstupanje kod ploče 1 u odnosu na ploču 2. Ovo je pomalo neočekivano, jer su segmenti ploče 1 printani s manjom mlaznicom od koje se očekuje veća preciznost. Ovo se može objasniti time što je ploča 1 napravljena iz više segmenata od ploče 2, te je na njoj bilo više lijepljenih spojeva koji su mogli dovesti do većeg odstupanja. Također su segmenti ploče 1 spajani bez spojnica na površinama, s brzim ljepljivom, što je opet moglo dovesti do slabijeg nalijeganja između površina i većih odstupanja ukupnih mjera na ploči.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je praktično ispitana i potvrđena primjenjivost 3D printanja za izradu livačkih kalupa u pijesku. Ovakav način izrade livačkih modela može imati poseban značaj kod izrade različitih rezervnih dijelova. Dimenzionalna kontrola printanih modela je pokazala određena odstupanja, što je i očekivano za ovu tehnologiju, ali u prihvatljivim okvirima za livenje. Također, provedenim istraživanjem i na osnovu dobivenih rezultata, može se zaključiti da 3D printanje pruža niz prednosti i ima veliki potencijal za širu primjenu u industriji, u smislu izrade rezervnih dijelova koji su teško dostupni, te uštede vremena i novca, u poređenju s konvencionalnim metodama izrade rezervnih dijelova. Na osnovu iskustava iz rada, kao zaključak se mogu dati određene preporuke za izradu livačkih modela za livenje u pijesku na 3D printeru koji je ovdje primijenjen (ili sličnim):

- za printanje je optimalno upotrijebiti mlaznicu veličine 0,4 mm, te ispunu od 10%,

- ukoliko je potrebno vršiti printanje većeg komada gdje je neophodna podjela na više dijelova, na presječnim površinama napraviti otvore za spojnice koje je praktično napraviti od žice za printanje,
- lijepljenje vršiti komercijalnim brzim (super, sekundarnim) ljepljivom,
- na modelu nije potrebno praviti livačke radijuse jer se 3D printanjem i ne ostvaruju oštre ivice,
- obratiti pažnju na podjelu modela (ukoliko je potrebna) kako bi se na jednoj presječnoj ravni dobila ravna površina koja može poslužiti kao početna površina za 3D printanje,
- ukoliko se radi o ručnoj izradi livačkih kalupa u pijesku, livački nagibi nisu potrebni jer se prilikom ručne izrade modela može napraviti potreban prostor za izvlačenje modela,
- ukoliko se žele napraviti livački nagibi, uraditi ispitivanje mogućnosti 3D printera za izradu nagiba te shodno tome ih prilagoditi (uzeti veće nagibe).

6. LITERATURA

- [1] Vučina A., Obad M., Rašović N.: Dizajn proizvoda predviđenih za proizvodnju aditivnim tehnologijama, Sveučilište u Mostaru, Mostar, 2015.
- [2] I. Gibson, D.W. Rosen, B. Stucker.: Additive Manufacturing Technologies, Springer Science, New York, 2010.
- [3] Mpofo T.P. , Mawere C. , Mukosera M.: The Impact and Application of 3D Printing Technology, International Journal of Science and Research, 3(6), 2014.
- [4] Hawaldar N., Zhang J.: Comparative Study of Fabrication of Sand Casting Mold Using Additive Manufacturing and Conventional Process, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 97(1-4), 2018.
- [5] Voigt R. C., Manogharan G. P.: 3D printed Sand Molds - An Opportunity for Investment Casters, 65th Annual ICI Technical Conference, Kansas City MO, 2018.
- [6] Anakhu P.I., Bolu C.A., Abioye A.A., Azeta J.: FDM 3D Printing as an Alternative Form of Making Patterns for Sand Casting Learnings from the Shop Floor, 3dprint.com, (<https://3dprint.com/222949/3d-printing-patterns-sand-casting>, pristupljeno: 13.10.2020).
- [7] Zelinski P.: 3D Printing As an Alternative to Patternmaking, additivemanufacturing.media, (<https://www.additivemanufacturing.media/articles/3d-printing-as-an-alternative-to-patternmaking>, pristupljeno: 13.10.2020).
- [8] Baručija A.: Primjena reverzibilnog inženjerstva i brze izrade prototipa pri konstruiranju i izradi modela za livenje u pijesku, Magistarski rad, Mašinski fakultet u Zenici, Zenica, 2020.
- [9] Solidworks.com (<https://solidworks.com>, pristupljeno 13.10.2020).
- [10] Carlota V.: All you need to know about PLA for 3D printing, 3dnatives.com (<https://www.3dnatives.com/en/pla-3d-printing-guide-190820194>, pristupljeno: 13.10.2020).
- [11] What are the properties of PETG (PETG vs PLA and PETG vs ABS), bitfab.io (<https://bitfab.io/blog/petg-in-3d-printing>, pristupljeno: 13.10.2020)
- [12] Ultimaker 2+ series, ultimaker.com (<https://ultimaker.com/3d-printers/ultimaker-2-plus>, pristupljeno: 13.10.2020).
- [13] Ultimaker Cura, ultimaker.com (<https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>, pristupljeno: 13.10.2020).
- [14] Derby 602 20g cyanoacrylate adhesive, Derby Kimya, (<https://derbykimya.com.tr/products/general-purpose-adhesives/derby-602-20g-cyanoacrylate-adhesive>, pristupljeno: 13.10.2020).
- [15] T-rex glue (<http://t-rex.pro/main.html>, pristupljeno: 13.10.2020).
- [16] Tyson E.: What 3D Printer Nozzle Size Should I Use?, rigid.ink (<https://rigid.ink/blogs/news/what-3d-printer-nozzle-size-should-i-use-the-pros-and-cons>, pristupljeno 13.10.2020).
- [17] Kacmarcik J., Spahic D., Varda K., Porca E., Zaimovic-Uzunovic N.: An investigation of geometrical accuracy of desktop 3D printers using CMM, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 393, 2018.

PERIODIČNI PREGLEDI, STATIČKO I DINAMIČKO PROBN ISPITIVANJE DIZALICA

PERIODIC INSPECTIONS, STATIC AND DYNAMIC TRIAL EXAMINATION OF CRANES

Adnan Panjević, dipl. ing. maš.
ArcelorMittal Zenica
Zenica, BiH

REZIME

U pogledu održavanja, kao sastavnog dijela procesa proizvodnje, periodični pregledi i ispitivanja, zakonska su obaveza i služe u svrhu da se utvrdi trenutno stanje opreme i sredstva za rad, kao i da se u krajnjem slučaju prilagode strategije njegovog održavanja, da bi se raspoloživost i pouzdanost održavanog sredstva poboljšalo, a radni vijek produžio. Svaka mašina, koja je u upotrebi i koristi se u procesu proizvodnje, mora posjedovati važeću upotrebnu dozvolu. U radu je opisana svrha i razlozi kada se obavljaju periodični pregledi i ispitivanja dizalica, te je navedena dokumentacija koju je neophodno obezbijediti tokom ispitivanja. Posebno je opisan postupak izvođenja statičkog probnog ispitivanja, kao i mogućnosti mjerenja ugiba mosta, pomoću geodetskog instrumenta, kao i mjerenje napona u mostu dizalice. Na kraju rada, opisan je način izvođenja dinamičkog probnog ispitivanja.

Ključne riječi: Periodični pregledi, statičko probno ispitivanje, dinamičko probno ispitivanje, dizalice

ABSTRACT

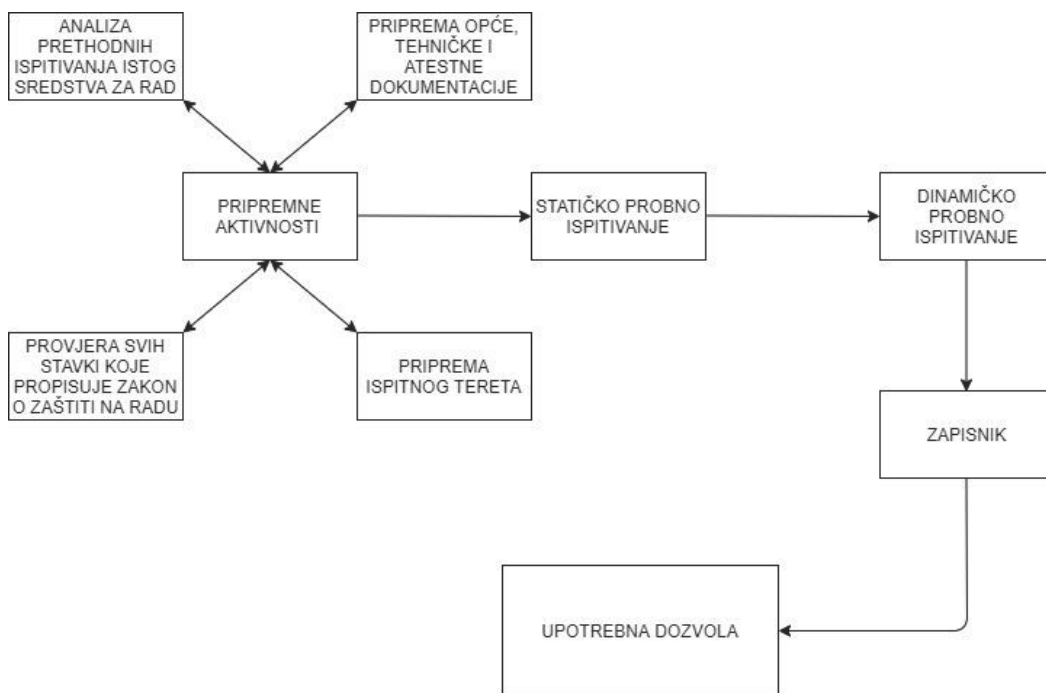
Regarding maintenance, as an integral part of the production process, periodic inspections and tests are a legal obligation and serve to determine the current state of the equipment and means of operation and, as a last resort, to adapt its maintenance strategies to ensure availability and the reliability of the asset maintained improved and the working life extended. Every machine in used in the production process must have a valid operating license. This paper describes the purpose and reasons for carrying out periodic inspections and testing of cranes and provides documentation that must be provided during testing. In particular, the procedure for performing a static test is described, as well as the possibility of measuring the deflection of the bridge using a surveying instrument, as well as measuring the tension in the crane bridge. At the end of the paper, a method of performing a dynamic test is described.

Ključne riječi: periodic inspections, static trual examination, dinamic trial examination, cranes

1. UVOD

U svakoj odgovornoj kompaniji koja se brine o zaštiti zdravlja i života svojih radnika, periodični pregledi opreme predstavljaju jedan od osnovnih stubova politike njenog poslovanja. Iako je zdravlje i sigurnost radnika na prvom mjestu, isto tako, ispravan i siguran rad mašina i opreme, predstavlja jako bitan faktor. Redovno obavljanje periodičnih pregleda doprinosi i u velikoj mjeri olakšava njeno održavanje, jer se rezultatima periodičnih ispitivanja može dobiti uvid u trenutno stanje ispitane opreme i mašina. Redovnim i odgovornim sprovođenjem periodičnih pregleda u velikoj mjeri se dovodi do smanjenja broja povreda na radu. Svaka kompanija je obavezna da sprovodi periodične preglede, a to je definisano zakonom o zaštiti na radu i pravilnicima koji tretiraju ovu oblast.

Poslodavac mora za sve poslove ispitivanja koje obavlja izraditi procedure o postupcima, uslovima i metodama obavljanja tih ispitivanja koji trebaju biti izrađeni u skladu s ISO 10013. Sam postupak ispitivanja se sastojati iz nekoliko faza, što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Tok postupka periodičnih pregleda

2. PERIODIČNI PREGLEDI DIZALICA

Pod dizalicom podrazumijevaju se pokretni i nepokretni uređaji na ručni ili motorni pogon, namjenjeni za dizanje i spuštanje slobodno visećeg tereta sa ili bez njegovog prenošenja, koji rade pomoću čeličnog užeta ili lanca, a podešeni su za rad kukom, grabilicom ili drugim zahvatnim odnosno nosećim sredstvom.¹

Svrha obaveznih periodičnih pregleda i ispitivanja dizalica sastoji se u sljedećem:

¹ PRAVILNIK O OPŠTIM MERAMA I NORMATIVIMA ZAŠTITE PRI RADU SA DIZALICAMA (Objavljen u "Sl. listu SFRJ", br. 30/69 i 41/69)

- da se ustanovi da li je zaštitnim mjerama obezbijeđen siguran rad za vrijeme njihove upotrebe,
- da se ustanove i uklone uzroci nesigurnog rada i da se blagovremeno iz upotrebe isključe neispravni uređaji,
- radi provjeravanja njihove ispravnosti i sigurnosti pri radu.

Sve dizalice na električni ili drugi motorni pogon, sa nosivošću preko 10 kN, moraju imati: opću dokumentaciju, tehničku dokumentaciju i atestnu dokumentaciju. Opća dokumentacija obuhvata: matičnu knjigu, kontrolnu knjigu, knjigu dnevnih izvještaja dizaličara, registar dizalice, evidenciju o periodičnim i godišnjim pregledima dizalica.

Tehnički pregled i ispitivanje dizalice obuhvata kontrolu njihovog stanja, a također i statičko i dinamičko ispitivanje pod propisanim opterećenjem. Pregled i ispitivanja obavljaju se vizuelno i mjerenjem odgovarajućim instrumentima i napravama i to u sljedećim slučajevima:

1. prilikom primopredaje dizalice na upotrebu,
2. poslije rekonstrukcije ili veće opravke noseće konstrukcije, postolja, kraka, rama, mačke, kao i poslije zamjene važnijih dijelova mehanizama vitla kojim se bitno mijenjaju karakteristike uređaja kao cjeline,
3. poslije premještanja dizalice na drugo mjesto, ako se dizalica mora prethodno demontirati, a na novom mjestu ponovo montirati,
4. u okviru godišnjeg, generalnog i vanrednog pregleda.

Prilikom pristupa obavljanju ispitivanja dizalica, neophodno je pripremiti opću, tehničku i atestnu dokumentaciju. Opća dokumentacija obuhvata: matičnu knjigu, kontrolnu knjigu, knjigu dnevnih izvještaja dizaličara, registar dizalice, evidenciju o periodičnim i godišnjim pregledima dizalica. Tehnička dokumentacija obuhvata: statički proračun dizalice, dispozicioni crtež dizalice i svih sklopova osim standardnih, radioničke crteže rezervnih nestandardnih dijelova, opis svih dijelova dizalice sa oznakom radioničkih crteža proizvođača, skicu dizalice sa ucrtanim udaljenostima njenog gabarita od nepokretnih dijelova konstrukcije objekta, skicu sa ucrtanim karakterističnim položajima kraka i odgovarajućim maksimalnim opterećenjem dizalice, dokumentaciju elektro-instalacije za pogon, osvjetljenje, grijanje odnosno klimatizaciju, signalizaciju, zaštitno i gromobransko uzemljenje, shemu noseće i druge užadi, shemu podmazivanja svih mehanizama dizalice sa podacima o kvalitetu ulja odnosno maziva, te uputstva za rukovanje, održavanje i podmazivanje. Atestnu dokumentaciju sačinjavaju: atesti materijala za noseću metalnu konstrukciju i važnije dijelove mehanizama, atesti za dodatni materijal za zavarivanje, atesti za noseće kuke, atesti za žabice i stezače užeta, atesti za noseću čeličnu užad, atesti zavarivača, atesti o ispravnosti zaštite od dodirnog napona, atesti o ispravnosti gromobranske instalacije, izvještaj o statičkom i dinamičkom ispitivanju dizalice, atest odnosno certifikat ovlaštene stručne ustanove da dizalica zadovoljava mjerama. Prilikom obavljanja periodičnog pregleda na dizalici, pregledaju se pojedini uređaji i oprema dizalice. Prvi korak u pregledu jeste kontrola sredstava za prihvatanje i nošenje tereta. Obavlja se vizuelni pregled kuke za vješanje tereta, te usporedba broja na kuki sa brojem kuke na atestu. Na slici 2. je prikazan

primjer pregleda užadi, odnosno da li je uže dovoljno podmazano, te da li je njegov poprečni presjek zadovoljavajući.



Slika 2. Primjer prikaza mjerenja poprečnog presjeka noseće sajle ispitivane dizalice

3. STATIČKO PROBNO ISPITIVANJE

Obim pregleda zavisi od vrste i komplikovanosti dizalice, ali on u svakom slučaju mora da obuhvati sve elemente koji su od značaja za sigurnost na radu. Statičko probno ispitivanje dizalice vrši se nakon izvršenih provjeravanja, pregleda i ispitivanja od koja se vrše vizuelno, pregledom dokumentacije i mjerenjem.

Periodično statičko probno ispitivanje vrši se probnim teretom većim za 10% od maksimalne nosivosti dizalice, osim kod prvog ispitivanja koje mora biti izvedeno prema važećim pravilnicima i tehničkim propisima. Pripremljeni probni teret treba na siguran način da se priveže na noseće sredstvo koje se normalno upotrebljava i digne na visinu od 100 mm. Teret se postavlja u položaj koji odgovara najvećim deformacijama noseće konstrukcije dizalice. Kod mosnih dizalica to je sredina raspona, a kod dizalica sa krakom, kraj konzole. Da bi se izbjegao uticaj veličine ugiba dizalične staze pri mjerenju ugiba noseće konstrukcije dizalicu treba postaviti što bliže osloncima staze ili iznad njih. Ispitivanje traje 10 minuta i za to vrijeme posmatra se ponašanje noseće konstrukcije i mjeri njen ugib. Statičko probno opterećenje mosne dizalice vrši se tako da se mačka postavi na sredinu mosta. Ako dizalica ima dva ili više uređaja za dizanje, dva vitla, dvije kuke ili više, opterećuje se svaki uređaj posebno, osim ako nije predviđen njihov zajednički rad. Statičko probno opterećenje konzolne pokretne dizalice vrši se tako da se konzola postavi u smjeru upravnom na most dizalice, a teret na kraju konzole.

Za vrijeme statičkog probnog opterećenja dizalice (sa teretom u položaju koji odgovara najvećim naprezanjima, odnosno deformacijama noseće konstrukcije dizalice) mjeri se najveći ugib konstrukcije (nosača, konzole, mosta, kraka, odnosno kabla), a po potrebi se pomoću tenziometra provjeravaju naponi na karakterističnim mjestima konstrukcije dizalice. Najveći izmjereni ugib konstrukcije mora biti u granicama predviđenim u projektu dizalice za

novosagrađene dizalice, odnosno u granicama predviđenim statičkim proračunom za dizalice koje nemaju dokumentaciju. Bez originalne tehničke dokumentacije vrijednost izmjerenog ugiba ne smije biti veća od:

- $(1/400 \div 1/600)L$ - za mosne dizalice na ručni pogon i konzolne dizalice na ručni i mašinski pogon,
- $1/750L$ – za mosne dizalice sa lakim uslovima rada (dizalice u mašinskim halama, dizalice velikih nosivosti)
- $1/1000L$ - za mosne dizalice sa srednjim uslovima rada (radioničke dizalice, stovarišne dizalice velike nosivosti, dizalice sa grabilicom, livničke),
- $1/1200L$ - za mosne dizalice sa teškim uslovima rada (topioničke, metalurške, dizalice sa magnetom),

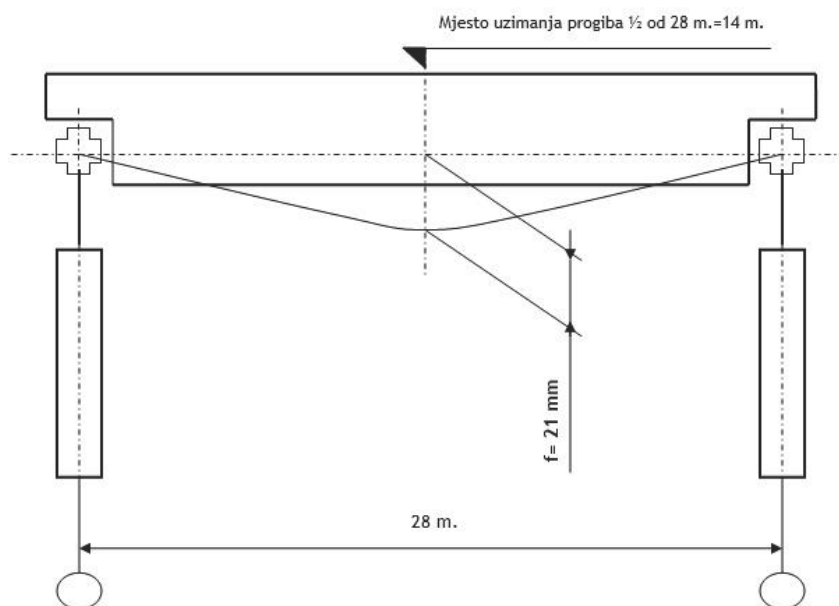
gdje je L - raspon dizalice.

Po isteku vremena probnog ispitivanja sa opterećenjem od 10 minuta teret se spušta na tlo i provjerava se da li se konstrukcija dizalice vratila u prvobitni položaj, odnosno da li su na njoj nastale trajne deformacije. Ako se na konstrukciji dizalice, njenim dijelovima ili nosećoj i teretnoj opremi utvrdi postojanje tragova trajnih deformacija odnosno oštećenja, dizalica se ne smije pustiti u rad dok se ne ispituju i ne otklone uzroci deformacija ili oštećenja i dizalica ponovo podvrgne statičkom probnom ispitivanju. Kod mjerenja ugiba treba napomenuti da se mjerenjem ustanovljava ugib koji potiče od opterećenja i da treba voditi računa da dizalica već ima ugib usljed sopstvene težine. Uobičajna metoda mjerenja ugiba vrši se pomoću geodetskih instrumenata. Takav način mjerenja ugiba mosta tokom statičkog probnog opterećenja sa teretom za 10 % većim od maksimalne nosivosti dizalice, prikazan je na slici 3. Prilikom ispitivanja dizalica koje rade sa grabilicom ili elektromagnetom u težinu probnog tereta ulazi i težina zahvatnog sredstva. Ispitivanje dizalica sa dvije mačke namijenjene za istovremeno podizanje jednog tereta, ispitivanje treba vršiti tako da obje mačke budu postavljene na sredini raspona.

Rezultat mjerenja ugiba mosta prikazan je na slici 4., gdje se može vidjeti mjesto uzimanja progiba mosta, vrijednost ugiba mosta, kao i raspon dizalice.



Slika 3. Primjer mjerenja ugiba mosta dizalice tokom statičkog probnog ispitivanja



Slika 4. Primjer prikaza mjesta uzimanja progiba, te prikaz veličine raspona dizalice i veličine ugiba mosta

Most dizalice se može smatrati prostom gredom. Iz nauke o otpornosti materijala je poznato da je gornji dio grede, odnosno most dizalice, opterećen na pritisak, dok je donji dio grede opterećen na zatezanje. Moguća je pojava pukotina u obje zone. Međutim, pukotine koje nastaju u zoni pritiska ne propagiraju, dok one nastale u zoni opterećenoj na zatezanje propagiraju zavisno od broja radnih ciklusa ili opterećenja. Na osnovu toga, poželjno bi bilo da se uz sve prethodno ispitano, uvede i ispitivanje mjernim trakama. Mjernim trakama bi se mjerili naponi u konstrukciji mosta, kao i vibracije uslijed opterećenja prilikom statičkog ispitivanja. U ovom slučaju radi se o jednoosnom naponskom stanju, jer je most dizalice opterećen na pritisak i zatezanje. Deformacija na mostu dizalice bi se mjerila linearnom mjernom trakom, te bi se na osnovu Hookovog zakona dobio napon. Prilikom postavljanja mjerne trake, površina na koju se postavlja mjerna traka bi se trebala očistiti od hrđe i boje, te uglancati šmirgl papirom, radi što boljeg nalijeganja mjerne trake. Također bi se površina na koju se postavlja mjerna traka trebala očistiti od masnoće. Oprema kojom se izvodi ovakvo ispitivanje je prilično jeftina, te mobilna, dok su rezultati mjerenja itekako korisni u pogledu dobijanja uvida u stanje i prilikom donošenja zaključaka o ispravnosti konstrukcije dizalice.

4. DINAMIČKO PROBNO ISPITIVANJE

Ukoliko je statičko probno ispitivanje dalo zadovoljavajuće rezultate pristupa se dinamičkom ispitivanju. Za dinamičko ispitivanje uzima se teret koji je za 10% veći od maksimalne nosivosti dizalice. Ispitivanje ima za cilj provjeru mehanizama za dizanje tereta, kretanje mosta i mačke, provjeru kočnica i uređaja za sigurnost.

Dinamičko ispitivanje vrši se na sljedeći način:

- probni teret treba dobro pričvrstiti za kuku odnosno drugo zahvatno sredstvo sa kojim dizalica stalno radi,
- ispitni teret podiže se i spušta nekoliko puta,
- mačka se kreće po cijelom rasponu mosta,
- po mogućnosti, most se kreće po cijeloj dužini staze.

Ispitivanje traje onoliko vremena koliko je potrebno da se ispita ispravnost svih mehanizama, kočnica i sigurnosnih uređaja dizalice. Pri statičkom i dinamičkom ispitivanju dizalica, moraju se preduzeti odgovarajuće mjere zaštite na radu (postavljanje dizalice na kraj kranske staze, zabrana prolaza ispod dizalice, upozorenje radnicima koji se nalaze u blizini dizalice), kao i primjena zakona o zaštiti na radu. Nakon obavljenog pregleda i provedenog ispitivanja komisija za periodične preglede sačinjava zapisnik o stručnom nalazu u kojem konstatuje da pomenuto sredstvo rada ispunjava mjere i normative zaštite na radu i za isto izdaje upotrebnu dozvolu. U slučaju da sredstvo rada i oprema ne ispunjava mjere i normative zaštite na radu sačinjit će se zapisnik o stručnom nalazu kojim će se to konstatovati i neće se izdati upotrebna dozvola.

5. ZAKLJUČAK

Periodični pregledi i ispitivanje dizalica predstavlja kako zakonsku obavezu, tako i obavezu u pogledu zaštite i sigurnosti radnika koji rade za ili u blizini sredstva za rad.

Rezultati periodičnog pregleda i ispitivanja dizalica, na neki način predstavljaju i ocjenu zaposlenika održavanja koji su odgovorni za ispravan i siguran rad određenog sredstva.

Jedino pridržavanjem i poštivanjem opisanih procedura, moguće je dobiti tačan uvid u realno stanje ispitane opreme. Radnici koji su zaduženi za ispitivanje i izdavanje upotrebnih dozvola, u potpunosti bi trebali da poznaju i poštuju navedene procedure prilikom aktivnosti prije pregleda, za vrijeme pregleda, te za vrijeme pravljenja zapisnika i u konačnici izdavanja upotrebne dozvole za sredstvo rada. Za zaposlenike koji rukuju dizalicama, kao i za zaposlenike na poslovima njihovog održavanja, jako je bitno da se pridržavaju svojih radnih obaveza u pogledu vođenja kontrolnih knjiga, knjiga dnevnih izvještaja, te evidencije o godišnjim ili redovnim pregledima sredstava za rad.

6. LITERATURA

- [1] PRAVILNIK O OPŠTIM MERAMA I NORMATIVIMA ZAŠTITE PRI RADU SA DIZALICAMA (Objavljen u "Sl. listu SFRJ", br. 30/69 i 41/69)
- [2] Društvo sa ograničenom odgovornošću, "BH STEEL ŽELJEZARA" Zenica: Metodologije obavljanja periodičnih pregleda i ispitivanja

PREDIKTIVNO ODRŽAVANJE PROCESNIH VENTILATORA VELIKIH SNAGA

PREDICTIVE MAINTENANCE OF HIGH POWER PROCESS FANS

Dr.sc. Safet Brdarević,
University of Zenica, Fakultetska 1,72000 Zenica BiH

Dr. sc. Alić Senad, B.Sc. Mech. Eng.
„ARCELOR MITTAL“ Zenica,
Zenica

Dr. sc. Sabahudin Jašarević,
University of Zenica, Fakultetska
1,72000 Zenica BiH

REZIME

Izbor strategije održavanja procesnih ventilatora u baznoj industriji je veoma važna karika u efikasnosti odvijanja proizvodnih procesa, pa samim tim njihovo održavanje treba biti stalna aktivnost kako bi neprekidno bili u eksploatacionom stanju. U realnim slučajevima korištenja procesnih ventilatora imamo njihova dva granična stanja („u radu“ i „u otkazu“), koja prolaze kroz niz raznih „međustanja“. Zato je važno da prethodno imamo pravovremeno validno stanje ventilatora, a da se onda poduzimaju odgovarajući zahvati održavanja. Strategija donošenja odluka o aktivnostima održavanja se zasniva na periodičnoj i neprekidnoj kontroli stanja procesnih ventilatora u procesu eksploatacije. Prema rezultatima kontrole stanja donose se odluke o terminima i obimu planskih aktivnosti održavanja. Za optimalno održavanje procesnih ventilatora važan je pravilan izbor intervala intervencija održavanja, jer vrijeme rada procesnih ventilatora varira zbog različitih uslova eksploatacije i različitog ponašanja komponenti postrojenja. Zbog njihove važnosti je uvedeno prediktivno održavanje.

Ključne riječi: Strategija prediktivnog održavanja, klizni ležajevi, procesni ventilator.

ABSTRACT

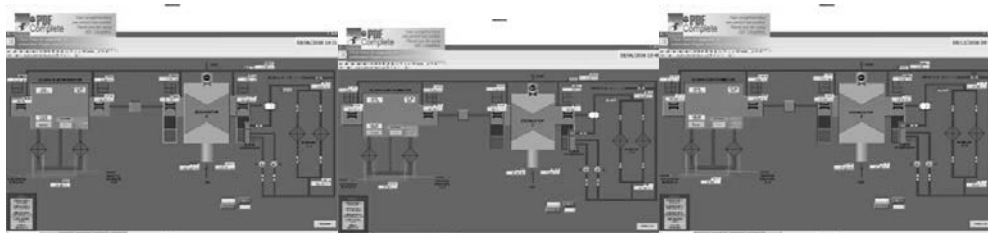
The choice of maintenance strategy for process fans in the base industry is a very important link in the efficiency of production processes, so their maintenance should be a constant activity in order to be in exploitation condition at all times. In real cases of using process fans, we have their two limit states ("in operation" and "in failure"), which go through various "intermediate states". That is why it is important that we have a timely valid condition of the fan in advance, and that appropriate maintenance interventions are then taken. The decision-making strategy on maintenance activities is based on periodic and continuous monitoring of the condition of process fans during operation. According to the results of the condition control, decisions are made on the terms and scope of planned maintenance activities. For optimal maintenance of process fans, it is important to choose the correct interval of maintenance interventions, because the operating time of process fans varies due to different operating conditions and different behavior of plant components. Because of their importance, predictive maintenance was introduced.

Keywords: predictive maintenance strategy, plain bearings, process fan.

1. UVOD

Postrojenje procesnih ventilatora 4,5,6, na Aglomeraciji, Arcelor Mittal Zenica, imaju 4 kućišta ležajeva sa kliznim ležajevima (elektromotor je oslonjen na dva klizna ležaja i rotor procesnog ventilatora na dva klizna ležaja), Slika 1.1.

Senzori za kontinuirano mjerenje temperature i vibracija su postavljeni na klizne ležajeve procesnih ventilatora. Interval uzimanja mjernih vrijednosti temperatura i vibracija je 60 minuta. Snimljene su tri matrice 16083x8 (16083 mjernih vrijednosti u 8 varijabli). Ove tri matrice su ulazi u Matlab program za automatsku identifikaciju Granger uzročnih grafova za tri procesna ventilatora. Na postrojenjima procesnih ventilatora instalisani su senzori na mjestima kontinuiranog monitoringa. Ovakav raspored instalisanih senzora za mjerenje parametra imaju sve tri aglomašine koje rade i proizvode sinter.



Slika 1.1. Šematski prikaz postrojenja procesnih ventilatora br. 4 , 5 i 6 sa mjestima za mjerenje radnih parametra

2. ANALIZA RADA PROCESNIH VENTILATORA

Prema dosadašnjim analizama i literaturi procesni ventilatori mogu imati sljedeće neispravnosti koje mogu da dovedu do otkaza:

- ventilator ne postiže potrebni kapacitet – povećan otpor strujanju dimnih plinova (otpor na klapnama, prigušenje, deformacije u kanalima dimnih plinova), prodiranje neželjenog zraka iz okoline u sistem (vrata na kanalima dimnog plina otvorena, poderani kompenzatori na kanalima, pukotine na kanalima dimnih plinova), pohabane lopatice radnog kola,
- ventilator jako vibrira – neuravnoteženost na radnom kolu (pohabane lopatice radnog kola, zaprljanost sa naljepima radnog kola, vijci za stezanje radnog kola popustili), oštećenje ležajeva, spojnica rascentrirana, temeljni vijci popustili (na elektromotoru, kućištima ležajeva, kućištu ventilatora), vratilo ventilatora iskrivljeno,
- pregrijavanje ležajeva – nepropisno podmazivanje ležajeva (neadekvatno podmazivanje neodgovarajućim mazivom, nedovoljno podmazivanje, začepljen dovod maziva, gubitak sredstva za podmazivanje kroz brtve, nema podmazivanja uopće), pogrešna montaža ležajeva (nedovoljan zazor ležaja sa izabranim krivim tolerancijama, ležaj ukliješten u kućištu tj. provrt nije koncentričan ili je kućište deformisano, nejednako podloženo kućište, brtve pretijesne, interni zazor ležaja premaleni, okretanje vanjskog prstena, promjer provrta kućišta prevelik, neuravnoteženo opterećenje, prevelik promjer vratila, promjer provrta kućišta premalen, nefunkcionisanje centralnog sistema podmazivanja sa pumpama i pratećim cjevovodima,
- pojačana buka u ležaju – ležaj dotrajavao tj. povećani zazor, nepodmazan ležaj, nečistoća u ležaju, neadekvatno i nedovoljno podmazivanje i
- elektromotor u otkazu – problemi vezani za ležajeve, stator i rotor.

3. PREDIKTIVNO ODRŽAVANJE PROCESNIH VENTILATORA

Prediktivno održavanje postrojenja procesnih ventilatora u baznoj industriji je posljednja razvijena i najbolja strategija održavanja ovakvih postrojenja. Ovo održavanje sadrži sve dosadašnje strategije održavanja. Određuje se i planira periodičnost i obim radova za tehničku dijagnostiku uz instalisanu aparaturu stalne ili permanentne kontrole tehničkog stanja (monitoringa) sistema u cilju otkrivanja predotkaznog stanja. Postrojenja procesnih ventilatora 2,5 MW predstavljaju postrojenja od posebne važnosti za proces aglomerisanja (sinerovanja), bez čijeg rada se ne može odvijati proizvodni proces. Na ovim postrojenjima je instalisan kontinuirani monitoring praćenja proizvodnih i parametara vezanih za održavanje ovih postrojenja. Kontrola parametara se obavlja putem kontrole parametara i utvrđivanja stanja u odnosu na neke granične vrijednosti. Izbor parametara zavisi od funkcije tehničkog sistema i pronalaženja uticajnih parametara koji najbolje odslikavaju rad i trošenje tehničkog sistema. Parametri mogu biti različiti (vrijednosti vibracija i temperatura kliznih ležajeva, vrijednosti buke, temperatura ulja i vode, potpritisak dimnih plinova koji oni stvaraju itd). Kod ovih postrojenja posebne važnosti za proizvodni proces parametri se mjere kontinuirano, mjeri se uporedo dovoljan broj parametara i to obezbjeđuje visoku proizvodnost ovakvih mašina. Uvođenje prediktivnog održavanja sa korištenjem instrumentarija tehničke dijagnostike ima sljedeće korake :

- izbor mjernih parametara,
- definisanje mjerne opreme i mjernih mjesta za kontrolu dijagnostičkih parametara,
- teoretska ograničenja stanja elemenata tehničkog sistema,
- određivanje ograničenja mjernih parametara na osnovu eksperimentalnih mjerenja,
- utvrđivanje stanja tehničkog sistema (procesnog ventilatora) na osnovu rezultata,
- dijagnostička mjerenja, analiza dijagnostičkih mjerenja, uspoređivanje sa dozvoljenim granicama,
- otkrivanje uzroka koji su prouzrokovali povećanje mjerenih veličina, mjerenih parametara, te donošenje odluke o daljem toku održavanja,
- korištenje izmjerenih parametara za mašinsko učenje,
- izrada prognostičkog modela za održavanje procesnih ventilatora,
- izrada i uvođenje ekspertnog sistema u održavanje procesnih ventilatora.

Kod procesnih ventilatora kod kojih je instalisan kontinuirani dijagnostički monitoring potrebnih mjerenih parametara unaprijed su određena ograničenja mjernih parametara koja označavaju blisku pojavu oštećenja ili kvara. Održavaoci redovno obavljaju redovne inspekcije pregleda i mjerenja i vrše periodične planirane remontne zahvate. Instrumentarij tehničke dijagnostike se kod postrojenja procesnih ventilatora primjenjujući prediktivno održavanje, kontrola parametara koriste na dva načina: stalna ili permanentna i periodična dijagnoza. Stanje tehničkog sistema karakteriše veliki broj parametara radnog procesa. Pri tome svi parametri radnog procesa ne utiču podjednako na stanje sistema. Ako se kontroliše više parametara, veća je vjerovatnoća da se može pravilnije analizirati i prognozirati stanje sistema. Zato je potrebno izvršiti izbor mjernih parametara koji će imati neku međusobnu zavisnost, odnosno da izlazni podaci jednog parametra, mogu poslužiti kao informacija ili signal da je na tom mjernom mjestu neophodno izvršiti kontrolu i tog drugog parametra. Pri izboru mjernih parametara koji se žele uzeti kao dijagnostički, također je neophodno voditi računa koji se element ili postrojenje tehničkog sistema kontroliše. Za postrojenja procesnih ventilatora uzeti su kao mjerni parametri uzimaju se: vibracije, temperature, potpritisaci dimnih plinova, protoci dimnih plinova. Izborom prediktivnog održavanja moguće je poboljšati održavanje podsistema procesnih ventilatora u tehnološkom procesu putem boljeg iskorištenja ovih važnih podsistema u baznoj industriji. Mjerna oprema čini skup mjernih sredstava i pomoćnih uređaja – pribora i instrumenata međusobno povezanih u mjerni lanac sa objektom mjerenja, kontrole i upravljanja u jednu funkcionalnu cjelinu.

Mjerni pribor i instrumenti su uređaji za mjerenje i indicaciju različitih fizičkih veličina (geometrijskih, vremenskih, mehaničkih, termičkih, akustičkih, električnih i dr.). Njihova konstrukcija mora da bude takva da omogućuje postizanje potrebne tačnosti, pouzdanosti i reproduktivnosti mjerenja, da se mogu lako prenositi ili da budu stacionarni i da su što jednostavniji za rukovanje i kalibraciju. Mjerna oprema za mjerenje dijagnostičkih parametara (vibracija, temperatura, buka-šum, potpritisak dimnog plinova, protok dimnog plina), treba da ispuni osnovne zahtjeve.

Na osnovu iznesenog, za kontrolu dijagnostičkih parametara (vibracija, temperatura, buka-šum, potpritisak, protok) odabran je kompletan instrumentarij za mjerenje potrebnih parametara od ABB Industrial^{IT} 800xA HMI.

4. OGRANIČENJA DIJAGNOSTIČKIH PARAMETARA NA PROCESNIM VENTILATORIMA

Kod prediktivnog održavanja kontinuirano se prate mjerni parametri, ustanove se odgovarajuće anomalije, daje se dijagnoza na osnovu simptoma, prognozira se kada će se desiti kvar i planira se vrijeme i broj izvršilaca za remontni zahvat. Kod održavanja ovog tipa, uvedeno je tzv. mašinsko učenje na osnovu kontinuiranih mjernih parametara, prognozirane mjernih parametara na osnovu prognostičkog modela i uveden je ekspertni sistem za ovo održavanje. Ovakav tip održavanja je moguć jedino kod tehničkih sistema procesnih ventilatora kod kojih je instalisan softver za analizu dijagnostičkih parametara. Da bi se odredile dozvoljene granice stanja tretiranog sistema, potrebno je stvoriti respektabilnu bazu mjernih podataka, a to je jedino moguće ako se ovo stanje prati duži vremenski period. Za kontrolu mjernih parametara mogu se koristiti, različiti standardi.

Kod prediktivnog održavanja predviđa se kvar, interveniš se nakon pokazatelja stalnog monitoringa o potrebnom zahvatu održavanja. Kontinuirana mjerna dijagnostika ima za cilj mjeriti parametre na sklopovima, elementima postrojenja procesnih ventilatora i locirati uzroke kvarova na ovim postrojenjima. Često se uz kontinuiranu dijagnostiku koriste i povremeni prenosivi monitoring kojima provjeravamo izmjerene parametre kontinuiranog monitoringa. Kontrola i mjerenje dijagnostičkih parametara se vrši sljedećim redoslijedom:

- mjerenje (kontrola) temperature (°C),
- mjerenje (kontrola) buke (šuma) (db),
- mjerenje (kontrola) vibracija i to: brzine (mm/s) i amplitude (μm), a kada je stanje elemenata sistema nezadovoljavajuće vršit će se mjerenje i frekvencije (Hz) da bi se ustanovio uzrok porasta vibracije i
- mjerenje (kontrola) vibracija i to: ubrzanje (mm/s^2) vrši se samo u posebnim slučajevima ili kod vrlo visokih frekvencija, većih od 1000 Hz (60000 obr./min).

Mjerenje (kontrola) vibracija se izvodi u tri međusobno okomita pravca gdje je god to moguće zbog pristupačnosti, aksijalnom (X), horizontalnom (H) i vertikalnom (V) pravcu. Savremeniji uređaji imaju registrovanje rezultante vibracija, u kojoj su sadržane vrijednosti vibracija iz sva tri pravca. Mjerenje se izvodi u radnom stanju na temperaturi radnog režima, pod normalnim opterećenjima i pod normalnim uslovima, a to su:

- mjerenje amplitude (μm) vibracije je preporučljivo u ispitivanju pojedinačnih elemenata sistema i njihovih dijelova, za određivanje vibracionog stanja, za uporedbu jednakih elemenata sistema. Uobičajeno je da se mjerenje amplitude koristi kod sistema kod kojih je frekvencija niža od 100 Hz (6000 obr./min),
- mjerenje brzine (mm/s) vibracije je preporučljivo kad se moraju uporediti vrlo različiti elementi sistema. Mjerenje brzine najčešće se koristi kod sistema kod kojih je frekvencija od 10 Hz (600 obr./min) do 250 Hz (15000 obr./min), a povremeno i na elementima sistema kod kojih je frekvencija i do 1000 Hz (60000 obr./min),

- mjerenje ubrzanja (mm/s^2) vibracije se vrši samo u posebnim slučajevima ili kod vrlo visokih frekvencija, većih od 1000 Hz (60000 obr/min),
- mjerenje frekvencije (Hz) vibracije se vrši po potrebi na osnovu uvida u rezultate mjerenja amplitude, odnosno brzine vibracije, održavalac ustanovi da je nivo vibracija u nedozvoljenim granicama, mjeri se frekvencija vibracija, u cilju analize porasta vibracije i otkrivanja uzročnika porasta vibracije na kontrolisanom elementu (mjernom mjestu).

Instalirani monitoring ABB Industrial^{IT} 800xA HMI, na postrojenjima procesnih ventilatora od 2,5 MW i drugim postrojenjima sličnog tipa, omogućava pohranjivanje velike baze podataka. Ova baza podataka omogućava mašinsko učenje, izradu prognostičkog modela i uvođenje ekspertnog sistema u održavanje procesnih ventilatora.

Kontrolom, praćenjem temperature, jednog od važnijih parametara tehničkog stanja ležajeva procesnih ventilatora, dobiće se signal, informacija za rano otkrivanje bilo kakvih promjena stanja na kontrolisanom elementu. Na osnovu rezultata eksperimentalnih mjerenja, došlo se do obrasca, na osnovu kojeg se mogu odrediti granične (dozvoljene) vrijednosti radne temperature za svaki tretirani element postrojenja, odnosno mjerno mjesto.

$$T_{\text{doz}} = T_{\text{doz. (za 291 K (18 ° C))} - (T_{\text{idealno}} - T_{\text{okoline}}) \quad (3.1)$$

gdje je: - T_{doz} – dozvoljena radna temperatura na mjernom elementu (ležaju),

- $T_{\text{doz. (za 291 K (18 ° C))}$ – dozvoljena radna temperatura na mjernom elementu (ležaju), pri temperaturi okoline od 291 K (18 ° C),
- T_{idealno} – idealna (sobna) temperatura, koja iznosi 291 K (18 ° C),
- T_{okoline} – temperatura okoline.

Koristeći eksperimentalne rezultate i navedeni obrazac za izračunavanja dozvoljenih radnih temperatura, mogu se definisati granice dijagnostičkog parametra – temperatura. Za procesne ventilatore koji imaju klizne i kotrljajne ležajeve, temperatura ima veliku važnost. Temperature na kliznim ležajevima procesnih ventilatora imaju ove vrijednosti:

- procesni ventilator br. 4 $T = 21 - 59$ °C – zelena boja, nominalno područje,
 $T = 23 - 59$ °C – plava boja, upotrebljivo područje,
 $T = 37 - 61$ °C – žuta boja, upotrebljivo područje,
 $T = 39 - 61$ °C – narančasta boja, upotrebljivo područje i
 $T = 46 - 48$ °C – crvena boja, granično područje.
- procesni ventilator br. 5 $T = 21 - 52$ °C – zelena boja, nominalno područje,
 $T = 37 - 54$ °C – plava boja, upotrebljivo područje,
 $T = 40 - 53$ °C – žuta boja, upotrebljivo područje,
 $T = 43 - 45$ °C – narančasta boja, upotrebljivo područje i
 $T = 45$ i više °C – crvena boja, granično područje.
- procesni ventilator br. 6 $T = 20 - 54$ °C – zelena boja, nominalno područje,
 $T = 34 - 55$ °C – plava boja, upotrebljivo područje,
 $T = 49 - 51$ °C – žuta boja, upotrebljivo područje,
 T narančasta boja, upotrebljivo područje i
 T crvena boja, granično područje.

Rezultati mjerenja i analize vibracija omogućavaju uvid u dinamičko ponašanje procesnih ventilatora, kao rotirajućih sistema. Vibracije kod procesnih ventilatora najčešće su uslovljene debalansom rotirajućeg dijela mašine (radnog kola), kao i sa ostalim uzrocima od kojih su najčešći:

- poremećaj centričnosti (saosnosti),
- nedovoljna dinamička krutost kućišta i temelja procesnog ventilatora,
- ugib vratila,
- povećani zazor u kliznim i kotrljajnim ležajevima,

- neadekvatan viskozitet ulja, odnosno neodgovarajuće podmazivanje kliznih i kotrljajnih ležajeva,
- olabavljenost spojeva,
- poremećaj horizontalnosti cijelog sistema,
- odstupanje obrtnog momenta i dr.

Kod procesnih ventilatora je veoma bitno kontinuirano pratiti vibraciono ponašanje sistema na mjestima kliznih i kotrljajnih ležajeva, jer iste pogone motori vrlo velikih snaga, što može imati teške posljedice po iste. Provođenje prediktivnog (proaktivnog) održavanja, na bazi preporuka o nivou izmjerenih vibracija predupređuje eventualne negativne efekte visokih vibracija. Konfiguracija mjerne opreme od ABB Industrial^{IT} 800xA HMI, omogućava kontinuirano praćenje vrijednosti vibracija, sva tri karakteristična oblika vibracija (sekcija predpojačivača objedinjuje i funkciju integratora). Pretvarači mogu da budu kontakti ili bezkontakti, pri čemu izbor zavisi od odnosa snage izvora i provodljivosti sklopa do mjernog mjesta. Kontakti pretvarači mogu mjeriti ubrzanje vibracija (piezoelektrični), brzinu ili pomjeranje. Kod procesnih ventilatora mjerena je i analizirana brzina vibracija sa provođenjem frekventne analize, ako se zato ukaže potreba. Vibracije se snimaju analognim putem – pretvaranjem mehaničkih u električne signale (strujne ili naponske). Amplituda i efektivna brzina vibracija figurišu kao osnovne veličine na osnovu kojih se, određuje “kvalitet” mašine – postrojenja (sistema) s obzirom na vibracije. Ovi standardi propisuju frekventno područje i dozvoljene nivoe vibracija za svaku klasu rotacionih mašina ovisno o brzini vrtnje, opterećenju, načinu ovješavanja i itd. Kao mjerno osjetilo (senzor), korišten je piezoelektrični tip davača koji karakteriše: mala masa, neposjedovanje pokretnih mehaničkih dijelova, veliko dinamičko područje rad, široko frekventno područje upotrebe, kompaktnost, visoka stabilnost karakteristika mjerenja neovisna o orijentaciji mjerenja, mali uticaj magnetskih polja, vlage i radijacije. Za kontrolu eksperimentalnih mjerenja dijagnostičkog parametra - vibracija, kako je ranije rečeno, korišteni su normativi VDI 2056 za ocjenu dozvoljenih vibracija⁽⁶⁰⁾, odnosno normativi za grupu K, M, G, T, D, S. Procesni ventilatori ove snage i broja obrtaja spadaju u grupu **T**, kod koje postoje sljedeća područja, za procesne ventilatore 4, 5 i 6 :

- **NOMINALNO PODRUČJE-N**-brzina vibracija $V_{\text{eff}} = (0,9-2,8)$ mm/s, zelena boja,
- **UPOTREBLJIVO - U1,U2,U3**- $V_{\text{eff}} = (2,9-7)$ mm/s, U1 = (2,9 – 4,2) mm/s - plava boja, U2 = (4,3–5,6) mm/s – žuta boja, U3 = (5,7–7) mm/s – narančasta boja,
- **JOŠ UVIJEK DOZVOLJENO PODRUČJE- G**- $V_{\text{eff}} = (7-18)$ mm/s, G = (7,1 i više) mm/s, crvena boja,
- **NEDOZVOLJENO PODRUČJE**, vrijednost efektivne brzine je $V_{\text{eff}} = 18$ mm/s i preko,
- **PREKID – P**, bijela boja.

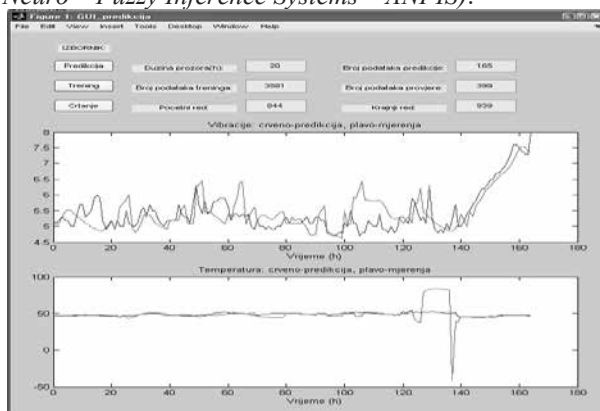
Obzirom na prirodu nastanka vibracija (prinudne i sopstvene), pri eksperimentalnim mjerenjima došlo se do podataka da teoretska ograničenja dijagnostičkog parametra – vibracija na procesnim ventilatorima imaju veliku važnost i potrebno je znati :

- broj okretaja u pogonskim uslovima pri kojem će se mjeriti vibracije,
- znati položaj tehničkog sistema na temelju i provjeriti da li su dotegnuti olabavljeni vijci,
- mjerna mjesta na mjestima kliznih i kotrljajnih ležajeva,
- vibracije se mjere u horizontalnom, vertikalnom i aksijalnom pravcu, a ovi uređaji daju rezultujuću vrijednost vibracija,
- znati i utvrditi položaj i vrstu spojki, kliznih i kotrljajnih ležajeva,
- imati skicu tehničkog sistema sa označenim mjernim mjestima i
- imati u vidu da li na veličinu vibracija utiču okolni tehnički sistemi.

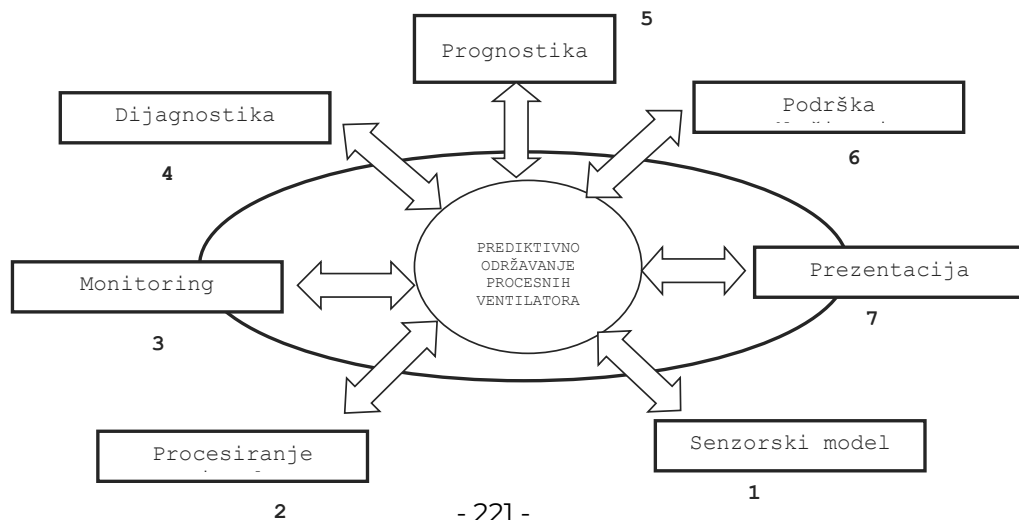
Mjerodavan podatak za analizu stanja procesnih ventilatora, odnosno njegovog dijela uzima se najveća brzina, odnosno amplituda vibracija. Iz kompletnog instalisanog monitoringa, na osnovu numeričkih vrijednosti i dijagramskih prikaza stanja, a prema ISO 2372 i za grupu T

mogu se tačno precizirati vrijednosti kada ovi sistemi imaju nezadovoljavajuće parametre. Stanja definisana kao „**DOBRO (NOMINALNO)**“ je najbolje stanje u kojem procesni ventilatori treba da stalno rade. Kod stanja „**UPOTREBLJIVO**“ procesni ventilatori relativno dobro obavljaju svoju funkciju i po mogućnosti uzrok malo narušenog radnog stanja sistema treba otkloniti kada sistem bude u takvoj situaciji da ne remeti tok tehnološkog procesa. Kada se ova postrojenja nalaze u području „**JOŠ UVIJEK UPOTREBLJIVO (GRANIČNO)**“, mogu da još uvijek rade, ali se moraju zaustaviti i otkloniti nepravilnosti zahvatima održavanja, dovesti sistem u upotrebljivo ili dobro stanje. U području „**NEDOZVOLJENO**“ ova postrojenja se ne smiju nalaziti, jer može doći do velikih i neželjenih materijalnih šteta i havarija koje mogu izazvati i povrjeđivanje zaposlenika koji rukuju i održavaju ova postrojenja. Instalisanjem kontinuiranog monitoringa procesnih ventilatora sa četiri klizna ležaja na elektromotoru i radnom kolu omogućava se pravovremeno dobijanje svih radnih parametara i dijagnosticiraju sve nepravilnosti njihovog rada. Kontrolisanim i kontinuiranim praćenjem vibracija, je moguće sagledati odgovarajuća poboljšanja kvaliteta održavanja putem značajnog smanjenja troškova održavanja, efikasnijeg planskog održavanja i smanjenja stanja otkaza. Kontinuiran rad procesnih ventilatora omogućava kontinuiranu proizvodnju sintera. Signale vibracija sa vibracionih senzora daje **ABB IndustrialIT 800xA HMI**.

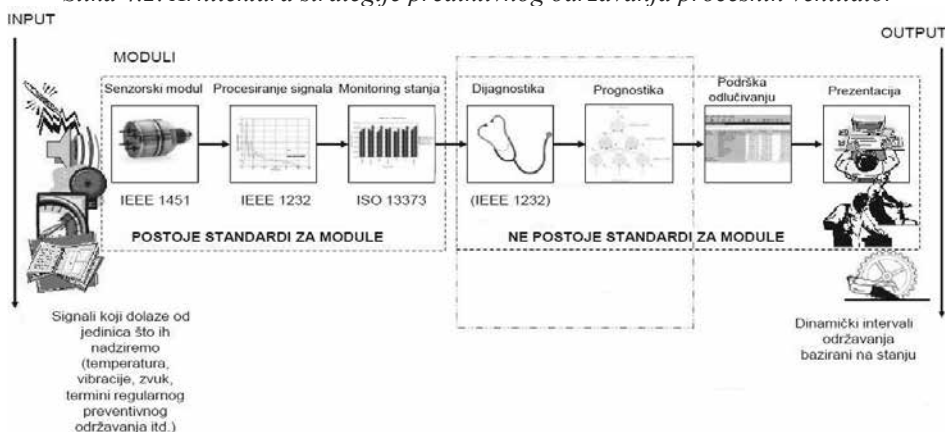
Ovo tehničko dijagnosticiranje stanja rada rotacionih mašina omogućava nam da znamo kada mašina “ **normalan rad** “ i “ **rani kvar (anomalija)** “. Na slici 4.1. prikazana je standardna predikcija korištenjem vještačke inteligencije tj. Adaptivnog neuro-fuzzy inteligentnog sistema (*Adaptive Neuro – Fuzzy Inference Systems – ANFIS*).



