ISSN 1849-0638

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

17. SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
17th NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

10. MEĐUNARODNI SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
10th INTERNATIONAL NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

HEP-Group
HEP-Plin Ltd.
HR-31000 Osijek, Cara Hadrijana 7

J. J. Strossmayer University of Osijek
Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod
HR-35000 Slavonski Brod, Trg I. B. Mažuranić 2

University of Pécs
Faculty of Engineering and Information Technology
H-7624 Pécs, Boszorkány u. 2

PLIN2019
konferencija-plin.sfsb.hr

Suorganizator
Co-organizer

HERA

Uz potporu
Supported by
Ministarstvo znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske
Ministry of Science and Education of the Republic of Croatia

Osijek, 25.- 27.09.2019.

PLIN 2019

ZBRONIK RADOVA 10. MEĐUNARODNOG SKUPA O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI

PROCEEDINGS OF 10th INTERNATIONAL NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

Izdavač / Publisher: Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Email: plin@sfsb.hr
URL: http://konferencija-plin.sfsb.hr

All papers are reviewed.
The authors are only responsible for the contents and accuracy of all published material. The Editors do not accept any liability for the contents and accuracy of articles, or responsibility for any mistakes (editorial or typographical), nor for any consequences that may arise from them.

Urednici / Editors:

Pero RAOS, glavni urednik
Tomislav GALETA
Dražan KOZAK
Marija RAOS
Josip STOJŠIĆ
Zlatko TONKOVIĆ

PLIN 2019 Organizacijski odbor / PLIN 2019 Organization committee:

Marija RAOS, Hrvatska, predsjednica organizacijskog odbora
Tomislav GALETA, Hrvatska
Josip CUMIN, Hrvatska
Miroslav DUSPARA, Hrvatska
Renata ĐEKIĆ, Hrvatska
Nada FLANJAK, Hrvatska
Ismeta HASANBEGOVIĆ, BiH
Zvonimir KLAIĆ, Hrvatska
Miroslav MAZUREK, Hrvatska
Ana RADONIĆ, Hrvatska
Pero RAOS, Hrvatska
Josip STOJŠIĆ, Hrvatska
Zlatko TONKOVIĆ, Hrvatska
Nikola VIŠTICA, Hrvatska

Sponzori / Sponsors

INA

PPD
member of enna energia naturalis

Axis.
Applied Connectivity.

IOTnet
CONNECTING THINGS

Pokrovitelj/Patron

HGK 1852
HRVATSKA GOSPODARSKA KOMORA

Izlagači / Exhibitors

Beretta

EKOFLUID
mjerna oprema za plin i naftu

PLIN 2019 Počasni odbor / PLIN 2019 Honor committee:

Ivan SAMARDŽIĆ, predsjednik, Hrvatska
Frane BARBARIĆ, Hrvatska
Vlado GUBERAC, Hrvatska
Tomislav JUREKOVIĆ, Hrvatska
Gabriella MEDVEGY, Mađarska
Damir PEĆUŠAK, Hrvatska
Tomislav ŠAMBIĆ, Hrvatska

PLIN 2019 Znanstveni odbor / PLIN 2019 Scientific committee:

Dražan KOZAK, predsjednik, Hrvatska
Antun STOIĆ zamjenik pred., Hrvatska
Bálint BACHMANN, Mađarska
Darko BAJIĆ, Crna Gora
Eraldo BANOVAC, Hrvatska
Károly BELINA, Mađarska
Ivan BOŠNJAK, Hrvatska
Aida BUČO-SMAJIĆ, BiH
Zlatan CAR, Hrvatska
Robert ČEP, Češka
Majda ČOHODAR, BiH
Ejub DŽAFEROVIĆ, BiH
Tomislav GALETA, Hrvatska
Antun GALOVIĆ, Hrvatska
Hrvoje GLAVAŠ, Hrvatska
Nenad GUBELJAK, Slovenija
Sergej HLOCH, Slovačka
Nedim HODŽIĆ, BiH
Željko IVANDIĆ, Hrvatska
Željka JURKOVIĆ, Hrvatska
Ivica KLADARIĆ, Hrvatska
Milan KLJAJIN, Hrvatska
Janez KOPAČ, Slovenija
Grzegors KROLCZYK, Poljska
Stanislaw LEGUTKO, Poljska
Leon MAGLIĆ, Hrvatska
Damir MILJAČKI, Hrvatska
Mladomir MILUTINOVIĆ, Srbija
Ferenc ORBÁN, Mađarska
Branimir PAVKOVIĆ, Hrvatska
Denis PELIN, Hrvatska
Miroslav PLANČAK, Srbija
Dalibor PUDIĆ, Hrvatska
Marijan RAJSMAN, Hrvatska
Marko RAKIN, Srbija
Miomir RAOS, Srbija
Pero RAOS, Hrvatska
Alessandro RUGGIERO, Italija
Aleksandar SEDMAK, Srbija
Marinko STOJKOV, Hrvatska
Josip STOJŠIĆ, Hrvatska
Igor SUTLOVIĆ, Hrvatska
Tomislav ŠARIĆ, Hrvatska
Mladen ŠERCER, Hrvatska
Damir ŠLJIVAC, Hrvatska
Vedran ŠPEHAR, Hrvatska
Zlatko TONKOVIĆ, Hrvatska
Zdravko VIRAG, Hrvatska
Nikola VIŠTICA, Hrvatska
Jurica VRDOLJAK, Hrvatska
Marija ŽIVIĆ, Hrvatska

Sadržaj / Contents

PLENARNA PREDAVANJA / KEYNOTE LECTURES

UTJECAJ PRIRODNOG PLINA NA KONKURENTNOST GOSPODARSTVA I SMANJENJE EMISIJA STAKLENIČKIH PLINOVA 1
D. Pudić

ASISTIRANI TRANSFER KLJUČNIH RAZVOJNIH TEHNOLOGIJA ZA ODRŽIVU, KONKURENTNU I ENERGETSKI I RESURSNO UČINKOVITU INDUSTRIJU U EU 12
I. Štefanić

PLIN I PLINSKA TEHNIKA / GAS AND GAS TECHNIQUE

TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA KAO BITNA PREVENTIVNA AKTIVNOST ZA POUZDANI RAD PLINSKIH POSTROJENJA 22
Z. Lacković

TEMPERATURE DEPENDENT CONSUMERS OF NATURAL GAS IN CROATIA 29
T. Pendić, I. Sutlović, P. Raos

KONTROLA MJERILA PROTOKA PLINA 38
L. Maglić, G. Panić, O. Maglić

ENERGETIKA I TOPLINSKA TEHNIKA / ENERGETICS AND HEATING TECHNIQUE

UPRAVLJANJE SUSTAVOM LED RGB RASVJETE DMX PROTOKOLOM 43
A. Martinek, Z. Galić, H. Glavaš

INFRACRVENA TERMOGRAFIJA U ODRŽAVANJU FOTONAPONSKE ELEKTRANE "ETFOS 1" 54
H. Glavaš, I. Bićanić, E. Desnica

PREGLED PASIVNOG I AKTIVNOG BALANSIRANJA BATERIJA 64
D. Pelin, B. Tomašević, A. Travančić, Kristijan Lolić

MODEL UPRAVLJANJA ENERGETSKI UČINKOVITE RASVJETE SPORTSKOG IGRALIŠTA 72
Z. Klaić, M. Juroš, Z. Kraus, M. Stojkov

UTJECAJ POJEDINCA NA POTROŠNJU ENERGIJE I EMISIJU CO_2 81
K. Hornung, M. Stojkov, A. Čikić

BAKLJE NA DEPONIJAMA OTPADA U FUNKCIJI EKOLOGIJE 89
E. Memišević, T. Grizelj

OLIMPIJSKI PLAMEN I VJEČNE VATRE NA PLIN 97
T. Grizelj, E. Kamenjašević

ALTERNATIVNI, OBNOVLJIVI I ODRŽIVI IZVORI ENERGIJE 102
E. Kamenjašević, T. Grizelj

PROJEKTIRANJE RASVJETE GRADSKOG PARKA 107
Z. Klaić, V. Kokošarević, M. Primorac, K. Fekete

PREDVIĐANJE PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA 115
M. Benić, I. Sutlović, P. Raos

EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY OF PUMPS 124
M . Eördöghné Miklos, Á. Nyers

ANALIZA ENERGIJSKE EFIKASNOSTI PLINSKIH KONDENZACIJSKIH KOTLOVA 130
M. Rauch, A. Barac, M. Živić, A. Galović

REZULTATI ENERGETSKE OBNOVE ZGRADA NA PODRUČJU OSJEČKO-BARANJSKE ŽUPANIJE 137
D. Dvoržak, M. Ivanović, H. Glavaš

VODA / WATER

PRIMJENA STAKLOPLASTIKE U HIDROTEHNICI 144
A. Jurić, T. Mijušković - Svetinović, D. Vidaković

MONITORING AKUMULACIJE BOROVIK 153
M. Šperac, T. Slunjski

GUIDELINES FOR WATER MANAGEMENT AT THE GLOBAL AND LOCAL LEVEL 161
A. Sutlović, B. Vojnović, I. Čurić, A. Ludaš

ANALIZA KVAROVA NA VODOOPSKRBNOM SUSTAVU 169
T. Mijušković - Svetinović, V. Blažević , S. Maričić

REGULATIVA / REGULATIONS

IMPORTANCE OF THE PROTECTION OF PERSONAL DATA ACCORDING TO REGULATION 2016/679 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL 180
S. Franjić

PREVENCIJA OPASNOSTI KOD DIMNJAKA 188
D. Vidaković, H. Glavaš, J. Pešić, D. Hećimović

GOSPODARENJE GRAĐEVINSKIM OTPADOM I OTPADOM OD RUŠENJA 200
D.Hećimović, D.Pfeifer , D.Vidaković

PROBLEMATIKA UPORABNIH DOZVOLA ZA ODREĐENE GRAĐEVINE – ANALIZA ODABRANOG PODRUČJA 210
D. Obradović, M. Teni, L. Međurečan

KONSTRUIRANJE I PROIZVODNE TEHNOLOGIJE/ DESIGN AND PRODUCTION TECHNOLOGIES

APPLICATION OF AHP METHOD IN THE PROCESS OF EVALUATION OF SUPPORTING STRUCTURES FOR PLACING TRAFFIC SIGNS 219
M. Katalinić, M. Karakašić, Ž. Ivandić, H. Glavaš

PRAĆENJE USPJEŠNOSTI POSTOJEĆEG SUSTAVA ODRŽAVANJA 229
D. Vidaković, S. Marenjak, Lj. Radovanović, H. Glavaš

METALLURGY – METAL FORMING 242
B. Grizelj, S. Resković, I. Samardžic, D. Marić

SUVREMENE TEHNOLOGIJE RAZVRSTAVANJA OTPADA 252
V. Kaučić, G. Rozing, A. Katić

MODERN APPROACHES ON CONSTRUCTION OPTIMIZATION IN MECHANICAL ENGINEERING 260
I. Palinkas, E. Desnica, J. Pekez, Lj. Radovanovic

RFID TECHNOLOGY FOR REAL-TIME CONDITION MONITORING OF PIPELINES 265
G. Zeba, M. Čičak

PARAMETARSKO 3D OBLIKOVANJE I PRORAČUNI CIJEVNIH PROČISTAČA TIPA PY 273
B. Hršak, A. Čikić, A. Čukman

EKOLOŠKA ANALIZA POVRŠINSKE ZAŠTITE METALA OD KOROZIJE PRIMJENOM PREMAZA 283
M. Katava, T. Šolić, D. Marić, M. Duspara, I. Putnik, I. Samardžić

ECONOMICS DESIGN OF RECTANGULAR AND CYLINDRICAL STORAGE TANKS 293
Ferenc Orbán

Utjecaj prirodnog plina na konkurentnost gospodarstva i smanjenje emisija stakleničkih plinova

Influence of natural gas on the competitiveness of the economy and reduction of greenhouse gas emissions

D. Pudić

Hrvatska energetska regulatorna agencija, Zagreb, Hrvatska

*Autor za korespodenciju. E-mail: dpudic@hera.hr

Sažetak

Cilj ovoga rada je utvrditi ulogu prirodnog plina u postizanju niskougljične strategije, uzimajući u obzir konkurentnost gospodarstva. Iz postavljenog cilja proizlazi istraživačko pitanje: Koji energetski miks treba koristiti u cilju postizanja smanjenja emisija stakleničkih plinova, a da se pri tome koriste vlastiti resursi te održi konkurentna cijena energije, a time i konkurentno gospodarstvo? U radu se analizira potrošnja prirodnog plina te proizvodnja energije iz obnovljivih izvora energije. Također, razmatraju se energetski resursi s kojima raspolaže Republika Hrvatska i konkurentnost nacionalnog gospodarstva.

Ključne riječi: prirodni plin, obnovljivi izvori energije, staklenički plin, konkurentnost

Abstract

The aim of this paper is to determine the role of natural gas in achieving a low-carbon strategy, taking into account the competitiveness of the economy. The following research question arises from the aforementioned aim: Which energy mix should be used to reduce greenhouse gas emissions by using own resources and to sustain a competitive price of energy and a competitive economy? The consumption of natural gas and the production of energy from renewable energy sources are analyzed in this paper. Energy resources in Croatia and the competitiveness of the economy are considered in the paper too.

Key words: natural gas, renewable energy sources, greenhouse gas, competitiveness

1. Uvod

Europska unija je preuzela obveze iz Pariškog sporazuma s kojim se obvezala do 2030. godine smanjiti emisije ugljičnih plinova za 40% u odnosu na razinu iz 1990. godine. Sukladno preuzetim obvezama i ciljevima, Europska komisija je u studenom 2018. predložila dugoročnu strategiju Europske unije za postizanje klimatski neutralne ekonomije do 2050. godine.

Ukupna globalna potrošnja energije može se podijeliti u tri glavna sektora: stambene i nestambene zgrade s potrošnjom od 39%, industrija s potrošnjom od 32% i promet s potrošnjom od 29% [1]. U 2017. godini više od 85% globalne potrošnje primarne energije odnosilo se na ugljikovodike: naftu, prirodni plin i ugljen [2]. Pri razmatranju globalnih trendova u obzir treba uzeti i činjenicu da svjetska populacija raste kontinuirano, čime su potrebe za energijom sve veće, s time da još uvijek oko milijardu ljudi u svijetu nema pristup modernim oblicima energije, a potrošnja energije u zemljama u razvoju značajno je manja od potrošnje u razvijenim zemljama. Nadalje, treba naglasiti da upravo ubrzani rast dovodi do značajnog povećanja potrošnje energije i povećanja emisija ugljičnih plinova. Promatrajući potrošnju energije, najveći su izazovi u sektoru stambenih i nestambenih zgrada gdje se značajan iskorak može napraviti po pitanju energetske učinkovitosti, potom u sektoru transporta gdje su velika sredstva usmjerena u elektromobilnost te u industriji gdje su djelovanja usmjerena na učinkovitost postrojenja.

Promatrajući proizvodnju energije, najveći je iskorak napravljen u proizvodnji električne energije iz vjetra i sunca. Proizvodnja električne energije u postrojenjima obnovljivih izvora energije daje sve veći doprinos u smanjenju emisija stakleničkih plinova, ali je utjecala na porast cijena električne energije u prošlosti.

Općenito, porast cijena energije rezultira smanjenjem konkurentnosti. Stoga treba voditi računa o iskorištavanju vlastitih resursa u postizanju zacrtanih ciljeva u smanjenju emisija, kao i o optimalnom energetskom miksu kojim se potiče konkurentnost gospodarstva. Konačno, pri razmatranju problematike suvremene energetike ne smije se zanemariti potencijal šuma u borbi protiv klimatskih promjena.

U radovima [3-8] autori su istraživali potrošnju energije u stambenim i nestambenim zgradama, trendove potrošnje, potrošnju energije u transportu, emisije stakleničkih plinova, utjecaj šuma na emisiju stakleničkih plinova i ulogu prirodnog plina u energetskom miksu.

2. Trendovi u svjetskoj potrošnji energije

Kako bi se utvrdili trendovi u globalnoj proizvodnji i potrošnji energije prije svega treba razmotriti populacijske trendove u svijetu. U razdoblju od 2006. do 2016. godine došlo je do porasta svjetskog stanovništva sa 6,62 milijarde na 7,47 milijardi (za 12,8%). UN predviđa da će do 2050. godine svjetsko stanovništvo narasti na 9,7 milijardi, a do 2100. na 11 milijardi ljudi. Očekuje se da će polovica svjetskog stanovništva živjeti u Africi. U prethodno navedenom razdoblju potrošnja energije je porasla sa 11,27 na 13,28 milijardi ekvivalenta tona nafte (za 17,8%). Iako je u Europskoj uniji i Sjedinjenim američkim državama došlo do pada potrošnje energije, činjenica je da se značajan rast dogodio u Kini gdje je došlo do porasta potrošnje za više od 50%, odnosno za više od 1 milijardu ekvivalenta tona nafte. Porast od gotovo 50%, iako u apsolutnom iznosu značajno manji u usporedbi s Kinom, desio se i na srednjem istoku. U istom razdoblju došlo je do porasta potrošnje nafte sa 5,36 na 6,03 milijardi tona nafte, odnosno za 12,6 %. Dakle, prirast potrošnje nafte bio je nešto manji od prirasta potrošnje energije u promatranom razdoblju. U istom razdoblju došlo je i do porasta potrošnje plina sa 2.850 milijardi m^3 na 3.543 milijardi m^3, odnosno za 24,3%. Dakle, prirast potrošnje prirodnog plina bio je veći od prirasta stanovništva u istom razdoblju. Potrošnja ugljena je također povećana sa 3,3 na 3,7 milijardi ekvivalenta tona nafte, što je

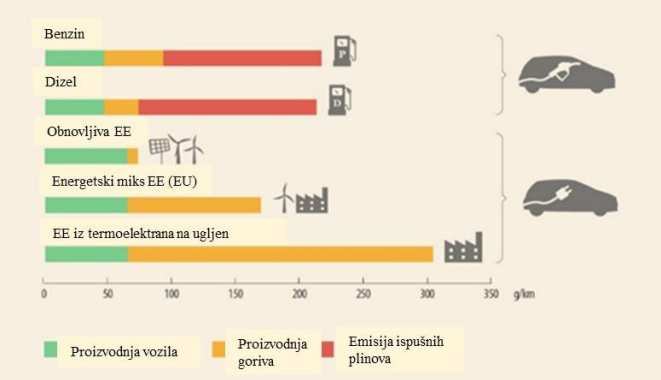
također porast potrošnje za 13,3%. Prirast potrošnje ugljena u promatranom razdoblju je nešto veći od prirasta stanovništva. Potrošnja električne energije u promatranom razdoblju povećala se sa 19.132 na 24.816 TWh, odnosno za 29,7%, od čega se 80% povećanja u potrošnji odnosi na azijske zemlje. Potrošnja energije iz obnovljivih izvora energije (energija vjetra, sunca, biomase i geotermalna energija) porasla je sa 93,2 na 419,6 milijuna tona ekvivalenta nafte, odnosno za više od 4,5 puta [9]. Iako je taj porast bio značajan u postotnom iznosu u promatranom razdoblju, porast energije iz obnovljivih izvora još uvijek je bio manji od porasta potrošnje energije iz ugljena. Ovo ukazuje na činjenicu da se je veći doprinos u smanjenju emisija mogao postići da se sva povećana potrošnja energije iz ugljena zamijenila potrošnjom na plin, promatrano u odnosu na učinak ostvaren iz obnovljivih izvora energije. Naravno, ne treba zanemariti niti ekonomski učinak na konkurentnost gospodarstva u promatranom razdoblju. Pozitivna je činjenica da je došlo do značajnih inovacija i povećanja konkurentnosti određenih tehnologija obnovljivih izvora energije.

U promatranom razdoblju potrošnja prirodnog plina po stanovniku je povećana sa 4.050 kWh na 4.400 kWh, a potrošnja električne energije sa 2.900 na 3.300 kWh. Iako je danas sve podređeno razvoju elektroenergetskog sektora, nije realno očekivati da se do 2050. godine može postići potpuna elektrifikacija sustava, tim više što podaci pokazuju da obnovljivi izvori energije u zadnjem desetogodišnjem razdoblju nisu mogli zadovoljiti niti petinu povećanih potreba za energijom. Nadalje, 2016. godine je ugljen još uvijek imao udio od 39,3% u proizvodnji električne energije, usprkos činjenici da njegovim izgaranjem nastaje dvostruko veća emisija ugljičnih plinova u odnosu na prirodni plin.

3. Potrošnja energije u transportu te u sektoru stambenih i nestambenih zgrada

Potrošnja energije u industriji ne može se značajno promijeniti. Stoga će se u nastavku ovoga rada podrobnije opisati sektor transporta (u kojemu se očekuje potpuni zaokret prema elektromobilnosti) te sektor stambenih i nestambenih zgrada gdje se očekuje velika posvećenost smanjenju potrošnje i upotrebi visokoučinkovitih uređaja.

Sve veći je broj gradova u svijetu koji su uveli ili planiraju uvesti zabranu korištenja automobila s dizel motorom. Značajne su subvencije za kupovinu vozila s manjim emisijama. Infrastruktura za punjenje automobila sve je bolja, iako se na većini mjesta počela naplaćivati i potrošnja električne energije za vozila. Međutim, ne znači da kod električnih automobila nema emisije CO_2, jer emisija nastaje prilikom proizvodnje električne energije u samoj elektrani. To znači da je emisija CO_2 iz termoelektrana na ugljen i veća nego u slučaju korištenja automobila s benzinskim i dizel motorima. Slika 1. prikazuje emisije CO_2 iz različitih goriva za 2014. godinu prema Europskoj agenciji za okoliš.



Slika 1. CO_2 emisije u sektoru transporta u EU za 2014. godinu

Ukupna emisija CO2 obuhvaća tri komponente: emisije za proizvodnju automobila, emisije za proizvodnju goriva i emisije koju ispuštaju vozila. Stoga je ukupna emisija koju stvaraju vozila s benzinskim i dizel motorima nešto iznad 200 g/km, dok emisija električnog vozila ovisi o tome iz kojeg se izvora koristi električna energija. Tako vozilo koje troši električnu energiju proizvedenu u termoelektrani na ugljen ima emisiju koja je je gotovo 50% veća od emisije vozila s benzinskim ili dizel motorom, tj. 300 g/km. Računajući europski energetski miks za proizvodnju električne energije ukupna emisija koju stvara elektro vozilo je oko 179 g/km. Gledajući s aspekta proizvedene energije mogao bi se, upravo za iznos potrošene električne energije u električnim automobilima, ugasiti određeni broj termoelektrana na ugljen. Za ilustraciju, u EU postoji oko 1,3 milijuna vozila na električnu energiju koja u prosjeku troše 20 kWh/100 km električne energije. U slučaju da svaki električni automobil prijeđe 20.000 km godišnje potrošio bi oko 4 MWh električne energije godišnje, odnosno svi zajedno potrošili bi 5,2 TWh električne energije. Dakle, u Europskoj uniji bi se mogle ugasiti tri termoelektrane veličine Plomina. S druge strane, promatrajući specifični energetski miks koji postoji u svakoj državi i računajući da se električni automobili opskrbljuju iz tog miksa, može se zaključiti da u svakoj državi električni automobili uzrokuju različite emisije CO_2. Tako bi emisije CO_2 iznosile 170 g/km za Europsku uniju kao cjelinu, budući da postoji velik udio u proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora energije. U tablici 1 predočene su različite emisije CO_2 u g/km, iz čega proizlazi da bi korištenje električnih automobila u pojedinim državama samo povećalo emisije CO_2 u slučaju da se automobile s benzinskim i dizel motorima zamijeni s električnim automobilima.

Tablica 1. Emisije CO2 energetskog miksa u g/km

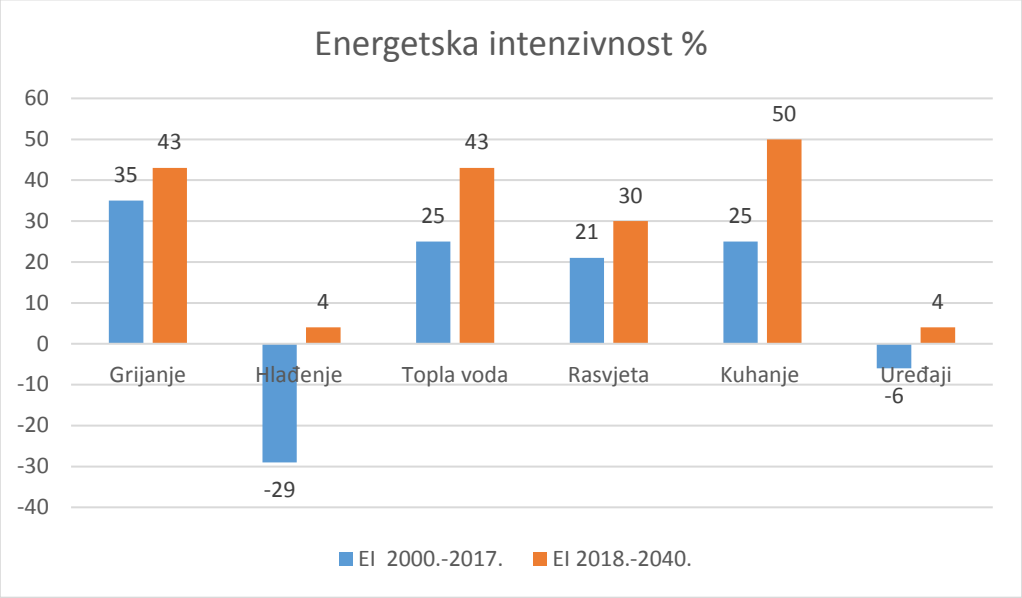
Država	Emisija (g/km)	Ekvilalentna potrošnja (l/100km)
Indija	270	11,6
Australija	213	9,2
Kina	188	8,1
Njemačka	131	5,6
Hrvatska	102	4,4

Sama proizvodnja električne energije u termoelektranama na ugljen generira oko 230 g/km emisija CO_2. Dakle, upotrebom prirodnog plina za proizvodnju električne energije za električna vozila ta bi se emisija gotovo prepolovila i iznosila bi oko 120 g/km.

Nadalje, od ukupne potrošnje energije u transportu 72% energije se troši u cestovnom transportu, a ostatak u avio i pomorskom prometu gdje se upotreba električne energije zbog tehnoloških ograničenja ne razmatra. U ukupnom cestovnom prometu potrošnja automobila iznosi 60%, a od ukupne potrošnje goriva u sektoru transporta automobili troše skoro 44%, odnosno 12% ukupne potrošnje energije. Nije realno očekivati da bi se do 2050. cijela autoindustrija mogla prebaciti na elektro mobilnost. Ostalim vozilima, kao što su laka i teška teretna vozila te brodovi, pripada oko 41% ukupne potrošnje energije u transportu. Kod ove kategorije vozila najbolju alternativu za smanjenje ukupnih emisija predstavlja korištenje ukapljenog i stlačenog prirodnog plina. Ostatak od 15% najvećim dijelom otpada na avio transport.

U stambenim i nestambenim zgradama ukupna potrošnja energije iznosi 39%. Upravo u tom sektoru postoji najveći potencijal za smanjenje emisija putem ušteda energije. Od ukupnih 39% energije koja se troši u stambenim i nestambenim zgradama, 54% energije potroši se u stambenim zgradama a 46% u komercijalnim (nestambenim) zgradama. Dok se u stambenim zgradama najviše energije troši za grijanje (32%), u nestambenim se zgradama najviše energije troši na rasvjetu (28%). Stoga bi u tim segmentima trebalo tražiti prostore za uštedu.

Prosječno kućanstvo u Republici Hrvatskoj troši godišnje oko 3.000 kWh električne energije i 12.000 kWh energije za grijanje. Dakle, oko 20% energije odnosi se na električnu energiju, a 80% na energiju za grijanje i potrošnu toplu vodu. Općenito, kućanstva ne predstavljaju značajan potencijal za obnovljive izvore energije gdje bi se sva energija potrebna za grijanje zamijenila električnom (osim u slučaju proizvodnje na mjestu potrošnje – prosumeri) jer to ne bi mogao izdržati postojeći elektroenergetski sustav. Kod kućanstava značajan potencijal predstavlja električna energija dobivena iz solarnih ćelija, s tim da su u vrijeme najveće potrošnje energije za grijanje (zimi) mogućnosti proizvodnje solarne energije ograničene. Zgrade niske energetske potrošnje, koje predstavljaju ogroman potencijal, mogu se podijeliti u tri kategorije: pasivne tehnologije za uštedu energije, energetski učinkoviti sustavi servisiranja zgrada i tehnologije proizvodnje energije iz obnovljivih izvora. The Efficient World Scenario planira porast površina u stambenim i nestambenim zgradama za oko 60% do 2040. godine i procjenjuje da će zgrade biti učinkovitije u prosjeku za 40% od 2018. do 2040. godine, za razliku od 25% koliko su bile učinkovitije u 2017. godini u odnosu na 2000. godinu. Dijagramom na slici 2 predočene su potencijalne uštede u razdoblju do 2040. godine u odnosu na 2018. godinu i uštede koje su ostvarene u razdoblju od 2000. godine do 2017. godine [10].

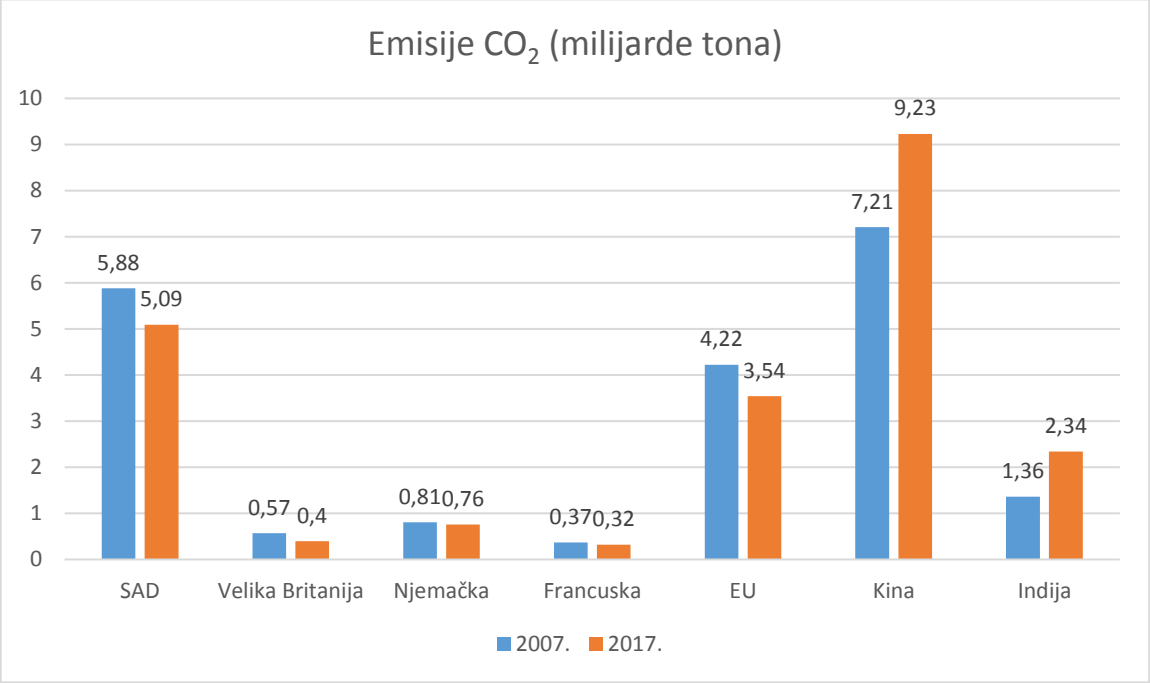


Slika 2. Energetska intenzivnost

Suvremena energetska paradigma, polazeći od činjenice da je općenito nemoguće izbjeći potrošnju energije te da je nije moguće dovoljno proizvesti samo u postrojenima obnovljivih izvora energije (ponajviše zbog nestalnosti njihove proizvodnje), obuhvaća i problematiku instaliranja velikog broja mini kogeneracija u kombinacijama s obnovljivim izvorima energije, što zbog faktora istovremenosti predstavlja ogroman potencijal za razvoj, pri čemu za bazni energent treba odabrati plin.

4. Emisije ugljikovih plinova i potencijal šuma

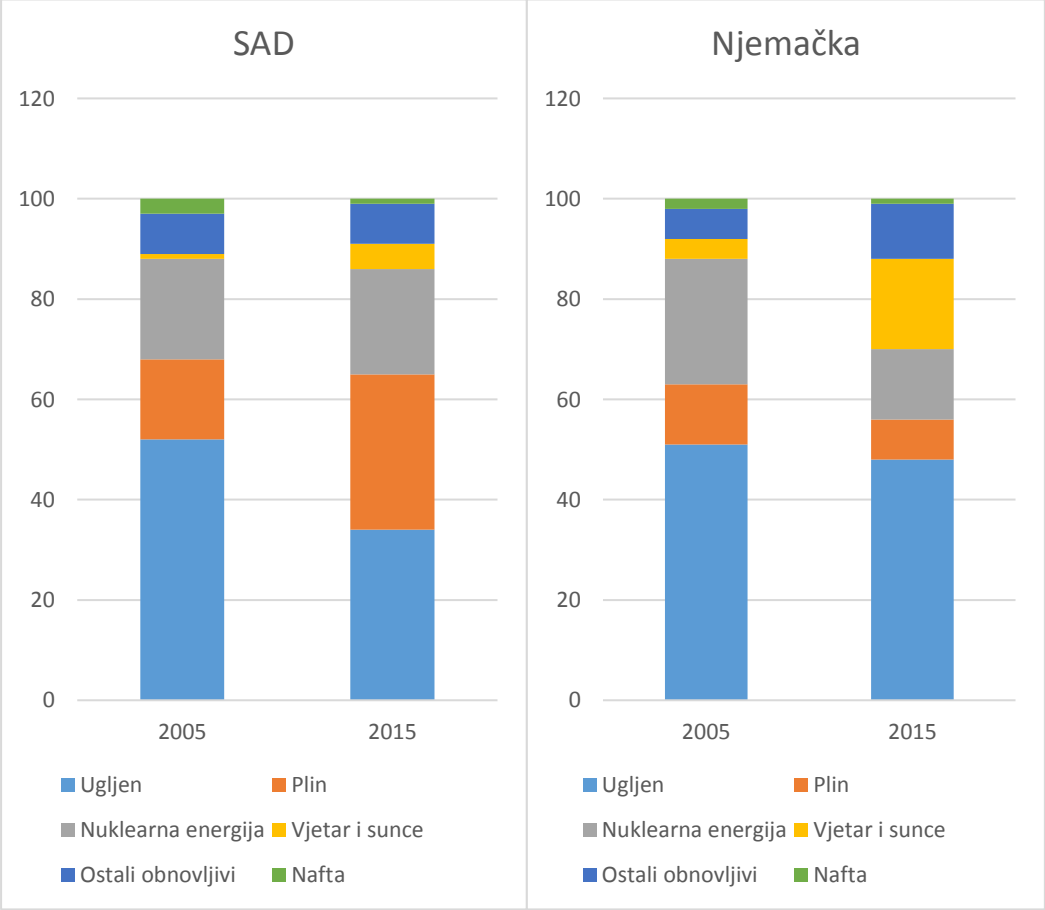
Emisije CO_2 u svijetu u 2017. godini iznosile su 33,4 milijarde tona i u odnosu na 2007. godinu porasle su za 11,2%. Iako je u razvijenijim zemljama došlo do pada emisija, zbog značajnog rasta emisija u zemljama u razvoju ukupna emisija je porasla. Prema BP Statistical Review of World Energy dijagram na slici 3 prikazuje emisije CO_2 za 2007. i 2017. godinu za pojedine zemlje i za EU.



Slika 3. Emisije ugljičnog dioksida

Iz dijagrama na slici 3 može se vidjeti da je u Sjedinjenim američkim državama došlo do pada emisija CO_2 za 0,79 milijardi tona u promatranom razdoblju (gotovo za 14%), odnosno za 1,4% godišnje. U istom razdoblju u Njemačkoj došlo je do pada od 0,05 milijardi tona CO_2 (za 6%), ili 0,6% godišnje. Isto tako do značajnog pada emisija CO_2 došlo je u Velikoj Britaniji (oko 30%), odnosno 3% godišnje. Međutim slabije razvijene zemlje s velikim brojem stanovnika ostvarile su izraziti rast emisija. Samo Indija i Kina su ostvarile porast emisija u iznosu od 3 milijarde tona. Taj rast u Kini je bio 2,02 milijarde, odnosno 28% više u 2017. godini nego u 2007. godini. Danas ukupne emisije Kine čine više od 27% svjetskih emisija CO_2. Nadalje u Indiji je zabilježen porast od 72% u promatranom razdoblju. Iako se Indija po broju stanovnika gotovo izjednačila s Kinom, još uvijek su emisije CO_2 gotovo četiri puta manje. U slučaju Indije, koja teži standardu razvijenih zemalja, postoji rizik velikog rasta emisija CO_2 u budućnosti.

Nadalje, na temelju usporedbe Njemačke i Sjedinjenih američkih država (koje su imale različite pristupe u smanjenju emisija: Njemačka je imala značajan rast proizvodnje električne energije iz postrojenja obnovljivih izvora energije, dok su Sjedinjene američke države zamijenile mnoge termoelektrane na ugljen s termoelektranama na prirodni plin), može se zaključiti da su Sjedinjene američke države ostvarile bolje rezultate u smanjenju emisija CO_2, a ciljano na smanjenje globalnog zatopljenja. Promjene u korištenju energenata prema *Exxon Mobil 2017. Outlook for energy* predočene su dijagramom na slici 4.



Slika 4. Promjene u korištenju energenata u desetogodišnjem razdoblju

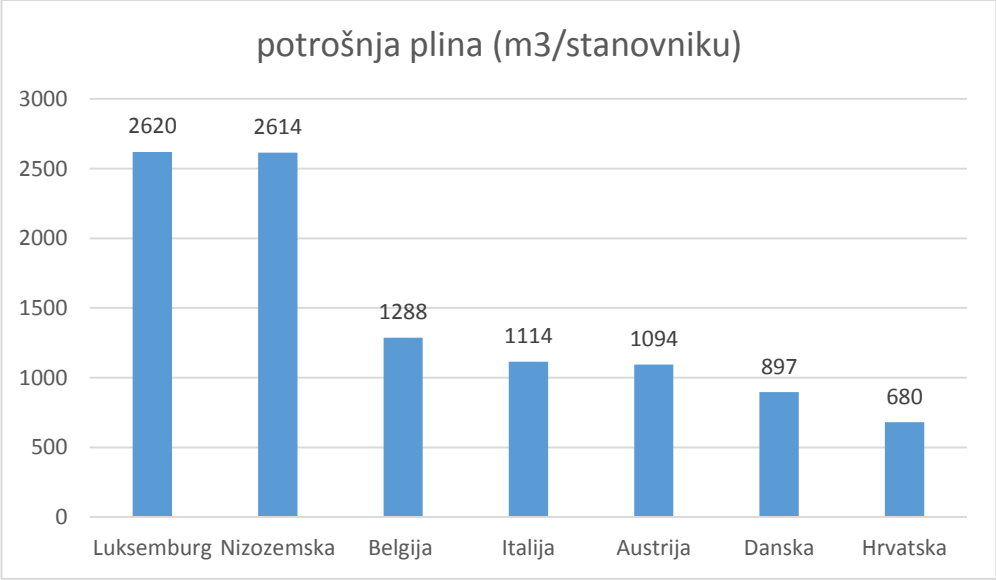
Veliku ulogu u sprječavanju prevelikog globalnog zatopljenja mogu imati šume. Stoga su šumske sheme dobile veliki značaj Pariškim sporazumom iz 2015. godine. Kina je odlučila posaditi šume na površini koja je veća od Velike Britanije. Kalifornija je dopustila da vlasnici šuma prodaju emisijske certifikate proizvođačima i korporacijama koje proizvode CO_2. Europska unija planira omogućiti zemljama da uključe sadnju šuma u svoje planove za borbu protiv klimatskih promjena. Šume bi mogle osigurati više od jedne trećine ukupnog smanjenja CO_2 potrebnog za održavanje globalnog zatopljenja ispod 2 °C do 2030. godine. Na Zemlji ima približno 4 milijarde hektara šuma, ali svake se godine iskrči 18 milijuna hektara. Akumulirani CO_2 u europskim šumama iznosi 300 t/ha, a akumulirani CO_2 u šumama Brazila 600 t/ha. Jedan hektar šume na sebe može vezati oko 10 tona CO_2 godišnje. U Republici Hrvatskoj ima 2,5 milijuna hektara šume, a emisija CO_2 iznosi 16 milijuna tona na godinu. Republika Hrvatska ima 4 milijuna stanovnika, pa proizlazi da se stvaraju 4 tone CO_2 po stanovniku godišnje. Stoga Republika Hrvatska spada među države s najnižom emisijom CO_2. Tablica 2 prikazuje emisije CO_2 nekih zemalja u Europi.