Slika 4.1. Predikcija temperature i vibracija iz MS Excel fajla korištenih u programu ANFIS



Slika 4.2. Arhitektura strategije prediktivnog održavanja procesnih ventilator



Slika 4.3. Procedura prediktivnog održavanja kod procesnih ventilatora

4. ZAKLJUČCI

Na osnovu predstavljenog softvera ANFIS-a kao metode uvođenja prediktivnog održavanja procesnih ventilatora može se zaključiti sljedeće:

- ovakvim načinom u tehničkoj dijagnostici moguće je doći do saznanja o karakteru i zakonitosti ponašanja temperature i vibracija tj. rada kliznih ležajeva, elektromotora i radnog kola ovakvih procesnih ventilatora velikih snaga i velikih brzina vrtnje.
- ovim pristupom je pomoću kontinuiranog monitoringa moguće provesti softverski proces mašinskog učenja o ponašanju tehničkih sistema procesnih ventilatora i izvršiti dalje analize stanja i ponašanja značajne za njihov rad i održavanje.
- na ovakav način je moguće doći do saznanja o uzajamnoj međusobnoj vezi i uticajima temperatura i vibracija između kliznih ležajeva koji zajedno čine sa ostalim sastavnim dijelovima jedan tehnički sistem, a kakvi su u ovom slučaju procesni ventilatori.
- ovakvim pristupom je moguće dobijati saznanja o sistemskom zdravlju ovih procesnih ventilatora i time planirati odgovarajuće održavanje i zahvate održavanja, planirati troškove i zaposlenike za održavanje, a sve sa ciljem poboljšanja kvaliteta održavanja ovih postrojenja.

5. LITERATURA

- [1] Adamović, Ž.: Tehnička Dijagnostika, Beograd, 1997.
- [2] Barnett, L., Seth, A.K.: Behaviour of Granger Causality under filtering: Theoretical invariance and practical application, Journal of Neuroscience Methods 201, 2011.
- [3] Bressler, S.L., Seth, A.K.: Wiener-Granger Causality: A well established methodology, NeuroImage, 2010.
- [4] Seth, A.K.: A MATLAB toolbox for Granger causal connectivity analysis, Journal of Neuroscience Methods 186, 2010.
- [5] Seth, A.K.: Granger Causal Connectivity Analysis: A MATLAB toolbox manual, School of Informatics, University of Sussex, 2011.
- [6] Alić, S.; Jašarević, S.; Brdarević, S.; Imamović, M.; Jaganjac, I.: Automatic Identification of Causal Knowledge and Causal Graphs in Technical Systems of Process Ventilators, Tehnički vjesnik / Technical Gazette, Scientific professional journal of technical faculties of the Josip

**POSTUPAK CENTRIRANJA PROCESNIH VENTILATORA KAO DIO NJIHOVOG
PREDIKTIVNOG ODRŽAVANJA**

**PROCEDURE OF CENTERING PROCESS FANS AS A PART OF THEIR
PREDICTIVE MAINTENANCE**

**Prof. emeritus Dr. Sc. Safet Brdarević,
University of Zenica, Fakultetska 1,72000 Zenica BiH**

**Dr.sc. Alić Senad, B.Sc. Mech. Eng.
Lušija Džemil, B.Sc. Mech. Eng.
„ARCELOR MITTAL“ Zenica, Zenica**

REZIME

U postupku kontrole stanja ispravnosti procesnih ventilatora 4, 5 i 6, provodi se i postupak centriranja vratila elektromotora i radnog kola i provjerom na spojci njihovog spajanja. Pored mjerenja na osama vratila elektromotora i radnog kola procesnog ventilatora, vrši se mjerenje postavljena horizontalnosti kućišta elektromotora i procesnog ventilatora na konstrukciju ili temelje hale. Postupak centriranja se vrši na zupčastoj spojki pomoću odgovarajuće mjerne opreme. U slučaju da ova centričnost nije u granicama tolerancija, to se odražava na položaj i rad i kompletnog postrojenja, izaziva povećanje vibracija i temperature na kliznim ležajevima. U tabeli 1. dat je način provjere i izvještavanja o centričnosti osa vratila elektromotora i radnog kola na procesnom ventilatoru.

Ključne riječi: *Centriranje vratila elektromotora i radnog kola, klizni ležajevi, procesni ventilator.*

ABSTRACT

In the process of checking the condition of the correctness of process fans 4,5 and 6, the procedure of centering the shaft of the electric motor and the impeller and checking on the coupling of their connection is also carried out. In addition to measurements on the axes of the shaft of the electric motor and the impeller of the process fan, the measurement of the horizontality of the housing of the electric motor and the process fan on the construction or foundations of the hall is measured. The centering procedure is performed on the gear coupling using appropriate measuring equipment. In case this centricity is not within the limits of tolerances, it is reflected in the position and operation of the complete plant, causing an increase in vibration and temperature on the sliding bearings. Table 1 shows the method of checking and reporting on the centricity of the shaft axis of the electric motor and the impeller on the process fan.

Keywords: *centering of electric motor shaft and impeller, sliding bearings, process fan.*

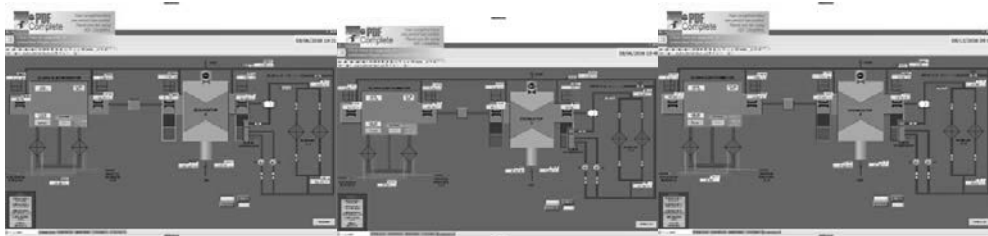
1. UVOD

Postrojenje procesnih ventilatora 4,5,6, Slika 1.1., imaju 4 kućišta ležajeva sa kliznim ležajevima (elektromotor je oslonjen na dva klizna ležaja i rotor procesnog ventilatora na dva klizna ležaja). Na svim ležajevima se kontinuirano mjere :

- temperatura kliznih ležajeva TT4101, 4102, 4201, 4202 , 5101, 5102, 5201, 5202, 6101, 6102, 6201, 6202, temperatura dimnih plinova na ulazu u procesni ventilator 4,5,6 TT4131, 5131, 6131, temperatura vode za hlađenje motora u sistemu hlađenja sa zrakom procesnog ventilatora 4,5,6 TT4121, 5121, 6121, temperatura ulja za podmazivanje kliznih ležajeva na ulazu u hladnjak koje se hladi vodom procesnog ventilatora 4,5,6 TT4112, 5112, 6112, temperatura ulja iza hladnjaka ulja koje se hladi vodom za procesni ventilator 4,5,6, TT4111, 5111, 6111,
- vibracije ležajeva VT 4211, 4212, 4213,4214, 5211, 5212, 5213, 5214, 6211, 6212, 6213, 6214, za klizne ležajeve procesnih ventilatora 4,5,6,
- pritisak dimnih plinova na ulazu u procesni ventilator 4,5,6 PT 4171, 5171, 6171.

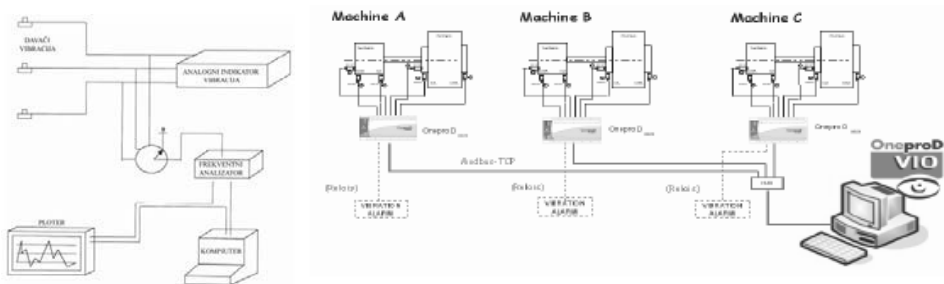
Senzori za kontinuirano mjerenje temperature i vibracija su postavljeni na klizne ležajeve procesnih ventilatora. Interval uzimanja mjernih vrijednosti temperatura i vibracija je 60 minuta. Snimljene su tri matrice 16083x8 (16083 mjernih vrijednosti u 8 varijabli). Na postrojenjima procesnih ventilatora instalisani su senzori na mjestima kontinuiranog monitoringa. Ovakav raspored instalisanih senzora za mjerenje parametra imaju sva tri procesna ventilatora. Prema dosadašnjim analizama i literaturi procesni ventilatori mogu imati sljedeće neispravnosti koje mogu dovesti do otkaza:

- ventilator ne postiže potrebni kapacitet – povećan otpor strujanju dimnih plinova (otpor na klapnama, prigušenje, deformacije u kanalima dimnih plinova), prodiranje neželjenog zraka iz okoline u sistem (vrata na kanalima dimnog plina otvorena, poderani kompenzatori na kanalima, pukotine na kanalima dimnih plinova), pohabane lopatice radnog kola,
- ventilator jako vibrira – neuravnoteženost na radnom kolu (pohabane lopatice radnog kola, zaprljanost sa naljepima radnog kola, vijci za stezanje radnog kola popustili), oštećenje ležajeva, spojnica rascentrirana, temeljni vijci popustili (na elektromotoru, kućištima ležajeva, kućištu ventilatora), vratilo ventilatora iskrivljeno,
- pregrijavanje ležajeva – nepropisno podmazivanje ležajeva (neadekvatno podmazivanje neodgovarajućim mazivom, nedovoljno podmazivanje, začepljen dovod maziva, gubitak sredstva za podmazivanje kroz brtve, nema podmazivanja uopće), pogrešna montaža ležajeva (nedovoljan zazor ležaja sa izabranim krivim tolerancijama, ležaj uklješten u kućištu tj. provrt nije koncentričan ili je kućište deformisano, nejednako podloženo kućište, brtve pretijesne, interni zazori ležaja premaleni, okretanje vanjskog prstena, promjer provrta kućišta prevelik, neuravnoteženo opterećenje, prevelik promjer vratila, promjer provrta kućišta premalen, nefunkcionisanje centralnog sistema podmazivanja sa pumpama i pratećim cjevovodima),
- pojačana buka u ležaju – ležaj dotrajao tj. povećani zazori, nepodmazan ležaj, nečistoća u ležaju, neadekvatno i nedovoljno podmazivanje,
- elektromotor u otkazu – problemi vezani za ležajeve, stator i rotor.



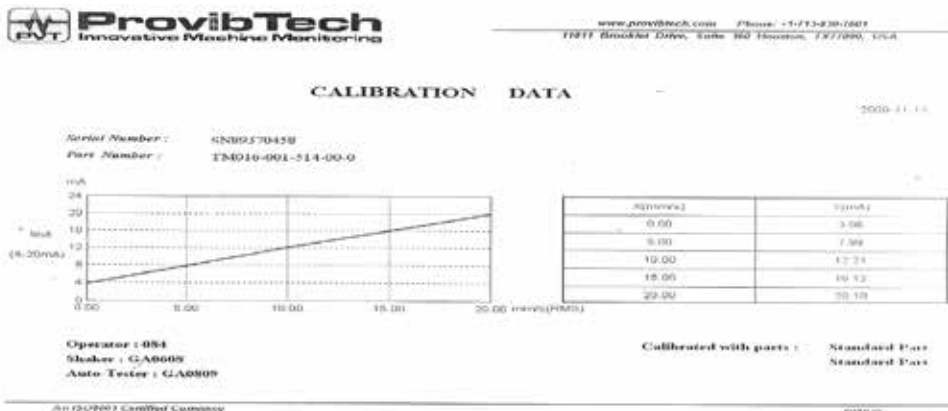
Slika 1.1. Šematski prikaz postrojenja procesnih ventilatora br. 4, 5 i 6 sa mjestima za mjerenje radnih parametra

Na Slici 1.1. su date uporedo tri tlocrtna crteža procesnih ventilatora br. 4, 5 i 6 aglomašina br. 4, 5 i 6 i rasporeda instalisanih senzora preko kojih se kontinuiranu prate predviđeni parametri.



Slika 1.2. Vibrodijagnostički nadzor vibracija i temperature ležajeva procesnih ventilatora

Na slici 1.2. principijelno je dat vibrodijagnostički nadzor kontinuiranog mjerenja procesnih parametara na procesnim ventilatorima koji su predmet analize u ovom radu.



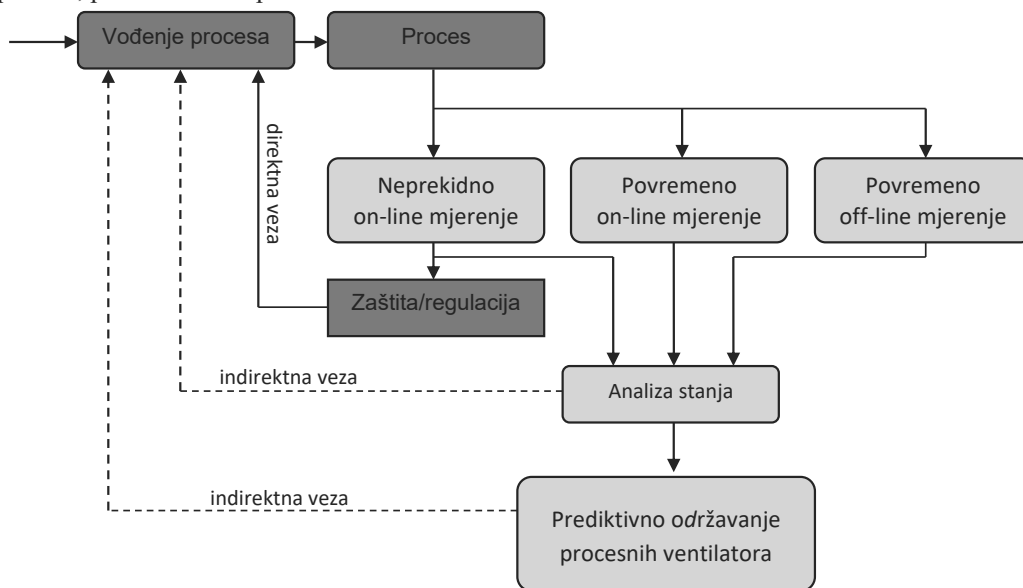
Slika 1.3. Odnos između jačine struje (mA) i brzine promjene vibracija (mm/s)

Prikaz veze između procesnih ventilatora velikih snaga i velikih brzina vrtnje i procesnog računara dat je na slici 1.2, a na slici 1.3. dat je odnos jačine struje i brzine promjene vibracija. Dijagnostika ranih kvarova na ležajevima se radi u 2 klase: normalan rad i rani

kvar (anomalija). Ako se vibracije na dijagramima kreću u intervalu (0 – 8,2) mm/s procesni ventilator će ostati u radu, ali su optimalne vrijednosti vibracija (2,5 – 3) mm/s. Ako temperature imaju vrijednosti (0 – 72) °C, procesni ventilator će ostati u radu, ali optimalna temperatura je (30-40) °C. Potpritisakna ulazu u procesni ventilator se kreće između (55 – 160) mbar. Poruka na procesnim računarima za optimalne parametre rada će biti “nominalan rad“. Ako vrijednosti temperatura, vibracija i pritiska nisu u optimalnom režimu rada, onda će poruka na procesnom računaru biti “kvar_(problem)“.

Kod procesnih ventilatora kod kojih je instalisan kontinuirani dijagnostički monitoring potrebnih mjerenih parametara unaprijed su određena ograničenja mjernih parametara koja označavaju blisku pojavu oštećenja ili kvara. Održavaoci redovno obavljaju redovne inspekcije pregleda i mjerenja i vrše periodične planirane remontne zahvate. Instrumentarij tehničke dijagnostike se kod postrojenja procesnih ventilatora primjenjujući prediktivno održavanje, kontrola parametara koriste na dva načina: stalna ili permanentna i periodična dijagnoza.

Stanje tehničkog sistema karakteriše veliki broj parametara radnog procesa. Pri tome svi parametri radnog procesa ne utiču podjednako na stanje sistema. Ako se kontroliše više parametara, veća je vjerovatnoća da se može pravilnije analizirati i prognozirati stanje sistema. Zato je potrebno izvršiti izbor mjernih parametara koji će imati neku međusobnu zavisnost, odnosno da izlazni podaci jednog parametra, mogu poslužiti kao informacija ili signal da je na tom mjernom mjestu neophodno izvršiti kontrolu i tog drugog parametra. Pri izboru mjernih parametara koji se žele uzeti kao dijagnostički, također je neophodno voditi računa koji se element ili postrojenje tehničkog sistema kontroliše. Za postrojenja procesnih ventilatora kao mjerni parametri uzimaju se: vibracije, temperature, potpritisaci dimnih plinova, protoci dimnih plinova.



Slika 1.4. Sistem nadzora tehničkih sistema sa strategijom prediktivnog održavanja

Izborom prediktivnog (proaktivnog) održavanja moguće je poboljšati održavanje podsistema procesnih ventilatora u tehnološkom procesu putem boljeg iskorištenja ovih važnih podsistema u baznoj industriji. Mjerna oprema čini skup mjernih sredstava i pomoćnih uređaja – pribora i instrumenata međusobno povezanih u mjerni lanac sa objektom mjerenja,

kontrola i upravljanja u jednu funkcionalnu cjelinu. Izbor dijagnostičke opreme za kontrolu mjernih parametara treba da zadovolji dva osnovna zadatka s ciljem :

- aktivne kontrole i upravljanja, pri čemu rezultati mjerenja služe kao osnovna informacija i inicijator regulacije i upravljanja procesa i
- određivanja ponašanja procesa i dobijanja nove zakonitosti i poboljšanja rezultata.

Mjerni pribor i instrumenti su uređaji za mjerenje i indikaciju različitih fizičkih veličina (geometrijskih, vremenskih, mehaničkih, termičkih, akustičkih, električnih i dr.). Njihova konstrukcija mora da bude takva da omogućuje postizanje potrebne tačnosti, pouzdanosti i reproduktivnosti mjerenja, da se mogu lako prenositi ili da budu stacionarni i da su što jednostavniji za rukovanje i kalibraciju. Mjerna oprema za mjerenje dijagnostičkih parametara (vibracija, temperatura, buka-šum, potpritisak dimnog plinova, protok dimnog plina), treba da ispuni osnovne zahtjeve, kao što su :

- princip mjerenja (mehanički, optički, električno-indukcioni, fotoelektrični),
- definisana vrsta mjerne veličine (temperatura, vibracija, buka-šum, podpritisak),
- broj istovremeno mjerenih veličina (jednosmjerni i višesmjerni) i
- način veze mjernog pretvarača sa objektom mjerenja (kontaktni i beskontaktni).

Na osnovu iznesenog, za kontrolu dijagnostičkih parametara (vibracija, temperatura, buka-šum, podpritisak, protok) odabran je kompletan instrumentarij za mjerenje potrebnih parametara od ABB Industrial^{IT} 800xA HMI. Postrojenje procesnih ventilatora 4, 5, 6 imaju 4 kućišta ležajeva sa kliznim ležajevima (elektromotor je oslonjen na dva klizna ležaja i rotor ekshaustora na dva klizna ležaja). Na svim ležajevima i dijelovima postrojenja procesnih ventilatora se kontinuirano mjere :

- temperatura kliznih ležajeva TT4101, 4102, 4201, 4202 , 5101, 5102, 5201, 5202, 6101, 6102, 6201, 6202,
- temperatura dimnih plinova na ulazu u procesni ventilator 4,5,6 TT4131, 5131, 6131,
- temperatura vode za hlađenje motora u sistemu hlađenja sa zrakom procesnih ventilatora 4,5,6 TT4121, 5121, 6121,
- temperatura ulja za podmazivanje kliznih ležajeva na ulazu u hladnjak koje se hladi vodom procesnog ventilatora 4,5,6 TT4112, 5112, 6112,
- temperatura ulja iza hladnjaka ulja koje se hladi vodom za procesni ventilator 4,5,6, TT4111, 5111, 6111,
- vibracije ležajeva VT 4211, 4212, 4213,4214, 5211, 5212, 5213, 5214, 6211, 6212, 6213, 6214, za klizne ležajeve procesnih ventilatora 4,5,6 i
- pritisak dimnih plinova na ulazu u procesni ventilator 4,5,6 PT 4171, 5171, 6171.

Kod prediktivnog (proaktivnog) održavanja kontinuirano se prate mjerni parametri, ustanove se odgovarajuće anomalije, daje se dijagnoza na osnovu simptoma, prognozira se kada će se desiti kvar i planira se vrijeme i broj izvršilaca za remontni zahvat. Kod održavanja ovog tipa, uvedeno je tzv. mašinsko učenje na osnovu kontinuiranih mjernih parametara, prognozirane mjernih parametara na osnovu prognostičkog modela i uveden je ekspertni sistem za ovo održavanje. Ovakav tip održavanja je moguć jedino kod tehničkih sistema procesnih ventilatora kod kojih je instalisan softver za analizu dijagnostičkih parametara. Da bi se odredile dozvoljene granice stanja tretiranog sistema, potrebno je stvoriti respektabilnu bazu mjernih podataka, a to je jedino moguće ako se ovo stanje prati duži vremenski period. Za kontrolu mjernih parametara mogu se koristiti :

- preporuke proizvođača postrojenja procesnih ventilatora,
- preporuke (ograničenja buke za rad tretiranih sistema) VDE 0530,
- dijagrami (ograničenja brzine vibracija) VDI 2056,
- normativi za ograničenja brzine, vibracija i preporuke proizvođača instrumenata, kao što je preporuka ABB, SKF, da se koristi ISO 10816 – 3,7,
- neposredno iskustvo kod sličnih postrojenja itd.

Kod prediktivnog (proaktivnog) održavanja predviđa se kvar, interveniše se nakon pokazatelja stalnog monitoringa o potrebnom zahvatu održavanja. Kontinuirana mjerna dijagnostika ima za cilj mjeriti parametre na sklopovima, elementima postrojenja procesnih ventilatora i locirati uzroke kvarova na ovim postrojenjima. Često se uz kontinuiranu dijagnostiku koriste i povremeni prenosivi ručni instrumenti kojima provjeravamo vrijednosti izmjerenih parametara kontinuiranog monitoringa.

2. CENTRIRANJE VRATILA ELEKTROMOTORA I RADNOG KOLA

Sastavni dijelovi prenosivog uređaja za centriranje sistema elektromotor – spojka – radno kolo procesnog ventilatora (ekshaustora) FIXTURLASER XA su sljedeći, Slika 2.1:

1. plastični kofer za nošenje,
2. uređaj za centriranje FIXTURLASER XA,
3. senzori za centriranje – 2 kom,
4. lanac za zatezanje senzora za mjesto pričvršćenja,
5. kablovi za spajanje uređaja i senzora,
6. adapter za punjenje sa kablovima,
7. baterija za napajanje lasera.

U postupku kontrole stanja ispravnosti procesnih ventilatora 4, 5 i 6, provodi se i postupak centriranja vratila elektromotora i radnog kola i provjerom na kliznim ležajevima. Pored mjerenja na osama vratila elektromotora i radnog kola procesnog ventilatora, vrši se mjerenje postavljenja horizontalnosti kućišta elektromotora i procesnog ventilatora na konstrukciju ili temelje hale. Postupak centriranja se vrši na zupčastoj spojki pomoću odgovarajuće mjerne opreme. U slučaju da ova centričnost nije u granicama tolerancija, to se odražava na položaj i rad kompletnog postrojenja, izaziva povećanje vibracija i temperature na kliznim ležajevima. U tabeli 1. dat način provjere i izvještavanja o centričnosti osa vratila elektromotora i radnog kola na procesnom ventilatoru br. 4.

Na predviđena mjesta (mjesta na vratilima ili spojkama) se postavljaju dva lasera koji bacaju snop laserskih zraka jedan na drugi i tako se vrši njihovo prethodno podešavanje za mjerenja. Kada se dovedu u predviđeno stanje u uređaj se ubacuju podaci o dužinskim mjerama između lasera, sredine spojke i lasera, lasera i prve stopice elektromotora i rastojanje između stopica elektromotora. Radno kolo procesnog ventilatora se posmatra kao fiksno, a elektromotor uzima kao pokretni dio. Mjerenja data u tabeli 1. daje odstupanja u vertikalnoj i horizontalnoj ravni po uglu i po pravcu. U tabeli 1. u slici elektromotora za $P = 2,5$ [MW] i $n = 1500$ [o/m], daje se zeleno područje koje za odstupanje po uglu iznosi do 0,08, a za odstupanje po pravcu do 0,10. Cilj je postići zeleno područje do predviđenih vrijednosti. Na desnoj strani izvještaja na slici uređaja koji se tretira uređaj daje korektivno stavljanje podmetača ispod stopica elektromotora u „+ ili -“ području i za četiri stopice elektromotora. Postavljanjem podmetača ispod stopica elektromotora opet se vrši kontrola centričnosti po istom principu. Postupak se ponavlja sve do se ne dođe po tabeli u zeleno područje, odnosno u prihvatljivo stanje odstupanja centričnosti i tada je postupak centriranja završen.

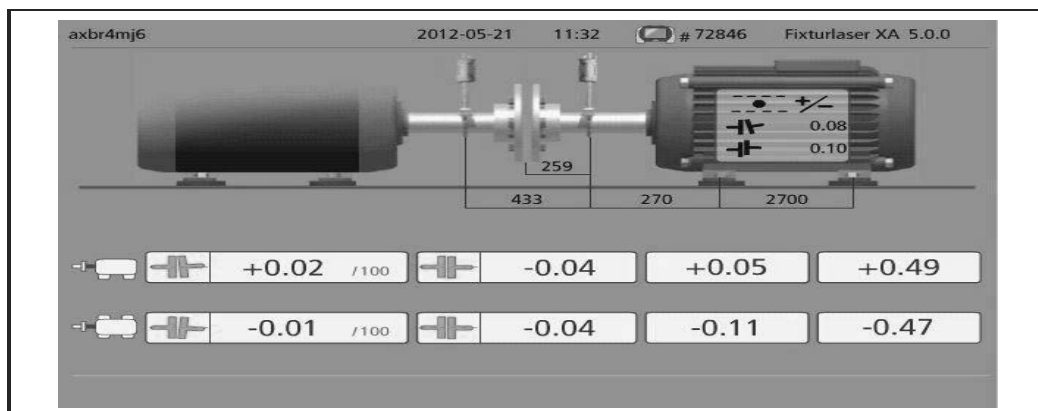


Slika 2.1. Aparatura sa prenosivim uređajem FIXTURLASER XA

Greške koje se javljaju zbog nesaosnosti vratila su: naljep koji se taloži na lopaticama radnog kola i izaziva debalans, deformacije lopatica radnog kola ventilatora, neodgovarajuća krutost veze procesnih ventilatora i elektromotora sa temeljima, nesaosnost ose rukavca vratila u odnosu na osu ležaja, ugibanje vratila, deformisanost rotora elektromotora i radnog kola, neispravnost količine i kvaliteta ulja za podmazivanje kliznih ležajeva, olabavljenost spojeva, povećani zazor u ležajevima, poremećaj horizontalnosti cijelog sistema, odstupanje obrtnog momenta.

Tabela 1. Obrazac za centriranje elektromotora i radnog kola procesnog ventilatora br 4

ArcelorMittal Zenica Department Centralni servis		IZVJEŠTAJ O IZVRŠENOM MJERENJU CENTRIČNOSTI VRATILA	
1. OPŠTI PODACI O PREDMETU MJERENJA			
Naručilac	Aglomeracija	Motor	Exhaustora
Narudžba	-	Fabrički broj motora	-
Radni nalog	-	Snaga motora	2500 kW
Naziv stroja	Exhaustor br.4	Broj obrtaja motora	1500°/min
Crtež	-	Spoj	motor /
Napomena	-	Metod mjerenja	Clock
2. PODACI O INSTRUMENTU ZA MJERENJE CENTRIČNOSTI VRATILA			
Instrument		Proizvođač	Serijski
Središnja jedinica XA D	Fixturlaser XA D 1-0753	Fixturlaser AB	72846
Mjerni sensor M	Fixturlaser XA M 1-0754	Fixturlaser AB	62862
Mjerni sensor S	Fixturlaser XA S 1-0755	Fixturlaser AB	52829
3. REZULTATI MJERENJA PRENESENI SA INSTRUMENTA ZA MJERENJE			
Dokument:	Axbr4mj6.jpg		



<i>Dokument:</i>	<i>Axbr4mj6.txt</i>	
Filename: axbr4mj6 Application: Horizontal Date: 2012-05-21 11:32 DU serialno: 72846 Software: Fixturlaser XA Version: 5.0.0 Unit: mm Resolution Angle: 0.01 Resolution Offset: 0.01 Tolerance Angle: 0.08 Tolerance Offset: 0.10	Dist M-F 270 Dist F-F 2700	Results: Vertical Angle 0.01639791 Vertical Offset -0.03828161 Vertical Foot1 0.04846335 Vertical Foot2 0.49120705 Horizontal Angle -0.01342750 Horizontal Offset -0.04110581 Horizontal Foot1 -0.11213728 Horizontal Foot2 0.47467071
4. Procjena izvršenog mjerenja:		
Izmjerene vrijednosti centričnosti se nalaze u dozvoljenim tolerancijama našeg instrumenta (FIXTURLASER XA).		
5. Mjerenje izvršili:		
Lušija Džemil, dipl.ing.	Garanović Salih	Omić Sanel

Uređaj prilikom davanja mjera na izvještaju datom u tabeli 1. daje vizuelne slike stanja spojke daje u boji ISO 10816 – 3,7:

- zelena boja – stanje centričnosti „, u redu “,
- narančasta boja - prihvatljivo stanje, ali se može korigovati i dovesti u još bolje stanje i
- crvena boja – neprihvatljivo stanje za sistem.

Mjerenje koje je dato u tabeli 1. daje odstupanja u vertikalnoj i horizontalnoj ravni po uglu i po pravcu. Postupak centriranja se provodi tako što se u tabeli 1. u slici elektromotora za P = 2,5 [MW] i n = 1500[o/m], daje zeleno područje koje za odstupanje po uglu iznosi do 0,08 mm, a za odstupanje po pravcu do 0,10 mm. Cilj je postići zeleno područje do predviđenih vrijednosti. Na desnoj strani izvještaja na slici uređaja koji se tretira uređaj daje korektivno stavljanje podmetača ispod stopica elektromotora u „+ ili - “ području i to za četiri stopice elektromotora. Kada se postave podmetači ispod stopica elektromotora opet se vrši kontrola centričnosti po istom principu. Postupak se ponavlja sve do se ne dođe, po tabeli, u zeleno područje, odnosno u prihvatljivo stanje odstupanja centričnosti i tada je postupak centriranja završen.

4. ZAKLJUČCI

Na osnovu predstavljenog metoda centriranja pomoću prenosivim uređajem FIXTURLASER XA sa kojim se centriraju zupčaste spojke na procesnim ventilatorima, može se zaključiti sljedeće:

- ovakvim načinom mjerenja u tehničkoj dijagnostici moguće je doći do saznanja o saosnosti vratila elektromotora i radnog kola tj. rada kliznih ležajeva, elektromotora i radnog kola ovakvih procesnih ventilatora velikih snaga i velikih brzina vrtnje;
- ovim pristupom je pomoću kontinuiranog monitoringa moguće provesti o ponašanju tehničkih sistema procesnih ventilatora i izvršiti dalje analize stanja i ponašanja značajne za njihov rad i održavanje;
- na ovakav način je moguće doći do saznanja o uzajamnoj međusobnoj vezi i uticajima veličine odstupanja nesaosnosti i brzine vibracija na kliznim ležajevima koji zajedno čine sa ostalim sastavnim dijelovima jedan tehnički sistem, a kakvi su u ovom slučaju procesni ventilator i
- ovakvim pristupom je moguće dobijati saznanja o sistemskom zdravlju ovih procesnih ventilatora i time planirati odgovarajuće održavanje i zahvate održavanja, planirati troškove i zaposlenike za održavanje, a sve sa ciljem poboljšanja kvaliteta održavanja ovih postrojenja.

5. LITERATURA

- [1] Clifton, D.A., Tarassenko, L.: Early warning of critical failure in complex systems, 2007.
- [2] Brdarević, S.: Održavanje sredstava za rad, Mašinski fakultet Zenica, Zenica, 1993.
- [3] Avdić, Adamović, Ž.: Planiranje i upravljanje održavanjem pomoću računara, Beograd, 1987.
- [4] H., Tufekčić, Dž.: Terotehnologija I, Tuzla, 2007.
- [5] Sebastijanović, S., Tufekčić, Dž.: Održavanje, Tuzla, 1998.
- [6] Adamović, Ž.: Tehnička dijagnostika u mašinstvu, Beograd, 1986.
- [7] Adamović, Ž.: Upravljanje održavanjem tehničkih sistema, OMO, Beograd, 1986.
- [8] Šaravanja, D., Petković, D.: Vibracijska dijagnostika – teorija i praksa, Faakultet strojarstva i računarstva Mostar, Mašinski fakultetu u Zenici, Mostar 2010,
- [9] Alić, S., Brdarević, S., Imamović, M., Spahić, E.: Povremeni monitoring ležajeva procesnih ventilator pomoću uređaja CMVA60ULS-EN-1, IV Konferencija ODRŽAVANJE 2016, Mašinski fakultetu u Zenici, Zenica, 02-04 juni 2016, ISSN 1986-583X, pp 227-234
- [10] Alić, S.: Prilog poboljšanju održavanja procesnih ventilator izborom optimalne strategije održavanja, Doktorska disertacija, Mašinski fakultetu u Zenici, 2015.

**PRIMJENA FREKVENTNIH PRETVARAČA U RUKOVANJU I ODRŽAVANJU
ISTOVARNIH STANICA - VIPER**

**APPLICATION OF FREQUENCY CONVERTERS IN HANDLING AND
MAINTENANCE OF UNLOADING STATIONS - VIPER**

Dr. sc. Alić Senad, B.Sc. Mech. Eng. „ARCELOR MITTAL“ Zenica,

Džidić Senad, B.Sc. Elec. Eng. „ARCELOR MITTAL“ Zenica,

Mr. mašinstva Emir Đulić, dipl. inž. maš.

REZIME

Prilikom direktnog uključivanja na napojnu mrežu asinhroni elektromotor uzima iz mreže struju 5–7 puta veću od nazivne. Osim negativnog utjecaja na mrežu prilikom uključivanja, potezna električna energija asinhronog elektromotora izaziva veliko termičko opterećenje namota elektromotora. Potezna električna energija može se smanjiti korištenjem frekventnih pretvarača. Način promjene brzine vrtnje elektromotora određen je zahtjevima tehnološkog procesa, spajanju između elektromotora i električne mreže. Frekventni pretvarači pretvaraju napon konstantnog iznosa i frekvencije električne mreže u napon promjenjivog iznosa i frekvencije. Prednosti ovog instalisanja frekventnih pretvarača su: modernizacija pogona, lakše održavanje, mogućnost promjene brzine elektromotora, lakše pokretanje elektromotora, duži vijek trajanja elektromotora, ušteda električne energije. Ovakvim pristupom ugradnje se smanjuju zastoji i kvarovi ventilatora, trajanje i zahvati održavanja ventilatora i troškovi održavanja ventilatora.

Ključne riječi: Frekventni pretvarači, zahvati održavanja, analiza troškova održavanja

ABSTRACT

When directly connected to the supply network, the asynchronous electric motor takes from the network current 5-7 times higher than the nominal one. In addition to the negative impact on the network during switching on, the pulling electricity of an asynchronous electric motor causes a large thermal load on the windings of the electric motor. Traction electricity can be reduced by using frequency converters. The method of changing the speed of rotation of the electric motor is determined by the requirements of the technological process, connecting between the electric motor and the electrical network. Frequency converters convert the voltage of a constant amount and frequency of the electrical network into a voltage of variable amount and frequency. The advantages of installing frequency converters are: modernization of the drive, easier maintenance, the possibility of changing the speed of the electric motor, easier starting of the electric motor, longer service life of the electric motor, saving electricity. This installation approach reduces fan downtime and failures, fan maintenance time and interventions, and fan maintenance costs.

Keywords: frequency converters, maintenance interventions, maintenance cost analysis

1.UVOD

Osim potrebe za smanjenjem struje kod pokretanja, u elektromotornim pogonima često treba i mijenjati brzinu vrtnje elektromotora. Način promjene brzine vrtnje elektromotora određen je zahtjevima tehnološkog procesa. Za promjenu brzine vrtnje asinhronih elektromotora koriste se posebni uređaji energetske elektronike, tzv. frekventni pretvarači koji se spajaju između

elektromotora i električne mreže. Frekventni pretvarači pretvaraju napon konstantnog iznosa i frekvencije električne mreže u napon promjenjivog iznosa i frekvencije [2] [3]. On mijenja brzinu vrtnje asinhronog elektromotora na način koji zahtijeva tehnološki proces. Prilikom direktnog uklopa na napojnu mrežu asinhroni motor uzima iz mreže struju 5–7 puta veću od nazivne. Velika potezna struja uzrokuje propad napona na mreži koji može onemogućiti pravilan zalet i može ometati ostale potrošače na istoj mreži. Osim negativnog utjecaja na mrežu prilikom uklopa, potezna struja asinhronog motora izaziva veliko termičko opterećenje namota motora i to naročito kaveza rotora. To je i razlog zbog kojeg je broj zaleta (ili reverziranja) asinhronog motora direktno spojenog na mrežu ograničen u nekom vremenskom intervalu, jer u protivnom može doći do oštećenja motora. Potezna struja može se smanjiti na nekoliko načina: korištenjem preklopke zvijezda-trokut, korištenjem softstart uređaja ili pretvarača napona i frekvencije (frekventni pretvarač). Razlog za rekonstrukciju starijih elektromotornih pogona često je njihova nemogućnost da zadovolje veće zahtjeve u proizvodnji, prestanak proizvodnje rezervnih dijelova, nepravilan rad, velika potrošnja električne energije i dr. No to nije razlog da industrijska postrojenja koja su već ugrađena u tvornicama starosti desetak, dvadeset i više godina treba nužno zamijeniti novima i modernijima. Njih se može modernizirati uz odgovarajuće statistike isplativosti u kojima su detaljno spomenuti troškovi ulaganja, te je izračunat rok povrata uloženi sredstava. Kod modernizacije starijih postrojenja potrebno je razmotriti koji način upravljanja je optimalan da bi se dobile potrebne funkcije, uz što manje izmjena. To je posebno važno ako je riječ o postrojenju koje treba modernizirati u što kraćem vremenu [2], [3].

2. KARAKTERISTIKE FREKVENTNIH PRETVARAČA

Svrha frekventnih pretvarača Prilikom direktnog uklopa na napojnu mrežu asinhroni motor uzima iz mreže struju 5–7 puta veću od nazivne. Velika potezna struja uzrokuje propad napona na mreži koji može onemogućiti pravilan zalet i može ometati ostale potrošače na istoj mreži. Osim negativnog utjecaja na mrežu prilikom uklopa, potezna struja asinhronog motora izaziva veliko termičko opterećenje namota motora i to naročito kaveza rotora. To je i razlog zbog kojeg je broj zaleta (ili reverziranja) asinhronog motora direktno spojenog na mrežu ograničen u nekom vremenskom intervalu, jer u protivnom može doći do oštećenja motora.

Potezna struja može se smanjiti na nekoliko načina: korištenjem preklopke zvijezda – trokut, korištenjem softstart uređaja ili pretvarača napona i frekvencije [2].

Osim potrebe za smanjenjem struje kod pokretanja, u elektromotornim pogonima često treba i mijenjati brzinu vrtnje elektromotora. Način promjene brzine vrtnje elektromotora određen je zahtjevima tehnološkog procesa. Za promjenu brzine vrtnje asinhronih elektromotora koriste se posebni uređaji energetske elektronike, tzv. frekventni pretvarači koji se spajaju između elektromotora i električne mreže. Frekventni pretvarači pretvaraju napon konstantnog iznosa i frekvencije električne mreže u napon promjenjivog iznosa i frekvencije. On mijenja brzinu vrtnje asinhronog elektromotora na način koji zahtijeva tehnološki process [3].

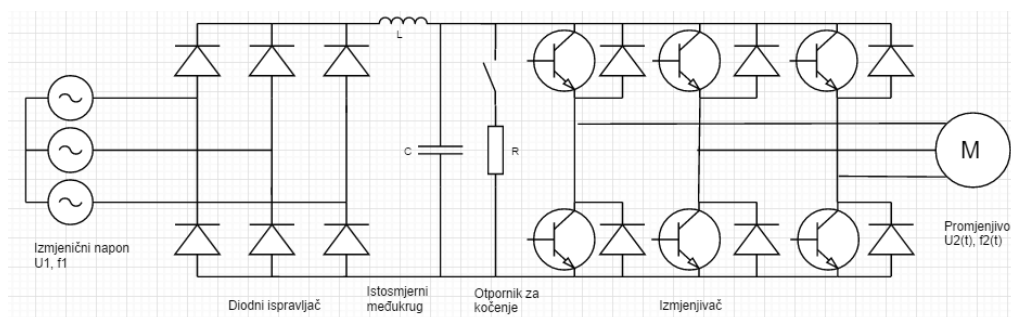
Sastavni dijelovi frekventnih pretvarača. Frekventni pretvarači za promjenu brzine vrtnje asinhronih motora promjenom frekvencije i napona mogu biti:

- a) izravni pretvarači (npr. ciklopretvarači, uglavnom za sporohodne EMP velikih snaga)
- b) neizravni pretvarači (sa strujnim ili naponskim ulazom u izmjenjivač).

Neizravni frekventni pretvarač sastavljen je od sljedećih sklopova:

Ispravljač (upravljivi ili neupravljivi) spaja izmjeničnu napojnu mrežu sa istosmjernim međukrugom. Ulaz ispravljača priključuje se na jednofaznu ili trofaznu napojnu mrežu. Na izlazu ispravljača je pulzirajući valoviti istosmjerni napon. Ispravljači koji se ugrađuju u frekventne pretvarače sastavljeni su najčešće od dioda, tiristora ili od kombinacije dioda i tiristora. Neupravljivi ispravljači sastavljeni su isključivo od dioda, upravljivi od tiristora, a tzv. poluupravljivi ispravljači od kombinacije tiristora i diode [2].

Istosmjerni međukrug služi za pohranu električne energije. Iz njega motor uzima električnu energiju preko izmjenjivača. Ovisno o rješenju ispravljača, može biti ili strujni ili naponski. Strujni je samo s promjenjivom strujom, a naponski ili s promjenjivim naponom (pretvara približno konstantan izlazni napon ispravljača u promjenjivi ulazni napon izmjenjivača) ili s konstantnim naponom (izlazni napon ispravljača filtrira i stabilizira te dovodi izmjenjivaču). **Otpornik za kočenje** ugrađen je u sistem radi preuzimanja viška energije kočenja u obliku topline. Priključivanje kočionog otpornika omogućuje viši napon istosmjernog međukruga tijekom kočenja. **Izmjenjivač** spaja istosmjerni međukrug s izmjeničnim trošilom – motorom. Na izlazu izmjenjivača pojavljuje se jednofazni ili trofazni izmjenični napon. Svaka poluperioda izlaznoga izmjeničnog napona sastoji se od niza pravouglanih impulsa različite širine trajanja i različitih širina pauza (ima tzv. češljasti valni oblik). Većina izmjenjivača pretvara konstantan ulazni napon u izmjenični napon, čiji je osnovni harmonik promjenjive amplitude i frekvencije. Izmjenjivač određuje frekvenciju izlaznog napona, a amplituda izlaznog napona može se usklađivati izmjenjivačem ili istosmjernim međukrugom. Frekvenciju izlaznog napona treba mijenjati tako da je omjer amplitude i frekvencije konstantan [3].



Slika 2.1 Shema frekventnog pretvarača [2]

3. ODABIR I PROGRAMIRANJE FREKVENTNOG PRETVARAČA

Frekventni pretvarač za elektromotorni pogon odabire se na osnovu natpisne pločice asinhronog motora npr.

Tip motora: MTB 611 – 10

Nazivna snaga motora: 45 kW

Napon rotora: 185 V

Struja rotora: 155 A

Nazivna brzina: 568 o/min

Δ/Y (220/380 V, 200/115 A)

Stepen intermitencije: S3 25%

Težina: 90 kg

S obzirom da imamo nazivnu brzinu 568 o/min to znači da je sinhrona brzina motora 600 o/min i da motor ima 10 polova, $p=5$ (p – broj pari polova).

$$n_s = \frac{60 * f}{p} \quad (3.1)$$

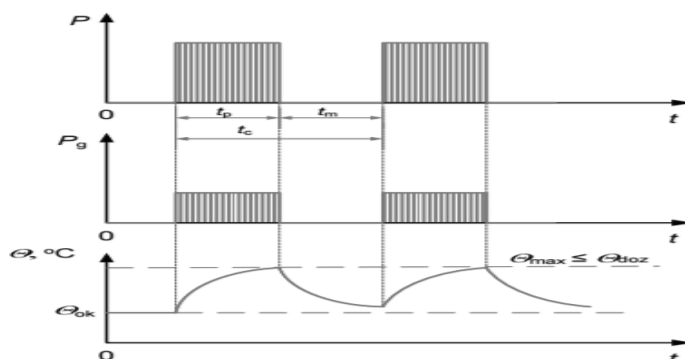
Stepen intermitencije se određuje na osnovu vremena rada motora i izražava se u postotcima. Za ovaj motor je predviđeno da radi 6 sati dnevno pa je stepen intermitencije 25%.

$$\varepsilon = \frac{t_p}{t_c} * 100\% \quad (3.2)$$

t_p – trajanje konstantnog opterećenja

t_c – trajanje ciklusa

Od stepena intermitencije ovisi konstrukcija i veličina motora. Da npr. imamo motor iste snage ali koji ima stepen intermitencije S1 (tj. koji se koristi u trajnom radu) bio bi glomazniji nego ovaj. Iz odnosa struje i snage motora vidimo da ovaj motor nema dobre karakteristike. Ako je vrijednost struje manja od dvostruke vrijednosti snage znači da je motor dobar. Ako su te dvije vrijednosti približno jednake motor nije loš, ali ako je vrijednost struje viša od dvostruke vrijednosti snage na osovini znači da imamo loš motor. Frekventni pretvarač se



Slika 3.1 Stepen intermitencije S3 [2] [3]

odabire uvijek za klasu više od motora, što bi značilo da bi trebali odabrati frekventni pretvarač snage 55 kW. Ali pošto imamo slab motor koji se koristi u teškim uslovima stalnog pokretanja i generatorskog kočenja onda frekventni pretvarač odabiremo za dvije klase više od motora – 75 kW. Odabran je frekventni pretvarač proizvođača Danfoss – VLT Automation Drive FC 302.



Slika 3.2 Frekventni pretvarač Danfoss [2]

Prilikom rada frekventnog pretvarača postoji mogućnost problema sa višim harmonicima koji se emituju radio vezama i putem viših harmonika koji se prenose kroz napojnu mrežu. Radio smetnje mogu uticati na uređaje kojima je ovakva vrsta zračenja štetna (telekomunikacioni uređaj, računari, PLC – ovi, mjerna oprema i sl.), dok viši harmonici koji prolaze kroz mrežu, prije svega, višestruko opterećuju (zagrijavaju) napojni transformator u odnosu na nominalnu snagu motora, napojne vodove i mogu uzrokovati pogrešan rad pojedinih uređaja u pogonu. Spomenute probleme sa višim harmonicima Danfoss rješava standardno integrisanom spregnutom prigušnicom u istosmjernom međukrugu (redukuje ulaznu struju IRMS čak i više od 40%) i RFI filterom (opciono) na ulazu u skladu sa evropskim normama EN 55011 klasa 1-A, čime se dobija ukupan faktor izobličenja THD > 0.9. I prigušnica u istosmjernom međukrugu koja je standardni dio

Danfoss frekventnog pretvarača i opcioni RFI – filter su smješteni u kućište frekventnog pretvarača i nema potrebe za dodatnim spoljnim uređajima.

Proračun otpornika za kočenje. U generatorskom, odnosno kočinom režimu rada motora, energija akumulirana u pokretnim masama sistema, u motoru se pretvara u električnu energiju i u vidu struje odlazi u istosmjerni međukrug frekventnog pretvarača. To dovodi do povećanja napona DC bus-a i višak energija se mora na neki način odvesti iz međukruga. Najjednostavnije rješenje je njeno pretvaranje u toplotu na otporniku za kočenje. Otpornik se povezuje na terminale R+ i R-, a uključuje preko jednog tranzistora, tzv. čopera. Kada napon u međukrugu poraste do određene vrijednosti (za ulazni napon na pretvaraču 3 x 380 - 500 V), tranzistor provede i spoji otpornik za kočenje u kolo DC bus-a. Ako iz nekog razloga čoper ne bi proveo, pretvarač bi na toj određenoj vrijednosti napona javio upozorenje, a na vrijednosti većoj od te isključio regulator i prijavio alarm [2].

$$R_k = \frac{U_{DC}^2}{P_{max}} \quad (3.3)$$

Otpornost otpornika za kočenje se određuje na osnovu napona istosmjernog međukruga i maksimalne vrijednosti snage kočenja.

Maksimalna snaga Pmax uvijek je manja od snage motora, zato što se jedan dio energije kočenja pretvara u snagu gubitaka u motoru, a i mehanički gubici u sistemu djeluju kočiono. Vrijednost otpornika za kočenje mora da se nalazi u određenim granicama. Ukoliko se izabere manji otpornik, struja je jača i može da ošteti čoper. U suprotnom slučaju, ako se izabere suviše veliki otpornik, neće biti u stanju da odvede sav višak energije. Prema preporuci proizvođača otpornik se izračunava iz formule:

$$R_{preporučeno} = \frac{U_{DC}^2 \cdot 100}{P_{motora} \cdot M_{kočočio} (\%) \cdot \eta_{motora} \cdot \eta_{FR}} \quad (3.4)$$

Kada se naručuje frekventni pretvarač i otpornik za kočenje, firma od koje se naručuje oprema odabere otpornik prema odabranom pretvaraču.

Šta postizemo ugradnjom frekventnog pretvarača?

Ugradnja frekventnog pretvarača u pogon se vrši iz više razloga:

- Modernizacija pogona,
- Lakše održavanje,
- Mogućnost promjene brzine,
- Lakše pokretanje motora,
- Duži vijek trajanja motora,
- Očuvanje mehaničke konstrukcije vipera.

Što se modernizacije tiče misli se prvenstveno na pojednostavljenje šeme vipera, izbacivanje iz upotrebe zastarjelih vremenskih releja koji se mogu nadomjestiti korištenjem relejne logike PLC – a. U slučaju kvara omogućena je lakša selektivnost kvara i njegovo brzo otklanjanje.

Budući da frekventni pretvarač radi na principu promjene napona i frekvencije (U/f regulacija) nema problema pri pokretanju i zaustavljanju motora, a promjena brzine okretanja motora se lahko realizuje. Time se izbjegavaju nepotrebni udari i utjecaji na mehaničke dijelove postrojenja. Frekventni pretvarač štiti namote i rotora i statora što nije slučaj kod motora koji ima dodate otpornike u rotorski krug. Kod takvog motora obično su bolje zaštićeni namoti

rotora, jer nazivna struja rotora diktira odabir otpornika u rotorskom krugu. Dakle vrijednosti otpornika se biraju prema vrijednosti nazivne struje rotora tako da pri pokretanju i izbacivanju otpora iz rotorskog kruga ne poteče mnogo puta veća struja kroz njegove namote od nazivne. Na ovaj način su namoti rotora prilično dobro zaštićeni. Kod pokretanja motora kroz namote statora protječe struja 7 do 10 puta veća od nazivne (ako su u rotorski krug dodati otpornici onda je to struja 5 do 7 puta veća od nazivne) i tada namoti statora trpe velika naprezanja. U 90% slučajeva izgaranja namota motora stator bude taj čiji namoti izgaraju [2].

Ako se motor pokreće pomoću frekventnog pretvarača onda se napon i frekvencija postepeno povisuju i na taj način motor iz mreže uzima manju struju (struja nije više 5 do 7 puta veća od nazivne) što znači da kroz namoti statori ne trpe velika naprezanja. Samim tim se u rotoru inducira napon i struja manje vrijednosti pa su na taj način zaštićeni i namoti rotora. Jednom riječju frekventni pretvarač ne izaziva velika termička naprezanja motora kod pokretanja.

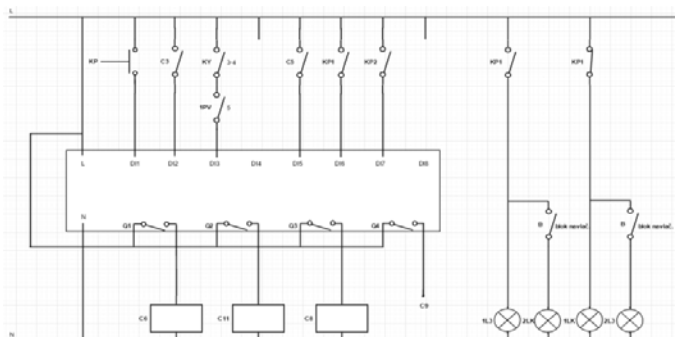
Mehanički dijelovi industrijskih pogona su veoma skupi i oni stradaju vremenom. Ugradnja frekventnog pretvarača bi bolje očuvala skupe dijelove kao što su točkovi i staza rotora. Ako se smanji referenca brzine vrtnje, motor radi kao generator i koči. Vrijeme kočenja ovisi o opterećenju motora.



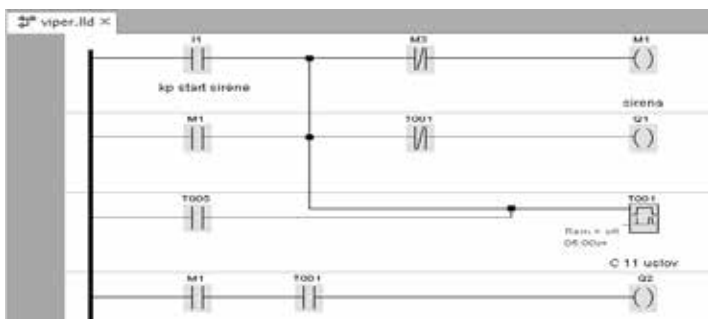
Slika 3.3. Mehanički i elektro dio – staza, točkovi i electromotor vipera [1] [5] [6]

4. REALIZACIJA U PLC – U

Na osnovu električne sheme je razrađena shema za PLC. Korišten je Siemens – ov Logo! modul. Napaja se istosmjernim naponom – 24 V DC. Ima 8 digitalnih ulaza i 4 izlaza. Iskorišteni su 6 ulaza i 4 izlaza što se može vidjeti sa sheme. Softverski dio u kojem je napisan program u Ladder logici je Logo!Soft (kompatibilan je sa hardverskim dijelom). U nastavku rada će biti objašnjen princip rada vipera sa izmijenjenim načinom upravljanja. Početak rada vipera počinje pritiskom na tipkalo KP, kojim se oglašava rad sirene.

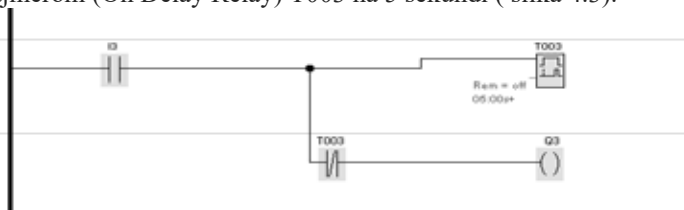


Slika 4.1 Shema Logo! – a [2] [3]



Slika 4.2 Start sirene i pokretanje vipera [2], [3]

Pri kraju okretanja rotora vipera na oko 155°-160° prekidač 1PV svojim kontaktom br 3 sada isključuje sklopnik C10, tj. drugu brzinu motora i rotor polahko usporava i konačno na 170° preko prekidača 1PV kontaktom br 2 se isključuje rad motora. U isto vrijeme krajnji prekidač 1PV kontaktom br 5 i preklopka KY kontaktom 3-4 daju nalog za ulaz DI3 na LOGO releju i 19 uključuju motore vibratora, preko izlaza Q3 i sklopnika C8. Vremenski rad vibratora ograničen je tajmerom (On Delay Relay) T003 na 5 sekundi (slika 4.3).

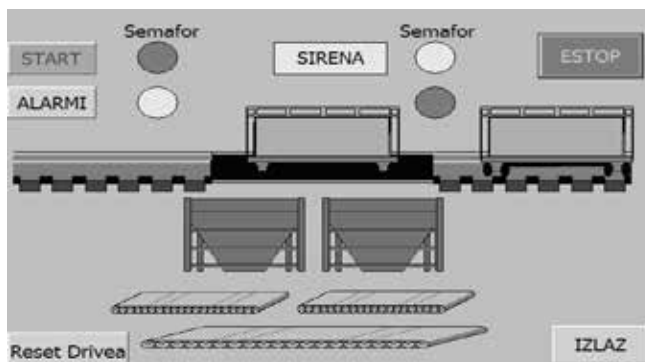


Slika 4.3 Upravljanje motorima vibratora [2]

Nakon zaustavljanja vipera, preko sklopnika kočnice C3 daje se informacija na ulaz DI2 LOGO releja, pomoću kog se isključuje marker M1 koji je do tada bio uključen svojim samoodržanjem (slika 4.3). Rotor vipera počinje sa kretanjem u suprotnom smjeru u prvoj brzini, potom nailazi na krajnji prekidač 1PV, njegov kontakt br 4, i uključuje drugu brzinu. U drugoj brzini nastavlja do oko približno 19°, gdje isti prekidač ponovo izbacuje drugu brzinu i rotor vipera polahko usporava. Dolaskom na krajnji prekidač 1PV kontakt br 1 isključuje se pogon i time je rad vipera završen [6].

5. PRIJEDLOG STEPENA AUTOMATIZACIJE – SCADA (ILI TOUCHPANEL)

Projekti se mogu još više automatizirati tako da operater u operatorskoj stanici samo prati dešavanja na SCADA – i i reaguje po potrebi. Za proširenje ovog projekta bilo bi potrebno izvršiti nekoliko izmjena. Pogodnija i lakša realizacija bi bila omogućena ako se umjesto LOGO! modula iskoristi SIMATIC S7 – 300 PLC, također istog proizvođača – SIEMENS. Sa ovom izmjenom bi se na SCADA – i moglo pratiti više podataka i otklanjanje kvara bi bilo još jednostavnije za inženjere. Programski kod bi bio napisan u SIMATIC STEP7 sa malom modifikacijom koda u odnosu na onaj napisan za LOGO! modul. Za realizaciju SCADA – e bi bio korišten SIEMENS – ov WINCC. Veza između PLC – a i frekventnog pretvarača bi bila ostvarena preko PROFIBUS komunikacije, umjesto korištenja terminala u slučaju povezivanja frekventnog pretvarača sa LOGO! modulom. Napravljena je DEMO verzija u Step 7 i WINCC Flexible [1] [4].



Slika 5.1 WINCC realizacija [3]

Programski kod u Step 7 je kompleksniji nego što je bio u Logo!Soft – u. Razlog tome je što se sada brzina zadaje u programu i PLC šalje nalog frekventnom pretvaraču da se pokrene i promijeni brzinu putem profibus – a. Također je potrebno napraviti Function Block za komunikaciju između PLC – a i frekventnog pretvarača. Prije svega je potrebno napraviti hardversku konfiguraciju PLC, vezu profibus – om sa pretvaračem. Na SCADA – i bi se mogli prikazati i još neki signali koji nisu direktno vezani za upravljanje [3].

6. ZAKLJUČAK

Kroz opisani elektromotorni pogon okretača vagona, gdje se kod postojećeg sistema asinhroni motor direktno priključuje na mrežu (sa dodatim otpornicima u rotorski krug), spomenuti su nedostaci ovakvog pokretanja motora. Uz opis rada frekvencijskih pretvarača i prednosti njihove ugradnje te novog načina upravljanja EMP – om moguće je ostvariti višestruke uštede i olakšice. Proučavanjem rada spomenutog EMP – a utvrđeno je sljedeće:

- pokretanje i zaustavljanje industrijskih otežano, javljaju se veliki udari na mehaničku konstrukciju i dolazi do njenog oštećenja, pa se rekonstrukcijom pogona mogu smanjiti nedostaci i gubici, smanjiti termičko opterećenje kod pokretanja,
- produženje vijeka trajanja mehaničkih dijelova uz minimalna ulaganja, a rok povrata uloženi sredstava je kraći,
- lakše održavanje staze rotora i točkova jer su skupi, elektromotor radi kao generator i koči, a vrijeme kočenja ovisi o opterećenju motora [1] [4] [5] [6],
- mogućnost promjene brzine vrtnje elektromotora modernizacijom pogona, prema zahtjevima tehnološkog procesa, duži vijek trajanja elektromotora i tako štiti namotaje i rotora i statora,
- ušteda vremena prilikom kvara, koje je značajno smanjeno zbog jednostavnosti električne šeme (minimalni broj sklopnika) i automatizacije pogona.

LITERATURA

- [1] Adamović, Ž.: Tehnička Dijagnostika, Beograd, 1997.
- [2] Mašić Š., Smaka S.: Dinamika električnih strojeva, Elektotehnički fakultet, Sarajevo, 2011.
- [3] Mašić Š.: Elektromotorni pogoni, Elektotehnički fakultet, Sarajevo, 2011..
- [4] Šaravanja D., Petković D.: Vibracijska dijagnostika – teorija i praksa, Fakultet strojarstva I računarstva, Mostar, Mašinski fakultet u Zenici, Zenica, 2010.
- [5] Tufekčić Dž, Sebastijanović S.: Održavanje, Tuzla, 1998.
- [6] Brdarević S.: Održavanje sredstava za rad, Mašinski fakultet Zenica, Zenica, 1993.

UTICAJ METEOROLOŠKIH USLOVA NA KONCENTRACIJE SO₂ U ZRAKU ZENIČKE KOTLINE

INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON SO₂ CONCENTRATIONS IN THE AIR OF THE ZENICA VALLEY

Dr. sc. Vehid Birdahić, docent
Dr. sc. Nusret Imamović, vanredni profesor
Dr. sc. Šefket Goletić, redovni profesor
Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet Zenica

REZIME

U radu je izvršena analiza odnosa prosječnih dnevnih koncentracija SO₂ i prosječnih dnevnih vrijednosti meteoroloških faktora (temperatura, relativna vlažnost i brzina vjetra) izmjerenih na tri mjerne stanice na području zeničke kotline u periodu 2017.-2019. godina. Kako bi se izvršilo testiranje stepena značajnosti povezanosti koncentracija SO₂ u zraku zeničke kotline sa meteorološkim faktorima, primijenjene su korelacijska i regresiona analiza na nivou signifikantnosti od $\alpha < 0,05$. Rezultati korelacijske analize pokazuju da vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije između koncentracija SO₂ i vrijednosti temperature variraju u intervalu umjerene negativne korelacije (-0,5 do -0,7), relativne vlažnosti zraka u intervalu niske pozitivne korelacije (0,3 do 0,5) i zanemarljivu do nisku vezu za prosječne dnevne brzine vjetra. Kako bi se dodatno kvantificirao odnos između ovih parametara korištena je višestruka regresiona analiza, koja je pokazala da je oko 45% koncentracija SO₂ posljedica uticaja meteoroloških faktora (temperatura, relativna vlažnost i brzina vjetra). Regresiona analiza je također korištena za formiranje regresionih modela za predviđanje budućih koncentracija SO₂.

Ključne riječi: Kvaliteta zraka, SO₂, meteorološki faktori, korelacijska i regresiona analiza.

SUMMARY

The paper analyzes the relationship between average daily concentrations of SO₂ and average daily values of meteorological factors (temperature, relative humidity and wind speed) measured at three measuring stations in the Zenica valley in the period 2017-2019. year. In order to test the degree of significance of the correlation of SO₂ concentrations in the air of the Zenica valley with meteorological factors, correlation and regression analysis were applied at the level of significance of $\alpha < 0.05$. The results of the correlation analysis show that the values of the Pearson correlation coefficient between SO₂ concentrations and temperature values vary in the interval of moderate negative correlation (-0.5 to -0.7), relative humidity in the interval of low positive correlation (0.3 to 0.5) and a negligible to low connection for average daily wind speeds. To further quantify the relationship between these parameters, multiple regression analysis was used which showed that about 45% of SO₂ concentrations were due to the influence of meteorological factors (temperature, relative humidity and wind speed). Regression analysis was also used to form regression models to predict future SO₂ concentrations.

Key words: air quality, SO₂, meteorological factors, correlation and regression analysis.

1. UVOD

Emisije zagađujućih materija u atmosferu rezultiraju različitim negativnim uticajima na kvalitet zraka i klimu.[1] Zrak kojem je kvalitet narušen prisutnošću najmanje jedne ili više zagađujućih materija u visokoj koncentraciji u atmosferi, smatra se zagađenim zrakom. Takav zrak uzrokuje neželjene posljedice na okoliš, ima štetno djelovanje na zdravlje ljudi i smanjuje kvalitet življenja. Zagađujuća materija može biti bilo koja materija koja djeluje štetno na ljudsko zdravlje, vegetaciju, materijalna i kulturna dobra, smanjuje vidljivost, te ima uticaj na globalne procese u okolišu s beskrajnim posljedicama.[2] Kao jedan od najzagađenijih gradova u BiH, Zenica, ima vrlo loš kvalitet zraka. Najgora se situacija javlja zimi. Za to postoje dva razloga: početak sezone grijanja i pojava inverzije temperature koja je česta pojava u hladnijim mjesecima u godini. Puštanjem u rad integralne proizvodnje u kompaniji ArcelorMittal u Zenici, ali i radom drugi industrijskih i energetskih pogona i postrojenja, te odvijanjem cestovnog saobraćaja, korištenjem velikog broja malih kotlovnica i kućnih ložišta, kvalitet zraka na području zeničke kotline veoma je ugrožen i nezadovoljava propisane standarde radi čega potencijalno može uticati na zdravlje ljudi, ekonomiju i razvoj. Mnogo je fenomena i mehanizama koji utiču na varijacije nivoa zagađujućih materija u zraku. Poznavanje mehanizama tokova i sudbine zagađujućih materija u biosferi, kao i fenomena poput osjetljivosti zagađujućih materija u zraku na uticaj pojedinih meteoroloških faktora, od velikog je ekološkog, naučnog i praktičnog značaja.[3] Poznato je da nivoi zagađujućih materija u zraku ne ovise samo o izvorima emisija, nego i od mehanizama kojima se te materije kreću u atmosferi kao i od meteoroloških faktora koji mogu djelovati na te mehanizme. Meteorološki faktori koji posebno djeluju na ponašanje u atmosferi uključuju temperaturu, smjer i brzinu vjetrova, relativnu vlažnost i dubinu miješanja.[4] Meteorološki faktori igraju važnu ulogu u zagađenju okoliša i utiču, direktno i indirektno, na emisije, transport, formiranje i taloženje. Nekoliko istraživačkih studija koje su se bavile vezom između meteorologije i atmosferske zagađenosti utvrdile su da postoji povezanost između meteoroloških faktora i zagađujućih materija u zraku. Ove studije su pružile dokaze da meteorološki parametri poput brzine i smjera vjetra, temperature i relativne vlažnosti mogu značajno uticati na kvalitet zraka.[5] Budući da kvalitet zraka u industrijsko-urbanim regijama ovisi i od djelovanja kombinacija meteoroloških faktora, kao i topografskih i drugih faktora, važno je izvršiti detaljnu analizu kako bi se smanjili nivoi polutanata u zraku.

2. METEOROLOŠKI FAKTORI I ZAGAĐUJUĆE MATERIJU U ZRAKU URBANO-INDUSTRIJSKIH PODRUČJA

Meteorološki faktori imaju važnu ulogu u određivanju koncentracija zagađujućih materija. Stoga, je važno poznavati stepen uticaja nekog meteorološkog parametra na nivo zagađujućih materija u zraku. Meteorologija u potpunosti regulira širenje i prijenos nakon njihovog ispuštanja u atmosferu.[6]

Prilikom proučavanja kvaliteta zraka važno je izmjeriti meteorološke faktore jer nam pomažu u razumijevanju hemijskih reakcija i fizičkih procesa koje se događaju u atmosferi. Disperzija zagađujućih materija u zraku, kao jedan od procesa u atmosferi, rezultira nizom meteoroloških fenomena. Ti fenomeni često omogućavaju nakupljanje većih količina zagađujućih materija koji mogu degradirati ili ugroziti kvalitet zraka. Stoga, je važno da se za kvalitetnu analizu kvaliteta zraka poznaju uticaji meteoroloških faktora na koncentraciju, disperziju i transformaciju zagađujućih materija. Disperzijska svojstva atmosfere ovise o međusobnim kombinacijama stabilnosti atmosfere, smjera i brzine vjetra, temperature stratifikacije sa visinom, kao i visine sloja miješanja. Na transport i razrjeđenje zagađujućih materija u zraku značajnu ulogu imaju smjer i brzina vjetra. Porastom brzine vjetra koji puše uz izvor emisije disperzija je jača, a koncentracija polutanata sve manja. Smjer i brzina vjetra ovisi od trenja, tj. hrapavosti zemljine površine, kojeg stvaraju topografski i urbani objekti

poput planina, dolina, rijeka i gradskih objekata. Brzina vjetra je manja, što je podloga grublja. Nad obradivim zemljanim površinama i dolinama javljaju se veće brzine vjetra. Tu vjetrovi pušu ravnomjerno te mogu prolaskom uz izvor emisije uticati na povećanje nizstrujne koncentracije zagađujućih materija te njihovu bržu depoziciju. Zagađujuće materije mogu biti u obliku plinova, čvrstih čestica ili tekućina. Oni mogu biti proizvodi bilo prirodnih procesa ili ljudskih aktivnosti. Glavni izvor zagađivanja i ugrožavanja kvaliteta zraka u gradskim sredinama, pored grijanja objekata, jeste cestovni saobraćaj, koji se smatra glavnim izvorom CO, NO_x, nestabilnih organskih spojeva (VOC) i brojnih drugih polutanata.[7] Sumpor dioksid (SO₂) i lebdeće čestice koje dominantno nastaju sagorijevanjem fosilnih goriva i odvijanjem industrijskih procesa su glavni sastojci zagađenog zraka. Najozbiljniji problemi su prisutni u velikim urbanim područjima u kojima se uglavnom koristi za potrebe proizvodnje energije i grijanja u domaćinstvima ili za loše kontrolirano sagorijevanje u industrijskim postrojenjima.

U zeničkoj kotlini je zrak lošeg kvaliteta zbog povećane emisije SO₂ i drugih zagađujućih materija iz termičkih i metalurških postrojenja. SO₂ se uglavnom emituje iz industrijskih toplana u kojima se spaljuje uglj i tehnološki (koksni) plin sa većim sadržajem sumpora, pored visokopećnog i prirodnog plina. Kao rezultat toga, kod stanovnika Zenice su rizici od razvoja akutnih respiratornih i drugih bolesti koje su povezane sa zagađenjem zraka, prisutni i povećani. Svake zime se u zeničkoj kotlini u pravilu događaju epizode visokog zagađenja zraka prvenstveno zbog povećane emisije SO₂ i nepovoljnih vremenskih prilika koje karakterizira stabilna atmosfera. Emisije visokog zagađenja zraka nastaju stvaranjem inverzivnog sloja zbog spuštavanja hladnog zraka u dolinu, tako da se sloj hladnijeg (gušćeg) zraka našao pod slojem toplog zraka. Ispod inverzivnog sloja akumulira se SO₂ i drugi polutanti i time se pogoršava kvalitet zraka. Iz tih razloga potrebno je osigurati kontrolu i procjenu nivoa zagađenja zraka s SO₂ ili drugim polutantima koji značajno zagađuju zrak. Jednostavna, racionalna i efikasna kontrola kvaliteta zraka može se izvesti pomoću odgovarajućih modela zasnovanih na numeričkim metodama.[8]

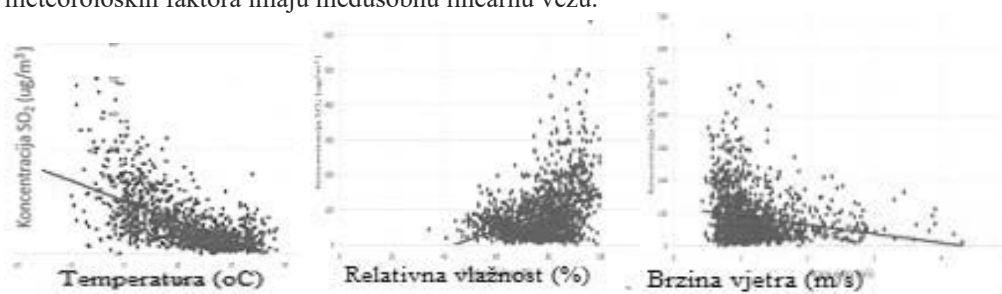
3. PRIKUPLJANJE I OBRADA PODATAKA O KONCENTRACIJAMA SO₂ I METEOROLOŠKIM PARAMETRIMA

Podaci o koncentracijama SO₂ i meteorološkim ciklusima (temperatura, relativna vlažnost i brzina vjetra) za analizu uticaja meteoroloških faktora na koncentracije SO₂ u zraku zeničke kotline prikupljeni su sa tri automatske mjerne stanice (Tetovo, Centar i Radakovo) za monitoring kvaliteta zraka u zeničkoj kotlini, kojim upravlja Institut "Kemal Kapetanović" u Zenici, za period od 2017. do 2019. godine. Prikupljeni podaci su preračunati u prosječne dnevne vrijednosti u svrhu daljeg korištenja za statističke analize radi testiranja veze prosječnih dnevnih koncentracija SO₂ sa prosječnim dnevnim vrijednostima temperature, relativne vlažnosti i brzine vjetra, odnosno, radi utvrđivanja stepena značajnosti uticaja navedenih meteoroloških faktora na koncentracije SO₂ u zraku zeničke kotline. Mjerenja koncentracija polutanata u zraku su vršena standardnim metodama koje su u skladu sa EN i ISO standardima i Pravilnikom o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka FBiH. Metoda korištena za mjerenje koncentracija SO₂ jeste metoda ultraljubičaste fluorescencije koja je definisana standardom BAS EN 14212.[1]

4. UTICAJ METEOROLOŠKIH FAKTORA NA KONCENTRACIJE SO₂

4.1. Korelaciona analiza uticaja temperature, relativne vlažnosti i brzine vjetra na koncentracije SO₂

U svrhu ispitivanja linearne povezanosti između prosječnih dnevnih koncentracija SO₂ i prosječnih dnevnih vrijednosti temperature, relativne vlažnosti i brzine vjetra, formirani su dijagrami rasipanja, koji su prikazani na Slici 1. Ucrtane tačke (oblak tačaka) na dijagramu pokazuju da prosječne dnevne koncentracije SO₂ i prosječne dnevne vrijednosti meteoroloških faktora imaju međusobnu linearnu vezu.



Slika 1. Povezanost prosječnih dnevnih koncentracija SO₂ i prosječnih dnevnih vrijednosti temperature, relativne vlažnosti i brzine vjetra [9]

Rezultati korelacijske analize, odnosno, vrijednosti Pearsonovog koeficijenta između prosječnih dnevnih koncentracija SO₂ (kao zavisne varijable) i prosječnih dnevnih vrijednosti temperature, relativne vlažnosti i brzine vjetra (kao nezavisnih varijabli) su dati u Tabeli 1.

Tabela 1. Vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije između prosječnih dnevnih koncentracija SO₂ i prosječne temperature, relativne vlažnosti i brzine vjetra

	Mjerna stanica								
	Tetovo			Centar			Radakovo		
Godina	2017.	2018.	2019.	2017.	2018.	2019.	2017.	2018.	2019.
SO ₂ (µg/m ³)	Temperatura (°C)								
	-0,74	-0,68	-0,5	-0,58	-0,68	-0,62	-0,68	-0,72	-0,75
	Relativna vlažnost zraka (%)								
	0,38	0,36	0,27	0,43	0,37	0,39	0,37	0,55	0,34
	Brzina vjetra (m/s)								
	-0,22	-0,13	-0,36	-0,20	0,01	-0,33	-0,05	-0,38	-0,25

Rezultati prikazani u Tabeli 1. pokazuju da su vrijednosti Pearsonovog koeficijenta na sve tri mjerne stanice veće od $p=0,05$, tako da su statistički značajne. Vrijednosti Pearsonovog koeficijenta zavisnosti meteoroloških faktora i koncentracije SO₂ su sljedeće:

Temperatura: Za mjerne stanice Tetovo i Centar se kreću u rasponu od -0,5 do -0,7 što predstavlja raspon umjerene negativne korelacije. Koeficijenti korelacije za stanicu Radakovo se kreću u rasponu vrijednosti od -0,7 do -0,9 što je raspon visoke (negativne) korelacije.

Relativna vlažnost zraka: Na sve tri mjerne stanice vrijednosti Pearsonovih koeficijenata su veće od $p=0,05$, tako da su statistički značajne. Iz rezultata prikazanih u Tabeli 1. može se zaključiti da vrijednosti ovih koeficijenata dominantno variraju u rasponu od 0,3 do 0,5, što je interval niske (pozitivne) korelacije, i da su približno iste za sve tri mjerne stanice i godine.

Brzine vjetra: Na sve tri mjerne stanice vrijednosti Pearsonovih koeficijenata su veće od $p=0,05$, tako da su statistički značajne. Ove vrijednosti se pretežno kreću u intervalu od 0 do -0,3 što predstavlja interval zanemarljive korelacije. Koeficijent korelacije na mjernoj stanici Tetovo u 2019. godini i mjernoj stanici Radakovo u 2018. godini, kada su prosječne brzine vjetra veće nego u ostalim godinama prelazi u nisku korelaciju.

4.2. Regresiona analiza uticaja temperature, relativne vlažnosti i brzine vjetra na koncentracije SO₂

Pomoću višestruke linearne regresije dodatno je kvantificiran odnos nezavisnih varijabli i glavne (zavisne) varijable. Višestruka regresiona analiza provedena je za prosječne vrijednosti varijabli formiranih na bazi prosječnih dnevnih koncentracija SO₂ i prosječnih dnevnih vrijednosti analiziranih meteoroloških faktora za period 2017.-2019. godine. Rezultati regresijske analize temeljeni na prosječnim dnevnim vrijednostima odabranih varijabli izmjerenih na mjernim stanicama Tetovo, Centar i Radakovo dati su u Tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati regresijske analize za mjerne stanice Tetovo, Centar i Radakovo

	Tetovo		Centar		Radakovo	
Koeficijent determinacije R ²	0,45462936		0,433993497		0,572361025	
Broj uzoraka N	1095		1095		1095	
Signifikantnost F	2,1177 x 10 ⁻¹¹⁸		3,372 x 10 ⁻¹³⁴		3,41 x 10 ⁻¹⁵⁰	
	Koeficijent	P-vrijednost	Koef.	P-vrijed.	Koef.	P-vrijed.
Intercept	261,516	5,41x10 ⁻⁴¹	163,561	3,7x10 ⁻³¹	178,14	4,342x10 ⁻¹⁷
Temperatura	-6,922	1,032x10 ⁻¹⁰⁵	-4,537	9,9x10 ⁻⁹⁶	-5,93	1,186x10 ⁻¹¹⁴
Relativna vlaž.	-0,289	0,147	-0,020	0,888	0,180	0,365
Brzina vjetra	-46,042	3,270x10 ⁻³⁴	-26,925	5,29x10 ⁻²⁰	-44,09	6,598x10 ⁻¹³

Regresiona analiza za vrijednosti parametara izmjerenih na sve tri mjerne stanice pokazuju da postoji povezanosti između meteoroloških faktora i koncentracija SO₂ u zraku. Nakon analize ovih rezultata mogu se na osnovu istih napisati jednačina regresije. Jednačina regresije za mjernu stanicu Tetovo za period od 2017.-2019. godine je:

$$SO_2 = 261,516 - 6,922 \times (\text{Temperatura}) - 0,289 \times (\text{Relativna vlažnost}) - 46,0425 \times (\text{Brzina vjetra})$$

Jednačina regresije za mjernu stanicu Centar:

$$SO_2 = 163,561 - 4,537 \times (\text{Temperatura}) - 0,02 \times (\text{Relativna vlažnost}) - 26,92 \times (\text{Brzina vjetra})$$

Jednačina regresije za mjernu stanicu Radakovo:

$$SO_2 = 178,143 - 5,9367 \times (\text{Temperatura}) + 0,18 \times (\text{Relativna vlažnost}) - 44,0919 \times (\text{Brzina vjetra})$$

Dobijene jednačine regresije mogu se dalje koristiti za formiranje regresijskih modela koji se mogu koristiti za predviđanje budućih koncentracija SO₂ u zraku. Regresijske modele je moguće poboljšavati i unapređivati analiziranjem ostalih meteoroloških faktora kao što su topografija, smjer i intenzitet vjetra, udaljenost izvora emisija od mjernog mjesta itd.

5. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata dobivenih primjenom korelacijske i regresijske analize može se konstatovati da analizirani meteorološki faktori značajno utiču na nivoe i variranja koncentracija SO₂ u zraku zeničke kotline. Ove analize su pokazale da neki parametri imaju značajniji uticaj (temperatura zraka i brzina vjetra) dok su drugi (relativna vlažnost) slabije izraženi. Uočava se da temperatura ima najveći uticaj, jer su vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije između koncentracija SO₂ i temperature najviši, što pokazuje da temperatura ima najviši stepen uticaja na koncentracije SO₂ u zraku zeničke kotline. Vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije između koncentracija SO₂ i vrijednosti temperature variraju dominantno u intervalu umjerene negativne korelacije (-0,5 do -0,7). To dokazuje da sa porastom prosječnih vrijednosti temperature dolazi do pada prosječnih dnevnih koncentracija SO₂ i obratno, sa opadanjem temperature rastu koncentracije SO₂ u zraku.

Prema korelacijskoj analizi relativna vlažnost je u niskoj korelaciji sa koncentracijama SO₂, te nema značajan uticaj na koncentracije SO₂ u zraku zeničke kotline. Vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije između koncentracija SO₂ i relativne vlažnosti variraju u intervalu niske pozitivne korelacije (0,3 do 0,5), što pokazuje da vlažnost zraka nije imala značajan uticaj na vrijednosti koncentracija SO₂ u zraku zeničke kotline u analiziranom periodu. Dokazano je da su izračunate korelacije između prosječnih dnevnih koncentracija SO₂ i brzine vjetra slabe. Pearsonovi koeficijenti korelacije pokazuju zanemarljivu do nisku korelaciju između prosječnih dnevnih vrijednosti brzine vjetra i prosječnih dnevnih vrijednosti koncentracija SO₂, na osnovu čega se može zaključiti da brzina vjetra nije imala značajan uticaj na koncentracije SO₂ u zraku zeničke kotline. Glavni razlog zanemarljive do niske povezanosti ove dvije varijable su niske brzine vjetra i dominantna zastupljenost tišina na području zeničke kotline. Razlog tome jeste to što je grad okružen planinama i brdima, a brzina vjetra nije dovoljno visoka da bi se polutanti prenosili šire iz gradske sredine.

Višestruka regresiona analiza je pokazala da je oko 45% koncentracija SO₂ posljedica uticaja meteoroloških faktora (temperatura, relativna vlažnost i brzina vjetra). Preostalih 55% je vezano za ostale faktore, poput nivoa emisije SO₂, topografije, hemijskih procesa u zraku itd. Lokalne vlasti ih mogu koristiti da formulišu strategije za poboljšanje kvaliteta zraka. Razumijevanje izvora i emisija polutanata i njihove interakcije sa terenom i meteorološkim faktorima najvažniji je korak u izradi odgovarajućih planova upravljanja kvalitetom zraka i akcijskim strategijama. Bez ove vrste znanja moguće je pogrešno donošenje odluka koje se odnose na upravljanje kvalitetom zraka, što dovodi do pogrešne upotrebe resursa i nepoželjnih rezultata.

6. LITERATURA

- [1] Šipuš, M.: Analiza mjerenih koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ na području grada Siska u razdoblju od 2014 do 2017. godine, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, Zenica, 2018.
- [2] Avdić, N., Goletić, Š., Imamović, N.: Tehnički sistemi za prečišćavanje otpadnih plinova, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, Zenica, 2013.
- [3] Owoade, O.K.: Correlation Between Particulate Matter Concentrations And Meteorological Parameters At a Site In Ile-Ife, Nigeria, Department of Physics, Obafemi Awolowo University, Nigeria, 2012.
- [4] Radaideh, J.: Effect of Meteorological Variables on Air Pollutants Variation in Arid Climates, *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, 07:4, 2017.
- [5] Aaron, J. Cohen: Urban Air Pollution, Comparative Quantification of Health Risks, World Health Organization Geneva, 2004.
- [6] Neiburger, M.: The Role of Meteorology in the Study and Control of Air Pollution, *Bulletin of the American Meteorological Society* 50, no. 12 (1969): 957-65, JSTOR, www.jstor.org/stable/26252824 (pristupljeno: februar 2020.)
- [7] Goletić, Š., Imamović, N.: Istraživanje uticaja cestovnog saobraćaja na kvalitet zraka u urbanism područjima primjenom softverskog modela Aermod, 18th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2014, Budapest, Hungary 10-12 September, 2014.
- [8] Goletić, Š., Imamović, N.: Modeling the dispersion of SO₂ in Zenica valley, University of Zenica, Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, 2013.
- [9] Goletić, Š., Imamović, N., Birdahić, V., i drugi: Kantonalni akcioni plan za poboljšanje i zaštitu kvaliteta zraka na području Zeničko-dobojskog kantona, Univerzitet u Zenici, Institut "Kemal Kapetanović", 2020.

**METODOLOGIJA REALIZACIJE REMONTNIH AKTIVNOSTI
PREMA PRINCIPIMA PROJEKTOG MENADŽMENTA**

**METHODOLOGY OF REALIZATION OVERHAUL ACTIVITIES
ACCORDING TO THE PRINCIPLES OF PROJECT MANAGEMENT**

V.ass. Emir Đulić, dipl. inž. maš.
Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici
Zenica

Prof. dr. Mustafa Imamović, dipl. inž. maš.
Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici
Zenica

REZIME

U današnjem svijetu brzih promjena u svim segmentima poslovanja te intenzivne borbe za profitom, većina tehničkih sistema u industriji je projektovana sa zahtjevima kontinuiranog rada i sa što većom mehaničkom raspoloživošću. S tim u vezi eventualni zastoji moraju biti minimalni i što je više moguće detaljno vremenski planirani i jasno određeni. Remont kao najvažniji i najkompleksniji oblik održavanja tehničkih sistema ima sve karakteristike jednog projekta (jasno određen cilj, izvodi se po fazama u zadanom vremenskom intervalu uz korištenje velikog broja različitih i ograničeno raspoloživih resursa). Kako se projektni menadžment konstantno razvija i svoju primjenu nalazi u različitim oblastima i industrijama, cilj ovog rada je bio definisati metodologiju izvođenja remontnih aktivnosti na principima projektnog menadžmenta, odnosno kreirati vodič za upravljanje bilo kojom vrstom remonta kako bi planiranje, organiziranje i kontrolisanje svih remontnih aktivnosti bilo što uspješnije izvedeno uprkos svim rizicima koji prate isti..

Ključne riječi: Remont, tehnički sistem, projektni menadžment, metodologija remonta

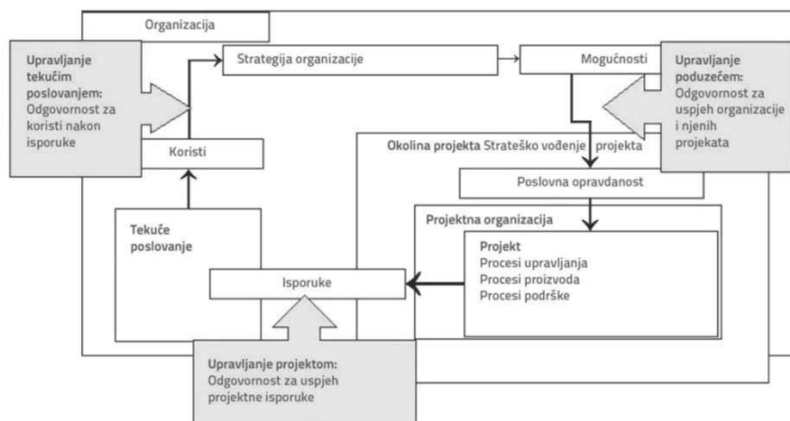
SUMMARY

In today's world of rapid change in all segments of business and intense struggle for profit, most technical systems in the industry are designed with the requirements of continuous operation and with the greatest possible mechanical availability. In this regard, downtime should be minimal and as detailed and time-bound as possible. Overhaul as the most important and most complex form of maintenance of technical systems has all the characteristics of the project (clearly defined goal, performed in stages in a given time interval using a large number of different and limited resources). As the project management is constantly evolving and finds its application in various fields and industries, the aim of this paper was to define the methodology of performing overhaul activities on the principles of project management, that is, to create a guide for managing any type of overhaul so that the planning, organization and control of all overhaul activities can be performed as successfully as possible, despite all the risks that accompany it.

Keywords: overhaul, technical system, project management, methodology of overhaul

1. POJMOVNO ZNAČENJE PROJEKTA I PRINCIPI MENADŽMENTA

Projekt je privremeni poduhvat kojim se stvara jedinstven proizvod, usluga ili rezultat. Svaki projekat ima jasno određen cilj, a izvodi se po fazama u zadanom vremenskom intervalu uz korištenje velikog broja različitih i ograničeno raspoloživih resursa. Projekt je pokušaj gdje su ljudski, finansijski i materijalni resursi organizovani na novi način, da bi se poduzeo jedinstven obim rada, na temelju dobivene specifikacije, a unutar ograničenih troškova i vremena, tako da se isporučuje korisna promjena definisana pomoću kvantitativnih i kvalitativnih ciljeva.[3] Svaki projekt mora imati jasno određen početak i kraj. Bilo koji projekt završava kada postane jasno da su ciljevi projekta dostignuti ili kada se zaključi da ciljevi projekta ne mogu ili neće biti dostignuti. U iznimnim slučajevima, projekt također može biti završen ako klijent (kupac, finansijer) želi obustaviti projekt.[4] Jedna od najprikladnijih definicija prema Wysocki-ju definiše projekat kao slijed jedinstvenih, kompleksnih i povezanih aktivnosti koje imaju svoj cilj i moraju biti završene u određenom vremenu, unutar definisanog proračuna i u skladu sa definisanim specifikacijama. Aktivnost je dio posla koji ima određen ulaz i izlaz, pri čemu izlaz jedne ili više aktivnosti postaje ulaz jednoj ili više aktivnosti. Kod određivanja aktivnosti ne razmišlja se o tome ko će tu aktivnost obaviti, jer se odluka o ljudskim resursima pridruženim aktivnostima donosi kasnije, u procesu planiranja. Kvalitetno upravljanje složenim poslovima (projektima) postaje sve više neophodno u poslovanju poslovnih sistema. Koristeći i primjenjujući metode, alate i tehnike projektnog menadžmenta lakše se ostvaruju ciljevi poslovnog (proizvodnog) sistema što utiče na samu uspješnost. Pri upravljanju projektom važno je projektno razmišljanje i razumijevanje svih bitnih svojstava projektnog poduhvata, primarno; ciljeva, sudionika i njihovih uloga, ograničenja, strukture, neponovljivosti, faza, dokumenata, kriterija uspjeha, promjena, rizika. Nastanak i ciklus projekta odlično prikazuje ISO 21500 vodič za upravljanje projektima (slika 1.). [6]



Slika 1. Nastanak i ciklus projekta

Bilo koji projekat nosi određeni rizik, a najveći rizik se odnosi na tri najvažnija ograničenja projekta, a to je da se projekt neće realizirati na vrijeme, da neće biti u okviru raspoloživog budžeta i rizik da se neće ostvariti ciljevi projekta. Svaki projekat započinje kao koncept s vizijom šta bi trebao biti rezultat istog, a narednim korakom se od koncepta uz postupnu doradu do rezultata razvija kroz progresivnu razradu, koja podrazumijeva neprekidno poboljšavanje i detaljiziranje plana kroz niz ponavljanja u kojima prikupljene informacije postaju sve detaljnije, a procjene sve preciznije. PMBOK definiše životni ciklus projekta kao

zbirku projektnih faza koje slijede jedna drugu i ponekad se preklapaju. Jedinствен okvir upravljanja projektom se sastoji od pet faza:

1. Iniciranje (startanje) projekta;
2. Plan projekta;
3. Realizacija projekta;
4. Monitoring i kontrola projekta i
5. Zatvaranje projekta.

2. DEFINICIJA REMONTA I POJAM REMONTNIH AKTIVNOSTI

Remont je najvažniji planirani periodički zastoj i najsloženiji oblik održavanja tehničkih sistema u kojem se izvršavaju najznačajnije planirane aktivnosti održavanja. Svaki remont je direktno u funkciji tehnološkog nivoa tehničkog sistema, primijenjenog materijala, opreme, novih proizvodnih tehnologija te stručnosti odnosno specijalističke obučenosti neposrednih izvršilaca i rukovodioca.[2] Remont, generalno, podrazumijeva pregled, opravku i ispitivanje tehničkih sistema u uslovima u kojima će biti u eksploataciji. Planiranjem remonta i realizacijom remontnih aktivnosti tehnički sistem se vraća u potpuno ispravno stanje za minimalno nekoliko narednih godina budući da se direktno povećava pouzdanost i mehanička raspoloživost postrojenja. Proces remonta tehničkog sistema vrši se pod kontrolisanim uslovima koji podrazumijevaju postojanje radne i tehnološke dokumentacije, rad na adekvatnoj i ispravnoj opremi i sa etanoliranom mjernom opremom, postojanje kriterija sa definisanim ograničenjima veličina koje se mjere, stopostotna kontrola operacija i verifikacija procesa.[5] U današnjem svijetu brzih promjena u svim segmentima poslovanja te intenzivne borbe za profitom, većina tehničkih sistema u industriji je projektovana sa zahtjevima kontinuiranog rada i sa što većom mehaničkom raspoloživošću. Stim u vezi zastoji moraju biti minimalni i što je više moguće detaljno vremenski planirani i jasno određeni. Remont sistema veoma je značajan za ukupnu profitabilnost kompanije te je potrebno uključiti multidisciplinarni pristup, budući da je organizacija tehnološkog procesa remonta uslovljena uticajem brojnih ograničenja, a podrazumijeva: definisanje zadataka, utvrđivanje izvršilaca, grupisanje zadataka, postavljanje normiranih rezultata, kreiranje struktura, kreiranje algoritma rada i ponašanja, regulisanje nosioca informacija, izvještavanja i mjesta donošenja odluka. Na osnovu dosada izloženog, može se jasno zaključiti da proces remonta ima sve karakteristike višestrukih projekata izvedenih na istoj lokaciji, te da se remontni proces može definisati i standardizirati prema principima i metodologiji projektnog menadžmenta. Projektni menadžment se konstantno razvija i sve je više primjenjiv na različite industrije, organizacije i različite projekte, a standardi projektnog menadžmenta postaju nezaobilazan vodič za upravljanje bilo kojom vrstom i veličinom projekata. Svrha realizacije remontnog procesa na principima projektnog menadžmenta je planiranje, organiziranje i kontroliranje svih remontnih aktivnosti kako bi cjelokupan proces bio što uspješnije izveden usprkos svim rizicima koji prate isti.

3. INICIJACIJA PROJEKTA REMONTA

Inicijacija započinje definisanjem projekta remonta, odnosno definisanjem svega što se treba uraditi da bi se započelo sa radom na samom projektu. Definišu se obim i ciljevi koji se planiraju ostvariti, zadaci koji se moraju obaviti kako bi se došlo do funkcije cilja, realan vremenski okvir, sredstva, rizici, ograničenja i prepreke koje mogu utjecati na uspješnost remontnog procesa. Tokom inicijacije identificiraju se interne i eksterne zainteresovane strane koje će djelovati na projekat remonta. Dodjeljuju se početna finansijska sredstva i imenuje se rukovodilac remonta.

Sadržajno, inicijacija projekta remonta se sastoji od tri glavne faze:

1. Definisanje projekta remonta;
2. Formiranje projektnog tima i
3. Izrada studije izvodivosti remontnog procesa.

Inicijacija projekta remonta pokreće druge procese projekta i daje rukovodiocu remonta autoritet da započne sa remontnim aktivnostima. Nivo autoriteta se prenosi s višeg rukovodstva na rukovodioca remonta kako bi primijenio organizacijske resurse na realizaciju samog procesa. Faza definisanja projekta remonta se sastoji od brojnih aktivnosti među kojima se ističu: uspostava projektne datoteke, identificiranje ciljeva projekta, definisanje projektnih isporuka, uspostava registra rizika projekta, izrada inicijalne procjene troškova, izrada strukture remontnih aktivnosti i definisanje potrebnih ljudskih resursa. Definisanje je bitno i iz razloga što kad se projekat završi, mogu se lako uočiti odstupanja od svega definisanog ako su se pojavila tokom izvođenja projekta. Formiranje projektnog tima je druga faza u procesu inicijacije u okviru koje se imenuju (biraju) pojedinci koji će u intenzivnoj interakciji doprinijeti ostvarivanju definisanih ciljeva. Projektni tim zadužen za vođenje remonta čine rukovodilac remontnih aktivnosti i saradnici i svi imaju precizno definisane uloge, zadatke i odgovornosti. Dobar projektni tim treba imati zajedničku viziju, podijeljenu odgovornost, fleksibilnost na promjene, otvorenost u komunikaciji, usmjerenost na ostvarenje ciljeva, na kvalitetu rezultata i na zadovoljstvo krajnjeg korisnika. Rukovodilac tima mora imati entuzijazam za projekt, dobro poznavati tehnologiju remonata karakterističnih postrojenja, učinkovito upravljati promjenama, dobro podnositi nesigurnost, imati vještine pregovaranja, znanja, vještine, iskustva i komunikativan. Kroz studiju izvodivosti treba osigurati bezbjedno izvođenje remontnih aktivnosti uz minimalan rizik i najbolju upotrebu resursa. Radi se analiza troškova i koristi, provodi se analiza postojećeg sistema i predlaže se novi, donose se kriteriji za odluku i izbor. Opravdanost projekta se procjenjuje kroz tehnološko – tehničku izvodljivost (procjenjuje resurse i ograničenja), ekonomsku analizu i kroz analizu rizičnosti projekta.

4. FAZA PLANIRANJA I PRIPREME REMONTA

Kao veoma kompleksan projekat, remont zahtjeva prije svega racionalnu organizaciju dobro opremljenu sredstvima i ljudima. Organizacija remonta treba da bude uvijek usklađena sa tehničkim sistemom na kojem se vrše popravke, a to znači da treba biti podložna i čestim promjenama. Planiranje i priprema remonta je druga faza kad se sve glavne karakteristike remontnog procesa detaljno razrađuju. U fazi planiranja se definišu sve remontne aktivnosti i opisuje se način njihove realizacije i redosljed uz korištenje odgovarajućih resursa u zadanim rokovima i sa zadanim budžetom. Planiranjem se definiše obim, vrijeme, troškovi, resursi, kvaliteta, rizici, itd., a posebno se analiziraju odnosi vrijeme – troškovi – resursi – rizik. Cilj planiranja jeste usklađivanje ove četiri varijable učinkovitim korištenjem raspoloživih resursa, minimalizacijom trajanja, troškova i rizika tokom remonta uz uslov da se ostvari zahtjevani kvalitet posla kao i sigurnost ljudi. Tokom faze planiranja potrebno je sve dogovoreno dokumentovati kako bi se omogućilo nadziranje i kontrola provođenja planiranih remontnih aktivnosti, troškova i trajanja, a i za neke buduće koristi, učenja i iskustva. [1] Faza planiranja samog procesa je ključna za dalje aktivnosti, jer je za vrijeme remonata potrebno u potpunosti ispoštovati dinamičke i termin planove, uz dobru prateću podršku sa snabdjevenošću rezervnim dijelovima, potrošnim materijalom, potrebnim alatima i priborima za sopstvenu radnu snagu. Posebno je važan izbor izvođača radova za radove po ugovoru. Pri definisanju tendera treba što više radova definisati kao tehnološke cjeline i u potpunosti kompletirati uslugu od spoljašnjih učesnika u realizaciji remontnih radova. Također, od

posebne važnosti je obezbjeđenje kvalitetnog i stručnog nadzora nad izvođačima radova. Od kvaliteta planiranja i pripreme remonta zavisi i uspješnost remonta u cjelini. [5]

Prilikom faze planiranja procesa remonta, u vidu uvijek treba imati sljedeće elemente:

- Cilj remonta – osigurati pouzdanost i raspoloživost postrojenja;
- Rokovi – moraju se ostvariti u okviru određenog vremena koji je definisan;
- Složenost remontnih aktivnosti – u direktnoj je relaciji sa usvojenom tehnologijom;
- Obim i priroda zadataka – potvrđuje se planom realizacije remonta;
- Potrebni resursi za remont – ljudi, oprema, finansijska sredstva, materijali;
- Organizaciona struktura;
- Informacioni i kontrolni sistem – najčešće bazirani na funkcionalnim linijama ovlaštenja, što za praćenje remonta nije dovoljno.

Dobrim planiranjem remontnog procesa potrebno je:

- Obezbijediti da remontna aktivnost bude jasno definisana i prihvaćena;
- Potvrditi da su na raspolaganju potrebni kadrovi za realizaciju remontnog posla;
- Uspostaviti liniju upravljanja cjelokupnim remontom;
- Odrediti uloge i odgovornosti;
- Načiniti organizacionu mapu remontnog projekta i listu za kontakt;
- Uspostaviti komunikaciju sa projektnim timom, rukovodiocima funkcionalnih timova i ostalim zainteresiranim stranama.

Prilikom faze planiranja i pripreme remonta treba razmotriti i definisati sljedeće elemente:

1. Obim posla;
2. Generalni plan rada;
3. Aktivnosti prije zaustavljanja (gašenja) sistema;
4. Osigurati materijal i rezervne dijelove;
5. Ugovor sa eksternim izvođačima;
6. Integralni plan remonta;
7. Organizacija održavanja pogona;
8. Plan logistike mjesta;
9. Odobrenje za sistem rada na izvođenju remonta;
10. Program sigurnosti učesnika na remontu;
11. Program kvaliteta izvedenih radova;
12. Protokol za komunikaciju;
13. Proces kontrole rada i dijagnostike;
14. Procedura puštanja postrojenja u ponovni pogon nakon remonta i
15. Završetak procesa remonta pogona.

5. REALIZACIJA REMONTNIH AKTIVNOSTI

Kroz fazu realizacije remonta provode se sve prethodno planirane aktivnosti. Određuju se specifični resursi potrebni za obavljanje remontnih zadataka, njihov raspored i koordinacija prema planiranim aktivnostima. Tokom realizacije remontnih aktivnosti neophodno je kontrolisati odvijanje li se sve prema planiranim aktivnostima kako bi se ispravile moguće nepravilnosti i zadovoljile specifikacije remontnog procesa i kako bi se projekat remonta završio na vrijeme i uz planirane troškove. Budući da je remont sastavljen od velikog broja različitih, ali uzročno – posljedično vezanih aktivnosti, pogodno je prilikom realizacije koristiti strukturalno raščlanjivanje posla, odnosno hijerarhijski raspodijeliti proces: npr. projekt – podprojekti – faze – aktivnosti – radni paket. Radni paket je isporuka ili

komponenta na najnižem nivou raščlanjivanja, sa stanovišta rukovodioca remonta. Paket sadrži potpuni opis kako zadaci (manje jedinice posla) čine aktivnost (komad posla) te ko, šta, kada i kako radi, a može uključivati kontrolne tačke potrebne da se završi isporuka radnoga paketa ili komponenta posla.

Realizacija remonta podrazumijeva odgovarajuće aktivnosti kao što su:

- Rukovodilac remonta koordinira i saraduje sa rukovodiocima radova i poslovođama:
 - prati i rješava nastale probleme,
 - koordinira aktivnosti u remontu,
 - odgovoran je za pridržavanje propisa ZNR (zaštite na radu),
 - sprovodi plan remonta i dr.
- Držati se plana pri upravljanju remontnim procesom;
- Održavati redovne sastanke za praćenje progressa;
- Redovno sačinjavati i distribuirati izvještaje;
- Pratiti dinamiku izvršenja i izvršiti potrebne izmjene plana;
- Ažurirati dokumentaciju;
- Pratiti konflikte i rizike;
- Vršiti kontrolu kvaliteta.

U skladu sa smjernicama PMBOK dat je okvirni prikaz uobičajenih aktivnosti i mjera koje se trebaju realizirati u remontnom ciklusu:

- 1) Kvalitetno izvođenje pripremnih radova (uređenje prostora, doprema materijala i opreme);
- 2) Kontrole i mjerenja na postrojenju u pogonu prije demontažnih radova (kontrola mjernih instrumenata, funkcionalnosti sklopova, praćenje parametara postrojenja u pogonu, postepeno opterećenje i rasterećenje postrojenja, kontrola montažnih kota);

Izvođač u roku od 7 dana od završetka kontrola i mjerenja treba dostaviti izvještaj o izvedenim kontrolama i mjerenjima.

3) Remont postrojenja:

- mjerenja i kontrola u toku demontaže;
- defektaža svih vitalnih dijelova postrojenja nakon demontaže;
- vizuelni pregled svih dijelova (mehaničke, hidraulične komponente...);
- metodama tehničke dijagnostike kontrolisati parametre od značaja (npr. zazor, saosnost, dimenziona kontrola ležajeva i rukavaca u kinetičkom zglobu...)
- eventualna reparacija oštećenih dijelova (npr. reparacija ležaja – nalijevanje nove bijele kovine i mašinska obrada), tamo gdje je još moguća popravka dijelova, vrše se reparacije prema propisanoj tehnologiji, nakon čega se izvodi mašinska obrada na projektovane mjere u tolerancijskom zahtjevu, a po potrebi i na svim ostalim površinama koja su u slobodnim tolerancijama mjera;
- zamjena oštećenih dijelova novim dijelovima;
- svi oštećeni standardni dijelovi kao što su npr. ležajevi, vijci, navrtke, uskočnici, remenovi, lanci i sl. mijenjaju se sa novim;
- Pjeskarenje i antikorozijska zaštita (jedan sloj zaštitne podloge i dva sloja laka) svih površina prema važećim standardima, npr. EN ISO 12944 koje podliježu tim tretmanom.

4. Radnje nakon remonta:

- vizuelni pregled svih dijelova;
- kontrola zategnutosti svih vijčanih spojeva moment ključem;

- mjerenje dimenzija svih dijelova važnih za montažu: promjer rukavaca na vratilu, dimenzija ležajnih sklopova, kočnica, rastojanja,...);
- kontrole radijalnih bacanja rotirajućih dijelova;
- ispitivanje funkcionalnosti sistema za kočenje;
- podešavanje ležajnih brtvi;
- kontrola zazora sistema;
- dinamičko balansiranje rotirajućih dijelova i sklopova;
- kontrola sistema za podmazivanje i odvod uljnih para i
- kontrola sistema za hlađenje itd.

5. Isporuka i ugradnja mjerne opreme:

- termometri,
- manometri,
- pirometri,...
- sonde i kablovi za mjerenje temperature, za topli i hladni zrak, za vlagu itd.,

6. Transport i osiguranje

Izvođač remontnih radova obezbjeđuje transport i snosi troškove transporta i osiguranja opreme u vrijednosti od 110% vrijednosti iste (stvar zahtjeva Naručioaca i usaglašavanja sa Izvršiocem), za svu opremu koja se odvozi iz pogona naručioca, kao i opremu koja se dovozi u pogon naručioca.

6. PROBE I TESTIRANJA POSTROJENJA

Završna ispitivanja se obavljaju nakon izvršenih montažnih radova, sa sljedećim redoslijedom:

- Predprimopredajna ispitivanja;
- Primopredajna ispitivanja;
- Garancijska ispitivanja na postrojenju.

Sva mjerenja, kontrole i ispitivanja na postrojenju treba izvršiti u skladu sa IEC standardima i Tehničkoj specifikaciji iz projektno-tenderske dokumentacije. U roku od 30 dana od izvođenja remontnih aktivnosti, izvođač je dužan dostaviti Preliminarni izvještaj o završnim ispitivanjima. Sve nedostatke ustanovljene u toku završnih ispitivanja, a koji su posljedica izvršenih radova, odnosno, koji su ustanovljeni na opremi i djelovima na kojima je izvođač obavljao radove, otklanja izvođač u potpunosti o svom trošku, pri čemu se završna ispitivanja ponavljaju. Nakon izvršenih svih prethodno navedenih ispitivanja, naručilac i izvođač zapisnički konstatuju da su završna ispitivanja obavljena uspješno i da može početi Probni pogon postrojenja.

U toku Predprimopredajnih ispitivanja, u prisustvu predstavnika Investitora, vrši se:

- Završna kontrola montažnih radova svih dijelova postrojenja;
- Kontrola montažnih protokola;
- Kontrola funkcionalnosti pomoćnih sistema postrojenja;
- Pregled svih instalacija sistema;
- Podešavanja vitalnih sklopova sistema;
- Funkcionalno ispitivanje simultane automatske i ručne sekvence starta i zaustavljanja postrojenja sa svih komandnih mjesta;
- Provjere i kontrole glvnih prenosnika snage i obrtnog momenta, sistema za zaptivanje, hlađenje, podmazivanje i sl.
- Po potrebi ručno zakretanje pogonskih agregata.

Ovi testovi, u vidu ček liste koju potpisuju obje strane, moraju da potvrde da je postrojenje spremno za Primopredajna ispitivanja. Tamo gdje je potrebno, izvođač radova može

angažovati podizvođača za specijalistička ispitivanja regulacijskih krugova i opreme za upravljanje. Pri tome izvođač remontnih radova mora prisustvovati ovim ispitivanjima, radi usaglašavanja parametara funkcionalnosti opreme koja je predmet remonta. Koordinaciju radova tokom ispitivanja između dva izvođača vrši naručilac. Nakon uspješno završenih Predprimopredajnih ispitivanja, odobrenih od naručioca, izvođač započinje Primopredajna ispitivanja.

Primopredajna ispitivanja vrši se u uzajamnoj saradnji svih učesnika u remontu postrojenja, a izvođač daje koordinatora ovih ispitivanja. Koordinaciju radova tokom ispitivanja između dva izvođača vrši naručilac. Nakon uspješno završenih Primopredajnih ispitivanja, potvrđenih zapisnikom od strane naručioca i izvođača, (komisioniranje, hladni test i topli test), postrojenje se pušta u pogon u vremenskom intervalu koji je dogovoren. U slučaju da se uoče neki nedostaci ili kvarovi, isti će biti otklonjeni od strane i na račun izvođača, a Primopredajna ispitivanja će se ponoviti. Nakon uredno obavljenih Primopredajnih ispitivanja, izvođač vrši garancijska ispitivanja.

Probni pogon postrojenja nakon završenog remonta traje određeni period (10 dana, mjesec dana, 3 mjeseca, godina – odnosno period koji je definisan tenderom i ugovorom), što podrazumijeva i rad postrojenja u normalnim i prelaznim režimima rada. Sve nedostatke ustanovljene u toku Probnog pogona, a koji su posljedica izvršenih radova, odnosno koji su ustanovljeni na opremi i dijelovima na kojima je izvođač obavljao radove, otkloniće izvođač u potpunosti o svom trošku, pri čemu će se ponoviti potrebna ispitivanja i Probni pogon. Nakon uspješnog završetka Probnog pogona postrojenja, naručilac i izvođač će potpisati zapisnik o probnom pogonu.

7. ZAKLJUČAK

Provođenje remonta ima sve karakteristike složenog projekta jer objedinjava tematiku upravljanja održavanjem, kvalitetom i projektima. U radu je uočen i sagledan projektni ciklus remonta kao lanac aktivnosti koje se ne odvijaju linearno niti su neke više a neke manje važne. Naprotiv, svrha realizacije remontnog procesa na principima predloženih faza i smjernicama projektnog menadžmenta je planiranje, organiziranje i kontroliranje svih remontnih aktivnosti kako bi predložena metodologija poboljšala efikasnost samog procesa i doprinijela ispunjavanju ciljeva organizacije.

8. REFERENCE

- [1] Fabić M., Pavletić D., Batelić J.: Faktori vrednovanja uspješnosti projekata remonta rafinerije nafte, Zenica 2004.
- [2] Majstorović V.: Projektni menadžment, Sveučilište u Mostaru, Mostar, 2010.
- [3] Matić I., Vučković A.: Faze upravljanja projektom na primjeru projekta rekonstrukcije HE Zakućac, Split 2016.
- [4] Fertalj K., Car Ž., Nižetić-Kosović I.: Upravljanje projektima, skripta, Zagreb 2016.
- [5] Seferović R.: Tehnologije remonata, Zenica 2020.
- [6] Radujković M., Sjekavica M.: Razvoj modela za poboljšanje uspješnosti upravljanja projektom analizirajući rizike, promjene i ograničenja, Zagreb 2017.
- [7] PMI: A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK - Guide); PMI; 2004.
- [8] Omazić M.A., Baljkas S.: Projektni menadžment, Sinergija 2005
- [9] Majstorović V.: Upravljanje proizvodnjom i projektima – Production and Project Management; DAAAM International Vienna, Mostar 2001.
- [10] Kerzner H.: Project Management, A System Approach to Planning, Scheduling and Controlling; John Willey & Sons, 2003.
- [11] Standardi i normativi službe održavanja – interna dokumentacija

**PRIMJENA SCHUBERTOVE FUNKCIONALNO-INDIKATORSKE
METODE ZA ODREĐIVANJE USPJEŠNOSTI ODRŽAVANJA U
RUDNIKU UGLJA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM**

**APPLICATION OF SCHUBERT'S FUNCTIONAL-INDICATOR
METHOD FOR DETERMINING SUCCESS OF MAINTENANCE IN
COAL MINING FACTORY WITH UNDERGROUND
EXPLOATATION**

Karalić Tarik, dipl. inž. maš.

Rudnik mrkog uglja „Zenica“ do.o.-Zenica

Red.prof.dr. sc. Sabahudin Jašarević, dipl. inž. maš.

Univerzitet u Zenici

Mašinski fakultet, Zenica

REZIME

Ovaj rad predstavlja analizu uspješnosti funkcije održavanja u pogonu „Stara jama“ rudnika mrkog uglja „Zenica“ d.o.o.-Zenica. S obzirom na to da karakteristike održavanja elektro-mašinske opreme u pogonu „Stara jama“, te dostupnim podacima usvojeni su subjektivni indikatori uspješnosti održavanja, te je izvršena analiza uspješnost održavanja primjenom Schubertove funkcionalno-indikatorske metode.