Tablica 2. Emisije CO_2 (t/stanovniku)

Država	**Emisija (t/stan.)**
Austrija	6,9
Belgija	8,3
Njemačka	8,9
Finska	8,7
Irska	7,3
Luksemburg	17,4
Nizozemska	9,9
Danska	5,9
Hrvatska	**4**

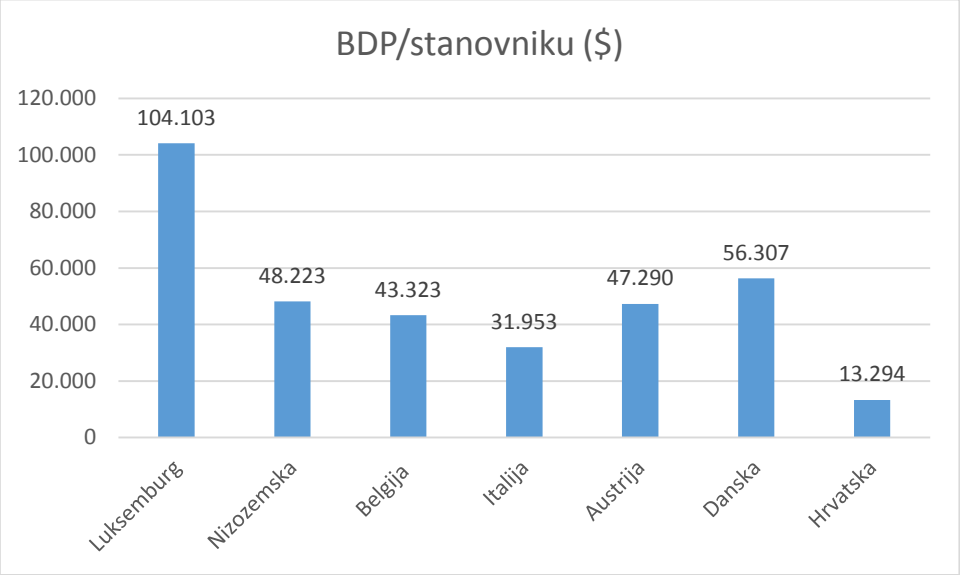
5. Značaj prirodnog plina u energetskom miksu Republike Hrvatske

U Republici Hrvatskoj potroši se oko 27 TWh prirodnog plina godišnje, a električne energije oko 17 TWh. Stoga bi bilo teško za očekivati da se ukupna potrošnja plina prebaci na električnu energiju, jer elektroenergetski sustav ne bi mogao podnijeti prijenos više od 40 TWh (s time da pri ovom izračunu nisu uzeti u obzir drugi oblici energije). Međutim, u Republici Hrvatskoj trebalo bi još doći do porasta potrošnje plina. Dijagram na slici 5 prikazuje potrošnju plina po glavi stanovnika u zemljama u Europi.



Slika 5. Potrošnja plina (m^3/stanovniku)

Iz dijagrama na slici 5 vidljivo je da Republika Hrvatska ima duplo manju potrošnju od gotovo većine ostalih država članica EU, odnosno od nekih čak četiri puta manju. Nadalje Dijagram 5 prikazuje bruto domaći proizvod po glavi stanovnika.



Slika 6. Bruto domaći proizvod po stanovniku

Na dijagramu na slici 6 može se vidjeti da promatrane države članice EU imaju značajno veći bruto domaći proizvod po glavi stanovnika od Republike Hrvatske. Međutim, ne treba zanemariti činjenicu da je proizvodnja plina u Republici Hrvatskoj ne tako davne 2007. godine iznosila 2,9 milijardi m^3 plina, a da je u 2017. godini iznosila 1,4 milijardi m^3. U tom razdoblju akumulirani pad proizvodnje dosegnuo je oko 8 milijardi m^3 plina, što bi iznosilo oko 12 milijardi kuna ili 3,3% bruto domaćeg proizvoda.

U Republici Hrvatskoj se trenutno proizvede godišnje 1,4 TWh električne energije u postrojenjima u sustavu poticaja (vjetar i sunce), za što se godišnje isplaćuje 650 milijuna kuna više nego što bi se plaćalo za istu količinu energije proizvedenu iz plina. Elektrane na vjetar i sunce smanjile su emisiju CO_2 za 300.000 tona. Izračun pokazuje da se smanjenje emisija CO_2 plaća 300 Eura/toni, ne uzimajući u obzir eventualne benefite od takvih poticaja kao što su razvoj novih tehnologija, zapošljavanje, inovacije i konkurentnost. Istovremeno isti učinak se mogao postići sadnjom šuma koje na sebe vežu emitirani CO_2. Budući da jedan hektar šume na sebe veže 10 tona CO_2, Republici Hrvatskoj bi trebalo samo nešto više za 30.000 hektara šume da bi ostvarila isti učinak u suzbijanju globalnog zatopljenja. Kako u Republici Hrvatskoj postoji 2,5 milijuna hektara šume to bi značilo porast od 1,2% u nasadima šuma u prethodnom desetogodišnjem razdoblju. S druge strane, u Republici Hrvatskoj je u 2017. godini izgorjelo preko 100.000 hektara šume i makije, čime se emitirao CO_2 i nepovoljno utjecalo na globalno zatopljenje.

Nadalje, u Republici Hrvatskoj je u 2017. godini proizvedeno gotovo 1,4 TWh električne energije u termoelektrani na ugljen. Da se ista količina električne energije umjesto u termoelektrani na ugljen proizvela u termoelektrani na prirodni plin, učinak na smanjenje emisije CO_2 bio bi gotovo jednak učinku u slučaju električne energije proizvedene u postrojenjima u sustavu poticaja (vjetar i sunce).

6. Zaključak

Pri oblikovanju energetskog miksa Republika Hrvatska treba voditi računa o maksimalnom korištenju domaćih resursa, ponajviše prirodnoga plina. Stoga će trebati uložiti velike napore u cilju značajnijeg povećanje proizvodnje prirodnoga plina. Time bi se poboljšao postojeći nepovoljni omjer uvoza i izvoza u energetskoj bilanci zemlje, a porasla bi i konkurentnost nacionalnog gospodarstva.

Nadalje, budući da se Republika Hrvatska danas po pokazatelju "emisija CO_2 po glavi stanovnika" nalazi na europskom začelju, prvi joj prioritet treba biti konkurentnost gospodarstva. Naravno, nikako ne bi trebalo zanemariti obnovljive izvore energije, pogotovo u segmentu gdje oni mogu konkurirati fosilnim izvorima energije, kao niti inovacije i mogući domaći razvoj u području "zelene energije" koji bi u svakom slučaju morali imati prioritet u odnosu na poticaje za izgradnju postrojenja obnovljivih izvora energije temeljenih velikim dijelom na uvoznoj opremi. U suštini, razvoj onih obnovljivih izvora energije koji potiču razvoj i konkurentnost nacionalnog gospodarstva morao bi imati prioritet pred forsiranjem obnovljivih izvora energije kao opće kategorije. Iz primjera Njemačke i Sjedinjenih američkih država opisanih u ovome radu može se zaključiti da uspješne zemlje osmišljavaju vlastite pristupe smanjivanju emisija CO_2.

7. Literatura

[1] U.S. EIA (2018) Monthly Energy Review April 2018.
[2] BP Statistical Review of World Energy, June 2018.
[3] Allouhi, A.; El Fouih, Y.; Kousksou, T.; Jamil, A.; Zeraouli, Y.; Mourad, Y.; Energy consumption and efficiency in buildings: current status and future trends. Journal of Cleaner Production, Volume 109, 16 December 2015, Pages 118-130
[4] Kadoshin, Shiro; Nishiyama, Takashi; Ito, Toshihide. The trend in current and near Future energy consumption from a statistical perspective. Applied Energy, Volume 67, Issue 4, 1 December 2000, Pages 407-417
[5] Wang, Y.F.; Li, K.P.; Xu, X.M.; Zhang, Y.R.. Transport energy consumption and saving in China. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 29, January 2014, Pages 641-655
[6] Meinshausen, Malte; Meinshausen, Nicolai; Hare, William; Raper, Sarah C. B.; Frieler, Katja; Knutti, Reto; Frame, David J.; Allen, Myles R.. Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C. Nature volume 458, April 2009, Pages 1158–1162
[7] Brown, Sandra; Sathaye, Jayant; Cannell, Melvin; Kauppi, Pekka. Management of Forests for Mitigation of Greenhouse Gas Emissions, 1995
[8] Bahgat, Gawdat. Europe's energy security: challenges and opportunities. International Affairs, Volume 82, Issue 5, September 2006, Pages 961–975
[9] BP Statistical Review of World Energy, June 2017.
[10] IEA, https://www.iea.org/topics/energyefficiency/buildings/, pristupljeno 20.6.2019.

Asistirani transfer ključnih razvojnih tehnologija za održivu, konkurentnu i energetski i resursno učinkovitu industriju u EU

Assisted transfer of key enabling technologies for sustainable, competitive and energy- and resource efficient industry in EU

I. Štefanić

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, TERA TEHNOPOLIS d.o.o. i Fakultet agrobitehničkih znanosti Osijek, Hrvatska

*Autor za korespodenciju. E-mail: stefanic@tera.hr

Sažetak

Industrijske i ključne razvojne tehnologije (KET) mogu značajno poboljšati inovativnost i konkurentnost tvrtke. Ali ako poduzetnik nema pouzdanog partnera koji osigurava tehnologiju, vlastita sredstva ili shemu potpora inovacijama, ta razvojna opcija postaje teško izvodljiva. U cilju reindustrijalizacije i ostvarivanje liderske pozicije u proizvodnim tehnologijama EU je odabrala 6 prioritetnih KET područja: 1. mikro i nano-elektronika, 2. nanotehnologija, 3. fotonika, 4. napredni materijali, 5. industrijska biotehnologija i 6. napredne proizvodne tehnologije. Te se tehnologije kroz povezivanje svih relevantnih dionika želi približiti malim i srednjim poduzetnicima. Brojni EU projekti u različitim programskim shemama uključuju i kaskadno financiranje za poduzetnike i potporu koja se ostvaruje na razne načine. TERA TEHNOPOLIS je regionalni ured za transfer tehnologije i centar za poslovni razvoj koji kontinuirano provodi projekte koji poduzetnicima u istočnoj Hrvatskoj omogućava ne samo tehnološki i ekonomski učinkovitije poslovanje već i poštovanje sve strožijih ekoloških propisa. KETGATE, projekt u programu Interreg Central Europe i KET4CleanProduction, projekt u programu H2020 namijenjeni su povezivanju malih i srednjih poduzeća s odabranim europskim tehnološkim centrima i Europskom poduzetničkom mrežom – EEN, a mogu riješiti njihove probleme u proizvodnji, prevenstveno nadogradnjom postojećih proizvodnih procesa rješenjima koje omogućavaju ključne razvojne tehnologije. Vrlo važan dio projekta su moguće mikro potpore, posebno osmišljene kako bi olakšale potrebnu promjenu tvrtke U vrlo kratkim vremenskim rokovima. Učinak provedbe takvih projekata ostvaruje se vrlo brzo, u drugoj godini provedbe u Hrvatskoj imamo korisnike koji su ostvarili tehnološku asistenciju renomiranih EU KET tehnoloških centara, ali imamo i registraciju novih KET tehnoloških centara iz Hrvatske.

Ključne riječi: inovacije, tehnološki centri, transfer tehnologije, ključne razvojne tehnologije, reindustrijalizacija

Abstract
Industry and Key Development Technologies (KET) can significantly improve the company's innovation and competitiveness. But if an entrepreneur does not have a trusted partner who provides a technology, own funds, or scheme that supports innovations, this development option becomes difficult to implement. For the purpose of re-industrialization and achievement of leadership positions in production technologies, the EU has selected 6 priority KET areas: 1. micro and nano-electronics, 2. nanotechnology, 3. photonics, 4. advanced materials, 5. industrial biotechnology and 6. advanced production technologies. The EU wants to bring those technologies closer to small and medium-sized businesses by connecting all relevant stakeholders. Numerous EU projects in various program schemes include cascading funding for entrepreneurs and support that is implemented in a variety of ways. TERA TEHNOPOLIS is a regional technology transfer office and a business development center that continuously implements projects that assist entrepreneurs in eastern Croatia in developing not only technologically and economically more efficient operations but also operations compliant with increasingly stringent ecological regulations. KETGATE, a project in the Interreg Central Europe program and KET4CleanProduction, is an H2020 project, both designed to connect small and medium-sized enterprises with selected European KET Technology Centers and to the European Business Network - EEN, can solve their production problems, by upgrading existing manufacturing processes to solutions that enable them key development technologies. A very important part of the project are possible micro grants, especially designed to facilitate the necessary change of company in very short time frames. The effects of implementing such projects are achieved very quickly, already in the second year of implementation in Croatia we have users who have realized the technological assistance of renowned EU KET technological centers, but we also have the registration of new KET technological centers from Croatia.

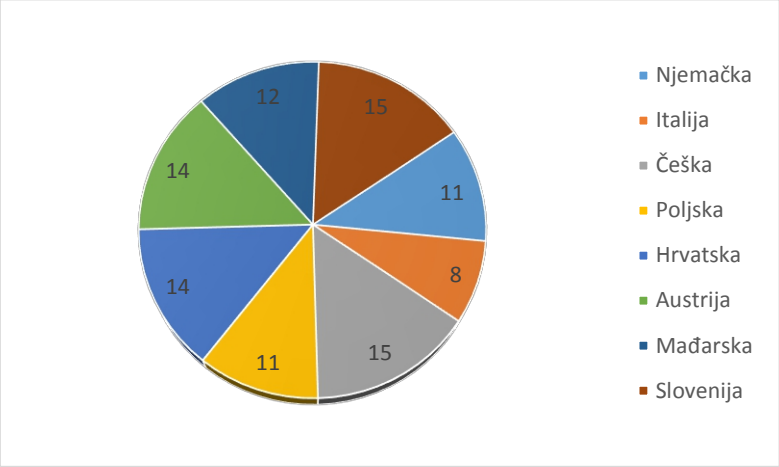
Key words: innovation, technology centres, technology transfer, key enabling technologies, re-industrialization

1. Uvod

TERA TEHNOPOLIS d.o.o. je HAMAG-BICRO certificirani ured za transfer tehnologije koji u istočnoj Hrvatskoj provodi nacionalne i međunarodne programe namijenjene poduzetnicima koji svoje poslovanje temelje na znanju i tehnologiji. U području industrijskih i ključnih razvojnih tehnologija TERA provodi nekoliko projekata koji mogu poboljšati poslovanje poduzetnika u značajnoj mjeri.

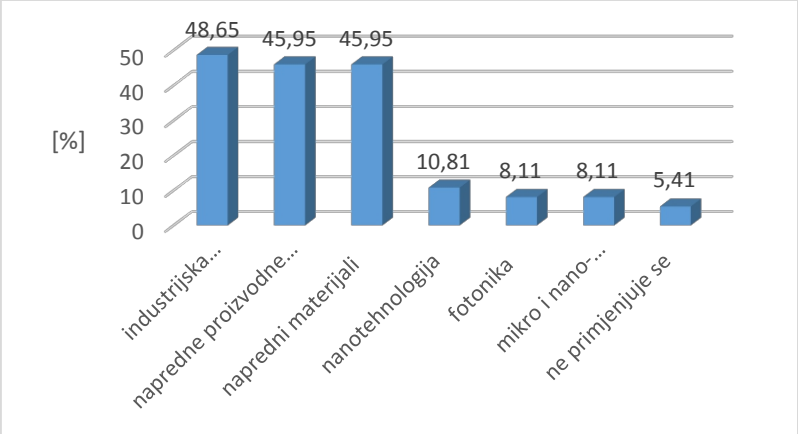
2. Ključne razvojne tehnologije za održivo, konkurentno i energetski i resursno učinkovito poslovanje

U cilju istraživanja stvarnih potreba malih i srednjih poduzetnika za ključnim razvojnim tehnologijama i suradnjom s tehnološkim centrima specijaliziranim u području ključnih razvojnih tehnologija provedeno je istraživanje u 8 država srednje i istočne Europe (Graf. 1.) s uzorkom od 360 ispitanika (Sole D'Orazio, 2019).



Graf 1. Distribucija ispitanika prema poslovnom sjedištu [%]

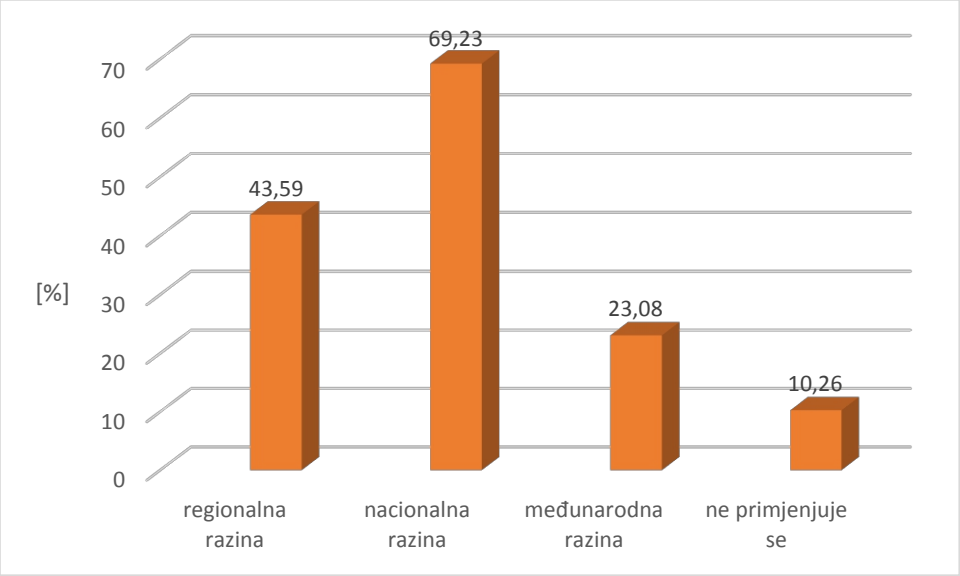
Čak 75% ispitanika je upoznato s konceptom ključnih razvojnih tehnologija (engl. Key Enabling Technologies -KETs), a 44,74% ispitanika ih primjenjuju u svojem poslovanju. Interes ispitanika za različite ključne razvojne tehnologije prikazan je grafičkim prikazom 2.



Graf 2. Interes ispitanika za različite ključne razvojne tehnologije

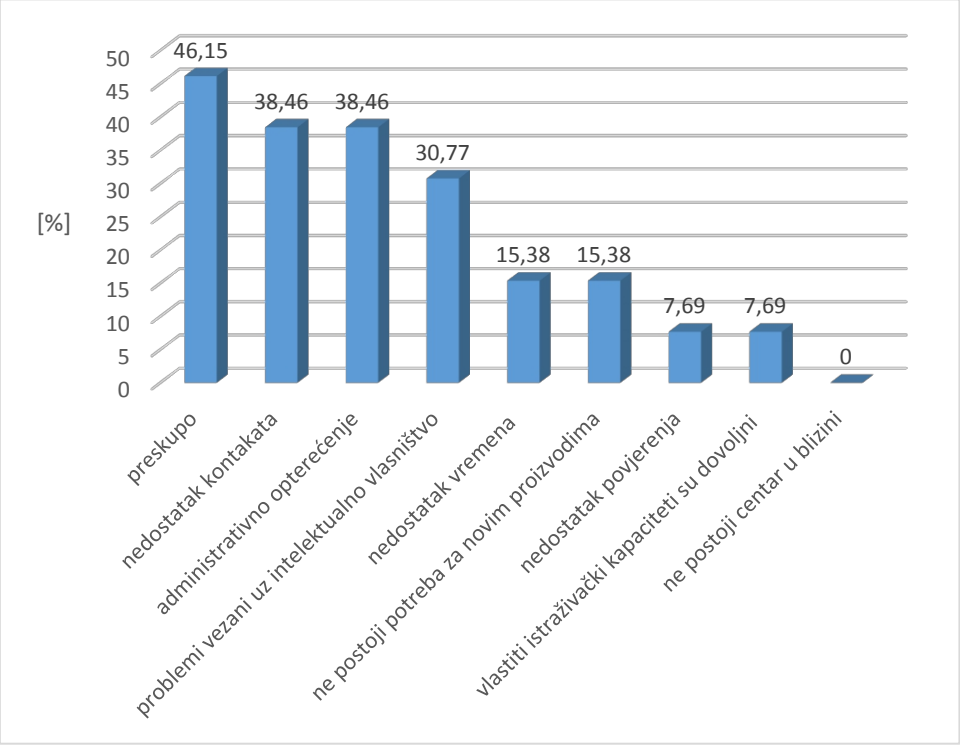
Od svih ispitanika, njih 30% ima međunarodnu patentnu zaštitu za svoje rezultate istraživanja, 65% ih ima vlastitu istraživačko-razvojnu jedinicu, a njih 56% surađuje s istraživačko-razvojnim institucijama. Iz ovoga proizlazi, da značajan broj ispitanika surađuje sa specijalističkim istraživačko-razvojnim institucijama iako imaju vlastitu jedinicu za istraživanje i razvoj.

Suradnja s KET tehnološkim centrima u slabije razvijenim članicama EU često izostaje jer takvi centri jednostavno nisu dostupni na lokalnoj ili regionalnoj razini. Kako bi se taj problem prevladao pripremljena su i odobrena dva projekta u različitim programima KETGATE (Interreg Cental Europe) i KET4CleanProduction (H2020) (Anonymous 2018 a i Anonymous 2018 b). Suradnja s KET tehnološkim centrima prema njihovom poslovnom sjedištu prikazana je grafičkim prikazom 3.



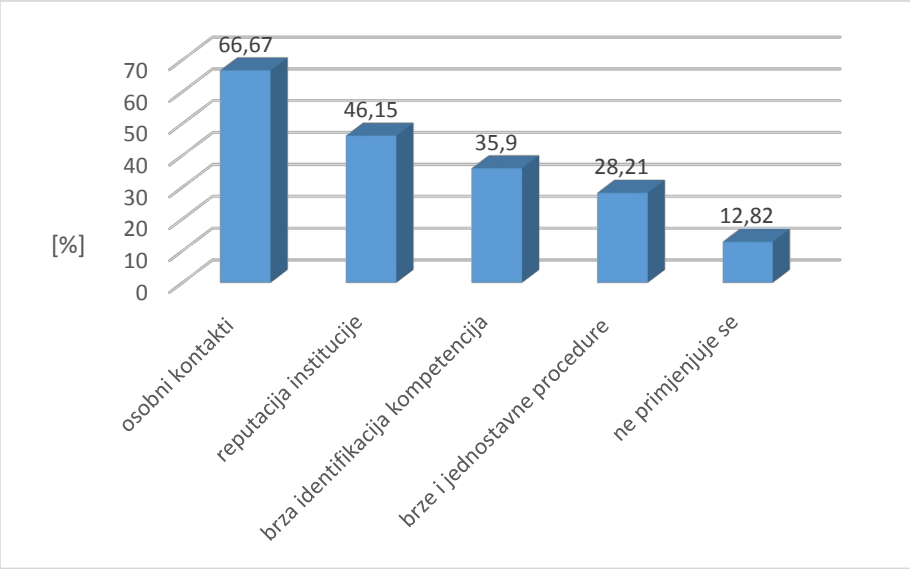
Graf 3. Suradnja s KET tehnološkim centrima prema njihovom poslovnom sjedištu

Važan dio ovog istraživanja je bila analiza prepreke uspješnoj istraživačko-razvojnoj suradnji kod poduzetnika koji takvu suradnju nemaju. Rezultati su prikazani u grafičkom prikazu 4.



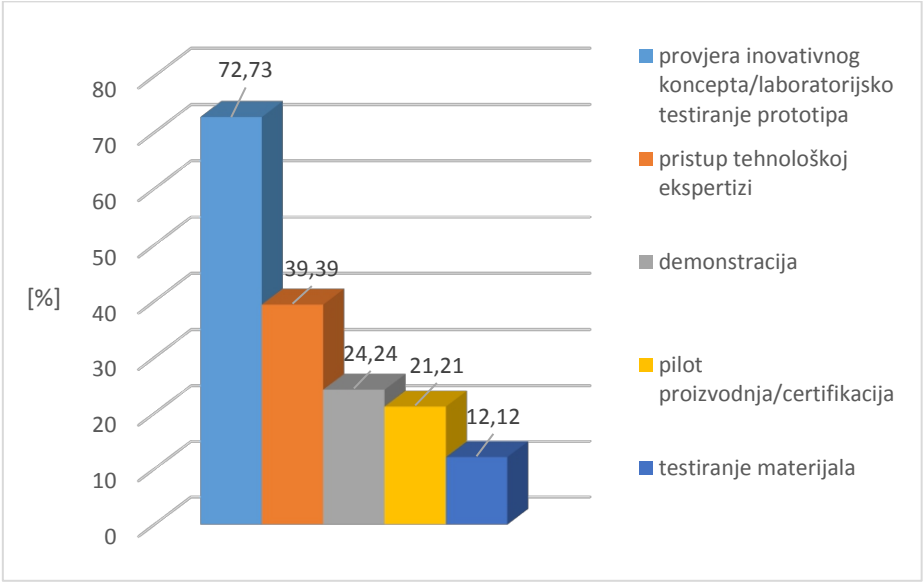
Graf 4. Prepreke uspješnoj istraživačko-razvojnoj suradnji kod poduzetnika koji takvu suradnju nemaju

U slučajevima kad poduzetnici uspiju identificirati jedan ili više odgovarajućih istraživačko-razvojnih centara, kod odabira primjenjuju različite kriterije odabira centra s kojim ostvaruju suradnju (Graf 5).



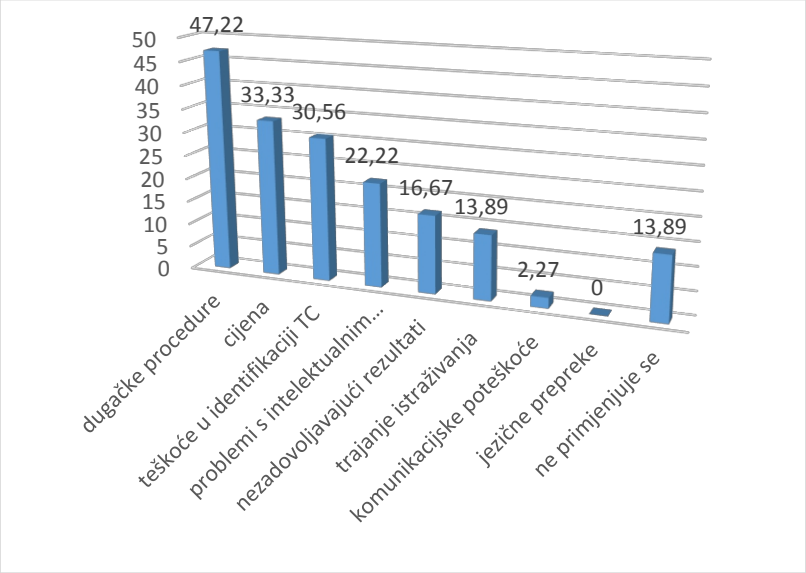
Graf 5. Kriteriji za odabir suradnih KET tehnoloških centara

Odabrani se istraživačko-razvojni centri angažiraju za različite poslove. Koje poslove i u kojem broju slučajeva traže mali i srednji poduzetnici od KET tehnoloških centara je prikazano u grafičkom prikazu 6.



Graf 6. Suradnja s KET tehnološkim centrima prema vrsti naručenih poslova

Posebna pozornost u istraživanju je posvećene problemima poduzetnika koji već surađuju s istraživačko-razvojnim centrima (graf. 7.).



Graf 7. Prepreke uspješnoj istraživačko-razvojnoj suradnji kod poduzetnika koji takvu suradnju imaju

Cozzi, D., Fuchs, B. (2019) u svojoj analizi identificiraju sljedeće glavne potrebe i interne prepreke učinkovitijoj suradnji poduzetnika i KET tehnoloških centara (Tablica 1.)

Tablica 1. Glavne potrebe i izazovi malih i srednjih poduzetnika i istraživačko-razvojnih institucija

MALI I SREDNJI PODUZETNICI		**ISTRAŽIVAČKO-RAZVOJNE INSTITUCIJE**	
Interni činitelji	**Eksterni činitelji**	**Interni činitelji**	**Eksterni činitelji**
Informacije	Brze promjene na tržištu	Financiranje	Marketinške i prodajne strategije
Financiranje	Komunikacija	Inovacije i znanje	Komunikacija
Nedostatak inovacijske strategije	Kontakti	Intelektualno vlasništvo	Orijentiranost na kupca
Razumijevanje koristi istraživanja i razvoja	Nove tehnologije	Infrastruktura	Prodaja
Menadžment	Jednostavne procedure		Dodana vrijednost za male i srednje poduzetnike
Dodana (tržišna) vrijednost tehnologije	Brzina usluge		
Sektor	Nacionalno zakonodavstvo		

2.1. KETGATE[1]
je projekt u okviru programa Interreg Central Europe. Potpora koju pruža malim i srednjim poduzetnicima i istraživačko-razvojnim institucijama je sažeto prikazana tablicom 2.

Tablica 2. Pregled usluga projekta KETGATE

Za male i srednje poduzetnike	Za istraživačko-razvojne institucije
Evaluacija inovacijskog kapaciteta poduzeća	Promocija najnovijih rezultata i usluga
Pružanje informacija o relevantnim istraživačko-razvojnim institucijama	Jačanje suradnje s drugim istraživačko-razvojnim institucijama u Europi
Posredovanje u komunikaciji s istraživačko-razvojnim institucijama	Povezivanje s malim i srednjim poduzetnicima iz Europe
Tehnološka i financijska potpora za dovođenje novih proizvoda na tržište	Pružanje informacija o privatnim i javnim shemama za financijsku potporu

Institucije uključene u konzorcij KETGATE su prikazane kartom 1. Konzorcij čine dvije kompatibilne vrste institucija, tehnološki orijentirani partneri i poduzetničke potporne institucije uključene u Europsku poduzetničku mrežu – EEN.

1. Steinbeis-Europe-Centre of Steinbeis Innovation gGmbH
2. Veneto Innovazione
3. National Cluster Association
4. Upper Silesian Agency for Entrepreneurship and Development Ltd.
5. TERA TEHNOPOLIS Ltd.
6. JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
7. Bay Zoltán Nonprofit Ltd. For Applied Research
8. Jožef Stefan Institute

Karta 1. Projektni konzorcij KETGATE

Rezultati aktivnosti projekta KETGATE u Hrvatskoj, pored već ranije opisane analiza potreba hrvatskih MSP za suradnjom s tehnološkim centrima specijaliziranim za ključne razvojne tehnologije uključuju bilateralni transnacionalni pilot projekt poduzetnika iz Virovitičko-podravske županije s Institutom Bay Zoltanom za koji se traži još jedan KET TC.

2.2. KET4CleanProduction[2]
je projekt u programu Obzor 2020 namijenjen međunarodnom povezivanju malih i srednjih poduzetnika s tehnološkim centrima za ključne razvojne tehnologije. Glavni instrument

[1] https://www.interreg-central.eu

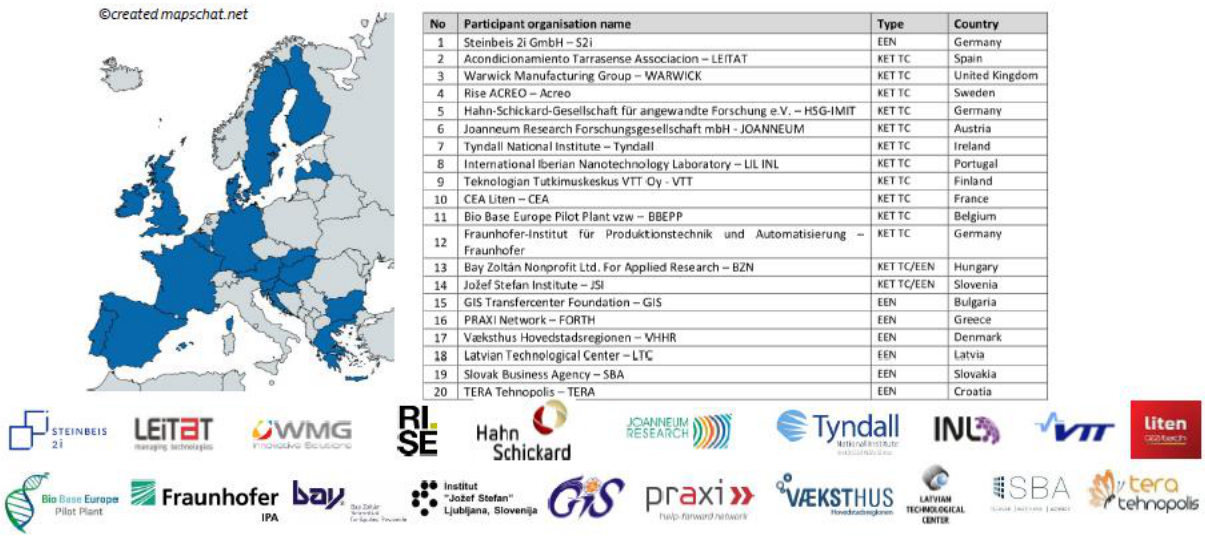
[2] https://www.ket4sme.eu/

potpore su mikro potpore do iznosa od 50.000 € koju mali ili srednji poduzetnik ostvaruje u suradnji s 2 tehnološka centra za ključne razvojne tehnologije od kojih barem jedan mora biti za poduzetnika iz druge države, u projektu koji rješava izazov čiste proizvodnje. Izazovi čiste proizvodnje su:

- razvijanje novog proizvodnog procesa;
- usavršavanje proizvodnje postojećeg proizvoda kroz
  - snižavanje proizvodnih troškova ili
  - smanjivanje ovisnosti o sirovinama ili
  - smanjivanje potrošnje energije ili
  - smanjivanje proizvodnje otpada ili zagađenja.

Tehnološke usluge koje se pružaju u okviru projekta su namijenjene inovacijskim aktivnostima razine tehnološke spremnosti (TRL) 4 do 8, s tim da projekti više tehnološke spremnosti imaju prednost. U praksi to su demonstriranje, testiranje, pilot proizvodnja i povezane inženjerske aktivnosti, nadopunjene izradom studije izvodljivosti.
Mikro potpore se dodjeljuju u 8 ciklusa, prvi ciklus se zaključuje 1. srpnja 2018. godine, a nakon toga svaka tri mjeseca (Dallinger i Konstantynova, 2018)

Konzorcij KET4CleanProduction kao i kod projekta KETGATE čine dvije kompatibilne vrste institucija, tehnološki orijentirani partneri i poduzetničke potporne institucije uključene u Europsku poduzetničku mrežu – EEN (Karta 2.).



No	Participant organisation name	Type	Country
1	Steinbeis 2i GmbH – S2i	EEN	Germany
2	Acondicionamiento Tarrasense Associacion – LEITAT	KET TC	Spain
3	Warwick Manufacturing Group – WARWICK	KET TC	United Kingdom
4	Rise ACREO – Acreo	KET TC	Sweden
5	Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V. – HSG-IMIT	KET TC	Germany
6	Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH - JOANNEUM	KET TC	Austria
7	Tyndall National Institute – Tyndall	KET TC	Ireland
8	International Iberian Nanotechnology Laboratory – LIL INL	KET TC	Portugal
9	Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy - VTT	KET TC	Finland
10	CEA Liten – CEA	KET TC	France
11	Bio Base Europe Pilot Plant vzw – BBEPP	KET TC	Belgium
12	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung – Fraunhofer	KET TC	Germany
13	Bay Zoltán Nonprofit Ltd. For Applied Research – BZN	KET TC/EEN	Hungary
14	Jožef Stefan Institute – JSI	KET TC/EEN	Slovenia
15	GIS Transfercenter Foundation – GIS	EEN	Bulgaria
16	PRAXI Network – FORTH	EEN	Greece
17	Væksthus Hovedstadsregionen – VHHR	EEN	Denmark
18	Latvian Technological Center – LTC	EEN	Latvia
19	Slovak Business Agency – SBA	EEN	Slovakia
20	TERA Tehnopolis – TERA	EEN	Croatia

Karta 2. Projektni konzorcij KET4CleanProduction

Glavni rezultat aktivnosti projekta KET4CleanProduction u Hrvatskoj je realizacije mikro potpore koju hrvatski poduzetnik iz Osječko-baranjske županije ostvaruje uz pomoć instituta Jožef Štefanu iz Ljubljane i International Iberian Nanotechnology Laboratory LIL INL iz Portugala i registracija novog tehnološkog centra za ključne razvojne tehnologije iz

Primorsko-goranske županije. Pored toga, TERA je na KET4CP platformi registrirala 3 EEN partnera i 5 MSP, a prema posjećenosti ket4sme.eu platforme, TERA je u globalnoj konkurenciji na 13. mjestu.
Osim navedenih projekata, još dva projekta koje provodi TERA mogu pomoći poduzetnicima u području industrijskih i ključnih razvojnih tehnologija, projekt MOVECO (http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/moveco/) za područje kružne ekonomije (Zegowitz, 2017) i projekt Erasmus za mlade poduzetnike (https://www.erasmus-entrepreneurs.eu) za usavršavanje širokog raspona poduzetničkih i tehnoloških kompetencija na području COSME država.

5. Zaključak

U cilju reindustrijalizacije i ostvarivanje liderske pozicije u proizvodnim tehnologijama EU je odabrala 6 prioritetnih KET područja: 1. mikro i nano-elektronika, 2. nanotehnologija, 3. fotonika, 4. napredni materijali, 5. industrijska biotehnologija i 6. napredne proizvodne tehnologije. Te se tehnologije kroz povezivanje svih relevantnih dionika želi približiti malim i srednjim poduzetnicima.
U cilju istraživanja stvarnih potreba malih i srednjih poduzetnika za ključnim razvojnim tehnologijama i suradnjom s tehnološkim centrima specijaliziranim u području ključnih razvojnih tehnologija provedeno je istraživanje u 8 država srednje i istočne Europe s uzorkom od 360 ispitanika. Čak 75% ispitanika je upoznato s konceptom ključnih razvojnih tehnologija, a 44,74% ispitanika ih primjenjuju u svojem poslovanju. Od svih ispitanika, njih 30% ima međunarodnu patentnu zaštitu za svoje rezultate istraživanja, 65% ih ima vlastitu istraživačko-razvojnu jedinicu, a njih 56% surađuje s istraživačko-razvojnim institucijama. Iz ovoga proizlazi, da značajan broj ispitanika surađuje sa specijalističkim istraživačko-razvojnim institucijama iako imaju vlastitu jedinicu za istraživanje i razvoj. Pored toga analizirani su interes ispitanika za različite ključne razvojne tehnologije, prepreke uspješnoj suradnji, kriteriji za odabir suradnih institucija i vrste usluge koje se od njih naručuju te glavne potrebe i izazovi malih i srednjih poduzetnika i istraživačko-razvojnih institucija.
Glavni rezultati aktivnosti projekta KETGATE u Hrvatskoj su analiza potreba hrvatskih MSP za suradnjom s tehnološkim centrima specijaliziranim za ključne razvojne tehnologije te bilateralni transnacionalni pilot projekt poduzetnika iz Virovitičko-podravske županije s Institutom Bay Zoltanom za koji se traži još jedan KET TC.
Glavni rezultat aktivnosti projekta KET4CleanProduction u Hrvatskoj su realizacija mikro potpore koju poduzetnik iz Osječko-baranjske županije ostvaruje uz pomoć instituta Jožef Štefanu iz Ljubljane i International Iberian Nanotechnology Laboratory LIL INL iz Portugala i registracija novog tehnološkog centra za ključne razvojne tehnologije iz Primorsko-goranske županije.
Pored navedenih projekata, još dva projekta koje provodi TERA mogu pomoći poduzetnicima u području industrijskih i ključnih razvojnih tehnologija, projekt MOVECO (http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/moveco/) za područje kružne ekonomije i projekt Erasmus za mlade poduzetnike (https://www.erasmus-entrepreneurs.eu) za usavršavanje širokog raspona poduzetničkih i tehnoloških kompetencija na području COSME država.

6. Literatura

[1] Anonimous KETGATE project documentation, 2018 a
[2] Anonimous KET4CleanProduction project documentation, 2018 b
[3] Cozzi, D., Fuchs, B. (2019) Challenges and needs of SMEs and RTOs. Project worksop, Weiz, Austria, 30.01.2019.
[4] Dallinger, K., Konstantynova, A. (2018) Liaising SMEs with Key Enabling Technology Centres across Europe. Project kick-off meeting, Stuttgart, Germany
[5] Sole D'Orazio, M. (2019) State of the art analysis. Project worksop, Weiz, Austria, 30.01.2019.
[6] Zegowitz, C. (editor) (2017) YOUR TRASH IS MY TREASURE - Best Practice Examples of the Circular Economy in the Danube Region, 28 pp.

Tehnička dijagnostika kao bitna preventivna aktivnost za pouzdani rad plinskih postrojenja

Technical diagnostics as material prevention for efficient work of the gas facilities

Z. Lacković

Panon-Institut za strateške studije, Osijek, Hrvatska

*Autor za korespodenciju. E-mail: zlackovic@gfos.hr

Sažetak:
Sadržaj ovoga članka odnosi se na tehničku dijagnostiku kao poseban oblik održavanja tehničkih sustava u cilju osiguranja pouzdanosti i učinkovitosti njihovoga funkcioniranja. Prije svega su definirani temeljni elementi održavanja, a posebice tehnička dijagnostika. U cilju aplikativnosti utvrđuju se bitni element odnosno objekti u plinarstvu kod kojih je osobito važno provoditi tehničku dijagnostiku kao, primjerice, plinska postrojenja. S obzirom na vrstu i vremensku periodičnost poslova tehničke dijagnostike, predlaže se outsourcing kao najučinkovitiji način i vrsta izvođenja samih operacija.

Ključne riječi: Tehnički sustav, dijagnostika, plin, outsourcing

Abstract:
Content of this article refers to the technical diagnostics as special manner of maintenance of the technical systems having purpose of insurance of reliability and efficiency of its functioning. Moreover, the article defines basic elements of the maintenance, especially technical diagnostics. For the purpose of applicability, it determines the essential elements or the objects in the gasification where it is particularly important to carry out technical diagnostics such as, in example, for gas installations. Considering the type and time period of technical diagnostics, outsourcing is proposed as the most effective manner of performing the related operations.

Key words: Technical systems, diagnostics, gas, outsourcing

1. Uvod

Učinkovitost održavanja nekog složenog tehničkog sustava, može se utvrditi kontrolom i analizom pouzdanosti njegovog funkcioniranja. S obzirom da je ishodište razmatranja tehnologija prijenosa, distribucije i potrošnje plina, problemu funkcionalnosti i osobito poudanosti sustava treba posvetiti izuzetnu pozornost. Razlog za perfekciju u održavanju postrojenja, plinovoda i instalacija u plinarstvu proizlazi već iz same prirode plina kaqo

energenta. Naime svaka neispravnost, odnosno kvar u bilo kojem segmentu proizvodnje, distribucije i potrošnje plina, može prouzročiti ne samo velike troškove nego i uzrokovati opoasnost za ljudski život. Zato treba, osobito u održavanju, primjeniti sve najsavršenije metode i sredstva. U tom smislu se apostrofira i tehnička dijagnostika kao poseban oblik preventivnog održavanja.

Razvojem tehničkih sustava u plinarstvu i povećanjem njihove složenosti prirodno se javlja i problem njihova pouzdanog funkcioniranja. To se posebno odnosi na tehničke sustave kod kojih eventualna neispravnost, kako je već konstatirano, može prouzročiti velike ekonomske gubitke ili ugroziti sigurnost ljudi uopće. Kako bi tehnički sustav ostvario učinak moraju se angažirati određena novčana sredstva, kako u početnim investicijama, tako i u troškovima kontinuirane proizvodnje, distribucije i održavanja. Uspoređivanjem ukupnih troškova s radnim učinkom dolazi se do ekonomičnosti proizvodnje i saznanja koja nam osiguravaju optimalnu pouzdanost, a time i najnižu cijenu po proizvedenoj, odnosno potrošenoj jedinici. Kako je već poznato, pod tehničkim sustavom podrazumijeva se stroj ili neko postrojenje, odnosno skup dijelova koji predstavljaju cjelinu s jedinstvenom radnom funkcijom. Pod pojmom komponente podrazumijevaju se sastvnice odnosno oni dijelovi sustava koji služe za prijenos i distrubuciju, u ovom slučaju plina. Očigledno je da je uz ekonomsku učinkovitost, zbog više razloga nužno permanentno raditi na pozdanosti funkcioniranja plinskih postrojenja i instalacija.

U nastvanom je djelu ovog sadržaja, pozornost posvećena definiranju pouzdanosti održavanja plinskih postrojenja i instalacija uz uvažavanje određenih posebnosti. U ishodište razmatranja je postavljena tehnička dijagnostika kao najstručniji oblik preventive u održavanju. Kao objekti dijagnostike posebno su apostrofirana plinska postrojenja i plinovodi, s tim da ne treba zanemariti niti ostale elemente u proizvodnji, distribuciji i potrošnji plina. S obzirom da se radi o periodičnim, visokosofisticiranim operacijama predlaže se organizacijski oblik implementacije outsourcing, te su navedeni i razlozi za takav pristup.

2. Pouzdanost tehničkih sustava

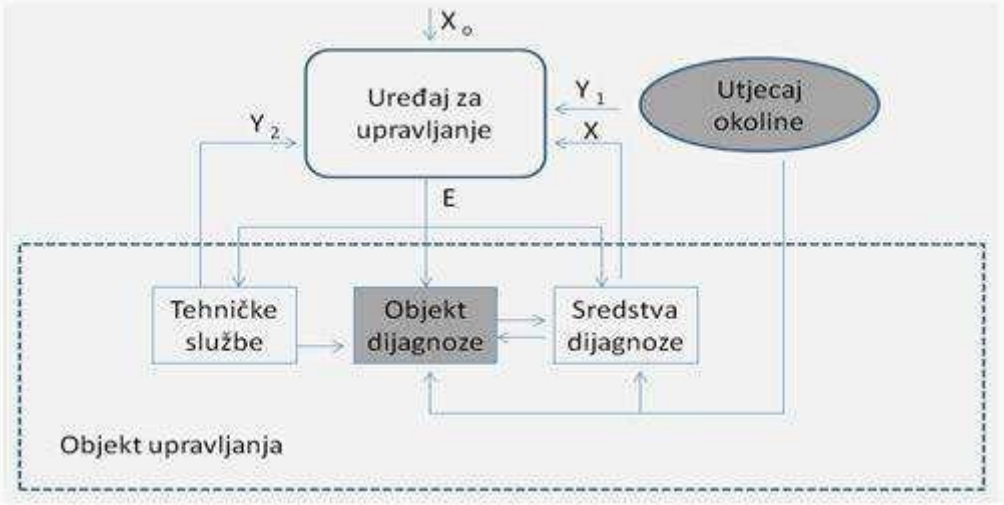
Pouzdanost sustava, kao tehnički termin pojavio se između dva svjetska rata, a to je bilo vezano za sigurno funkcioniranje zrakoplova. To se proširilo na sigurnost letenja i u civilnom zrakoplovstvu. U prvoj fazi se to svodilo na analiziranje uzroka kvarova prilikom letova ondašnjih zrakoplova. Iz toga su nastali određeni uglavnom matemtičko-statistički obrasci za procjenu pouzdanosti funkcioniranja zrakoplova ali i ostalih tehničkih sustava. Razvojem tehničkih sustava i složenih tehničkih jedinica pojavila se potreba za istraživanjem fenomena pouzdanosti gdje su prevladavali sljedeći motivi [1]:

1.Tehnički se procesi i sustavi sve više šire i traže da budu sve složeniji uslijed čega raste vjerojatnost otkaza i nemogućnost održavanja sustava na razini maksimalne učinkovitosti.
2.Nastojanje da se smanji težina i zapremnina proizvoda kao i sigurnost funkcioniranja.
3.Nastojanje da se poveća trajnost proizvoda.
4.Teškoće u održavanju koje se mogu pojaviti kod teže pristupačnih djelova sustava, kao i onih sustava koji moraju raditi bez mogućnosti popravka.
5. Želja da se eliminira rizik bilo ljudskih, bilo materijalnih gubitaka.

6.Ekonomska šteta koja nastaje zbog lošeg funkcioniranja jednog tehničkog sustava.
7.Porastom pouzdanosti sustava osigurava se kvaliteta sustava u cjelini a to znači i uspješno osvajanje tržišta.
Analizom navedenoga može se zaključiti da postoji potreba, osobito kod složenih tehničkih sustava, da se pouzdanost utvrđuje preventivnim zahvatima. U slučaju složenih tehničkih sustava, preventivni zahvati iziskuju sofisticirane tehnike i osposobljene kadrove. Na taj način se prevencijskim postupcima utvrđuje, odnosno dijagnosticira stanje sustava, a to omogućuje procjenu pouzdanog rada.

3. Tehnička dijagnostika

Sam pojam dijagnostika je najviše vezan za medicinu, premda određene korelacije mogu biti primjenjene i za tehničke sustave. Naime i u jednom i u drugom slučaju se utvrđuje uzrok, posljedice te se poduzimaju mjere sanacije. Kao i kod medicine, mogu se poduzimati postupci utvrđivanja stanja sustava te određene mjere i zahvati kako bi sustav pouzdano funkcionirao. Sa šireg aspekta se radi o praćenju promjena stanja i to mjerenjem određenih parametara sukladno vrsti i složenosti tehničkog sustava. Tehnička dijagnostika je zapravo jedna vrsta prevencijskog održavanja u kombinaciji s održavanjem prema stanju sustava ili njegovog djela s određenom točnošću u nekom vremenskom trenutku [2]. Osim toga tehnička dijagnostika je i tehnička disciplina koja se bavi praćenjem stanja i ispravnosti strojeva, opreme, uređaja i postrojenja [3]. Tehnička dijagnostika je i znanstveno-tehnička disciplina koja se bavi teorijom, metodama i opremom za otkrivanje uzroka, prognoza i geneza otkaza tehničkih sustava [4]. Prema tome tehnička dijagnostika, kao satavni dio procesa održavanja prema stanju, treba utvrditi stanje djela sustava s određenom točnošću u određenom trenutku vremena. Dakle, to je znanost koja se bavi prepoznavanjem stanja tehničkog sustava [5].
Na slici 1. prikazan je osnovni proces tehničke dijagnostike u kojemu sudjeluju kadrovi i oprema.



Slika 1. Osnovni proces tehničke dijagnostike [6]

Preciznije prikazivanje ovoga procesa ovisi o vrsti tehničkog sustava, opremi i parametrima dijagnosticiranja. U slučaju dijagnostike u plinarstvu može se govoriti o potrebi za takvim postupcima kod strojeva, aparata odnosno trošila ali i kod plinovoda i instalacija. Sve zapravo ovisi koji stupanj poudanosti se želi postići prevantivnim dijagnosticiranjem.

4. Objekti tehničke dijagnostike u plinarstvu

S obzirom da je plin postao jedan od ključnih energenata u drugoj polovini dvadesetog a osobito će to biti i u dobrom djelu dvedeset i prvoga stoljeća, treba posebnu pozornost posvetiti pouzdanom korištenju toga energenta. U smislu tehničke dijagnostike može se ustvrditi da su važni postupci sigurnog funkcioniranja postrojenja, trošila ali i plinovodi kao i ostale instalacije. Ovom prilikom će se posvetiti pozornost postrojenjima kao tehničkim sustavima u plinarstvu. Razlog za to je njihova složenost, ali i moguće posljedice koje mogu proizići iz nesigurnog funkcioniranja.

Konzultirajući dostupne izvore u nastavku su navedena neka bitna postrojenja te pripadajući cjevovodi [7]:

- Postrojenja za proizvodnju gorivih plinova.
- Postrojenja za odorizaciju plina.
- Sredstva vezana za promjenu (prebacivanje) odorizacije plinova u javnom snabdjevanju.
- Postrojenja za regulaciju pritiska plina do 100 bara – projektiranje, proizvodnja, montaža, ispitivanje, stavljanje u pogon i pogon.
- Postrojenja za mjerenje plina za pogonski pritisak do uključivo 100 bara-projektiranje, proizvodnja, montaža, ispitivanje, stavljanje u pogon i pogon.
- Cjevovodi u plinskim postrojenjima.
- Rezervoari pod pritiskom (posude pod pritiskom i protočne posude pod pritiskom).
- Uređaji za predgrijavanje prirodnog plina u plinskim postrojenjima

Iz prethodne analize se mogu uočiti najvažniji tehnički sustavi odnosno postrojenja i neki bitni elemnti plinovoda i instalacija koji bi trebali biti podložni tehničkoj dijagnostici. Navedeni izvor propisuje pravila projektiranja, montaže i održavanja postrojenja, gdje se može vrlo precizno utvrditi koji su to postupci održavanja uključujući i tehničku dijagnostiku, potrebni kako bi se omogućilo sigurno i učinkovito njihovo funkcioniranje.

S obzirom da je tehnička dijgnostika skup složenih visokostručnih poslova u kojima sudjeluju izuzetno educirani i pripremljeni kadrovi postavlja se pitanje je li svaka tvrtka iz područja proizvodnje i distribicije plin to treba obavljati vlastitim kadrovima i opremom ili da te poslove obavi za to bolje opremljena i educirana organizacija. Osim toga vanjski partner to može obaviti uz niže troškove i veću kvalitetu. U tom smislu se kao povoljna mogućnost nudi outsourcing.

5. Outsourcing

Outsourcing je već prepoznatljiva nova djelatnost, ali i sveobuhvatni novi pristup tržištu u kojemu se traži stalano razvojno razmišljanje. Bit je u primjeni već poznatih poslovnih

rješenja uz pomoć novih saznanja i alata za izvođenje postupaka i obradu informacija i brzo donošenje zaključaka.

Poslovna filozofija outsourcinga s gledišta tvrtke koja povjerava posao vanjskim izvršiteljima je sljedeća:

- Koncentracija na osnovnu djelatnost.
- Smanjenje troškova.
- Raspoloživost poznatog dijela usluga po tržišnim cijenama.
- Poboljšanje kvalitete.
- Veća transparentnost troškova i usluga.
- Veća raspoloživost postrojenja.
- Izbjegavanje rizika zapošljavanja i efikasnosti osnovne djelatnosti.
- Raspoloživostmodernih tehnika održavanja bez vlastitih investicija.

Prema raspoloživim izvorima mnoge tvrtke nisu mogle proizvodno i kvalitetno obavljati neke jednostavne, a pogotovo mnoge kompleksne poslove isključivo vlastitim kapacitetima. Obavljanje nekih poslova vlastitim kadrovima i sredstvima izazivalo je i sve veće troškove. Osim toga, u početku se javljao problem kvalitete novoosnovanih outsorcing-poduzeća. Primjerice outsourcing-poduzeće preuzme previše klijenata te nije u mogućnosti poslove obaviti na vrijeme i kvalitetno. U tim su se počecima poduzeća i ustanove oslanjale na vanjsku suradnju uzimajući u obzir sljedeće [8]:

Vanjski suradnik ili poduzeća bira se na temelju preporuke. Poduzeće nema mogućnosti zaposliti odgovarajuću stručnu i kvalitetnu osobu iz sljedećih razloga:

- Ukoliko i ima kvalitetnu osobu možda ta osoba nije u mogućnosti pratiti sve promjene izvan poduzeća.
- Poduzeće nema dostatan kapacitet.

Iz prethodnog razmatranja može se zaključiti da primjena outsourcinga, općenito gledano ima određene prednosti, kao što su:

- Upravljanje rizicima zato što vanjski partner jamči količinu, kvalitetu i rokove pojedinih poslova.
- Smanjenje troškova zbog angažiranja vanjskog suradnika na temelju tržišne utakmice.
- Opća učinkovitost zato što vanjski suradnik kao razvojni profesionalacprimjenjuje sve novije metode, educiranije i spremnije kadrove i sredstva rada.
- Vanjski suradnik ima potrebu za stalnim razvojem zaposlenika.

Osim navedenih prednosti, u širem smislu ključni čimbenici koji su doveli do rastućeg trenda outsourcinga su sljedeći:

- Nedostatak stručne radne snage u nekim dijelovima poslovnog procesa.
- Dostupnost jeftinije radne snage.
- Sposobnost i mogućnost koncentracije na druge ključne poslovne procese.

Navedeni čimbenici implicirali se sve veći udio vanjskih partnera u različitim granama gospodarstva i infrastrukture. U suvremenim uvjetima poslovanja može se govoriti o sljedećim objektivnim prednostima eksternalizacije nekih poslova i zadataka [9]:

Vanjska suradnja potiče učinkovitost u područjima poslovanja u kojima nedostaje znanje i resursi.

- Omogućuje pristup kvalificiranijoj usluzi po povoljnijoj cijeni,
- Smanjuje troškove poslovanja.
- Omogućuje veću usredotočenost prema poslovima osnovne funkcije poduzeća u smislu veće proizvodnosti, manjih troškova, povećanja kvalitete rada i proizvoda.
- Poboljšava ukupnu učinkovitost poslovanja i kvalitetniji pristup nabavnom i prodajnom tržištu.

Isti izvor omogućuje uvid i daje upozorenje na određene nedostatke koji proizlaze iz sljedećih činjenica:

- Postoji izvjesni stupanj ugroženosti sigurnosti i povjerljivih informacija ako vanjski partner zahtijeva veći pristup osjetljivim informacijama o poslovanju poduzeća i elementima proizvodnog procesa.
- U određenoj se mjeri gubi kontrola nad dijelom poslovnog procesa koji obavlja vanjski partner.
- Ponekad vanjski partner ne može održati razinu kvalitete standarda poslovnog ili proizvodnog procesa.
- Vanjski partner pružajući slične usluge i drugim klijentima (konkurenciji) može doći u sukob interesa na štetu primatelja usluge.
- Poseban je problem ako vanjski partner uđe u poslovni odnos i dođe u uvjete otežanog poslovanja (stečaja), kada mogu nastati velike materijalne štete, zato što primatelj usluge dijeli sudbinu ostalih stečajnih vjerovnika.

6. Zaključak

Iz prethodnog sadržaja može se donijeti više zaključaka. Prije svega je to pozivanje na pozornost u smjeru sigurnijeg i pouzdanijeg funkcioniranja plinskih postrojenja plinovoda i instalacija. Kao bitan pristup osiguranju pozdanog rada preferira se tehnička dijgnostika kao oblik preventivnog održavanja u kombinaciji s održavanjem po stanju. U tom smislu se razmatraju posebnosti tehničke dijgnostike, ali i njezina aplikacija. Kao oblik organizacije i neke vrste strateškog opredjeljenja predlaže se outsourcing. Razlog za uključivanje vanjskog partnera je njegova viša razvojna razina, specijaliziranost i raspoloživost kapaciteta, a to znači i veća ekonomska učinkovitost. Sve ovo je bitno i zbog činjenice da plinska postrojenja i instalacije jednostavno moraju funkcionirati sa što manje rizika jer kvarovi nisu samo tehnički i ekonomski problem nego i opasnost za imovinu i ljudski život.

7. Literatura

[1] Tomić, M., Adamović, Ž., Pouzdanost u funkciji održavanja tehničkih sistema, Tehnička knjiga, Beograd, 1986.str.21.
[2] Tomić, M., Adamović, Ž., Pouzdanost u funkciji održavanja tehničkih sistema, Tehnička knjiga, Beograd, 1986.str.121.
[3] Karadžić,R., Bulatović, M., Mogućnosti primjene suvremene endoskopske dijagnostike u prema stanju zrakoplovnih sredstava, 1. Konferencija „ Održavanje“, Zenica, 2010.str.1.

[4] Karadžić,R., Bulatović, M., Mogućnosti primjene suvremene endoskopske dijagnostike u prema stanju zrakoplovnih sredstava, 1. Konferencija „ Održavanje“, Zenica, 2010. Str.115.
[5] Http://www.rgf.ac.rs. Str.6.
[6] Zbornik radova, Upravljanje rizikom korištenjem metoda tehničke dijagnostike, Časopis 0pč
[7] Istraživačko-razvojni centar za gasnu tehniku, Sarajevao,DVGW-a, autorizirani Kompetentni i Edukacioni centar gasne tehnike, Gasna postrojenja, str. 13.
[8] Lacković,Z., Outsourcing, Građevinski fakultet Osijek, 2014, str.7
[9] Mueler,M.,“ Outsourcing of technical services models for partnerships, Zbornik radova, Međunarodni skup HDO-Zagreb, „Održavanje 2001 „, str.123.

Temperature dependent consumers of natural gas in Croatia

T. Pendić[1,*], I. Sutlović[1], P. Raos[2]

[1]Faculty of Chemical Engineering and technology, University of Zagreb, Zagreb, Croatia
[2]Mechanical Engineering Faculty, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Slavonski Brod, Croatia

[*] Corresponding Author. E-mail: tpendic@fkit.hr

Abstract
Natural gas is one of the main energy sources of today, transformed by energy transformations into useful forms of energy that consumers use for many purposes. Further work will cover the structure of natural gas consumption by consumer groups in Croatia and consumption by counties. In addition to the consumption analysis, the work explains how the hourly gas consumption changes in winter, summer, transitional periods between seasons and how it is dependent on outdoor temperature.

Key words: natural gas, consumption structure, natural gas consumption, temperature dependent consumers

1. Introduction

In Croatia natural gas is used in households, as energy source in industry, agriculture, heating plants and boiler rooms. Households are considered to be temperature-dependent consumers because their consumption varies depending on the outdoor temperature. When monitoring gas consumption throughout the year, there is a definite, constant minimum of consumption due to large plants using gas as an energy source, and their work is not being discontinued. Oscillations have been observed with changes in the season, but also throughout the day. Taking all these factors into account, a change of gas consumption is estimated depending on the outdoor temperature in 365 days a year

2. Consumption Structure

The transport system has 165 outputs to distribution system, 39 to direct customers on the transport system and 2 to neighboring transport system operators. [1]
Distributive consumers, Petrokemija d.d. in Kutina, direct consumers connected to the transport system and gas consumed on energy transformations, are consumer groups in Croatia.

The minimum gas consumption was recorded in 2014. and in 2015., after a three-year decline, consumption began to increase, and in 2016. it increased by 6.05% over the previous year. [1]

The largest amount of gas goes to the final consumers on the distribution network, which reaches up to 43.2% of total consumption as shown in Figure 1. Petrokemija d.d. in Kutina reached peak consumption in 2014., followed by a decline. Energy transformations spend less than petrochemical industry, while the remaining gas is consumed in the production of the same and the rest is used in the category other.

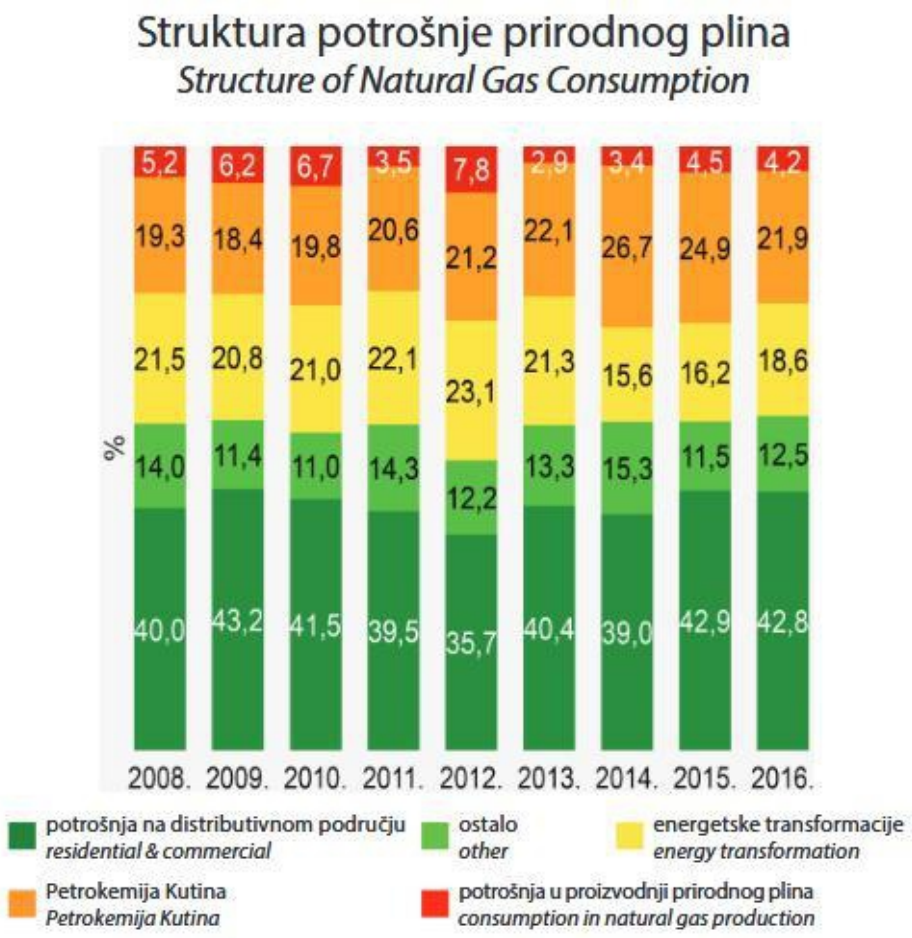


Figure 1. Natural gas consumption structure [2]

Gas consumption depends on the number of households as temperature-dependent consumers, so it is important to get a closer look at their number because they directly affect the amount of gas consumed. When looking at the period from 2002. to 2016., their number has increased by more than 50% as shown in Figure 2. The number of consumers in the industry is considerably lower, but the consumption per unit is considerably higher than in households. The largest number of industrial consumers connected to the distribution network was in 2011. and 2015. Other consumption refers to agriculture, heating plants and boiler rooms whose consumption is relatively constant and the category other.

Potrošači prirodnog plina
Natural Gas Users

Godina *Year*	Kućanstva *Households*	Industrija *Industry*	Usluge *Services*	Poljoprivreda *Agriculture*	Toplane i kotlovnice *Cogeneration & heating plants*	Ostali *Others*	Ukupno *Total*
2002.	397.595	1.717	22.974	521	379	2	423.188
2003.	416.169	1.895	25.776	559	383	3	444.785
2004.	436.979	1.973	26.978	631	367	3	466.931
2005.	459.979	2.180	28.880	733	363	3	492.108
2006.	480.285	2.302	30.850	757	366	3	514.563
2007.	519.739	2.845	34.149	787	371	0	557.891
2008.	556.598	2.932	32.632	820	379	0	597.365
2009.	577.372	3.029	38.057	822	383	0	619.663
2010.	605.568	3.853	39.605	785	382	0	650.193
2011.	589.056	6.261	35.959	863	387	10.649	643.175
2012.	588.925	50.565*	----	1.187	418	1.034	642.129
2013.	596.713	5.683	42.659	1.296	399	818	647.568
2014.	597.938	4.066	43.577	805	410	586	647.382
2015.	602.807	9.634	39.388	1.074	408	561	653.875
2016.	607.934	5.425	43.145	1.036	413	668	658.621

a - industrija + usluge / *industry + services*

Korisnici plinskih kotlovnica u vlasništvu distributera plina (2016.)
Users of gas heating plants owned by gas distributors (2016)
1. stanovi / *residence* - 26.675
2. ustanove / *institutes* - 1.797

Izvor podataka: EIHP *source: EIHP*

Figure 2. Natural gas consumers in the period 2002 to 2016 [2]

Gas consumption differs widely across the counties of Croatia, with the largest consumer being the City of Zagreb due to the large number of entrepreneurships and households and the Sisačko-Moslavačka county where Petrokemija d.d. is located which consumes large quantities in its work and production. The lowest consumption is in Dalmatia where households use other sources of energy such as electricity in air conditioning units. The reason for this is that during the coldest winter days, temperatures in this area, on average, do not reach low values such as in continental areas, and the distribution network itself has not been developed and spliced as in the rest of Croatia. Constant gas consumption throughout the year is caused by household spending gas on activities that do not include gas consumption as an energy source in gas boilers for space heating, but also in gas burners designed for cooking and heating water in kitchens and bathrooms. Constant consumption is contributed by industrial plants, Petrokemija d.d. which uses it as a raw material for obtaining products. Low volumes of compressed gas is also used as fuel in petrol engines. Figure 4. shows the consumption in 2015., in which it is apparent that consumers connected directly to the transport system have a continuous consumption regardless of outdoor temperature and it is about 50x106 kWh / day, while gas consumption

is approximately linearly increasing with decreasing outdoor temperature in distribution system.

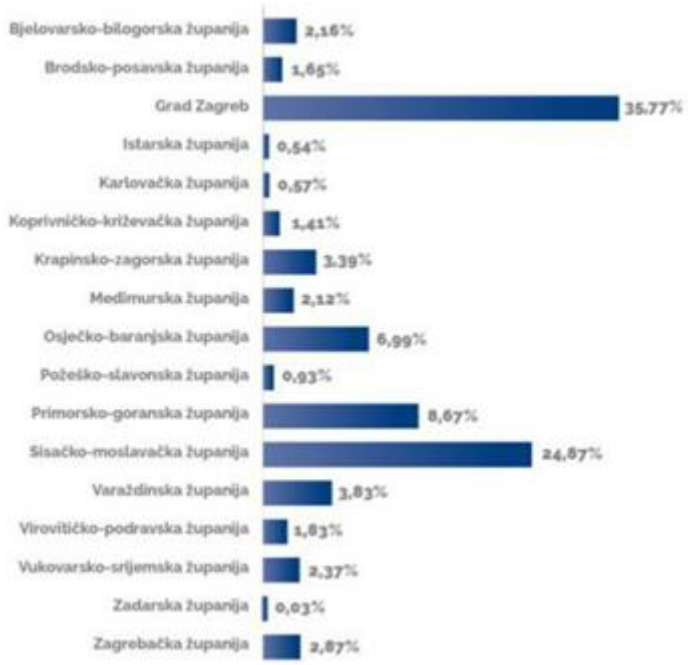


Figure 3. Consumption of natural gas by counties in the Republic of Croatia [1]

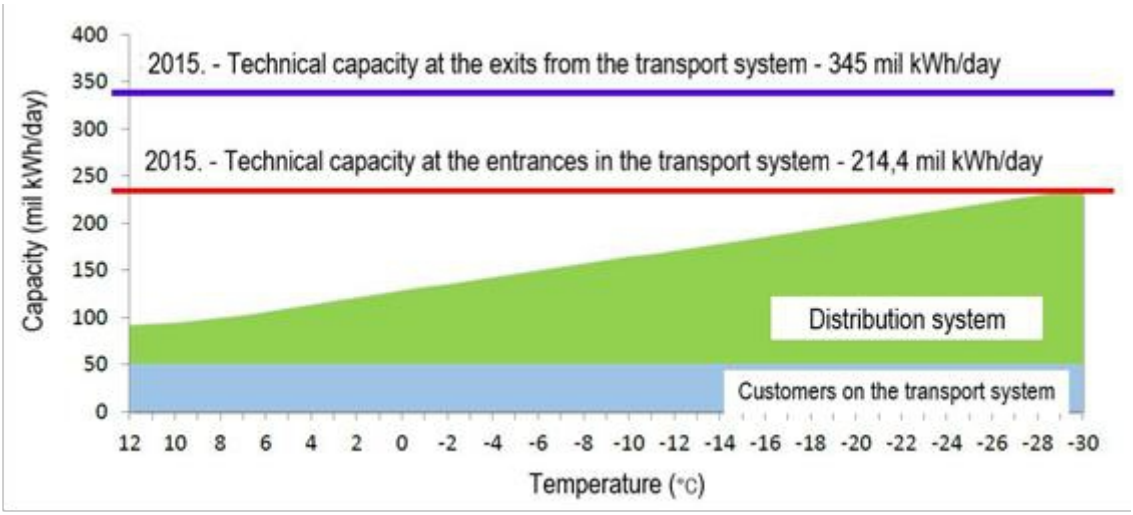


Figure 4. Available input and output capacities and gas consumption at certain outdoor temperatures [3]

3. Hourly gas consumption

Gas consumption diagram gives us an idea of gas consumption in certain hours during the day, on abscissa are recorded hours, and on the ordinate energy in kWh. The surface below the curve indicates the total energy consumption that day. The diagrams are of great

importance to the transport and distribution system operators because it is possible to predict gas consumption and system load in advance. This way they can provide enough capacity in the system to ensure gas supply to all consumers in the system. In the winter months, the maximum consumption is reached in the morning and drops sharply in the evening and it is kept constant until morning. Figure 5. shows consumption on 01.01.2018. and it is noticeable that consumption is considerably higher during the day to maintain the room temperature in which people live and stay. This total consumption includes the consumption in business enterprises and public institutions that have the characteristics of consumption as well as households, because they also inhabit people.

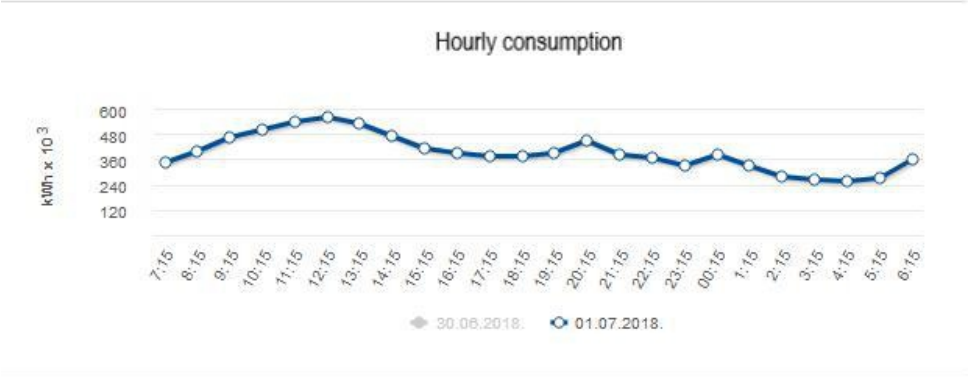


Figure 5. Hourly natural gas consumption chart on 01.01.2018. [1]

In the summer months, when the outdoor temperature is higher than in the winter, the maximum consumption is reached at about noon, while the rest of the day is approximately uniform. The constant amount is conditioned by the existence of consumers with continuous consumption throughout the year, independent of the outside temperature as discussed earlier (Figure 6). On the consumption diagrams (Figures 5. and 6.) there is a noticeable difference in maximum consumption. On 01.01.2018. it was about 2.200.000 kWh and on 01.07.2018. about 600,000 kWh, which is almost four times less than in January. In these numbers, the dependence of the gas consumption depends on the external temperature and how much it decreases with increasing temperature since 01.01.2018. average daily temperature was 11 ° C, while 01.07.2018. was 21 ° C.

Figure 6. Hourly natural gas consumption chart on 01.07.2018. [1]

4. Consumption of natural gas on outdoor temperature

By monitoring the outdoor temperature and daily gas consumption within 365 days a year, we get a picture of how consumption increases or decreases. Shown graphs cover all users connected to the transport and distribution system in the Croatia, and the average outdoor temperature is given to the City of Zagreb in 2017. and 2018. [1] [4]

4.1. Gas consumption in the summer months

Figures 7. and 8. depict the dependence of average hourly gas consumption depending on the outdoor temperature at lower and higher summer temperatures.

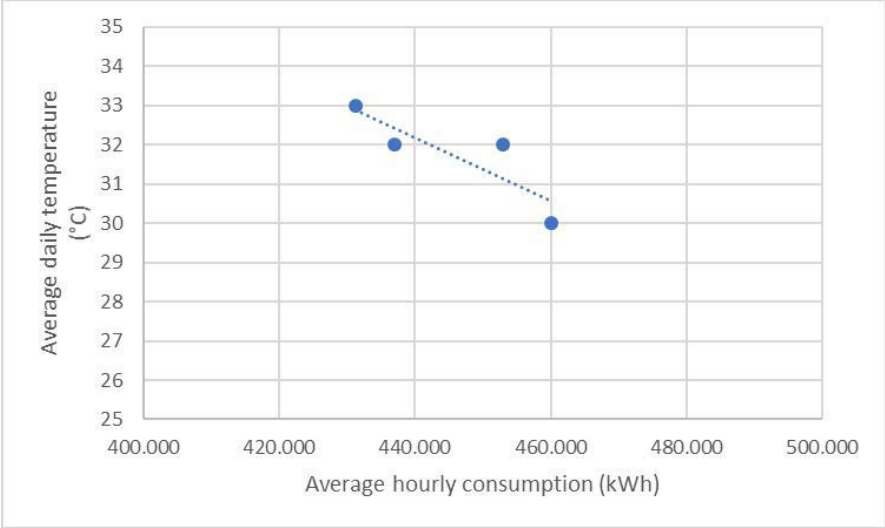


Figure 7. Dependence of gas consumption on outdoor temperature during higher summer temperatures

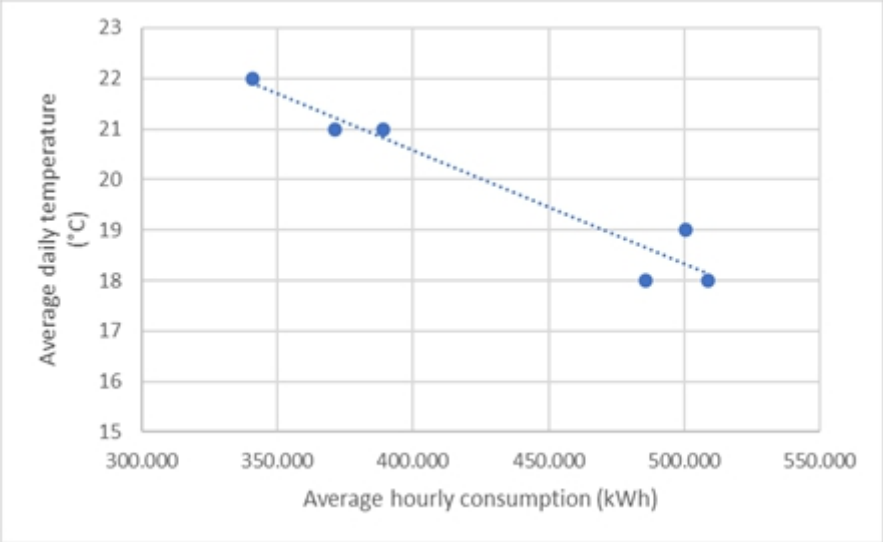


Figure 8. Dependence of gas consumption on outdoor temperature during lower summer temperatures

In both periods there was a linear increase in consumption with a reduction in temperature, but this amounted to only several hundred thousand kilowatts, so it is possible to say that consumption is approximately constant during the summer months, regardless of the outside

temperature. This constant consumption is attributable to the consumption of gas in industrial production that is not being discontinued during the year and the contribution of household consumption to activities that do not include space heating.

4.2. Gas consumption in the winter months

Figures 9. and 10. show the dependence of average hourly gas consumption depending on outdoor temperature at lower and higher winter temperatures.

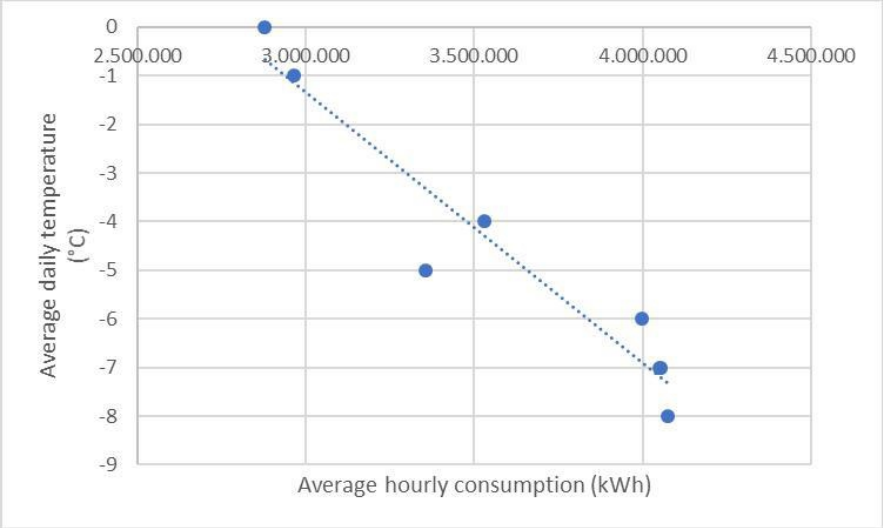


Figure 9. Dependence of gas consumption on outdoor temperature during lower winter temperatures

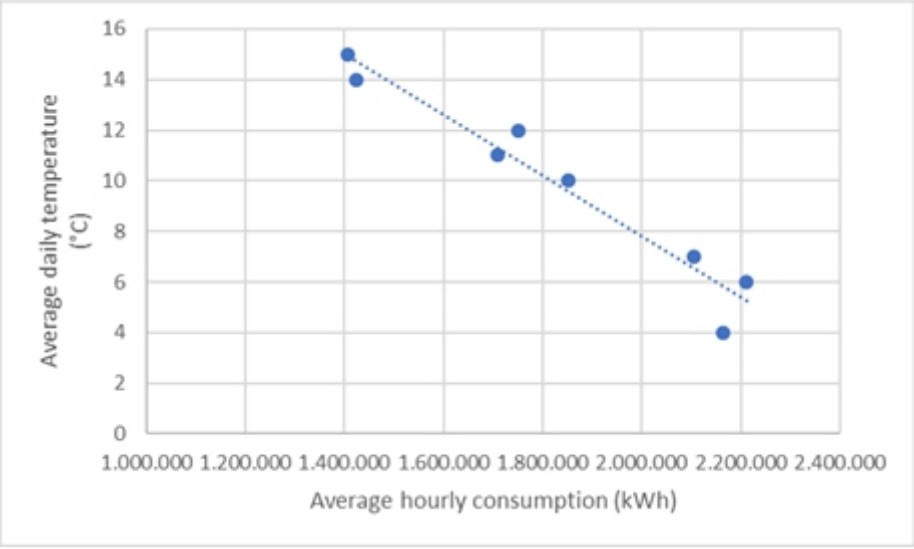


Figure 10. Dependence of gas consumption at outdoor temperature during higher winter temperatures

In winter months, gas consumption varies significantly depending on outdoor temperature. In colder winter months when the temperature was about -8 ^{0} C, the daily consumption was about 100,000,000 kWh, and at 0 ^{0} C about 70,000,000 kWh, which is about one third less. When the temperatures were above the average, the consumption was further reduced and amounted to about 40,000,000 kWh. The above-mentioned consumption constant

throughout the year can be deducted from daily consumption in order to obtain gas consumption dependent solely on the outdoor temperature.

4.3. Gas consumption in the transitional period between the seasons
Figures 11. and 12. depict the dependence of average hourly gas consumption depending on the outdoor temperature in the transitional periods between the seasons.