Ključne riječi: Održavanje, uspješnost, schubert, rudnik

SUMMARY

This paper presents an analysis of the success of the maintenance function in the mine "Stara jama" of the coal mininig factory "Zenica" d.o.o.-Zenica. Considering the characteristics of maintenance of electrical and mechanical equipment in the mine "Stara jama", and the available data, subjective indicators of maintenance success were adopted, and the analysis of maintenance success was performed using Schubert's functional-indicator method.

Keywords: maintenance, efficiency , schubert, coal mining

1. UVOD

Sredstva za rad predstavljaju jedan od osnovnih elemenata i uslova bilo kojeg procesa rada. Sa sigurnošću se može tvrditi da nijedan rad ne može započeti i trajati ako nisu obezbjeđena odgovarajuća sredstva za rad.

Aktivnosti na očuvanju radnih karakteristika sredstava za rad i njihovom vraćanju u dozvoljene granice nazivaju se zajedničkim imenom **održavanje**.

Funkcija održavanja (FOD), predstavlja složen i raznovrstan skup zadataka koje se prema tenološkoj namjeni mogu podijeliti na:

- Čišćenje i podmazivanje,
- Popravak kvarova,
- Preventivne preglede,
- Planske popravke i
- Kontrolne preglede.

Značaj funkcije održavanja i njen uticaj na ukupne tokove i rezultate rada poslovnog sistema raste sa mehanizacijom i automatizacijom sredstava za rad.

1.1. Uspješnost održavanja

Razmatranje uspješnosti održavanja novijeg je datuma. Iako nema podataka o tome, pretpostavlja se da se uspješnost održavanja počinje izučavati u vrijeme kad održavanje počinje da igra značajnu ulogu u ekonomiji poslovnog sistema kao ograničavajući faktor korištenja kapaciteta i značajan faktor troškova.

Prve metode koje su razvijene i dugo vremena bile jedine su indikatorske metode za iskazivanje uspješnosti poslovnih sistema.

Problem funkcije održavanja pri određivanju zakonitosti i metodologije pri analizi uspješnosti se ogleda u izraženim **stohastičkim pojavama**.

Od uočavanja potrebe za određivanjem uspješnosti funkcije održavanja do danas pojavilo se više pristupa, odnosno metoda različitih karakteristika, stepena razrade, namjene i stepena primjene.

Osnovni kriteriji za definisanje naziva metoda, koji će definisati njihovu suštinu su:

- Suština postupaka koji se koriste u metodama,
- Veličine koje se koriste u metodama,
- Odnosi koji se uspostavljaju između promijenljivih funkcije održavanja,
- Konciznost,
- Psihološki, u smislu prihvatanja termina od strane širokog kruga korisnika, od neposrednih izvršilaca u održavanju i proizvodnji, izvršilaca u stručnim službama poslovnih sistema, do istraživača u terotehnologiji i drugim naučnim oblastima,
- Lingvistički u semantičkom smislu i
- Internacionalnost termina u smislu maksimalnog korištenja opšte prihvaćenih internacionalnih izraza kako bi bila olakšana međunarodna komunikacija u oblasti terotehnologije.

Prema gore navedenim kriterijima, metode za određivanje uspješnosti održavanja mogu se identifikovati kao:

- Indikatorske,
- Funkcionalno-indikatorske,
- Metode učinka (učinske metode),
- Grafičke metode,
- Subjektivne metode i
- Ostale metode.

1.2. Funkcionalno-indikatorske metode, Schubertova metoda

Suština ovih metoda je da se od izabranih indikatora formiraju matematički modeli, odnosno formule za uspješnost održavanja:

$$E = f(K_i, I_i) \quad \dots(1)$$

gdje su:

K_i -određene konstante, $I_i = \frac{X_k}{X_i}$ ili $I_i = X_m$ -odabrani indikatori uspješnosti.

Funkcionalno-indikatorske metode su analitičke, globalne, determinisane i deskriptivne.

Prednosti funkcionalno-indikatorskih metoda su:

- Prednost ovih metoda nad indikatorskim, jer uspješnost FOD izražavaju jednoznačno, jednom cifrom, pa nema nedoumica ako su tendencije promjenljivih FOD različite,
- Mogu se primjenjivati kontinuirano u vremenu i
- Primjena je ekonomična zbog upotrebe malog broja podataka

Nedostaci ovih metoda su:

- Činjenica da se složeni procesi, kakvi su u FOD, teško mogu izraziti jednom veličinom a da se vide putevi za poboljšanje bez daljnje analize podataka o pojedinim oblastima FOD. Ovo je opšti nedostatak svih globalnih metoda.

Funkcionalno-indikatorske metode posmatraju FOD uglavnom kao mjesto trošenja a ne kao skup aktivnosti kroz koji se ostvaruje osnovni cilj poslovnog sistema-sticanje dohotka.

Po Schubertovoj metodi uspješnost održavanja se izračunava prema izrazu:

$$E = \sum_{i=1}^n K_i \cdot I_i \quad \dots(2)$$

gdje su:

K_i -koeficijent kojim se određuje važnost područja održavanja karakterisanog indikatorom I_i

$$\sum K_i = 1 \quad \dots(3)$$

$$i = 1, 2, \dots, n \quad \dots(4)$$

n -broj karakterističnih područja održavanja koja se posmatraju pri ocjeni uspješnosti održavanja.

$$I_i = \frac{X_i}{X_k} \quad \dots(5)$$

I_i -indikator određene oblasti održavanja, X_i, X_k -primjenljive veličine održavanja

$$j, k = 1, 2, \dots, m \quad \dots(6)$$

m-broj promjenljivih održavanja.

Postupak primjene Schubertove metode je sljedeći:

1. Odaberu se područja djelovanja održavanja koja znatno utiču na uspješnost održavanja. Odabrana područja zavise od ciljevi i uslova poslovnog sistema. To su područja-kriteriji za proračun uspješnosti održavanja;
2. Odaberu se promjenljive karakteristične za odabrana područja održavanja. Promjenljive treba da su takve da se mogu mjeriti i o kojima se može dobiti dovoljno tačan i blagovremen podatak;
3. Od izabranih promjenljivih konstruišu se indikatori uspješnosti određenog područja održavanja u obliku razlomaka, odnosno indeksa;
4. Odrede se važnosti indikatora i područja održavanja, odnosno koeficijenti K_i . Ovo određivanje vrše stručna lica iz FOD na osnovu svog viđenja procesa i sistema FOD, odnosno subjektivno i
5. Izračuna se uspješnost FOD prema izrazu za proračun.

Nedostaci ove metode su:

- Subjektivno određivanje koeficijenta važnosti indikatora i područja,
- Veličina E se ne može interpretirati nekim razumljivim značenjem (tehnički, ekonomski, fizički itd.), sabiraju se veličine različitog sadržaja,

Prednosti ove metode su:

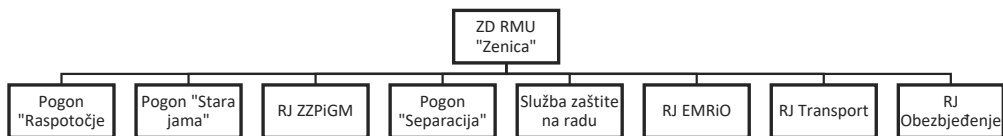
- Globalna metoda, koja pogodnim izborom indikatora može da posluži i za parcijalna posmatranja uspješnosti FOD bilo po struci bilo po području aktivnosti.

2. RUDNIK MRKOG UGLJA „ZENICA“

2.1. Opis poslovnih aktivnosti

Rudnik mrkog uglja „Zenica“ d.o.o.-Zenica se već više od 130 godina bavi podzemnom a prijeratnom periodu i površinskom eksploatacijom uglja. Počeo je sa radom 05. maja davne 1880. godine. Danas, rudnik mrkog uglja „Zenica“ posluje u sklopu Koncerna JP Elektroprivreda BiH d.d.-Sarajevo.

Rudnik mrkog uglja „Zenica“ vrši proizvodnju uglja u dva jamska kapaciteta: „Stara jama“, „Raspotočje“ koji su organizaciono ustrojeni kao proizvodni pogoni. Prerada uglja vrši se u pogonu „Separacija“. Prateće djelatnosti obavljaju se kroz radne jedinice i službe.



Slika 1. Organizacija RMU „Zenica“ d.o.o.-Zenica

6. Konferencija „ODRŽAVANJE 2020“ Zenica, B&H, 20-21 novembar 2020.

Pogon „Stara jama“ je najstariji pogon za eksploataciju uglja koji posluje u sklopu RMU „Zenica“ d.o.o.-Zenica. Pogon je organizaciono podijeljen u četiri službe: proizvodnja mašinska služba, elektro služba i službu za ventilaciju i održavanje.

Pogon „Stara jama“ posjeduje poprilično opsežnu elektro-mašinsku opremu koju održavaju elektro i mašinska služba unutar pogona. Mašine, postrojenja i uređaji koji uključuju elektro-mašinsko održavanje u pogonu „Stara jama“:

- Izvorno postrojenje prema Koepe sistemu (izvozna mašina, izvozne posude, Koepe kotur, otklonska užetnjača, lijevo i desno pleteno gornje uže, donje balansno uže, vodilice, ugurivači vagoneta, konstrukcija izvoznog tornja, izvozni koševi itd.)
- Željeznica sa instaliranom šinom tip S 22 prema JUS C.K1.021 i pratećom opremom (skretnicama, prenosnicama, segmentima šine, vezicama itd.) , Dizel lokomotiva Lds-100k-EMA, Akumulatorska lokomotiva,
- Jednošinska viseća željeznica sa segmentima šine izrađene od čeličnih profila NPI155 i pratećom opremom (skretnicama, krivinama itd.), Viseća hidraulična dizel lokomotiva tip: DLZ 110F-II,
- Trakasti transporteri (tip: GWAREK, MTLX BT1000, GTK 1000, PTG-800), grabuljasti transporteri (tip: TS-74, DGT-460),
- Otkopna mašina-Kombajn tip: AM-50z-w,
- Planetarni vitlovi tip: PV 2,2, PV 11/15 i PV 15/22,
- Kompresorska stanica (vijčani kompresori tip: CSDX140/8,4 i EKO 75, pneumatske instalacije od stanice do izvoznog postrojenja, posude za komprimirani zrak itd.),
- Centrifugalne pumpe (CVNRL 7-8, 30DMSD 125-7b, VPN 101-4, C12-6, C5“x6“, KP 2H-50, VPN 150-6, VPN 200-5, CSP 125-400, KV 30-12,5/4) i potapajuće muljne pumpe („FLYGT“), sa čeličnim (Ø300, Ø200 i Ø150 mm), PEHD cjevovodima (Ø100, Ø90 mm, Ø2“, Ø1“ i Ø3/4“) i pratećom opremom (ventilima, priрубnicama, koljenima, računima itd.)
- Hidraulični potiskivač vagoneta (sa hidrauličnim agregatom tipa „Hauhinc“),
- Kotlovska postrojenja sa vrelovodnim kotlovima i pratećim instalacijama.
- Električne bušilice, elektroenergetski transformatori, sklopke, mrežni kontrolnici, visokonaponski i niskonaponski prekidači i rasvjetne stanice sa pratećom opremom (električni kablovi i instalacije itd.)
- Ventilatorsko postrojenje

3. ANALIZA USPJEŠNOSTI ODRŽAVANJA

Prije analize uspješnosti FOD u pogonu „Stara jama“ ZD RMU „Zenica“ potrebno je obratiti pažnju na sljedeće uvodne napomene i problematiku primjene Schubertove metode na navedeni slučaj:

- S obzirom na korištenu metodu pri proračunu uspješnosti održavanja, vršit će se subjektivno određivanje koeficijenta važnosti i indikatora,
- Pri proračunu su korišteni podaci iz knjiga zastoja za 2018. godinu. Prilikom obrade podataka, pojavljuju se problemi u vidu nepotpuno definisanih i nepreciznih podataka, problem mjerenja vremena zastoja (da li je nadzornik koristio sat kao pomagalo ili subjektivni osjećaj protoka vremena), nekategorisani zastoji (da li je elektro ili mašinski ili neki drugi kvar na postrojenjima) itd.

**6. Konferencija „ODRŽAVANJE 2020“
Zenica, B&H, 20-21 novembar 2020.**

- Za proračun se koriste samo proizvodni sati u smjeni, nemoguće je tačno odrediti ukupne proizvodnih sati, te se u tom smislu ukupni sati svode na prosjek proizvodnih sati, što je četiri sata po smjeni (4 h/smj.),
- Uzima se u obzir samo onaj aspekt održavanja koji direktno utiče na proizvodnju (instalirani kontinuirani i ciklični transport, izvozno postrojenje, bušilice). Određeni zastoji su karakteristični za rudarstvo a uključuje angažovanje mašinske ili elektro službe za npr.: produžavanje i skraćivanje dužine trakastih i grabuljastih transportera u prostorijama, održavanje električnih bušilica, održavanje izvoznog postrojenja i sl., te se isti u ovom proračunu ubrajaju u plansko održavanje,
- Održavanje u rudarstvu je onoliko uspješno koliko ima manje zastoja i intervencija na postrojenjima, odnosno učinak FOD se ogleda u satima zastoja zbog održavanja u odnosu na ukupne proizvodne sate.
- U praksi se pokazalo, da je u rudarstvu najbitnije područje korektivnog održavanja, odnosno održavanja postrojenja nakon kvara. Ovakve vrste zastoja direktno utiču na učinak odnosno proizvedenu količinu uglja, a što predstavlja osnovni prihod poslovnom sistemu. Plansko održavanje je veoma bitan aspekt, također. Zastoji zbog skraćivanja dužine strojeva, montaži i demontaži transportera, održavanja izvoznog postrojenja, redovni servisi postrojenja i opreme i sl. diktiraju dinamiku daljnjih radova te samim tim i proizvodni učinak. Troškovi održavanja u rudarstvu čine u prosjeku zadnje dvije godine (2018. i 2019.) tek 8% od ukupnih troškova poslovanja, te imaju najmanji značaj za poslovni sistem.

S obzirom na to da vrstu djelatnosti i poslovnih ciljeva ZD RMU „Zenica“, mogu se subjektivno usvojiti sljedeća područja, njihovi koeficijenti važnosti, te indikatori i njihovi odnosi:

Tabela 1. Područja održavanja, usvojeni koeficijenti važnosti i indikatori

Područje održavanja	Koeficijent važnosti Ki	Indikatori područja održavanja Ii
Korektivno održavanje	0,5	Sati zastoja/Ukupni proizvodni sati(h)
Plansko održavanje	0,3	Sati zastoja/Ukupni proizvodni sati(h)
Troškovi održavanja	0,2	Troškovi održavanja/Ukupni troškovi poslovanja (%)

U tabelama 2.,3. i 4. dat je prikaz podataka koji su uzeti iz „Knjige dnevnih zastoja“ a kojima se mogu dobiti odgovarajući indikatori za proračun uspješnosti održavanja:

Tabela 2. Zastoji u pogonu „Stara jama“ u periodu I-VI 2018. godine

I-VI 2018. godina.	Mašinski zastoj (h)	Elektro zastoj (h)	Ostali zastoji (h)	Ukupno zastoji (elektro-mašinski) (h)	Ukupno proizvodnih sati (h)
Korektivno održavanje	152,83	94,34	118,5	247,17	2484
Plansko održavanje	140,41	15		155,41	
Ukupno zastoji (h)	293,24	109,34	118,5	402,83	
Učešće u ukupnim zastojima (%)	72,84	27,16	-	-	

Tabela 3. Zastoji u pogonu „Stara jama“ u periodu VII-XII 2018. godine

VII-XII 2018. godina.	Mašinski zastoj (h)	Elektro zastoj (h)	Ostali zastoji (h)	Ukupno zastoji (elektro-mašinski) (h)	Ukupno proizvodnih sati (h)
Korektivno održavanje	191,163	42,5	94,58	233,66	1816
Plansko održavanje	170,587	19,41		190	
Ukupno zastoji (h)	361,75	61,91	94,58	423,41	

**6. Konferencija „ODRŽAVANJE 2020“
Zenica, B&H, 20-21 novembar 2020.**

Učešće u ukupnim zastojeima (%)	85,44	14,56	-	-	
---------------------------------	-------	-------	---	---	--

Tabela 4. Zastoji u pogonu „Stara jama“ u 2018. godini

2018. godina.	Mašinski zastoj (h)	Elektro zastoj (h)	Ostali zastoji (h)	Ukupno zastoji (elektro-mašinski) (h)	Ukupno proizvodnih sati (h)
Korektivno održavanje	343,993	136,84	213,08	480,83	4300
Plansko održavanje	310,997	34,41		345,41	
Ukupno zastoji (h)	654,99	171,25	213,08	826,24	
Učešće u ukupnim zastojeima (%)	79,27	20,73	-	-	

U tabeli 5. obrađeni su potrebni podaci o troškovima održavanja i ukupnim troškovima pogona „Stara jama“ uzeti iz „Izvjestaji o poslovanju za 2018. godinu u periodu od I do XII mjeseca u Društvu“:

Tabela 5. Troškovi održavanja pogona „Stara jama“ za 2018. godinu

2018. godina	Troškovi održavanja				Ukupni troškovi (KM)	Učešće troškova održavanja u ukupnim troškovima (%)
	Troškovi energije (gorivo, el. Energija, ulja i maziva) (KM)	Troškovi rezervnih dijelova (za pumpe, transportere, lokomotive itd.) (KM)	Troškovi usluga održavanja (opreme, transportnih sredstava itd.)	Ukupni troškovi održavanja		
I-VI 2018.	94 964	64 841	28 382	188 187	8 636 019	2,18
VII-XII 2018.	259 262	217 628	21 904	498 794	9 312 432	5,36
Ukupno	354 226	282 469	50 286	686 981	17 948 451	3,83

Usvajaju se sljedeći indikatori za gore navedene podatke:

$$I_1 = \frac{\text{broj sati zastoja zbog korektivnog održavanja (h)}}{\text{ukupan broj proizvodnih sati (h)}} \quad \dots(7)$$

$$I_2 = \frac{\text{broj sati zastoja zbog planskog održavanja (h)}}{\text{ukupan broj proizvodnih sati (h)}} \quad \dots(8)$$

$$I_3 = \frac{\text{ukupni troškovi održavanja (KM)}}{\text{ukupni troškovi (KM)}} \quad \dots(9)$$

Na osnovu navedenih podataka, dobijene su vrijednosti uspješnosti održavanja sa odgovarajućim indikatorima u tabeli 7.:

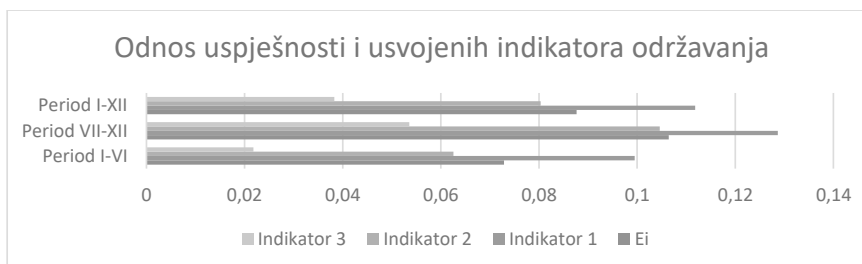
Tabela 7. Rezultati uspješnosti održavanja u pogonu „Stara jama“ za 2018. godinu

I-VI 2018.	Koeficijent važnosti indikatora K_i	$I_i = \frac{X_i}{X_k}$
Korektivno održavanje	0,5	0,099505
Plansko održavanje	0,3	0,062564
Troškovi održavanja	0,2	0,021791
$E = \sum_{i=1}^{i=n} K_i \cdot I_i$	0,0728799	
VII-XII 2018.	Koeficijent važnosti indikatora K_i	$I_i = \frac{X_i}{X_k}$
Korektivno održavanje	0,5	0,1286674
Plansko održavanje	0,3	0,104626
Troškovi održavanja	0,2	0,053562
$E = \sum_{i=1}^{i=n} K_i \cdot I_i$	0,1064339	
2018. (UKUPNO)	Koeficijent važnosti indikatora K_i	$I_i = \frac{X_i}{X_k}$

6. Konferencija „ODRŽAVANJE 2020“ Zenica, B&H, 20-21 novembar 2020.

Korektivno održavanje	0,5	0,111821
Plansko održavanje	0,3	0,080328
Troškovi održavanja	0,2	0,038275
$E = \sum_{i=1}^{i=n} K_i \cdot I_i$	0,0876639	

Dobijeni rezultati se mogu prikazati u vidu dijagrama na slici 2.:



Slika 2. Dijagram uspješnosti održavanja

4. ZAKLJUČCI

Nedostaci odabranog pristupa, metode i indikatora za određivanje uspješnosti održavanja su:

- U obzir nisu uzeti troškovi angažovanja FOD unutar poslovnog sistema (sistem koristi uglavnom Insourcing koncept održavanja) u smislu troškova plata i njihov odnos sa ukupnim troškovima plata u poslovnom sistemu pogona, odnos broja radnika na održavanju i ukupnog broja radnika i slični pokazatelji.
- Nije uzeta u obzir raspoloživost rezervnih dijelova i njihov utjecaj na sveukupnu uspješnost održavanja uslijed nedostatka mjerodavnih podataka,
- Održavanje se u proračunu i analizi uspoređuje uglavnom sa proizvodnim učinkom, što je nepotpuna i nesveobuhvatna usporedba.

Moguća poboljšanja treba da se kreću prema određivanje modela zakonitosti koje bi obuhvatilo veći dio aspekata održavanja i njegovih uzročno-posljedičnih veza sa ostalim područjima poslovnog sistema. U tom smislu, RMU „Zenica“ bi uvođenjem informacionog sistema obrade i analize podataka, olakšao studioznije proučavanje uspješnosti FOD. Prilikom određivanja modela, potrebno je u što većoj mjeri isključiti subjektivno ocjenjivanje i procjene tj. pronaći način objektivnog određivanja važnosti odgovarajućih parametara, te koristiti objektivniji i precizniji način određivanja odabranih parametara.

5. REFERENCE

- [1] Brdarević, Safet: *Uspješnost održavanja*, OMO Beograd, 1988.
- [2] Brdarević, Safet: *Održavanje sredstava za rad*, Mašinski fakultet u Zenici, Zenica, 1993.
- [3] Dokumentacija RMU „Zenica“ d.o.o.-Zenica

ODRŽAVANJE GRAĐEVINSKIH OBJEKATA U INDUSTRIJI

MAINTENANCE OF CONSTRUCTION FACILITIES IN INDUSTRY

Red. prof. dr. Mustafa Imamović
Univerzitet u Zenici
Zenica

Van. prof. dr. Fuad Hadžikadunić
Univerzitet u Zenici
Zenica

V. ass. mr. Emir Đulić
Univerzitet u Zenici
Zenica

REZIME

Građevina je ostvarenje ljudskog rada. Obično zauzima stalno mjesto u prostoru. Značenje ovog termina je veoma široko, a u ovom radu se razmatraju građevine tj građevinski objekti u industriji (mostovi, dimnjaci, hale, temelji, brane, rezervoari...) kao sistem različitih konstrukcija. Dakle, oni mogu biti različiti u različitim industrijskim granama, a zauzimaju veoma značajno mjesto i ulogu. Na građevinske objekte se postavljaju veoma strogi uslovi kako u fazi projektiranja, izgradnje, puštanja u rad te eksploatacije. Posebno se postavlja uslov sigurnosti i pouzdanosti. Otkazi na ovakvim objektima su povezani sa velikim materijalnim štetama, a često i ljudskim gubicima.

Zbog toga se postavljaju strogi uslovi na očuvanju radne sposobnosti građevinskih objekata u eksploataciji. Standardi i zakoni u svakoj zemlji posebno tretiraju ovu oblast. Jedan od načina kako bi održali radnu sposobnost građevinskih objekata u vremenu je kvalitetno održavanje istih. U ovom radu su date osnove održavanja građevinskih objekata u industriji, posebno su date zakonske regulative kao i pristup koji je neophodno slijediti u provođenju održavanja.

Ključne riječi: Građevina, građevinski objekt, održavanje

SUMMARY

Construction facility is the realization of human work. It usually occupies a permanent place in space. The meaning of this term is very wide and, in this paper, we consider buildings, i.e. construction facility in industry (bridges, chimneys, halls, foundations, dams, reservoirs...) as a system of different structures. Therefore, they can be different in different industries and occupy a very important place and role. Very strict conditions are set for construction facilities, such as in the design, construction, commissioning and exploitation phases. A special condition for safety and reliability is set. Failures at such facilities are associated with large material damage and often human losses.

Therefore, strict conditions are set for preserving the working capacity of construction facilities in operation. Standards and laws in each country treat this area separately. One of the ways to maintain the working capacity of buildings over time is quality maintenance. This paper gives the basics of maintenance of construction facility in industry, especially the legal regulations as well as the approach that must be followed in the implementation of maintenance.

Keywords: construction, construction facility, maintenance

1. UVOD

Tehničke karakteristike koje građevinski objekti moraju ispunjavati u pogledu sigurnosti i pouzdanosti te način korištenja i održavanja utvrđuju se u skladu sa odredbama posebnih Zakona i propisa donesenih na osnovu tih zakona. U BiH je to utvrđeno Zakonom o standardizaciji Bosne i Hercegovine ("Službeni glasnik BiH", broj 19/01), bosanskohercegovačkim državnim standardima (BAS), tehničkim propisima i pravilima struke, a u skladu sa načelima evropskog usklađivanja tehničkog zakonodavstva.

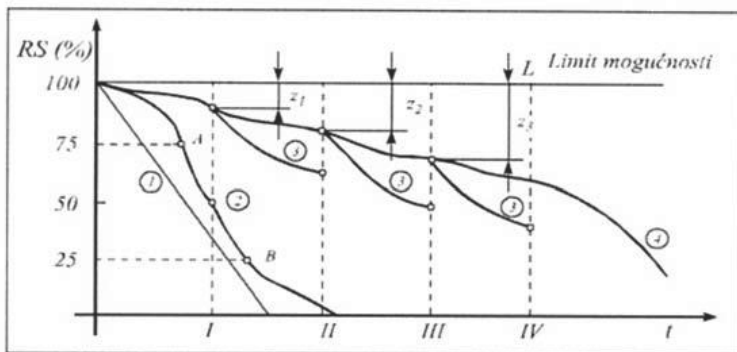
Svi građevinski objekti ovisno o svojoj namjeni tokom svoga trajanja moraju ispunjavati tehničke karakteristike u pogledu sigurnosti propisane bosanskohercegovačkim državnim standardima (BAS), tehničkim propisima i drugim propisima, urbanističkim uslovima propisanim posebnim zakonom, te drugim uslovima propisanim posebnim propisima koji su od uticaja na bitne zahtjeve za građevinu.

Građevinski objekti pored sigurnosti i pouzdanosti treba da zadovolje i druge osobine a to su mehanička otpornost i stabilnost, zaštita od požara, higijena, zdravlje i zaštita okoline i sigurnost u korištenju, zaštita od buke, ušteda energije i toplinska zaštita i nesmetan pristup građevinskom objektu.

Kako bi se ove osobine zadovoljile u vremenu neophodno je građevinske objekte održavati shodno projektu te zakonskoj regulative. Održavanje građevinskih objekata u vremenu možemo u jednostavnom slučaju posmatrati kao periodično oštećenje i periodično održavanje objekta u određenim vremenskim intervalima. Pri tome se u toku korištenja osnovne performanse moraju nalaziti u dopuštenom tolerantnom području kako je definisano projektom. Dakle aktivnostima održavanja, osnovne performanse građevine održavaju se u tolerantnom području a način provođenja održavanja je propisan Standardima svake zemlje ili posebnim zakonima. Svaka firma treba da propiše posebne procedure za održavanje svojih građevinskih objekata.

2. OSNOVE ODRŽAVANJA GRAĐEVINSKIH OBJEKATA

Proces slabljenja sistema i dijelova sistema građevine je vrlo kompleksan. Na njega istovremeno djeluje više faktora, pojedinačno i u interakciji: vrsta materijala, mjesto odvijanja, vid energije, unutrašnji mehanizmi fizičko-hemijskih procesa (starenje, trošenje, korozija, zamor, puzavost), uslovi i način eksploatacije i održavanja.



Slika 1. Proces slabljenja sposobnosti građevinskog objekta

Ako se u određenom vremenskom intervalu t posmatra promjena radne sposobnosti građevine, RS (I, II; III; IV), uočavaju se karakteristični zakoni slabljenja, slika 1. [1]

- idealan zakon, kada se proces slabljenja odvija progresivno i vrlo kratko traje,
- realan zakon, kada se pojavljuju segmenti, gdje između tačaka A i B dolazi do ubrzanog slabljenja, uz pretpostavku da nije bilo intervencija održavanja,
- prekidi kontinualnog slabljenja sistema, uslijed intervencija održavanja, sa zaostalim oštećenjima ($z1, z2, \dots, zn$),
- zakon umanjivanja radne sposobnosti sistema građevine u vijeku ekonomičnog korištenja do izdvajanja iz procesa, sa uspješnom funkcijom održavanja.

Treba napomenuti da promjena radne sposobnosti može biti definisana sa gornjom i donjom granicom. Dakle, treba da se kreće u nekom tolerantnom polju. Pri tome se pod pojmom otkaza podrazumijeva događaj koji se dešava u trenutku kada vrijednost nekog parametra dostigne jednu od kritičnih vrijednosti ili ako iziđe izvan njih [6], [7]. Grafička interpretacija zakona slabljenja radne sposobnosti sistema/građevinskog objekta zavisi od namjene, eksploatacionih uslova zahtijeva prema kvalitetu funkcionisanje itd. U osnovi stanje otkaza treba da bude definisano između isporučioaca i korisnika građevinskog objekta. Ovo je neophodno jer promjena nekog parametra van određenih granica ne mora uvijek da ima za posljedicu gubljenje radne sposobnosti. Građevinski objekti u industriji se izvode kao jedinstveni i unikatni, a njihov životni vijek može biti i više od stotinu godina.

Objekti uključuju korištenje različitih konstrukcija, velikog broja materijala, a njihov dizajn je složen proces koji uključuje mnogo učesnika koji vrlo često imaju kontradiktorne zahtjeve. Tu su prisutne betonske konstrukcije, čelične konstrukcije, drvene konstrukcije te različiti vezivni materijali, dijelovi drugih različitih materijala, slika 2. a) b) c) d).



a)



b)



c)



d)

Slika 2. Primjeri građevinskih objekata

Obično su industrijski objekti u radnom vijeku izloženi znatnim mehaničkim opterećenjima kao i

uticaju atmosferskim uticaja, koroziji te temperaturi. Uslijed ovih opterećenja dolazi do oštećenja objekata te je neophodno imati strategiju održavanja istih. Ta strategija može biti različita ali je zbog samog značaja objekata i standardima zakonima propisan minimum koji treba slijediti po pitanju održavanja industrijskih objekata.

Pri tome postoje opšta pravila za održavanje građevinskih objekata odnosno njihovih sastavnih dijelova. To podrazumijeva propisane preglede i mjerenja, testiranja, periodične sanacije i zaštitu, sanacije i generalne popravke. Obim održavanja je različit za različite konstrukcije koje su sastavni dijelovi građevinskih objekata.

2.1 Opšta pravila za održavanje

Pravila za održavanje objekata su sastavni dio procedura kod strategije održavanja pri čemu se građevinski objekti održavaju na način, da se tokom trajanja očuvaju tehničke karakteristike i ispunjavaju zahtjevi određeni projektom, te drugi osnovni zahtjevi koje građevina mora ispunjavati u skladu s posebnim propisima.

Uz odredbe date propisom, održavanje građevinskih objekata mora se provoditi i u skladu sa odredbama posebnog propisa koji uređuje održavanje. U projektu građevinskog objekta moraju biti navedene primijenjene važeće norme koje detaljno definišu postupak pregleda i održavanja [3], [4].

Učestalost pregleda građevinskih objekata se definiše kao vremenski razmak između pojedinih redovnih pregleda koji ne smije biti duži od:

- Osnovni pregledi – 1 godina.
- Glavni pregledi – 10 godina za zgrade, a 5 godina za mostove, tornjeve i druge inženjerske građevine.
- Dopunski pregledi – prema posebnim pravilima propisanim posebnim za pojedine vrste konstrukcija.

Pri tome sadržaj pregleda treba da obuhvata:

- Osnovni pregledi građevinskih objekata kojima je svrha utvrđivanje općeg stanja, moraju obuhvatiti uvid u raspoloživu dokumentaciju i vizualni pregled stanja glavnih elemenata koji su bitni za nosivost i otpornost na požar konstrukcije u cjelini, te za pravilno funkcioniranje (spojevi glavnih nosivih elemenata, potporni elementi, glavni nosači, zatege, i sl.), a čijim otkazivanjem može biti ugrožena sigurnost korisnika građevine i/ili prouzrokovana značajna materijalna šteta.
- Glavni pregledi građevinskih objekata kojima je svrha utvrđivanje stanja konstrukcije i materijala, obavezno moraju obuhvatiti sljedeću kontrolu:
 - temelja – pregled stanja dostupnih dijelova temelja, a za temelje u vodi i podvodni pregled te posrednu kontrolu putem provjere ispravnosti geometrije ostalih dijelova,
 - stanja elemenata nosive konstrukcije – detaljan pregled obavezan je za elemente konstrukcije koji su bitni za nosivost u cjelini te za pravilno funkcioniranje (spojevi glavnih nosivih elemenata, potporni elementi, glavni nosači, zatege, i sl.), a čijim otkazivanjem može biti ugrožena sigurnost korisnika građevine i/ili prouzročena značajna materijalna šteta,
 - geometrije konstrukcije, koja je obavezna za sve one dijelove čija bi promjena oblika ili dimenzija u odnosu na izvorno izvedeno stanje mogla utjecati na sigurnost ili funkcionalnost,
 - stanja ležajeva i oslonaca – pravilnost položaja, pritegnutost, čistoća, oštećenja i funkcionalnost,

- stanja zaštite od korozije,
- stanja otpornosti na požar (premazi, zaštitne obloge, zaštitni slojevi, i sl.),
- stanja sistema za odvodnju i drenažu,
- stanja priključaka instalacija i opreme na elemente konstrukcije,
- brtvljenja odnosno provjetravanja kod sandučastih elemenata,
- stanja elemenata za osiguranje konstrukcije i ljudi, kao što su ograde, penjalice, lednici, vodilice i
- stanje ugrađene opreme (reperne tačke) za uočavanje i mjerenje ponašanja građevinske konstrukcije (monitoring).
- Kod provedbe osnovnih pregleda ukoliko se utvrde nedostaci koji mogu imati utjecaja na ispunjavanje zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti te otpornosti na požar, potrebno je provesti dodatne kontrole i ispitivanja.
- Kod provedbe glavnih pregleda konstrukcije koja se provodi vizualnim pregledom, mjerenjima, ispitivanjima vrši se i uvid u dokumentaciju građevine, uređaja i opreme (projektna dokumentacija, građevinski dnevnik, izjave, potvrde, izvještaji, fotodokumentacija, nalozi, zapisnici, otpremnice, i sl.).
- Ako se pregledom utvrde nedostaci u tehničkim svojstvima građevinske konstrukcije, mora se provesti naknadno dokazivanje da građevinska konstrukcija u zatečenom stanju ispunjava minimalno zahtjeve propisa i pravila u skladu s kojima je projektirana i izvedena.
- U slučaju da se pokaže da zatečena tehnička svojstva građevinske konstrukcije ne zadovoljavaju zahtjeve propisa i pravila u skladu s kojima je konstrukcija projektirana i izvedena, potrebno je provesti zahvate (popravci, sanacija, adaptacija, rekonstrukcija) kojima se tehnička svojstva građevinske konstrukcije dovode na nivo koja zadovoljava minimalno zahtjeve tih propisa i pravila, ili je ukloniti.
- Za provedbu zahvata na konstrukciji potrebno je izraditi odgovarajući projekt.
- Svi podaci pregleda moraju se pismeno registrirati.

2.2 Održavanje čeličnih konstrukcija

Osim pravila za održavanje građevinskih konstrukcija, kod održavanja čeličnih konstrukcija obavezno je i pridržavanje sljedećih pravila:

- vremenski razmak između osnovnih pregleda čeličnih konstrukcija s prednapetim zategama ne smije biti duži od 6 mjeseci,
- kod konstrukcija s elementima opterećenim na zatezanje (izuzev vjetrovnih spregova) te kod zavarenih čeličnih konstrukcija izloženih temperaturama nižim od 0°C, potrebno je provesti i dopunske preglede u roku 3 mjeseca nakon početka upotrebe i nakon prve zime, u svrhu otkrivanja popuštanja istežućih elemenata (zatega) ili naprslina zavara te kontrole deformacija konstrukcije,
- kod glavnih pregleda čeličnih konstrukcija sa zatvorenim sandučastim elementima, obavezno treba kontrolisati brtvljenje ili provjetravanje unutrašnjosti elemenata.

2.3 Održavanje spregnutih konstrukcija

Na održavanje spregnutih konstrukcija primjenjuju se pravila za održavanje građevinskih objekata te dodatno pravila propisana posebnim pravilima za betonske i čelične konstrukcije.

2.4 Održavanje drvenih konstrukcija

Osim pravila za održavanje građevinskih objekata kod održavanja drvenih konstrukcija obavezno je pridržavanje i pravila propisana da vremenski razmak osnovnih pregleda u svrhu održavanja drvene konstrukcije provodi se sukladno zahtjevima iz projekta drvene konstrukcije, ali ne rjeđe od:

- 6 mjeseci za dijelove zaštite drvene konstrukcije koji služe za odvodnju (oluci, i sl.), za kontrolu pritegnutosti zatega, kontrolu sile u kablovima za prednaprezanje te drvene konstrukcije zaštićene od požara (premazom, oblogom, i sl.),
- 1 godine za dijelove drvene konstrukcije koji su izloženi učestalim promjenama sadržaja vode, za dijelove drvene konstrukcije koji se nalaze u prostoru s otežanim strujanjem zraka,

Prilikom rekonstrukcije drvene konstrukcije u obim pregleda moraju se obavezno uključiti:

- vizualni pregled stanja glavnih elemenata drvene konstrukcije koji su bitni za nosivost konstrukcije u cjelini te za pravilno funkcioniranje građevine (spojevi glavnih nosivih elemenata, potporni elementi, glavni nosači, zatege, položaj i veličina pukotina, nastanak ili širenje biološke zaraze drva (gljivama i/ili insektima),
 - utvrđivanje sadržaja vode,
 - utvrđivanje stanja sloja zaštitnog premaza elemenata drvene konstrukcije te
 - drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine,
- a čijim otkazivanjem može biti ugrožena sigurnost korisnika građevine i/ili prouzročena značajna materijalna šteta.

3. ZAKONSKA REGULATIVA U OBLASTI ODRŽAVANJA GRAĐEVINSKIH OBJEKATA U BiH

Tehničke karakteristike koje građevinski objekti moraju ispunjavati u pogledu sigurnosti te način korištenja i održavanja u BiH utvrđuju se u skladu sa odredbama Uredbe vlade, odredbama posebnih zakona i propisa donesenih na temelju tih zakona, Zakonom o standardizaciji Bosne i Hercegovine ("Službeni glasnik BiH", broj 19/01), bosanskohercegovačkim državnim standardima (BAS), tehničkim propisima i pravilima struke, a u skladu sa načelima evropskog usklađivanja tehničkog zakonodavstva [5].

Uredbom je propisano da građevine/građevinski objekti se smiju upotrebljavati samo na način i u skladu sa namjenom. Održavanje i korištenje građevine mora biti takvo da se u predviđenom vremenu njezinog trajanja očuvaju tehničke karakteristike bitne za građevinu kojima se ne mijenja usklađenost građevine sa urbanističko-tehničkim uslovima, u skladu sa kojima je građevina izvedena, s tim da se njenim korištenjem ne ugrožava život i zdravlje ljudi, okolice, prirode, drugih građevina i stvari, niti stabilnost tla na okolnom zemljištu. Održavanje i korištenje građevine je definisano da se vrši se u skladu sa posebnim propisima, bosanskohercegovački državnim standardima /BAS/, tehničkim propisima i pravilima struke.

Što se tiče ljudski resursa definisano je da praćenje stanja građevine, godišnji (periodični) pregled građevine, izradu pregleda poslova za održavanje i unapređivanje ispunjavanja bitnih zahtjeva za građevine, utvrđivanje potreba za obavljanje popravaka građevine i druge slične stručne poslove definisano je da može obavljati samo diplomirani inženjer i inženjer odgovarajuće struke s položenim stručnim ispitom iz člana 30. Zakona o prostornom planiranju i korištenju zemljišta na nivou Federacije BiH ("Službene novine Federacije BiH", broj 2/06).

Pravna lica kojima je povjereno održavanje, odnosno vlasnik građevine, te korisnik koji samostalno održava građevinu, dužna su voditi knjigu održavanja u koju unose podatke o vlasniku, o kontrolnim ispitivanjima, o kontrolnim pregledima i mjerama koje treba preduzeti za saniranje

uočenih nedostataka. Obim sanacije građevinskih objekata se unose u knjigu održavanja. Kontrola provođenja ove uredbe se vrši od građevinske inspekcije. Vlasnik, odnosno korisnik građevine dužan je svake godine osigurati sredstva za održavanje građevine.

4. POSTUPAK PLANIRANJA I PROVOĐENJA ODRŽAVANJA

U osnovi svaki privredni subject koji je vlasnik građevine treba da planira i realizira održavanje istih. To podrazumijeva pripremu plana i sredstava na početku kalendarske godine prilikom usvajanja planova. Nakon toga je potrebno pripremiti projekte ukoliko takvi poslovi zahtijevaju, te odabir izvođača radova.

Dobra praksa je da se u svakoj firmi izradi studija nultog stanja građevinskog objekata te da se iz nje crpe zadaci koji se trebaju obaviti u planskom periodu. Dakle planovi se crpe iz studije i redovnih pregleda stanja građevinskih objekata koji se obavljaju u međuvremenu.

Obično se svi objekti prilikom izrade studije detaljno vizualno pregledaju od strane kompetentne institucije, gdje je moguće izvrše se mjerenja (mjerenje stanja zaštite od korozije, reperne tačke slijeganja i promjene geometrije...). Za svaki objekat ili dio objekta se vrši ocjena tj. formira rang oštećenosti od jedan (1) do pet (5) sa detaljnim opisom stanja oštećenosti.

Rang jedan (1) znači da se objekat ili njegov dio mora odmah sanirati i obustaviti upotreba.

Rang dva (2) da je neophodna sanacija odmah ali nije urgentna kao jedan jer nije potrebno odmah obustaviti upotrebu. Rang tri (3) je srednji prioritet, četiri (4) je solidno stanje a pet (5) da nije neophodna nikakva sanacija

Ovakva dobra praksa je primijenjena u više privrednih subjekata u našem okruženju a posebno bi istakao AMZ.

Dakle odabirom iz Studije se formiraju planovi aktivnosti održavanja za tekuću godinu. Preporuka je da se ova studija radi svake tri godine kao cjelovita a de se nova zapažanja tokom tog perioda unose u istu zbog cjelovitog praćenja

Sve obavljene sanacije na objektima sa svim detaljima neophodno je registrirati u knjizi evidencije kako je zakonom propisan.

Naravno sanaciju građevinskih objekata mogu obavljati samo kvalifikovane firme i lica koja imaju neophodne licence. Detalji realizirane sanacije se unose u knjigu održavanja građevinskih objekata.

5. ZAKLJUČCI

Održavanje građevinskih objekata je veoma značajno sa aspekta sigurnosti i očuvanja nivoa pouzdanosti kako bi spriječili oštećenja i smanjili rizici. Tome se treba pristupiti organizirano i planski shodno zakonu, standardima, procedurama i pravilim struke.

U ovom radu su date osnove i principi po kojima se treba voditi pri realizaciji ovih aktivnosti. Data su pravila kako je propisano Zakonima za pojedine vrste konstrukcija koje su sastavni dijelovi građevinskih objekata,

Dat je primjer kako se priprema studija stanja građevinskih objekata u industriji kako se iz nje crpe planski zadaci za tekuću godinu po pitanju održavanja, te su navedene neke pozitivne prakse.

Razmatranja u ovom radu mogu da posluže kao dobra praksa i vodilja kako u različitim firmama pristupiti održavanju građevinskih objekata. To se posebno odnosi na naše okruženje je su naši građevinski industrijski objekti prilično stari i devastirani, nisu se održavali i u veoma su lošem kondicionom stanju. Naglašena je i zakonska obaveza iz koje proizilaze obaveze , te ovo može poslužiti i kao vodilja menadžmentu tvornica u industriji i vlasnicima objekata što treba da poduzimaju na građevinskim objektima.

6. REFERENCE

- [1] Imamović M., Jaarević S., Manduka A.: Osnovni elementi analize otkaza pri izučavanju pouzdanosti, Quality 2017 Neum, B&H, Neum 2017.
- [2] Rustenpašić N., Čaušević A.: Održavanje objekata, Građevinski fakultet u Sarajevu, Sarajevo, 2014.
- [3] Tehnički propis za građevinske konstrukcije, NN 17/2017, Zagreb, 2017.
- [4] Pravilnik o održanju građevina NN 153/13, Zagreb, Zagreb, 2013.
- [5] Uredba o tehničkim svojstvima koje građevine moraju zadovoljiti u pogledu sigurnosti te načina korištenja I održavanja građevina, SN F BiH 2/06, Sarajevo, 2006.
- [6] Vujanović N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojno izdavački i novinski centar Beograd, 1987
- [7] Imamović M.: Teorija pouzdanosti. IPI Zenica, Zenica, 2010.

ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI ZBRINJAVANJA ISKORIŠTENIH ULJNIH FILTERA NA PODRUČJU ZENIČKO-DOBOJSKOG KANTONA

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF DISPOSAL OF USED OIL FILTERS ON AREA OF ZENICA-DOBOJ CANTON

Muvedet Šišić, Vehid Birdahić, Nusret Imamović, Šefket Goletić
Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet
Zenica, B&H

REZIME

Uljni filteri predstavljaju opasni otpad zbog određene količine istrošenog motornog ulja koje zaostane u njima nakon zamjene novim filterom. S obzirom na osobinu da male količine rabljenog ulja mogu kontaminirati značajno velike količine vode i zemljišta, potrebno je da se uljni filteri zbrinu na ekološki prihvatljiv način. Pošto se u Bosni i Hercegovini uglavnom još uvijek bira najjeftinija varijanta zbrinjavanja otpada, i uljni filteri se neadekvatno zbrinjavaju. U ovom radu dat je prijedlog ekološki prihvatljivog zbrinjavanja uljnih filtera te projekat rješenja i tehnologije za pojedine faze u njihovoj reciklaži, uzimajući u obzir odrednice teritorijalnog razmještaja i stvarne količine ove vrste otpada u pojedinim gradovima i općinama Zeničko-dobojskog kantona.

Ključne riječi: opasni otpad, uljni filteri, reciklaža

SUMMARY

Oil filters are hazardous waste due to a certain amount of used engine oil remaining in them after they are replaced with a new filter. Given the fact that small amounts of used oil can contaminate significantly large amounts of water and soil, it is necessary to dispose of oil filters in an environmentally friendly way. As the cheapest waste disposal option is still generally chosen in Bosnia and Herzegovina, oil filters are inadequately disposed of. This graduate work presents a suggestion for environmentally friendly disposal of oil filters and a design of solutions and technologies for individual stages in their recycling, taking into account the determinants of territorial distribution and the actual amount of this type of waste in individual cities and municipalities of Zenica-Doboj Canton.

Key words: hazardous waste, oil filters, recycling

1. UVOD

Naglim razvojem industrije i tehnologije, posljednjih decenija svjedoci smo eksplozivne proizvodnje otpada svih vrsta, pa time i onih opasnih. Opasni otpad danas predstavlja jedan

od najozbiljnijih ekoloških problema u svijetu, s obzirom na njegov negativni utjecaj na ljudsko zdravlje i okoliš. Među opasne vrste otpada spadaju i uljni filteri zbog sadržaja zaostalog otpadnog ulja. Otpadna ulja su izuzetno toksična i mogu izazvati velike štete ako dospiju u okoliš. Naime, samo jedan litar rabljenog ulja koje sadrži toksične teške metale, može da zagadi milion litara podzemnih voda, a zagađuju se i zemljište i vazduh. Samo jedan litar ulja prosut na poljoprivredno zemljište čini to zemljište neupotrebljivim narednih dvadeset godina, jer ova ulja većinom nisu biološki razgradiva. Bez obzira na ove činjenice, uljni filteri pa tako i otpadna ulja u našem okruženju završavaju na livadama, u rijekama, u kućnim ložištima, ili se njima premazuju metalne ograde i blokovi, ili se pak koriste za zaštitu drveta i poljoprivrednih mašina, te za uništavanje korova [1].

Manje količine uljnih filtera se sakupe i izvezu kako bi se adekvatno zbrinule. Međutim, temeljni problem vezan za ovu tematiku je to što u Federaciji BiH pored postojeće zakonske regulative, nisu doneseni podzakonski akti kojima se obezbjeđuje upravljanje i nadzor u pojedinim fazama postupanja sa opasnim otpadom, pa tako ni sa uljnim filterima. Pored toga, ne postoje ni adekvatne službe koje su u mogućnosti da prate i rješavaju problem opasnog otpada iako je Bosna i Hercegovina dužna prema međunarodnim konvencijama vršiti nadzor i regulisati adekvatno zbrinjavanje istog [2].

Najveće količine iskorištenih uljnih filtera nastaju održavanjem motornih vozila, odnosno, zaostaju kod redovne izmjene ulja, te ovaj rad obrađuje problematiku zbrinjavanja ovih uljnih filtera. Do sada su u svijetu dominantna dva načina zbrinjavanja iskorištenih uljnih filtera u ovisnosti o nivou primjene ekoloških standarda u pojedinim regionima: spaljivanje iskorištenih uljnih filtera kao otpada u postrojenjima za spaljivanje otpada sa ili bez energetskog iskorištenja i odlaganje iskorištenih uljnih filtera na deponije komunalnog otpada. S obzirom na primjenu aktuelnih standarda i pravaca u upravljanju otpadom, nameće se potreba projektovanja rješenja za reciklažu, odnosno, ponovnu upotrebu pojedinih komponenti uljnih filtera umjesto da se konačno zbrinjavaju odlaganjem na deponiju.

2. RECIKLABILNE KOMPONENTE ULJNOG FILTERA

Prema odredbama Pravilnika o kategorijama otpada sa listama (Službene novine Federacije BiH br. 9/05) iskorišteni uljni filteri su evidentirani pod ključnim brojem 16 01 07*. Opasni otpad u Katalogu otpada ima oznaku zvjezdice (*). Uljni filter sastoji se od materijala koji se mogu materijalno ili energetski iskoristiti. To su metalne komponente, plastične komponente, ukoliko se radi o izvedbi filtera bez metalnog kućišta, papirni i gumeni dio te zaostalo otpadno ulje. Na slici 1 predstavljeni su pojedini dijelovi uljnog filtera.



Slika1. Dijelovi uljnog filtera [3]

Ukoliko pojedine dijelove svrstamo u grupe prema vrsti materijala iskorišteni uljni filteri se sastoje od sljedećih komponenti:

- Metalne komponente- kućište, osnovna ploča, gornja i donja ploča, centralna cijev i opruge, ključni broj 19 12 02.
- Papirne komponente-filterski zauljeni papir, ključni broj 15 02 02*.
- Zaostalo otpadno ulje, ključni broj 13 0 02 (04*,05*,06*,07*,08)

Otpadna ulja se prema sadržaju kontaminata svrstavaju u četiri kategorije [3]. Otpadna ulja iz uljnih filtera prema navedenim karakteristikama spadaju u kategoriju I. – otpadna motorna ulja, hidraulična ulja, ulja za zupčaste prenosnike, ulja za turbine i kompresore mineralne uljne osnove, sa ukupnim sadržajem halogena od maksimalno 2g/kg i ukupnim sadržajem PCB/PCT od maksimalno 20mg/kg (ppm). Ukoliko je to moguće, ulja ove kategorije je najbolje podvrgnuti regeneraciji. Ukoliko to nije moguće, takva ulja se mogu sagorijevati kao gorivo, pri čemu operater postrojenja za sagorijevanje mora uzeti u obzir maksimalne dozvoljene emisije polutanata u zrak propisane federalnim i kantonalnim zakonima o zaštiti zraka i njihovim provedbenim propisima, ili spaljivati u spalionicama opasnog otpada [4].

Na području ZDK otpadna ulja mogu da tretiraju dvije firme: Delta Petrol d.o.o. Kakanj i Eko-servis d.o.o. Tešanj. Sakupljanje rabljenih ulja se vrši u pojedinim firmama, koje su zaključile ugovore sa ovlaštenim firmama za njihovo zbrinjavanje. Prema saznanjima sa terena, velika količina rabljenog ulja se koristi za zagrijavanje prostora u kotlovnica, koje ne obezbjeđuju ekološki prihvatljivo sagorijevanje starog ulja. Sakupljanje iskorištenih ulja za potrebe stanovništva u reciklažnim dvorištima još nije uspostavljeno [2].

3. ANALIZA TRENUTNOG STANJA SISTEMA ZBRINJAVANJA ISKORIŠTENIH ULJNIH FILTERA NA PODRUČJU ZENIČKO-DOBOJSKOG KANTONA

Indikatori za ocjenu trenutnog stanja sistema zbrinjavanja iskorištenih uljnih filtera i potencijalnog uticaja na okoliš jesu njihova ukupna količina i nivo pridržavanja postojećih zakonskih pretpostavki vezanih za ovu ovu oblast, odnosno, njihove primjene u realnim uslovima.

3.1. Količina iskorištenih uljnih filtera u Zeničko-dobojskom kantonu

Za potrebe ovog projekta i proračun količina iskorištenih uljnih filtera korišteni su podaci iz statističkog izvještaja o pregledima vozila u Zeničko-dobojskom kantonu. Prema statističkom izvještaju o pregledima vozila u Zeničko-dobojskom kantonu za period od 01.01.2018. do 30.06.2018. tj. za pola godine, broj putničkih automobila i autobusa za koje su vršeni redovni pregledi iznosi 43 246, a broj teretnih vozila 928. Na godišnjem nivou aproksimirajući polugodišnju vrijednost dobijemo zbir od 86 492 putnička automobila i autobusa, te 1 856 teretnih vozila, što je ukupno 88 348 vozila u Zeničko-dobojskom kantonu.

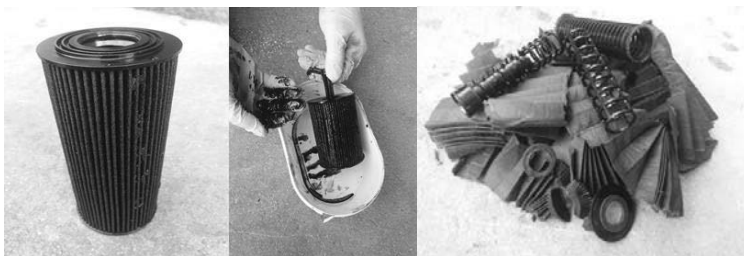
S druge strane, preporuka je promijeniti uljni filter i ulje na svakih 15 000 pređenih km jer je tako motor čišći i manje se troši. Dakle, u slučaju da svi vlasnici vozila mijenjaju uljne filtere dva puta godišnje, broj iskorištenih uljnih filtera bi iznosio $88\ 348 \times 2 = 176\ 696$ na godišnjem nivou. Kako se ipak u realnim uslovima stanje malo razlikuje od navedenog koje bi bilo idealno, provedena je anketa u servisima i automehaničarskim radnjama u šest općina Zeničko-dobojskog kantona kako bi se ispitala realna situacija.

Prema rezultatima provedene ankete možemo zaključiti da od ukupnog broja izmjenjenih filtera kod anketiranih autoservisa u Zeničko-dobojskom kantonu, 45 % vozača mijenja uljne filtere jednom godišnje, 30% vozača iste mijenja dva puta godišnje a 25% vozača tri puta godišnje. Pretvorimo li procentualnu u brojčanu vrijednost $((1 \times 45\% + 2 \times 30\% + 3 \times 25\%) / 100\%)$ zaključujemo da se u Zeničko-dobojskom kantonu uljni filteri mijenjaju prosječno 1,8 puta

godišnje. Smatrajući mjerodavnim anketirane subjekte za aproksimaciju vrijednosti na nivo Zeničko-dobojskog kantona, učestalost izmjene uljnih filtera od 1,8 puta godišnje dalje dovodi do obračuna prema kojem broj istrošenih filtera iznosi: $88\ 348 \times 1,8 = 159\ 026 \approx 160\ 000$.

Rezultati ankete ukazuju i na činjenicu o neadekvatnom zbrinjavanju uljnih filtera u 50 % slučajeva. Pretpostavlja se da je ovaj procenat realno i veći jer su upitna ovlaštenja kompanija koje su u anketi navedene kao ovlaštene.

Sljedeći podatak bez kojeg se ne može projektovati sistem zbrinjavanja uljnih filtera je količina zaostalog ulja u jednom filteru. U nedostatku pouzdanih podataka, izvršeno je eksperimentalno određivanje količine zaostalog ulja u uljnom filteru. Naime, otvoreno je kućište tri uljna filtera iste vrste, pomoću noža je isječen filterski dio, skinut sa središnje cijevi i iscijeđen. Za mjerenje količine zaostalog ulja korištena je medicinska šprica. Na sljedećoj slici su prikazani pojedini dijelovi uljnog filtera nakon razdvajanja.