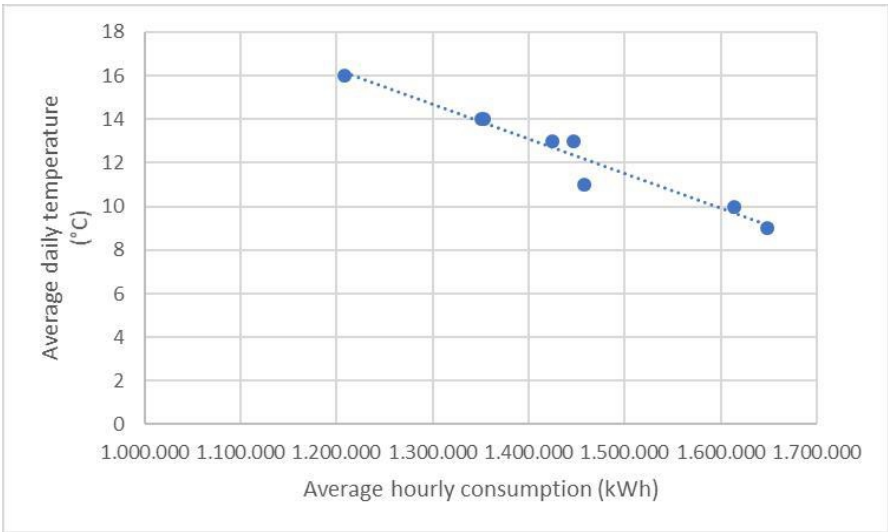


Figure 11. Gas consumption in the period from 30.10.2017. to 06.11.2017.

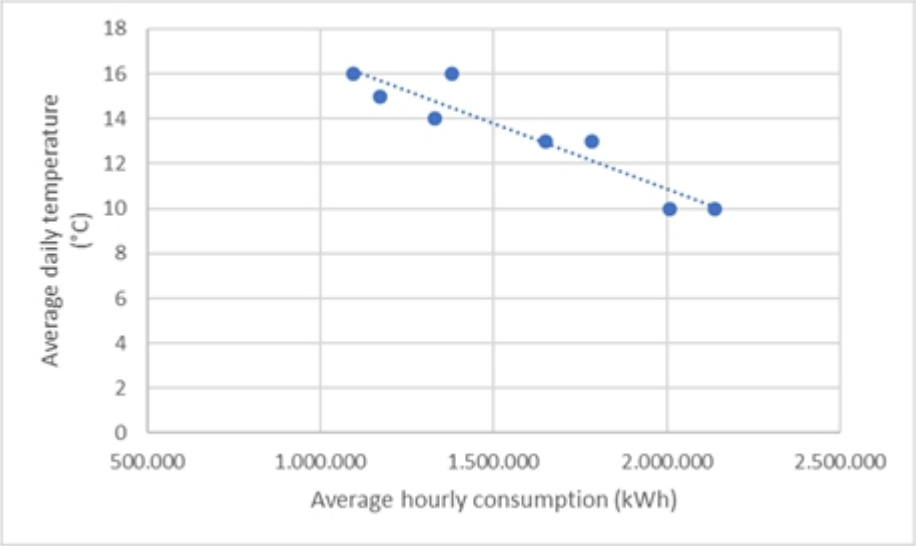


Figure 12. Gas consumption in period from 26.03.2017. to 02.04.2017.

During the transition between the seasons there are specific oscillations in outdoor temperature, a drop or a rise in temperature is common, and in such changes there is a linear drop in consumption with a rise in temperature and vice versa as in summer and winter.

4.4. Gas consumption on outdoor temperature during whole year Dependence on gas consumption on outdoor temperature during 365 days is shown in Figure 13.

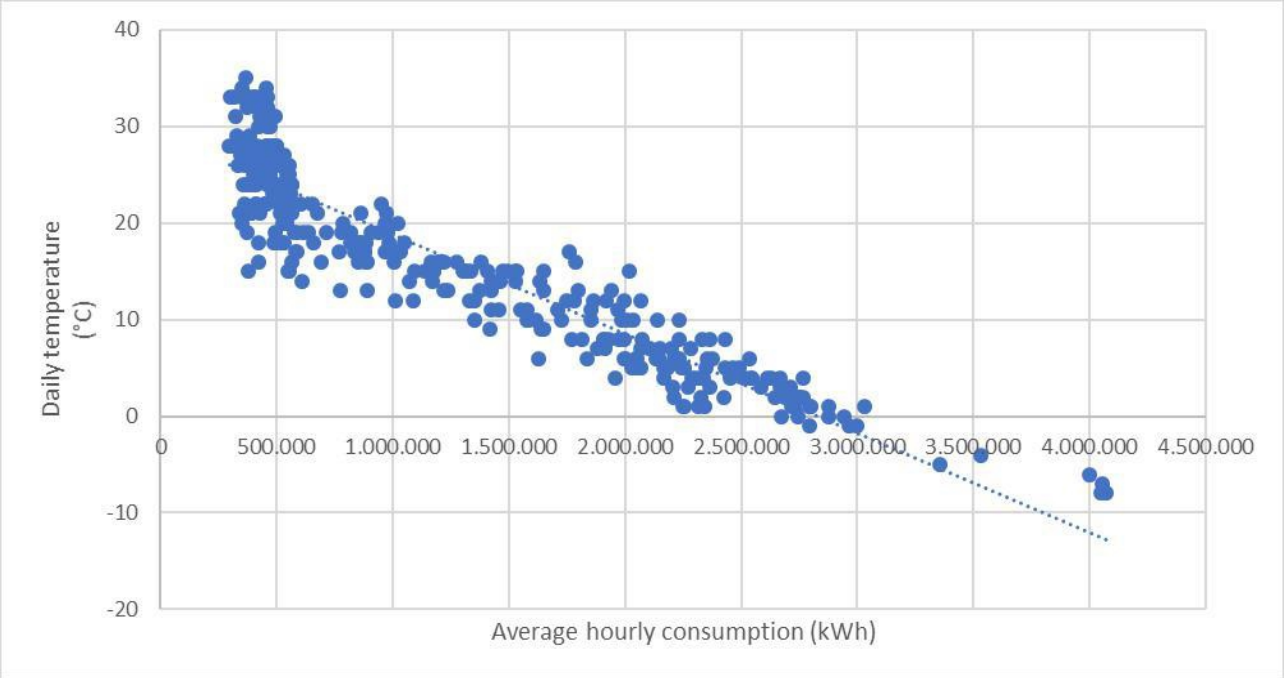


Figure 13. Dependence on average hourly consumption of natural gas in kWh on average daily temperature in 365 days

5. Conclusion

Natural gas consumption is variable depending on the outdoor temperature. Numerous households, business enterprises, heat plants and boiler rooms, commonly known as temperature-dependent consumers, use natural gas to obtain heat energy. Natural gas consumption grows with decreasing outdoor temperature. From the accompanying diagrams it can be concluded that the consumption increases linearly with decreasing the outdoor temperature, so the consumption is the lowest in the summer and the highest in the winter. In the summer there is a constant amount of consumption because of the gas consumption in industry, transport and nonenergy activities, and this amount has to be deducted when determining consumption in colder months for the purpose of obtaining the amount of consumption dependent solely on the external temperature. In order to obtain a consumption diagram, the structure of consumption and the number and share of individual groups of consumers are defined. The largest amount of gas in Croatia is consumed in the distribution system, then on energy transformations and in Petrokemija d.d. in Kutina. Finally, it can be concluded that a large number of factors influence the consumption of gas and all that need to be taken into account when predicting and planning consumption of natural gas.

6. Literature

[1] http://www.plinacro.hr/default.aspx?id=6 (access 20. 08. 2018.)
[2] Hrvatska stručna udruga za plin, Plinsko gospodarstvo Republike Hrvatske, (2016)
[3] Kranjčec, A., Plinacro, Desetogodišnji plan razvoja plinskog transportnog sustava Republike Hrvatske 2017. – 2026., Zagreb, (ožujak, 2017) 13 – 40.
[4] https://www.timeanddate.com/weather/croatia/zagreb/historic (access 20.08.2018.)

Kontrola mjerila protoka plina
Checking of gas flow measuring device

L. Maglić[1,*], G. Panić[2], O. Maglić[3]

[1]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska
[2]Gradska plinara Zagreb, Zagreb, Hrvatska
[3]Veleučilište u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: lmaglic@sfsb.hr

Sažetak
U radu je obrađena tema mjerila protoka plina kao važnog dijela svakog plinskog sustava. Plinski sustavi sastavni su dio energetskih sustava te je i njihovo mjerenje osnova za racionalnu uporabu. Porastom cijena plina kao energenta javlja se potreba za povećanjem točnosti i kvalitete mjerenja. Ako se želi kvalitetan mjerni sustav potrebno je konstantno nadzirati mjernu opremu te poboljšavati i razvijati metode mjerenja. Kako bi došli do bolje spoznaje o točnosti plinomjera provedeno je ispitivanje na 48 odabranih plinomjera i određena je relativna pogreška mjerenja.

Ključne riječi: mjerilo protoka plina, točnost, relativna pogreška

Abstract
The paper deals with gas flow metering devices as an important part of each gas system. Gas systems are an integral part of energy systems and their measurement is the basis for rational use. As gas prices rise as energy sources, there is a need to increase accuracy and quality of measurement. To achieve a quality measurement system, it is necessary to constantly monitor the measuring equipment and to improve and develop the methods of measurement. In order to achieve better understanding of gas measuring devices accuracy, testing of chosen 48 gas measuring devices is performed, and relative error is determined.

Key words: gas measuring device, accuracy, relative error

1. Uvod
Svrha energetskog sustava Republike Hrvatske je sigurna opskrba energijom i energentima svih kupaca, po prihvatljivim cijenama i uz minimalan utjecaj na okoliš. Plinski sustavi su važan dio energetskog sustava. Plinski sustav je kompleksna cjelina koja se sastoji od međunarodnih, magistralnih, regionalnih, odvojnih vodova te različitih drugih objekata na plinovodu i mjerno redukcijskih stanica te mjerila i trošila koja su priključena na sustav. Zadatak plinskog sustava je osigurati stalnu i sigurnu isporuku prirodnog plina krajnjim potrošačima. Prirodni plin ima značajan udio u ukupnoj energetskoj potrošnji u Hrvatskoj. Prirodni plin koristi se za proizvodnju električne energije, u transportu kao alternativa nafti i benzinu za pogon motornih vozila, u kućanstvima kao gorivo za različite uređaje koji služe za zagrijavanje prostora, hlađenje prostora, zagrijavanje vode, kuhanje. Koristi se i kao sirovina u petrokemijskoj industrija za proizvodnju umjetnih gnojiva te u proizvodnji stakla,

čelika i plastike. Obzirom na značajnu potrošnju prirodnog plina, važno je uspostaviti pouzdane sustave mjerenja potrošnje kao i kontinuiranje provjere točnosti mjernih instrumenata koji se koriste u plinskim sustavima.

2. Mjerila protoka

Vremenom se povećao broj korisnika u plinskom sustavu i tako veliki broj potrošača zahtijeva i točnu mjernu opremu koja prati potrošnju plina jer čak i relativno male pogreške pri mjerenju protoka plina mogu dovesti do velikih gubitaka. Plinomjeri su uređaji za mjerenje obujma plina i to na izravan način ili posredno, mjerenjem srednje brzine protjecanja i pretvaranjem u obujam. Iako postoje razne vrste plinomjera najzastupljeniji u Hrvatskoj su membranski plinomjeri. Tako je u plinskom sustavu Gradske plinare Zagreb ugrađeno je oko 270 000 membranskih plinomjera. Osnovne karakteristike i prednosti membranskih plinomjera su:

- Veliki mjerni opseg 1:160
- Mjerna točnost pri minimalnim protocima je ±3%
- Mjerna točnost kod ostalih protoka je ±2%
- Vijek trajanja 15 do 25 godina
- Masovna, jeftina i jednostavna proizvodnja
- Moguća dogradnja temperaturne kompenzacije
- Moguća dogradnja uređaja za daljinsko očitavanje

Slika 1. Membranski plinomjeri proizvođača Elster

Svojstva i područje primjene membranskih plinomjera su prikazana u tablici 1.

Tablica 1. *Membranski plinomjeri i njihove karakteristike* [1]

Oznaka	Protok [m^3/h]			DN [mm]	Razmak između priključaka [mm]	Pad tlaka kod Q_{max} [mbar] za plin	Područje primjene
	Q_{nom}	Q_{min}	Q_{max}				
G 2,5	2,5	0,025	4	25	160		domaćinstva sitni obrt komercijalni potrošači
G 4	4	0,04	6	25	250	0,2 – 0,7	
G 6	6	0,06	10	25	250	0,2 – 1,2	
G 10	10	0,10	16	40	280	1,1	sitni obrt
G 16	16	0,16	25	40	280	2,3	

G 25	25	0,25	40	50	335	2,8	komercijalni potrošači manji industrijski potrošači
G 40	40	0,40	65	80	510	2,0	
G 65	65	0,65	100	80	510	2,8	zbog cijene i glomaznosti preporuča se zamjena plinomjerima s rotirajućim klipovima
G 100	100	1,00	160	100	710	2,8	
G 160	160	1,60	250	150	950		
G 250	250	2,50	400	200	1.050		

Pogonska sila kod membranskih plinomjera je razlika tlaka na membranama. Princip rada temelji se na potiskivanju obujma plina kroz komore. Potiskivanje kroz komore omogućeno je stiskanjem i širenjem pomičnih stijenki promjenjiva oblika tzv. membranama.
Kako je u kućanstvima u upotrebi veliki broj plinomjera, jako je važno da pogreške plinomjera budu u okviru dopuštenih vrijednosti.
U *Pravilniku o mjeriteljskim zahtjevima za protočna mjerila obujma plina* i *Pravilniku o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima koji se odnose na mjerila* propisane su najveće dopuštene pogreške (odstupanja). U tablici 2 i tablici 3 nalazi se prikaz dopuštenih odstupanja. Tijekom ispitivanja provesti će se deset mjerenja za svaki plinomjer i za sve tri vrijednosti protoka (Qmin, 0,2Qmax i Qmax) i odrediti će se relativna pogreška plinomjera.

Tablica 2. Maksimalna dopuštena odstupanja prema Pravilniku o mjeriteljskim zahtjevima za protočna mjerila obujma plina *(Narodne novine, br. 53/2002)* [2]

Protok	Maksimalne dopuštene pogreške
$Q_{min} \leq Q < Q_t$	± 3%
$Q_t \leq Q \leq Q_{max}$	± 2%

Tablica 3. Maksimalna dopuštena odstupanja prema Pravilniku o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima koja se odnose na mjerila *(Narodne novine, br. 21/2016)*

Protok	Maksimalne dopuštene pogreške
$Q_{min} \leq Q < Q_t$	± 3%
$Q_t \leq Q \leq Q_{max}$	± 1,5%

3. Provjera plinomjera

Kako bi se provjerila točnost ugrađenim plinomjera potrebno je provesti umjeravanje i ispitivanje kućanskih membranskih plinomjera. Za ovaj primjer ispitivano je 48 odabranih plinomjera koji se koriste u kućanstvima. Ispitivana mjerila su plinomjeri IKOM G4R.

Slika 2. Ikom G 4 plinomjer

Kao uređaj za ispitivanje korišten je uređaj s kritičnim sapnicama. Umjeravanje i ispitivanje izvršeno je u umjernom laboratoriju Gradske plinare Zagreb d.o.o te je provedena analiza i usporedba rezultata ispitivanja. Na slici 3 prikazani su uređaji koji su korišteni za ispitivanje plinomjera. Za umjeravanje ispitivanih plinomjera korišten je uređaj s kritičnim sapnicama ITF10-12-A-EC proizvođača Inotech Meter Calibration Systems GmbH.

Slika 3. Uređaj s kritičnim Venturijevim sapnicama

Umjeravanje i ispitivanje provedeno je prema radnim uputama laboratorija, GPZ-25-2 *Inspekcija mjerila protoka s kritičnim sapnicama*. Ispitivanje se provodi kod protoka Qmin, 0,2Qmax i Qmax čije su vrijednosti prikazane u tablici 4. Za svaki plinomjer provedeno je deset mjerenja.

Tablica 4. *Protoci i volumeni zraka za ispitivanje G4 plinomjera* [3]

Br.	Protok [m^3/h]	Količina zraka [dm^3]	Napomena
1	0,06	20	Q_{min}
2	1,20	100	$0,2Q_{max}$
3	6,00	300	Q_{max}

Nakon provedenih mjerenja dobivene vrijednosti relativnih pogrešaka za svako mjerenje i plinomjer, te za sva tri protoka prikazani su tablici 5. Rezultati ispitivanja pokazuju kako je veličina relativnih pogrešaka za većinu izmjera u dopuštenom području.

Tablica 5 Razdioba relativnih pogrešaka za kritične Venturijeve sapnice [4]

Relativna pogreška (%)	Q_{max}	$0,2Q_{max}$	Q_{min}
manja od -2	0	0	0
Između -2 i -1,5	59	0	1
Između -1,5 i -1	82	0	11
Između -1 i -0,5	168	13	49
Između -0,5 i 0	112	68	96
Između 0 i 0,5	40	104	128
Između 0,5 i 1	8	193	135
Između 1 i 1,5	0	94	54
Između 1,5 i 2	4	8	6
veća od +2	7	0	0

4. Zaključak

Povećanjem potrošnje prirodnog plina kao energenta javlja se sve veća potreba za točnošću mjerenja kako bi se osigurala racionalna potrošnja i zaštita potrošača. Potrošnja plina mjeri se mjerilima protoka plina, a ako je riječ o domaćinstvima koriste se membranski plinomjeri. Pogreške pri očitanju potrošnje mogu dovesti do gubitaka pa je potrebno provjeravati da li iznosi pogreške plinomjera ne poprimaju vrijednosti veće od dopuštenih. Ispitivanje odabranih 48 membranskih plinomjera pokazalo je zadovoljavajuće rezultate.

5. Literatura

[1] Šunić, Miljenko; Pavlović, Berislav. *Efikasnost mjerenja i obračuna potrošnje plina.* Zagreb // Energetika marketing , 2002., 367.
[2] Narodne novine br.53/2002. 10.5.2002, *Pravilnik o mjeriteljskim zahtjevima za protočna mjerila obujma plina*.
[3] Gradska plinara Zagreb d.o.o, Zagreb. *GPZ-P-3 Inspekcija mjerila protoka plina s ispitnim zvonom,* (Interna dokumentacija), 2016
[4] Panić, Goran. Mjerila protoka plina // Diplomski rad, Strojarski fakultet Slavonski Brod, 2018

Upravljanje sustavom LED RGB rasvjete DMX protokolom
LED RGB lighting system management using DMX protocol

A. Martinek[1], Z. Galić[2,*], H. Glavaš[1]

[1]Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska

[2]Nova-lux d.o.o., Ribarska 10, Osijek, Hrvatska

[*]Autor za korespondenciju. E-mail: info@nova-lux.hr

Sažetak

Rad analizira sustave upravljanja LED RGB rasvjetom. Opisane su prednosti i mane najčešće korištenih sustava upravljanja s naglaskom na Digital Multiplex (DMX) sustav upravljanja. DMX sustav se odlikuje velikom brzinom prijenosa signala, a manu mu predstavlja jednosmjerna komunikacija. Ta mana rješava se naprednijim sustavima upravljanja, Remote Device Management-om (RDM) i Art-Netom, koji se ponašaju kao nadogradnja na DMX. Na praktičnom primjeru osmišljeno je tehničko rješenje te svjetlosni scenariji korištenjem računalnih programa DIALux i ESA2. Za tehničko rješenje izrađen je proračun uštede usporedbom referentnog i projektiranog stanja.

Ključne riječi: sustavi upravljanja rasvjetom, DMX, tehničko rješenje, svjetlosni scenariji, proračun uštede

Abstract

This paper analyses LED RGB lighting management systems. Advantages and disadvantages of the most commonly used management systems are described, with an emphasis on Digital Multiplex (DMX). This system is characterized by a high-speed signal transfer, with it's only disadvantage being one-way communication. This disadvantage is solved with the use of more advanced management systems, Remote Device Management (RDM) and Art-Net, which serve as DMX's upgrades. Technical solution and lighting scenarios were designed in a practical example using the DIALux and ESA2 computer programs. A savings budget was made for the technical solution by comparing the reference and the projected state.

Key words: Lighting Management Systems, DMX, Technical Solution, Lighting Scenarios, Savings Budget

1. Uvod

LED rasvjeta je sve prisutna kada se govori o dekorativnom osvjetljavanju zgrada, parkova i šetnica. Razvijeni su sustavi upravljanja rasvjete koji omogućavaju prigušivanja, uključivanja na detekciju pokreta pa sve do mijenjanja boja svakog pojedinog svjetlosnog izvora u ovisnosti o glazbenoj podlozi. Korištenjem DMX (eng. Digital Multiplex) sustava upravljanja rasvjetom na praktičnom primjeru prikazat će se prednost implementacije. Na osmišljenom tehničkom rješenju koje potpisuje tvrtka Nova-Lux d.o.o. kreirani su dinamički svjetlosni scenariji koristeći računalne programe DIALux i ESA (eng. Easy Stand Alone). Na navedenom primjeru napravljena je energetska analiza potrošnje električne energije primjenom reflektora s LED izvorom svjetlosti u odnosu na rješenje s metalhalogenim izvorom svjetlosti, [1].

2. Zahtjevi na rasvjetu

Četiri osnovne odrednice koje rasvjeta zahtijeva su funkcionalnost, ekonomičnost, estetika i ekologija.

- Funkcionalnost; zadaća rasvjete je osiguravanje minimalno propisanih vrijednosti osvjetljenja pri tome pazeći na uniformnost koja smanjuje efekt bliještanja.
- Ekonomičnost; primjena izvora svjetla učinkovitijih tehnologija.
- Estetika; rasvjeta s visokim indeksom uzvrata boja.
- Ekologija; prema zakonu o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja, NN 114/2011, slijedi da je svjetlosno onečišćenje okoliša *"emisija svjetlosti iz umjetnih izvora svjetlosti koja štetno djeluje na ljudsko zdravlje i uzrokuje osjećaj bliještanja, ugrožava sigurnost u prometu zbog bliještanja, zbog neposrednog ili posrednog zračenja svjetlosti prema nebu ometa život i/ili seobu ptica, šišmiša, kukaca i drugih životinja te remeti rast biljaka, ugrožava prirodnu ravnotežu na zaštićenim područjima, ometa profesionalno i/ili amatersko astronomsko promatranje neba ili zračenjem svjetlosti prema nebu nepotrebno troši električnu energiju te narušava sliku noćnog krajobraza",* [2]. Ispunjenje zahtjeva je moguće postići primjenom rasvjete koja svjetlost usmjerava prema tlu.

3. Sustavi upravljanja rasvjete

3.1. Sustav upravljanja 1-10 V

1-10 V je jedan od najstarijih načina upravljanja rasvjetom a druga generacija ovog upravljanja, poznatija kao 0-10 V, koristi se i danas. Koristi istosmjerni izvor energije. Kontrolni signal takvog izvora kreće se između jedan i deset volti što omogućuje prigušivanje svjetla u rasponu od deset do sto posto. Problem predstavlja upravljački signal vrijednosti 0 V jer sustav ne raspoznaje da li je rasvjeta isključena, ili radi. U ovome slučaju ne pomaže niti kratki spoj stoga se zahtijeva dodatna sklopka koja bi osigurala isključenje sustava. Razlika sustava 0-10 V od 1-10 V je taj što 0-10 V većinom dolazi s kontrolerima koji osiguravaju isključenje rasvjete korištenjem sklopke ili naponskog releja. U ovome slučaju minimalna razina prigušivanja nije više deset posto nego 5,7 %. Česta je

pojava da svjetlosni izvori koji su priključeni na istu grupu spoja ne pružaju jednaku izlaznu vrijednost struje zbog pada napona. Polaritet spoja je vrlo bitan te se zahtijeva kompleksno ožičavanje.

3.2. DSI sustav upravljanja

DSI sustav (eng. Digital Serial Interface) koristi digitalni signal kako bi promijenio intenzitet rasvjete. Signal se temelji na 8-bitnim informacijama koje komuniciraju s kontrolerom. Korištenje digitalnog signala omogućuje održavanje stabilnog napona, bez povremenih propada napona u signalnom kabelu. Prednost ovog sustava upravljanja je ta što nije bitan polaritet spajanja te pruža povratne informacije o statusu svjetlosnog izvora. Svjetla se mogu isključiti koristeći signalni kabel što znači da dovodni naponski vodovi mogu biti smješteni odvojeno od signalnih kablova što na kraju rezultira manjim regulacijskim jedinicama. DSI sustav koristi se na lokacijama gdje se redovito mijenja plan raspoređenosti svjetlosnih izvora. Nedostatak je taj što maksimalan razmak iznosi oko 250 m, ako se koristi kabel presjeka 1,5 mm^2. Razmak govori o udaljenosti između DSI uređaja pa sve do posljednjeg svjetlosnog izvora. Upravljačka jedinica diktira mogući broj spojenih prigušnica. Zbog obavezne uporabe kontrolera, cijena postaje vrlo visoka za neke manje sustave koji zahtijevaju upravljanje, [3], [6].

3.3. DALI sustav upravljanja

DALI (eng. Digital Addressable Lighting Interface) je protokol koji se nadograđuje na DSI sustav upravljanja. On predstavlja sučelje koje povezuje svu elektroničku opremu koristeći digitalni signal. Općeprihvaćenost ovog sustava upravljanja omogućilo je korištenje opreme različitih proizvođača koja međusobno može komunicirati zahvaljujući DALI-ju. Napojni i kontrolni kablovi mogu se položiti u istome vodu. Ne mora se brinuti o polaritetu signalnih kabeli, no mora se pripaziti na duljinu kabela. Velika prednost DALI-ja naspram DSI sustava je ta što se dobiva povratna informacija o stanju uređaja (vrlo korisno kada je potrebno pregledati ispravnost svjetlosnog izvora). Još jedna značajna prednost je mogućnost adresiranja jedinica unutar sustava. DALI omogućuje maksimalno 16 grupa po vodu i 16 scena po uređaju no moguće je spojiti i 64 uređaja po jednom vodu. Da bi takav vod mogao raditi, potrebno je dovesti napajanje, [7], [8].

3.4. DMX sustav upravljanja

DMX se ne razlikuje mnogo u principu rada u odnosu na DALI sustav, no ima neke značajke koje ga čine boljom opcijom u određenim situacijama. Brze izmjene boja i intenziteta te 512 adresa čine ovaj sustav upravljanja odličnim za izradu svjetlosnih scena na koncertima, na fasadama zgrada ili bilo gdje kuda je potrebno dinamičko osvjetljenje. DMX je baziran na RS-485 protokolu što mu daje brzine prijenosa od 250 kbit/s (usporedno DALI ima brzine prijenosa do 1,2 kbit/s, što je čak 208 puta sporije od DMX sustava). Kao i drugi digitalni sustavi i DMX je ograničen udaljenošću. Stoga maksimalna udaljenost od kontrolera do posljednjeg svjetlosnog izvora iznosi oko 300 m. DMX je moguće ograničiti i s maksimalnim brojem spojenih uređaja po jednoj liniji. U tom slučaju

moguće je spojiti do 32 uređaja. Ako je potrebno, taj niz se može nastaviti dodavanjem pojačala ili splittera. Mora se spojiti otpornik od 120 Ω nakon zadnjeg svjetlosnog izvora u nizu. Time se osigurava od potencijalnih refleksija signala koje mogu uzrokovati blještanje svjetla. Za prijenos signala DMX koristi kabel s upletenom paricom, tzv. STP (eng. Shielded Twisted Pair) kabel. Sastoji se od 3 izvoda, Data +, Data – i Data Link Common. DMX sustav upravljanja zahtjeva posebnu pažnju na točan polaritet pri spajanju uređaja, [9], [10], [11].

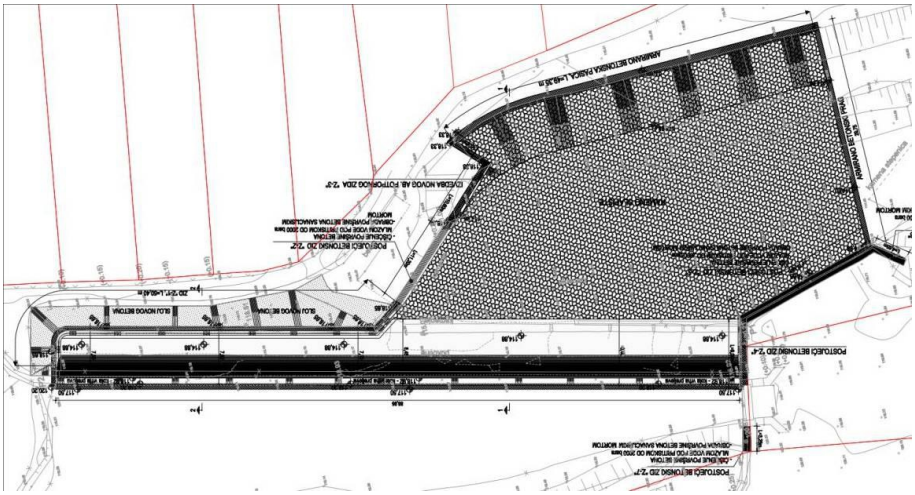
4. Primjer modela i svjetlotehničkog proračuna

4.1. Prostorni model sustava

Za primjer upravljanja rasvjete korištenjem DMX protokola odabran je projekt rasvjete slapa u mjestu Pleternica, [12].

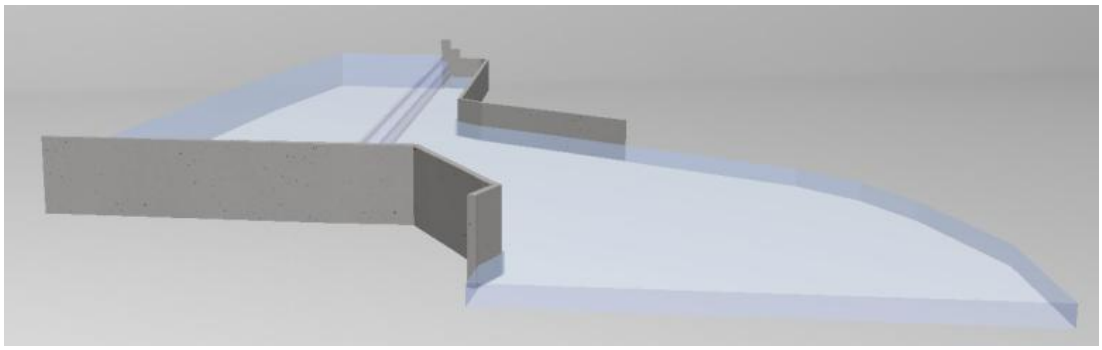
Slika 1. Izgled slapa u mjestu Pleternica

Duljina slapa iznosi 88,95 m, kota vrha preljeva nalazi se na 118,92 m nadmorske visine dok je razina vode u dolini pada na 114,88 m nadmorske visine što rezultira padom od 4,04 m, slika 2.



Slika 2. Tehnički nacrt situacije slapa u Pleternici, prikaz visinskih kota, duljine slapa i okolnih zidova

Za kreiranje 3D modela slapa potrebne su 2D CAD podloge i prateća dokumentacija na osnovu koje se u 3D CAD-u (u našem slučaju korišten je SolidWorks) radi model. Nakon izrade modela prikazanog na slici 3, datoteka se pohranjuje u obliku koji prihvaća računalna podrška DIALux. Svi svjetlotehnički proračuni, proračunska polja te prikaz lažnih boja (eng. False colour rendering) izrađeni se u DIALuxu.

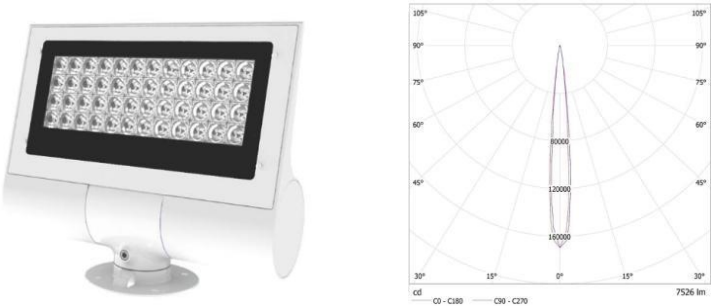


Slika 3. Model nacrtan u SolidWorksu koji odražava stvarni izgled slapa a koristi se za daljnju izradu svjetlotehničkog proračuna

Odabrani su svjetlosni izvori ACDC Lighting, FUSION 48, zbog boje svjetlosti i dostupne uske optike (kut zrake). U tablici 1. prikazane su tehničke specifikacije svjetlosnih izvora korištenih u svjetlotehničkom proračunu.

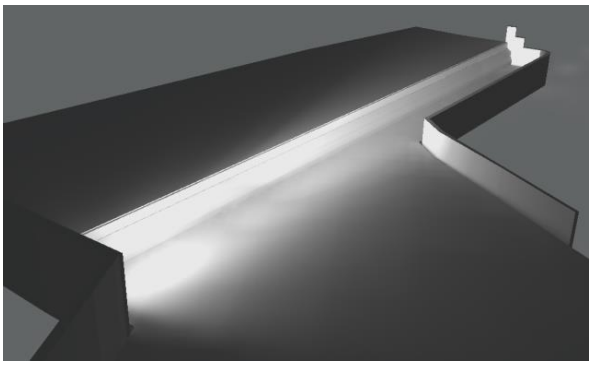
Tablica 1. Tehničke specifikacije za svjetlosni izvor ACDC FUSION 48

Boja svjetlosti	RGBW		
Kut zrake [°]	10	30	64
Snaga [W]	81		
Svjetlosni tok [lm]	5358	4366	4374
Stupanj zaštite	IP66		
Indeks uzvrata boje (CRI)	80		
Efikasnost svjetlosnog izvora [lm/W]	66,15	53,9	54



Slika 4. Svjetlosni izvor ACDC Fusion 48 (lijevo) i polarni dijagram za snop svjetlosti od 10° i temperaturu boje 3000 K (desno)

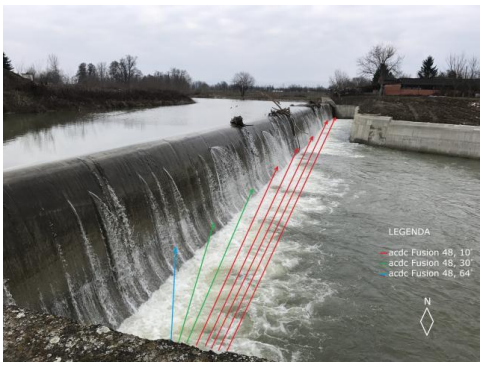
Korištenjem izrađenog modela te tehničkih specifikacija svjetlosnih izvora omogućuje se izrada svjetlotehničkog proračuna u računalnom programu DIALux. Slika 5 daje načelnu predodžbu izgleda osvijetljena slapa.



Slika 5. Rezultat generiran svjetlotehničkim proračunom u DIALuxu koji prikazuje distribuciju svjetla duž slapa

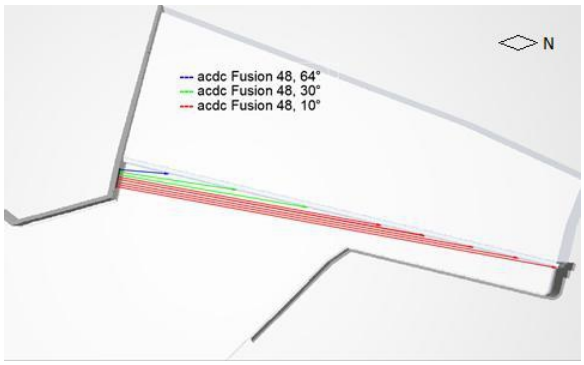
4.1. Opis sustava upravljanja

Na temelju dobivenog svjetlotehničkog proračuna definira se sustav rasvjete implementirajući pri tome sustav upravljanja. Smještaj upravljačkog dijela predviđen je u obližnjoj hidrocentrali. Zaseban ormar, RO-UPR, osigurava zahtjeve propisane od strane proizvođača, a svode se na stupanj zaštite, optimalnu operativnu temperaturu. Upravljački dio se sastoji od DMX kontrolera tipa SLESA-UE7 koji se napaja putem ispravljača napona 5 V - 5,5 V. S druge strane, povezuje se ethernet kablom RJ45 do obližnjeg routera osiguravajući tako spoj s lokalnom internetskom mrežom. Takav spoj osigurava komunikaciju putem pametnog telefona ili tableta što omogućuje promjenu svjetlosnih scena na licu mjesta. Neke od osnovnih karakteristika kontrolera su broj DMX kanala (1024), broj scena (200) te kapacitet memorije (ograničen veličinom SD kartice). SLESA-UE7 podržava zvučno, infracrveno upravljanje i upravljanje pomoću sata, tzv. timer. Iz RO-UPR provlači se napojni kabel promjera 2,5 mm^2 skupa s trožilnim upravljačkim kabelom (data+, data- i ground) do ACDC FUSION Huba koji se ponaša kao splitter. Na FUSION Hub se dalje priključuju svjetlosni izvori tipa ACDC Fusion 48 koji su udaljene 40 m od razvodnog ormara.



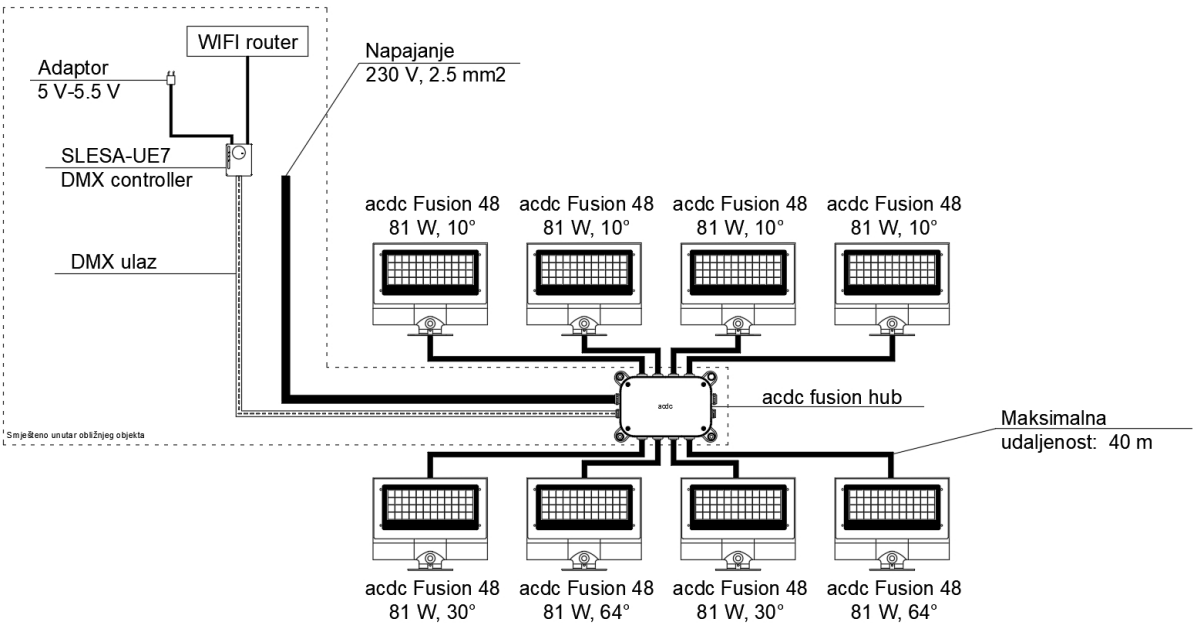
Slika 6. Prikaz usmjerenja snopova svjetlosnih izvora acdc Fusion 48

Svjetlosni izvori se smještaju na postojeći betonski zid bliže hidrocentrali prema rasporedu definiranom u svjetlotehničkom proračunu i to na visini 1,5 m od vrha betonskog zida. Na taj način osigurava se što manja izloženost vodi te se pri tome izbjegava rasipanje svjetla u okolinu pazeći na svjetlosno onečišćenje okoliša. Usmjerenje snopova za osam svjetlosnih izvora koji trebaju osvjetljavati slap u Pleternici može se vidjeti na slici 7.



Slika 7. Tlocrtni prikaz usmjerenosti snopova svjetlosnih izvora ACDC Fusion 48

Ovakvo usmjerenje omogućuje ravnomjernost osvijetljenosti duž cijelog slapa pogotovo ako se uzme u obzir mogućnost upravljanja, točnije prigušivanja rasvjete. Detaljna shema spoja DMX sustava upravljanja rasvjetom prikazana je na slici 8.