Slika 2. Ostaci filtera nakon razdvajanja

U tri pojedinačna mjerenja dobijeni su različiti rezultati: filter I-47 ml, filter II-40 ml, filter III-50 ml. U realnim uslovima tokom izvođenja ovog eksperimenta, nije bilo moguće u potpunosti iscijediti ulje iz pojedinih dijelova filtera te mala količina ulja i dalje ostaje u njemu, što ne bi bilo slučaj kada bi se oduljavanje vršilo mašinski, kako je i predviđeno ovim projektom. Zbog toga je primjenjivije kao mjerodavnu veličinu uzeti 50 ml zaostalog ulja po jednom uljnom filteru. Pretvorbom u masenu vrijednost (prema obrascu $m = V \times \rho$ i odnosima $1\text{ml}=0,001\text{l}$ a $1\text{l}=0,001\text{m}^3$) uzimajući u obzir da gustina rabljenog ulja ρ zavisi od starosti istog, a u prosjeku iznosi 900 kg/m^3 dobićemo da u jednom uljnom filteru nakon izmjene zaostaje $0,045\text{ kg}$ otpadnog ulja. Mjerenjem mase ostalih komponenti utvrđeno je da metalne komponente imaju masu $0,37\text{ kg}$ a papirni filterski uložak $0,21\text{ kg}$. Dakle, u $160\ 000$ iskorištenih uljnih filtera, koliko ih godišnje nastane u Zeničko-dobojskom kantonu, zaostat će približno $8\ 000\text{ l}$, odnosno, $7\ 200\text{ kg}$ otpadnog ulja. Preračunavajući masene udjele ostalih komponenti na ukupan broj iskorištenih uljnih filtera dobijemo će da na godišnjem nivou njihovim rastavljanjem nastati $59\ 200\text{ kg}$ željeza i $33\ 600\text{ kg}$ zauljenog filterskog papira.

4. PRIJEDLOG SISTEMA ZBRINJAVANJA ULJNIH FILTERA U ZENIČKO-DOBOJSKOM KANTONU

Uspostavljanje i funkcionisanje sistema zbrinjavanja uljnih filtera podrazumijeva niz mjera od definisanja zakonskih pretpostavki za djelovanje u okviru postojećih institucija do operativnih aktivnosti vezanih za sakupljanje i obradu uljnih filtera u smislu njihove pripreme za daljnje materijalno i energetske korištenje. U tom smislu projekat koji daje idejno rješenje za zbrinjavanje uljnih filtera podrazumijeva osnivanje kompanije sa infrastrukturom za sakupljanje, transport, skladištenje, obradu i u konačnici prodaju produkata obrade. Broj posuda, transport i čitava logistika procesa će se organizovati na osnovu izvršene procjene i analize količina ove vrste otpada na Zeničko-dobojskom kantonu. Najpogodnija lokacija reciklažnog postrojenja je grad Zenica kao administrativno sjedište kantona sa geografski

najpogodnijim položajem za servisiranje ostalih gradova i općina te ujedno najveći pojedinačni korisnik usluge.

4.1. Pripremne aktivnosti u formiranju postrojenja za obradu uljnih filtera

Pripremne aktivnosti koje su neophodne radi stvaranja preduvjeta za realizaciju projekta su sljedeće:

a) Nabavka opreme:

- mašina i uređaja koji čine tehnološku liniju za procesiranje iskorištenih uljnih filtera,
- ambalaže za pakovanje materijala,
- prevoznih sredstava potrebnih za transport ulaznih materijala – iskorištenih uljnih filtera, i izlaznih materijala – pripremljenih dijelova za ponovnu upotrebu,
- kancelarijskog i potrošnog materijala.

b) Uređenje i opremanje centralnog skladišta ulazne i izlazne opreme i hale tehnološkog procesa na centralnom mjestu;

c) Ispitivanje tržišta iskorištenih uljnih filtera – mreže automobilskih servisa, i uključivanje u lanac recikliranja istrošenih uljnih filtera.

d) Ispitivanje tržišta izlaznih materijala: otpadnog željeza, papira i otpadnog ulja.

4.2. Faze u procesu zbrinjavanja uljnih filtera

Zbrinjavanje istrošenih uljnih filtera vrši se u nekoliko sljedećih faza:

1. Permanentno sakupljanje istrošenih uljnih filtera u automobilskim servisima;

2. Periodično pražnjenje posuda za sakupljanje i transport istrošenih uljnih filtera iz automobilskih servisa na centralno mjesto gdje će se vršiti njihova obrada;

3. Primarna obrada koja uključuje:

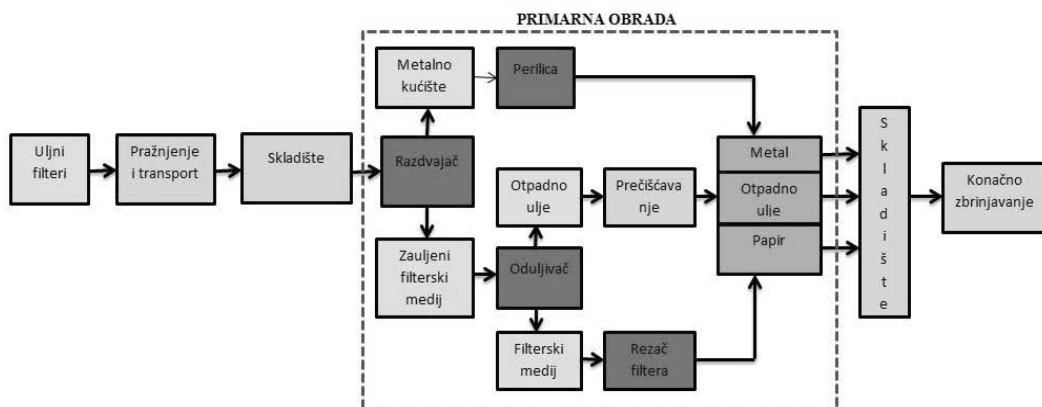
a). rastavljanje istrošenih uljnih filtera

b). obradu rastavljenih dijelova iskorištenih uljnih filtera,

c). razvrstavanje i pakovanje obrađenih dijelova;

4. Skladištenje i prodaja, odnosno transport na krajnje zbrinjavanja izdvojenih komponenti;

Pojedine faze u zbrinjavanju uljnih filtera prikazane su na sljedećoj slici 3.



Slika 3. Pojedine faze u procesu zbrinjavanja uljnih filteraž

4.3. Sakupljanje i transport uljnih filtera

Tehnološki proces počinje sakupljanjem otpadnih uljnih filtera u automobilskim servisima koji posjeduju iznajmljene specijalne, nepropusne i adekvatno obilježene posude za sakupljanje uljnih filtera. Za potrebe ovog projekta predviđeno je korištenje jednog vozila za transport iskorištenih uljnih filtera iz pojedinih gradova i općina Zeničko-dobojskog kantona.

Vozilo mora imati oznake koje upućuju na to da prevozi opasni otpad i osnovne informacije o otpadu koji se prevozi kako je to predstavljeno na slici 4. Predviđeno je pražnjenje posuda i transport u centralno mjesto, odnosno pogon za reciklažu, jednom sedmično.

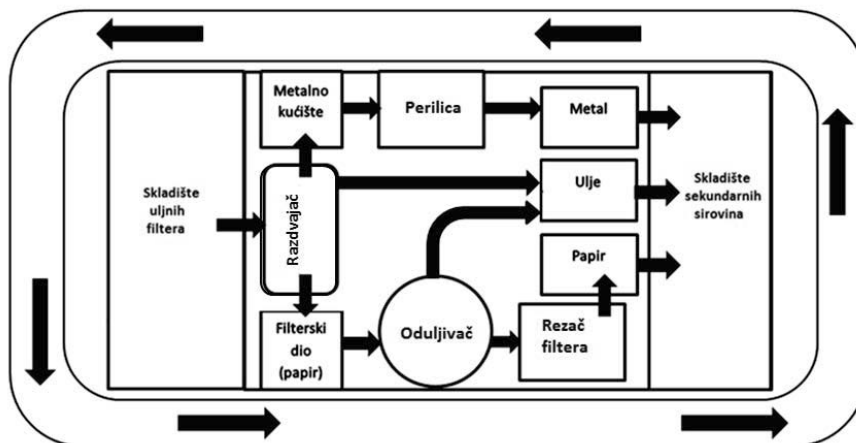


Slika 4. Posude za sakupljanje vozila za prevoz iskorištenih uljnih filtera uljne filtere

Prijevoz opasnog otpada mora biti usklađen sa općim zahtjevima za prijevoz opasnih roba, a oni su dati ADR certifikatom (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road) [5].

4.4. Primarna obrada uljnih filtera

Po dolasku do centralnog mjesta vrši se istovar otpada u skladište. Predviđeno je da postrojenje zauzima površinu od min. 200 m², sa tri zasebna dijela: skladište otpadnih filtera, hala za obradu filtera i skladište izdvojenih materijala. Postrojenje se projektuje na način pridržavanja ekoloških normi koje određuju postupanje sa opasnim otpadima. Iz skladišta se otpadni filteri pomoću viljuškara transportuju u halu za obradu. Shematski prikaz postrojenja za primarnu obradu uljnih filtera predstavljen je na slici 5.



Slika 5. Shematski prikaz postrojenja za reciklažu uljnih filtera

Obrada uključuje sljedeće operacije:

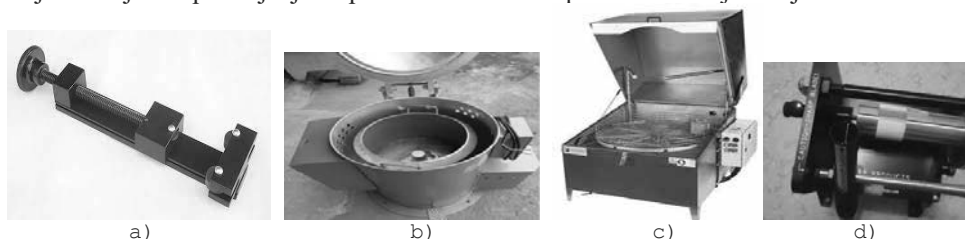
- a) Rastavljanje istrošenih uljnih filtera pomoću specijalne mašine za rastavljanje – Razdvajач, na metalno kućište i filterski medij. Rastavljeni dijelovi se odlažu u odvojene posude, odakle svaki ide na sljedeći korak u procesu reciklaže.
- b) Priprema rastavljenih dijelova iskorištenih uljnih filtera za prolazi kroz nekoliko koraka:
 - Izdvajanje ulja iz filterskog medija u posebnoj posudi;

Filterski dio ide u bubanj za oduljavanje - oduljivač, gdje se svo zaostalo ulje cijedi i izdvaja iz filter papira.

- Pranje metalnih kućišta u posebnoj posudi;
Metalna kućišta idu na pranje i čišćenje od nečistoća u posebnoj posudi- perilici.
- Isjecanje ostatka filtera u specijalnoj mašini;
Ocijedeni filterski dio ide na narednu fazu obrade - isijecanje, koje se vrši pomoću alata „rezač filtera“. Tu se ponovo izdvaja određena količina metala i papirni dio.

c) Sortiranje i pakovanje obrađenih dijelova.

Pojedini dijelovi postrojenja za primarnu obradu su prikazani na sljedećoj slici.



Slika 6. Pojedini dijelovi postrojenja: a) razdvajač, b) oduljivač, c) perilica d) rezač filtera

Pojedine komponente nakon primarne obrade i sortiranja upućuju se na krajnje zbrinjavanje: metalne komponente nakon pranja se odlažu u spremnike i prodaju kao staro željezo. nakon rezanja filterski papir sebacuje u preskontejner, vrši se njegovo sabijanje i time je spreman za prodaju, da bi se dalje koristio kao energent u procesima sagorijevanja ili za proizvodnju smole, izdvojeno otpadno ulje se pakuje u burad i smješta u skladište odakle će se dalje isporučiti kao energent.

4.5. Finansijska analiza projekta zbrinjavanja uljnih filtera na području Zeničko-dobojskog kantona

Uspostavljanje centra za reciklažu uljnih filtera podrazumijeva izgradnju i opremanje objekta i prostora prema važećim standardima, tj. objekta sa odgovarajućim skladišnim prostorom za prijem uljnih filtera i odvojenih komponenti, te radni prostor za primarnu obradu. Investiciona ulaganja, tekući operativni troškovi te mogući prihodi centra za obradu/reciklažu uljnih filtera predstavljeni su sljedećom tabelom:

Tabela 1: Pregled troškova i prihoda postrojenja za reciklažu uljnih filtera

Vrsta troška ili prihoda	Specifikacija troška ili prihoda	Ukupna vrijednost	Godišnja vrijednost
Investicijski troškovi	Troškovi izgradnje i uređenja objekta, troškovi nabavke: posuda i vozila za sakupljanje, viljuškara, opreme za primarnu obradu	290.000	28.500
Tekući operativni troškovi	Troškovi sakupljanja i transporta, utovara i istovara te troškovi primarne obrade	-	117.000
Ostali troškovi	Prateći troškovi poslovanja – administrativni troškovi, dozvole, certifikati i sl.	-	11.700
Prihodi od prodaje materijala	Prodaja metalnih komponenti i otpadnog ulja prema trenutnim tržišnim uvjetima	-	26.000*

*Vrijednosti troškova i prihoda su izražene u KM

Kao rezultat provedene analize, uzimajući u obzir sve navedene troškove i prihode te ukupnu količinu iskorištenih uljnih filtera dobili smo iznos naknade po pravilu „zagađivač plaća“ koju bi u trenutnim uvjetima plaćali servisi koji vrše uslugu izmjene uljnih filtera u iznosu od 1,03

KM/kg. Prihodi od prodaje recikliranih materijala ne mogu značajno doprinijeti održivosti projekta, Analiza pretpostavlja da će cementare koje preuzimaju zaostalo ulje plaćati određenu naknadu za rabljeno ulje papir i gumu. Za slučaj da se radi o filterima sa plastičnim dijelovima umjesto metalnim, te slučaju da cementara ne daje naknadu ili naplaćuje zbrinjavanje komponenti koje imaju određenu kalorijsku vrijednost, kalkulacija cijene zbrinjavanja uljnih filtera je značajno drukčija.

Kako bi se osigurala održivost projekta, provedbenim propisom se mora utvrditi način ulaganja raspodjele naknada prikupljenih od strane obveznika zbrinjavanja otpadnih ulja slično kao kod drugih posebnih kategorija otpada te uljne filtere posmatrati sastavnim dijelom toka materijala u zbrinjavanju otpadnih ulja.

U tom smislu, sistem za zbrinjavanje i reciklažu uljnih filtera bi, pored obaveznih naknada za uslugu zbrinjavanja otpada od automehaničarskih servisa tj. od proizvođača otpada, i prihoda od prodaje recikliranih komponenti, mora uključivati angažman od strane državnih institucija i dodatane izvore finansiranja.

5. ZAKLJUČAK

Najveće količine iskorištenih uljnih filtera nastaju održavanjem motornih vozila, odnosno, zaostaju kod redovne izmjene ulja. Za iskorištene uljne filtere kao opasni otpad koji ima evidentno značajan uticaj na okoliš, neophodno je uspostaviti ekološki prihvatljiv sistem zbrinjavanja.

Uzimajući u obzir indikatore za ocjenu trenutnog stanja sistema zbrinjavanja iskorištenih uljnih filtera možemo zaključiti da postupanje sa iskorištenim uljnim filterima u Zeničko-dobojskom kantonu nije na zadovoljavajućem nivou. Rezultati provedene ankete ukazuju na činjenicu o neadekvatnom zbrinjavanju uljnih filtera u 50 % slučajeva. Pretpostavlja se da je ovaj procenat realno i veći jer su upitna ovlaštenja kompanija koje su u anketi navedene kao ovlaštene.

Rješenje predloženo opisanim projektom zadovoljava osnovne principe za ocjenu racionalnosti reciklaže: rješenje je tehnički izvodljivo, tržište za sekundarne sirovine postoji a znatno su jeftinije od primarnih sirovina iste kvalitete, ponovno korištenje sekundarnih sirovina i goriva iz uljnih filtera ima značajnu prednost za okoliš u odnosu na ostale postupke zbrinjavanja.

Održivost projekta može biti upitna u dijelu finansiranja sistema na što ukazuju rezultati finansijske analize. Iznos naknade koju bi u trenutnim uvjetima plaćali servisi koji vrše uslugu izmjene uljnih filtera će opteretiti njihovo poslovanje što može dovesti do vraćanja na ranija neprihvatljiva rješenja.

Da li ima interesa za podršku od strane institucija i u kojoj mjeri će se subvencionirati ekološki prihvatljiva rješenja, odlučujući je faktor u pitanju implementacije predloženog rješenja sistema zbrinjavanja iskorištenih uljnih filtera.

6. LITERATURA

- [1] Sredojević J: Reciklaža otpada, Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici, Zenica 2006.
- [2] Kantonalni ekološki akcioni plan (2017-2025), Metalurški institut "Kemal Kapetanović" Univerziteta u Zenici, Zenica 2016.
- [3] Muharemi, S., Gospodarenje otpadnim mazivim uljima, Goriva i maziva, 51, 3:216- 226, 2012.
- [4] Studija o istraživanju mogućnosti korištenja alternativnih goriva u tvornici cementa Kakanj, Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici, Zenica 2016.
- [5] Upustvo o ispitivanju vozila za prevoz opasnih materija-Prijevoz opasnih tvari u cestovnom saobraćaju-ADR, Ministarstvo komunikacija i prometa BiH.

KONSTRUKCIJA ULAZNE HAUBE FILTERA ZA PREČIŠĆAVANJE PLINOVA

DESIGN OF GAS PURIFICATION INLET HOOD

Prof. dr. Nedeljko Vukojević
Univerzitet u Zenici
Zenica

Dr. Muamer Terzić
Federalna uprava za inspeksijske poslove
Sarajevo

Hasan Halilović
Univerzitet u Zenici
Zenica

Nedeljko Babić
Termoelektro d.o.o.
Brčko

REZIME

Sve konstrukcije zahtijevaju neki vid kontrole i održavanja. Velike konstrukcije projektovane prema ranijim propisima i proračunima zahtijevaju posebnu pažnju. Razlog je dugotrajna eksploatacija i eventualni eksploatacijski uslovi koji više ne odgovaraju prvobitnoj namjeni. Projektantska rješenja koja su korištena prije više desetljeća mogu biti neprimjerena savremenim uslovima eksploatacije. Tržište sirovina je globalno i proizvođači koriste za sebe najpovoljnija rješenja. Takođe se zahtjevi za proizvodnjom mijenjaju kao i ekološki standardi koji su sve zahtjevniji. Sve ovo može uticati na radnu sposobnost postrojenja jer isto nije prilagođeno novim radnim parametrima.

Ključne riječi: Hauba filtera, rešetkasta struktura, naponi i deformacije

SUMMARY

All constructions require some form of inspection and maintenance. Large structures designed according to previous regulations and calculations require special attention. The reason is long-term exploitation and possible exploitation conditions that no longer correspond to the original purpose. Design solutions used decades ago may be inappropriate for modern operating conditions. The raw material market is global and producers use the most favorable solutions for themselves. Production requirements are also changing as are environmental standards that are becoming more demanding. All this can affect the working capacity of the plant because it is not adapted to the new operating parameters.

Keywords: filter hood, grid construction, stress-strain conditions

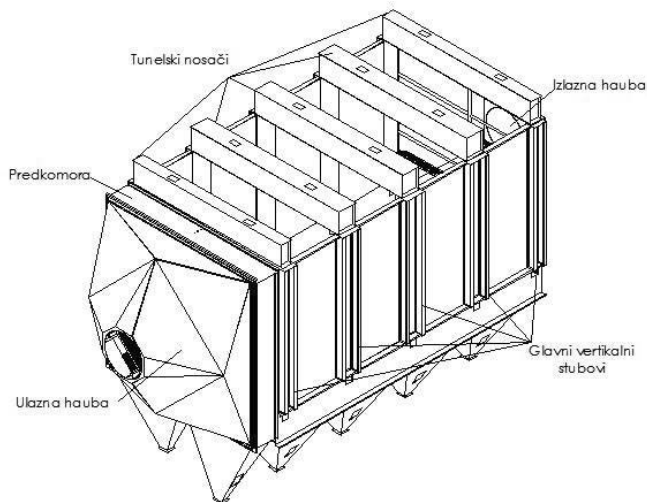
1. UVOD

Sve konstrukcije zahtijevaju neki vid održavanja [2]. U nekim slučajevima i najjednostavniji dijelovi sklopova koju nisu čak ni od primarnog značaja za tehnološki process mogu biti uzrok lošeg rada ili ponašanja postrojenja. Kada su u pitanju nosivi elementi konstrukcija ili postrojenja mogući uzroci otkaza su najčešće uzeti u obzir pri samom dizajniranju. Projektant na temelju

vlastitih spoznaja, literaturnih izvora ili sličnih iskustava pri projektovanju uzima u obzir i potencijalne uzročnike lošeg ponašanja ili eventualnog otkaza mašinskog dijela ili konstrukcije. U nekim slučajevima zbog promjene tehnologije, uslova eksploatacije, prenamjene postrojenja, ljudskog faktora ili „više sile“ konstrukcija se dovodi u stanje koje nije obuhvaćeno projektantskim rješenjima i proračunima što može uzrokovati, a najčešće i uzrokuje loš rad postrojenja, skraćivanje radnog vijeka ili česte zahvate na održavanju i vraćanju radne sposobnosti [1,5].

Mnoga projektantska rješenja iz ranijeg vremenskog perioda (prije 40 i više godina) su izvođena na temelju kompleksnih analitičkih proračuna i preslikanog iskustva kod izrade sličnih proizvoda. Upotrebom savremenih računarskih programa moguće je dobiti vrlo jasnu sliku stanja i ponašanja konstrukcija u radnim uslovima, te u toku eventualnih remonata ili sanacija predlagati kvalitetnija tehnička rješenja.

Jedan od takvih primjera je i ulazna hauba hibridnog filtera za prečišćavanje dimnih plinova koja je i predmet analize u ovom radu. Analizom postojeće oštećene konstrukcije, a na temelju savremenih računarskih simulacija utvrđen je uzrok lošeg ponašanja i loma konstrukcije, te predložena nova tehnička rješenja odnosno novi dizajn konstrukcije haube. Konstrukcija filterskog postrojenja je prikazana na slici 1. Filter se sastoji od kućišta, ulazne haube sa pretkomorom, izlazne haube, bunkera za skupljanje prašine i nosivih stubova [3].

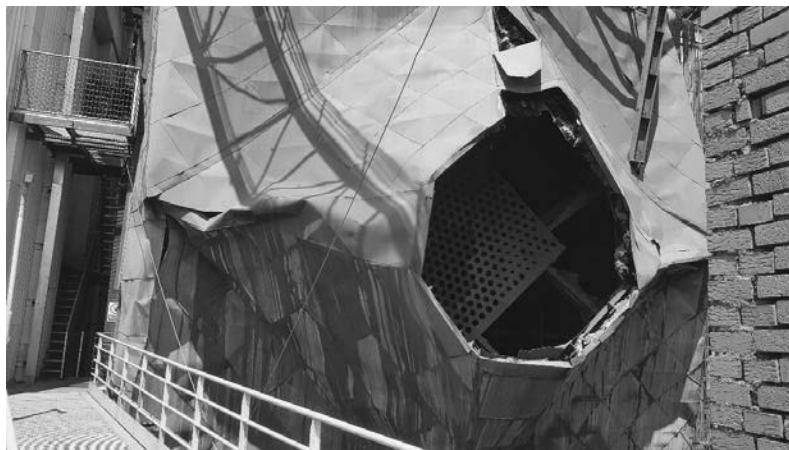


Slika 1. Izgled kućišta hibridnog filtera

2. POSTOJEĆE TEHNIČKO RJEŠENJE

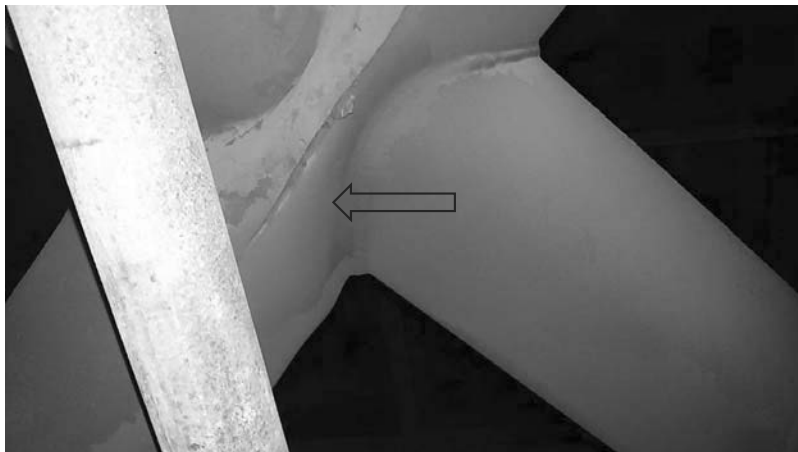
Postojeća ulazna hauba je složena piramidalna struktura koja je izrađena od čak 16 površina. Površine su trouglastog oblika. Nosiva struktura su profili L160x160x17 koji su takođe izlomljeni i ispresijecani radi formiranja ovih složenih geometrijskih površina. Hauba je sa unutrašnje strane popločana limom debljine 6 mm. Cijela struktura je u zavarenoj izvedbi i hermetički zatvorena.

Unutrašnjost haube je ojačana sa rešetkom od cijevi $\varnothing 324$ koja je zavarena za oplatni lim. U toku eksploatacije na svim ulaznim haubama (tri filtera) su uočene deformacije, pojave pukotina na oplatnom limu, krivljenje i lom na unutrašnjoj rešetki. Na slici 2 je prikazana ulazna hauba na jednom od filtera koja je pretrpjela najveća oštećenja. Sa slike je jasno uočljivo da su oštećenja prevelika, te da bilo kakva sanacija nije moguća osim totalne zamjene.

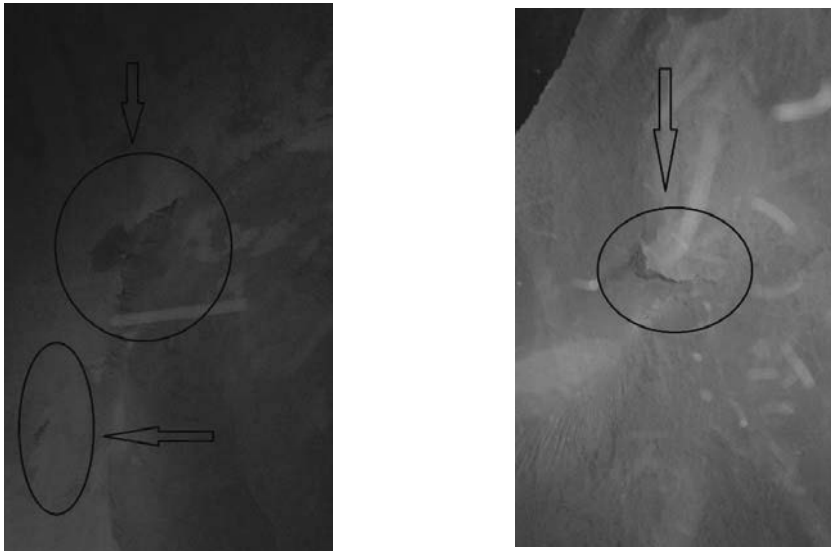


Slika 2. Ulazna hauba – stanje otkaza

Na ostalim haubama su uočena manja oštećenja koja je bilo moguće sanirati do određenog nivoa jer se pravovremeno pristupilo sanaciji.



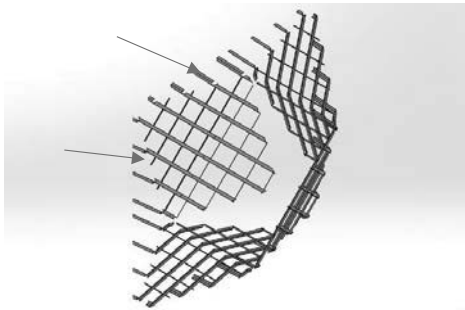
Slika 3. Ulazna hauba – pukotina na potpornoj rešetki



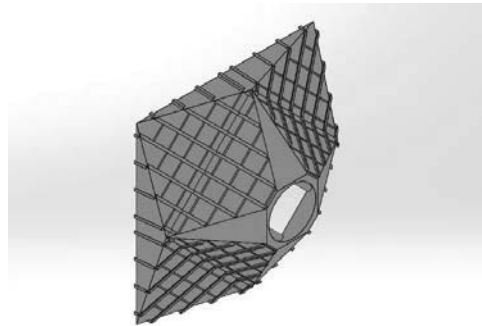
Slika 4. Ulazna hauba – pukotina na unutrašnjoj oplati

Proces slabljenja struktura ili dijelova struktura je vrlo kompleksan. Na predmetnoj konstrukciji haube je uočena pojava vrlo agresivnog djelovanja korozije. Uzrok pojavi korozije je promjena sirovina koje se koriste u procesu proizvodnje aglomerata. U vremenu kad je ustanovljena ova neželjna pojava i kad se pristupilo poduzimanju koraka ka eliminaciji ili bar umanjenu neželjenih hemijskih spojeva šteta je već bila načinjena. Štetno djelovanje hemijske korozije je uzrokovalo smanjenje debljine stijenke oplatnog lima. Ova pojava je uzrokovala pojave rupa u oplati i slabljenje vučne sposobnosti odnosno smanjivanje podtlaka u sistemu, što je uticalo na loš rad sistema za prečišćavanje. Pored lošeg uticaja na tehnološke parametre vuče dimnjaka i ventilatora, stanjivanje stijenke jeuzrokovalo i smanjivanje nosive sposobnosti haube, pojavu pukotina i plastičnih deformacija.

Zbog gore navedenih posljedica izvršena je analiza postojeće konstrukcije pri čemu je utvrđeno da je projektant u svojim izračunima koristio sklop rešetke i oplatae kao nosivi presjek. U ovakvoj kombinaciji hauba je zadovoljavala radne uslove, međutim projektant nije predvidio pojavu agresivne hemijske korozije koja je nastala u procesu proizvodnje i koja je uzrokovala stanjivanje limova, a samim tim i smanjenje nosivosti sklopa haube. Projektovana rešetka nije sposobna samostalno da prenosi radna opterećenja zbog čega je cijela hauba dovedena u stanje otkaza.



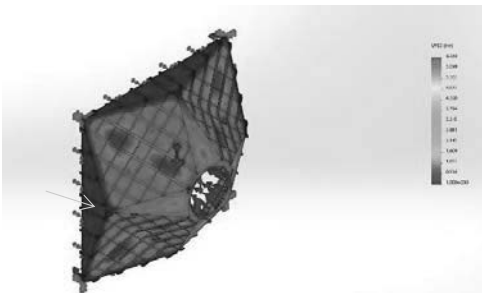
Sklop rešetke postojeće haube



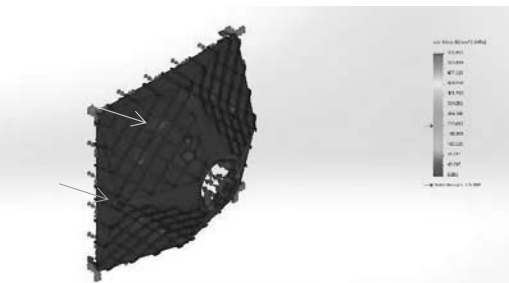
Sklop postojeće haube sa oplatom

Slika 5. Nosiva struktura postojeće haube

Kao što se na slici 5 vidi, nosiva struktura rešetke je izlomljena u više ravnima, a dio rešetke uopšte nije međusobno spojen. Profili su uklopljeni u jedinstvenu strukturu zajedno sa oplatnim limom. Opterećenje haube je vlastitom masom, priključnim cjevovodom (cca. 200kN) i unutrašnjim podtlakom 0,2 bar.



Pomjeranja



Ekvivalentni naponi

Slika 6. Numerička analiza postojeće haube

Najveća pomjeranja su na ravnim ploham a iznose oko 6,5 mm. Najveći naponi su na mjestima prelomnih površina, dodira potporne rešetke i čvornim mjestima spoja ploha oplata haube i iznose oko 130 MPa. Najkritičnije mjesto je vrh spoja 6 ploha gdje je jasno uočljiva velika koncentracija napona. Vrijednosti napona za predmetni čelik S235 su vrlo blizu dopuštenim naponima od 156 MPa.

Jasno je, da stanjivanje stijenke oplata dovodi u pitanje ukupnu nosivost strukture i da je u ovom slučaju uzrokovalo pojavu pukotina i plastične deformacije. Ova analiza postojeće konstrukcije je i dovela do razvoja ideje o supstituciji i ugradnji redizajnirane konstrukcije haube.

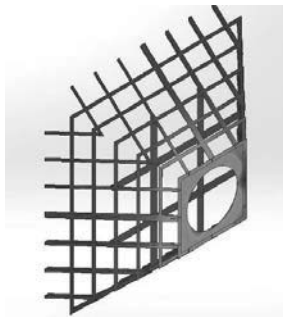
Pojava pukotina i plastičnih deformacija se pojavila na mjestima najvećih napona prikazanih na numeričkoj simulaciji, slika 6.

3. NOVO TEHNIČKO RJEŠENJE HAUBE

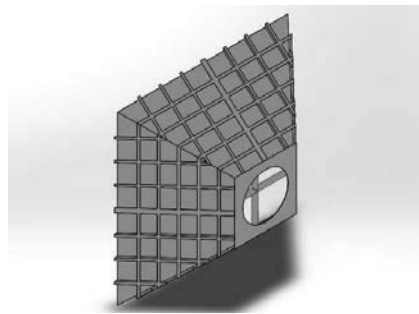
Nova ulazna hauba se izrađuje kao pravilna odrezana piramida sa glavnom bazom dimenzija 12200x12000mm. Mala baza ima dimenzije 4433x4428mm. Osnovu konstrukcije nove haube čini

rešetkasta struktura od L160x160x17 mm u kvalitetu S235. Uzdužne profile je zabranjeno presijecati, a poprečne je potrebno ukrajati između podužnih profila. Velika baza piramide se preko veznih limova zavaruje za okvir kućišta filtera. Unutar haube se ugrađuje dvostruka „H“ rešetka od cijevi $\varnothing 324 \times 10$. Oslanjanje cijevi ove rešetke se vrši u 8 tačaka. Cijev se direktno zavaruju za veznu ploču 10 mm i za profile rešetke. Rešetka se formira zavarivanjem. Hauba je pravilnog piramidalnog oblika. Na maloj bazi piramide je ugrađena ulazna cijev. Veza cijevi i haube se ostvaruje preko priрубne ploče 20 mm. Svi zavareni spojevi su izvedeni kao kontinuirani i nepropusni.

Nova rešetkasta struktura je projektovana kao samo nosiva struktura, tj. novi dizajn rešetke je sposoban da prenese sva opterećenja bez obzira na debljinu oplatnog lima. Unutrašnja potporna rešetka od cijevi je direktno spojena za spoljašnju piramidalnu rešetku. Na slici 7 je prikazana nova rešetka koja u ovom slučaju nema prelomnih površina na bočnim stranama i svi profili su međusobno direktno povezani. Na slici 8 su prikazani rezultati numeričke analize samonosive rešetke, a na slici 9 rezultati naponske analize za rešetku sa oplatnim limom.



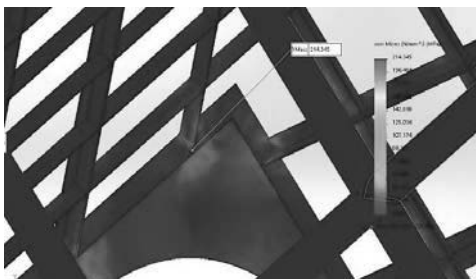
Sklop rešetke nove haube



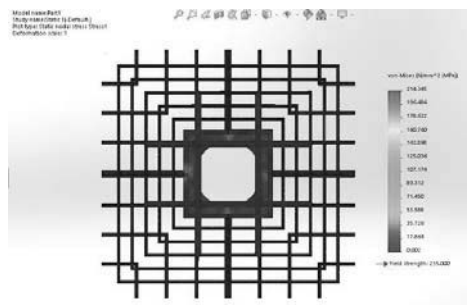
Sklop nove haube sa oplatom

Slika 7. Nosiva struktura nove haube

Proračunska opterećenja i granični uslovi na novoj haubi su isti kao na postojećoj.



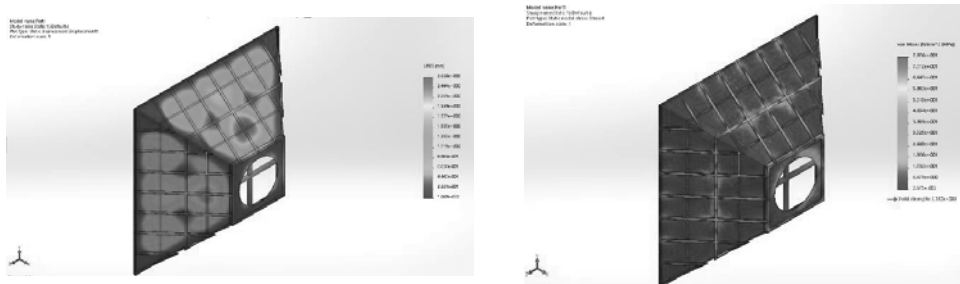
Detalj koncentracije napona



Raspored ekv.napona na novoj rešetki

Slika 8. Numerička analiza rešetke nove ulazne haube

Ekvivalentni naponi na novoj rešetki ne prelaze vrijednost od 90 MPa. Najveće vrijednosti se pojavljuju na mjestima oštih prelaza na spoju profila i čelone ploče. Ovi naponi nisu relevantni jer ih uzrokuje način modeliranja i izrade mreže konačnih elemenata.



Pomjeranja

Ekvivalentni naponi

Slika 9. Numerička analiza nove ulazne haube

Na novoj haubi najveća pomjeranja su 2,6 mm. Najveći ekvivalentni naponi na novom sklopu haube ne prelaze 80 MPa. Na novoj haubi je raspored napona daleko ujednačeniji, a deformacije povoljnije raspoređene. Najveći naponi se ne pojavljuju na mjestima spoja ploha.

4. ZAKLJUČCI

U poređnom analizom rezultata jasno je da novi dizajn haube daje niže i bolje raspoređene naponi i deformacije. Takođe je jasno da je konstrukcija takva da samonosiva rešetka može izdržati sva djelujuća opterećenja. Ovakav dizajn omogućava sektoru održavanja da pristupa sanaciji na kvalitetniji način, tj. omogućava totalnu zamjenu oplata. Stanjivanje stijenke oplatnih limova i pojava rupa u limu kod nove haube može urokovati samo probleme sa vučom dimnjaka i ventilatora, a nikako i plastične deformacije i lom strukture.

Predmetni problem je dugoročno riješen i isti princip se može primijeniti na druge filtere. Ovakav izmijenjeni dizajn ne utiče na tehnološke parametre rada filterskog postrojenja, a s druge strane omogućava postojaniju i dugotrajniju konstrukciju. Koristeći savremene alate za numeričke izračune moguće je unaprijediti postojeće mašinske konstrukcije i produžiti eksploatacioni vijek ovako velikih i kompleksnih postrojenja.

5. REFERENCE

- [1] N. Vukojević, F. Hadžikadunić: "Numerical evaluation of integrity of an open railway car's complex structure for billets transportation", 12th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2008, pp. 953-956, Istanbul, Turkey, 2008., ISBN 978-9958-617-41-6,
- [2] Tehnički propis za građevinske konstrukcije, NN 17/2017, Zagreb, 2017.
- [3] Grupa autora: Projekat sanacije kućišta elektrofiltera br.6, Department Priprema rude i aglomeracija AMZ, Mašinski fakultet u Zenici i IPI d.o.o Zenica, septembar 2019.
- [4] Ostrić, D.,Petković Z.: Metalne konstrukcije u mašingradnji 1, Mašinski fakultet u Beogradu, 1992.
- [5] N. Vukojević, M. Imamović, F. Hadžikadunić: "Experimental and numerical analysis of stress conditions on turret", 15th International Research/Expert Conference "Trends In The Development of Machinery And Associated Technology" TMT 2011, pp. 569-572, Prague, Czech Republic, 2011., ISSN 1840-4944.

TRENDOVI U ORGANIZACIJI SISTEMA ODRŽAVANJA U PREDUZEĆIMA DRVNE INDUSTRIJE U BiH

TRENDS IN ORGANIZING MAINTENANCE SYSTEMS IN WOOD INDUSTRY ENTERPRISES IN B&H

Doc.dr.sc.Alan Lisica dipl.ing.maš
Univerzitet u Zenici
Zenica

REZIME

Sa povećanom globalnom konkurencijom u proizvodnji, mnoga preduzeća traže načine da ostvare konkurentni napredak u pogledu troškova, usluga, kvaliteta i blagovremene isporuke. Ulozi koju efikasno upravljanje održavanjem igra u doprinosu ukupnoj organizacionoj produktivnosti pridaje se povećana pažnja. Svaka industrijska revolucija uzrokuje promjene u tehnološkim, socioekonomskim i kulturnim karakteristikama. Među tehnološke karakteristike spada i upravljanje održavanjem. Pristup industrijskom održavanju mijenjao se tokom industrijskih revolucija od reaktivnog ka prediktivnom. Umjesto da otklanjaju kvarove, preduzeća ih pokušavaju predvidjeti i minimizirati rizike i troškove povezane s tim. Osnovna namjera ovog rada je da prikaže osnovne trendove i perspektive u organizaciji sistema industrijskog održavanja u preduzećima drvne industrije u BiH.

Ključne riječi: Industrijsko održavanje, drvna industrija

ABSTRACT

With increased global competition in manufacturing, many companies are looking for ways to make competitive progress in terms of cost, service, quality and timely delivery. Increased attention is being paid to the role that efficient maintenance management plays in contributing to overall organizational productivity. Every industrial revolution causes changes in technological, socioeconomic and cultural characteristics. Technological features include maintenance management. The approach to industrial maintenance changed during industrial revolutions from reactive to predictive. Instead of troubleshooting, companies try to anticipate them and minimize the risks and costs associated with it. The main intention of this paper is to present the basic trends and perspectives in the organization of industrial maintenance systems in wood industry companies in BiH.

Key words: Industrial maintenance, wood industry

1. UVOD

Prerađivačka industrija zabilježila je ekstremne promjene u upravljačkim pristupima, proizvodima i procesnim tehnologijama, očekivanjima kupaca, stavovima dobavljača kao i konkurentnom ponašanju. U današnjem vrlo promjenjivom okruženju, globalna konkurencija među preduzećima dovela je do većih zahtjeva prema proizvodnim preduzećima. Globalno tržište koje se brzo mijenja zahtijeva poboljšanja u radu preduzeća fokusiranjem na smanjenje troškova, poboljšanjem produktivnosti, kvaliteta i osiguravanjem isporuka kako bi se zadovoljili kupci. Stoga se preduzeća trebaju poboljšati brže od svojih konkurenata, ako žele preživjeti ili rasti na tržištu. Da bi se suočile sa izazovima koje postavlja konkurentsko

okruženje, proizvodne organizacije moraju pružiti inicijative za poboljšanje kvaliteta i performansi u svim aspektima svog poslovanja kako bi poboljšale svoju konkurentnost. Kako bi postala produktivnija preduzeća postaju sve više ovisna o novim tehnologijama. Ove tehnologije su često ugrađene u fizička sredstva koja treba održavati kako bi preduzeća ostala produktivna. Raširena mehanizacija i automatizacija smanjila je broj proizvodnog osoblja i povećala kapital angažiran u proizvodnoj opremi. Održavanje takve fizičke imovine obično se temelji na provjerenim pristupima održavanja, filozofiji, teoriji i strategiji. Svrha održavanja je smanjiti društvene, poslovne i lične rizike. Odluka o prikladnom pristupu ili strategiji nije trivijalan zadatak. Industrije se suočavaju sa nizom dostupnih teorija, modela i okvira održavanja. Većina ovih pristupa ili strategija održavanja temelje se na sličnim osnovnim taktikama održavanja, što otežava razumijevanje razlika između njih.

Moderni proizvodni sistemi su složeni i automatizirani. Visoki zahtjevi za performansama takvih sistema stvorili su potrebu za novim upravljačkim i inženjerskim rješenjima u području održavanja složenih sistema. Ova potreba uglavnom je motivirana naglo rastućim troškovima zastoja.

Pristup održavanju mijenjao se tokom godina. Promijenjen je iz reaktivnih (korektivnih) radnji u tekuće prediktivne aktivnosti s ciljem optimizacije vremena, troškova i kvaliteta. Iako se u današnje vrijeme to može smatrati kao konkurentna prednost ili područje, čije poboljšanje može povećati profit i donijeti mnoge koristi, neki i dalje održavanje smatraju "nužnim zlom".

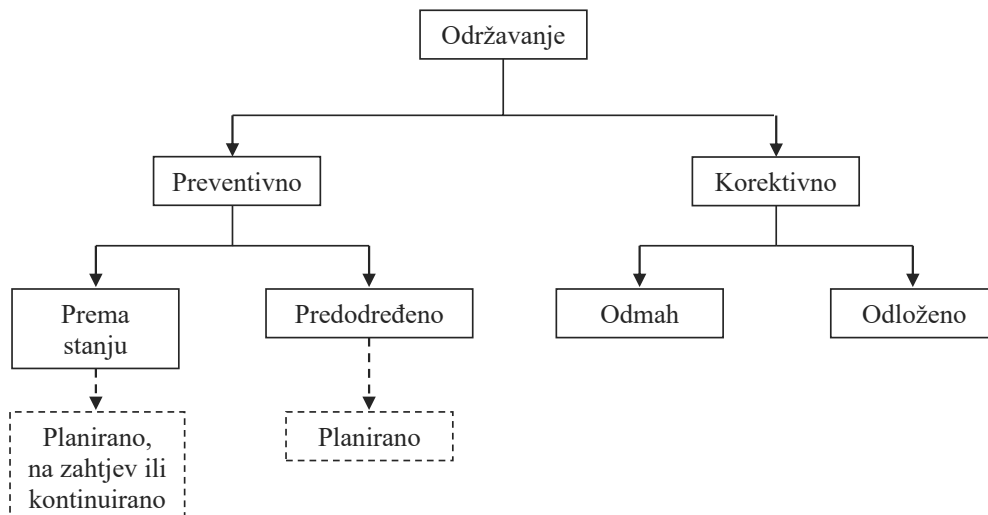
Danas upravljanje održavanjem ima za cilj smanjenje i neplaniranih i planiranih zastoja, koji smanjuju raspoloživo vrijeme, u kombinaciji s optimizacijom sigurnosti, rizicima po životnu sredinu i troškovima. Međutim, troškovi povezani s akcijama održavanja ne bi trebali da premašuju vrijednost rizika koji se eliminišu i povezane koristi koja se odražava u smislu povećane produktivnosti ili smanjenog broja nesreća itd. U preduzećima svjetske klase, općenito, odluke o održavanju temelje se na zdravoj analizi troškova i koristi.

2. OPĆENITO O ODRŽAVANJU

Funkcija održavanja važan je dio svakog preduzeća koje koristi sredstva za rad. Menadžeri održavanja moraju shvatiti da funkcija održavanja ne može raditi samostalno. Standard EN 13306: 2017 definiše održavanje kao "upravljačke radnje tokom životnog ciklusa predmeta namijenjenog zadržavanju ili vraćanju u stanje u kojem može obavljati traženu funkciju. Akcije tehničkog održavanja uključuju promatranje i analizu stanja predmeta (npr. inspekcija, praćenje, ispitivanje, dijagnostika, prognoza itd.) i aktivne akcije održavanja (npr. popravak, obnova)." [1] Isti standard definiše upravljanje održavanjem kao "sve aktivnosti menadžmenta koje određuju ciljeve, strategije i odgovornosti održavanja i provode ih na način kao što je planiranje održavanja, kontrola i nadzor održavanja, poboljšanje metoda u organizaciji, uključujući ekonomske, ekološke i sigurnosne aspekte".[1] Održavanje je neophodno kako bi se osiguralo da su fizička sredstva pouzdana i dostupna za isporuku proizvoda ili usluga.

Samim održavanjem, u svim područjima intervencije, vrlo je teško upravljati s obzirom na varijabilnost situacija u kojima se mora intervenirati. Vjerovatno je iz tog razloga upravljanje održavanjem najnovija varijabla koju treba uzeti u obzir kada preduzeća pokušavaju povećati svoje konkurentne prednosti. Stoga je opći cilj održavanja u industriji očuvanje pouzdanosti rada sistema (ili proizvoda) na nivou koji zadovoljava poslovne potrebe preduzeća i osiguravanje određenog trajanja performansi bez kvarova pod navedenim uslovima.

Standard EN 13306:2017 Održavanje – Terminologija održavanja, strategije održavanja dijeli na preventivno i korektivno održavanje. Podjela je prikazana na slici 1.



Slika 1. Osnovni tipovi ili strategije održavanje prema EN 13306:2017 [1]

Preventivne mjere namjeravaju izbjeći bilo kakvu pojavu kvara, dok su korektivne mjere one aktivnosti koje se odvijaju nakon kvara na komponenti [1].

Pokretački element u svim odlukama o održavanju nije kvar datog predmeta ili sistema, već posljedice kvara tog određenog predmeta ili sistema.

3. TRENDOWI U INDUSTRIJSKOM ODRŽAVANJU

Povećani nivo automatizacije i visoki zahtjevi za performansama sistema stvorili su potrebu za novim inženjerskim pristupom i novim tehnikama upravljanja u polju upravljanja opremom i imovinom. Ova potreba uglavnom je motivirana naglo rastućim troškovima održavanja i zastoja.

Uticaj industrijske revolucije tiče se tehnoloških, socioekonomskih i kulturnih karakteristika. Među pogodnim tehnološkim karakteristikama spada i održavanje. Svaka industrijska revolucija je sa sobom povlačila i promjenu strategije održavanja [2]:

- Prva industrijska revolucija – Korektivno (reaktivno) održavanje,
- Druga industrijska revolucija – Preventivno održavanje,
- Treća industrijska revolucija – Proaktivno održavanje i
- Četvrta industrijska revolucija (Industrija 4.0) – Prediktivno održavanje.

Kontinuirana konvergencija IT-a (informacione tehnologije - IT) sa operativnom tehnologijom u potpunosti mijenja industrijske procese. Iza ovih tranzicija, postepeno transformira industrijska preduzeća u digitalna preduzeća. Ovaj proces ima veliki uticaj i na organizaciju funkcije održavanja. Tehnologije kao što su računarstvo u oblaku (engl. Cloud Computing), BigData i (industrijski) Internet stvari (engl. Internet of Things - IoT) primjenjuju se kako bi se poboljšala skalabilnost, kvalitet, efikasnost i isplativost procesa. Ove su tehnologije izvor i potpuno novih tehnoloških mogućnosti i poslovnih modela. To je vidljivo i u opsegu procesa održavanja opreme, koji sve više podržavaju IT tehnologije. Održavanje predstavlja jednu od primarnih, ranih primjena novih tehnologija.

Postoji nekoliko značajnih novih trendova u industrijskom održavanju, koji će dovesti do novih paradigmi održavanja i povezanih poslovnih modela:

1. *Aditivna proizvodnja u održavanju*. U području održavanja industrijske opreme, 3D printanje može pružiti očite koristi ako se koristi za stvaranje rezervnih dijelova. Brojni su slučajevi u kojima će doći do kvara na opremi ukoliko se komponenta ne zamijeni. U takvim slučajevima aditivna proizvodnja može brzo proizvesti potreban dio. To skraćuje vrijeme održavanja i smanjuje troškove zaliha. 3D printanje je također očito rješenje kada su potrebni dijelovi koji se više ne proizvode (tj. više ih ne proizvodi i / ili ne isporučuje proizvođač opreme);
2. *Internet stvari, bežične senzorske mreže i automatizirano prikupljanje podataka*. Pouzdano prikupljanje podataka o mašinama i opremi preduslov je za dobijanje uvida i znanja o održavanju. U većini slučajeva podaci o održavanju prikupljaju se iz više izvora, uključujući različite tipove senzora (npr. vibracije, akustični senzori i termovizija). Ovi podaci mogu se kasnije analizirati pomoću ekspertnih sistema i sofisticiranih algoritama;
3. *Proširena stvarnost (engl. Augmented reality - AR) za obuku i daljinsko održavanje*. Na osnovu mogućnosti pružanja daljinskih uputa, AR omogućava nove paradigme za održavanje, uključujući daljinsko održavanje i održavanje prilagođene razumijevanju i vještinama radnika. AR tehnologija takođe može olakšati obuku radnika na održavanju od strane dobavljača opreme ili čak i drugih iskusnijih radnika. Koncept obuke uključuje predstavljanje cyber-reprezentacije koja pokazuje kako se vrši održavanje. Virtualna stvarnost (engl. Virtual reality - VR) se takođe može koristiti u svrhe treninga u sličnom kontekstu, na osnovu unaprijed snimljenih vizuelnih prezentacija zadatka;
4. *Održavanje kao usluga*. Mogućnost prikupljanja i obrade velike količine podataka o održavanju u oblaku može poboljšati mogućnosti i usluge održavanja. Takve usluge se sve više pružaju za određene mašine ili opremu i uključuju: predviđanje vijeka trajanja proizvoda ili pružanje uvida u optimalno vrijeme održavanja, pružanje informacija o održavanju usluga s obzirom na kontekst, uključujući priručnike, video zapise, VR prezentacije i interaktivnu podršku, konfigurisanje informatičkih i poslovnih informacionih sistema u pogonu (npr. ERP i sistemi upravljanja imovinom) na osnovu rezultata analize, pružanje detaljnih statistika i izvještaja o radu mašine... Sve ove usluge mogu se pružiti na zahtjev, kada i gdje su potrebne. To dovodi do potpuno nove paradigme za industrijsko održavanje, poznate kao "Održavanje kao usluga";
5. *Saradnja u lancu snabdijevanja*. Digitalizacija omogućava prikupljanje digitalnih podataka s više uređaja i kroz sve faze lanca snabdijevanja. Digitalizacija takođe omogućava neometan protok informacija za sve učesnike lanca snabdijevanja. Nadalje, obrada tokova informacija u lancu snabdijevanja poboljšava sposobnost razumijevanja i predviđanja svih važnih događaja, od odgođene isporuke materijala do prijema narudžbi visokog prioriteta. Na taj način postaje moguće locirati ključne komponente i usluge globalno i razumjeti status operacija, kako bi se planirale aktivnosti održavanja koje će najmanje ometati industrijske operacije.
6. *Eksternalizacija (engl. outsourcing) održavanja*. Proizvodna preduzeća imaju problem s nedostatkom vještina i resursa i rješavaju ih putem eksternalizacije održavanja. To se odnosi na prenošenje radnog opterećenja na vanjska preduzeća s ciljem postizanja kvalitetnijeg održavanja uz brže, sigurnije i niže troškove. Ostali ciljevi su smanjenje broja ekvivalenata s punim radnim vremenom i koncentriranje talenta, energije i resursa preduzeća na područja koja se nazivaju osnovnim kompetencijama preduzeća.

Kako digitalna transformacija postaje novi standard u industriji, fokus timova za održavanje u narednih nekoliko godina biti će na optimizaciji ovih sistema. Postavljanje softvera za održavanje nije težak zadatak, ali njegova uspješna implementacija može biti. Kako preduzeća otkrivaju prednosti integriranja održavanja u svoj sistem tehnologije, postat će važno razvijati kulturu koja obuhvata digitalizaciju održavanja i kontinuirano traži načine za njegovu optimizaciju.

4. ODRŽAVANJE U DRVOPRERAĐIVAČKIM PREDUZEĆIMA U BiH

Mnoga preduzeća drvne industrije u BiH još ne shvataju kritičnu potrebu za efikasnim održavanjem proizvodnih pogona i sistema. Još uvijek se održavanje posmatra kao "nužno zlo". S trendom ka proizvodnji upravo na vrijeme (engl. Just in Time - JIT) i fleksibilnoj, agilnoj proizvodnji, od vitalne je važnosti da se upravljanje održavanjem integrira u korporativnu strategiju kako bi se osigurala dostupnost opreme, kvalitetni proizvodi, pravovremene isporuke i konkurentne cijene. Promjenjive potrebe moderne proizvodnje zahtijevaju preispitivanje uloge koju poboljšano upravljanje održavanjem ima u postizanju ključnih troškova i prednosti usluga i doprinosa koji poboljšanje održavanja može dati "organizaciji koja uči".

Izazovi u održavanju sa kojima se susreću drvoprerađivačka preduzeća u BiH:

- Jaz između trenutnih i potrebnih kompetencija radne snage,
- Ne postoji infrastruktura koja može podržati primjenu novih tehnologija u sistemu održavanja,
- Nedostatak nadzora timova koji rade na održavanju i nepostojanje centralizacije informacija,
- Nedostatak infrastrukture za obradu velike količine podataka,
- Proizvođači moraju stvoriti pretpostavke kako bi bili sami u mogućnosti poslati upit, zatražiti nove prijedloge, tražiti rješenja ili znanje te biti u mogućnosti pratiti ažuriranja svojih narudžbi,
- Ne postoji dovoljno razvijen sistem upravljanja rezervnim dijelovima i
- Ne postoji dovoljno poznavanje mašina i opreme.