Slika 8. Shema spoja DMX sustava upravljanja i svjetlosnih izvora

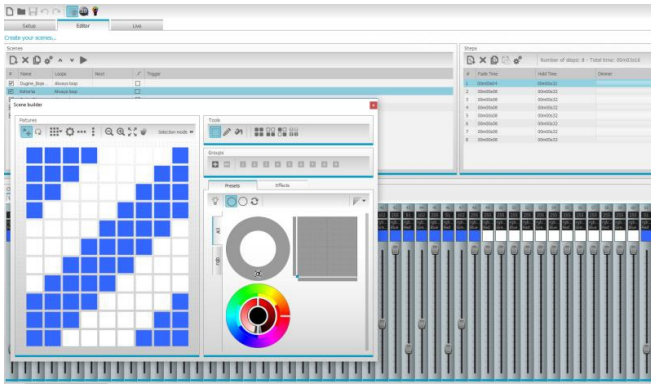
5. Izrada svjetlosnih scena

Za izradu svjetlosnih scena potrebna je odgovarajuća programska podrška. Programska podrška ESA2 je jedan od proizvoda koji se nudi u asortimanu firme Nicolaudie. ESA je zamišljen kao kontroler koji se temelji na DMX protokolu i omogućuje upravljanje rasvjetom na način da joj mijenja boju, usmjerava ju gore-dolje, lijevo-desno, treperi i

slično. Kako bi se programirale svjetlosne scene i pohranile za dalju uporabu potrebno je priključiti neki od kontrolera putem USB kabla. Moguće je i upravljanje putem pametnih telefona, tableta ili putem interneta, ovisno o izvedbama kontrolera. Za upravljanje putem pametnih telefona razvile su se aplikacije Arcolis i Easy Remote koje mogu zamijeniti reguliranje izgleda svjetlosnih scena no ne i adresiranje svjetlosnih izvora.
Svjetlosna scena je ključan faktor svakog filma ili predstave. Ona diktira ugođaj koji se želi nametnuti gledatelju ili pokušava naglasiti specifične dijelove koji su od velike važnosti. Upravo to se pokušava dobiti izradom svjetlosnih scena zgrada, parkova ili šetnica. Jedan takav primjer je pješački most na rijeci Dravi u Osijeku, slika 9.

Slika 9. Svjetlosna scena pješačkog mosta na rijeci Dravi u Osijeku

Za programiranje svjetlosnih scena računalnom podrškom ESA2, koristi se direktan spoj računala putem USB kabela s kontrolerom SLESA-UE7. Pri pokretanju programa automatski se prepoznaje kontroler na koji je moguće čitati, pisati te brisati pohranjenu memoriju. Svaki od različitih efekata, poput treperenja svjetla, pomicanja rasvjete ili promjene boja, zauzimaju jednu od slobodnih adresa svjetlosnog izvora. Svjetlosnim izvorima dodjeljuju se efekti RGBW (eng. red, green, blue, white) što za posljedicu ima zauzimanje prvih četiri adresa kontrolera. Svjetlosni izvori koji podržavaju samo RGB zauzimaju tri adrese. Izrada svjetlosnih scena prikazana je na slici 10.



Slika 10. Prikaz izrade plavo-bijele svjetlosne scene pješačkog mosta u Osijeku s ESA2

Kako bi se na prezentiranom praktičnom primjeru slapa izbjeglo da svih osam svjetlosnih izvora prikazuju istu boju u isto vrijeme koristi se Scene builder gdje je moguće svakom svjetlosnom izvoru zasebno odrediti koju boju i efekt prikazivati, kao što je vidljivo na slici 10.

6. Energetska ušteda primjenom sustava LED RGB rasvjete i DMX protokola

Na prikazanom modelu moguće je izračunati uštedu kada bi se za referentno stanje koriste klasični svjetlosni izvori od 150 W, tipa Thorn QBA 2 HIT-CE R/S EXT za razliku od projektom predviđenih svjetlosnih izvora ACDC Fusion 48. Podaci svjetlosnih izvora prikazani su tablicom 2.

Tablica 2. Specifikacije svjetlosnih izvora korištenih za analizu uštede

Naziv	ACDC Fusion 48	Thorn QBA 2 HIT-CE R/S EXT
Vrsta izvora	LED	MH
Kut zrake [°]	10	10-15
Snaga [W]	81	170
Svjetlosni tok [lm]	5358	14000
Stupanj zaštite	IP66	IP66
Indeks uzvrata boje (CRI)	80	80
Efikasnost svjetlosnog izvora [lm/W]	66,15	82

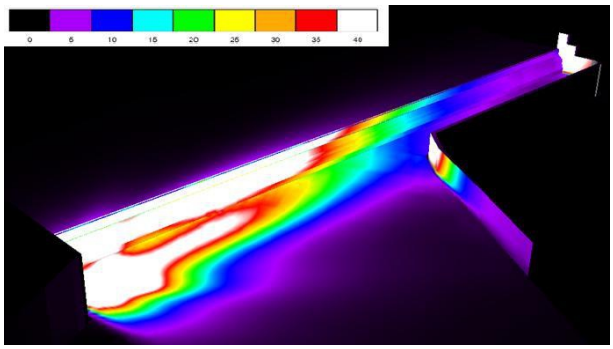
Na osnovi ukupne snage projektiranog i referentnog stanja računa se godišnje utrošena električna energija množenjem ukupne snage referentnog (projektiranog) stanja te broj radnih sati svjetlosnih izvora tijekom godine. U tablici 3. prikazana je analiza uštede energije s iskazanim financijskim uštedama u kunama te postotnom uštedom električne energije koja iznosi 52 % . Uštedu električne energije na godišnjoj razini iznosi 2919 kWh što je vidljivo iz tablice 3.

Tablica 3. Prikaz uštede energije na primjeru metalhalogenog izvora (referentno stanje) te LED izvora (projektirano stanje)

Referentno stanje	Ukupna snaga (W)	1360
	Broj radnih sati godišnje	4100
	Utrošena električna energija godišnje (kWh)	5576
Projektirano	Ukupna snaga (W)	648
	Broj radnih sati godišnje	4100
	Utrošena električna energija godišnje (kWh)	2657
Energetska ušteda	Ušteda električne energije godišnje (kWh)	2919
	Cijena električne energije (kn/kWh)	0,69
	Financijske uštede godišnje (kn)	2014,25
	Ušteda električne energije godišnje (%)	52

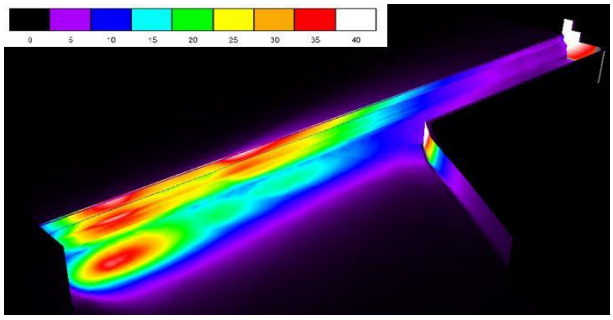
Energetska ušteda je bitna, ali najvažniji su zahtjevi koji se postavljaju sustavu rasvjete. Zbog toga bitno je i provesti svjetlotehničku analizu navedenih izvora. Na slici 11 dan je prikaz lažnih boja dobiven svjetlotehničkim proračunom u DIALuxu. Takav prikaz naglašava nijanse sive boje koje inače budu generirane svjetlotehničkim proračunom. Prikaz lažnih boja olakšava uočavanje eventualnih nepravilnosti. Može se primijetiti da je na slici 11. koja predstavlja svjetlosni izvor tipa Thorn QBA 150 W, najrasprostranjenija

bijela boja koja prema legendi u gornjem lijevom uglu slike ukazuje na to da se radi o vrijednosti većoj od 40 lx. Očitanjem u programskoj podršci očitava se vrijednost od 110 lx u maksimumu. Taj je iznos tri puta veći od simulacije s izvorom ACDC Fusion 48, što upućuje na blještanje. Ujedno dolazi i do prevelikog kontrasta jer je suprotni kraj slapa osvijetljen sa samo 5 lx.



Slika 11. Prikaz lažnih boja za svjetlosni izvor Thorn QBA 150W

Iz slike 12 koja predstavlja simulaciju projektnog stanja može se zaključiti da je estetski gledano bolje rješenje upotrebom izvora ACDC Fusion 48.



Slika 12. Prikaz lažnih boja za svjetlosni izvor ACDC Fusion 48

7. Zaključak

DMX sustav upravljanja nadogradnja je postojećih sustava. Ne zahtijeva istosmjerni izvor za napajanje, nema pad napona nakon određene udaljenosti kao kod sustava upravljanja 1-10 V. Temelji se na digitalnom signalu poput DSI i DALI sustava, no nije ograničen na maksimalnu udaljenost od 250 m svjetlosnog izvora do kontrolera kao DSI. Pruža puno više adresa i scena od DALI sustava, no zato ne dobiva povratnu informaciju o stanju uređaja. Art-Net i RDM su unaprijeđeni sustavi upravljanja DMX-a koji su eliminirali njegove nedostatke.

Proračunom ušteda dolazi se do zaključka da se korištenjem neučinkovitih svjetlosnih izvora troši i do dva puta više energije, što u ovom primjeru rezultira povećanjem troškova preko 2000,00 kn na godišnjoj razini.

Zbog sve veće prisutnosti sustava upravljanja po građevinama i prirodnim znamenitostima vrlo je važno razumjeti princip rada te educirati se kako na najbolji način ponuditi rješenje

koje će projekt dovesti do izražaja, pružajući karakter koji zaslužuje. Dolaskom LED rasvjete na tržište ubrzao se napredak sustava upravljanja zbog mnogobrojnih prednosti koje pruža.

8. Literatura

[1] Martinek, Adam. Upravljanje sustavom LED RGB rasvjete DMX protokolom. Diplomski rad: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska, 2018.

[2] Hrvatski sabor. Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja, Narodne novine 114/2011, 05.10.2011.

[3] Griva, T., Osnove upravljanja 1-10 V, DSI, DALI, DMX, Zumtobel, www.ingkomora.me/ikcg_sajt/cms/public/image/uploads/Nacini upravljanja rasvjetom.pdf, pristup ostvaren 27.04.2018.

[4] Lightology, What is 0-10 V dimming?, Lightology, Chicago, USA, dostupno na: www.lightology.com/index.php?module=tools_faq_0_10v_control, pristup ostvaren 02.05.2018.

[5] Mean Well Europe B.V., Difference between DC 1-10 V or 0-10 V dimming methods in MW dimmable LED driver, 07.04.2015., dostupno na: www.meanwell.eu/ExclusivePDF/DIMMING-NOTE.pdf, pristup ostvaren 02.05.2018.

[6] Glamox, Digital DSI, dostupno na: http://glamox.com/uk/digital-dsi, pristup ostvaren 02.05.2018.

[7] Tridonic, DALI manual, 01.08.2013., dostupno na: www.tridonic.com/com/en/download/ technical/DALI-manual_en.pdf, pristup ostvaren 02.05.2018.

[8] Tridonic, DALI At a glance, 05.07.2018., dostupno na: www.tridonic.com/com/en/download/technical/DALI_important_facts_at_a_glance_en.pdf, pristup ostvaren 02.05.2018.

[9] eldoLED, How to wire DMX lighting systems, 2017., dostupno na: www.eldoled.com https://www.eldoled.com/support/learning-center/how-to-wire-dmx-lighting-systems, pristup ostvaren 03.05.2018.

[10] LUTRON, DMX-512 Fundamentals, Lutron electronics ltd., Pennsylvania, USA, dostupno na: www.lutron.com/en-us/education-training/documents/dmx webinar_7-29-2010.pdf, pristup ostvaren 03.05.2018.

[11] J. Rene, M. Philipp, S. Markus, DMX digital multiplex basics, prezentacija, Zumtobel, 09.02.2011.

[12] Nova-Lux, Dekorativna rasvjeta slapa u gradu Pleternica, 2018.

Infracrvena termografija u održavanju fotonaponske elektrane "ETFOS 1"
Infrared thermography in the maintenance of photovoltaic plant "ETFOS 1"

H. Glavaš[1,*], I. Bićanić[1], E. Desnica[2]

[1]Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska
[2] Tehnički fakultet Mihajlo Pupin, Univerzitet u Novom Sadu Zrenjanin, Srbija

[*]Autor za korespondenciju. E-mail: hrvoje.glavas@ferit.hr

Sažetak

Fotonaponske elektrane (FNE) od 2020 predstavljaju sastavni dio električne instalacije svakog novog objekta na području EU. Održavanje FNE predstavlja imperativ s aspekta sigurnosti, a infracrvena termografija (ICT) najjednostavnija ispitna metoda. ICT se primjenjuje u normalnom pogonu i ne utječe na rad sustava. Za pravilno tumačenje rezultata analize potrebna je spoznaja o radu sustava kao i znanje rada infracrvene termalne kamere (ICTK). ICTK registrira zračenje u infracrvenom dijelu spektra kojem pridružuje odgovarajuću prividnu temperaturu. Zaključak o ispravnosti sustava donosi se na osnovi temperaturnih razlika između pojedinih elemenata. Analizu sustava potrebno je provoditi pri zračenju većem od 500 W/m^2. Cjenovno pristupačne ICTK predstavljaju izazov prilikom analize FNE. Najveći problem je visoka iluminacija koja na zaslonu kamere slabije luminacije onemogućuje očitavanje sadržaja. U radu je prikazan jedan od načina kako se navedeni problem nepostojanja elektroničkog optičkog tražila može riješiti u praksi kao i postupak provedbe analize FN sustava.

Ključne riječi: infracrvena termografija, fotonaponska elektrana, održavanje

Abstract

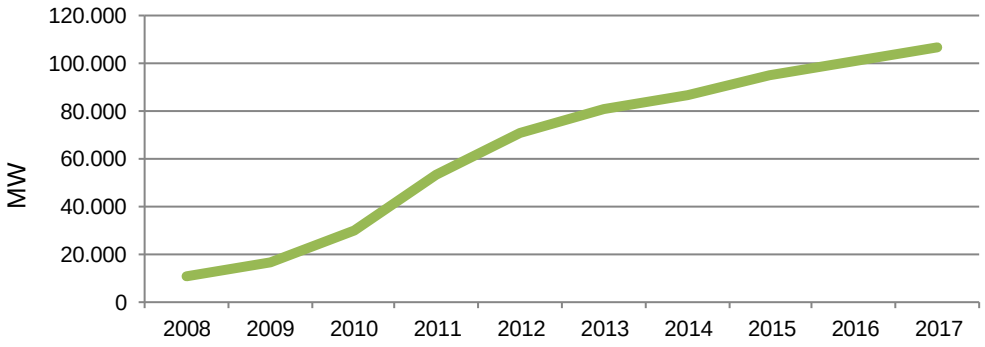
Photovoltaic (PV) power plants after 2020 will be an integral part of the electrical installation of each new building in the EU. PV maintenance is imperative in terms of security, and infrared thermography (IRT) is the simplest test method. IRT can be applied in during normal operation and does not affect the system. For a proper PV analysis, it is necessary to know the background of system operation as well as the knowledge of the infrared camera operation. The infrared thermal camera registers radiation in the infrared part of the spectrum which is by the usage of software associated with the corresponding apparent temperature. Conclusion on system status is made on the basis on temperature differences between individual elements. System analysis should be carried out at a radiation level greater than 500 W/m^2. Affordable thermal cameras represent a challenge

for PV analysis. The biggest problem is the high illumination that prevents the reading of the content on the lighter luminated camera display. This paper presents one way by which the problem can be solved in practice without the usage of the camera with an electronic optical viewfinder while conducting PV analysis.

Key words: Infrared Thermography, Photovoltaic Power Plant, Maintenance

1. Uvod u održavanje fotonaponskih elektrana

Fotonaponske elektrane od 2020 predstavljaju sastavni dio električne instalacije svakog novog objekta na području EU. Posljedica je to primjene Direktive 2010/31/EU [1] Europskog parlamenta i vijeća od 19. svibnja 2010. o energetskoj učinkovitosti zgrada. Sukladno direktivi EBPD II (Energy Performance of Buildings Directive 2) države članice trebaju izraditi nacionalne planove za povećanje broja zgrada približno nulte energije i o tim planovima redovito izvješćivati Komisiju. Članak 2 u definicijama definira zgradu približno nulte energije kao zgradu koja ima vrlo visoku energetsku učinkovitost. Ta približno nulta odnosno vrlo niska količina energije trebala bi se u vrlo značajnoj mjeri pokrivati energijom iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora koja se proizvodi u krugu zgrade ili u blizini zgrade. Članak 9. direktive obvezuje države članice da osiguraju do 31. prosinca 2020. da sve nove zgrade budu zgrade približno nulte energije a nakon 31. prosinca 2018. da sve nove zgrade u kojima su smještena tijela javne vlasti odnosno koje su u vlasništvu tijela javne vlasti budu zgrade približno nulte energije. Komisija će izvještavati svake tri godine o pojedinačnom napretku članica. Iz slike 1 vidljivo je od 2010. godine povećanje broja instaliranih MW fotonaponskih elektrana na području EU28.

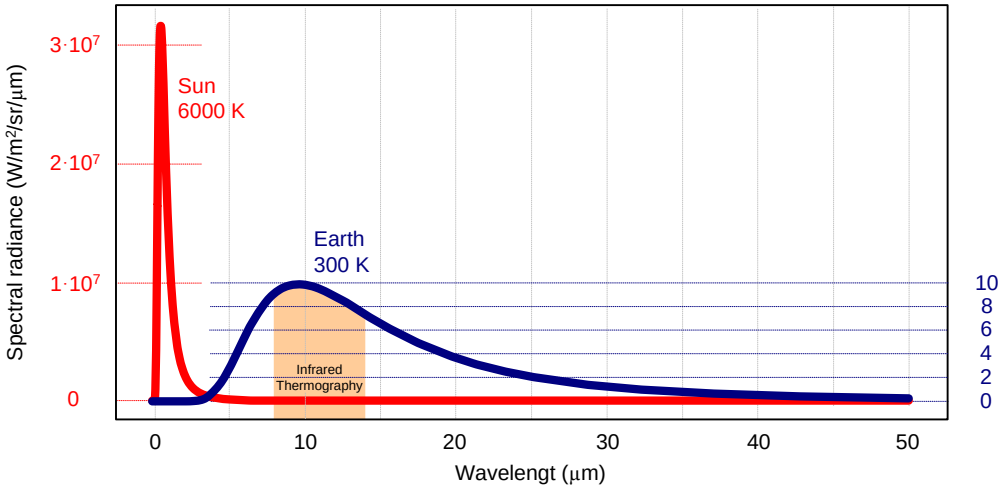


Slika 1. Instalirana snaga FN na području EU28 u MW, izvor Eurostat

Integracija fotonaponskih elektrana u zgradama iz sigurnosnih razloga iziskuje redovito održavanje, [2]. Tri su uobičajene metode ispitivanja FNE: mjerenje električnih veličina, elektroluminiscencija i infracrvena termografija. Infracrvena termografija je najjednostavnija metoda [3] jer ne iziskuje prekid rada sustava i pomaže u lakom lociranju potencijalnih neispravnosti. Pad cijena opreme i njena pristupačnost [4] uvelike pomažu primjeni u svakodnevnom ispitivanju fotonaponskih elektrana.

2. Infracrvena termografija kao ispitna metoda

Za provedbu uspješne kvantitavne termografske analize operater mora proći osnovnu edukaciju iz područja rada sa infracrvenom termografskom kamerom. Termografska analiza FNE odvija se u trenutku proizvodnje, a samo Sunce direktno ne utječe na rad infracrvene termografske kamere te se ona može nesmetano koristiti tijekom cijelog dana. Na slici 2 prikazan je po valnim dužinama maksimum zračenja Sunca i Zemlje te prostor valnih dužina koje registrira većina infracrvenih termalnih kamera.



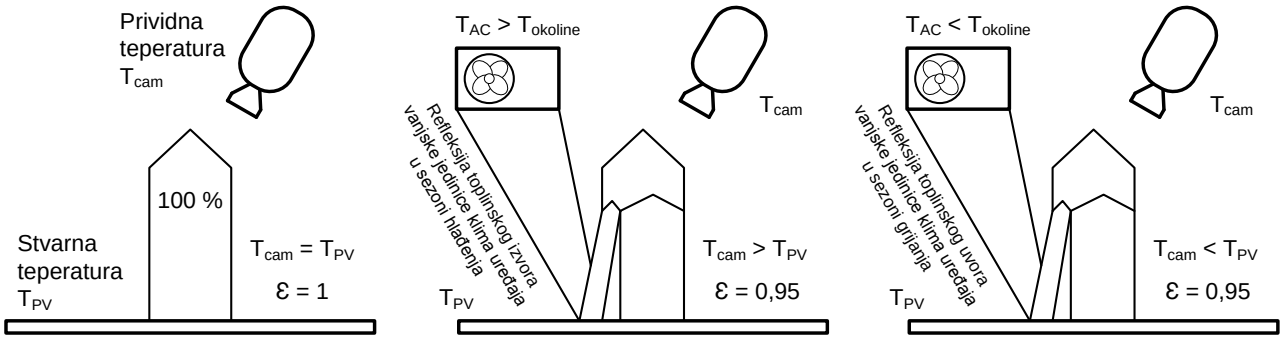
Slika 2. Zračenje Sunca i Zemlje po valnim dužinama, izvor [5]

Slika 1 je jedna od prvih lekcija ali ponekad dovodi u zabludu jer pobudno zračenje Sunca zagrijava okolinu koja emitira u spektralnom području rada kamere i okolni predmeti svojom refleksijom na FNE stvaraju dodatni izazov kvantitativnoj analizi. Infracrvena termografska kamera mjeri količinu IC zračenja kojemu pomoću programske podrške i najvažnijeg parametra emisivnosti pridružuje vrijednost temperature koju nazivamo prividna temperatura. Prvi susret sa IC kamerom može navesti korisnika da se radi o instrumentu koji jednostavno mjeri temperaturu što je istina samo u slučaju educiranog operatera, slika 3.

Slika 3. Prikaz mjerenja temperature radijatora kontaktnim instrumentom i IC kamerom, [6]

Mjerenja prikazana u ovom radu proizašla su iz ispitivanja na FNE ETFOS u sklopu izrade diplomskog rada [7]. Za mjerenje je korištena infracrvena termografska kamera FLIR E6 rezolucije 160x120 piksela, vidnog polja 45° × 34°, temperaturnog opsega mjerenja od –

20°C do 250°C, razlučivosti temperaturne razlike <0,06°C, brzine osvježavanja 9 Hz i točnosti ±2% ili 2°C. U pozadini FNE ETFOS 1 nalaze se vanjske jedinice klima uređaja velike dvorane (vidljivo na slici 8). Konceptualni prikaz utjecaja izvora toplinskog emitera na termalnu analizu FNE prikazan je slikom 4.



Slika 4. Utjecaj toplinskog izvora na očitanje IC kamere

Emisivnost analiziranog predmeta najvažniji je parametar pravilnog određivanja prividne temperature, a drugi je količina reflektiranog zračenja okoline što je vidljivo na slici 3. Emisivnost je parametar koje predstavlja omjer zračenja analizirane površine i zračenja crnog tijela zagrijanog na istu temperaturu koju ima analizirana površina. Tipične vrijednosti emisivnosti materijala koji se nalaze u sustavu FNE prikazane su tablicom 1.

Tablica 1. Emisivnost pojedinih materijala pri određenim temperaturama, [8]

Materijal	Temperatura °C	Emisivnost
Staklo	0-200	0,95
	250 - 1000	0,87 - 0,72
	1100 - 1500	0,70 - 0,67
Aluminij polirani	100	0,095
Aluminij neoksidirani	25	0,22
Aluminij oksidirani	200	0,11
Boja Aluminij	0-100	0,55
Papir	0-100	0,91
Drvo	0-93	0,82
Uljane boje	0-100	0,92 - 0,96

Iz tablice 1 može se uočiti da emisivnost ovisi o materijalu i njegovoj temperaturi, ali osim toga i o valnoj dužini na kojoj se provodi analiza kao i o kutu snimanja. Udio reflektiranog zračenja se određuje tako da se ispred analiziranog objekta stavi reflektor od poliranog aluminija i kamerom podešenom na emisivnost 1 izvrši mjerenje zračenja koje se reflektira od metalnu podlogu. Na taj način kamera je podešena za mjerenje. U slučaju značajne udaljenosti potrebno je unijeti ispravnu vrijednost relativne vlažnosti jer voda apsorbira određene valne dužine IC zračenja.

3. Termografska analiza FNE ETFOS 1

Praktičnoj analizi FNE prestupljeno je 25.05.2018. u 11:28 h. Za uspješnu analizu fotonaposkih panela US Infraspection Institute Standard zahtijeva najmanje 650 W/m^2 u praksi minimum je 500 W/m^2,[3]. Na slici 5 može se vidjeti fotografija neba i mjerenje dozračenosti sa instrumentom Seaward Solar Survey 200 - Solar Irradiance Meter na panelu u iznosu od 296 W/m^2. U trenutku mjerenja Sunce je bilo pokriveno oblacima.

Slika 5. Izgled neba pri dozračenosti od 296 W/m^2

Pojavom direktnih zraka, vidljivo na slici 6, vrijednost mjerenja poprima iznos od 1030 W/m^2 koji je dostatan za početak mjerenja.

Slika 6. Izgled neba pri dozračenosti od 1030 W/m^2

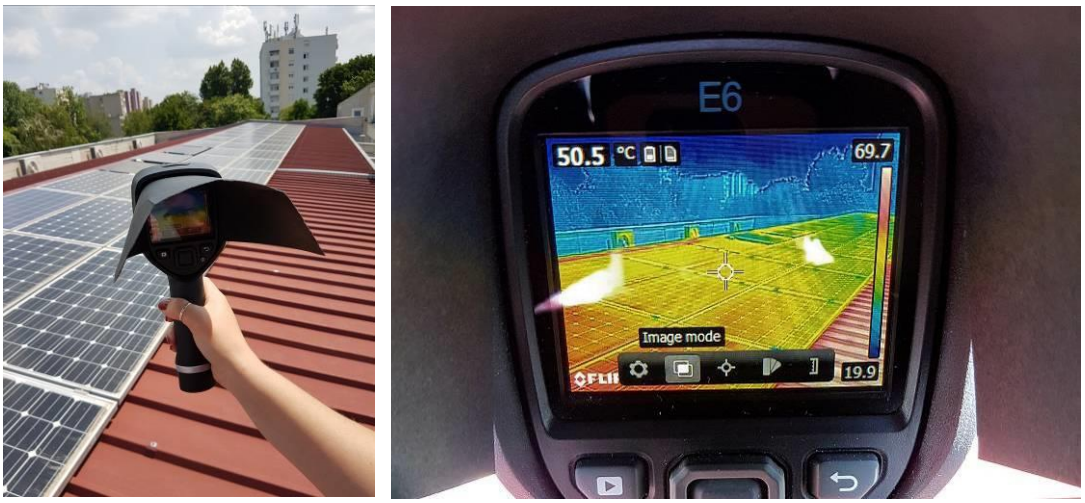
Usporedbom slike 5 i slike 6 postaje jasno da se bez mjernog instrumenta za dozračenost odnosno odokativnom metodom ne može procijeniti mogućnost provedbe mjerenja sukladno normama.

Pojava Sunčevih zraka ukazuje na najveći problem rada sa cjenovno pristupačnim kamerama, visoka sunčeva iluminacija na zaslonu kamere znatno slabije luminacije onemogućuje očitavanje sadržaja. Na slici 7 prikazan je odraz operatera i oblaka dok je na panelu 1030 luks-a.

Slika 7. Zaslon kamere pri visokoj iluminaciji

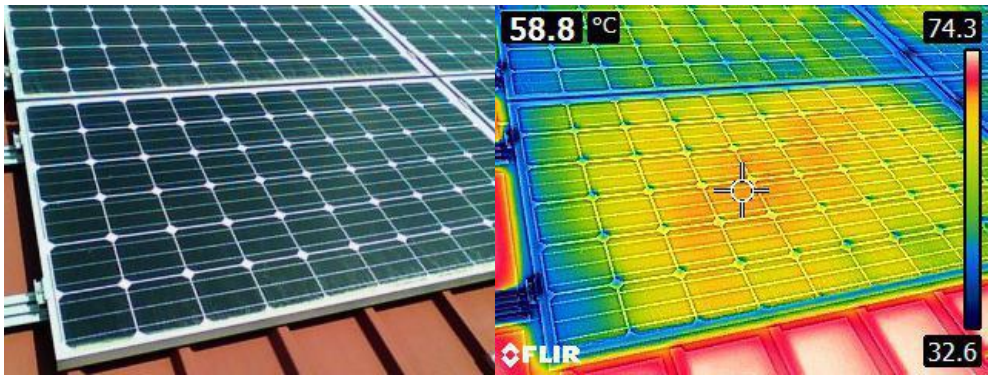
Navedenom izazovu najjednostavnije je pristupiti zasjenjenjem zaslona pomoću crnog papira kao što je prikazano na slici 8. Zasjenjenjem korištenje kamere je moguće što se vidi na slici 8, ali nije ugodno jer se oči teško privikavaju naizmjeničnoj promjeni sjajnosti koja na površini zaslona iznosi do 250 cd/m^2 a na analiziranoj podlozi 1000 puta više (mjerno s Gossen Mavolux 5032C).

Slika 8. Zasjenjene zaslona kamere crnim papirom

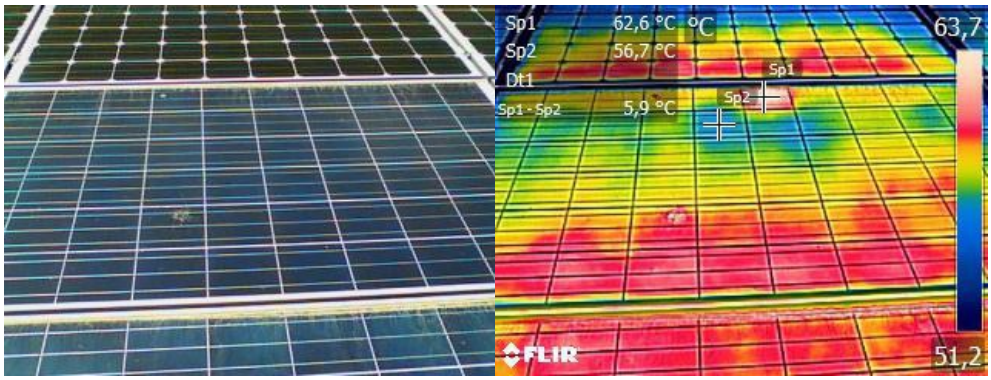


Slika 9. Prikaz zaslona zasjenjenog crnim papirom

Analizi pristupamo pregledavajući što je moguće veće površine s ciljem lociranja anomalija (slika 9), a zatim pristupamo analizi pojedinačnih panela (slika 10). Analizom slike 9 i slike 10 može se zaključiti kako provedba pregleda nije naročito ugodna za operatera jer je površina limenog pokrova zagrijana iznad 70 °C. Fizička aktivnost brzo dovodi do dehidracije i koncentracija brzo popušta što nije poželjno kada se dođe u proces analize anomalija, slika 10.



Slika 10. Analiza jednog od panela FNE

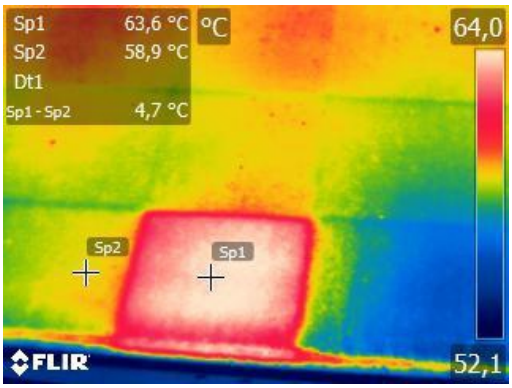


Slika 11. Uočeno toplinsko žarište na jednom od panela

Na slici 11 se jasno vidi da žarište nije dobro snimljeno tj. kut snimanja je suviše nizak jer se snimalo sa sjeverne strane pokrova i sama analiza bi bila bolja da se provela s južne strane. Temperaturna razlika i prethodna iskustva ukazuju na pojavu koju treba detaljnije istražiti, a najvjerojatnije je uzrokovana neodržavanjem tj. akumulacijom pijeska koji dovodi do efekta zasjenjenja što je vidljivo na slici 12.

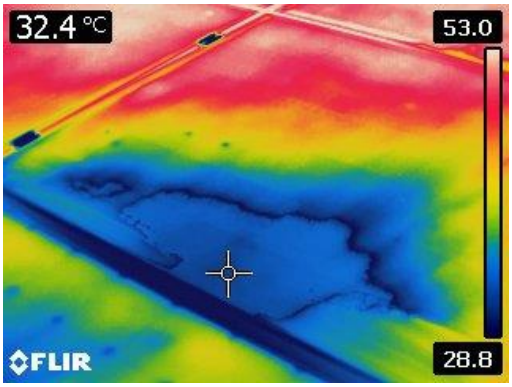
Slika 12. Donji rub panela sa akumuliranim slojem pijeska koji dovodi do zasjenjenja

Snimanje žarišta sa slike 11 je ponovljeno usprkos teškim uvjetima na krovištu jer žarište sukladno [2] predstavlja kategoriju trećeg prioriteta u održavanju sa deltom od 4 °C do 15 °C koja je indikator problema koji se mora riješiti kada vrijeme dopusti. Dodatna analiza detalja žarišta vidljiva je na slici 13.



Slika 13. Detaljnija analiza uočenog žarišta na FN panelu

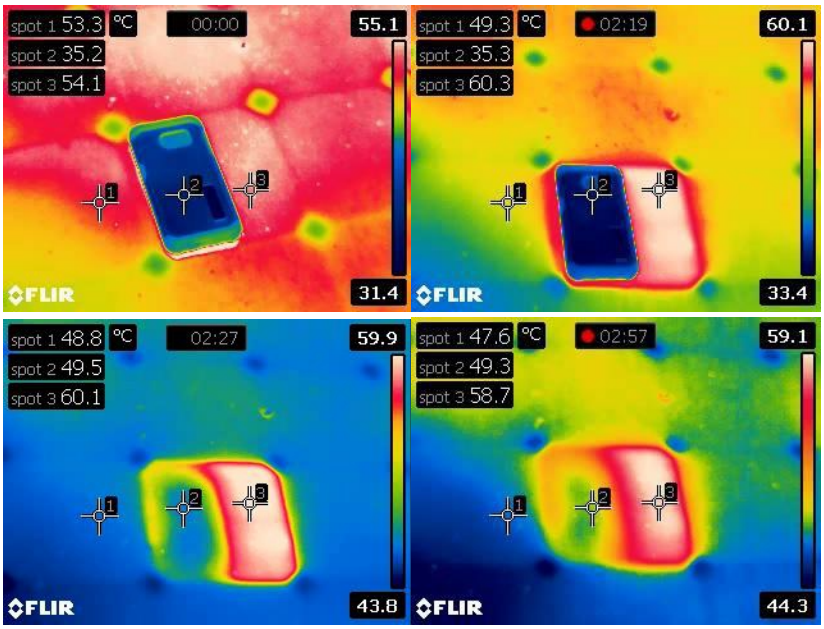
U odnosu na neispravni snimak sa slike 11 s kojeg se može očitati temperaturna razlika od 5,9°C ponovljeni snimak sa slike 13 ukazuje da je temperaturna razlika puno niža ali ne mijenja kategorizaciju stupnja održavanja. Kako bi potvrdili pretpostavku da se radi o žarištu uslijed kontaminacije površine pijeskom (formiranu na osnovu iskustva u provedbi sličnih analiza) prestupljeno je otklanjanju nakupina pijeska. Čišćenje je provedeno ispiranjem vodom kao što je prikazano na slici 14. Uslijed evaporacije vode na slici 14 može se uočiti karakteristični hladniji obrazac.



Slika 14. Čišćenje panela vodom

Nakon čišćenja termalni obrazac toplinskog žarišta je nestao i panel je poprimio karakterističan izgled svojstven ostalim panelima FNE ETFOS 1. Nečistoće na panelu dovode do različitog termičkog naprezanja materijala i dugoročno do degradacije panela. Redovito održavanje osim povećanja proizvodnje produžuje životni vijek panela.
Kamera s kojom je provedena analiza FLIR E6 nije u mogućnosti snimiti video zapis. Pored stacionarnih kadrova video zapis je jako koristan za daljnju analizu u ugodnom okruženju ureda. Kada kamera ima mogućnost video zapisa poželjno je napraviti zapis

bez prekida zadržavajući se na svakom panelu najmanje 2 sekunde. Promjena položaja kamere uslijed promjene emisivnosti dovodi do boljeg uočavanja razlika na panelima poput spojnih kutija i ptičjeg izmeta. Na slici 15 mogu se vidjeti kadrovi video zapisa koji pokazuju kako zasjenjenje napravljeno spuštanjem mobitela na panel dovodi do povećanja temperature zasjenjene ćelije panela.



Slika 15. Kadrovi video zapisa zasjenjenja ćelije fotonaponskog panela

Infracrvena termografija fotonaponskih panela je najjednostavnija (nekad jedino i moguća) upotrebom drona, ali u tom slučaju radi se o većem financijskom izdatku jer je potrebno kupiti radiometrijsku termalnu kameru, [9].

4. Zaključak

Direktive 2010/31/EU o energetskoj učinkovitosti zgrada obavezuje države članice da povećaju broj zgrada približno nulte energije. Tehnička realizacija navedenog zahtjeva rezultira s tim da fotonaposke elektrane postaju sastavni dio električne instalacije svakog novog objekta na području EU.

Infracrvena termografija u održavanju fotonaponske elektrane predstavlja najjednostavniju metodu analize stanja sustava tj. kontrole periodičnog održavanja. Za uspješnu provedbu kvantitavne termografske analize operater mora proći osnovnu edukaciju rada sa infracrvenom termografskom kamerom i poznavati sustav koji pregledava. Infracrvena termografska kamera mjeri IC zračenja kojemu pomoću programske podrške i točno određene emisivnosti pridružuje vrijednost temperature koja se zove prividna temperatura.

Za uspješnu analizu fotonaposkih panela potrebna je minimalna dozračenost od 500 W/m^2 koju je teško odrediti bez mjernog instrumenta. Kamera za analizu fotonaposkih panela trebala bi imati elektroničko optičko tražilo jer cjenovno pristupačne kamere imaju malu sjajnost zaslona i na njima je teško provesti analizu.

Analizi FNE ETFOS 1 sa pristupačnom kamerom prestupljeno je zasjenjenjem zaslona što omogućuje praktičnu provedbu mjerenja. Sam postupak s obzirom na temperature koje vladaju na krovištu nije ugodan za operatera. Na praktičnom primjeru nije uočena neispravnost, samo jedna toplinska točka koja je posljedica nakupljene nečistoće. Ispiranjem nakupljenog sloja pijeska uočena anomalija je nestala. Redovito održavanje tj. čišćenje panela je bitno jer nečistoće na panelu dovode do različitog termičkog naprezanja materijala i dugoročno do degradacije panela

Tijekom analize poželjno je snimiti video zapis cijelog sustava koji može pomoći u daljnjoj analizi ukoliko zbog situacije na terenu nismo bili u mogućnosti posvetiti dovoljno pažnje nekim od dijelova sustava (zbog prostornih ograničenja i temperature na krovištu). Primjena drona uvelike olakšava pregled ali iziskuje značajna financijska ulaganja.

5. Literatura

[1] DIRECTIVE 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings, 18.06.2010

[2] Glavaš, Hrvoje; Vidaković, Držislav; Jeršek, Željko; Kraus, Zorislav. Infrared Thermography in Maintenance of Building Applied Photovoltaics, Journal of Energy (0013-7448) 67 (2018), 4; 7-11

[3] Glavaš, Hrvoje; Vukobratović, Marko; Primorac, Mario; Muštran Daniel. Infrared Thermography in Inspection of Photovoltaic Panels, Proceedings of International Conference on Smart Systems and Technologies 2017 (SST 2017) 2017. 63-68 (ISBN: 978-1-5386-3776-0)International Conference on Smart Systems and Technologies 2017 (SST 2017) Osijek, Hrvatska, 18-20.10.2017

[4] Glavaš, Hrvoje; Barić, Tomislav; Stojkov, Marinko. Primjena infracrvene termografije u tehničkim sustavima, (Application of infrared thermograpy in technical systems) Zbornik radova 15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi ; 8. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi, Osijek : HEP Plin, University of Osijek, University of Pecs, 2017. 33-50. ISSN: 1849-0638, 15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi ; 8. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi, Osijek, Hrvatska, 27.-29.09.2017.

[5] Glavaš, Hrvoje. Infracrvena termografija, Loomen materijal za kolegij Provedba energetskog pregleda SIE603-15, Stručni studij, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, 2019.

[6] Glavaš, Hrvoje. Termografski pregled obiteljske kuće broj 9, FERIT, 11.02.2017.

[7] Bičanić, Ines. Infracrvena termografija u održavanju fotonaponske elektrane. Diplomski rad: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska, 2019.

[8] Mikron Vertretung Schweiz, Table of emissivity of various surfaces, Trasmtra halec GmbH, 1999, http://www-eng.lbl.gov/~dw/projects/DW4229_LHC_detector_analysis/ calculations/ emissivity2.pdf, pristup ostvaren 30.04.2019.

[9] FLIR Duo Compact Dual-Sensor Thermal Imager for Drones, https://youtu.be/8UCcyZboM9k, pristup ostvaren 30.04.2019.