S obzirom na trenutne trendove u organizaciji sistema održavanja doći će i do sve veće potrebe za sve većim outsourcingom funkcije održavanja. U tom smislu sama preduzeća će morati imati radnike na održavanju koji su sposobni samostalno riješiti jednostavnije kvarove te komplikovanije kvarove uz pomoć i vodstvo specijaliziranih preduzeća ili originalnih proizvođača opreme (engl. Original equipment manufacturer – OEM) dok će sve komplikovanije i zahtjevnije intervencije rješavati specijalizirana preduzeća. U ovom smislu ovo predstavlja i izazov za specijalizirana preduzeća koja će morati osigurati resurse i znanje koji će moći odgovoriti na sve veće i raširenije zahtjeve proizvođača u drvnoj industriji. S obzirom da je globalizacija učinila da su tehnološke razlike između različitih proizvođača mašina i opreme ako ne nestale, onda bar smanjile, komparativnu prednost na tržištu će postići oni proizvođači opreme i mašina koji budu u mogućnosti odgovoriti na sve veće zahtjeve preduzeća u drvnoj industriji. Izazov za ova specijalizirana preduzeća predstavljaju i ljudski resursi gdje će tradicionalne metode i vještine i dalje biti potrebne u održavanju, ali sve je veći pomak ka sve digitalnijim i automatiziranim metodama na radnom mjestu. Znanje o analitici i interpretaciji podataka postaju sve važnije kako sve više preduzeća usvaja rješenja za praćenje podataka. Vještine umrežavanja i telekomunikacija također su tražene jer su potrebne za izgradnju i održavanje sistema koji omogućavaju cloud-based i druga digitalna rješenja.

5. ZAKLJUČAK

Brojni tehnološki i upravljački trendovi u posljednja dva stoljeća promijenili su zahtjeve i sadržaj u održavanju. Preduzeća danas moraju usvojiti inovativan pristup održavanju koji optimizira efikasnost opreme, uklanja kvarove i promovira autonomno održavanje od strane operatora svakodnevnim aktivnostima koje uključuje svu radnu snagu. Digitalna transformacija u održavanju će ostati ovdje. Kretanje ka tehnologijama za održavanje koje se zasnivaju na oblaku i koje omogućavaju mobilno održavanje, više nisu udaljene par godina da postanu standard. To nije budućnost održavanja, to je sadašnjost, a oni koji ignoriraju ovaj trend osuđeni su na daljnji pad. Kapitalno intenzivna preduzeća će morati prići ovoj novoj stvarnosti i integrirati digitalnu tehnologiju u svoj rad na održavanju.

6. REFERENCE

[1] EN 13306:2017 Maintenance - Maintenance terminology, European Committee for Standardization, 2017

[2] Poór P., Ženíšek D., Basl J.: Historical Overview of Maintenance Management Strategies: Development from Breakdown Maintenance to Predictive Maintenance in Accordance with Four Industrial Revolutions, Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Pilsen, Czech Republic, July 23-26, 2019

[3] Campbell J.D., Reyes-Picknell J.V., Uptime – Strategies for Excellence in Maintenance Management, CRC press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, 2016

[4] Fusko M., Sulířová I., Rakyta M., New trends for maintenance management, Conference: Metody i techniki kształtowania procesów produkcyjnych, March 2016

[4] Kumar U., Galar D., Maintenance in the Era of Industry 4.0: Issues and Challenges, Quality, IT and Business Operations - Modeling and Optimization, Springer Proceedings in Business and Economics, Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018

TEHNIČKA REGULATIVA I ODRŽAVANJE OPREME POD PRITISKOM

TECHNICAL REGULATION AND MAINTENANCE OF PRESSURE EQUIPMENT

Mr.sc. Zlatan Ištvančić, dipl. inž. maš. IWE
Metacom d.o.o. Jajce
Bage br. 3, 70101 Jajce, BiH

Tintor Vukašin, dipl. inž. maš. IWE
Metacom d.o.o. Jajce
Bage br. 3, 70101 Jajce, BiH

REZIME

Oprema pod pritiskom (posude pod pritiskom, ventili sigurnosti i cjevovodi) se nalaze u svim industrijskim pogonima i sastavni su dio postrojenja i instalacija za: proizvodnju i distribuciju toplotne i rashladne energije; proizvodnju i razvod komprimiranog zraka; skladištenje i razvod propan – butana i drugih tehničkih i medicinskih gasova, kao i procesnu industriju (rafinerije, kemijska, farmaceutska i prehrambena industrija). Proizvodnja i upotreba opreme pod pritiskom je regulirana nizom propisa (Službeni list, pravilnici, zakoni i direktive EU) i preporuka (BAS, HR, SRPS, JUS, DIN, ISO, EN, ASME, LLOYD, kao i standardi drugih država i stručnih udruženja), kao i inspekcijski pregledi (prvi, periodički, redovni). Oprema pod pritiskom i akumulirana energija (pxV) predstavljaju stalnu, potencijalnu opasnost za ljudske živote i materijalna dobra. Takođe, često su u upotrebi zapaljivi, eksplozivni i otrovni fluidi, što čini dodatnu prijetnju i obaveze korisniku i društvu. Iz navedenih razloga, oprema pod pritiskom se evidentira u registar opreme pod pritiskom, i nadzire njena upotreba i stanje od strane inspekcijskih tijela. Stanje i pouzdanost se tokom korištenja opreme mijenja zbog niza vanjskih i unutrašnjih uticaja. Ispravnim, pravovremenim i stručnim održavanjem se može produžiti eksploatacijski vijek opreme opreme pod pritiskom, kao i njezina pouzdanost i sigurnost. Kako organizirati praćenje stanja i održavanje opreme pod pritiskom?

Ključne riječi: Oprema pod pritiskom, standardi, održavanje, sigurnost, pouzdanost.

ABSTRACT

Pressure equipment (pressure vessels, safety valves and pipelines) are located in all industrial plants and are an integral part of plants and installations for: production and distribution of heat and cooling energy; production and distribution of compressed air; storage and distribution of propane - butane and other technical and medical gases, as well as the process industry (refineries, chemical, pharmaceutical and food industries). The production and use of pressure equipment is regulated by a number of regulations (Official Gazette, regulations, laws and EU directives) and recommendations (BAS, HR, SRPS, JUS, DIN, ISO, EN, ASME, LLOYD), as well as standards of other countries and professional associations.), as well as inspections (first, periodic, regular). Pressure equipment and accumulated energy (pxV) pose a constant, potential danger to human lives and material goods. Also, flammable, explosive and toxic fluids are often used, which makes an additional threat and obligation to the user and society. For these reasons, pressure equipment is recorded in the register of pressure equipment, and its use and condition is monitored by inspection bodies. Condition and reliability change during the use of equipment due to a number of external and internal influences. Proper, timely and professional maintenance can extend the service life of pressure equipment, as well as its reliability and safety. How to organize condition monitoring and maintenance of pressure equipment?

Keywords: pressure equipment, standards, maintenance, safety, reliability.

1. UVOD

Prema definiciji, proizvoljna posuda se smatra posudom pod pritiskom ako su ispunjeni uslovi*:

$$\begin{cases} p > 0,5 \\ p \cdot V \geq 0,3' \end{cases} \quad \dots (1)$$

pri čemu su:

p – najveći radni pritisak [bar],
V – radna zapremina [m³].

Ove posude su pod nadzorom inspeksijskih organa i na njih se primjenjuju pravilnici o tehničkim zahtjevima za projektovanje, proizvodnju, ispitivanje, postavljanje i upotrebu, kao i pregledima opreme pod pritiskom tokom vijeka upotrebe. Za posude pod pritiskom pod nadzorom inspeksijskih organa definisana je i evropska direktiva 2014/68/EC (PED direktiva). Ovom direktivom propisani su i tehnički zahtjevi koji moraju biti ispunjeni pri projektovanju, izradi i ocjenjivanju usaglašenosti opreme pod pritiskom i sklopova, namijenjenih za najviši dozvoljeni radni pritisak (PS) veći od 0,5 bara.

Klasa posude pod pritiskom je nivo pouzdanosti funkcionisanja posude pod pritiskom u predviđenim uslovima eksploatacije i radnom vijeku trajanja. Prema JUS.M.E2.151 sve posude pod pritiskom su razvrstane u četiri klase, [4]. Klasa se određuje na osnovu broja bodova, a bodovanje se vrši na osnovu opštih i lokacijskih faktora, akumulirane energije, temperature, djelovanja radne materije na okolinu. Prema JUS standardu klasu I čine najodgovornije posude!

Tabela 1. Klasa posude pod pritiskom u zavisnosti od broja bodova, [3].

Ukupan broj bodova	Klasa	
	bez lokacijskih faktora	sa lokacijskim faktorima
iznad 15 bodova	I	I
iznad 10 do 15	II	I
iznad 5 do 10	III	II (I)
do 5	IV	III (II,I)

PED direktiva posude pod pritiskom i cjevovode klasifikuje na osnovu kriterijuma [8]: vrste opreme, karaktera radne sredine, radne zapremine i pritiska, akumulirane energije i dijagrama definisanih smjernicom 2014/68/EC.

Najodgovornije posude pod pritiskom spadaju u klasu IV prema PED direktivi.

Ventili sigurnosti, uz posude pod pritiskom, sastavni su dio opreme pod pritiskom, a definišu se kao ventili koji automatski ispuštaju određenu količinu radne materije bez učešća druge energije sem energije same radne materije, te na takav način sprečavaju prekoračenje unapred zadatog pritiska, tako predviđeni da se zatvaraju kada pritisak padne na vrijednost normalnih radnih uslova, [3].

Jedinstveni cilj regulative iz oblasti posuda pod pritiskom jeste postizanje:

- potrebnog kvaliteta posude,
- pouzdanosti posude u eksploataciji,
- sigurnosti ljudi i imovine u proizvodnji i eksploataciji proizvoda.

Kao jedan od uzročnika otkaza opreme pod pritiskom jesu neodgovarajući uslovi eksploatacije uslijed lošeg opsluživanja i održavanja, upravljanja i/ili nadzora, kao i neplanirani razvoj procesa.

2. TEHNIČKA REGULATIVA I STANJE OPREME POD PRITISKOM U BOSNI I HERCEGOVINI

Bosna i Hercegovina, kao i druge države u regiji nastale raspadom Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije, nastavila je korištenje propisa (Pravilnik o tehničkim normativima za stabilne posude pod pritiskom, "Službeni list SFRJ", br. 16/83, 1983; Pravilnik o tehničkim propisima za izradu i upotrebu parnih kotlova, parnih sudova, pregrejača pare i zagrejača vode „Sl. list FNRJ“, br. 7/57, 22/57. i 3/58, kao i „Sl. list SFRJ“, br. 56/72. i 61/72), i vremenom prihvaćala evropske regulative iz ove oblasti, a jednim dijelom su i entiteti donosili dio propisa (Pravilnik o pregledima opreme pod pritiskom tokom vijeka upotrebe "Službeni glasnik Republike Srpske", br. 37/18). Situacija u Bosni i Hercegovini je iz ove oblasti je različita po entitetima. U entitetu Federacija Bosne i Hercegovine situacija je dodatno usložena jer su za ovo područje nadležni kantoni i kantonalna inspekcija (deset kantona).

Nadležno ministarstvo BIH (Ministarstvo spoljne trgovine i ekonomskih odnosa) je izradilo naredbu o opremi pod pritiskom u potpunosti usklađenu sa evropskom direktivom PED 2014/68 EC. Formalno na snazi je navedeni pravilnik o opremi pod pritiskom od 2013. godine, ali se ne primjenjuje ni u jednoj administrativnoj jedinici jer nisu izgrađene institucije i tijela za primjenu u praksi ovog pravilnika.

Stari registar opreme pod pritiskom iz perioda SFRJ je još uvijek jedini dokument sa podacima za opremu pod pritiskom stavljen u upotrebu zaključno sa 1991. godinom. Za period od 1995. godine pa do danas evidencija o proizvedenoj (uvezenoj) i stavljenoj na tržište opremi pod pritiskom se vodi u entitetskim - republičkim i kantonalnim mjesnonadležnim inspekcijama.

Procjena stanja opreme na području BIH je nepouzdana jer o istoj nema praćenja niti bilo kakvih zapisa, izuzev dokumentacije o vlasništvu mjesnonadležnog inspektorata.

Bitno je istaknuti da se mjesnonadležni inspektori ne bave utvrđivanjem i procjenom stanja opreme pod pritiskom, već samo zakonskim obavezama vlasnika opreme. Vlasnik opreme je jedini odgovoran za stanje, pogonsku spremnost, pouzdanost – sigurnost opreme pod pritiskom.

U tom smislu, cilj ovog rada je da se istakne odgovornost vlasnika i interes za pogonsku spremnost i pouzdanost ove opreme.

3. MENADŽMENT I ODRŽAVANJE OPREME POD PRITISKOM

Poslovnik o kvaliteti (Q.A.) posjeduje veliki broj firmi u Bosni i Hercegovini, a posebno iz oblasti:

- metaloprerađivačke industrije,
- procesne industrije (prehrambena industrija, mljekare, pivare, rafinerije), kao i većina ostalih korisnika opreme pod pritiskom.

Obaveza menadžmenta, odnosno predstavnika za kvalitet je da se proces održavanja opreme prepozna kao samostalan proces ili kao sastavni dio proizvodnog procesa, što znači da vlasnik procesa mora uspostaviti:

- kvalitetno vođenje evidencije,
- zakonske obaveze: certifikat ili rješenje za upotrebu od mjesnonadležne inspekcije, kao i inspekciju opreme pod pritiskom (pregledi i baždarenje), kao i
- praćenje-utvrđivanje stanja i održavanje opreme.

U tom smislu se daje definicija pojma kvalitete vezano za opremu pod pritiskom, kao i blok dijagram postupka vođenja kvaliteta ove opreme.

- POJAM “KVALITETE

”Kako su pojmovi “kvaliteta” i “osiguranja kvalitete” danas opšte prihvaćeni, isti se mogu upotrijebiti u cilju prikazivanja uslovljenosti interakcije želje/potrebe vlasnika opreme pod pritiskom i utvrđivanja i praćenja stanja iste, [10]. Ostvarenje cilja/želje vlasnika, bez obzira na koji od elemenata je stavljeno težište može se tretirati kao “zadana kvaliteta” u opštem smislu KV_z . U kojoj mjeri će biti moguće ostvariti KV_z zavisi direktno o stanju opreme, slika 1. Stanje opreme mijenja se tokom eksploatacije, te joj je u određenom momentu pridružena KV_t odnosno “trenutna kvaliteta”. Odgovor da li je trenutna kvaliteta zadovoljavajuća u odnosu na zadata kvalitetu moguće je dobiti samo poznavanjem trenutnog stanja opreme, dakle utvrđivanje i praćenje stanja opreme postaje element “OSIGURANJA KVALITETE”.

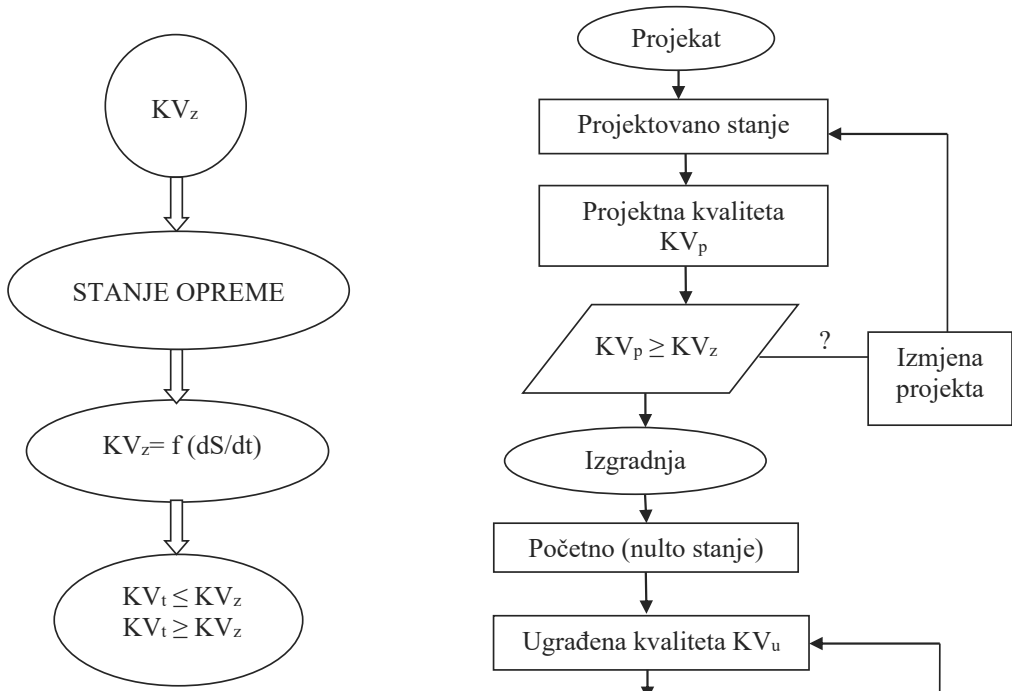
U idealnom slučaju, utvrđivanje i praćenje stanja opreme pod pritiskom, kao element „osiguranja kvaliteta“, trebao bi biti integralni dio cjelovitog sistema osiguranja kvalitete opreme pod pritiskom, od faze projektovanja do faze prestanka korišćenja, slika 2. Bez obzira što se KV_z iz faze projektovanja i izgradnje mijenja tokom eksploatacije temeljenjem stava vlasnika opreme (osim u području zakonskih obaveza), od vitalne važnosti za pravilan pristup utvrđivanju KV_t i zaključivanja u kojoj mjeri KV_t udovoljava KV_z u određenom trenutku eksploatacije, jesu informacije u kojoj mjeri KV_p i KV_u stvarno odgovaralo KV_z iz tih faza, [10].

U realnom slučaju, utvrđivanje i praćenje stanja opreme pod pritiskom kao element “osiguranja kvalitete” dio je sistema osiguranja kvalitete opreme pod pritiskom koji obuhvata samo fazu eksploatacije. Zbog toga se i onako složen postupak definisanja sadržaja i obima aktivnosti na utvrđivanju stanja opreme pod pritiskom u eksploataciji dodatno otežava. S jedne strane, nepoznavanjem stvarnih KV_p i KV_u , zahtjeva dodatni oprez pri koncipiranju obima i sadržaja ispitivanja s obzirom na očekivana oštećenja tokom eksploatacije. Sa druge, u slučaju utvrđivanja oštećenja, otežano je zaključivanje o KV_t posebno sa aspekta podobnosti za daljnju dugotrajnu eksploataciju.

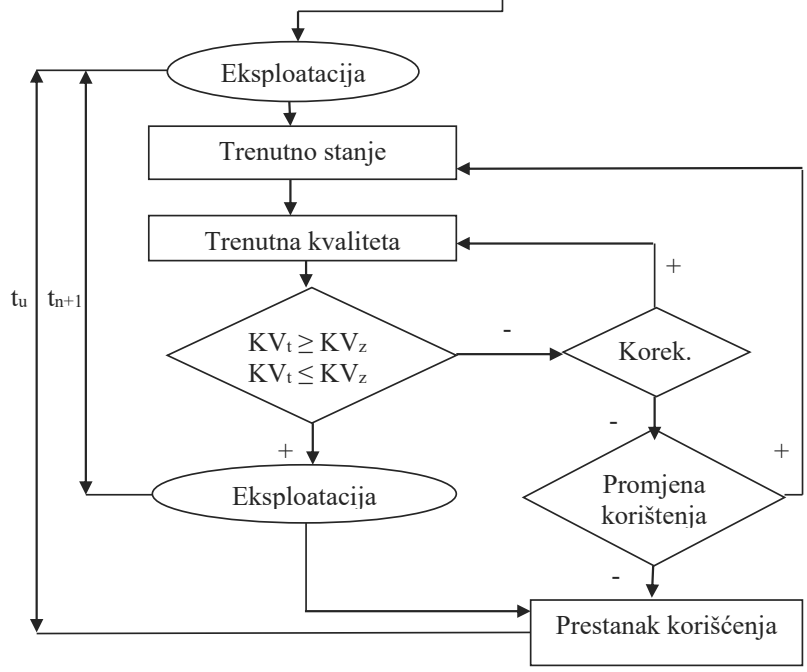
Svaki, pa i sistem osiguranja kvalitete opreme pod pritiskom, mora obuhvatiti slijedeće elemente:

- a) definiciju zahtjevanje kvalitete
- b) definiciju elemenata od uticaja na kvalitet
- c) kriterijume dokazivanja/ ocjene kvaliteta
- d) determiniranje aktivnosti za provjeru/ dokazivanje kvaliteta
- e) metodologiju provođenja aktivnosti za provjeru/ dokazivanje kvalitete
- f) metodologiju dokumentiranja i izvještavanja
- g) metodologiju ocjene rezultata
- h) metodologiju provođenja korektivnih aktivnosti

Prelazak sa opštih postavki na realizaciju izvršnog sistema osiguranja kvalitete, bilo da se radi o grupaciji opreme koju je moguće svesti na zajednički nazivnik kao što je oprema pod pritiskom, bilo da se radi o užem području unutar grupacije (posude pod pritiskom, tlačni dijelovi kotla, procesna oprema pod pritiskom) predstavlja izuzetno složen proces. Pri tome valja imati na umu da i danas dobrim dijelom etablirani sistemi za pojedina uža područja nužno zahtjevaju redefinisane kada se sistem spušta na razinu konkretnog objekta, zbog specifičnosti koja prate svaki od njih.



Slika 1. Blok dijagram postupka vođenja kvalitete opreme pod pritiskom



Slika 2. Blok dijagram osiguranja kvaliteta

4. METODOLOGIJA UTVRĐIVANJA STANJA OPREME POD PRITISKOM U TOKU EKSPLOATACIJE I PROCJENA INTEGRITETA

Metodologija utvrđivanja stanja opreme pod pritiskom i procjena integriteta je složen i zahtjevan postupak koji zahtjeva opsežna tehnička znanja i mjerenja od strane akreditiranih laboratorija. Predlaže se okvirni algoritam za utvrđivanje i praćenje stanja opreme, slika 3.



Slika 3. Algoritam „Q.A.“ sistema utvrđivanja i praćenja stanja opreme pod pritiskom

U smislu pojašnjenja gore prikazanog algoritma, potrebno je reći da je poznavanje tehničkih karakteristika opreme i njenih dijelova (ukoliko se radi o složenijim oblicima opreme pod pritiskom) nužan preduslov za uspostavu učinkovitog sistema. Pri tome je izuzetno važno raspolagati kako projektnim podacima tako i podacima o izvedenom stanju i uslovima eksploatacije. Bez ambicije da se smatra “konačnim” sačinjen je popis područja koje je nužno poznavati o svakom komadu opreme kako bi se stvorila osnova za daljni kvalitetan pristup:

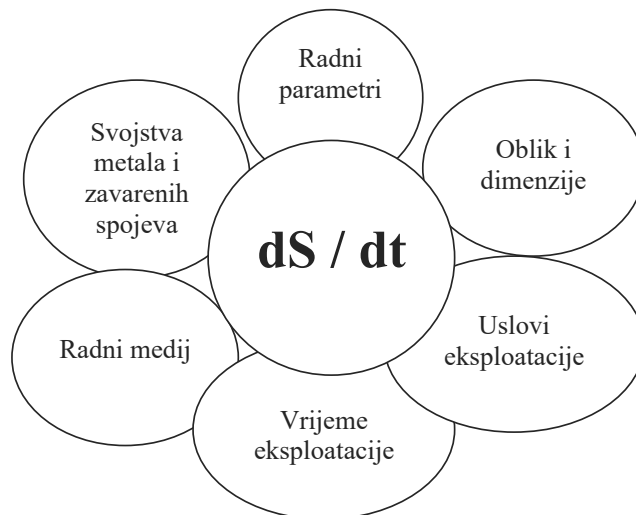
1. Konstrukcija (oblici i dimenzije),
2. Ugrađeni materijali (zavareni spojevi),
3. Radni parametri (pritisak; temperatura),
4. Radni medij,
5. Projektni uslovi eksploatacije,
6. Projektni radni vijek.

- PROPISI I NORME

Postojeća regulativa u području opreme pod pritiskom ne pruža osobitu osnovu za primjenu ispitivanja u svrhu utvrđivanja i praćenja stanja opreme tokom eksploatacije temeljem formalne uvjetovanosti, pogotovo ne sa aspekta sadržaja, obima i učestalosti ispitivanja. Navedeno ima za posljedicu činjenicu da se u koncipiranju pristupa ispitivanju ne može osloniti na “formalne” argumente već preostaje gotovo isključivo “stručni” karakter pristupa.

- TEHNIČKE SPOZNAJE I ISKUSTVO

S obzirom da je cilj konkretnog ispitivanja provjere KV_t u odnosu na KV_z onda već pojednostavljeni prikaz emenata, koji svaki za sebe i u međusobnoj interakciji determiniraju KV_t , ukazuje da se radi o nužno “interdisciplinarnom” pristupu sa stanovišta potrebnih tehničkih spoznaja i iskustva, [10].



Slika 4. Uticajni parametri na promjenu stanja tokom vremena opreme pod pritiskom

U svakom području ili elementu od uticaja na stanje opreme potrebne su spoznaje i iskustva i to:

- a) opšteg karaktera;
- b) posebnog (specijalističkog) karaktera.

Tek raspoložuci navedenim, može se pretpostaviti da se može ispuniti sljedeći nužni uslov – osigurati spoznaje i iskustva o njihovom međusobnom djelovanju. U konačnici iz fundusa navedenih kategorija spoznaje i iskustva, potrebno je izdvojiti one spoznaje i iskustva koje su relevante za konkretnu opremu ili dio opreme i to sa aspekta OČEKIVANIH / MOGUĆIH OŠTEĆENJA.

Zaključivanje o OČEKIVANIM / MOGUĆIM OŠTEĆENJIMA realne opreme pod pritiskom, u realnim uslovima eksploatacije, nakon određenog perioda eksploatacije, odlučujući je element za definiranje i provođenje operativnog programa utvrđivanja i praćenja stanja (popularno se naziva “ispitivanjem”).

Zaključivanje o OČEKIVANIM / MOGUĆIM OŠTEĆENJIMA nužno mora sadržavati zaključak o:

- očekivanim vrstama oštećenja,
- očekivanim pozicijama oštećenja,
- očekivanoj rasprostranjenosti oštećenja,
- očekivanom intenzitetu oštećenja.

Nakon više desetljeća istraživanja i sticanja iskustva, NACE Standard MRO 175 signira materijale koji bi pri eksploataciji unutar granica za tu svrhu definisanih uslova eksploatacije “morali” zadovoljiti sa stanovišta otpornosti na pojavu oštećenja tokom eksploatacije u vidu SSCC (sulfide stress corrosion cracking), pri tome ograđujući se da nema garancije i naglašavajući da je konačna odluka i odgovornost na vlasniku.

Slijedom navedenog, može se zaključiti koliko je složen i odgovoran postupak donošenja preporuke vlasniku opreme za provođenje “skupog” ispitivanja temeljem zaključivanja o OČEKIVANIM / MOGUĆIM OŠTEĆENJIMA u obliku SSCC U ODREĐENOM trenutku eksploatacije opreme.

- MOGUĆA / OČEKIVANA OŠTEĆENJA

Problem definisanja MOGUĆIH / OČEKIVANIH oštećenja na nekoj opremi pod pritiskom često se pokušava riješiti temeljeći pristup isključivo na podacima o najčešćim oštećenjima na takvoj opremi. I ako postoje spoznaje o tipičnim oštećenjima na pojedinim vrstama opreme pod pritiskom u karakterističnim uslovima eksploatacije, za svaki realni slučaj nužno je detaljno analizirati specifičnosti kako opreme tako i uslova eksploatacije, te tek onda donositi stav o mogućim / očekivanim oštećenjima u konkretnoj fazi eksploatacije. Ambicija da se na jednom mjestu navedu sve ili većina karakterističnih oblika oštećenja opreme pod pritiskom je neutemeljena. Prvenstveno sa ciljem da se potvrdi kompleksnost problematike pobrojati će se vrste oštećenja na opremi, i to kako slijedi: prema uticaju na integritet konstrukcije, prema dominantnom uzročniku pojave, oštećenja pod uticajem medija, oštećenja kao posljedica zavarivanja i oštećenja pod uticajem više faktora.

Ako se za primjer uzme činjenica da za jedan od najneugodnijih oblika oštećenja kao što je HIC nema jedinstvene teorije o mehanizmu uticaja vodika na pojedini oblik oštećenja, jasno je da je svaka isključivost MOGUĆIH / OČEKIVANIH OŠTEĆENJA neprimjerena.

- IZBOR METODA ISPITIVANJA

Kako je osnovni cilj izbor i primjena određenih metoda ispitivanja osiguranja detekcije eventualno prisutnih oštećenja, jasno je da će karakteristike tih oštećenja (oblici; dimenzije smještaj) uvjetovati izbor metoda u skladu sa detektabilnošću koju pojedina metoda osigurava, [10].

U cilju ostvarivanja visoke pouzdanosti detekcije eventualno prisutnih oštećenja, potrebno je:

- osim danas“ uobičajenih “ metoda ispitivanja koristiti nove specijalističke metode ispitivanja (praćenje koagulacije karbida kod puzanja čelika ...)
- za ispitivanje primjenjivati više konvencionalnih metoda (VT, PT, MT, UT, RT),
- ispitivanje provoditi sa kvalificiranim izvršiocima koji raspolažu sa iskustvom iz tog područja,
- tokom ispitivanja, temeljem nalaza, korigirati izbor metoda i metodologiju ispitivanja.

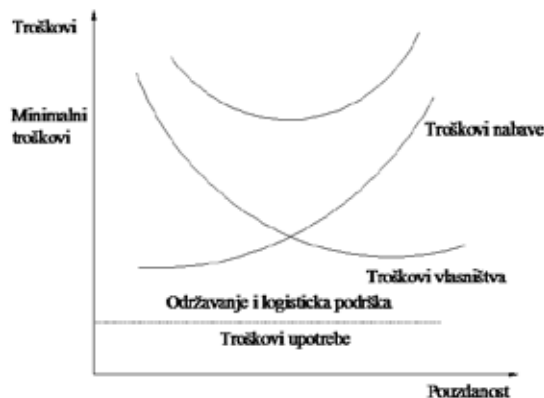
- INTERPRETACIJA I OCJENA NALAZA

Ispitivanjem dobijeni nalazi stavljaju odgovorno lice pred zadatak da:

- karakterizira svako utvrđeno oštećenje,
- zaključiti o uzroku nastajanja,
- donese sud o uticaju na stanje opreme,
- trenutna prihvatljivost / neprihvatljivost oštećenja,
- vremenska prihvatljivost oštećenja,
- donese zaključak o podobnosti opreme za daljnju eksploataciju,
- ocjena očekivane propagacije postojećih oštećenja,
- ocjena razvoja / pojave novih oštećenja.

5. OPTIMIZACIJA TROŠKOVA ODRŽAVANJA OPREME POD PRITISKOM I PREPORUKE ZA MENADŽMENT

Praćenje i stanje opreme pod pritiskom tokom rada se definiralo u prethodnim poglavljima kao sastavni element osiguranja kvaliteta. Na osnovu procjene stanja OPP-a se izrađuju planovi za održavanje (preventivno, korektivno i posljedično) s ciljem povećanja pouzdanosti i minimalnih troškova održavanja, popravki, sanacija i rekonstrukcija tijekom cijelog eksploatacionog perioda. Traženje najpovoljnijih rješenja prema kriteriju minimalnih troškova za cjelokupni životni ciklus i maksimalne raspoloživosti i pouzdanosti, predstavlja optimizaciju sistema održavanja. Pojednostavljen odnos između pouzdanosti i troškova životnog ciklusa opreme pod pritiskom prikazan je na slici 5, [11].



Slika 5. Pojednostavljen odnos između pouzdanosti i troškova životnog ciklusa opreme pod pritiskom

Svakako, prikaz svake od grupe troškova sa slike 5 jeste moguća, s ciljem dobijanja polaznih postavki za njihovu optimizaciju po ranije usvojenim kriterijima, [11].

Utvrđivanje troškova životnog ciklusa opreme pod pritiskom je složen i zahtjevan posao koji traži opsežna tehnička i ekonomska znanja. Nužno je uključiti troškove nabave, korištenja i

povlačenja iz upotrebe, s sve u skladu s odabranim ciljevima i kriterijima, uz vođenje evidencije i ocjenu dobivenih rezultata.

5. ZAKLJUČAK

Oprema pod pritiskom (OPP) je zajednički naziv za: posude, ventile, cjevovode, mjernu, regulacionu i sigurnosnu opremu, pumpe, kompresore i miješalice, i prisutna je u svim objeklima i pogonima. Predstavlja potencijalnu opasnost za ljude i životnu okolinu i u tom smislu je zakonski regulirana proizvodnja i upotreba nizom domaćih propisa i EU direktivama. Usklađivanje i harmonizacija domaćih propisa s EU direktivama je složen i zahtjevan posao. Poseban izazov će biti usklađivanje dokumentacije opreme u upotrebi prema zahtjevima iz novih, harmoniziranih pravilnika. Otkaz posuda pod pritiskom je moguć i događa se. Vjerojatnoća otkaza je: oko 100 posuda godišnje ima potencijalni otkaz, a stvarni otkaz ima svaka 1.500-ta posuda (baza istraživanja je 20.000 posuda u kemijskoj industriji). Menadžment poduzeća ima zadaću da ostvari sto veći profit uz osiguranje kvaliteta prema uspostavljenom sistemu kvaliteta ili poslovniku o kvalitetu. Ovaj rad je ponudio jednu od mogućnosti uvođenja OPP u sistem kvaliteta i to na temelju praćenja i utvrđivanja stanja OPP. Predloženi algoritmi omogućuju povećanje kvaliteta odnosno raspoloživosti i pouzdanosti rada OPP-a. Temeljem procjena stanja donosi se odluka o održavanju, popravkama, sanaciji, rekonstrukciji opreme ili prestanak korišćenja. Održavanje u širem smislu obuhvaća i troškove nabave i zbrinjavanja poslije završetka životnog ciklusa OPP. Troškovi životnog ciklusa OPP-a se optimiziraju prema pouzdanosti i raspoloživosti. Menadžment, rukovodstvo za kvalitet i proces održavanja OPP-a imaju izazovnu, zahtjevnu i za profitabilnost firme bitnu zadaću, da usklade procedure u sistemu kvalitete - donošenje odluke o praćenju i utvrđivanju stanja opreme sa zakonskim obavezama vezane za upotrebu opreme, kao i odlukama o vrsti, obimu održavanja, sanacije, rekonstrukcije i prestanka korišćenja opreme. Rezultat ove suradnje je mjerljiva karakteristika: maksimalna sigurnost, pouzdanost i minimalni troškovi održavanja i indirektni troškovi kao posljedica zastoja ili otkaza.

6. REFERENCE

- [1] Bajić, D.: Posude pod pritiskom i cjevovodi, Mašinski fakultet, Podgorica, 2011.
- [2] Nikolić, M.: Ispitivanje i kontrola posuda pod pritiskom, Zavod za zavarivanje, Beograd, 1988.
- [3] Pravilnik o tehničkim normativima za stabilne posude pod pritiskom, " Službeni list SFRJ", br. 16/83, 1983.
- [4] Pravilnik o tehničkim propisima za izradu i upotrebu parnih kotlova, parnih sudova, pregrejača pare i zagrejača vode („Sl. list FNRJ“, br. 7/57, 22/57. i 3/58, kao i „Sl. list SFRJ“, br. 56/72. i 61/72).
- [5] Pravilnik o pregledima opreme pod pritiskom tokom vijeka upotrebe ("Službeni glasnik Republike Srpske", br. 37/18).
- [6] Pravilnik o opremi pod pritiskom ("Službeni glasnik Republike Srpske", br. 37/18).
- [7] Isailović M., Bogner M.: Tehnički propisi o posudama pod pritiskom, SMEITS 2003.
- [8] PED 97/23/EC - Pressure Equipment Directive, European Commission, 2014.
- [9] Petronić S.: Uporedna analiza projektnih napona računatih prema pravilnicima o opremi pod pritiskom, Integritet i vek konstrukcija, Vol. 12, br. 2, 2012.
- [10] Veljača I.: Praćenje opreme pod tlakom u eksploataciji, TPK Zavod d.d., Zagreb, Hrvatsko društvo za tehniku zavarivanja
- [11] Milovanović, Z. Papić, S.: Održavanje i pouzdanost tehničkih sistema, Istraživački centar za upravljanje kvalitetom i pouzdanošću, Prijedor 2007.
- [12] Ištvančić, Z. Ištvančić Dž.: Poslovnik o kvaliteti tvornice procesne opreme „Metacomm“ Jajce, 2008.
- [13] ISO 9001, Quality management systems – Requirements
- [14] ISO 9001 – Sistem menadžmenta kvalitetom

TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA DIZALIČNIH SISTEMA U KONTEKSTU ODRŽAVANJA PREMA EVROPSKIM STANDARDIMA

TECHNICAL DIAGNOSIS OF CRANE SYSTEMS IN THE CONTEXT OF MAINTENANCE ACCORDING TO EUROPEAN STANDARDS

Amel Tuka, dipl. inž. maš.
v.prof.dr Fuad Hadžikadunić
Univerzitet u Zenici Mašinski fakultet
Fakultetska 1, 72000 Zenica

Elvir Halilčević, inž.maš.
Prim Co Company d.o.o.
Polje b.b. 75323, Donja
Orahovica, Gračanica

Admir Muslija,
dipl.inž.saob.
Doktorant Fakulteta
prometnih znanosti
Zagreb

REZIME

U radu je dat prikaz procedura održavanja i ispitivanja dizaličnih sistema u kontekstu evropskih standarda i preporuka, za razliku od česte prakse u preduzećima u okruženju da se ista definišu u dobroj mjeri prema Tehničkim pravilnicima i JUS standardima, te nešto manje prema BAS/EN standardima. Dat je osvrt na evropske standarde koji tretiraju problematiku održavanja dizaličnih sistema. U tom smislu je dat prikaz zahtijevanih elemenata uputstva za održavanje, koja je po tom modelu primjenjiva na grupu dizaličnih sistema, a prema evropskim standardima i preporukama. Kao sastavni dio uputstva za održavanje prikazan je konkretan primjer ispitivanja dizaličnog sistema.

Ključne riječi: održavanje, dizalični sistemi, evropski standardi, ispitivanje dizalice.

ABSTRACT

The paper presents the procedures for maintenance and testing of crane systems in the context of European standards and recommendations, unlike the common practice in companies in the regional industry environment to define them according to Technical Regulations and JUS standards, and to a lesser extent according to BAS / EN standards. A review of European standards dealing with the issue of maintenance of crane systems is given. In that sense, the presentation of the required elements of the maintenance instructions is given, which according to that model is applicable to the group of crane systems, and according to European standards and recommendations. As an integral part of the maintenance instructions, a concrete example of testing the crane system is presented.

Keywords: maintenance, crane systems, European standards, crane testing.

1. UVOD

Značaj održavanja tehničkih i drugih sistema u industrijskom okruženju realne proizvodnje ima veoma veliki značaj. U razvoju modernih oblika proizvodnje zasnovanih na Industry 4.0 u razvijenim dijelovima Evrope i Svijeta značaj pravovremenog održavanja nema samo ulogu u tome da se određene radnje obave u što kraćem roku kada nastanu, nego je suština u primjeni daljinskog održavanja i 'Just in Time' reagovanja servisnih službi sa postojanjem rezervnih dijelova u maksimalno mogućem roku, odnosno planiranom roku kada se remont vrši, [1, 2]. U ovaj pristup spada i područje održavanja dizaličnih složenih sistema.

Definiranje preporuka i procedura prema evropskom standardima i preporukama, za razliku od česte prakse u preduzećima u okruženju da se ista definišu u dobroj mjeri prema Tehničkim pravilnicima i JUS standardima, te nešto manje prema BAS/EN standardima, nameće nešto drugačiji pristup. Primijenjeni pristup jeste danas sastavni dio realne ponude na tržištu izrade i isporuke modernih dizaličnih sistema u evropskim zemljama.

2. PREGLED ZAHTJEVA I PROCEDURA PREMA EVROPSKIM STANDARDIMA

U cilju obezbjeđenja ispravnog i sigurnog rada dizaličnih sistema, njihovo pouzdano i adekvatno stanje rada se mora održavati, [3, 4]. Stoga, sve dizalične mašine moraju proći ispitivanje u cilju obezbjeđenja da se devijacije od sigurnog rada na vrijeme otkriju i otklone, [5-8].

Prema standardu ISO 9927-1:2009 provjere se dijele na:

- **Dnevne provjere:** izvode se prije početka dnevnih aktivnosti operacija podizanja.
- **Česte provjere:** se izvode periodično u intervalima ne većim od 6 mjeseci.
- **Periodična ispitivanja:** se izvode periodično u intervalima ne većim od 12 mjeseci.
- **Detaljna ispitivanja:** su detaljne provjere koja zahtijevaju NDT metode i/ili demontaže ako su opravdane – i obavljaju se u intervalima od 2 ili više godina.
- **Posebna/izuzetna ispitivanja:** izvode se u situacijama kada se dizalična mašina podvrgne nepredviđenim situacijama: ekstremnih vremenskih uvjeta, zemljotresu srednjeg i velikog seizmičkog intenziteta, kolizije sa drugim strukturama, neočekivanog opterećenja za vrijeme djelovanja, aktiviranja sigurnosnih senzora ograničenja itd.
- **Promjenjive provjere:** se primjenjuju kada je u pitanju promjena nekih od slijedećih uslova: opseg opterećenja, noseće strukture ili elemenata, podiznih mehanizama, mehaničkih komponenti, upravljačke stanice, primarnog pogonskog sistema, užadi ili lanaca za podizanje, zavješajnih uređaja (kuke, grajferi, ...), nosači ili temelji.

Metode provjere/ispitivanja prema ISO 9927-1 uključuju vizualnu provjeru, NDT metode, testiranje funkcionalnosti i testiranje operativnosti. Prilikom ispitivanja, zapisi održavanja, zapisi pri upotrebi i/ili prijašnja ispitivanja se pregledaju.

- **VIZUALNA PROCJENA,** Vizualna procjena se izvodi na svakom elementu dizalice u namjeri otkrivanja bilo koje nepravilnosti ili devijacije od normalnih uslova putem vizualne provjere ili mjerenja. Generalno, izvodi se bez demontaže elemenata.
- **NDT METODE TESTIRANJA,** Zavisno od rezultata vizuelne provjere NDT ispitivanje, kao npr. ispitivanje penetrantima, ultrazvučno ispitivanje, ispitivanje magnetnim česticama i radiografsko ispitivanje se izvodi.
- **ISPITIVANJE FUNKCIONALNOSTI:** Ispitivanje kontrola, prekidača i indikatora se izvodi. Ispitivanje električnih sistema se također izvodi, ako je neophodno. Senzori indikacije i ograničenja: vrši se provjera senzora sa aspekta korektnog djelovanja pri radu: senzor pokazivanja nazivnog opterećenja i limiter istog, pokazivač kretanja i limiter istog, pokazivač i limiter rada.
- **ISPITIVANJE OPERATIVNOSTI / PRI RADU,** Ispitivanje bez opterećenja se vrši za sva kretanja dizalice, uključujući dizanje, translatorno kretanje u tri pravca, pri naznačenim brzinama i bez tereta dizanja, a u cilju provjere svih nepravilnosti i defekata. Ispitivanje sa opterećenjem se vrši za osnovna kretanja dizalice, translatorna, poprečna i okretna pri nošenju opterećenja prema nazivnom kapacitetu, a u cilju provjere svih nepravilnosti i defekata. Osoblje za ispitivanje mora biti stručno osposobljeno za pojedine provjere i ispitivanja.

Prema Aneksu A (normative) Competent persons for types of inspection je data u tabeli 1.

Tabela 1. Nivoi stručnih lica za obavljanje kontrola i ispitivanja

Dnevna	Frekventna	Periodična	Temeljita	Posebna	Promjenjiva	Provjera stanja
Rukovalac						
Održavalac						
Iskusno tehničko lice						
Ispitivač						
Ekspertni inženjer						

Odredene specifičnosti vezane za zahtjeve u vezi opterećenja za ispitivanje su dati u standardu ISO 14518.

U standardu **ISO 12478-1: 1997, Cranes – Maintenance manual – Part 1 – General** ukazano je na veze i sa drugim standardima:

- ISO 4309:2004 Wire ropes – Care, maintenance, installation, ...
- ISO 4310:2009 Cranes – Test code and procedures
- ISO 23815-1:2007 Cranes – Maintenance – Part 1 – General
- ISO 12482-1:1995 Cranes – Condition monitoring – Part 1: General
- ISO 12480-1 Guidance for periodical checks, inspections and tests.

Prema standardu **EN12644-1 Cranes – Information for use and testing – Part 1: Instructions**, posebno se upozorava na obavezu proizvođača kрана za isporuku dizalice sa potrebnom dokumentacijom, pri čemu se moraju definirati specifikacije tehničkih podataka, Uputstva za korištenje, Uputstva za operatera, Uputstva za održavanje (preventivno i korektivno), Uputstva za transport i montažu.

Prema **ISO 4310 Cranes – Test code and procedures**, zahtijeva se ispitivanje/provjera dizalice od strane proizvođača, prije isporuke naručiocu. Ova ispitivanja uključuju tri tipa: ispitivanje tehničkih performansi prema specifikaciji, vizualna provjera, adekvatnost prema nazivnom opterećenju. Također, ispitivanja se obavljaju na licu mjesta korištenja dizalice.

Također, prema standardu **EN 15011:2011** obavezno je ispitivanje dizalice prije stavljanja u upotrebu s ciljem dokazivanja mogućnosti vršenja namjene.

Ispitivanja funkcionalnosti: Sva kretanja dizalice se vrše u predviđenom opsegu kretanja, bez opterećenja, do nivoa maksimalnih operativnih brzina. Limiteri kretanja i položaji odbojnika se inicijalno prevazilaze i pri maloj brzini se vrši kontakt prije kontakta pri realnoj brzini. Kontakti odbojnika vrše se bez limitera kretanja i mogu se dovesti samo jednom u kontakti pri 100% brzine. Za vrijeme ispitivanja funkcionalnosti dizalice se prati s ciljem provjere adekvatnog rada, da li kočioni sistemi rade korektno i limiteri kretanja, te da li su indikatori tačno podešeni. Također, sekundarni limiter drugog stepena kretanja se provjerava isključenjem prvog za vrijeme kretanja sa nižom i višom brzinom.

Vizualna inspekcija, prema ISO 4310 uključuje sve vitalne elemente:

- mehanizme, električnu opremu, sigurnosne senzore i uređaje, kočnice, upravljačku jedinicu, svijetleće i signalne uređaje,
- metalnu konstrukciju dizalice i veze elemenata, pristupne platforme, ...
- rukohvate,
- kuke i druge zavješajne uređaje i njihove veze,
- užad i njihove spojeve,
- koturove, osovine, veze, ...

Ova provjera ne uključuje demontažu, nego samo fizičke pokrivne elemente pojedinih sklopova (zaštitni poklopci elektroormara, segmenta točkova, ...).

Ispitivanja opterećenjem:

Ispitivanja opterećenjem uključuju: statička ispitivanja, dinamička ispitivanja, ispitivanja stabilnosti.

Statička ispitivanja se izvode sa namjerom dokazivanja strukturalnog integriteta dizalice i njenih komponenti. Test se smatra uspješnim ako nije došlo do pojave pukotina, trajne deformacije, ljuštenja boje ili oštećenja koje utječe na funkciju i sigurnost dizalice, kao i ako nije došlo do popuštanja konekcije ili oštećenja iste. Statičko ispitivanje se izvodi zasebno za svaki pogonski mehanizam podizanja i kretanja i to u uslovima koji daju maksimalno opterećenje užadi, maksimalne savojne momente, maksimalne aksijalne sile, itd. Opterećenje se podiže 100 do 200 mm iznad tla u trajanju 10 min ili više po potrebi. Za prvo probno opterećenje uzima se 1,25 od nazivnog opterećenja bez težine zavješajnog sistema.

Prema **EN 15011:2011** dizalice opremljene sa limiterima direktnog djelovanja se testiraju prema gore naznačenim opterećenjima ili opterećenjima koja odgovaraju podešenju limitera - 5% planiranog kapaciteta, odnosno onom koji je veći. Ispitivanje se vrši u kritičnim pozicijama vitla, kao što je srednji raspon, ekstremne pozicije traverzi, s ciljem provjere preopterećenja i stabilnosti. Kod višepoložajnog ispitivanja, naredna operacija kretanja se ne smije vršiti dok se vibracije izazvane prethodnim kretanjem ne umire. Kod dizalica koje imaju više zavješanja dizanja, svako se testira zasebno, bez obzira na testiranja proizvođača. Dizalica se tada ispituje za najnepovoljnije uslove dizanja tereta i rada.

Dinamička ispitivanja se izvode s namjerom ispitivanja funkcionalnosti mehanizama dizalice i kočnica. Test se smatra uspješnim ako mehanizmi i komponente obavljaju svoju funkciju i ako vizuelnom kontrolom prije daljih ispitivanja nije došlo do pojave pukotina, trajne deformacije, elemenata i mehanizama ili oštećenja koje utječe na funkciju i sigurnost dizalice, kao i ako nije došlo do popuštanja konekcije ili oštećenja iste. Prilikom testiranja dizalicom se upravlja prema Uputstvu za korištenje i pažnja se posvećuje graničnim ubrzanjima, usporenjima i brzinama kretanja u okviru normalnog rada dizalice. Dinamičko ispitivanje se obavlja za svako kretanje dizalice posebno, a za položaje i kretanja koji izazivaju maksimalna opterećenja mehanizama, sa ponavljanjem višeciklusnog pokretanja i zaustavljanja, u trajanju 1h. Veličina ispitnog tereta je 1,1 nazivne vrijednosti.

Prema **BAS EN 15011+A1:2015** za vrijeme dinamičkih ispitivanja vrše se stalne provjere:

- korektnosti i tačnosti rada i kretanja dizalice,
- efektivno djelovanje kočionog sistema,
- efektivnost i tačnost djelovanja uređaja ograničenja i indikacije,
- ispravnost podataka proizvođača o jačini struje i podataka mjerenja jačine struje elektromotora pogona dizanja pri dizanju i radu sa ispitnim teretom.

Osobine zaštite kod limitera preopterećenja vrši se dizanjem tereta vrijednosti 110 do 125 % nazivne težine tereta:

- početak dizanja bez predopterećenja vitla,
- korištenje maksimalne dopuštene brzina,
- kretanje mehanizma dizanja do tačke isključenja limitera.

Obavezna je isporuka dizalice od strane proizvođača sa Priručnicima i Uputstvima urađenim u skladu sa **EN ISO 12100-2** i **EN 12644-1**.

Pored ostale dokumentacije obavezna je isporuka: Priručnika za operatora, Uputstva za instalaciju/montažu, Uputstva za održavanje, itd.

Uputstva za održavanje se moraju upotrijebiti prema standardima EN 12664-1, EN 60204-32 i EN 13135-2.

Uputstva sadržavaju:

- metode ispitivanja i intervale,
- kriterije za zamjenu dijelova,
- zamjenu oštećenih elemenata,
- ispitivanja nakon zamjene elemenata,
- periodična ispitivanja.

3. PRIMJER ISPITIVANJA DIZALICE

U ovom poglavlju je dat primjer pregleda i probnog ispitivanja prije stavljanja u rad dvogredne mosne dizalice sljedećih tehničkih karakteristika:

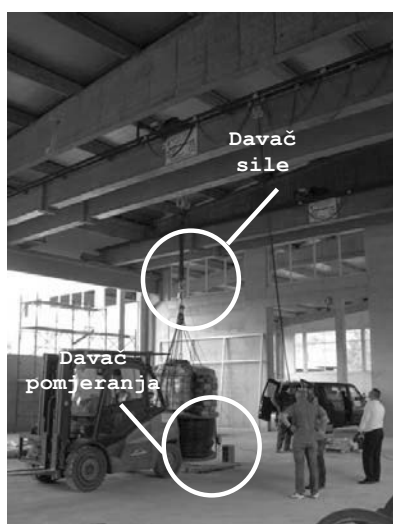
Pogonska klasa	2m / M5 FEM/ISO
Nosivost	50 kN
Raspon	22,9 m
Visina dizanja	7,432 m
Instalisana snaga	6,75 kW
Brzina dizanja	1 / 4 m/min
Brzina voznog vitla	6,3 / 20 m/min
Brzina vožnje mosta	0-30 m/min, frekventna regulacija dizalice

U toku ispitivanja, zapažanja vezana za kompletnu konstrukciju i funkcionalnost dizalice su bila sljedeća:

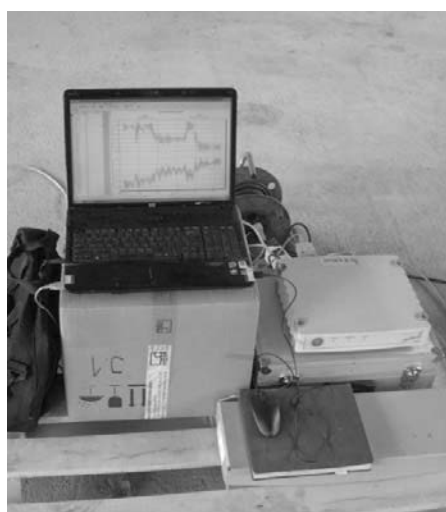
- Izvršen je uvid u projektnu dokumentaciju, te vizuelni pregled sklopa, podsklopova i elemenata dvogredne mosne dizalice, gdje se konstatuje izvedeno stanje dizalice prema projektnoj dokumentaciji i neoštećenost konstrukcije i veza elemenata.
- Dizalica je postavljena i montirana prema projektnoj tehničkoj dokumentaciji.
- Dizalica ima (fabričku) tablicu sa osnovnim podacima dizalice: naziv proizvođača, tip dizalice, nazivna nosivost dizalice, raspon, godina izrade. Tablica je pričvršćena na vidnom mjestu dizalice.
- Postoji mehanička zaštita svih pogonskih uređaja, pogona mosta mačke i dijelova dizalice, kako u pogledu pristupa rukovaoca, tako i sa aspekta kontakta sa teretom.
- Korišten je materijal za koji postoji atest osnovnog materijala, dodatnog materijala, atesti vijaka, itd.
- Vizuelnim pregledom je ustanovljeno da je konstrukcija dizalice u ispravnom stanju.
- Zavarivačke radove na nosećoj metalnoj konstrukciji dizalice vršili su licencirani zavarivači sa uređajima koji također imaju atest prema važećim standardima.
- Ugrađena je zvučna signalizacija za upozorenja pri radu sa dizalicom i ista je u funkcionalno ispravnom stanju.
- Kuke i užad za prihvatanje imaju atest proizvođača o kvalitetu.
- Kuka se slobodno okreće oko svoje vertikalne i horizontalne ose.
- Kraj nosećeg užeta je na siguran način pričvršćen za vitlo dizalice, užad se dobro namataju na doboš i premataju preko koturova, ispravna su i neoštećena.
- Pogonski mehanizam za dizanje tereta (vitlo) ima sigurnu kočnicu koja automatski djeluje čim se prekine strujno kolo pogona mehanizma za dizanje, odnosno spuštanje tereta.
- Krajevi kranskih staza imaju metalne branike kretanja, kao i staza za kretanje voznog vitla na glavnim nosačima dizalice. Udarne površine na istim imaju odbojnice sa elastičnim

elementom. Udarne strane glavnih i čeonih nosača dizalice također imaju gumene odbojnice.

- Dizalica ima sigurnosne uređaje za automatsko zaustavljanje pogona isključenjem struje (krajnji isključivač-graničnik) i to na mehanizmima:
 - a) za dizanje i spuštanje tereta,
 - b) kretanje (vožnju) voznog vitla,
 - c) kretanje kompletne dizalice.
- Krajnji isključivači na mehanizmu za kretanje, odnosno vožnju dizalice ili teretnih kolica podešena je tako da isključi pogon elektromotora u trenutku kad je odbojnik dizalice udaljen ili kada su kolica udaljena od branika na krajevima staze najmanje za polovinu puta potrebnog za kočenje dizalice pri kretanju normalnom brzinom.
- Djelovanje foto-čeliije je ispravno, s obzirom drugu brzinu pri kretanju mosne dizalice nije moguće aktivirati na rastojanju manjem od 4m.
- Djelovanje operatera preko komandne tastature je ispravno, pravci kretanja pojedinih mehanizama dizalice na komandama su jasno obilježena.
- Prilazi, radne platforme ili galerije na dizalici su propisno postavljene.
- Odstojanja krajnjih gabarita dizalice od zidnih i stropnih dijelova hale su usklađena prema standardima.
- Nosači šina i kranske staze su postavljeni prema montažnim crtežima na kojima su naznačena dopuštena odstupanja (tolerancije) kod onih elemenata kranskih staza (međusobno rastojanje šina, poprečna i uzdužna horizontalnost kolosjeka, izvijanje i ugib nosača i dr.) koji obezbjeđuju sigurnost i funkcionalnost rada dizalice.
- Protiv požarna zaštita je rješena u sklopu objekta.
- Antikoroziona zaštita konstrukcije i elemenata dizalice je propisno izvršena prema podacima datim u dokumentaciji (vrsta premaza, debljine i broj nanosa).
- Procedura ispitivanja dizalice sa rezultatima ispitivanja je obavljena, kako slijedi ukratko: Nakon postavljanja mjernog senzora sile, te fiksiranja ispitnog tereta veličine 62,5 kN izvršena je prvobitno provjera rada krajnjeg isključivača. Postupnim povećanjem opterećenja dizalice krajnji isključivač opterećenja je reagovao na 50 kN.



a)



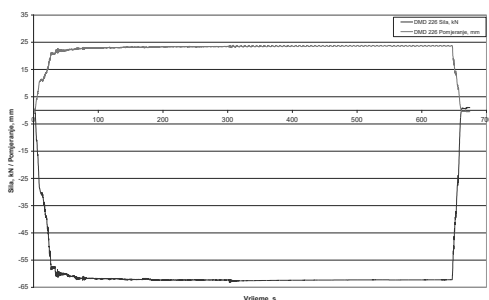
b)

Slika 1. Prikaz procedure statičkog i dinamičkog ispitivanja: a) statičko mjerenje sile i ugiba, b) akviziciona aparatura Spider 8 – Catman 5.0.