Pregled pasivnog i aktivnog balansiranja baterija
A Review of Passive and Active Battery Balancing

D. Pelin[1,*], B. Tomašević[1], A. Travančić[1], Kristijan Lolić[2]

[1]Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska

[2]Rimac Automobili d.o.o, Ured Osijek

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: denis.pelin@ferit.hr

Sažetak

Okretanjem automobilske i općenito transportne industrije proizvodnji hibridnih i električnih vozila razvila se potreba za razvojem tehnoloških rješenja koja bi osigurala funkcionalnost i ekonomičnost njihovih podsustava. Rješenje za napajanja elektroničkih i energetskih trošila vozila je sustav za upravljanje baterijama (engl. Battery Management System, BMS). Bez BMS-a, naponi pojedinih ćelija razlikovali bi se tijekom vremena te tako smanjivali kapacitet i životni vijek baterije, što bi u konačnici moglo rezultirati pogoršanim karakteristikama baterije ili čak prestankom napajanja. Stoga se BMS-om osiguravaju jednaki naponski uvjeti na ćelijama, tj. vrši se naponsko balansiranje. Balansiranje produžuje životni vijek baterije, pri čemu se, gledajući sa stajališta tehnološkog rješenja, razlikuju dvije metodologije: pasivno i aktivno balansiranje. Pasivno balansiranje disipira višak energije u toplinu, kako bi se izjednačili naponi prema naponu ćelije najmanjeg stanja napunjenosti, dok aktivno balansiranje taj višak energije redistribuira na baterijama. Ovaj rad predstavlja pregled i usporedbu različitih metodologija balansiranja ćelija. Nadalje, na odabranim primjerima pasivnog i aktivnog balansiranja bit će prikazani i opisani osnovni nedostaci i prednosti tih načina balansiranja.

Ključne riječi: sustav za upravljanje baterijama, BMS, balansiranje ćelija, aktivno i pasivno balansiranje

Abstract

The automotive industry has taken a turn and with it the whole transport sector too. That turn is the production of hybrid and electric vehicles because of which the need for new technological solutions emerged to ensure their technical and economical functionality. The solution, which ensure power supply to electronic and energetic loads, is the battery management system (BMS). Without the BMS, the voltages of individual battery cells would differ over time, thus reducing battery capacity and life expectancy, which ultimately could result in a failure of the entire battery system. Therefore, the balancing of battery cells plays an important role in the life cycle of the battery. There are two different cell balancing methods: passive and active balancing. Passive balancing dissipates excess energy into heat to equalize cell voltages to the voltage of the cell with the lowest state of charge, while active balancing redistributes excess energy to the battery. This paper

presents a review and comparison of different balancing methods. Furthermore, according to selected examples of passive and active balancing, the main advantages and disadvantages will be described.

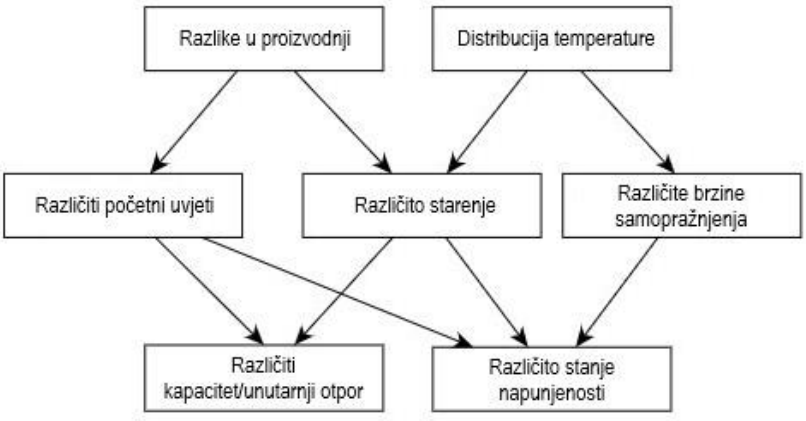
Key words: battery management system, BMS, cell balancing, active and passive battery balancing

1. Uvod

Litij-ionske baterije koriste se kao spremnici energije kojima se pogone hibridna i električna vozila. Iako se često koristi termin baterija, osnovna elektrokemijska jedinica u kojoj se događa reakcija (prijelaz elektrona jednog materijala u drugi preko strujnog kruga) je ćelija [1]. Prosječna litij-ionska ćelija ima nazivni napon od 3.6 V, a kako to nije dovoljno za praktične primjene, litij-ionske ćelije spajaju se u seriju i paralelu u tzv. baterijske module, pa zatim moduli u baterijske pakete čime se ostvaruju željeni naponi napajanja i kapacitet baterijskog paketa. Međutim, serijsko spajanje unosi neuravnoteženost kapaciteta među ćelijama što smanjuje životni vijek baterije. Zbog visoke cijene litij-ionskih baterija (prema [2], 2019. godine cijena po kWh baterijskog paketa iznosi 158 dolara) i želje za osiguranjem maksimalne učinkovitosti, osmišljen je sustav za upravljanjem baterijama.

2. Neuravnoteženost ćelija

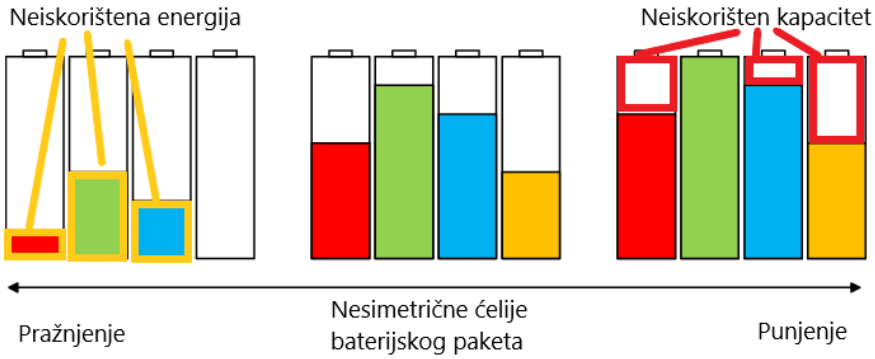
Za litij-ionske ćelije, životni vijek definira se kao broj ciklusa potpunog pražnjenja i punjenja ćelije prije nego koristan kapacitet padne ispod 80% vrijednosti prvotnog kapaciteta, a prosječni životni vijek varira između 1000 i 1500 ciklusa [3]. Na slici 1. prikazani su uzroci koji mogu dovesti do neuravnoteženosti napunjenosti ćelija.



Slika 1. Uzroci neuravnoteženosti napunjenosti ćelija [4]

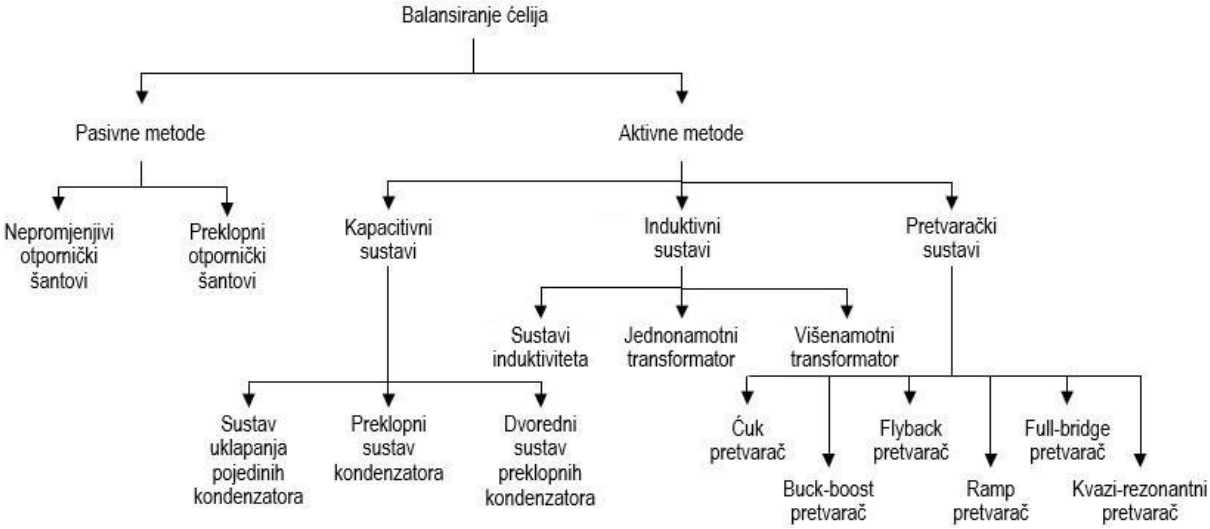
Na slici 2. prikazana je realna distribucija stanja napunjenosti baterijskog modula prije balansiranja, pri čemu se baterisjki modul sastoji od četiri ćelije. Iz slike je vidljivo da neuravnoteženost ćelija dovodi do neiskorištenog kapaciteta i neiskorištene energije iz razloga što ćelija s najvećim stanjem napunjenosti dostiže svoj maksimalni napon prije nego se ostale ćelije u potpunosti napune i obrnuto. Nastavak punjenja ili pražnjenja u tim uvjetima dovesti će do prekomjernog punjenja ili pražnjenja ćelije što uzrokuje degradaciju

kapaciteta. Prekomjerno punjenje ćelije može dovesti i do ozbiljnih sigurnosnih problema koji mogu prouzrokovati požar, tzv. termički pobjeg [4].



Slika 2. Neuravnotežene ćelije baterijskog paketa [5]

Na slici 3. prikazane su različite topologije pasivnih i aktivnih sustava za balansiranje ćelija.



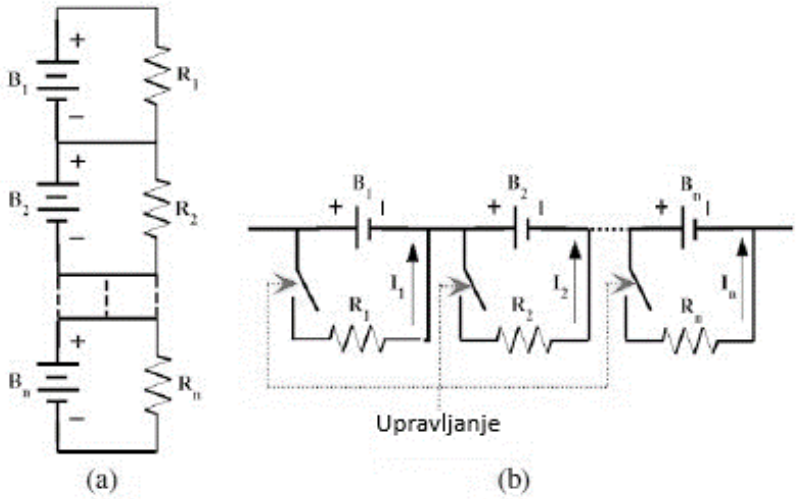
Slika 3. Topologije pasivnih i aktivnih sustava za balansiranje ćelija [4]

3. Pasivne metode

Pasivno balansiranje ćelija zasnovano je na principu disipacije viška energije ćelije najvećeg stanja napunjenosti na pasivnom elementu, tipično otporniku [6]. Dvije su metode pasivnog balansiranja, nepromjenjivi otpornički šantovi i preklopni otpornički šantovi.

3.1. Pregled pasivnih metoda

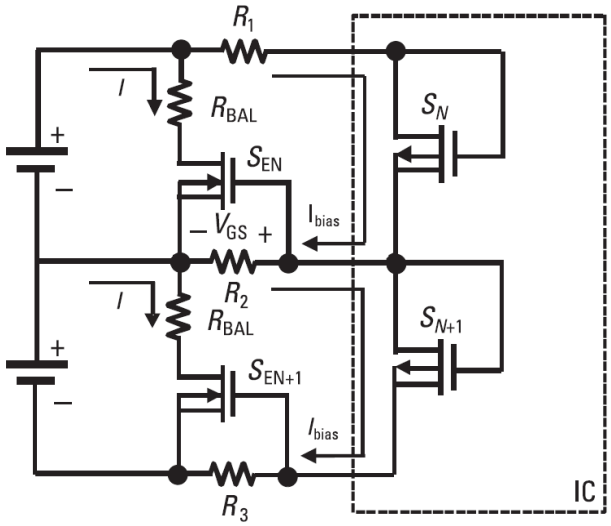
Balansiranje preklopnim otporničkim šantovima temelji se na premošćivanju ćelije s najvećim naponom upravljajući poluvodički realiziranom sklopkom, a ne kontinuirano kao što je slučaj pri balansiranju nepromjenjivim otporničkim šantovima [4]. Na slici 4. prikazane su metode pasivnog balansiranja. Mala veličina BMS-a, niska cijena i jednostavnost prednosti su ovih metoda, dok su nedostaci neučinkovitost i dugotrajnost balansiranja [7].



Slika 4. Pasivno balansiranje: (a) nepromjenjivi otpornički šantovi i (b) preklopni otpornički šantovi [4]

3.2. Prijedlog BMS-a za pasivno balansiranje

Na slici 5. dan je prijedlog rješenja jednog BMS-a za pasivno balansiranje.



Slika 5. Prijedlog rješenja sustava pasivnog balansiranja [8]

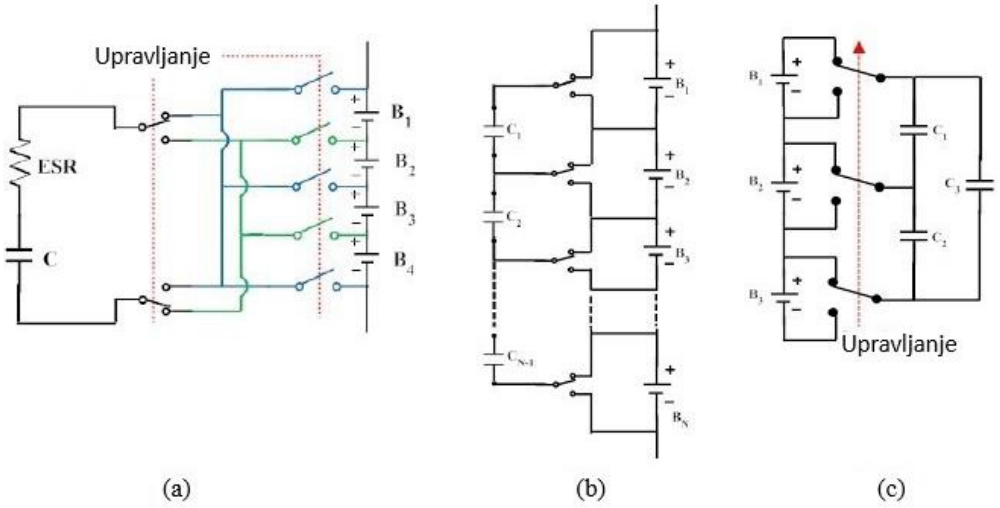
Upravljački uređaj prvo uključuje integrirani P-kanalni MOSFET S_N za ćeliju s najvećim naponom (pretpostavka: gornja ćelija). To uzrokuje proces pražnjenja ćelije preko otpornika R_1 i R_2. Vrijednost otpornika R_2 odabrana je tako da je pad napona V_{GS} koji se zbog struje pražnjenja I_{bias} javi na njemu uključi drugi, N-kanalni MOSFET S_{EN}. Nakon uključenja N-kanalnog MOSFET-a, struja teče kroz otpornik R_{BAL}. Vrijednost otpornika R_{BAL} određuje struju balansiranja I. Kada je P-kanalni MOSFET isključen od strane upravljačkog uređaja, struja I_{bias} ne teče, a napon V_{GS} jednak je nuli čime se isključuje N-kanalni MOSFET. Nedostatak ove metode je što se balansiranje ne može izvoditi na dvije ćelije u nizu, nego na parnim ili neparnim ćelijama, ovisno o tome da li je ćelija s najvećim naponom parnog/neparnog broja spajanja u nizu [7].

4. Aktivne metode

Aktivno balansiranje zasnovano je na principu redistribucije viška energije ćelije najvećeg stanja napunjenosti, a dijele se s obzirom na komponente korištene za prijenos energije, kao što su kondenzatori i/ili induktivne komponente te prema tehnikama baziranim na primjenama elektroničkih energetskih pretvarača [4].

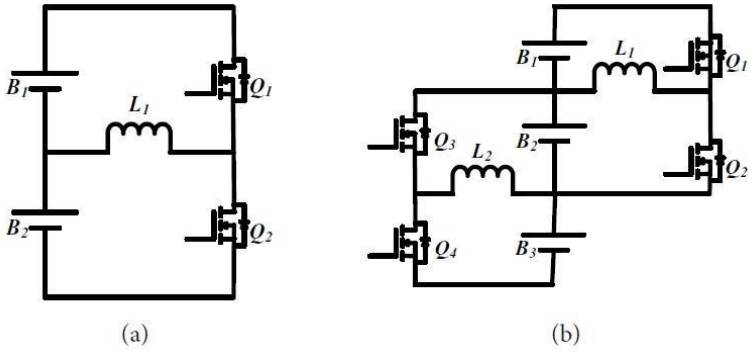
4.1. Pregled aktivnih metoda

Kapacitivni sustavi koriste kondenzatore za pohranu i prijenos energije između baterija, a na slici 6. prikazana su neka od rješenja aktivnog balansiranja primjenom kondenzatora i upravljanjem poluvodičkim sklopnim komponentama.

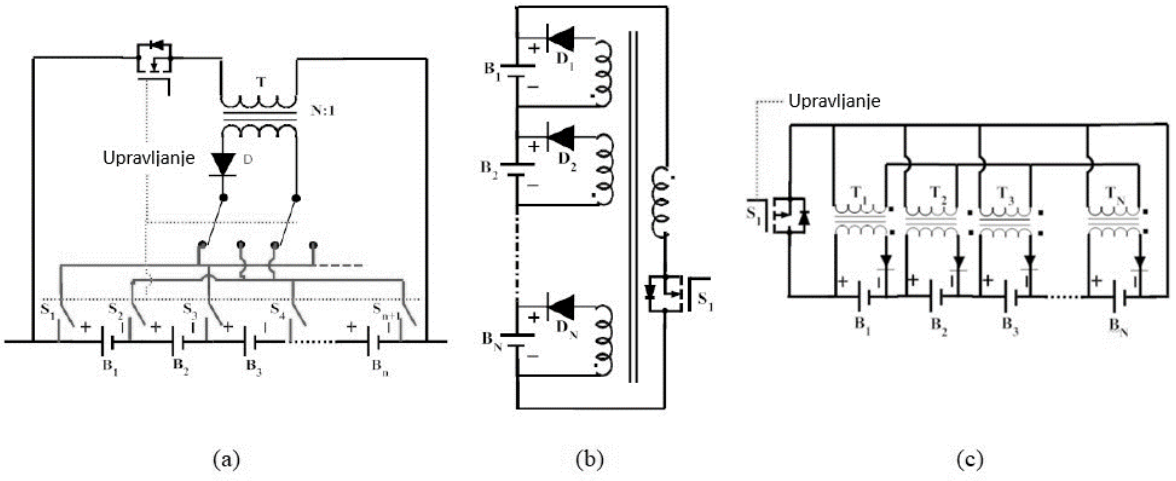


Slika 6. Kapacitivne metode aktivnog balansiranja: (a) sustav uklapanja kondenzatora, (b) preklopni sustav kondenzatora i (c) dvoredni sustav preklopnih kondenzatora [4]

Induktivni sustavi koriste prigušnice ili transformatore za prijenos energije između ćelija, a na slici 7. i 8. prikazane su induktivne metode aktivnog balansiranja. Prednost sustava s transformatorima slobodniji je izbor naponskih nivoa preko prijenosnog omjera transformatora, a nedostatak su uključivanja kada, ovisno o kvaliteti izvedbe transformatora, dolazi do pojave prekostruja što zahtjeva izvođenje prekostrujne zaštite.



Slika 7. Induktivne metode aktivnog balansiranja: (a) sustav uklapanja pojedinačnih prigušnica i (b) preklopni sustav prigušnica [4]

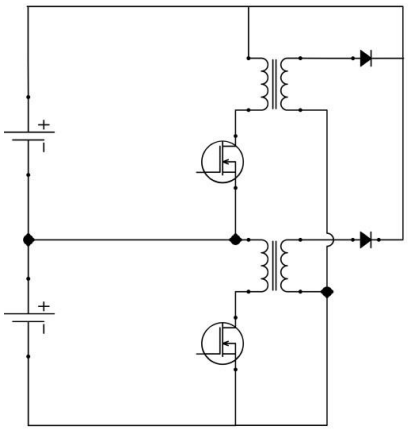


Slika 8. Induktivne metode aktivnog balansiranja ćelija: (a) jednonamotni transformator, (b) višenamotni transformator i (c) višestruki transformatori [4]

Posljednjih se godina povećalo zanimanje za balansiranjem ćelija primjenom elektroničkih energetskih pretvarača, točnije istosmjernih pretvarača napona zbog atraktivnih značajki pretvarača kao što su apsolutna upravljivost i velika brzina izvršenja balansiranja. Međutim, složenost i visoka cijena ostaju glavni izazovi koje treba optimizirati kako bi se ovakvi sustavi komercijalizirali [4].

4.2. Realizacija BMS-a za aktivno balansiranje

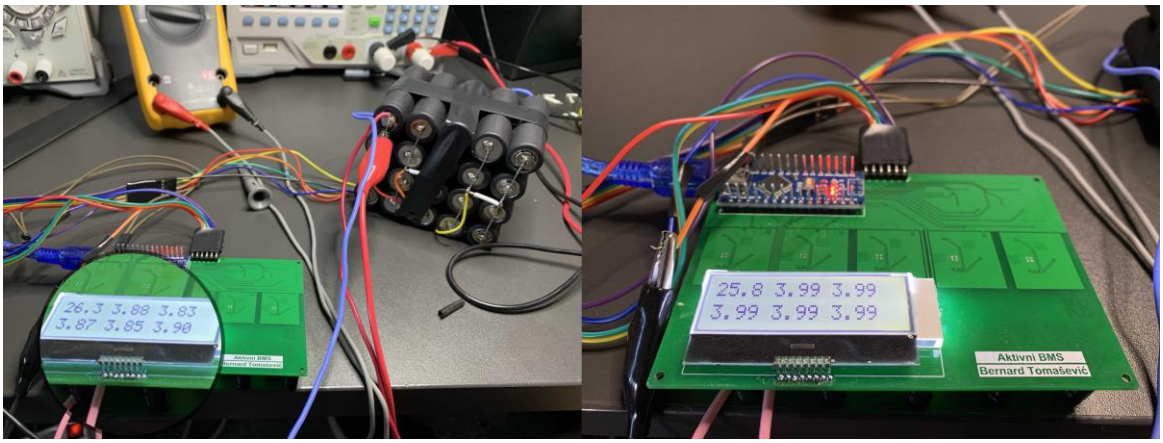
Na slici 9. dan je prijedlog rješenja aktivnog BMS-a koji se temelji na zapornom pretvaraču. Na osnovu prijedloga, na slici 10. prikazan je dizajniran i realiziran aktivni BMS.



Slika 9. Prijedlog rješenja aktivnog balansiranja temeljenog na zapornom pretvaraču [4]

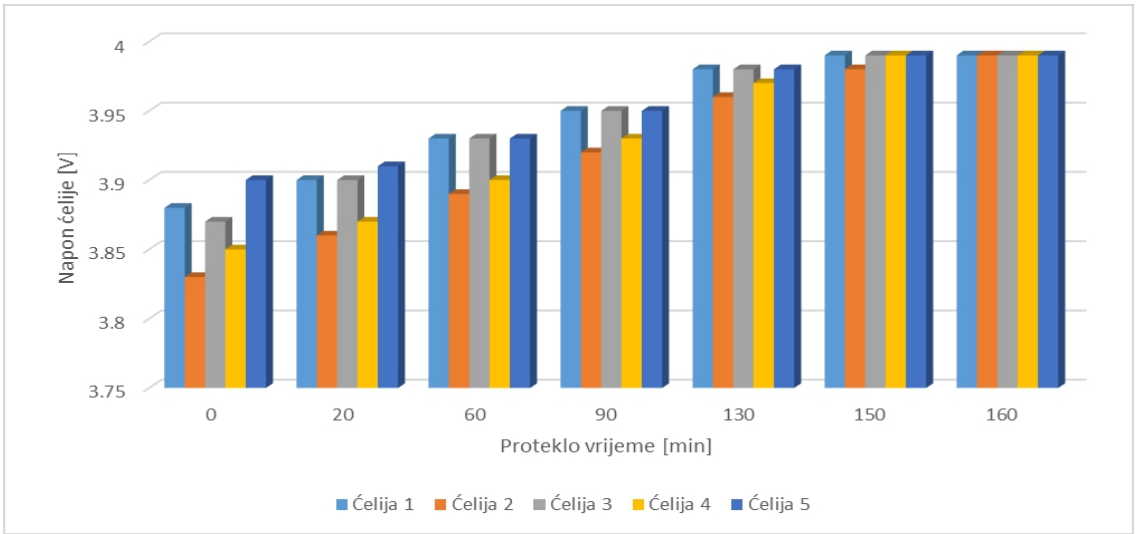
U predloženom rješenju aktivnog BMS-a, primari transformatora spojeni su direktno na svaku ćeliju, a sekundari paralelno na cijelu bateriju. Kada je MOSFET uključen, energija iz ćelije s najvećim naponom pohranjuje se u induktivitetima transformatora. Za to vrijeme, dioda je isključena. Isključivanjem MOSFET-a, pohranjena se energija preko diode prenosi

u bateriju [4]. Upravljanje MOSFET-ima, odnosno balansiranjem, realizirano je pomoću Arduino razvojnog sustava koji očitava naponsku razinu ćelija.



Slika 10. Dizajnirani i realizirani aktivni BMS [4]

Grafikon prikazan na slici 11. ilustrira izmjerene napone ćelija tijekom balansiranja.



Slika 11. Rezultat testiranja implementiranog aktivnog sustava [4]

Testiranje izrađenog aktivnog sustava vršilo se tijekom ciklusa punjenja na baterijskom paketu koji se sastoji od 20 ćelija, 5S4P (4x5 paralelno spojenih ćelija, koje su zatim serijski povezane) konfiguracije, tako da su krajnje tehničke karakteristike baterijskog paketa 18 V i 10 Ah (slika 10.). Zbog jednostavnosti objašnjavanja, paralelni spoj četiri ćelije, baterijski modul, smatrat će se ponovno ćelijom budući da naponi baterija spojenih u paralelu ostaju isti. Iz grafikona (slika 11.) vidljivo je da sustav usporava punjenje pete ćelije, ćelije najvećeg napona; 3,90 V, dok ostalim ćelijama ubrzava punjenje. Razlog tome je što se, tijekom balansiranja, ćelija s najvećim naponom puni razlikom struje punjenja i struje balansiranja paketa uz dodatak struje koju ćelija vraća, dok se ostale ćelije pune zbrojem struje punjenja i struje koju ćelija vraća. Prednosti ove metode već su spomenuta apsolutna upravljivost, velika brzina izvršenja balansiranja te galvanska izolacija i mogućnost dvosmjernog prijenosa energije. Međutim, magnetski gubici, složenost upravljanja i veliki broj komponenti glavni su nedostaci ovog rješenja [1].

5. Zaključak

Baterija je ograničena u izvedbi ćelijom najmanjeg stanja napunjenosti; kada se ćelija najmanjeg stanja napunjenosti isprazni, cijela baterija je „prazna“, što dovodi do neiskorištene energije ostalih, punijih ćelija.

Stanje zdravlja svake pojedine ćelije određuje se na temelju mjerenja stanja napunjenosti, pri čemu se mjeri omjer trenutnog kapaciteta ćelije u odnosu na maksimalni kapacitet ćelije. Aktivno i pasivno balansiranje učinkoviti su načini za poboljšanje stanja zdravlja i usklađivanje stanja napunjenosti svake ćelije.

Aktivno balansiranje složenije je i skuplje rješenje, ali ujedno i učinkovitije i brže od pasivnog balansiranja. Glavna prednost aktivnog balansiranja u odnosu na pasivno je da se redistribucijom energije između ćelija smanjuje vrijeme punjenja i toplina generirana tijekom balansiranja baterijskog paketa.

Na osnovu mjerenja dinamike balansiranja na baterijskom paketu od 20 ćelija, jednog implementiranog aktivnog sustava temeljenog na zapornom pretvaraču, uočeno je usporavanje punjenja najnapunjenije ćelije, napona 3,90 V, te ubrzavanje punjenja ostalih ćelija dok se u konačnici sve ćelije neizbalansiraju na napon od 3,99 V, a koje je upravljano upravljačkim sustavom realiziranim na Arduino razvojnoj platformi.

6. Literatura

[1] M. Delimar, H. Pandžić. Fakultet elektrotehnike i računarstva. Spremnici energije, Baterijski spremnici. **(predavanje)**

[2] Statista.com: Lithium-ion battery pack costs worldwide between 2010 and 2019 (in U.S. dollars per kilowatt hour). **(web-stranica)**

[3] Baumhöfer, T., Brühl, M., Rothgang, S., & Sauer, D. U. Production caused variation in capacity aging trend and correlation to initial cell performance. *Journal of Power Sources*, 2014, *247*, 332-338. **(rad u časopisu)**

[4] Tomašević, Bernard. Aktivni BMS za balansiranje pet ćelija spojenih u seriju. Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, 2019. **(diplomski rad)**

[5] QI, Jian; LU, Dylan Dah-Chuan. A preventive approach for solving battery imbalance issue by using a bidirectional multiple-input Ćuk converter working in DCVM. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2017, 64.10: 7780-7789. **(rad u časopisu)**

[6] Travančić, Antonio. Pasivni BMS za balansiranje pet ćelija spojenih u seriju. Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, 2019. **(diplomski rad)**

[7] Ahmad, A. B., Ooi, C. A., Ishak, D., & Teh, J. Cell Balancing Topologies in Battery Energy Storage Systems: A Review. In *10th International Conference on Robotics, Vision, Signal Processing and Power Applications,* 2019*,* pp. 159-165. **(znanstveni rad)**

[8] Y. Barsukov; J. Qian. Cell-balancing techniques: Theory and implementation. *Battery Power Management for Portable Devices*, 2013, 111-138. **(poglavlje iz knjige)**

Model upravljanja energetski učinkovite rasvjete sportskog igrališta
Management Model for Energy-efficient Lighting of Sports Field

Z. Klaić[1,*], M. Juroš[1], Z. Kraus[1], M. Stojkov[2]

[1]Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska
[2] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: zvonimir.klaic@ferit.hr

Sažetak

Uloga suvremene rasvjete sportskih igrališta je osigurati prikladno okruženje za sportske aktivnosti i uživanje u sportskim događajima kako za gledatelje tako i igrače. Razina i tip rasvjete treba ovisiti o vrsti aktivnosti na sportskom terenu, kao što su rekreacija, zabava ili natjecanje, odnosno o razini i važnosti aktivnosti, kao što je npr. utakmica mjesnog, nacionalnog ili međunarodnog značaja. Norma EN 12193:2018 sadrži smjernice za rasvjetu sportskih objekata koje osiguravaju dobre vizualne uvjete za igrače, atletičare, suce, gledatelje i TV prijenose. Važno je spomenuti i značenje novog Zakona o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN 14/2019) i njegov utjecaj na projektiranje vanjske rasvjete. Međutim, osim spomenutih ciljeva, u posljednje vrijeme važni su zahtjevi za učinkovitost električne rasvjete. Veća učinkovitost se može postići ugradnjom učinkovitih izvora svjetlosti, što je zadnjih godina potaknulo ubrzani razvoj LED rasvjetnih tijela, ali i načinom i sustavima upravljanja rasvjetom. U ovom radu bit će prikazan projekt javne rasvjete sportskog igrališta, s naglaskom na učinkovitost, pomoću sustava upravljanja rasvjetom.

Ključne riječi: sportsko igralište, energetska učinkovitost rasvjete, sustavi upravljanja rasvjetom.

Abstract

The role of contemporary lighting in sports grounds is to provide a suitable environment for sports activities and enjoyment of sporting events both for viewers and players. The level and type of lighting should depend on the type of activity on the sports field, such as recreation, entertainment or competition, or the level and importance of activities such as matches of local, national or international importance. EN 12193: 2018 contains guidelines for the lighting of sports facilities that provide good visual conditions for players, athletes, judges, spectators and TV transmissions. It is also important to mention the importance of the new Act on the Protection of Light Pollution (NN 14/2019) and its influence on the

design of outdoor lighting. In addition to the above mentioned goals, the requirements for the efficiency of electrical lighting have been becoming more important. Greater efficiency can be achieved by incorporating efficient light sources, which in recent years have led to the accelerated development of LED lighting fixtures, but also the light management modes and systems. This paper presents a public lighting project for a sports ground, with focus on efficiency by lighting management system.

Key words: sports grounds, energy-efficient lighting, lighting management systems.

1. Uvod

Opće je poznato da je u današnje vrijeme primjerena rasvjeta neophodna za kvalitetan i normalan život ljudi. Razvojem rasvjetnih tijela, ona postaje sve učinkovitija pa su zbog toga sve manji troškovi za električnu energiju koja je potrebna za rasvjetu. Kako bi se ti troškovi dodatno umanjili, važno je pronaći primjeren i isplativ način kojim se rasvjeta može upravljati. Upravljanje rasvjetom je zapravo pojam koji ima više značenja, tj. krajnjih ishoda. Jedno značenje mu je, kao što je već navedeno, smanjenje troškova električne energije. Drugi ishod nije u tolikoj mjeri usmjeren na troškove već na kvalitetu i dostupnost rasvjete.

Velika je razlika prilikom projektiranja unutarnje i vanjske rasvjete. Postoje određeni kriteriji koji trebaju biti zadovoljeni prilikom projektiranja rasvjete, a najviše ovise o svjetlotehničkim veličinama. Vezano za vanjsku rasvjetu, važno je spomenuti važnost Zakona o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN 14/2019) [1] i njegov utjecaj na projektiranje vanjske rasvjete. Također je potrebno voditi računa o odabiru rasvjetnih tijela primjerenih za određenu namjenu.

U ovom radu bit će objašnjen postupak upravljanja rasvjete sportskih terena kroz simulaciju u programu Zelio Soft 2.

2. Rasvjeta vanjskih sportskih terena

Rasvjeta sportskih terena odnosi se na rasvjetu igrališta za nogomet, rukomet, odbojku, košarku, tenis, otvorene bazene, klizališta itd. Jedna od glavnih stavki na koju se mora pripaziti prilikom projektiranja ovakve vrste rasvjete je da rasvjeta ne izaziva veliko bliještanje koje će smetati natjecateljima, korisnicima terena ili gledateljima.

Postoje razlike u vrijednostima svjetlotehničkih veličina ovisno o vrsti sporta koji se igra na terenu te ovisno o brzinu koju natjecatelji/korisnici postižu prilikom bavljenja određenim sportom. Također su neki od važnih parametara veličina i brzina lopte ili nekog drugog predmeta koji je dio igre te položaj gledatelja u odnosu na teren.

Europska norma DIN EN 12193 „Sportska rasvjeta“ propisuje osnovne kriterije rasvjete sportskih objekata te definira rasvjetne razrede ovisno o minimalnim razinama rasvijetljenosti potrebnim za različite sportske situacije [2]:

- jednostavna natjecanja, treninzi, školski ili rekreativni sport spadaju u razred III za koji je minimum propisane rasvijetljenosti 75 luksa;
- razred II, s propisanim minimumom rasvijetljenosti od 200 luksa, obuhvaća srednje velika natjecanja i treninge snage;
- sportska natjecanja i treninzi na najvišem nivou spadaju u razred I, koji iziskuje minimalnu rasvijetljenost od 500 luksa.

Rasvijetljeno područje u kojemu se odvija natjecanje, trening, školski ili rekreativni sport ne smije biti ograničeno samo terenom već je potrebna rasvjeta i okoline terena. U mnogim

sportovima, igrači izlaze izvan okvira terena koji, ako nije osvijetljen, predstavlja veliku opasnost [3]. Ovisno o vrsti sporta koji se odvija, postoje različite preporuke za osvijetljenost terena i okoline terena. Što se tiče udaljenosti od terena koja također mora biti osvijetljena, preporučuje se [4]:
- od 1 metra do 2 metra za male terene,
- od 5 metara za velike terene (nogomet, hokej, tenis).

Postoji veliki rizik od oštećenja rasvjetnih tijela korištenih za rasvjetu sportskih terena od strane letećih objekata (nogometne lopte, teniske loptice, itd.). Kako bi se taj rizik smanjio, rasvjetna tijela trebaju biti postavljena izvan prostora za igru koji obuhvaća teren i bližu okolinu terena. Također, rasvjetna tijela je potrebno postaviti na veliku visinu te ih zaštiti mrežama ili na druge načine kako ne bi došlo do njihova oštećenja. Potrebno je dizajnirati (ili odabrati) rasvjetna tijela čija je zaštita napravljena tako da ne postoji mogućnost da se loptice i ostali objekti zaglave.

Posebno se pazi da sportaši, suci, gledatelji te TV prijenos i mediji obavljaju aktivnosti u preporučenim uvjetima [4]. Sportaši i suci moraju biti u mogućnosti jasno pratiti sve što se događa na terenu, gledatelji promatrati aktivnosti na terenu bez prevelikog truda te rasvjeta mora pružiti dobru kvalitetu boje slike TV prijenosu. Zbog ovoga su uvedeni osnovni kriteriji za rasvjetu.

2.1. Kriteriji za rasvjetu sportskih terena

Osnovni kriteriji za rasvjetu sportskih terena su horizontalna i vertikalna rasvijetljenost, koeficijent ujednačenosti, bliještanje i reprodukcija boje.

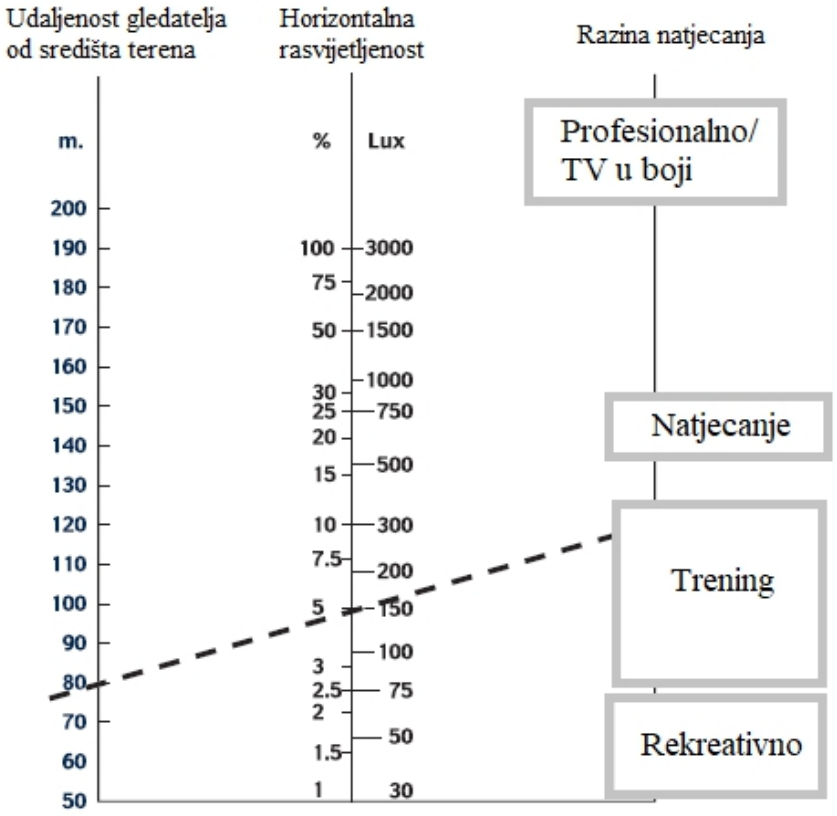
Rasvijetljeno područje gdje se obavljaju sportske aktivnosti je glavni dio vidnog polja sportaša i gledatelja. Rasvijetljenost horizontalne ravnine u razini tla služi za uspostavljanje vizualne prilagodbe pa je zbog toga iznimno važno da je postignuta njena preporučena vrijednost kako bi se pružio odgovarajući kontrast u odnosu na površinu [4]. Vrijednosti prosječne horizontalne rasvijetljenosti za različite sportove prikazane su u tablici 1. [3].

Tablica 1. Preporučene vrijednosti kriterija rasvijetljenosti za različite sportove [3]

Sport	Razred	Horizontalna rasvijetljenost, E_H [lx]	Koeficijent ujednačenosti, U [-]	Koeficijent bliještanja, GR [-]	Indeks reprodukcije boje R [-]
Atletika	I	500	0,7	50	60
	II	200	0,7	50	60
	III	100	0,5	55	20
Nogomet	I	500	0,7	50	60
	II	200	0,6	50	60
	III	75	0,5	55	20
Tenis	I	500	0,7	50	60
	II	300	0,7	50	60
	III	200	0,6	55	20

Na slici 1. prikazan je način određivanja minimalne razine horizontalne rasvijetljenosti na temelju razine natjecanja te udaljenosti gledatelja od središta terena. Tako, na primjer, crtkani pravac na spomenutoj slici prikazuje slučaj kada je, prilikom treninga, udaljenost najudaljenijeg gledatelja od centra igrališta 80 m, a razina rasvijetljenosti je 150 luxa. Za istu udaljenost gledatelja, ali prilikom natjecanja, razina rasvijetljenosti bi trebala biti od

200 lx do oko 280 lx, a prilikom TV prijenosa minimalna razina rasvijetljenosti bi bila od 1000 luxa.



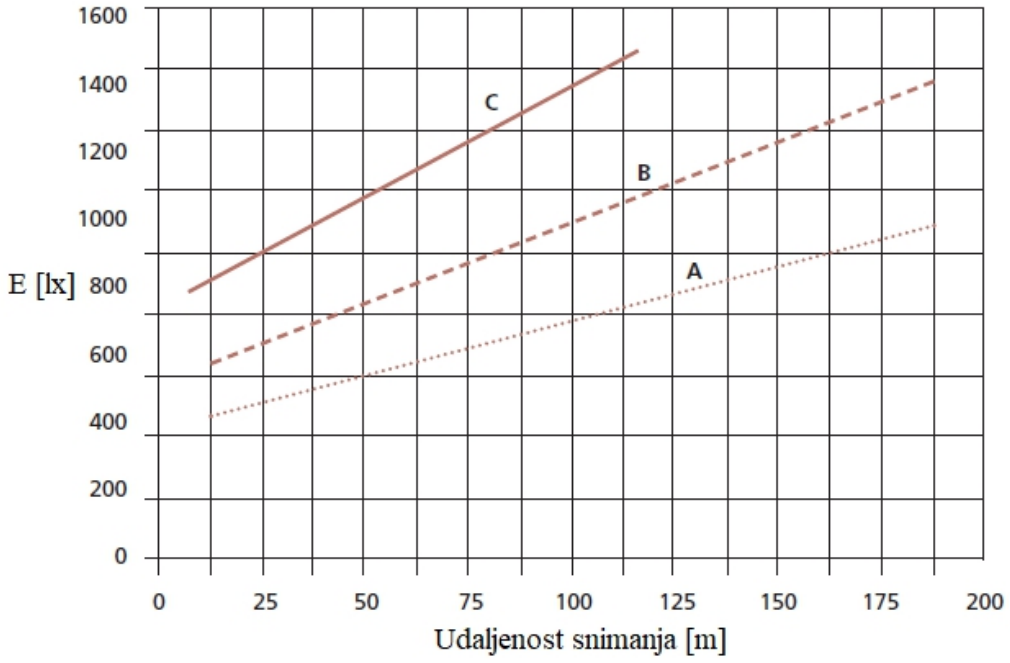
Slika 1. Određivanje horizontalne rasvijetljenosti [4]

Za vrijeme održavanja sportskih aktivnosti, potreban je dovoljan kontrast radi identificiranja tijela igrača. To je jedino moguće ako je vertikalna ravnina dobro rasvijetljena pošto je ova vrsta rasvijetljenosti esencijalna za prepoznavanje objekata. Vertikalna rasvijetljenost karakterizira se veličinom i smjerom. Mjeri se na vertikalnoj ravnini koja je okomita na pravac kuta gledanja promatrača. Za igrače koji su dinamični, vertikalna rasvijetljenost važna je iz svake pozicije, ali za gledatelje i kamere koji su statični potrebno ju je računati samo iz odgovarajuće pozicije. Ova veličina će uvijek biti zadovoljena ako je zadovoljena horizontalna rasvijetljenost. Također se mora uzeti u obzir da je zadovoljena preporučena vrijednost vertikalne rasvijetljenosti kada u okolini terena postoje tribine. Vertikalnu rasvijetljenost potrebno je mjeriti na 1.5 metara visine iznad terena [4].
Iznimno je važna dobra ravnomjernost vertikalne i horizontalne rasvijetljenosti na vertikalnim i horizontalnim ravninama čime se izbjegavaju problemi prilagodbe igrača i gledatelja te se uklanja potreba za kontinuiranim prilagodbama kamera. U suprotnom postoji mogućnost da se ne vidi jasno iz određenih pozicija na terenu ili gledalištu.
Faktor ujednačenosti se izražava kao omjer minimalne rasvijetljenosti i maksimalne rasvijetljenosti te se označava oznakom U_1 ili kao omjer minimalne rasvijetljenosti i prosječne rasvijetljenosti pa se označava oznakom U_2 [4]. Često se za potrebe TV prijenosa koristi faktor ujednačenosti koji se računa kao omjer prosječne horizontalne rasvijetljenosti i prosječne vertikalne rasvijetljenosti te on mora biti između 0.5 i 2.

Bliještanje nastaje kada neugodno svijetlo područje dođe unutar vidnog polja osobe stvarajući neugodnu posljedicu igračima ili gledateljima. Bliještanje se može smanjiti pravilnim odabirom rasvjetnih tijela te njihovom pozicijom i smjerom osvjetljenja.
Bliještanje ne bi trebalo stvarati nelagodu ako se koriste rasvjetna tijela s preciznom kontrolom svjetla čiji je svjetlosni tok pravilno usmjeren, ako su rasvjetna tijela postavljena daleko od važnih smjerova promatranja te ako je kut između gornjeg kraja stupa na kojemu se nalazi rasvjetno tijelo i središta terena veći od 20^0 , ako se koristi minimalno potreban broj rasvjetnih tijela sa svake strane terena koji je najčešće manji od 4 i ako je rasvijetljenost dovoljno velika i ravnomjerna na cijelom terenu [4].
Reprodukcija boje rasvjete najčešće se izražava indeksom reprodukcije boje, *R*. Maksimalna teoretska vrijednost indeksa reprodukcije boje je 100 te se može uspoređivati s dnevnim svjetlom [4].

2.2. TV prijenos sportskih događaja

Često su aktivnosti na sportskim terenima popraćene televizijskim kamerama koje nemaju jednaku osjetljivost kao ljudsko oko. Osim osjetljivosti, problem je i lošija sposobnost prilagođavanja naglim promjenama u rasvijetljenosti i boji. Zbog toga, rasvjeta na sportskim terenima mora biti snažna tako da kamere mogu prenositi jasnu i oštru sliku.
Potrebna rasvijetljenost terena za različite sportove ovisit će o tipu i osjetljivosti kamere, kutu leće i brzini igre pa se na temelju toga sportovi klasificiraju u tri grupe: A, B i C. Za svaku od ovih grupa zadan je opseg minimalne potrebne vertikalne rasvijetljenosti čija je vrijednost prikazana za svaki sport ovisno o maksimalnoj udaljenosti snimanja na slici 2. [3].



Slika 2. Opseg minimalno potrebne vertikalne rasvijetljenosti o udaljenosti snimanja [3]

Preporučene vrijednosti pojedinih kriterija za nacionalne i međunarodne TV prijenose prikazani su u tablicama 2 i 3.

Tablica 2. Preporučene vrijednosti kriterija rasvijetljenosti za nacionalne prijenose [4]

Grupa	Udaljenost kamere, *d* [m]	Rasvijetljenost, *E* [lx]		Faktor ujednačenosti, *U*		Indeks reprodukcije boje, *R*	Temperatura boje, *Tc* [K]
		Glavna kamera	Pomoćna kamera	Verti-kalni	Horizon-talni		
A	25 75 150	500 700 1000	500 500 700	0.4 0.4 0.5	0.3 0.3 0.4	65 65 65	4000 4000 4000
B	25 75 150	700 1000 1400	500 700 1000	0.5 0.5 0.6	0.3 0.3 0.4	65 65 65	4000 4000 4000
C	25 75 150	1000 1400 -	700 1000 -	0.5 0.6 -	0.4 0.4 -	65 65 -	4000 4000 -

Tablica 3. Preporučene vrijednosti kriterija rasvijetljenosti za međunarodne prijenose [4]

Grupa	Udaljenost kamere, *d* [m]	Rasvijetljenost, *E* [lx]		Faktor ujednačenosti, *U*		Indeks reprodukcije boje, *R*	Temperatura boje, *Tc* [K]
		Glavna kamera	Pomoćna kamera	Verti-kalni	Horizon-talni		
A	25 75 150	700 1000 1400	700 700 1000	0.4 0.5 0.5	0.3 0.3 0.4	90 90 90	5500 5500 5500
B	25 75 150	1000 1400 1750	700 1000 1250	0.5 0.6 0.6	0.3 0.4 0.4	90 90 90	5500 5500 5500
C	25 75 150	1400 1750 -	1000 1250 -	0.6 0.7 -	0.4 0.5 -	90 90 -	5500 5500 -

3. Upravljanje rasvjetom

Cilj upravljanja rasvjetom je ušteda električne energije na način da se rasvjeta može uključiti i koristiti samo kada je potrebna, bez nepotrebnog rada kada nema korisnika čime se nepotrebno troši električna energija i stvaraju nepotrebni troškovi.

3.1. Model rada

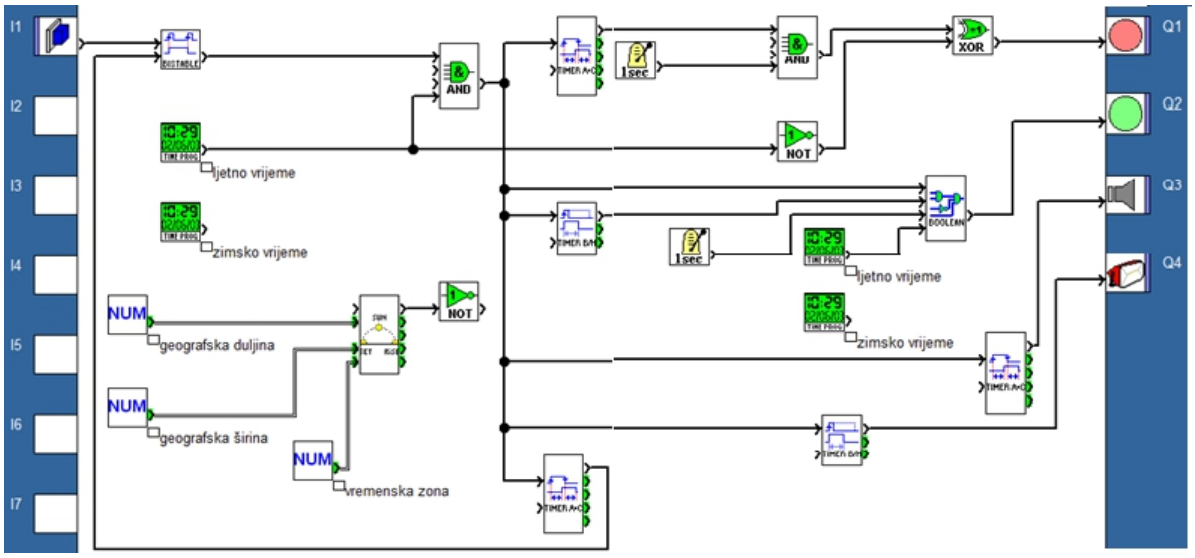
Osmišljen je model upravljanja rasvjetom sportskog terena koji se osim rasvjete sastoji i od dodatnog upravljačkog sustava opremljenog tipkalom, zelenim i crvenim svjetlom te zvučnikom. Tipkalom se uključuje rasvjeta na podešeno vrijeme uključenosti (npr. 45 i 60 minuta) što je moguće po ljetnom računanju vremena učiniti npr. od 19 do 22 h radnim danom i od 19 do 23 h vikendom, odnosno od 19 do 21 h radnim danom i od 19 do 22 h vikendom za zimskog računanja vremena. Izvan navedenih perioda nije moguće uključiti rasvjetu što je signalizirano konstantno uključenim crvenim svjetlom. Minutu prije isteka podešenog vremena tj. gašenja rasvjete crveno svjetlo počinje treperiti kako bi se ukazalo na skoro gašenje rasvjete i potrebu ponovnog pritiska tipkala radi produljenja osvjetljenja terena. Zeleno svjetlo je uključeno za vrijeme rada rasvjete (osim zadnje minute), a treperi u trenutcima kada rasvjeta nije uključena ali ju je moguće uključiti. Kao dodatno upozorenje oglašava se zvono zadnjih 10 sekundi prije gašenja rasvjete.

3.2. Programibilni relej Zelio Logic

Zelio Logic je programibilni relej koji se koristi za jednostavno upravljanje sustavom. Postoji više verzija s obzirom na broj ulaza i izlaza, postojanje zaslona i tipaka za upravljanje te napon napajanja i moguća proširenja. Programiranje releja se vrši pomoću softvera Zelio Soft 2 korištenjem 32 predefinirane blok dijagram funkcije (FBD), 7 Grafcet funkcija, 6 logičkih funkcija te 12 programiranih funkcija (LADDER). Funkcije su svrstane u četiri podizbornika: ulazi (digitalni ulaz, davač takta, vremenski uvjeti i sl.), izlazi (npr. LCD), blokovski dijagrami (timeri, bistabili, tjedni programatori, usporedbe veličina, geopozicioniranje te vrijeme izlaska i zalaska sunca i sl.) i logičke funkcije (AND, NAND, NOR, NOT, OR ili XOR). U sklopu programa Zelio Soft 2, moguće je koristiti dva programska jezika: Ladder i FBD (Free Body Diagram). Ovisno o vrsti programa koji se želi modelirati, potrebno je izabrati vrstu programskog jezika jer nije moguće za svaku vrstu programa odabrati bilo koji od dva ponuđena. Programski jezik FBD pogodan je za modeliranje upravljanja rasvjetom.

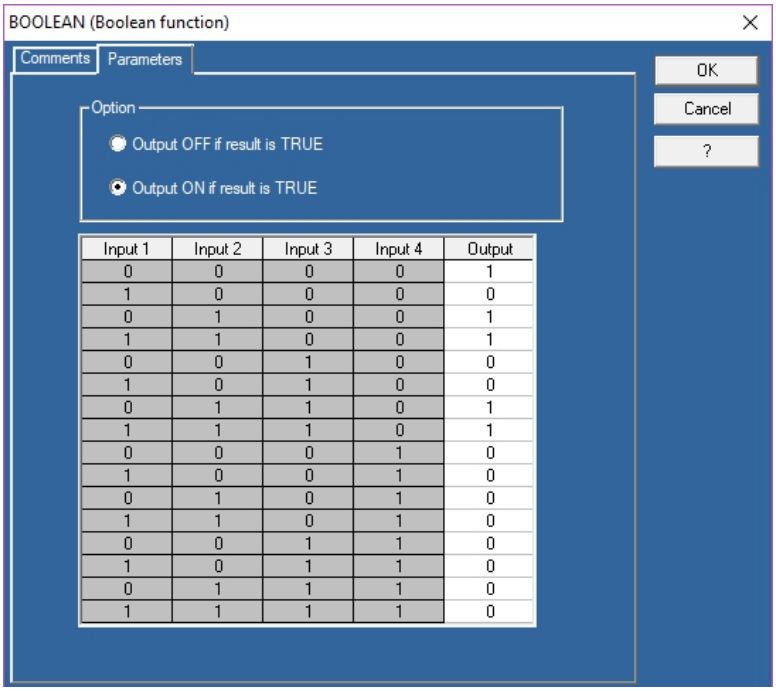
3.3. Realizacija modela upravljanja rasvjetom

Predviđeni model upravljanja rasvjetom koji je opisan u poglavlju 3.1. realiziran je u softveru Zelio Soft 2 kako je prikazano na slici 3, [5].



Slika 3. Model upravljanja rasvjetom na sportskim terenima

Tipkalo za uključenje rasvjete vezano je na bistabil („Bistable“) koji ima fukciju zadržavanja uklopnog stanja i nakon što se tipkalo vrati u početni položaj. Ponovnim pritiskom tipkala mijenja se uklopno stanje. Logički sklop „AND“ daje pozitivan izlaz kada su oba ulaza pozitivna (i izlaz iz bistabila i uvjet vremenskog razdoblja kada je moguće uključiti rasvjetu – „Time Prog“) što pokreće timer („Timer B/H“) koji uključuje rasvjetu u trajanju od 60 minuta.
Rad crvenog svjetla ostvaren je na slijedeći način. Izlaz već spomenutog logičkog sklopa „AND“ spojen je na „Timer A/C“ kojim se određuje vrijeme nakon kojega će izlaz promijeniti svoje stanje. Za potrebe ovog modela odgodu uključenja (ON delay) je potrebno postaviti na 59 minuta čime se osigurava da crveno svjetlo neće treperiti prvih 59 minuta. Sljedeći korak je ostvarivanje samog treperenja crvenog svjetla što se postiže blokom „1 sec“ koji mijenja svake sekunde svoj izlaz i koji je spojen na dodatni blok „AND“ zajedno s izlazom iz timera. Posljednji korak je povezivanje negativnog izlaza („NOT“) iz bloka „Time Prog“ na logičku funkciju „XOR“ čiji je izlaz spojen na crveno svjetlo. Time se osigurava da je u vrijeme kada nije moguće uključiti rasvjetu aktivan samo jedan ulaz, pa je izlaz iz bloka „XOR“ pozitivan (crveno svjetlo konstantno svijetli).
Zeleno svjetlo treba svijetliti kada je rasvjeta uključena i treperiti kada nije uključena ali ju je moguće uključiti. Za realizaciju toga potrebno je koristiti blok „Boolean“ sa četiri ulaza na čiji je izlaz direktno spojeno zeleno svjetlo. Ovaj blok na temelju stanja više ulaza određuje stanje izlaza (potrebno parametriranje). Ulazi koji su u ovom primjeru korišteni su: izlaz iz logičkog sklopa „AND“, izlaz iz sklopa „Timer B/H“ spojenog na izlaz iz sklopa „AND“ (podešen na 59 minuta), izlaz iz sklopa „1 sec“ i izlaz iz sklopa „Time Prog“ kojemu je vrijeme rada podešeno suprotno od vremena mogućeg rada rasvjete. Parametri „Boolean“ bloka prikazani su na slici 4.



Input 1	Input 2	Input 3	Input 4	Output
0	0	0	0	1
1	0	0	0	0
0	1	0	0	1
1	1	0	0	1
0	0	1	0	0
1	0	1	0	0
0	1	1	0	1
1	1	1	0	1
0	0	0	1	0
1	0	0	1	0
0	1	0	1	0
1	1	0	1	0
0	0	1	1	0
1	0	1	1	0
0	1	1	1	0
1	1	1	1	0

Slika 4. Parametri bloka „Boolean“

Rad zvona modeliran je na način da je zvono spojeno na izlaz bloka „Timer A/C“ koji uključuje svoj izlaz nakon 59 minuta i 50 sekundi. Ulaz bloka „Timer A/C“ spojen je na izlaz

već spomenutog logičkog sklopa „AND“ (slika 3). Ovime se postiže da se zvono oglasi zadnjih 10 sekundi rada rasvjete.
Naposljetku je potrebno osigurati da se nakon 60 minuta rada rasvjete može ponovno aktivirati tipkalo za produljenje rada rasvjete što se čini postavljanjem bloka „Bistable“ u početno stanje putem njegovog „Reset“ ulaza. Na taj ulaz se spaja blok „Timer A/C“ (podešen na 60 minuta) kojemu je ulaz pozitivan kada su postignuti uvjeti za rad rasvjete i kada je pritisnuto tipkalo.

4. Zaključak

Poznavanje fizikalne osnove svjetla i boje te svjetlotehničkih veličina ključno je za projektiranje energetski učinkovite rasvjete. Prilikom projektiranja, iznimno je važno zadovoljiti određene svjetlotehničke kriterije za određenu vrstu i namjenu rasvjete.
Naglasak u ovom radu se stavlja na energetski učinkovitu rasvjetu vanjskih sportskih terena. S obzirom da tehnologija samih izvora svjetlosti još uvijek nije toliko napredovala da bi se postojeća rasvjeta sportskih terena mogla zamijeniti učinkovitijom LED rasvjetom, postoje druge mogućnosti uštede energije a time i novca. Upravljanje rasvjetom na sportskim terenima je jedno od mogućih rješenja prilikom projektiranja energetski učinkovite rasvjete.
U programu Zelio Soft 2 modelirano je upravljanje rasvjete na sportskim terenima gdje se naglasak stavljao na to da se rasvjeta upravlja pomoću Zelio Logic programabilnog releja. Ovakvim načinom upravljanja je zajamčena znatna ušteda električne energije zbog toga što se rasvjeta uključuje jedino u vremenu kada je potrebna. Osim samog opisa modela upravljanja, upravljanje rasvjetom je realizirano blokovima u programu Zelio Soft 2 koje je moguće koristiti i za modeliranje drugih namjena.

5. Literatura

[1] Narodne novine. NN14/19: Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja, Zagreb 2019.
[2] Krčum, Predrag. Električna rasvjeta. Split: Sveučilište u Splitu, 2013.
[3] Boyce, Peter.; Raynham Peter. The SSL Lighting Handbook. London, The Society of Light & Lighting, 2009.(ISBN 978-1-906846-02-2) **(knjiga)**
[4] Lighting Handbook, INDALUX, 2002. **(knjiga)**
[5] https://www.se.com/hr/hr/product-range-presentation/531-zelio-logic/ (pristup 19.6.2019.)

Utjecaj pojedinca na potrošnju energije i emisiju CO_2
Influence of Individual on Energy Consumption and CO_2 Emission

K. Hornung[1, 2*], M. Stojkov[1], A. Čikić[1]

[1]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska
[2]Srednja škola Valpovo, Valpovo

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: khornung@sfsb.hr

Sažetak
U radu je opisana primjena OIE (obnovljivih izvora energije) bez poticaja. Za primjer je uzeta obiteljska kuća starije gradnje (useljena 1969.), površine 80 m^2, koja je temeljito renovirana 2006. godine. – izolacija, stolarija, centralno grijanje s regulacijom. U narednom periodu, mjesečno je evidentirana potrošnja prirodnog plina i električne energije. Godine 2017. zamijenjen je kombi bojler, 2018. zamijenjena su rasvjetna tijela i postavljena LED rasvjeta (energetski razred A+++), a u veljači 2019. pušten u rad FN (foto naponski) sustav kao dodatni izvor električne energije. Nakon renoviranja kuće, vrši se kontinuirano praćenje potrošnje plina i struje, te su na osnovu toga, utvrđene prosječne potrošnje pojedinih energenata.
Ugradnja novog kombi bojlera, LED rasvjete i FN sustava utjecala su na smanjenje potrošnje pojedinih energenata, ali i sigurnost opskrbe – u slučaju nestanka električne energije, FN sustav je u mogućnosti da više dana (ovisno o godišnjem dobu), nesmetano opskrbljuje energijom potrošače u kući [1, 2].

Ključne riječi: Sunčeva energija**,** obnovljivi izvori energije**,** diversifikacija opskrbe energijom,

Abstract
This paper describes the application of RES (renewable energy sources) without incentives. For example, a family house of older construction (moved in 1969) has been taken, with an area of 80 m^2, which was thoroughly renovated in 2006. - insulation, joinery, central heating with regulation. In the forthcoming period, monthly consumption of natural gas and electricity was recorded. In 2017, a combi boiler was replaced by the new one, 2018 replaced the lighting fixtures and placed LED lighting (energy grade A +++), and in February 2019, the PV (photo-voltaic) system was released as an additional source of electricity. After renovation of the house, continuous monitoring of gas and electricity consumption is carried out, and based on that, the average consumption of certain energy sources is determined.
The installation of a new combi boiler, LED lighting and PV system has led to a reduction in the consumption of certain energy sources, as well as the security of supply - in the event of a power failure, the PV system is capable of supplying energy to the consumer at home in several days (depending on the season) .

Key words: Solar energy, renewable energy sources, diversification of energy supply

1. Uvod

Europska Unija je u okviru energetske politike definirala pet glavnih stupova energetskog razvoja, a to su sigurnost opskrbe, integracija u jedinstveno EU tržište, smanjenje potrošnje energije, smanjenje emisije CO_2 iz energetskog sektora te poticanje istraživanja i razvoja.

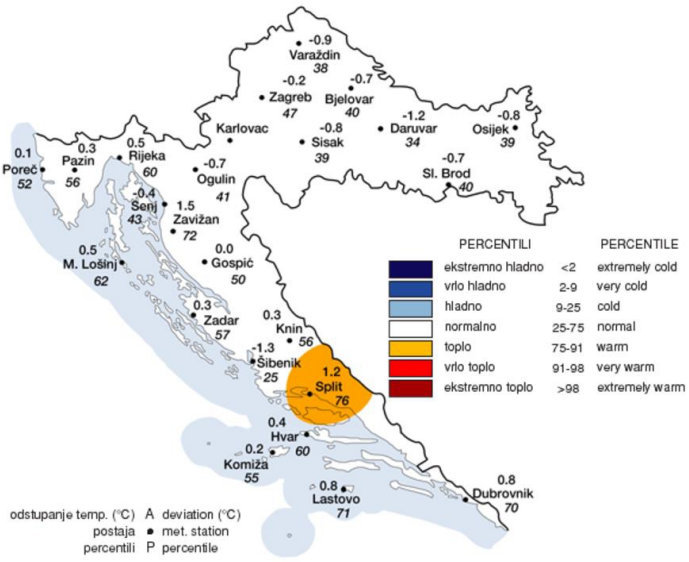
Projekcije za razvoj OIE (obnovljivi izvori energije) u Hrvatskoj do 2030. odnosno 2050. godine su ambiciozne i zahtijevaju znatna ulaganja te ozbiljno planiranje i strategiju. Takve projekcije uglavnom su bazirane na potencijalu koji Hrvatska ima za razvoj OIE, posebice energije iz sunca i vjetra [3].

S druge strane, Hrvatska ima veliki problem financiranja poticaja proizvodnje struje iz OIE. Na temelju dosadašnjeg iskustva, Hrvatska mora donijeti strategiju daljnjeg razvitka OIE, te procijeniti jesu li poticaji temelj budućeg razvitka OIE ili je Hrvatska spremna za proizvodnju električne energije iz OIE bez poticaja.

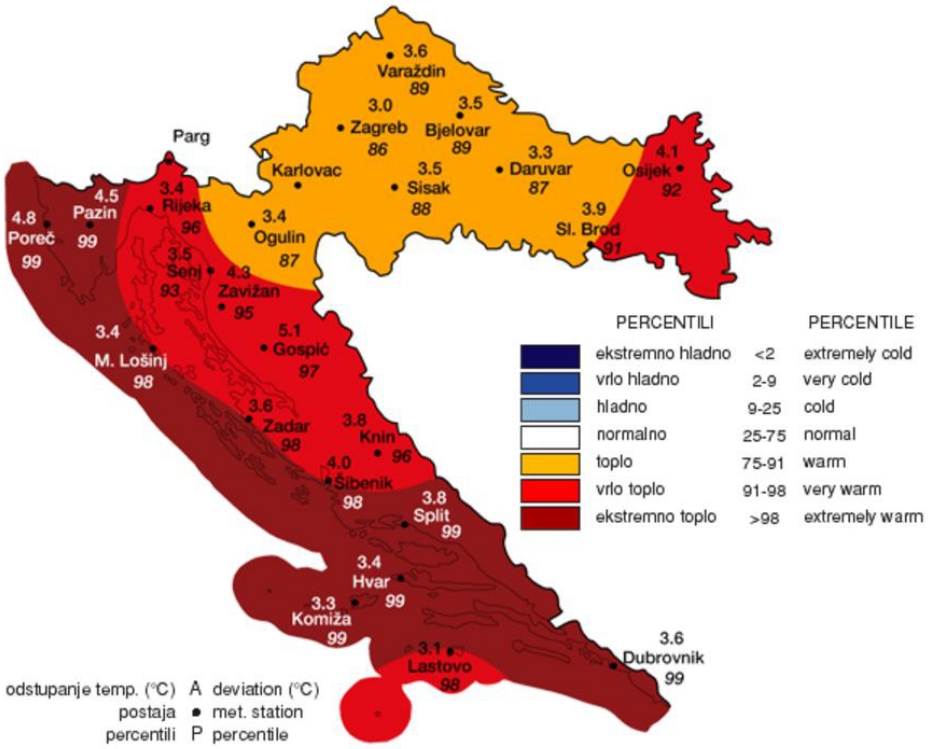
Ovaj rad obrađuje primjenu OIE na primjeru obiteljske kuće (Sektor opće potrošnje koji godišnje troši 52,7% energije [4]).

2. Praćenje potrošnje energenata

Nakon 2006. godine, kada je dovršeno renoviranje kuće, situacija je bila slijedeća. Postavljeno je centralno grijanje (jednocijevni sustav), na radijatorima su postavljeni termostatski ventili, a korišten je Vaillantov kombi bojler za centralno grijanje VCW 20/3 T3 WDH. Od kućanskih aparata bili su zastupljeni svi uobičajeni aparati koje jedno kućanstvo ima (izuzev perilice za suđe). Za rasvjetu su korištena rasvjetna tijela s običnim žaruljama. Od 2009. godine, svakog petnaestog u mjesecu u vremenu između pola 7 i 7 sati vršena su očitavanja potrošnje – struja i plin. Rezultati mjerenja za struju i plin predstavljeni su tablicom 1. Podaci o potrošnji predstavljeni su na godišnjoj razini s obzirom da se tijekom godina, potrošnja pojedinih energenata zbog klimatskih utjecaja mijenjala (na slikama 1. i 2. vidljiva su odstupanja srednje temperature zraka [5]) pa su u istom mjesecu, tijekom više godina bila različita očitavanja potrošnje.



Slika 1. Odstupanje srednje temperature zraka u veljači 2011. godine



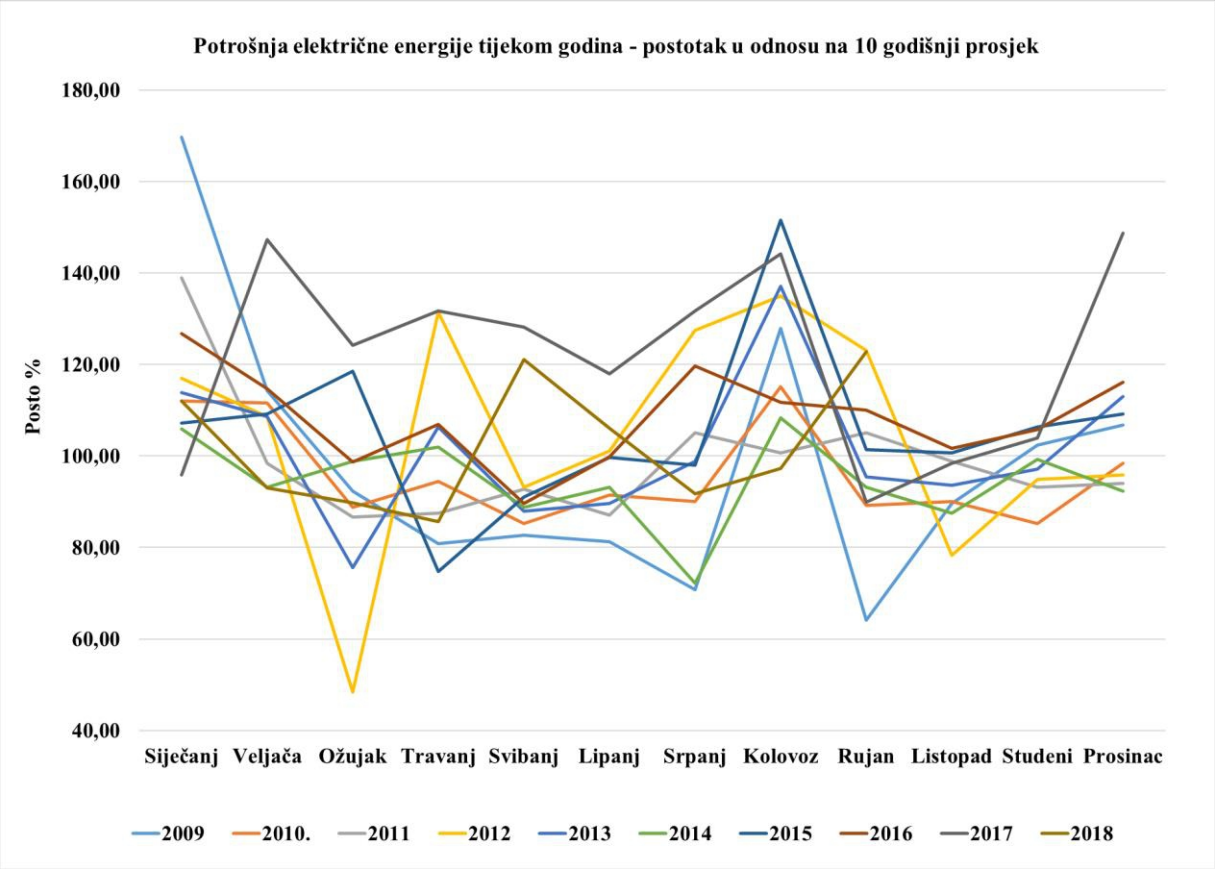
Slika 2. Odstupanje srednje temperature zraka u veljači 2014. godine

Tablica 1. Potrošnja struje i plina tijekom godina.

Godina	Struja VT [kWh]	Struja NT [kWh]	Prirodni plin [kWh]
2009	1960	731	10.743
2010	1920	701	12.100
2011	2006	697	12.895
2012	2147	739	10.753
2013	2054	715	11.365
2014	1881	726	10.245
2015	2087,2	796,6	11.214
2016	2153,1	808,3	12.104
2017	2047,7	794,5	9.152
2018	1665,1	670,6	8.594

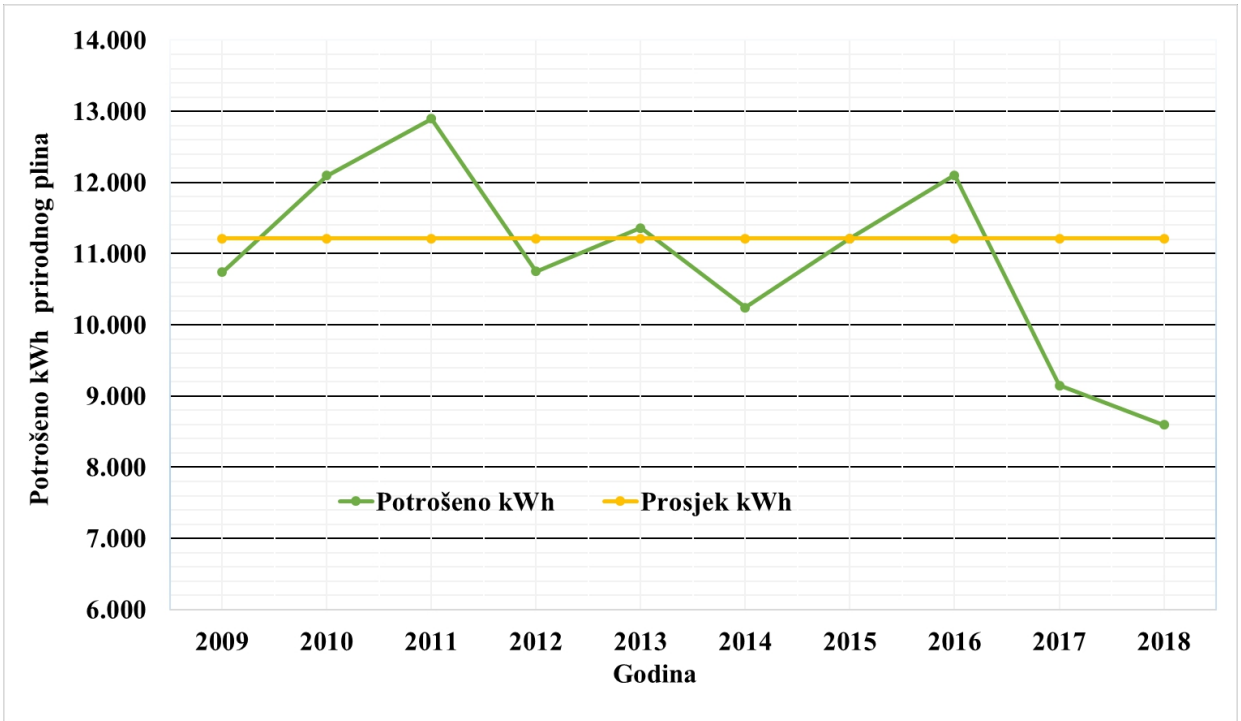
3. Analiza podataka

Kako je prikazano na slikama 1. i 2. te tablici 1. na vidljiv je način ilustrirana potrošnja energije s promjenom klime. Isto tako, slika 3. grafički prikazuje potrošnju električne energije tijekom godina i po mjesecima. Radi lakše analize i usporedbe podataka, kao referentna vrijednost, uzeta je prosječna mjesečna potrošnja u zadnjih deset godina. Prosjek iznosi 238,69 kW električne energije (VT 177,61 kW, NT 61,08 kW) te je ta vrijednost uzeta kao 100 %.



Slika 3. Potrošnja električne energije tijekom godina

Što se tiče potrošnje prirodnog plina, situacija je slična, kao što je vidljivo na slici 4.



Slika 4. Potrošnja prirodnog plina tijekom godina

Kraj 2016. godine, kao po pravilu, Murphyjev zakon je na djelu. Božić je i nastaju problemi s kombi bojlerom. Uglavnom, 04.01.2017. zamijenjen je stari kombi bojler s novim plinskim kondenzacijskim Vaillant eco TEC plus VUW INT I 256/5-5 R4. Praćenjem podataka i njihovom analizom o potrošnji prirodnog plina, utvrđena je smanjena potrošna plina nakon zamjene bojlera kao što je bilo i vidljivo na slici 4. Kada podatke predstavimo tablično kao postotke i usporedimo s višegodišnjim prosjekom (11.213,66 kWh), rezultat je tablica 2.

Tablica 2. Potrošnja prirodnog plina tijekom godina.

Godina	Postotak potrošnje prirodnog plina
2009	94,0577
2010	105,942
2011	112,903
2012	94,2275
2013	99,236
2014	89,3345
2015	98,0206
2016	106,175
2017	80,5862
2018	75,3656

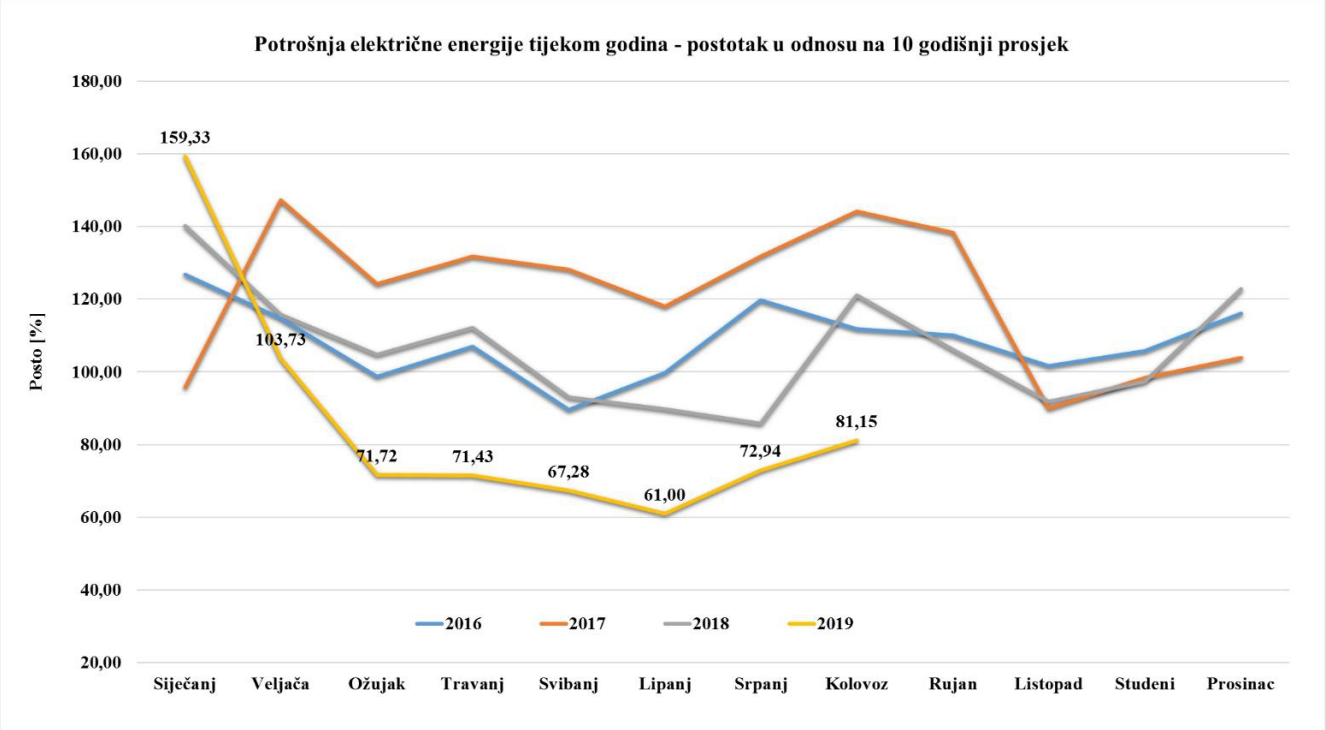
Bilo bi interesantno usporediti i mjesečne potrošnje plina s odstupanjima vanjskih temperatura od višegodišnjeg prosjeka, ali to bi iziskivalo puno više od raspoloživog prostora pa to može biti tema za idući put.
Ubrzo nakon zamjene bojlera, primijećena je veća vlažnost u kući koja se kretala i preko 80%. Pregledom novog bojlera, ustanovljeno je da radi kako je i predviđeno. Krivac je pronađen u detalju što je stari bojler imao stalno upaljen inicijalni plamen za aktiviranje bojlera koji je tijekom rada, pored kisika iz zraka trošio o određenu količinu vodene pare te je s time isušivao zrak. Situacija je praćena tijekom godine i rješenje je nađeno u nabavci novog uređaja koji povećava potrošnju električne energije – odvlaživač zraka. Povećana potrošnja energije za odvlaživanje, kompenzirana je zamjenom rasvjetnih tijela. Ugrađene su LED žarulje energetskog razreda A+++ kao što je vidljivo na slici 5.