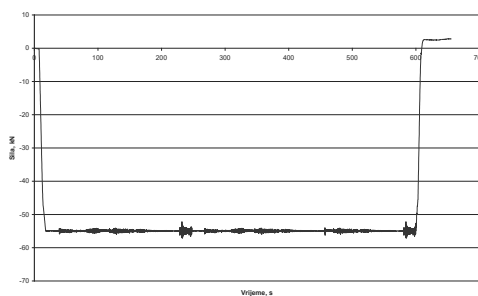


Slika 2. Dinamičko ispitivanje

Poslije provjere krajnjeg isključivača izvršeno je rasterećenje dizalice, te postavljen i senzor pomjeranja. Nakon toga dizalica je podvrgnuta prvom **probnom statičkom ispitnom opterećenju** sa 25% većom vrijednošću od nominalne nosivosti (62,5 kN), a teret je zadržan na visini 10 cm od tla u trajanju od 10 minuta. Pri tome je izmjerena vrijednost sile opterećenja i ugiba glavnog nosača dizalice. Nakon toga izvršeno je spuštanje tereta i rasterećenje sistema. Sa slike 3 je vidljiva sila opterećenja od 62,5 kN pri ispitivanju, a postignuti ugib dizalice je 23,325 mm. Vrijednost ugiba je manja od proračunske vrijednosti 32,19 mm, prema tehničkoj projektnoj dokumentaciji. Također, utvrđeno je da nije došlo do bilo kakvog oblika trajne deformacije osnovne noseće konstrukcije dizalice ili njenih pojedinih elemenata.



Slika 3. Dijagram statičkog ispitivanja dizalice



Slika 4. Dijagram sile pri dinamičkom ispitivanju dizalice

Dizalica je podvrgnuta prvom **probnom dinamičkom ispitnom opterećenju** sa 10% većom vrijednošću od nominalne nosivosti, slika 4. Izvršeno je podizanje tereta, pomjeranje pri maksimalnoj brzini dizalice, zaustavljanje tereta, mirovanje tereta, ponovno povratno kretanje dizalice i spuštanje tereta. Kretanje tereta je izvršeno po dužini i širini hale u maksimalnim karakterističnim tačkama. Za mjerenje sile i fleksije sile korišten je davač sile U2B – 200 kN i davač pomjeranja WA 200 mm. Akvizicija podataka je vršena pomoću mjernog sistema "Spider 8-55", a dobiveni podaci procesuirani pomoću softvera "Catman 5.0 Professional", HBM Germany.

- Nakon izvršenih ispitivanja konstatovano je da nije došlo do pojave trajnih oštećenja usljed neadekvatne konstruktivne izvedbe.
- Svi elementi dizalice su ispravno funkcionirali.
- Sigurnost kočnica pogona dizanja (pri spuštanju i dizanju tereta), pogona voznog vitla i pogona dizalice je potpuna.
- Pri djelovanjima pogona sa maksimalnim teretima ne dolazi do iskapčanja strujne mreže, odnosno isključivanja osigurača.
- Zaštita od udara groma i dodirnog napona je izvršena korektno.
- Dizalica je u potpunom eksploatacionom funkcionalnom stanju.

4. ZAKLJUČAK

Izrada 'Uputstva za održavanje' jeste obavezni sastavni dio projektne dokumentacije, uz ostale segmente opšte dokumentacije, tehničke dokumentacije i proračuna, te drugih uputstava za: izradu, montažu, rukovanje, sigurnost pri radu, zaštitu od požara, itd. Primijenjeni pristup jeste danas sastavni dio realne ponude na tržištu izrade i isporuke modernih dizaličnih sistema u evropskim zemljama. U radu je prikazan samo dio evropskih standarda prema kojima se vrše pojedine faze kreiranja uputstva za održavanje, kao i vršenje tehničke dijagnostike složenih dizaličnih sistema, a u cilju preventivnog održavanja, te provjere ispravnosti konstrukcije u cjelini u skladu s tim. Kao sastavni dio uputstva za održavanje prikazan je konkretan primjer ispitivanja dizaličnog sistema, a u cilju dobivanja upotrebne dozvole i potvrde o ispravnosti sistema sa kojim počinje 'radni život' dizaličnog sistema uz primijenjene metodologije održavanja elemenata i sistema u cjelosti. Ovaj dio procedure jeste od esencijalne važnosti i predstavlja zakonom i standardima propisani postupak ispitivanja kojem podliježu ovakvi sistemi.

5. REFERENCE

- [1] D. Petković, M. Aleksić, P. Stanojević: Konceptije održavanja, Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici, 2020.
- [2] Ž. Novinc, A. Halep: Tehnička dijagnostika i monitoring u industriji, Kigen, Zagreb, 2010.
- [3] J. Vladić: Transportna i pretovarna sredstva i uređaji, FTN, Novi Sad, 2005.
- [4] D. Ostrić, S. Tošić: Dizalice, UNBG, Beograd, 2005.
- [5] Crane Maintenance and Application Guide, Electric Power Research Institute (EPRI), 2000.
- [6] Demag Standard Crane Manual, Demag Cranes & Components GmbH 010508 EN/PDF, (katalog mosnih dizalica), 2017.
- [7] Direktiva: 98/37/EC - Sigurnost mašina,
- [8] Evropski standardi i preporuke.

UPRAVLJANJE RIZICIMA KOD AEROZAGAĐENJA U GRADU ZENICA

RISK MANAGEMENT FOR AIR POLLUTION IN THE CITY OF ZENICA

Fuad Klisura, van. prof. dr.
Mašinski fakultet, Institut za privredni inženjering d.o.o.
Zenica

REZIME

U ovom radu prikazani su efekti uticaja industrijskih pogona i ostalih bitnih zagađivača u Zenici na kvalitet zraka i rizici koje oni predstavljaju na kvalitet života na datom području. Najvažniji, najosjetljiviji i vremenski najzahtjevniji dio procesa upravljanja rizikom je postupak procjene, odnosno analize rizika. Procjena rizika je osnovni korak za njegovu kontrolu. Rizici od aerozagađenja kao veliki ekološki problem današnjice su prikazani u ovom radu, te na koji način se može uticati na njihovu kontrolu i prevenciju.

Ključne riječi: upravljanje rizicima, identifikacija rizika, mjere

RESUME

This paper presents the effects of the influence of industrial plants and other essential pollutants in Zenica on air quality and the risks they pose to the quality of life in the given area. The most important, most sensitive and time-consuming part of the risk management process is the risk assessment process. Risk assessment is a basic step to control it. The risks of air pollution as a major environmental problem today and how it can affect their control and prevention are presented in this paper.

Keywords: risk management, risk identification, measures

1. UVOD

Zagađenost zraka sa ekološkog aspekta i aspekta medicine predstavlja veliki rizik za živa bića i materijalna dobra. Rizik kao pojam predstavlja kombinaciju vjerovatnosti nekog događaja i utjecaja, odnosno (negativne) posljedice tog događaja u slučaju realizacije prijetnji koje iskorištavaju neku od ranjivosti.

2. STANJE KVALITETE ZRAKA U ZENICI

U Zenici je ugrožen kvalitet zraka zbog izgradnje regionalnog centra crne metalurgije u uslovima jedne duboke kotline gdje ima malo prostora za razvoj grada i bazne industrije. Epizode visoke zagađenosti zraka se obično javljaju u kasnu jesen i zimu, kada se u dane jako stabilnog stanja atmosfere s temperaturnim inverzijama polutanti nagomilavaju u prizemnom sloju tako da u relativno kratkom roku dostignu alarmantno visoke koncentracije i tako ostaju dok ne nastupi promjena opće vremenske situacije i razbijanje temperaturnog inverzionog sloja.

Monitoring kvaliteta zraka u Zenici vrše Federalni hidrometeorološki zavod i Grad Zenica. Mreža savremenih automatskih stanica uspostavljena je u proljeće 2013. godine. Prva mjerenja kvaliteta zraka u Zenici su vršena još 1955. godine [1].

U Zenici se provode kontinuirana mjerenja zagađenosti zraka na manuelnim fiksnim mjernim stanicama [2]: kontinuirana mjerenja koncentracija sumpornog dioksida (24-satni uzorci) na tri mjerna mjesta, kontinuirana mjerenja koncentracija ukupnih lebdećih čestica (24-satni uzorci) na dva mjerna mjesta, kontinuirana mjerenja količina taložnog praha (mjesečni uzorci) na 13 mjernih mjesta, određivanje sadržaja olova, željeza, kadmija i cinka u odabranim uzorcima ukupnih lebdećih čestica i taložnog praha.

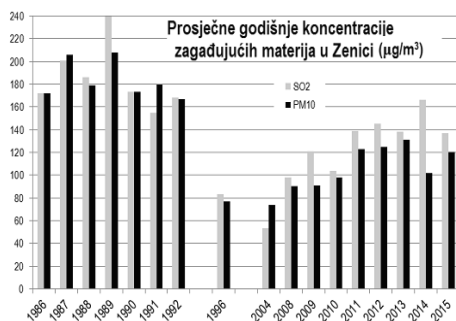
Na osnovu provedene analize rezultata mjerenja zagađenosti zraka pomoću tri stacionarne automatske mjerne stanice u Zenici za 2014. godinu dati su u Tabeli 1.

Tabela 1. Vrijednosti, godišnjih i prosječnih dnevnih koncentracija [3]

MJERNO MJESTO	PROSJEČNE GODIŠNJE VRIJEDNOSTI ZA KONCENTRACIJE			BROJ DANA SA PROSJEČNIM DNEVNIM KONCENTRACIJAMA	
	SO ₂	PM10	NO ₂	SO ₂ iznad 125 µg/m ³ (norma je do 3 dana u toku jedne kalendarske godine)	PM10 iznad 67,5 µg/m ³ (norma je do 35 dana u toku jedne kalendarske godine)
MS1 Centar	76,15 µg/m ³ *	59,07 µg/m ³ *	14,43 µg/m ³	64 dana **	92 dana **
MS2 Radakovo	89,74 µg/m ³ *	58,02 µg/m ³	15,37 µg/m ³	85 dana **	87 dana **
MS3 Tetovo	101,19 µg/m ³ *	71,21 µg/m ³ *	15,53 µg/m ³	99 dana **	130 dana **

*- prekoračena propisana vrijednost; **- prekoračena norma

Kao što se može vidjeti na osnovu prikazanih rezultata, najveći problem sa aspekta kvaliteta zraka u Zenici predstavljaju visoke koncentracije sumpor dioksida i čvrstih čestica u zraku. Na Slici 1. prikazane su prosječne godišnje koncentracije sumpor dioksida i čvrstih čestica u Zenici u periodu od 1986. do 2015. godine. Kao što se može vidjeti na prikazanom dijagramu, koncentracije ovih polutanata u zraku su u periodu od 2004. godine niže nego u periodu do 1992. godine.



Slika 1. Prosječne godišnje koncentracije sumpor dioksida i čvrstih čestica u Zenici u periodu od 1986. do 2015. godine [4]

Međutim kao što je prikazano na Slici 2., godišnja proizvodnja u Željezari, u periodu od 1986. do 1992. godine je takođe značajno veća nego u periodu od 2004. godine do danas, no kvalitet zraka je još uvijek veoma loš, što opet ukazuje na druge izvore zagađenja zraka kojim se ne pridaje posebna pažnja, lokalne kotlovnice, individualna ložišta, ali i saobraćaj.



Slika 2. Godišnja proizvodnja aglomerata, željeza i koks u željezari u periodu od 1986. do 2013. godine [4]

3. ZAKONSKA LEGISLATIVA

Federacija BiH uspostavila je sistem pravne zaštite okoliša. Kontrola kvaliteta zraka vrši se u saglasnosti sa odredbama važeće zakonske regulative:

- Zakon o zaštiti okoliša i Zakon o zaštiti zraka FBiH ("Službene novine FBiH, broj: 33/03),
- Pravilnik o monitoringu zagađujućih materija u zrak ("Službene novine FBiH, broj: 33/03),
- Pravilnik o monitoringu kvaliteta zraka ("Službene novine FBiH", broj: 33/03),
- Pravilnik o graničnim vrijednostima emisije u zrak iz postrojenja za sagorijevanje ("Službene novine FBiH" broj: 03/13),
- Pravilnik o načinu vršenja monitoringa kvaliteta i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka („Službene novine FBiH“, br.: 33/03 i 4/10).

Zakonom o zaštiti zraka definisano je da svaki izvor emisija mora da ispunjava sljedeće uvjete:

- da su emisije zagađujućih materija u zrak, kao i emisije neprijatnih mirisa, smanjene na najmanju moguću mjeru uz upotrebu najboljih raspoloživih tehnologija u fazama planiranja, projektovanja, otvaranja postrojenja i njegovog rada i
- da granične vrijednosti emisija ne smiju biti prekoračene.

4. IDENTIFIKACIJA RIZIKA I PRIJETNJI ZA ZAGAĐENJE ZRAKA POD UTICAJEM INDUSTRIJSKIH POGONA I OSTALIH ZAGAĐIVAČA U ZENICI

4.1. Proces identifikacije rizika i kontrole

Menadžment vrši u proces identifikacije rizika i kontrole postavkom planova za iskorištavanje potencijalnih mogućnosti. Elementi za proces upravljanja rizicima prikazani su u Tabeli 2.

Tabela 2. Elementi za proces upravljanja rizicima

Elementi za proces upravljanja rizicima	Kratak komentar
Komunikacija i konsultacija	Komunikacija i konsultacija sa internim i eksternim ulagačima – zainteresiranim stranama, kako je primjereno (tehnološki), na svakom stepenu procesa upravljanja rizikom i razmatranje procesa kao cjeline.
Utvrđivanje konteksta	Utvrđivanje eksternog, internog i konteksta upravljanja rizikom u kojem će se odvijati ostatak procesa. Treba utvrditi kriterije prema kojima će se procjenjivati rizik i definisati struktura analize.
Identifikacija rizika	Identifikacija gdje, kada, zašto i kako bi događaji mogli spriječiti, umanjiti,

	odložiti ili povećati postizanje ciljeva.
Analiza rizika	Identifikacija i procjena postojećih kontrola. Određivanje posljedica i vjerojatnoće a zatim nivoa rizika. Ova analiza treba razmotriti područje potencijalnih posljedica i njihovu pojavu.
Vrednovanje rizika	Poređenje procijenjenih nivoa rizika sa prethodno utvrđenim kriterijima i razmatranje ravnoteže između potencijalnih koristi i nepovoljnih rezultata. To omogućuje donošenje odluka o obimu i prirodi potrebnih obrada i o prioritetima.
Obrada rizika	Izrada i primjena specifičnih troškovno-efikasnih strategija i akcijskih planova za povećanje potencijalnih koristi i smanjenje potencijalnih troškova.
Monitoring i pregled	Neophodno je pratiti efikasnost svih koraka procesa upravljanja rizikom. To je važno za stalno poboljšavanje.

4.2. Uticaj Arcelor Mittala na kvalitet zraka u Zenici

Najveći i po kvalitet zraka najvažniji industrijski pogon je Arcelor Mittal. U okolini Arcelor Mittala Zenica dominiraju naselja, te antropogeni i antropogenizirani ekosistemi. Integralnu proizvodnu liniju čine sjedeći proizvodni pogoni [5]:

Koksara, Aglomeracija, Visoka peć, Čeličana: BOF i EAF-100t (trenutno nije u radu), Valjaonice: sitna pruga, žična pruga i tvornica građevinske armature, Kovačnica (trenutno nije u radu), Energetika: toplinska, plinska, elektroenergetika i vodoprivreda.

Pogon Koksara ima relativno veliki broj izvora emisije pa je potrebno napraviti razliku između sljedeća tri tipa izvora emisija u zrak [5]:

- Kontrolisane emisije, poput emisija sa dimnjaka koksare ili dimnjaka ventilacionih sistema. Ove emisije se mogu mjeriti bez problema i može se uticati na njihovo smanjenje.
- Difuzne emisije koje se dešavaju tokom normalnog rada koksne baterije, npr. separacija koksa, transport koksa i uglja, usponske kolone, istiskivanje koksa i gašenje koksa. Ove emisije je moguće smanjiti samo preventivnim mjerama. Vodena para koja se emituje sa tornja za gašenje koksa može sadržavati prašinu, CO, NH₃ i H₂S.
- Fugitivne emisije koje se dešavaju tokom poremećaja u normalnom radu koksne baterije, npr. curenje plina na vratima peći.

Emisije u zrak iz pogona Aglomeracija, imaju najveći uticaj na okoliš. Emisije u zrak nastaju tokom sljedećih procesa [5]: tokom pripreme i doziranja sirovina, drobljenja koksa, tokom procesa aglomerisanja, tokom drobljenja, klasiranja i transporta aglomerata.

Izvori emisija u zrak iz pogona Visoka peć su [5]: bunkerska estakada, kauperi, livna platforma, granulacija troske.

Emisije u zrak iz pogona Valjaonice su: emisije NO_x, SO₂ i CO i emisija prašine kod transporta valjanog materijala, valjanja i mehaničkog tretmana površine. Produkti sagorijevanja na pećima odvođe se u atmosferu preko pripadajućih dimnjaka.

Emisije u zrak iz pogona Energetika nastaju uslijed procesa sagorijevanja goriva u kombinaciji ugalj, zemni plin, koksni plin i visokopećni plin. Produkti sagorijevanja (CO₂, SO₂, NO_x, CO i PM10) se iz kotlova odvođe u atmosferu preko dimnjaka Energetike. Najznačajni polutanti sa ovog izvora emisija su SO₂ i čvrste čestice.

Jedan od najvećih ekoloških rizika koji mogu nastati iz Arcelor Mittala je isticanje koksno g plina u atmosferu. Osnovni nus-produkt procesa koksovanja je sirovi koksni plin. Na jednu tonu uglja dobije se 300 - 400 kg sirovog koksno g plina koji sadrži plinovite i tekuće produkte nastale u toku koksovanja, i to: katran, amonijačnu vodu, benzen i njegove homologe, naftalen, amonijak, sulfatne, cijanovodonične spojeve i dr., te čvrste čestice. Sirovi visokopećni plin nakon grubog prečišćavanja (I stepen) u prašnoj vreći, dolazi do prečišćavača plina tj. u vodene prečišćavače – skrubere. Čišćenje plina u skruberima, se vrši posredstvom vode, koja se raspršuje diznama (II stepen). U III stepenu se nalaze dvije nezavisne grupe prečišćavača, prva grupa je tzv. "prigušna grupa" koja radi na principu velikog

pada pritiska (prigušivanje). Tokom rada „prigušne grupe“ peć radi povišenim pritiskom na ždrijelu, a prašina se odstranjuje vodom. U drugu grupu prečištača spadaju elektrofilteri [5].

4.3. Uticaj lokalnih kotlovnica na kvalitet zraka u Zenici

Zbog potrebe zagrijavanja objekata u zimskom periodu, na području grada Zenice pokreće se rad velikog broja kotlovnica, ali i kućnih ložišta koja takođe utiču na zagađenje zraka. Najznačajniji polutanati nošeni dimnim plinovima u zrak iz kotlovskih postrojenja na uglj su NO_x , SO_2 , CO i PM_{10} . Uzrok tome je uglavnom korištenje uglja vrlo slabog kvaliteta i nepotpuno sagorijevanje uglja, neadekvatno održavanje i čišćenje kotlova.

U Tabeli 3. prikazane su emisije pojedinih polutanata iz lokalnih kotlovnica koje kao energent koriste uglj. Količine emitovanih polutanata nisu zanemarive, te se treba obratiti velika pažnja na njihov uticaj na kvalitet zraka.

Tabela 3. Emisije pojedinih polutanata iz lokalnih kotlovnica na mrki uglj [6]

Naziv kotlovnice	Proračunata emisija polutanata koja se ispušta u zrak		
	SO_2 (kg/6 mj)	CO (kg/6 mj)	NO_x (kg/ 6 mj)
„ZIM“ Zenica	28600	562,1	1193,5
Hotel „Rudar“ Zenica	4680	91,9	195,3
Rudnik „Stara Jama“ K – 1	2600	51,1	109,5
Rudnik „Stara Jama“ K – 2	4680	91,9	195,3
Rudnik „Raspotočje“	2600	51,1	108,5
„Džananović“ Zenica	2600	51,1	108,5
OŠ „Hasan Kikić“ Tetovo	7800	153,3	325,5
„RM – LH“ Zenica	2340	45,99	97,65
„Bingo“ Zenica – K – 1	5200	102,2	217
„Bingo“ Zenica – K – 2	5200	102,2	217
Kantonalna bolnica Zenica	206856	4065,5	8632,2
UKUPNO	291.876,00	5.736,2	12.079,3

Sagorijevanjem uglja sa visokim sadržajem sumpora i pepela, u zrak se emituju velike količine sumpor dioksida i čvrstih čestica, što može predstavljati veliki problem, naročito u zimskom periodu kada se pokreće rad ovih kotlovnica, a klimatski uvjeti otežavaju proces samoporečišćavanja zraka.

4.4. Uticaj motornih vozila na kvalitet zraka u Zenici

Nagli porast broja motornih vozila u našoj zemlji, time i u Zenici, u posljednje dvije decenije nažalost nije praćen odgovarajućom dinamikom izgradnje saobraćajne infrastrukture, brzih cesta, parking mjesta, uspostavljanjem saobraćajno regulacionih sistema niti zelenih pojasa i drugih zaštitnih sistema za ublažavanje negativnih efekata intenzivnog cestovnog saobraćaja. Prosječna starost našeg voznog parka je daleko iznad evropskog prosjeka što povećava negativne uticaje saobraćaja na životnu sredinu. Porast registrovanih vozila prikazan je u Tabeli 4.

Tabela 4. Broj motornih vozila u ZE – DO kantonu u periodu od 2013. do 2015. godine [7]

Godina	Putnička MV	Mopedi i motocikli	Autobusi	Teretna vozila	Ostalo	Ukupno
2013.	73.787	895	411	6.327	2.168	83.588
2014.	77.126	799	414	6.559	2.342	87.240
2015.	80.318	775	436	6.745	2.482	90.756

Na osnovu podataka prikazanih u Tabeli 4. može se vidjeti da se broj registrovanih motornih vozila u periodu od 2013. godine do 2015. godine povećao za 8,575 %. Samo u Zenici je krajem 2012. godine registrovano 29.656 motornih vozila [8]. Na osnovu studija iz 2014. godine veoma mali broj registrovanih motornih vozila je imao ugrađen katalizator.

4.5. Uticaj emisije polutanata na kvalitet života

Emisija polutanata u zrak mora biti kontrolisana i ona je ograničena zakonski. Proučavanje i praćenje kvaliteta zraka ima za cilj kontrolu i smanjenje sadržaja štetnih supstanci u njemu. Uticaj pojedinih polutanata na čovjeka i živi svijet prikazan je u Tabeli 5.

Tabela 5. Uticaj pojedinih polutanata na živi svijet [9]

Polutant	Uticaj na živi svijet
SO ₂	Izaziva kašalj, bronhitis, slabost, a u većim koncentracijama ima toksično djelovanje.
CO	Ugljik monoksid izaziva fiziološke promjene u tkivu čovjeka i životinja, te je u određenim količinama smrtonosan. Toksičnost CO sastoji se u njegovoj osobini da se vezuje sa hemoglobinom, pri čemu se stvara stalno jedinjenje ugljikoksihemoglobin, koji smanjuje sposobnost hemoglobina da raznosi kisik u tkivo čovjeka i životinja.
NO _x	Visoke koncentracije dušikovih oksida u zraku uzrokuju akutna oboljenja dišnih organa. Pokazatelji hroničnog zatrovanja su glavobolja, nesanica, čirevi sluznice i druge bolesti.
Čvrste čestice	Čestice ulaze u čovječje tijelo putem organa za disanje, pa zbog toga može doći do ozbiljnog oštećenja respiratornih organa ili do oštećenja drugih organa posredno.

5. RIZICI I MJERE ZA UPRAVLJANJE RIZICIMA ZAGAĐENJA ZRAKA

5.1. Rizici zagađenja zraka iz Arcelor Mittala Zenica

Ograničenje emisije polutanata u zrak definisano je Zakonom o zaštiti zraka, pa se prilikom izdavanja okolišne dozvole Arcelor Mittal obavezuje da ograniči emisiju polutanata na racionalnu količinu. U Tabeli 7. predstavljeni su tehničko – tehnološki rizici koji mogu dovesti do velikih ekoloških problema, te mjere za sprječavanje ili smanjenje tih rizika.

Tabela 6. Veliki rizici AMZ na kvalitet zraka uzrokovani tehničko – tehnološkim problemima [10]

RIZIK	MJERE ZA UBLAŽAVANJE I SPRJEČAVANJE RIZIKA
Isticanje koksnog plina u atmosferu i trovanje benzenom	Kako nije predviđeno izdvajanje benzena iz koksnog plina, treba utvrditi rizik i predvidjeti mjere za sprječavanje zagađenja okoline u objektima i van njih zbog izlaženja koksnog plina kroz instalacione vodove.
Opasnost koja može nastati prestankom rada ekstraktora. Tada je potrebno otvoriti havarijalne baklje i zapaliti koksi plin da ne bi otišao u atmosferu.	Izvršiti remont i montažu havarijalnih baklji. Obezbijediti potpuno zaptivanje.
Prestanak rada elektrofiltera	Držati elektrofiltere u visokoj pogonskoj spremnosti i visokim stepenom efikasnosti.
Prestanak ili smanjena efikasnost rada ostalih instaliranih uređaja za prečišćavanje otpadnih gasova	Redovna kontrola efikasnosti rada uređaja za prečišćavanje otpadnih plinova.
Korištenje nekvalitetnog goriva	Korištenjem goriva sa velikom koncentracijom sumpora i pepela može se uticati na povećanu emisiju polutanata u zrak.

5.2. Rizici zagađenja zraka iz lokalnih kotlovnica

S obzirom da se mreža gradskog grijanja ne širi na prigradska područja, najveći rizik za okoliš, odnosno zagađenje zraka predstavlja mogućnost povećanja broja kotlovnica na području grada i u prigradskim naseljima. Rizici za povećanje emisije polutanata u zrak iz lokalnih kotlovnica dati su u Tabeli 7. S obzirom da emisija polutanata u zrak utiče na

kvalitet života na datom području, nemoguće je podijeliti rizike prema njihovoj ozbiljnosti s aspekta zaštite okoliša što predstavlja veliki problem.

Tabela 7. Rizici lokalnih kotlovnica na povećanje emisije polutanata u zrak

RIZICI	MJERE ZA UBLAŽAVANJE I SPRJEČAVANJE RIZIKA
Korištenje nekvalitetnog goriva (uglja)	Korištenjem uglja sa manjim sadržajem sumpora i prašine smanjuje se emisija polutanata u zrak.
Nekontrolisan dovod zraka u ložište	Na proces sagorijevanja veliki uticaj ima odnos zrak/gorivo u ložištu. Ukoliko se ovaj odnos ne kontroliše, povećava se koncentracija polutanata u dimnim plinovima.
Nepravilan proces loženja	Na proces sagorijevanja utiče i način loženja, jer se na taj način obezbjeđuje veći kontakt zrak/gorivo i pospješuje sagorijevanje.
Kontrolisanje temperature u ložištu	Kontrolisanjem temperature sagorijevanja, smanjuje se emisija dušikovih oksida u zrak, jer dušikovi oksidi nastaju pri znatno većim temperaturama.
Neredovan remont i zamjena dijelova u kotlovnica	Brtvljenje, čišćenje, mijenjanje dotrajalih članaka, ispitivanje propusta, poboljšanje izolacije.
Nepravilno čišćenje kotlova i dimnjaka	Nepravilnim i neredovnim čišćenjem povećava se emisija čvrstih čestica u zrak.

5.3. Rizici povećanja zagađenja iz cestovnog saobraćaja

Motorna vozila emituju velike količine dušikovih oksida koji mogu da utiču na nastanak fotohemijskog smoga. U Tabeli 8. prikazani su rizici povećanja zagađenosti zbog uticaja cestovnog saobraćaja i način na koji se može uticati na smanjenje ovih rizika ili sprječavanje.

Tabela 8. Rizici i mjere za ublažavanje i sprječavanje rizika povećanja zagađenosti iz cestovnog saobraćaja

RIZIK	MJERE ZA UBLAŽAVANJE I SPRJEČAVANJE RIZIKA
Povećanje broja motornih vozila	Ograničavanje broja registrovanih vozila na osnovu mogućnosti i apelovanje na stanovništvo da se smanji korištenje motornih vozila.
Korištenje nekvalitetnih goriva	Apelovanje nadležnim organima na povećanje kontrole kvaliteta goriva na benzinskim pumpama.
Registrowanje tehnički neispravnih vozila	Povećana kontrola tehničkih pregleda vozila.
Registrowanje vozila bez ugrađenih katalizatora	Apelovanje na važnost katalizatora i njihovog uticaja na otpadne gasove, te uvođenje obaveznog posjedovanja ispravih katalizatora na vozilima.

6. MJERE I AKTIVNOSTI ZA SMANJENJE RIZIKA POVEĆANIH EMISIJA

Mjere i aktivnosti koje je potrebno izvršiti s ciljem smanjenja rizika povećanih emisija polutanata u zrak u Zenici prikazane su u Tabeli 9.

Tabela 9. Mjere i aktivnosti da bi se smanjio rizik od prevelikog zagađenja u gradu Zenica

MJERE	AKTIVNOSTI
Proširenje mreže centralnog grijanja	Proširenje mreže centralnog grijanja na prigradska naselja, zbog smanjenja broja kućnih ložišta.
Podsticanje korištenja energenata koji imaju smanjen uticaj na okoliš	Podsticanje nadležnih organa na korištenje goriva koja manje utiču na kvalitet zraka, kao što je supstitucija uglja biomasom.
Smanjenje emisije polutanata iz pojedinačnih ložišta	Redovna kontrola dimnjaka i ložišta u privatnim kućama, te analiza korištenog uglja i mogućnost oplemenjivanja ugljeva za korištenje u pojedinačnim ložištima
Modernizacija kotlovnica	Većina kotlovnica na području Zenice stara, a remontu se rijetko vrše, stoga je potrebno izvršiti modernizaciju kotlovnica.
Edukacija o efikasnom korištenju energije	Medijske kampanje o efikasnom korištenju energije
Obavezan monitoring emisije polutanata iz	Uvođenjem obaveznog mjerenja osnovni je korak za smanjenje

industrijskih postrojenja i lokalnih kotlovnica	emisije polutanata u zrak, s obzirom da je monitoring indikator neadekvatnog vođenja procesa i alarm za smanjenje emisije.
Obavezno primjenjivanje principa „zagađivač plaća“	Povećanjem emisije, povećavaju se i naknade za emitovanje polutanata u zrak, te je potrebno redovno i ispravno sprovesti ovaj princip, kako bi zbog finansijskih gubitaka podsticalo na smanjenje emisije
Smanjenje zagađenja od strane motornih vozila	Obavezna kontrola izduvnih plinova kod redovnog tehničkog pregleda vozila, redovne kontrole nafte i naftnih derivata
Bolja organizacija saobraćaja	Naročito u periodu prebukiranosti
Izrada registra i katastra zagađivača na području grada	Izradom registra i katastra zagađivača dobije se detaljan uvid o svim zagađivačima, te njihovim predviđenim emisijama u zrak

7. ZAKLJUČAK

Na kvalitet zraka pored antropogenog djelovanja, dosta utiče sam geografski položaj grada Zenica, ali i klimatski uslovi. Posljednjih nekoliko godina, intenzivnije se govori o aerozagađenju, kao velikom ekološkom problemu Zenice. Stoga je u Zenici prije nekoliko godina uveden kontinuirani monitoring, kao osnova djelovanja na kvalitet zraka. U Zenici najveći emiter polutanata u zrak je Arcelor Mittal, no nije jedini zagađivač u Zenici. Pored Arcelor Mittala, veliki problem na kvalitet zraka u Zenici predstavljaju lokalne kotlovnice koje kao energent uglavnom koriste ugalj, čijim sagorijevanjem u zrak se emituju velike količine polutanata. Posljednjih godina došlo je do povećanja broja registrovanih motornih vozila koja sagorijevanjem goriva u zrak emituju polutante, pa se njihov uticaj na kvalitet zraka ne smije zanemariti. Sa stanovišta kvaliteta zraka ne smiju se zanemariti ni kućna ložišta, jer pored povećane urbanizacije, sistem gradskog grijanja se ne širi, pa stanovništvo kao alternativu za zagrijavanje koristi individualna ložišta. U ovom radu su predstavljene smjernice šta sve može dovesti do pojave rizika, te koje su to aktivnosti i mjere koje se trebaju izvršiti kako bi se ostvarenje ovih rizika svelo na minimum.

8. LITERATURA

- [1] Godišnji izvještaj o kvalitetu zraka u Federaciji Bosne i Hercegovine za 2014. godinu, Federalni hidrometeorološki zavod, Sarajevo, 2015. godine
- [2] Informacija o stanju životne sredine na području Zeničko-dobojskog kantona za 2014. godinu, Univerzitet u Zenici, Metalurški institut „Kemal Kapetanović“, 2015. godine
- [3] Pravilnik o načinu vršenja monitoringa kvaliteta i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka, „Službene novine Federacije BiH“, broj: 33/03 i 4/10
- [4] <http://eko.ba/novosti/86-arcelormittal-zenica-nastavlja-trovanje-gradana-bez-vazecih-okolisnih-dozvola>
- [5] Zahtjev za izdavanje integralne okolišne dozvole za pogone i postrojenja ArcelorMittal Zenica, Zenica 2016. godina
- [6] Birdahić, V., Goletić, Š., Šišić, M., Imamović, N. (2013): Komparativna analiza izmjerenih i proračunatih vrijednosti emisija u zrak iz lokalnih kotlovnica, „KVALITET 2013“, Neum.
- [7] Informacija o ukupnom broju registrovanih i prodatih novih motornih vozila u BiH u periodu januar – decembar 2013, 2014, 2015 BIHAMK, 2014-2016. godine
- [8] Izvod iz evidencije motornih vozila i dokumenata za registraciju, bilten za mjesec 10.2012 godine, Agencija za identifikacijske isprave, evidenciju i razmjenu podataka, 2012. godine
- [9] Brošura “Upravljanje kvalitetom zraka u Kantonu Sarajevo”, Ministarstvo prostornog uređenja, građenja i zaštite okoliša Kantona Sarajevo, Sarajevo, 2015. godine
- [10] Plan aktivnosti sa mjerama i rokovima za postupno smanjenje emisija, odnosno zagađenja i za usaglašavanje sa najboljom raspoloživom tehnikom za pogone i postrojenja Arcelor Mittal Zenica, Zenica 2008. godina [11]

UTICAJ AKTIVNOSTI ODRŽAVANJE NA PROJEKTOVANJE TOKOVA OPERACIJA U DRVOPRERAĐIVAČKOM PROIZVODNOM SISTEMU

Darko Petković, R.prof.Dr.Sc.
Univerzitet u Zenici
Mašinski fakultet

Ajdin Jeleč, dipl.pr.ing
Politehnički fakultet u Zenici

REZIME

Proizvodni sistemi u drvoprerađivačkom sektoru danas se karakterišu kao kompleksni proizvodni sistemi. Kompleksnost obradnih sistema u kojima dominiraju CNC mašine sa više osa upravljanja, velikim brojem alata, često i sa učešćem robotskih/manipulativnih jedinica u pomoćnim zahvatima je posmatrana sa stanovišta specifičnosti obrade predmeta od punog drveta koji zahtijevaju primjenu različitih mehaničkih, elektronskih, pneumatskih i hidrauličnih sistema. Pored kompleksnosti obradnih sistema ovakvi fleksibilni sistemi su često predviđeni neophodnošću za postizanjem kontinuiteta u realizaciji operacija obrade te velikoserijskom i masovnom proizvodnjom. Kontinuitet proizvodnih procesa je u organizacionom smislu predstavljena kroz tokove operacija koje je neophodno realizovati u cilju postizanja finalnog proizvoda i samo je jedan od važnih segmenta. U tom smislu aktivnosti održavanja imaju veliki značaj. Sadašnji nivo organizacije održavanja u ovom sektoru je uvođenje sekundarnih obradnih sistema (by pass linije) čime je umanjen uticaj provođenja aktivnosti održavanja na kontinuitet planiranih tokova operacija. Rad također daje osvrt i ocjenu stanja funkcije održavanja u drvnom sektoru u firmama u BiH.

Ključne riječi: drvoprerađivački sektor, savremeni proizvodni sistemi, aktivnosti održavanja, tokovi operacija.

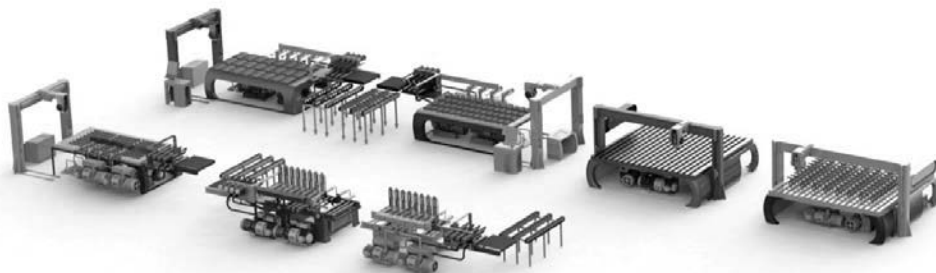
ABSTRACT

Today production systems in wood processing sector are characterized as complex production systems. Complexity of machining systems dominated by CNC machines with multiple control axes, a large number of tools, often with participation of robotic / manipulative units in auxiliary operations is observed from the point of view that specific processing of solid wood objects require different mechanical, electronic, pneumatic and hydraulic systems. In addition to complexity of machining systems, such flexible systems are often envisaged by the need to achieve continuity in implementation of operations realization in large-scale and mass production. Continuity of production processes is presented in organizational sense through operations flows that are necessary to realize in order to achieve the final product and is only one of important segments. In this sense, maintenance activities are of great importance. The current level of maintenance organization in this sector is the introduction of medium processing systems (by pass lines), which reduces the impact of maintenance activities implementation on the continuity of planned operations flows. The paper also provides an overview and assessment of maintenance function state in wood sector in BiH companies.

Keywords: wood processing sector, modern production systems, maintenance activities, operations flow.

1. UVOD

Kompleksnost današnjih proizvodnih sistema u finalnim procesima drvoprerade u pogledu operacija koje je potrebno realizovati zahtijeva multidisciplinarni pristup kojim su obuhvaćeni različiti pristupi u organizovanju cjelokupnog proizvodnog sistema. Multidisciplinarni pristup je u direktnoj povezanosti sa neophodnošću postizanja neprekidnosti i kontinuiteta cjelokupnog procesa. Kontinuitet u realizovanju operacija proizvodnog sistema je moguće posmatrati kroz proizvodne tokove karakterisane vremenima pojedinačnih operacija. Tokovi proizvodnih sistema zbog svoje važnosti predstavljaju neizbježni segment u organizovanju cjelokupnog procesa. S obzirom da su tokovi operacija u direktnoj povezanosti sa proizvodnim asortimanom i kompleksnosti pojedinačnih proizvoda, proces nastanka nove vrijednosti predstavljen kroz obradni proces uslovljava definisanje tehnološkog sistema potrebnog za proizvodnju odgovarajućeg proizvodnog asortimana. Kreiranje dominantno linijskog rasporeda tehnoloških sistema je vidljivo u drvoprerađivačkom sektoru prvenstveno zbog specifičnosti predmeta obrade kao i veličina serija. Početna osnova kreiranja navedenog rasporeda jeste zastupljenost baznih operacija obrade prisutnih u cjelokupnom asortimanu. Pored baznih operacija obrade dodatni parametar koji je neophodno uzeti u razmatranje jeste implementiranje savremenih proizvodnih trendova karakterisanih kao fleksibilni proizvodni sistemi. Fleksibilnost kao karakteristika savremenih proizvodnih sistema zahtijeva primjenu različitih automatizovanih sistema koji omogućavaju poboljšanje postojećih proizvodnih sistema u smislu prilagođavanja različitim zahtjevima proizvodnog procesa [1]. Implementiranjem fleksibilnih obradnih sistema je omogućena realizacija širokog diapazona operacija obrade na pojedinačnim obradnim centrima. Primjenom obradnih centara je omogućen linijski tok operacija bez obzira na obradu segmenata različitih proizvoda. S obzirom da su obradni centri korišteni u drvoprerađivačkom sektoru kompleksni sistemi sa tehnološkog aspekta, vidljiva je potreba za razmatranjem različitih pristupa kojim će biti eliminisan negativan uticaj na postizanje kontinuiteta tokova operacija ili mogućnost nastanka smetnji. Iz perspektive održavanja smetnje se mogu smatrati tehničkim greškama ili prekidima, dok se iz proizvodne perspektive više gledaju s aspekta učinkovitosti [2].

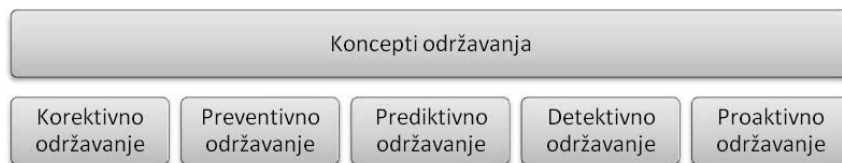


Slika 1. Tipični proizvodni sistem u drvoprerađivačkom sektoru

2. KONCEPCIJE ODRŽAVANJA

U našoj literaturi nema jedinstvenog naziva, pa se koriste i izrazi *strategije održavanja*, *politike održavanja*, *koncepti održavanja*, *metode održavanja* ili *vrste održavanja*. U svjetskoj se literaturi koriste i različiti izrazi, poput *strategije održavanja* (SAD), *sustava održavanja* (Rusija); *metode održavanja* (Italija), *koncept održavanja* (Njemačka). Tri najvažnija i najpoznatija koncepta održavanja su: korektivno održavanje, preventivno održavanje i

održavanje prema stanju. Nije moguće govoriti o izboru koncepata održavanja ukoliko prethodno nisu definirani i detaljno opisani, kao što je definisano na slici 2.



Slika 2. Koncepti održavanja

Jasno je izbor jedinstvenog koncepta održavanja za složene tehničke sisteme ili poslovne organizacije nije jednostavan i lagan zadatak. Moderne sisteme karakteriše sve veći uticaj komponenata elektronike i IT podrške, koje imaju veću snagu, a manje gararite tako da se izražava potreba da se u vremenu eksploatacije postignu maksimalni proizvodni učinci sa jedne strane, a sa aspekta funkcije održavanja s druge strane manji broj otkaza, kraće vrijeme u zastojima, veća pouzdanost uz minimalne troškove održavanja. Svi se ti uslovi ne mogu ispuniti u isto vrijeme, zbog čega je izbor optimalnog koncepta održavanja za većinu poslovnih sistema doveden u pitanje.

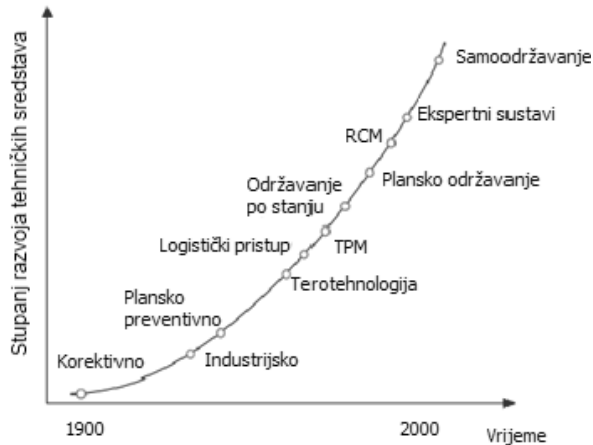
Jasno je stoga da savremeni poslovni sistemi (aviokompanije i brodarske kompanije, čeličane, rudnici, energetske kompanije, poljoprivredni sektor, vojna industrija itd.) imaju značajno različite pristupe rješavanju ovih problema, koje jednostavno nazivamo *konceptom održavanja*. Teško je donijeti odluku o samom konceptu nedvosmisleno i da svi dijelovi poslovnog sistema ili sva oprema ima potrebu za istim konceptom. Također je jasno da složeni prikaz cjelokupnog poslovnog sistema u smislu održavanja, ali i proizvodnje, sigurnosti, ekologije, ekonomije i mnogih drugih uticajnih parametara mora biti uzeti u obzir pri donošenju tako teške i složene odluke.

Osnovni kriteriji za izbor optimalne politike održavanja su minimalni troškovi održavanja s maksimalnom pouzdanošću tehničkih sistema izračunati formulom $T_{min} = T_d + T_z(KM)$, gdje su:

- ✓ T_d (KM) - direktni troškovi održavanja koji se mogu prikazati kao zbroj troškova prema vrsti radova na održavanju i
- ✓ T_z (KM) – troškovi zastoja koje uzrokuju funkciju održavanja svojim radom ili neradom, a mogu se prikazivati s različitim stupnjevima detalja, ovisno od informacijskog podsustav funkcije održavanja.

Dodatni kriterij za izbor koncepta održavanja je poznavanje faze ciklusa trajanja sredstva koji se održava. Naime, tokom vijeka trajanja nekog sredstava za upotrebu i eksploataciju u projektiranim uslovima, događaju se kvarovi različitog intenziteta čija zakonitost ima sličan oblik za većinu održavanih sredstava. Definisani koncepti razvili su višestruke pristupe održavanju sredstava za rad kao samo jedan dio cjelokupne zadaće poslovnog sistema. Među njima se posebno izdvajaju:

- Terotehnologija (eng. *Terotechnology* - britanski koncept),
- Logistički koncept (eng. *Integral Logistic support* - SAD koncept),
- Ukupno produktivno održavanje-TPM (eng. *Total Productive Maintenance* - Japanski model)



Slika 3. Razvoj pristupa i koncepta održavanja

Svaki od ovih koncepata ima određene karakteristike koje ih čine više ili manje primjenjivima, odnosno učinkovitima u specifičnim uslovima.

3. NEKE KARAKTERISTIKE DANAŠNJIH DRVOPRERAĐIVAČKIH FIRMI U BIH

Istraživanje za ovaj rad napravljeno je na uzorku od 30 kompanija dominantno lociranih u području Srednje Bosne (Zeničko-dobojski kanton, Kanton Sarajevo i Srednje Bosanski kanton) u kome je smješten i najveći broj drvoprerađivačkih firmi. Dominantna veličina firmi je u području malih i srednjih preduzeća mada nije zanemarljiv ni broj velikih proizvodnih sistema sa više stotina zaposlenih i većim brojem mašina (više od 50). Dok je period od 1995-2005.godine karakterisao rad na dominantno mašinama naslijeđenim od prijeratnih velikih poslovnih sistema (Šipad, Krivaja i dr.) sa niskim nivom automatizacije ili kupovina polovnih mašina na Zapadu to period 2005.godina do danas karakteriše velika ulaganja u savremene proizvodne sisteme sa dominantno CNC tehnologijama i rad na zaokruživanju PDLM koncepta. Druga bitna karakteristika ulaganja u ovom periodu je bila da se nije posebno vodilo računa niti o načinima kako će se te mašine održavati niti o razvoju neke funkcije održavanja u firmama. Tako da je dominantan model održavanja drvoprerađivačkog sektora „čekanje na kvar“ i out-sourcing održavanje koji uglavnom izvode firme ili zastupnici prodaje opreme na regionalnom nivou. Vrlo je teško doći do egzaktnih podataka o broju i karakteristikama zastoja mašina i opreme a još manje o troškovima održavanja jer podorganizacijski ovaj sistem „de facto“ ne postoji u više od 90% kompanija posmatranog uzorka. Također, bitno je naglasiti da se do danas u BiH nisu razvile firme koje bi bile jači out-sourcing proizvodnim kompanijama u segmentu održavanja u drvoprerađivačkom kao što je to slučaj u metalnom sektoru ili kao što funkcija održavanja ima ulogu u metalnom sektoru. U mnogim stvarima drvoprerađivački sektor je stigao metaloprerađivački sektor u BiH (obim izvoza, broj zaposlenih, međunarodna prepoznatljivost proizvoda, izgradnja poznatih brendova, način organizacije poslovnih aktivnosti i dr.) no za segment održavanja se može u najvećoj mjeri reći da je ostao izvan ovih razvojnih trendova. Da li je ovo model koji će i u budućnosti biti ekonomski i tehnički održiv pokazat će vrijeme koje je pred nama. Za očekivati je da sa prvim većim obimom kvarova i rapidnog rasta outsourcing usluga u njima, doći do promjene u pristupima održavanju. Sadašnja prosječna starost većine ključnih mašina je ispod 10 godina i one ne pokazuju veće probleme u radu tako da ni sektor ne prepoznaje potencijalni budući problem.

4. TEHNOLOŠKI SISTEM U DRVOPRERAĐIVAČKOM SEKTORU

Tehnološki sistemi specifični za drvoprerađivački sektor sa stanovišta obima proizvodnje na nivou velikoserijske i masovne proizvodnje ne dozvoljavaju nastanak prekida tokova. Prekid toka je moguće definisati kroz neadekvatno planiranje tokova, nastanak grešaka ili otkaz pojedinačnih segmenata ili kao operacije tekućeg ili preventivnog održavanja. Moderni sistemi za proizvodnju su složeni sistemi interakcija mašina koje rade zajedno na zajedničkom proizvodnom cilju. S vremenom se stanje svih mašina pogoršava s upotrebom i starošću, a ako se ne poduzima ništa na održavanju, ovaj postupak degradacije će u konačnici rezultirati kvarom mašine. Kvarovi opreme prekidaju normalan proizvodni proces i nedostatak blagovremenog održavanja može rezultirati značajnim gubicima proizvodnje i smanjenjem profita proizvodnog sistema [3].

Zbog prethodno navedenog prvenstveno u drvoprerađivačkom sektoru je vidljiva potreba za razmatranjem uvođenja dodatnih obradnih sistema karakterisanih kao pomoćni obradni sistemi. Pomoćni obradni sistemi predstavljaju duplicirane obradne sisteme koji omogućavaju preusmjerenje tokova operacija u slučaju nastanka odgovarajućeg otkaza, kvara ili potrebe za odgovarajućim servisiranjem. Pored navedene svrhe moguće je definisati primjenu navedenih sistema za „ublažavanje“ opterećenosti tokova operacije s obzirom na postojeći obradni sistem što može rezultirati nastankom zastoja ili čekanja. Navedena primjena dupliciranih sistema jeste zasnovana na potrebama za održavanjem tehnološke funkcionalnosti obradnih sistema.

Polazna osnova za razmatranje mogućnosti primjene pomoćnih sistema jeste analiza vremena obrade pojedinačnih predmeta obrade u cilju postizanja osnove za ublažavanje opterećenosti primarnih obradnih sistema. S navedenim vremenom obrade moguće je napraviti poređenje u skladu s projiciranim takt vremenom kao osnovom za grupisanjem operacija obrade kako bi se skratilo vrijeme potrebno za obradu jednog ili više dijelova. Skraćenje trajanja operacije može se promatrati kroz smanjenjem potrebe za pozicioniranjem objekta, promjenom položaja, vremenom stezanja obrađivačkog predmeta i vremenom kretanja objekta iz jednog obrađivog centra u drugi [4]. S obzirom da su navede operacije karakterisane kao pomoćne operacije u istu grupu je moguće klasifikovati i operacije održavanja.

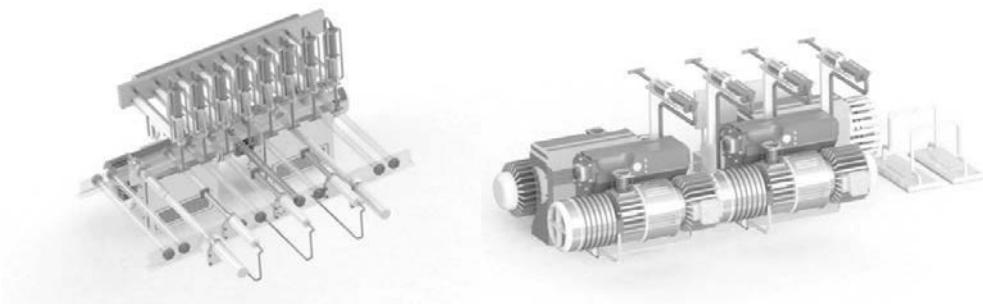
S obzirom da fleksibilni proizvodni sistemi pored obradnog sistema u užem smislu obuhvata i obradni sistem u širem smislu sadržan od automatizovanog magacina alata, sistema pozicioniranja predmeta obrade, sistema za usmjeravanje predmeta obrade prema obradnom sistemu i mnoge sisteme neophodne za potpunu adaptivnost promjenama u procesu proizvodnje. Fleksibilni proizvodni sistem je osmišljen tako da pruža brži odgovor na zahtjeve kupaca i smanjuje gubitke vezane za kontrolu proizvodnje. U stvari, trošak izolovanog kvara ne odražava samo gubitak tog dijela opreme, već rezultira sinergističkim troškovima poput nezadovoljstva kupaca itd. Iz navedenog se vidi da su potrebni pristupi održavanja koje mogu zadržati fleksibilni proizvodni sistem u ugrađenom stanju. Ovi pristupi moraju biti sposobni rukovati složenim sistemima koji se sastoje od mnogih različitih komponenti. Tipični fleksibilni proizvodni sistemi, osim mehaničkih dijelova, posjeduju i elektronske, hidraulične, elektro-mehaničke softverske i hardverske elemente i svaki ima različite karakteristike kvarova i različite nivoe međuovisnosti [5].

Prisutnost navedenih sistema zahtijeva kontinuirano nadgledanje pojedinačnih komponenti koje predstavljaju potencijalni segment na kojem je potrebno realizovati operacije obrade. S obzirom na kompleksnost cjelokupnog sistema aktivnosti pregleda funkcionalnosti pojedinih

komponenti zahtijevaju kratkotrajno zaustavljanje procesa obrade što rezultira poremećajima u definisanim tokovima. U sistemima u kojim nije omogućeno preusmjeravanje tokova operacija, svaki oblik kratkotrajnog zaustavljanja će rezultirati potrebom za korigovanjem definisanih tokova operacija s obzirom da su isti povezani sa operacijama izvan obradnog sistema. Pored aktivnosti pregleda s obzirom na prisutnost nekoliko različitih pneumatskih, hidrauličnih i sistema za elektro pogon neophodno je realizovati aktivnosti preventivnog i korektivnog održavanja kao i aktivnosti servisiranja. Navedene aktivnosti s obzirom na osnovne karakteristika operacija servisiranja zahtijevaju zaustavljanje cjelokupnog obradnog sistema pošto su pojedinačni obradni centri međusobno povezani aktivnosti djelovanja alata na predmet obrade. Nastankom navedenog scenarija je onemogućeno preusmjeravanje tokova operacija i nastavak tokova operacija umanjenog intenziteta.

5. PROIZVODNI SISTEM U DRVOPRERAĐIVAČKOM SEKTORU

Kompleksnost proizvodnih sistema zastupljenih u drvoprerađivačkom sektoru zahtijeva provođenje niza aktivnosti održavanja s obzirom na prisutnost raznovrsnih mehaničkih, elektronskih, hidrauličnih i pneumatskih sistema. Potrebu za kontinuiranim provođenjem aktivnosti održavanja je moguće predstaviti kroz zavisnost funkcionalnosti obradnog centra od navedenih sistema. Funkcionalnost pojedinačnih sistema je predstavljena kroz funkcionalnost pogonskog sistema obradnog centra, pneumatskih steznih sistema obradnog centra kao i hidrauličnih sistema steznih presa neophodnih za postizanje raznovrsnosti proizvodnog sistema. Pogonski sistem obradnog centra predstavlja mehanički sistem neophodan za prenos rotacionog kretanja na alat kojim se realizuju operacije obrade. Kao pneumatski sistem moguće je definisati sistem pozicioniranja predmeta obrade, stezanje predmeta obrade na radni stol, dok je hidraulički sistem u direktnoj povezanosti sa principima rada hidraulične prese.



Slika 4. Pneumatski i hidraulični sistem proizvodnog sistema

Navedeni sistemi predstavljaju osnovu za definicijom aktivnosti preventivnog ili planskog održavanja što zahtijeva razmatranje mogućnosti preusmjeravanja obradnih aktivnosti sa primarnih na sekundarne (pomoćne) obradne centre. Otkazi navedenih sistema kao segmenta obuhvaćenog sistemom održavanja u velikoj mjeri rezultira zamjenom operacija obrade sa operacijama održavanja ili servisiranja. Navedenim rotiranjem operacija cjelokupan sistem i operacije obrade su prekinute što sa stanovišta proizvodnih sistema predstavlja negativnu pojavu. Analizirajući vrste operacija održavanja specifičnih za drvoprerađivački sektor, kao osnovni koncept u prevazilaženju negativnog aspekta održavanja na proizvodni proces u ovom radu su razmotrene mogućnosti implementiranja dodatnih odnosno sekundarnih sistema. Prema [2] održavanje se odnosi na tehničke i administrativne radnje, uključujući nadzor, koji su namijenjeni održavanju ili vraćanju jedinice u stanje koje omogućava izvršavanje potrebne funkcije. Aktivnosti održavanja provode se radi održavanja sistema u

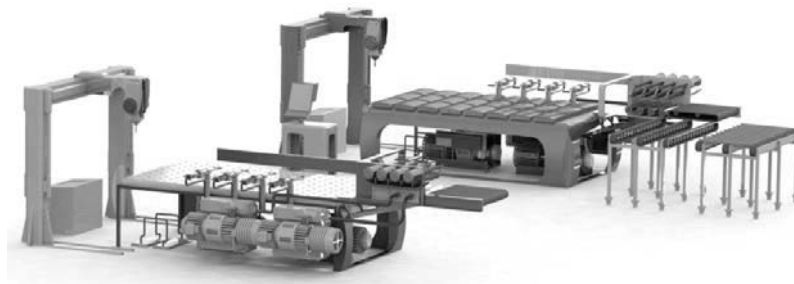
ugradbenom stanju tako da zadrži svoj izvorni proizvodni kapacitet i sposobnost kvaliteta [5].Navedenim pristupom je segment održavanja u pogledu servisiranja i otklanjanja kvarova posmatran kao skup operacija koje će omogućiti dugoročni kontinuitet proizvodnog procesa a ne kao niz aktivnosti koje zahtijevaju zaustavljanje procesa. Pored navedenog ovim pristupom je promijenjen način organizovanja operacija koji kao polaznu osnovu razmatra segment održavanja i kontinuitet proizvodnog procesa. Uticaj segmenta održavanja je moguće predstaviti kroz definisanje linijskog ili paralelnog redoslijeda toka operacija što direktno utiče i na raspored tehnološkog sistema.

Linijski raspored tokova operacija u cilju održavanja kontinuiteta istih bez nastanka zastoja usljed provođenja aktivnosti održavanja podrazumijeva pozicioniranje obradnih sistema jednog do drugog u odgovarajućoj ravni. Navedenim principom je omogućeno prenošenje operacija obrade primarnog sistema na kojem se provode operacije održavanja na sekundarni sistem bez značajnog povećanja aktivnosti transporta. Linijskim pozicioniranjem je također omogućeno rasterećenje obradnog sistema u slučaju preopterećenja primarnog obradnog sistema.



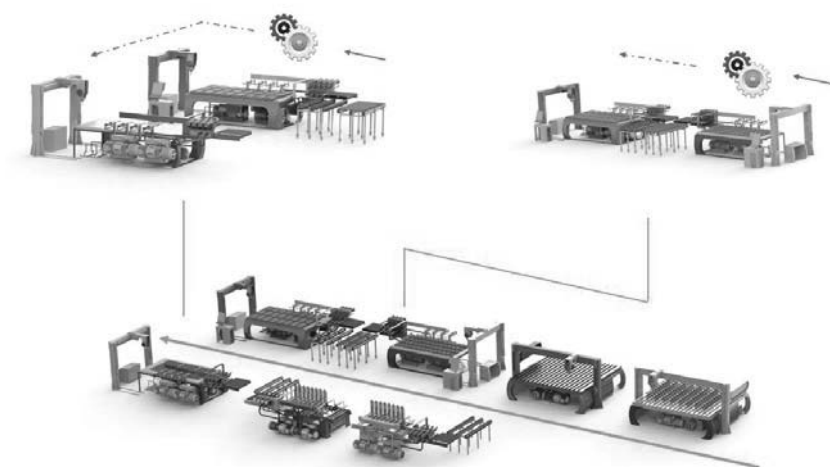
Slika 3. Linijski raspored proizvodnog sistema

Paralelni raspored tokova operacija u skladu sa uticajem održavanja na kontinuitet tokova operacija podrazumijeva raspored obradnih sistema jednog naspram drugog obradnog sistema što u poređenju sa linijskim rasporedom zahtijeva povećanje transportnih aktivnosti.

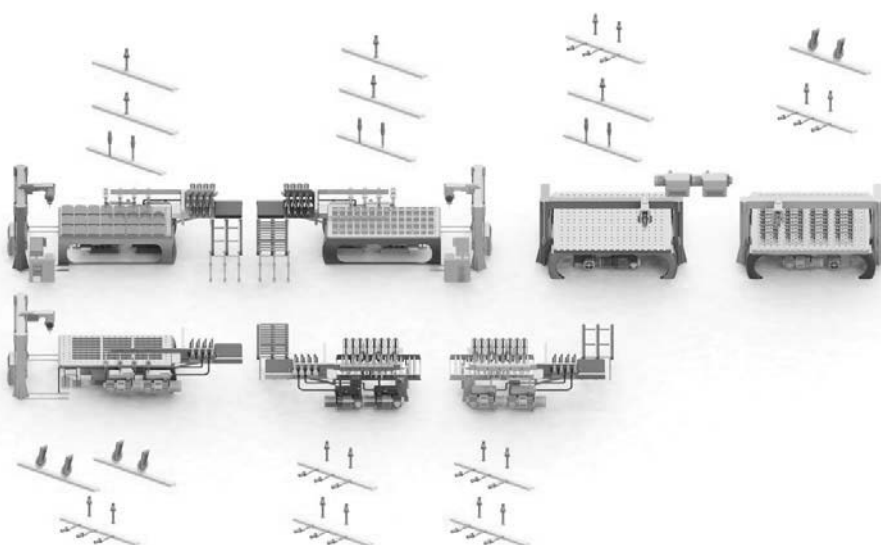


Slika 4. Paralelni raspored proizvodnog sistema

S obzirom da je proizvodni sistem u drvoprerađivačkom sektoru karakterisan kao fleksibilni proizvodni sistem, navedena fleksibilnost također je primjenljiva u organizaciji tokova operacija kojim su obuhvaćene operacije održavanja na način da su kombinovane prednosti linijskog i paralelnog načina preusmjeravanja tokova operacija. Kombinovanjem načina organizovanja obradnih centara je postignut multidisciplinarni pristup kojim su obuhvaćene prednosti i nedostaci prethodno navedenih načina organizovanja tokova operacija ali i osnovne specifičnosti pojedinalnih obradnih centara zastupljenih u drvoprerađivačkom sektoru.



Slika 5. Preusmjerenje tokova operacija zbog aktivnosti održavanja



Slika 6. Povezanost pojedinačnih operacija obradnih centara

6. PRISTUPI ODRŽAVANJU U DRVOPRERAĐIVAČKOM SEKTORU

Iz istraživane strukture kompanija koje su bile uzorak za posmatrani rad uočeno je da niti jedna nema organizovanu službu održavanja a da je primjena npr. savremenih metoda tehničke dijagnostike, održavanja prema pouzdanosti i dr. samo nešto o čemu zna poneki od inženjera održavanja koji postoje na nivou kompanije. Većina primjenjuje koncept „čekanja

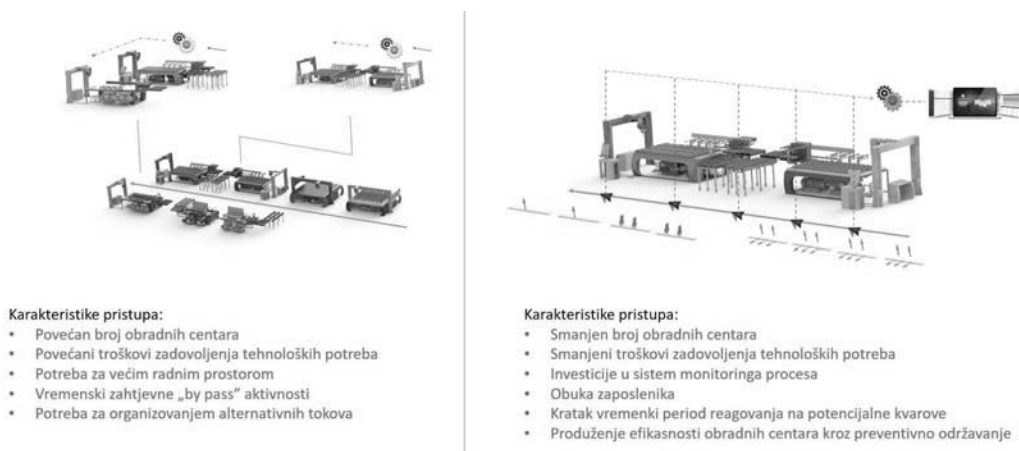
na kvar“ ili posjeduje paralelne dodatne mašine (linije) koje u slučajevima zastoja zamjenjuju pokvarenu mašinu.

Sa druge strane postoji veliki broj vrlo modernih mašina poslednjih generacija sa daljinskim nadzorom od strane proizvođača (on-line održavanje) koje omogućavaju vrlo napredne metode dijagnostike i asistiranog održavanja. Tako kompanija BIESSE navodi da primjenom svog sistema za održavanje Sophia su postigli uštede 10% u troškovima održavanja, da je produktivnost povećana 10%, da su za 50% smanjeni vrijeme zastoja a čak 80% da je skraćeno dijagnostičko vrijeme u [6].

I druga kompanija čiji se veliki broj mašina koristi u fabrikama u BIH a koje su bile u posmatranom uzoraku, Njemački WEINIG, ima vrlo razvijen sistem povezivanja korisnika mašina sa matičnom fabrikom u Njemačkoj i njenom regionalnom servisnom mrežom[7]. Koliko ovi modeli uspješno funkcionišu u praksi prilikom istraživanja za ovaj rad nismo uspjeli potpuno sagledati jer većina poslovnih sistema je naglašavala da su mašine nove i da još nisu imali veće probleme u eksploataciji.

Sigurno je da ovo otvara prostor za buduća ozbiljnija istraživanja u ovoj oblasti kao i za određene promjene u nastavnim silabusima na fakultetima koji održavanje savremenih CNC mašina i njihovih dijelova u većini slučajeva nisu do sada ozbiljnije izučavali ni na mašinskim ni na elektrotehničkim fakultetima.

Za ovo je sigurno potrebno jako povezivanje sa kompanijama proizvođačima opreme pa stoga model dualnog obrazovanja odavno prisutan u npr. održavanju vazduhoplova mora postati i standard za određene oblasti održavanja skupih CNC mašina. To se posebno odnosi na mehatroničke dijelove mašina, upravljačke sisteme i CNC jedinice, jer ovaj dio mašina u velikoj mjeri sada nije pokriven nikakvim ekspertskim aktivnostima održavanja koji može kompanijama omogućiti popravak u kratkom vremenskom periodu.



Slika 7. Osnovne karakteristike tradicionalnog pristupa i pristupa zasnovanog na kontinuiranom monitoringu

7. ZAKLJUČAK

Proizvodni sistemi specifični za drvoprerađivački sektor u skladu sa trendovima na tržištu zahtijevaju implementiranje multidisciplinarnih pristupa sa stanovišta projektovanja i organizacije proizvodnog procesa a svakako i sa aspekta održavanja. S obzirom na neophodnost za postizanjem visokog stepena efikasnosti neophodno je projektovanje proizvodnog sistema u pogledu fleksibilnih proizvodnih sistema koji će omogućiti tržišni plasman proizvoda u kratkom vremenskom intervalu. Implementiranje principa fleksibilnih proizvodnih sistema zahtijeva primjenu savremenih obradnih centara i pomoćnih sistema kojim će biti omogućeno postizanje visokog stepena efikasnosti. S obzirom na traženu multidisciplinarnost, neophodno je razmotriti bitan faktor u pogledu održavanja kontinuiteta proizvodnog procesa, kroz aktivnosti održavanja funkcionalnosti proizvodnog sistema i procesa. Provođenje aktivnosti održavanja u velikoj mjeri rezultira potrebom za zaustavljanjem rada obradnih centara što u konačnici rezultira i zastojem cjelokupnog procesa. U cilju minimiziranja negativnog uticaja zaustavljanja procesa radi potreba preventivnog, korektivnog i on-line održavanja, razmotrena je mogućnost prilagođavanja tokova operacija kao optimalna za faze u kojima se sada nalaze BH drvoprerađivači. Prilagođavanje tokova operacija podrazumijeva uvođenje sekundarnih obradnih centara koji će biti korišteni u vremenskom periodu servisiranja ili održavanja primarnih obradnih centara. Navedeni koncept, iako sam po sebi značajno investiciono zahtjevniji, omogućava rasterećenje primarnih obradnih centara ukoliko je maksimalno iskorištenje raspoloživih proizvodnih kapaciteta zahtijevano. Implementiranje sekundarnih obradnih centara zahtijeva preusmjerenje tokova operacija kod aktivnosti održavanja koje može biti projektovano kao linijsko ili paralelno. Praksa BH kompanija je da menadžment mnogo lakše izdvaja značajna novčana sredstva za nove mašine a mnogo teže za razvoj i menadžment ljudskih resursa posebno u sektoru održavanja.

8. REFERENCE

- [1] Petković D, Jeleč A. (2018), Conceptual solution for flexibility improvement of processing system in wood processing sector, *MMA 13th International Scientific Conference Novi Sad, Serbia, September 28-29, 2018*
- [2] "Production development- Design and Operation of production systems", Monica Bellgran, Kristina Safsten, Springer – Verlag London Limited 2010
- [3] Maintenance scheduling in manufacturing systems based on predicted machine degradation, Zimin (Max) Yang · Dragan Djurdjanovic, *Journal of Intelligent Manufacturing* · February 2008
- [4] Petković D, Jeleč A, Bajtarević A (2019), Group technology concept in chair production, *9th International Conference on Production Engineering and Management, Trieste, Italy, October 03-04, 2019*
- [5] "Flexible manufacturing systems: Recent developments", A.Raouf, M.Ben-Daya, *Systems Engineering Department King Fahd University of Petroleum and Minerals Dhahran, Saudi Arabia, volume 23*
- [6] <https://www.biesse.com/ww/wood/services/sophia>
- [7] <https://www.weinig.com/en/service/service-offerings/maintenance-and-inspection.html>

PROJEKTOVANJE SISTEMA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA – ZAKONSKE NORME I PROCEDURE

DESIGN OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEM - LEGAL STANDARDS AND PROCEDURES

Dr.sc. Muamer Terzić, dipl.inž.maš.
Federalna uprava za inspeksijske poslove
Fehima ef. Čurčića 6, 71000 Sarajevo

REZIME

Pravna i fizička lica obraćaju se nadležnim organima sa zahtjevom za donošenja rješenja o vodnoj dozvoli za promet opasnih materija koje nakon upotrebe dopijevaju u vode i ispuštanje oborinskih onečišćenih voda sa lokacije za skladištenje i distribuciju tečnih naftnih goriva. U okviru ovog rada proveden je postupak kojim se propisuje način ostvarivanja prava na vodu izdavanjem vodnih akata, proračunom potrebnih količina vode za nesmetan rad poslovnog objekta, tehničko-tehnološko rješenje sistema prikupljanja, prečišćavanja i ispuštanja prečišćenih oborinskih onečišćenih voda u recipijentu sa svim potrebnim proračunima, tehničkih opisom i grafičkim prilogima u skladu sa Zakonom o vodama Federacije BiH.

Ključne riječi: prečišćavanje otpadnih voda, norme, procedure

ABSTRACT

Institutions and persons apply to the competent authorities with a request for the issuance of a decision on the water permit for the trade of hazardous substances that after use reach the waters and discharge of rainwater from the location for storage and distribution of liquid petroleum fuels. Within this paper, a procedure was carried out which prescribes the manner of exercising the right to water by issuing water acts, calculating the required quantities of water for uninterrupted operation of the business facility, technical-technological solution of the system of collecting, purifying and discharging purified rainwater in the recipient with all necessary calculations, technical description and graphic attachments in accordance with the Law on Waters of the Federation of BiH.

Keywords: wastewater treatment, norms, procedures

1. UVOD

Radi osiguranja upravljanja vodama i osiguranja pravičnog pristupa vodi svim pravnim i fizičkim licima propisan je način ostvarivanja prava na vodu izdavanjem vodnih akata. U skladu sa Zakonom o vodama Federacije BiH, vodni akti su :

1. predhodna vodna saglasnost
2. vodna saglasnost
3. vodna dozvola

Vodni akti su u suštini upravni akti i izdaju se u formi rješenja ako zakonom nije drugačije propisano . Navedeni akti daju se na osnovu pregleda dostavljene dokumentacije i pod posebnim uslovima. Usvojenim tehničkim rješenjem u projektonoj dokumentaciji i sistemom

prečišćavanja tehnoloških otpadnih voda mora se obezbjediti kvalitet efluenta u skladu sa propisanim graničnim vrijednostima emisije u prečišćenoj vodi.

Izrada investiciono –tehničke dokumentacije treba biti urađena od strane projektnih firmi koje ima pribavljeno ovlaštenje od strane Federalnog ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva.

2. PREDHODNA VODNA SAGLASNOST

Predhodnom vdnom saglanošću odlučuje se o postupanju uslova za ostvarivanje prava na vodu podnosioca zahtjeva, kao i način ostvarivanja tog prava, te uslovi kojima mora udovoljiti dokumentacija za građenje novih, rekonstrukcija ili uklanjanje postojećih objekata. Predhodna vodna saglasnost daje se na osnovu pregleda dostavljene dokumentacije i pod sljedećim uslovima:

- Izrada investiciono tehničke dokumentacije za sistem prikupljanja oborinskih onečišćenih voda sa lokacije za skladištenje i distribuciju tečnih goriva
- Investiciono-tehnička dokumentacija treba biti urađena od strane projektne firme koja ima pribavljeno ovlaštenje od strane Federalnog ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva(lista A) a u skladu sa odredbama zakona o vodama i treba da obradi sva pitanja definisana članom 5. Pravilnika o sadržaju, obliku, uvjetima i načina izdavanja i čuvanja vodnih akata koja su bitna za konkretan skučaj.
- Proračun potrebnih količina vode za nesmetan rad poslovnog objekta
- Tehničko – tehnološko rješenje sistema prikupljanja, prečišćavanja i ispuštanja prečišćenih oborinskih onečišćenih voda u recipijent sa svim potrebnim proračunima, tehničkim opisom i grafičkim priložima
- Proračun količina i sastava otpadnih voda koje mogu nastati na lokaciji poslovnog objekta i pripadajućim objektima (pretakališta, parkirališta auto-cisterni, manipulativni i parking prostor i dr.)
- Uzdužni profil odvodnog cjevovoda od uređaja za prečišćavanje oborinskih onečišćenih voda do definisanog recipijenta, sa detaljem ispusta prečišćenih voda u definisani recipijent;
- Projektnom dokumentacijom jasno definisati položaj poslovnog kompleksa u odnosu na rijeke i kote velikih voda povratnog perioda 1/100 godina na predmetnoim lokalitetima i liniju dopiranja velikih voda;
- Tehničko rješenje skladištenja tečnih goriva i postupanja sa opasnim materijama i otpadom nastalim na predmetnom lokalitetu;
- Posebno obraditi način prihvatanja, skladištenja i pretakanja naftnih derivata (rezervoare, tankvane, pretakališta i dr), vodeći računa o primjeni mjera za prevenciju i smanjenje negativnog uticaja istih na podzemne i površinske vode;
- Na preglednoj situaciji prikazati cjelokupan lokalitet sa planiranim objektima (poslovni objekat, rezervoare, tankvane, pretakališta, parkirališta auto cisterni, manipulativni i parking prostor, uređaj za tretman oborinskih onečišćenih voda i dr);
- Ocjeniti mogućnost nastajanja uticaja planirane aktivnosti na režim voda ili uticaj režima voda na predmetni lokalitet, objekte, stanovništvo, okolinu i sl. sa definisanjem mjera kojima se onemogućuje ili smanjuju štetne posljedice od voda.
- Projektnom dokumentacijom predvidjeti reviziono okno prije ispuštanja prečišćenih otpadnih voda u definisani recipijent u kome će se vršiti monitoring prečišćenih voda.
- Usvojenim sistemom prečišćavanja tehnoloških otpadnih voda mora se obezbjediti kvalitet efluenta u skladu sa propisanim graničnim vrijednostima emisije u prečišćenoj vodi. Uredbe o

uslovima ispuštanja otpadnih voda u okoliš i sisteme javne kanalizacije («Službene novine Federacije BiH», broj 101/15 i 1/16).

- Pri definisanju veličine i situativnog položaja predmetnog objekta sa pratećim sadržajima potrebno je voditi računa da predmetna gradnja ne bude u koliziji sa planskim dokumentima sektora voda te važećom prostorno-planskom dokumentacijom i razvojnim planovima općina.
 - Pri izradi tehničke dokumentacije pridržavati se uslova iz Urbanističke saglasnosti, pravila struke i nauke te zakonske regulative vezane za ovakvu vrstu radova.
 - Po izradi investiciono-tehničke dokumentacije, korisnik prethodne vodne saglasnosti dužan je podnijeti zahtjev za izdavanje vodne saglasnosti.
3. Zahtjev za izdavanje vodne saglasnosti dostavlja se u skladu sa članovima 8. i 19. stav (2) Pravilnika o sadržaju, obliku, uslovima, načinu izdavanja i čuvanja vodnih akata.

3. VODNA SAGLASNOST

Vodnom saglasnošću se utvrđuje da li je dokumentacija priložena uz zahtjev za izdavanje vodne saglasnosti u skladu sa prethodnom vodnom saglasnošću, propisima o vodama i planskim dokumentima. Odobrenje za građenje novih ili rekonstrukciju postojećih objekata u smislu propisa o prostornom uređenju, izdaje se prema izdatoj vodnoj saglasnosti za objekte za koje je ovim zakonom propisana obaveza pribavljanja vodne saglasnosti. Vodna saglasnost prestaje da važi istekom roka od dvije godine od dana njenog izdavanja ukoliko do tog dana nije pribavljeno odobrenje za građenje i započeti radovi (član 114 Zakonao vodama FBiH).

Vodna saglasnost se daje pod slijedećim uslovima:

- Radove na izgradnji objekata i sistema za prikupljanje, odvođenje, i prečišćavanje i ispuštanje oborinskih onečišćenih voda sa lokacije za skladištenje i distribuciju tečnih naftnih goriva sa pratećim sadržajima, izvesti u skladu sa ovjerenom projektnom dokumentacijom
- Nakon izvođenja radova na sistemu prikupljanja, odvodnje i prečišćavanja onečišćenih oborinskih voda kao i rezervora za skladištenje naftnih derivata potrebno je izvršiti ispitivanja kvaliteta izvedenih radova na vodonepropusnost i bezbjednost od curenja, a u cilju zaštite površinskih i podzemnih voda.
- Odabrani finalni tretman oborinskih onečišćenih voda mora obezbijediti da efluent prije ispuštanja postigne i tokom rada i u toku cijele godine održi granične vrijednosti emisije supstanci i parametara kvaliteta tehnološke otpadne vode propisane Uredbom o uslovima ispuštanja otpadnih voda u prirodne recipijente i sisteme javne kanalizacije («Službene novine Federacije BiH», 101/15 i 01/16), Od konsultanta i isporučioaca opreme postrojenja za finalni tretman pribaviti garanciju da će parametri kvaliteta prečišćenih voda biti u granicama propisanih vrijednosti, definisanih gore navedenom Uredbom.
- Način ugradnje uređaja za prečišćavanje tehnoloških otpadnih voda i stavljanje istog u pogon uskladiti sa proizvođačem opreme.
- U toku radova iskopani materijal se ne smije ni privremeno odlagati na česticu „vodno dobro“, odnosno u vodotoke i na njegove obale.
- U toku izvođenja radova, neophodno je poduzeti sve potrebne mjere zaštite, da predmetnim aktivnostima ne dođe do nastanka štete ili nepovoljnih posljedica po vode i vodni režim.

- Prilikom izvođenja radova treba koristiti opremu i mašine koje su tehnički ispravne, bez curenja tečnih goriva, maziva, hidrauličkih ulja i sl.
- Ukoliko se u toku izvođenja radova i korištenja premetnog objekta prouzrokuju štetne promjene režima voda i to prouzrokuje štete trećim licima, podnosilac zahtjeva je obavezan otkloniti nastale štete, a procjenjenu štetu nadoknaditi.

4. VODNA DOZVOLA

Vodna dozvola je neophodna za sve objekte i aktivnosti za koje je ovim zakonom propisano izdavanje vodne saglasnosti, a ako se, zbog promjene u tehnologiji ili iz drugih razloga, naknadno izmijene obim i uslovi korišćenja vode, odnosno ispuštanje otpadnih voda u površinske vode, potrebna je nova vodna dozvola (član 115 Zakona o vodama FBiH). Ovim aktom se utvrđuje namjena, način i uslovi iskorištavanja vode, režim rada objekata i postrojenja, način i uslovi ispuštanja otpadnih voda, način i uslovi odlaganja krutog i tečnog otpada i drugi uslovi (član 116 Zakona o vodama FBiH), pri čemu se dozvola izdaje na određeno vrijeme, a najduže do 15 godina (član 117 Zakona o vodama FBiH).

Organ kojem se podnosi zahtjev za izdavanje vodnih akata i koji te akte izdaje je Agencija za vodno područje ukoliko se radi o zahvatanju vode u količini većoj od deset litara u sekundi, odnosno kantonalno ministarstvo nadležno za vode ukoliko se radi o zahvatanju vode u količini manjoj od deset litara u sekundi. Potrebno je napomenuti da je u nekim kantonima, kantonalnim zakonom o vodama prenesena nadležnost za izdavanje vodnih akata nadležnim službama u jedinicama lokalne samouprave za zahvatanje manjih količina vode od deset litara u sekundi.

Vodna dozvola se daje na osnovu činjeničnog stanja utvrđenog pregledom dostavljene projektne i druge dokumentacije, izvršenog uviđaja na lokaciji objekta i pod slijedećim uslovima:

- Da pravno lice obezbijedi da se sistem za prikupljanje, prečišćavanje i ispuštanje otpadnih voda i izgrađene objekte za skladištenje i distribuciju naftnih derivata, održava u funkcionalnom stanju i koristi u skladu sa namjenom i uslovima iz ove vodne dozvole.
- Čišćenje separatora i pratećih elemenata, te odvoz i konačno zbrinjavanje otpadnog mulja i taloga, kao i opasnog otpada sa lokacije za skladištenje i distribucije-terminala naftnih derivata može vršiti isključivo firma ovlaštena za tu vrstu djelatnosti, prema sklopljenom ugovoru. O načinu i vremenu radova održavanja, odnosno o praznjenju, odvozu i zbrinjavanju sadržaja separatora ulja i masti, neophodno je voditi službenu evidenciju i arhivu.
- Usvojenim tehničkim rješenjima u projektnoj dokumentaciji i sistemom prečišćavanja otpadnih voda mora se obezbijediti kvalitet efluenta u skladu sa propisanim graničnim vrijednostima emisije u prečišćenoj vodi, definisane tabeli 1.1. kolona 3. priloga 1. Uredbe o uslovima ispuštanja otpadnih voda u okoliš i sisteme javne kanalizacije («Službene novine Federacije BiH», broj 101/15, 1/16 i 101/18).

- Korisnik objekta je dužan, putem laboratorije ovlaštene od strane Federalnog ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, vršiti redovna ispitivanja kvaliteta otpadnih voda, uzimanjem uzorka efluenta iz okna za monitoring u skladu sa Uredbom o uslovima ispuštanja otpadnih voda u okoliš i sisteme javne. Učestalost i način ispitivanja vršiti u skladu sa članom 11. Uredbe o uslovima ispuštanja otpadnih voda u okoliš i sisteme javne kanalizacije.
- Da se redovno vrši ispitivanje ispravnosti i propusnosti rezervoara za skladištenje goriva u skladu sa propisima iz ove oblasti.
- Sadržaj (mulj) iz uređaja za prečišćavanje otpadnih voda i ostali otpad ne smije se odlagati na česticu «vodno dobro», odnosno u vodotoke i na njegove obale.
- Na predmetnoj lokaciji nije dozvoljeno indirektno ispuštanje otpadnih voda u podzemne vode.
- Da se u skladu sa propisima iz oblasti zaštite okoliša vrši bezbjedno skladištenje i postupanje sa opasnim materijama i otpadom nastalim na predmetnom lokalitetu (adekvatnim mjerama onemogućiti bilo kakvo isticanje i rasipanje opasnih i štetnih materija na tlo i u vode).
- Osigurati priručna sredstva za brzu intervenciju u slučaju nekontrolisanog istjecanja nafte i naftnih derivata, kako bi se spriječilo moguće onečišćenje voda i tla (piljevina, prikladni apsorbenzi, odgovarajuće posude, uređaji za pretakanje i sl.).
- Investitor je obavezan pridržavati se svih mjera i uslova propisanih u saglasnostima i dozvolama, izdatim od strane drugih nadležnih organa, a odnose se na korištenje i zaštitu voda i nisu u suprotnosti sa uslovima iz ove vodne dozvole.
- Vlasnik, odnosno korisnik objekta je obavezan vršiti plaćanje posebne vodne naknade u skladu sa Odlukom o visini posebnih vodnih naknada („Službene novine Federacije BiH“, broj 46/07), te u skladu sa Pravilnikom o načinu obračunavanja, postupku i rokovima za obračunavanje i plaćanje i kontrolu izmirivanja obaveza na osnovu opšte i posebnih vodnih naknada („Službene novine Federacije BiH“, broj 92/07, 46/09, 79/11 i 88/12).
- U periodu važenja ove dozvole, Korisnik je dužan provoditi sve mjere i aktivnosti propisane istom.
- Ukoliko radom predmetnog objekta dođe do šteta, korisnik vodne dozvole je dužan uzroke nastalih šteta otkloniti, a nastale štete trećim licima nadoknaditi.
- U slučaju izvanrednih situacija, havarijskih onečišćenja i drugih sličnih okolnosti, čime bi bio ugrožen kvalitet podzemnih i površinskih voda, korisnik objekta obavezan je izvjestiti nadležne organe i izvršiti izvanredna postupanja po nalogu nadležnih organa, te o vlastitom trošku uzroke štete otkloniti, a nastale štete nadoknaditi.
- Vlasnik, odnosno korisnik objekta nema pravo na naknadu eventualnih šteta prouzrokovanih plavljenjem i iste padaju na njegov teret.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu usvojenih tehničkih rješenja u projektonoj dokumentaciji za pročišćavanje oborinskih onečišćenih voda i tehnoloških otpadnih voda kojim se obezbjeđuje kvalitet efluenta, donose se upravni akti od strane nadležnog organa.

Zaštita vode, kao resursa, sprovodi se u svrhu dostizanja ciljeva zaštite životne sredine definisanih strateškim i planskim dokumentima.

Korisnik objekta dužan, putem laboratorije ovlaštene od strane Federalnog ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, vršiti redovna ispitivanja kvaliteta otpadnih voda, uzimanjem uzoraka efluenta iz okna za monitoring u skladu sa Uredbom o uslovima ispuštanja otpadnih voda u okoliš i sisteme javne.

Generalno zaključuje se da svake promjene uočene putem uzimanja uzoraka tehnoloških otpadnih voda da efluent ne obezbjeđuje kvalitet moraju se izvršiti izmjene tehničkih rješenjima u projektonoj dokumentaciji i sistemom prečišćavanja.

Ako se, zbog promjene u tehnologiji ili izmjene tehničkih rješenjima u projektonoj dokumentaciji, naknadno izmijene obim i uslovi korišćenja vode, odnosno ispuštanje otpadnih voda u površinske vode, potrebna je nova vodna dozvola

REFERENCES

- [1] Ustav Federacije Bosne i Hercegovine,
- [2] Zakon o vodama („Službene novine Federacije BiH“, broj 70/06),
- [3] Zakon o zaštiti okoliša („Službene novine Federacije BiH“, br.: 33/03, 38/09),
- [4] Zakon o upravnom postupku („Službene novine Federacije BiH“, br.: 29/02, 12/04, 88/07, 39/09, 41/13),
- [5] Zakon o prostornom planiranju i korištenju zemljišta na nivou Federacije BiH („Službene novine Federacije BiH“, br.: 2/06, 72/07, 32/08, 4/10, 13/10, 45/10), kanalizacije („Službene novine Federacije BiH“, br.: 101/15, 1/16),
- [6] Odluka o visini posebnih vodnih naknada („Službene novine Federacije BiH“, broj 46/07),
- [7] Pravilnik o uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta voda koja se koriste ili planiraju da koriste za piće („Službene novine Federacije BiH“, broj 51/02),
- [8] Pravilnik o sadržaju, obliku, uslovima, načinu izdavanja i čuvanja vodnih akata („Službene novine Federacije BiH“, broj 31/15),
- [9] Pravilnik o načinu utvrđivanja uslova za određivanje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta vode za javno vodosnabdijevanje stanovništva („Službene novine Federacije BiH“, broj 88/12),
- [10] Pravilnik o načinu obračunavanja, postupku i rokovima za obračunavanje i plaćanje i kontroli izmirivanja obaveza na osnovu opće vodne naknade i posebnih
- [11] Pravilnik o sadržaju i načinu vođenja evidencije i dostavljanja podataka o količinama zahvaćene vode („Službene novine Federacije BiH“, broj

INDEX AUTORA / AUTHORS INDEX

- A**
Alagić, Ismar 63, 73, 81
Aleksić, Marinko 1, 131
Alić, Senad 215, 225, 235
- B**
Babić, Nedeljko 281
Bajramović, Irfan 33
Bajramović, Kasim 33, 41
Balukčić, Leonard 25
Baručija, Anel 197
Birdahić, Vehid 243, 273
Božičković, Zdravko 97
Brdarević, Safet 215, 225
Brkić, Emina 191
Brodarić, Allen 15
- C, Č, D, DŽ, Đ**
Cvrk, Sead 97
Ćećez, Marko 139
Damjanović, Ivan 105
Džidić, Senad 235
Đulić, Emir 181, 235, 249, 265
- G, H**
Gašpar, Dražena 123
Glavaš, Hrvoje 25, 115
Coletić, Šefket 243, 273
Crgurević, Ivan 15
Hadžalić, Mustafa 41, 197
Hadžikadunić, Fuad 265, 305
Halilčević, Elvir 305
Halilović, Hasan 281
Hasanić, Sanin 191
- I, J**
Imamović, Aida 55
Imamović, Mustafa 249, 265
Imamović, Nusret 243, 273
Ištvančić, Zlatan 295
Jasak, Mateja 15
Jašarević, Sabahudin 215, 257
Jeleč, Ajdin 321
Jovović, Ivan 15
Jurić, Aleksandar 105
- K, L**
Kablar, Omer 55
Kačmarčik, Josip 197
Karalić, Tarik 257
Klisura, Fuad 55, 313
Kozic, Faruk 139
Kurilj, Krunoslav 175
Lisica, Alan 289
Lovrec, Darko 155, 169
Lušija, Đemil 225
- M**
Mahinić, Azra 161
Manojlović, Nikola 97
Marić, Bogdan 49
Martić, Matej 101
Medaković, Vlado 49
Minažek, Krunoslav 105
Mujagić, Derviš 197
Muslija, Admir 33, 305
- O, P**
Oruč, Mirsada 55
Pandžo, Amina 191
Panjević, Adnan 207
Pavelić, Krešimir 175
Petković, Darko 131, 147, 321
Podojak, Almedina 55
- S, Š**
Sućeska, Suad 91
Šahinagić – Isović, Merima 161
Šarančić - Logo, Amra 161
Šaravanja, Davorka 147
Šišić, Muvedet 273
- T, V**
Terzić, Muamer 281, 331
Tica, Dino 41
Tič, Vito 155, 169
Trešnjo, Faris 161
Tuka, Amel 305
Vidaković, Držislav 25, 105, 115, 175
Vukašin, Tintor 295
Vukojević, Nedeljko 281

SPONZORI
SPONSORS



RM-LH d.o.o. Zenica



Osnovne informacije

RM-LH d.o.o. Zenica, društvo za proizvodnju, promet i usluge, osnovano je 1998. godine u Zenici, Bosna i Hercegovina.

Iste godine osnovano je i predstavništvo u SR Njemačka - RM-LH d.o.o. Zweigstelle Wiebaden.

RM-LH d.o.o. Zenica je internacionalna kompanija koja saraduje sa vodećim proizvođačima industrijskih postrojenja u oblastima: hemije, petrohemije, farmaceutske, prehrambene industrije i energetike.

Ključne vrijednosti:

Zadovoljni kupci

Društvena odgovornost

Kvalitetni proizvodi i usluge

Zdravlje i sigurnost radnog okruženja

Kontinuiran rast i razvoj kompanije

Osnovna djelatnost preduzeća:

- Proizvodnja, izrada i montaža tlačne opreme i cijevnih sistema u procesnoj industriji.
- Planiranje, predfabrikacija, isporuka i montaža cjevovoda, postrojenja i opreme.
- Zavarivački poslovi
- Poslovi mašinske obrade na CNC mašinama za obradu metala
- Rezanje limova na MusterCut X CNC mašini za rezanje
- Savijanje limova na apkant presi DURMA AD-S

RM-LH



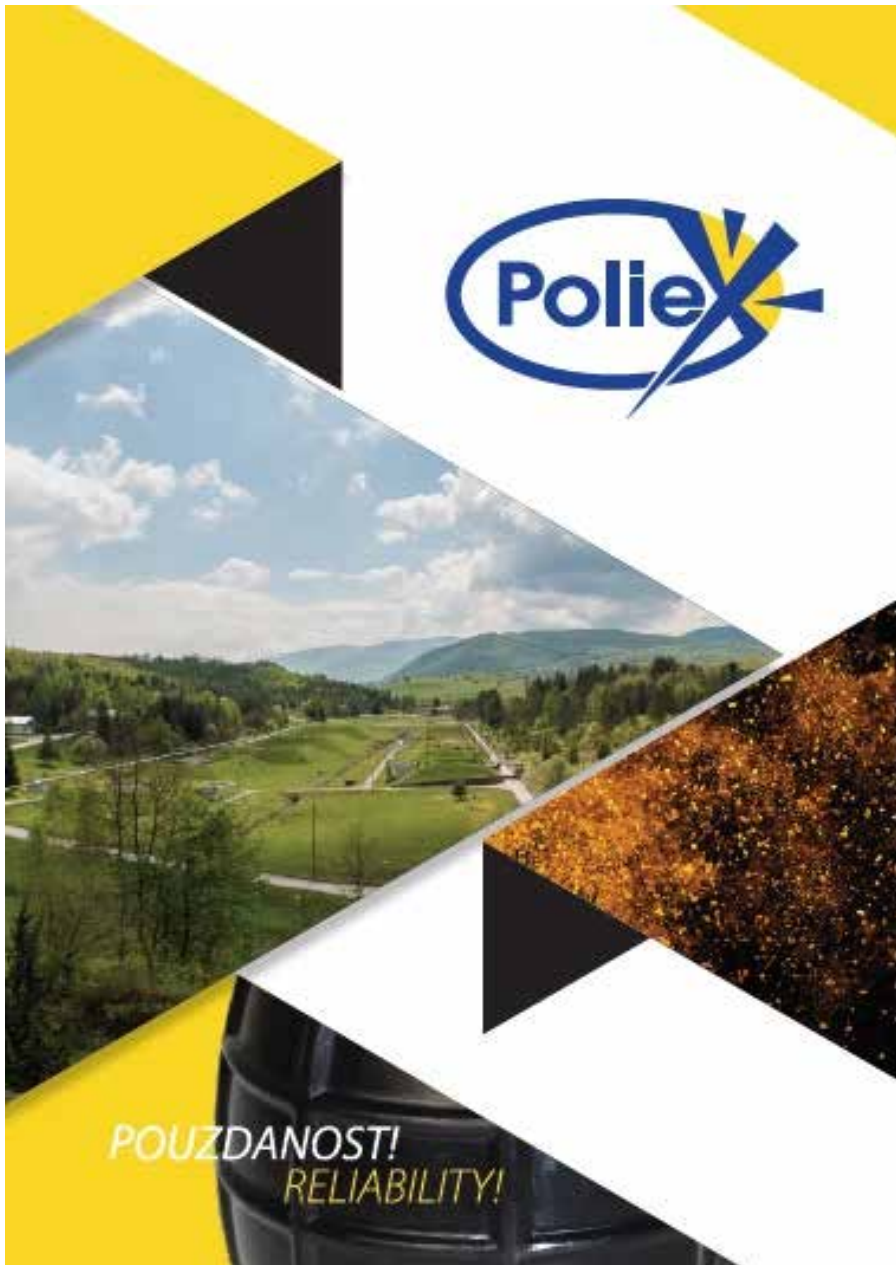
Društvo ĐĐ Strojna obrada d.o.o. osnovano je 2002. godine kao član grupacije Đuro Đaković koju čine Grupacija Đuro Đaković d.d. i četiri društva.

Djelatnost društva se temelji na strojnoj obradi pri čemu je specijalizirano za proizvodnju prijenosnika snage. Proizvodni program je usmjeren na:

- » Proizvodnju i popravak lokomotivskih kolnih slogova
- » Proizvodnju i popravak vagonских kolnih slogova
- » Proizvodnju različitih prijenosnika snage (ležajevi, zupčanici, vratila, reduktori)
- » Proizvodnju bušotinskih ventila
- » Usluge strojne i toplinske obrade



ĐURO ĐAKOVIĆ
STROJNA OBRADA d.o.o.
SLAVONSKI BROD - HRVATSKA



POLIEX NUDI POSAO ZA INŽENJERE: RUDARSTVA, TEHNOLOGIJE I MAŠINSTVA

Hemijska industrija "PolieX" a.d.

84300 BERANE
Crna Gora
+382 63 200 220
info@poliex.me



PolieX BH d.o.o.

Uskočka bb,
79000 PRIJEDOR,
Bosna i Hercegovina



Osnovana 1982. godine u Beranama, kompanija Poliex se tokom godina specijalizovala za proizvodnju plastičnih – vojnih eksploziva na bazi spostvene tehnologije, izgradivši tako prepoznatljivost i odličnu reputaciju u regionalnim i međunarodnom okvirima. U Poliexu se pažljivo razrađenom biznis strategijom teži ostvarenju vizije kompanije i njenih dugoročnih ciljeva, a u pozadini svake donešene odluke je udruženi i predan rad preko 80 zaposlenih koji su, uz iskusen inženjerski i menadžerski kadar, garancija vrhunskog kvaliteta proizvoda i usluga u oblasti proizvodnje i transporta eksploziva, miniranja, te rastavljanja i delaboracije minsko – eksplozivnih sredstava te proizvodnje širokog spektra hemijskih jedinjenja, takođe na bazi spostvene tehnologije. Menadžment fabrike funkcioniše kao jedinstven tim koji postavljene ciljeve postiže efikasnim korišćenjem postojećih resursa.

Savremeno opremljene laboratorije, stanica za ispitivanje funkcionalnih i vremenskih karakteristika ED i NED; stanica za ispitivanje na metan i poligon za ispitivanje eksploziva, uz adekvatnu procesnu kontrolu obezbjeđuju praćenje kvaliteta proizvoda u svim fazama proizvodnje. Sigurnost, funkcionalnost, vremenska preciznost i jednostavnost u upotrebi glavne su karakteristike naših proizvoda dok je višegodišnje ulaganje u Razvojno-istraživački centar Poliex rezultiralo spektrom različitih proizvoda, a njihova visoka pouzdanost potvrđena je od strane nadležnih institucija i međunarodnih organizacija.

Uvidjevši važnost i opšte dobro koje projekti delaboracije i čišćenja tla od eksplozivnih sredstava znače za društvo i državu, Poliex je kao jedna od rijetkih kompanija na ovim prostorima koja uspješno realizuje kompleksne projekte ove vrste, odlučila da u sklopu kompanije odnosno postojećeg licenciranog Centra za obrazovanje odraslih otvori sopstveni trening centar, sa namjerom da prenošenjem znanja i vještina kontinuirano stvara sigurniji ambijent i time značajno doprinese zajednici. U novootvorenom Poliex Trening Centru, koji je opremljen učionicama, kabinetima, savremenom ambulantom i hotelskim smještajem za sve predavače i polaznike kampa, organizuju se specijalizovane EOD (Odlaganje eksplozivnih sredstava) i ERW (Eksplozivna sredstva zaostala iz rata) obuke, predavanja i treninzi.

Brojni uspješno realizovani projekti delaboracije, saradnja ostvorena sa Ministarstvom unutrašnjih poslova, Ministarstvom odbrane Crne Gore i američkim State Departmentom svjedoče o posvećenosti i profesionalizmu našeg kolektiva. Poliex je nosilac brojnih sertifikata i standarda za sisteme menadžmenta kvalitetom, životnom sredinom, upravljanja zaštitom zdravlja i bezbjednošću na radu, a proizvodi kompanije usklađeni su sa standardima Evropske Unije i kodifikovani po NATO principima.

Kao društveno odgovorna kompanija, Poliex je tokom prvog talasa epidemije COVID-19 na najkraći i najbrži način organizovao proizvodnju i distribuciju sredstva za dezinfekciju PoliASept, a čak 22,000 litara donirano je Nacionalnom koordinacionom tijelu za borbu protiv korona virusa i opštinama na sjeveru Države.

U cilju proširenja tržišta za proizvode Poliex, kako vojne tako i civilne namjene, osnovana je i kompanija Poliex BH d.o.o. u Prijedoru.



Ukratko o nama

Društvo „PRIM CO COMPANY“ osnovano je 1999. godine u Donjoj Orahovici, koja se nalazi između Gračanice i Lukavca. Naši su zaposlenici stručno osposobljeni i imaju dugogodišnje iskustvo na poslovima koje obavljaju. Kvalitet naših proizvoda je osnov našim klijentima za povjerenje koje nam ukazuju, a što potvrđuju sve brojne narudžbe, rangirajući „PRIM CO COMPANY“ na sve značajniju poziciju. Ova kompanija jeste simbol iskustva, stručnosti, fleksibilnosti organizacije, te kontinuirane modernizacije strukture i personala.

Spremni smo i sposobni da efikasno, brzo i stručno radimo projekte različitog značaja.

Zahvaljujući personalnim, logističkim i drugim kapacitetima, sposobni smo poduzeti operacije svih dimenzija, od sasvim jednostavnih do najkompleksnijih.

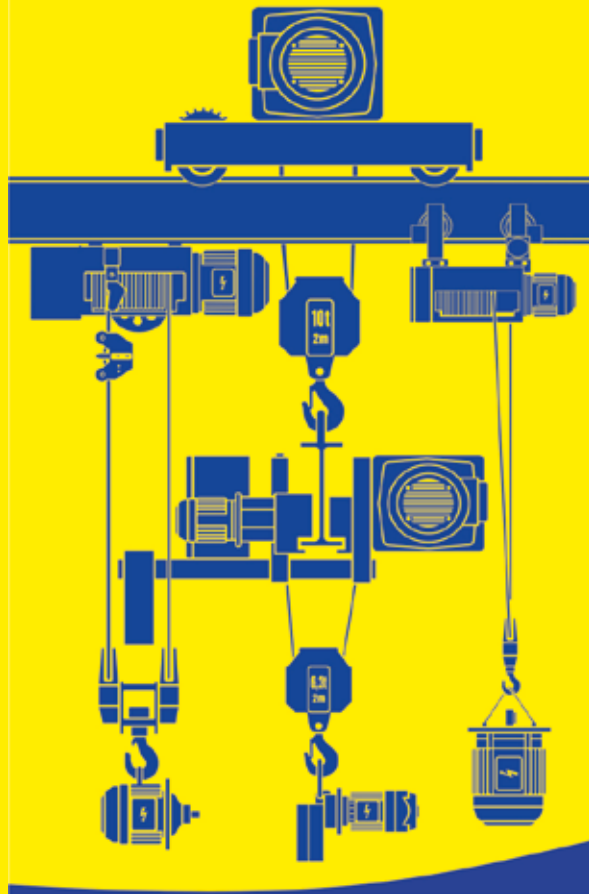
Svi proizvodi zadovoljavaju sigurnosne standarde EU-a, Rusije, Ukrajine, Bjelorusije, Kanade, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Srbije, Crne Gore, Makedonije, Kosova, Albanije i označeni su predznakom i znakovima usklađenosti za navedene zemlje. Također, svi proizvodi zadovoljavaju kriterije primjene u različitim klimatskim zonama, kao i u eksplozivnim sredinama “Ex”.

Naši partneri su firme iz više od 40 zemalja, uključujući kompanije u Italiji, Španiji, Njemačkoj, Velikoj Britaniji, Švedskoj, Kanadi, Rusiji, Ukrajini, Australiji i na Srednjem Istoku.

PRIM CO COMPANY se oslanja na visokokvalificirano osoblje i opremu, teži kontinuiranom razvoju, primjenjuje najsavremenije tehnologije, stalno uvodi nove modele proizvoda i vrši racionalizaciju u savremenoj proizvodnji.

Sistem upravljanja, koji primjenjujemo, ispunjava zahtjeve certifikata ISO 9001, ISO 14001 i OHSAS 18001 od organizacije Lloyd Assurance Register Quality.

Naša osnovna djelatnost je proizvodnja mosnih dizalica, portalnih dizalica, konzolnih dizalica, monorej dizalica, stacionarnih dizalica, toranjskih dizalica, kablovskih dizalica, električnih vitala, motor-reduktora, teretnih platformi, teretnih i putničkih liftova te kosih liftova-uspinjača:



Vrsta dizalice:	Tip:	Raspon :	Visina dizanja:
MOSNE DIZALICE	jednogredne; dvogredne; viseće	od 3 do 50 m	do 60 m
KONZOLNE - STUBNE ; ZIDNE	jednogredne; stacionarne i pokretne	do 12 m	do 60 m
PORTALNE DIZALICE	jednogredne; dvogredne; poluportalne	do 50 m	do 30 m
DAVIT DIZALICE	stojeći i zračno montirajući	na zahtjev	na zahtjev
TORANJSKE DIZALICE	samomontirajuće ; toranjske	od 40 do 80 m	od 25 do 80 m
MONOREJ DIZALICE	HVAT i VHVAT-Ex; CVAT i VCVAT-Ex		od 3 do 60 m
LIFTOVI	teretni; teretno-putnički; putnički; kosi-uspinjače		do 200 m
STACIONARNA VITLA	prizemna višeslojna; prizemna podesiva		do 300 m
TERETNE PLATFORME	prizemne stacionarne; pokretne; mobilne, viseće		do 300 m

Nazivna nosivost:	Izvedba:
do 32 t	Konvencionalne
od 32 do 150 t	Specijalne
od 150 do 2500 t	Teške

Naši poslovni partneri



Zaštita

Usluge iz oblasti zaštite na radu

Poduzeće ZAGREBINSPEKT d.o.o. Mostar u sklopu registrirane djelatnosti i ovlaštena od resornih ministarstava vrši sljedeće usluge iz oblasti zaštite na radu:

- ▶ Pregled i ispitivanje strojeva i uređaja
- ▶ Ispitivanje uvjeta radnog okoliša
- ▶ Pregled i ispitivanje električne instalacije
- ▶ Pregled i ispitivanje gromobranske instalacije
- ▶ Pregled i ispitivanje instalacije za odvođenje statičkog elektriciteta
- ▶ Izrada procjene opasnosti za radna mjesta s posebnim uvjetima rada
- ▶ Izrada nacrtu pravilnika zaštite na radu
- ▶ Izrada Elaborata zaštite na radu
- ▶ Izrada Elaborata o uređenju gradilišta
- ▶ Izrada Elaborata o postavljanju znakova sigurnosti
- ▶ Osposobljavanje djelatnika

Usluge iz oblasti zaštite od požara

Poduzeće ZAGREBINSPEKT d.o.o. Mostar u sklopu registrirane djelatnosti i ovlaštena od resornih ministarstava vrši sljedeće usluge iz oblasti zaštite od požara:

- ▶ Izrada Elaborata zaštite od požara
- ▶ Izrada Plana zaštite od požara
- ▶ Izrada plana evakuacije objekta
- ▶ Ispitivanje funkcionalnosti Vatrodojavne instalacije
- ▶ Ispitivanje funkcionalnosti Hidrantske instalacije
- ▶ Ispitivanje funkcionalnosti Instalacije za automatsko gašenje požara (CO₂, drencher, sprinkler, INERGEN)
- ▶ Ispitivanje funkcionalnosti protipožarnih zaklopki
- ▶ Osposobljavanje djelatnika za zaštitu od požara i evakuaciju

Projektiranje

Ishođenje vodnih akata

Poduzeće ZAGREBINSPEKT d.o.o. Mostar posjeduje ovlaštenje za izradu dokumentacije za ishođenje vodnih akata (lista "A"). Ovaj odjel Vam može kvalitetno odraditi sljedeće poslove:

- ▶ Studija za prethodnu vodnu suglasnost
- ▶ Glavni projekt unutarnje odvodnje (autoceste)
- ▶ Glavni projekt vodozaštite (autoceste)
- ▶ Glavni projekt kanalizacijskog sustava
- ▶ Glavni projekt vodoopskrbe
- ▶ Glavni projekt pročišćavača otpadnih tehnoloških voda
- ▶ Konzultacije kod projektiranja svih vrsta građevina
- ▶ Nadzor nad izvođenjem



Sukladno Rješenjima Federalnog ministarstva prostornog uređenja naše poduzeće je dobilo ovlaštenje za projektiranje građevina i zahvata u prostoru iz nadležnosti Federacije BiH za sljedeće faze:

- ▶ Projektiranje hidroiinstalacija
- ▶ Projektiranje električnih instalacija
- ▶ Projektiranje zaštite od požara

Geologija i rudarstvo

Poduzeće ZAGREBINSPEKT d.o.o. Mostar posjeduje ovlaštenja izdana od strane Federalnog ministarstva energetike, rudarstva i industrije i Federalnog ministarstva prostornog uređenja za obavljanje djelatnosti i izradu dokumentacije iz područja geologije, rudarstva i geotehnike.

Ovaj odjel na području geologije Vam možemo osigurati:

- ▶ Ispitivanja terena za gradnju bušenjem i sondiranjem;
- ▶ Istraživanja i razvoj u prirodnim tehničkim znanostima iz područja geologije;
- ▶ Geofizička, geološka i seizmička istraživanja;
- ▶ Izradu, izvođenje, reviziju geološke projektne dokumentacije;
- ▶ Izrada i revizija geotehničke projektne dokumentacije;
- ▶ Nadzor nad izvođenjem geoloških istražnih radova te stručno savjetovanje o površinskim i podzemnim strukturama tla.

Na području rudarstva Vam možemo osigurati:

- ▶ Obavljanje periodičnih pregleda oruđa za rad i uređaja;
- ▶ Ispitivanja fizičkih, kemijskih, i bioloških štetnosti te mikroklimu;
- ▶ Izdavanje odgovarajućih isprava u rudarstvu;
- ▶ Ispitivanja posuda pod tlakom, ispitivanje ventila sigurnosti i UZV mjerenje debljine stjenke;
- ▶ Projektiranje, revizija i izvođenje projektne dokumentacije iz područja rudarstva;
- ▶ Nadzor na području rudarstva;
- ▶ Obavljanje poslova zaštite na radu u rudarskoj djelatnosti;
- ▶ Izrada dokumentacije iz zaštite od požara i ispitivanja ispravnosti sustava aktivne zaštite od požara na površinskim kopovima u rudarskoj djelatnosti;
- ▶ Pregled instalacija u kojima su angažirani Ex uređaji;
- ▶ Izrada elaborata u zonama opasnosti i projektiranje instalacija koje uključuju Ex uređaje;
- ▶ Edukacije iz područja zaštite na radu, područje Ex zaštite;
- ▶ Projektiranje strojeva i industrijskih postrojenja, električnih instalacije i reviziju navedenih.

Na području geotehnike Vam možemo osigurati:

- ▶ Izrada i revizija geotehničke projektne dokumentacije;
- ▶ Izvođenje i nadzor nad provođenjem geotehničkih istražnih radova bušenja i sondiranja,



Laboratorij

Usluge akreditiranih laboratorija

Poduzeće ZAGREBINSPEKT d.o.o. Mostar je akreditiralo laboratorije prema BAS EN ISO 17025 za:

- ▶ Ispitivanje voda (otpadne i površinske vode)
- ▶ Ispitivanje emisije iz stacionarnih izvora zagađenja
- ▶ Ispitivanje okolske buke

Zadovoljstvo nam je ponuditi Vam sljedeće usluge:

- ▶ Istručno uzorkovanje
- ▶ Ispitivanja tereta zagađenja otpadnih voda izraženog preko ekvivalentnog broja stanovnika EBS - a
- ▶ Ispitivanje fizikalno-kemijskih karakteristika voda
- ▶ Ispitivanje toksičnosti otpadnih voda
- ▶ Mjerenje emisije buke u okolišu
- ▶ Mjerenje razina buke u radnom okruženju (sigurnost na radu)
- ▶ Mjerenje emisije zagađivača zraka iz stacionarnih izvora zagađenja
- ▶ Ispitivanje fizikalno-kemijskih karakteristika tla



Zaštita okoliša i energijska efikasnost

Ishođenje Okolišnih dozvola i Energetsko certificiranje objekata

Poduzeće ZAGREBINSPEKT d.o.o. Mostar posjeduje ovlaštenje za izradu dokumentacije za ishođenje Okolišnih dozvola i Energetsko certificiranje objekata. Ovaj odjel Vam može kvalitetno odraditi sljedeće poslove:

- ▶ Studija utjecaja na okoliš
- ▶ Elaborata o utjecaju na okoliš
- ▶ Izrada karte buke
- ▶ Izrade karte shadow - flickera (vjetrolektrana)
- ▶ Energetski pregled objekata
- ▶ Energetsko certificiranje objekata



Info

Puni naziv poduzeća
ZAGREBINSPEKT - Poduzeće za
kontrolu i inženjering d.o.o.
Mostar

Adresa
Rudarska br. 247
88.000 Mostar
Bosna i Hercegovina

Kontakt
Tel: 387 (0) 36 33 42 80
387 (0) 36 33 42 82
Fax: 387 (0) 36 33 42 81

E-mail
info@zgi.eu
Web adresa
www.zgi.eu



ISSN 1986-583X



9 771986 583009 1