Slika 5. Podaci o ugrađenim LED sijalicama

Slijedeći korak u štednji energenata, bio je ugradnja fotonaponskih kolektora (FN). Ugrađena su četiri FN kolektora SL275-275W, poly, inverter Alfa UNI 3000 i dva GEL akumulatora 300 Ah deep cycle.
Sustav je koncipiran tako da napaja sve potrošače u kući izuzev grijaće ploče za kuhanje zbog potrebnog napona. Glavna uloga sustava je rezervni izvor u slučaju nestanka električne energije iz mreže i sama ušteda električne energije. Tako u slučaju nestanka električne energije, naročito zimi, sustav grijanja može nesmetano raditi uzimajući potrebnu energiju iz akumulatora za rad kombi bojlera.
Normalno, i ostali uređaji imaju neometano napajanje duže vrijeme. Inverter je podešen tako da prvenstveno troši struju koju proizvode kolektori i iz akumulatora, a u slučaju veće potrošnje, automatski se prebacuje i uzima potrebnu energiju iz mreže.
Kolektori su postavljeni na krovu garaže koji je tijekom renoviranja kuće okrenut prema jugu, međutim sam nagib nije optimalan već iznosi 7° (slika 6. i 7.). Razlog tog položaja kolektora, leži u pristupačnosti samim kolektorima, prate ravninu krova, a s druge strane, izrada same konstrukcije nije bila zahtjevna jer takav položaj nije na udaru vjetrova koji često pušu s te strane.

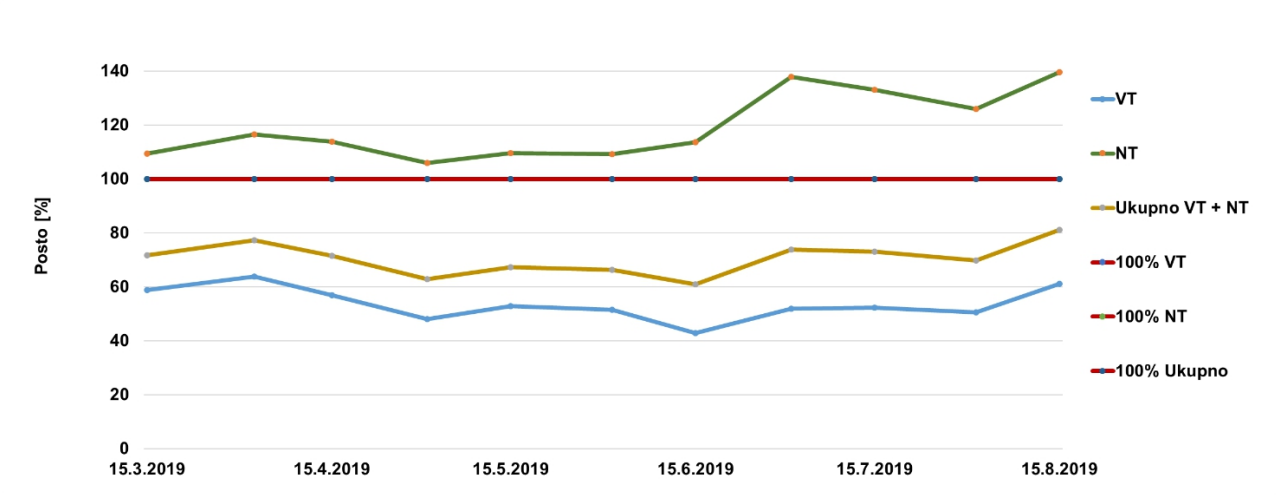
Slike 6. i 7. Položaj kolektora na krovu garaže

FN sustav je pušten u rad 04.02.2019. Mjerenja se i dalje provode i rezultati su očekivani. Smanjila se ukupna potrošnja električne energije, a kako se položaj Sunca u odnosu na kolektore mijenja, primjećuju se i promjene u potrošnji električne energije iz mreže.
Rezultati mjerenja pokazuju da se ukupna potrošnja električne energije smanjila u rasponu od 20 - 40 %, ovisno o mjesecu i trenutnoj potrošnji, što je vidljivo na slici 8. Uzeti su podaci samo zadnjih četiri godine zbog bolje preglednosti grafa.



Slika 8. Potrošnja električne energije nakon puštanja u rad FN sustava

Dio grafa koji se odnosi na 2019. godinu, jasno prikazuje smanjenje potrošnje električne energije u kućanstvu. Potrebno je naglasiti da se nakon uključenja FN sustava, realno, potrošnja električne energije povećala – klima uređaji duže rede nego prije, za uključivanje perilice se ne gleda „jeftinija“ struja itd. I pored toga, usporedba prosječne potrošnje električne energije tijekom deset godina s potrošnjom nakon uključenja FN sustava, pokazuje određene uštede.
Analizirajući potrošnju električne energije VT i NT zadnjih mjeseci, vidi se da je potrošnja energije VT znatno smanjena (kreće se između od 50 - 60 %), dok potrošnja energija NT pokazuje i određeni rast (slika 9.), koji je između ostalog, uzrokovan i dužim radom dva klima uređaja.



Slika 9. Potrošnja električne energije (VT, NT i ukupno) nakon puštanja u rad FN sustava

4. Zaključak

Kao i dugi niz godina do sada, potrošnja energije u Republici Hrvatskoj pokazuju određeno povećanje dok proizvodnja ne drži korak s potrošnjom, više se troši nego što se proizvede. Iako se dosta piše i govori o energiji, njezinoj potrošnji, štednji, problem je što veliki broj ljudi nema dovoljno znanja o proizvodnji, potrošnji i racionalnom korištenju energije. Problem je i što većina informacija o toj temi teško dolazi do pojedinaca. Rijetki su slučajevi kada pojedinci svjesno ulaze u određene investicije zbog energetskih ušteda. Ovaj rad pokazuje kako i minimalno ulaganje (mini FN elektrana – 1kW), može dovesti do određenih ušteda, a u slučaju kada se postave i akumulatori za pohranu određene količine energije, osim uštede, dobivamo i određenu sigurnost u radu određenih trošila električne energije. Postoji još cijeli niz mogućnosti kako iskoristiti energiju koja nam doslovce „pada s neba“, samo ju treba kanalizirati za naše potrebe. Pored toga, iako mala ušteda energije, postoji i određeno smanjenje emisije CO_2 u atmosferu te se i time utječe na globalnoj razini.

5. Literatura

[1] DIREKTIVA 2012/27/EU EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA, od 25. listopada 2012. Službeni list Europske unije, http://cei.hr/upload/2015/06/eed_557fde100f978.pdf (17.11.2018.)
[2] Zakon o energetskoj učinkovitosti, NN127/2014 https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_10_127_2399.html (02.03.2017.)
[3] 2030 Energy Strategy https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/2030-energy-strategy (08.01.2019.)
[4] Godišnji energetski pregled - Energija u Hrvatskoj 2016, Ministarstvo gospodarstva RH http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2018/06/EUH2016.pdf (10.01.2019.)
[5] DHMZ http://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje&param=ocjena (10.05.2019.)

Baklje na deponijama otpada u funkciji ekologije
The use of torches in waste landfills in ecology

E. Memišević[1,*], T. Grizelj[2]

[1] Prirodno-matematički fakultet u Sarajevu, Univerzitet u Sarajevu, Bosna i Hercegovina
[2] Grizelj., Sarajevo, Bosna i Hercegovina

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: memisevic.ermina@gmail.com

Sažetak

Biološkom razgradnjom odloženog komunalnog otpada, na deponijama kao svjesnim bioreaktorima, nakon određenog vremenskog perioda dolazi do pojave procjednih voda i deponijskog plina, čiji je glavni preduvjet za stvaranje vlažna anaerobna sredina. U najvećoj mjeri, isti predstavlja smjesu metana (CH4) sa udjelom od 55-75 % i ugljen dioksida (CO2) sa udjelom od 25-45 %, nešto dušikovih oksida (NOx), sumpor vodika (H2S), kisika (O2), te drugih elemenata u tragovima. Činjenica je da deponijski plinovi "greenhouse gases" (GHG) prisutni na deponijama otpada produciraju enormno velike količine strakleničkih plinova, što u konačnici doprinosi globalnom atmosferskom zagrijavanju. Radi toga došlo je do izrade postrojenja za kontrolisano prikupljanje i sagorijevanje deponijskog plina na baklji. Treba istaći da sam proces otplinjavanja i sagorijevanja na baklji umanjuje od 20–30 puta količinu stakleničkih plinova i vrlo bitan faktor je i eliminacija neugodnog smrada samim procesom dezodorazacije, shodno eko zahtjevima EU Direktiva, EN i lokalnih zakona, odluka, naredbi, po pitanjima sagorijevanja deponijskog plina uz maksimalnu kontrolu cjelokupnog procesa. Sam proces otplinjavanja deponije odvijat će se preuzimanjem deponijskog plina iz plinskih bunara ugrađenih u tijelo deponije, zatim će se isti distribuirati na baklju (obzirom da su lakši od zraka) koja se postavlja na najvišu kotu terena, na rešetkasti stub 5-8 metara iznad same kote terena, što u konačnici dovodi do smanjenja emisije deponijskih plinova u atomosferu a samim tim i do smanjenja negativnog uticaja na okoliš i ljudsko zdravlje. Baklja je i sigurnosna mjera koja sprečava mogućnosti ekspolozije ili požara većih razmjera koja može biti posljedica formiranja deponijskog plina u podzemnim kavernama deponija.

Ključne riječi: baklja; deponijski plin; sagorijevanje; otplinjavanje; staklenički plinovi

Abstract

Biological degradation of disposed municipal waste at landfills, consciously used as bioreactors, occurs after a certain period of time with seepage water and landfill gas being released and created in this humid anaerobic environment. To a large extent, the landfill gas represents a mixture of methane CH4 (55-75%) and carbon dioxide CO2 (25-45%), some nitrogen oxides (NOx), hydrogen sulfide (H2S), oxygen (O2) and other trace elements. The fact is that waste landfills produce enormous amounts of greenhouse gases

(GHGs), which ultimately contribute to global (atmospheric) warming. Therefore, a plant for the controlled collection and combustion of landfill gas on a torch was developed. It should be noted that the process of degassing and combustion on a torch reduces the amount of greenhouse gases 20-30 fold and the entire process is controllable. An important factor is the removal of unpleasant odors by the process of deodorization in compliance with ecological requirements of the EU Directive, EN and local legislative. The torch is also a safety measure that prevents the possibility of explosion or fire on a larger scale due to the formation of landfill gas in underground caves of the dumpsite.

Key words: torch; landfill gas; combustion; degassing; greenhouse gasses.

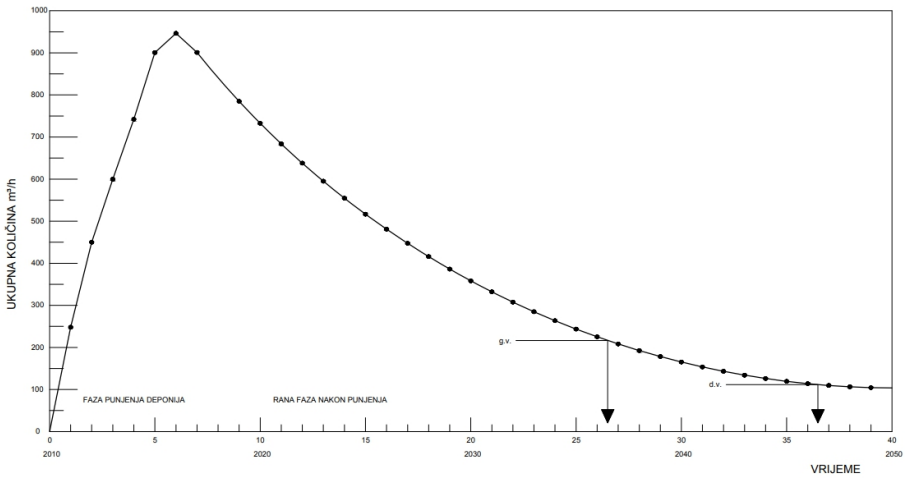
1. Uvod

Adaptacijom prirode sebi, čovjek narušava harmoniju u prirodi, što je i dovelo do nestanka mnogih vrsta biljaka i životinja, zagađenja riječnih tokova, deforestacija šumskih pejzaža, kao i do zagađenja same atmosfere. Naravno, čovjek prati tehnološki i ekonomski razvoj, ali treba imati na umu da sve što "posudi" iz prirode, u istoj mjeri i stanju treba vratiti. U mnogim zemljama, posebice industrijskim, nastaju velike količine otpada, čija se klasifikacija vrši na osnovu Europskog kataloga otpada i Aneksa III Direktive 2008/98/EC, a isti se odlaže na formiranim i ekološki prihvatljivim deponijama, što podrazumijeva zaštitu podzemnih voda, kao i zraka od štetnog deponijskog plina. Sama podjela deponija izvršena je na osnovu vrste i tipa otpada koji se na istu odlaže, na deponije za opasni, deponije za bezopasni i deponije za inertni otpad, u skladu sa Zakonom o upravljanju otpadom. Na deponije je moguće odlagati samo otpad koji je definisan u okviru dozvole za upravljanje otpadom [1]. Sistem upravljanja otpadom tokom vremena razvijao se od otvorenih deponija do naprednih i sofisticiranih tehnologija obrade otpada u svrhu generisanja energije. Manji broj naprednijih zemalja postigle su 4 ili 5 fazu razvojnog procesa [2]. Ipak, većina zemalja u razvoju još je u fazi 2 razvojnog procesa (slika 1). Prisutni su mnogi napori u cilju smanjenja emisije iz sektora upravljanja komunalnim otpadom što uključuje date aktivnosti poput: smanjenja produkcije otpada, poboljšanje u sistemu prikupljanja otpada, reciklaža, prevencija nastanka metana (CH_4) što uključuje aerobno kompostiranje, zatim anaerobna digestija u kombinaciji sa proizvodnjom metana, kao i tretman i upotreba deponijskog plina (baklje). Trenutno upravljanje otpadom u velikoj mjeri se razlikuje među zemljama, te je neophodno uložiti mnogo finansijskih sredstava i investicija u cilju dovođenja zaostale prakse na prihvatljiv nivo zaštite okoliša i održivog upravljanja otpadom, koji doprinosi razvoju tzv. zelene ekonomije; obzirom da je otpad, sam po sebi ekonomski koncept, što implicira na činjenicu da se resursi ne koriste efikasno; jer kada se resursi produkuju i upotrebljavaju na način koji vodi do njihovog odlaganja kao otpadnog materijala, gubitak takvih resursa je zapravo i ekonomski gubitak. U biti, čuvanje resursa, njihova ponovna upotreba, recikliranje i što efikasnije korištenje dovode do ekonomske dobiti. Bitno je istaći da prema podacima Svjetske banke, ekonomski razvijene zemlje godišnje potroše 50 milijardi eura za upravljanje otpadom, dok je u stvarnosti neophodno dvostruko više [3].

Slika 1. Faze razvoja sistema upravljanja otpadom

Otpad se u velikoj mjeri može iskoristiti na razne načine. Ipak, u najvećoj mjeri teži se iskorištavanju otpada u cilju dobijanja energije iz istog. Najjednostavniji oblik dobijanja energije iz otpada je sakupljanje i iskorištavanje deponijskog plina koji je posljedica razgradnje organskih supstanci pod uticajem mikroorganizama u anaerobnim uslovima, kojeg čini smjesa metana (CH_4) sa udjelom od 55-75 % i ugljen dioksida (CO_2) sa udjelom od 25-45 %, nešto dušikovih oksida (NOx), sumpor vodika (H_2S), kisika (O_2), te drugih elemenata u tragovima. Količina nastalog deponijskog plina ovisi od zapremina i sastava otpada, količine biorazgradivih elemenata, sadržaja vlage, kao i same starosti otpada. Tokom aerobne faze razgradnje otpada u većoj mjeri produkuje se ugljen dioksid, dok u anaerbnoj fazi nastaje metan. Obzirom da metan (CH_4) najvećim dijelom sačinjava deponijski plin, ukazuje na činjenicu da je isti iznimno opasan (u određenim uslovima i koncentraciji je eksplozivan), a uz ostale elemente i vrlo štetan po sam okoliš, što se osobito ogleda kroz efekat staklene bašte, što dovodi do sve većeg problema današnjice – klimatskih promjena. Prema Direktivi o deponovanju, zahtijeva se sakupljanje i iskorištavanje deponijskog plina uz obnavljanje energije, a također i klasifikacija deponijskog plina kao obnovljivi izvor energije [4], [5]. Adekvatnim i ekološki prihvatljivim upravljanjem deponijskim plinom spriječava se zagađenje zraka i dolazi do smanjenja emisija plinova sa efektom staklene bašte (GHG) *greenhouse gases* [6]. Osnovna kemijska reakcija prilikom sagorijevanja na baklji je sagorijevanje metana, pri čemu nastaju ugljen dioksid i voda uz oslobađanje topline: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ + toplota; s napomenom da će sagorijevanje metana u baklji biti kompletno ukoliko se osigura odgovarajuća količina zraka odnosno kisika. Ukoliko se vrši energetsko iskorištavanje deponijskog plina može se postići i ekonomska dobit. Ispravno i adekvatno upravljanje deponijskim plinom obuhvata: plansko sakupljanje, kontrolu, tretman, te njegovo

iskorištavanje. Radi toga došlo je do izrade postrojenja za kontrolisano prikupljanje i sagorijevanje deponijskog plina na baklji. Treba istaći da sam proces otplinjavanja i sagorijevanja na baklji umanjuje od 20-30 puta količinu stakleničkih plinova i vrlo bitan faktor je i eliminacija neugodnog smrada samim procesom dezodorazacije, shodno eko zahtjevima EU Direktiva, EN i lokalnih zakona, odluka, naredbi, po pitanjima sagorijevanja deponijskog plina uz maksimalnu kontrolu cjelokupnog procesa [7]. Prema Zakonima o upravljanju otpadom sve deponije su u obavezi da konstantno vrše monitoring, te izvještavaju o emisijama deponijskog plina. Koncentraciju nastalog i emitovanog deponijskog plina moguće je predvidjeti i izračunati uz pomoć različitih matematičkih proračuna poput: triangular modela; stehiometrijskog modela i LandGEM modela [8]. Od velikog značaja je sama procjena emisije metana iz otpada u cilju daljeg upravljanja deponijom. Procjena nastanka deponijskog plina tokom životnog vijeka deponije je između 39-500 m^3/t, dok je procjena iskorištenja i obnavljanja plina tokom životnog vijeka deponije između 150-250 m^3/t. Ukupno trajanje stvaranja plina tokom vremena u deponijima iznosi prema teoretskim proračunima oko 100 godina, pak samo oko 30 godina moguće je ekonomsko korištenje istog. Bitno je napomenuti da sam tok produkcije plina u velikoj mjeri ovisi od same starosti deponija (grafik 1).

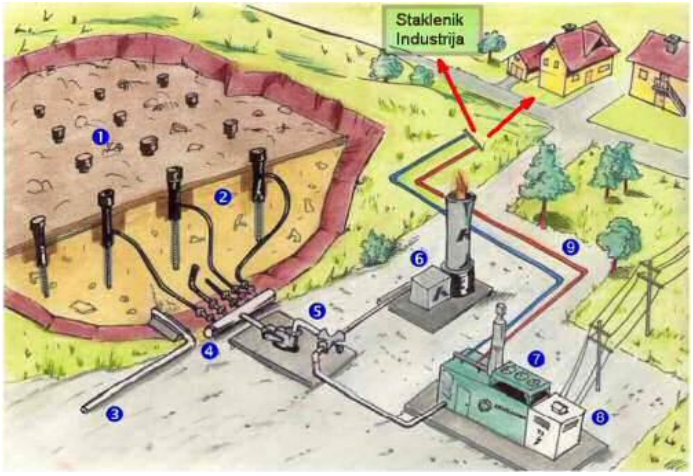


Grafik 1. Ovisnost produkcije plina od same starosti deponije

2. Sistem za otplinjavanje deponija

Bitno je istaći da sam proces otplinjavanja deponije mora ispuniti sljedeće navedene norme: osigurati pouzdano “dosisavanje“ s dovoljnom količinom podtlaka u cilju uspješnog odvoda deponijskog plina; zatim osigurati konstantno dobavljanje deponijskog plina za potrebe sagorijevanja, te osigurati pouzdan sistem u pogledu protueksplozijske i požarne zaštite. Komponente koje sačinjavaju sistem za otplinjavanje deponija su deponijske sonde, cijevni razvod i odsisna stanica (slika 2-4) [9].

Slika 2 i 3. Novoizgrađena deponija komunalnog otpada sa postavljenim sondama za odplinjavanje (slika 2); Prikaz same baklje i kogeneracijskog postrojenja (slika 3)

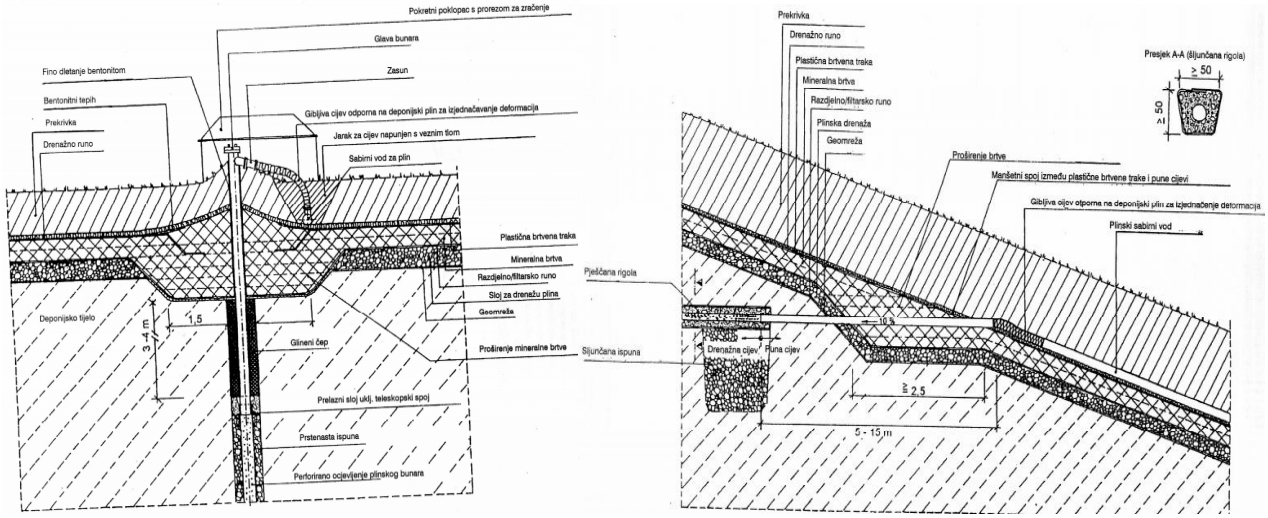


Slika 4. Shematski prikaz deponije: 1. deponija otpada sa napuštenim sondama, 2. aktivne sonde za otplinjavanje, 3. dreniranje procijednih voda, 4. sabirnik deponijskog plina, 5. kompresor deponijskog plina 6. **baklja,** 7. kogeneracijsko postrojenje, 8. trafo stanica, 9. toplovod

2.1. Tretman deponijskog plina

Deponijski plin može se sagorijevati na baklji, s tim da je sagorijevanje plina u velikoj mjeri energetski efikasnije rješenje, obzirom da se nastala toplotna energija može direktno upotrebljavati. Zavisno od količine i kvaliteta plina ovisi korištenje deponijskog plina, pa tako ukoliko je kalorična vrijednost viša od 20 MJ isti se može koristiti na SUS generatoru električne energije, odnosno u produkciji kombinirane toplinske i električne energije (CHP). S druge strane, ukoliko je kalorična vrijednost niža od 20 MJ plin se sagorijeva na baklji, što dovodi do zaključka da je sam rad baklje u diskontinuitetu. Također, kontinuitet visine plamena mora biti u granicama ± 20% [10]. Bitno je istaći da je pomenuta direktna upotreba deponijskog plina isplativa kada su objekti, koji bi koristili deponijski plin kao gorivo, maksimalno udaljeni 8 km od deponije [11]. U cilju smanjenja i u konačnici uklanjanja negativnog utjecaja nekontrolisanog širenja deponijskog plina, izvodi se plansko

sakupljanje, te prisilno usmjeravanje plina ka mjestu sagorijevanja. Sistem za aktivno otplinjavanje deponije, odnosno baklje, na kojoj se sagorijeva isključivo deponijski plin gdje se sistemom sabirnih cjevovoda, izvedenih horizontalno, vrši povezivanje odzračnika (vertikalnih perforiranih cijevi) postavljenih po tijelu deponije (slika 5-6). Isti su smješteni na međusobnoj razdaljini od cca 20-40 m, s napomenom da svaki odzračnik treba biti prekriven biofilterom što podrazumijeva rahli kompost koji se ne smije prekrivati geotekstilom, minimalne debljine 2 m, a sve u cilju pročišćavanja deponijskog plina. Na taj način se prikuplja deponijski plin odvodi do baklje gdje se pristupa procesu sagorijevanja na temperaturi 1000-1200^{o}C [10]. Bitno je naglasiti da je baklja opremljena sa sigurnosno-regulaciono-signalnom opremom, a sama instalacija deponijskog plina treba biti predimenzionirana kao (pufer) vještačko skladište, te u usponu od sonde do kompresora preko 1% radi kondenzata koji se dalje preko sonde drenira deponiju i procijedne vode deponije. Na sam rad baklje utiču i vremenski uvjeti, gdje treba obratiti pažnju da je brzina vjetra do 120 km/h i količina oborina poput kiše do 28 l/m^2.



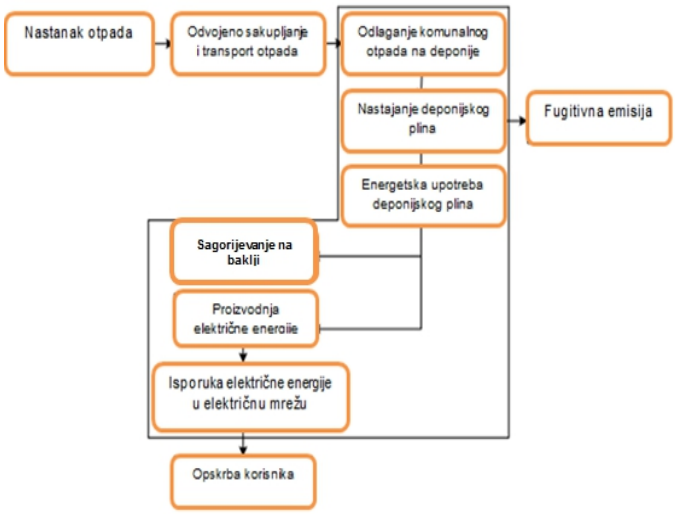
Slika 5 i 6. Shematski prikaz pogona za otplinjavanje deponijskog plina koji se sastoji od: vertikalnih (slika 5) i horizontalnih sistema i cijevi (slika 6)

Sam proces otplinjavanja deponije odvija se preuzimanjem deponijskog plina iz plinskih bunara ugrađenih u tijelo deponije, zatim će se isti distribuirati na baklju (obzirom da su lakši od zraka) koja se postavlja na najvišu kotu terena, na rešetkasti stub 5-8 metara iznad same kote terena, što u konačnici dovodi do smanjenja emisije deponijskih plinova u atomosferu, a samim tim i do smanjenja negativnog uticaja na okoliš i ljudsko zdravlje. Baklja je i sigurnosna mjera koja spriječava mogućnosti ekspolozije ili požara većih razmjera, koja može biti posljedica formiranja deponijskog plina u podzemnim kavernama deponija.

2.2. Proizvodnja energije iz deponijskog plina

Deponijski plin, za koji se smatra obnovljivim izvorom energije, mora se skupljati, obrađivati i sagorijevati sa ili bez energetskog iskorištavanja. Direktivom je propisano skupljanje, obrada i upotreba deponijskog plina sa svih deponija koje posjeduju

biorazgradivi otpad. Bitno je napomenuti da prikupljeni plin koji se ne može upotrebljavati za proizvodnju energije, isti je potrebno sagoriti na baklji. Proizvodnja energije iz deponijskog plina poželjna je i ekonomična za velike deponije komunalnog otpada s relativno velikom proizvodnjom plina, pak na manjim deponijama plin bi se također trebao skupljati i sagorijevati na bakljama (shema 1); [11]; [12].



Shema 1. Postupak sagorijevanja deponijskog plina na baklji i prostupak proizvodnje električne energije iz deponijskog plina

3. Zaključak

Sagorijevanjem deponijskog plina na baklji u konačnici neće nastajati štetni produkti sagorijevanja budući da se radi o tipskim bakljama koje propisuje Direktiva EU i koje su dimenzionirane sa svim mjerama zaštite okoliša. Za ostvarivanje održivog integrisanog sistema upravljanja otpadom neophodno je usaglašavanje ekonomskih, socijalnih i okolišnih aspekata sektora, što ukazuje da je to jedini ispravan način kojim se može doprinijeti boljim uvjetima života i razvoju „zelene“ niskokarbonske (Low Carbon) ekonomije. Neke od prednosti baklje na deponiji:

- umanjuje rizik od samozapaljenja, odnosno eksplozije;
- reducira nivo plina na deponiji;
- reducira neugodan miris na deponiji i njenoj neposrednoj okolini (sagorijevanjem plina);
- plin se može upotrebljavati za proizvodnju energije;
- mobilna baklja

Monitoring deponijskog plina na području deponije vrši se u skladu sa Rješenjem o okolinskoj dozvoli, izdanom od strane resornog ministarstva za okoliš.

4. Literatura

[13] Hadžiefendić, A. (2010). Intervencije za poboljšanje aktuelnog sistema upravljanja otpadom. Centar za ekologiju i energiju, Tuzla. Bosna i Hercegovina.

[2] Elagroudy S., Warith M. & El Zayat M. (2016). Municipal Solid Waste Management and Green Economy

[3] Midžić Kurtagić, S. (2017). Preporuke za općine, općinska komunalna poduzeća, regionalne deponije i privatni sektor vezano za infrastrukturu i logistiku potrebnu za proizvodnju goriva iz otpada (1-86, Br. 04-11_17). Zenica, Bosnia and Herzegovina
[4] Directive 1999/31/EC of the European Communities Council Decision of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC (OJ L 11/27, 16.1.2003).
[5] Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009, On the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC.
[6] Eden, C. (1994). Combined Landfill Gas and Leachate Extraction Systems, Technical guidence note.
[7] Grizelj, T., & Bajramović, J. H. (2012). Oprema za deponije komunalnog otpada; sonde, kogeneracija CHP, baklja, Plin 2012
[8] Scheutz S. C., Kjeldsen, K. P., Bogner, J. E., Vissche, A., De, J., Gebert, H., Hilger A., Huber-Humer, M & Spokas, K. (2009). Microbial methane oxidation processes and technologies for mitigation of landfill gas emissions, Waste Manag. Res. 27 pp. 409
[9] Stevanović-Čarapina S. Č. H., Stepanov, S. J., Savić, S. D & Mihajlov, M. A. (2011). Emisija toksičnih komponenti kao faktor izbora najbolje opcije za upravljanje otpadom primenom koncepta ocenjivanja životnog ciklusa, Hem. Ind. 65 (2) pp. 205-209
[10] Karanac, M., Mihajlović, M., Dajić, A., Stevanović, D., Jovanović, J. & Jovanović, M. (2017). Upravljanje deponijskim gasom. Inovacioni centar Tehnološko - metalurškog fakulteta u Beogradu, Univerzitet u Beogradu.
[11] Asmus D. (1996). Otplinjavanje deponija i korištenje deponijskog plina, Gospodarstvo i okoliš, broj 5, Zagreb, str. 403-412.
[12] Hublin, A. & Anić Vučinić, A. (2008). Održivo gospodarenje komunalnim otpadom – energetska, ekološka i ekonomska korist, Tehnologije zaštite zraka, Vasić-Rački, Đurđa (ur.), Zagreb, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, str. 109. – 115

Olimpijski plamen i vječne vatre na plin
Olympic flame and eternal fire on gas

T. Grizelj[1,*], E. Kamenjašević[2]

[1]GRIZELJ, Sarajevo
[2] ITG Warmetechnik GmbH Wien, Austria

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: grizelj@grizelj.com

Sažetak
Olimpijski plamen je u funkciji značajnih sportskih događaja a vječne vatre se grade u svrhu obilježavanja značajnih mijesta. Vječne vatre mogu biti prilika i za male sredine da nečemu posebnom daju značaj. Olimpijski plamen energija za: brže, bolje, više, a vječna vatra, da se ne zaboravi.
Plamenik se konstruira da može sigurno podnijeti brzinu vjetra do 140 km/h (0,4 m/sek) i oborine 10 lit/h/m^2 ili 10 mm/h. Vatrom se može gospodariti u svim vremenskim i atmosferskim uvjetima. Stehometrija izgaranja, vrsta te brzina plina na dizni u kontaktu sa tercijalnim zrakom su faktori koji utiču na sigurnost i pouzdanost vatre – plamena. Kao energent se može koristiti zemni plin, LPG/UNG/UNP.

Ključne riječi: olimpijski plamen, vječna vatra, plin, plamenik

Abstract
The Olympic flame is in function of significant sporting events and everlasting fire is being built for the purpose of marking important places. Eternal fire can be a chance for small environments to give something special. Olympic flames of energy for: faster, better, more, and eternal fire, not to be forgotten. The burner is designed to safely withstand wind speeds up to 140 km / h (0.4 m / Sec) and precipitation of 10 lit / h / m2 or 10 mm / h. The flame can be operated in all weather and atmospheric conditions. The flame can be operated in all weather and atmospheric conditions. Combustion stoichiometry, type and velocity of gas on nozzles in contact with tertiary air are factors that affect the safety and reliability of fire - flames. LPG / UNG / UNP can be used as an energy source.

Key words: Olimpic flame, eternal fire, gas, burner

1. Vječne vatre i olimpijski plamenovi

U prvi plan se stavlja plin u funkciji značajnih sportskih događaja i vječne vatre za obilježavanje značajnih mjesta.
Prilikom projektovanja plamenika cilj je da se konstruira na način da konstrukcija može sigurno podnijeti:

- brzinu vjetra do 140 km/h odnosno 0,4 m/sek
- oborine 20 lit/m^2 .

Firma GRIZELJ sa svojim stručnim timom razvila i radila projekte sa akademskim skulptorima, projektantima svjetskog renomea po raznim svjetskim klimatskom uvjetima i

uticajima od relativne vlage i gustoće zraka (ovisno o nadmorskoj visini), do ambijetalne temperatura – 40 °C ÷ 40 °C (vjetar, kiše, snijega, mećava, košava, nevrijeme; jak vjetar i kiša istovremeno, tuča, ledene kiše itd.).
Pored toga vatre i plamenovi su rađeni u raznim formama, veličinama, ambijentima i intenzitetima, ali osnovni kriteterij je bezprijekoran rad 24 sata. Osnovno načelo jeste da plamen gori bezprijekorno bez sigurnosnih zaštitnih elemenata, ventila i boja plamena da bude narandžasto – crvena. Cilj je svakako gospodarenje vatrom u svim vremenskim, atmosferskim uvjetima.
Na sigurnost i pouzdanost vatre – plamena utiču faktori kao što su stehiometrija izgaranja vrsta i brzina plina na dizni u kontaktu sa primarnim i tercijalnim vazduhom.
Odnos spektra boje plamena ovisi o vrsti plina, količini zraka primarno, sekundarno i tercijalno.
Vječni plameni imaju smisla za obilježavanje mnogih događaja. Ne moraju to biti samo Olimpijske vatre i vječni plamenovi. To može biti prilika i za male sredine da nečemu posebnom daju značaj.
Pored navedenog baklje mogu biti u funkciji deponijskog plina kao alat za smanjenje – redukciju stakleničkih plinova od 30 puta. Baklje u rafinerijama i naftnim i plinskim poljima i na naftnim platformama, bušotinama i nalazištima plona ili nafte, imaju i izuzetno sigurnosni faktor zaštite prostora od mogućnosti stvaranja eksplozije te značajno reduciraju emisije stakleničkih plinova.
U željezarama gdje postoji više vrsta plinova različitog i promjenjivog karaktera – sadržaja, baklja je rješenje svih problema; sigurnosnih, pouzdanih, efikasnih kad je u pitanju zaštita okoliša i prirode.

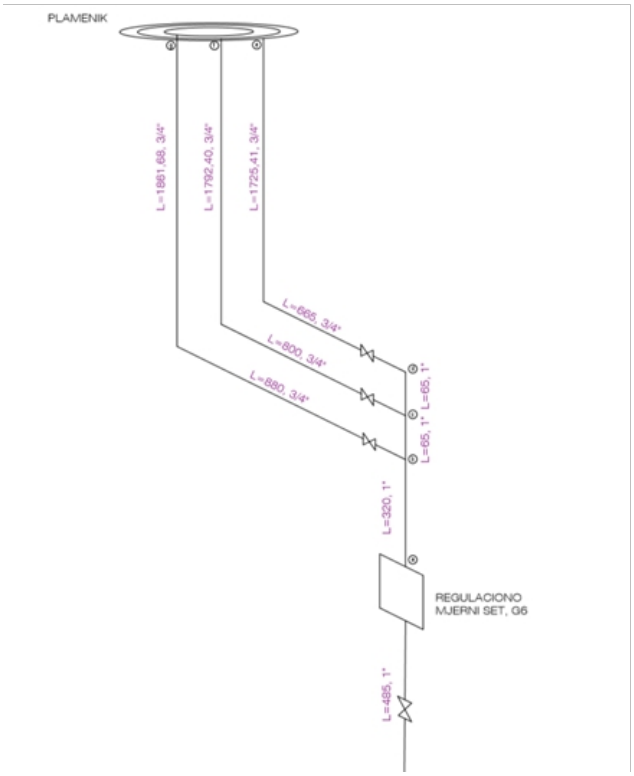
2. Vječne vatre i olimpijski plamenovi/dobri primjeri iz prakse

Firma GRIZELJ je jedna od rijetkih firmi sa nekoliko Olimpijska plamena od kojih su onaj u Münchenu, Moskvi, Sarajevu, Calgaryu, Muscat – Oman za potrebe Azijskih olimpijskih igara.
Pored toga tu je i veliki broj vječnih vatri sve između ostalog koriste plin kao energent, a to su:

- Avala
- Sremski front
- Batajnica
- Jablanica
- Zagreb – raskrižje Savska Vukovaraka
- MUP
- Kenotaf
- Zid bola
- Sisak
- Karlovac
- Nova Gradiška
- Vukovaraka golubica
- Sarajevo; Titova, Vraca.

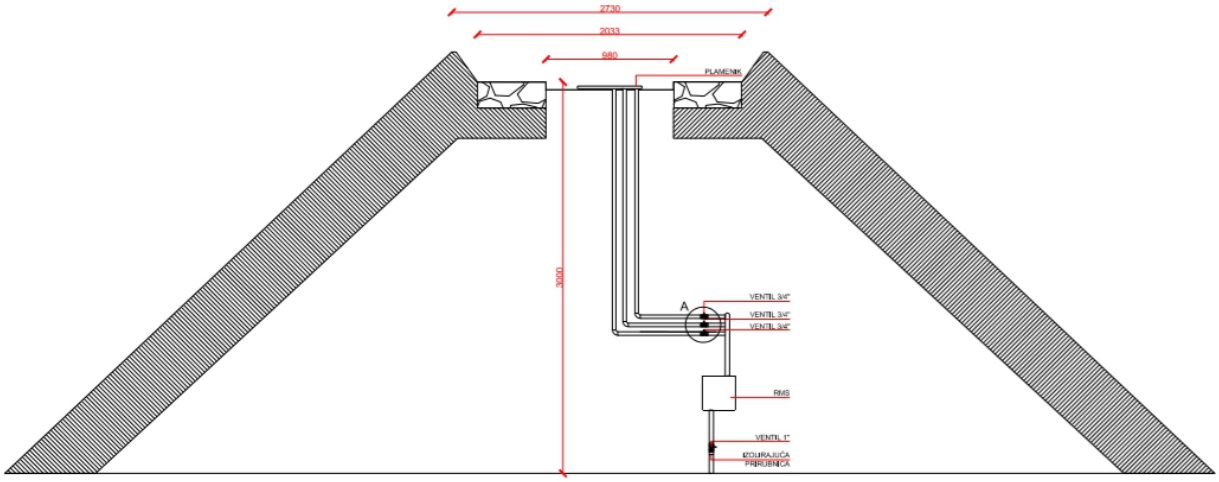
Baklje u Rafinerijama; Sisak, Rijeka, Bosanski Brod, Pančevo, OMV Beč, Deponija Smiljevići Sarajevo, Željezara Zenica, Soda so Lukavac, Željezara Smederevo, Đeletovci i mnoge druge.

Iz mnogobrojne prakse koju firma GRIZELJ i njen stručni projektantski tim imaju u nastavku će biti prikazana jedostavna shema razvoda plina za vječnu vatru na zadnjoj vječnoj vatri koja je rađena. Naime Kompleks Spomen – parka se sastoji od sljedećih elemenata/sadržaja: ulazni plato, obilježje na stratištu, skulptura – spomenik Ženi borcu, vidikovac, vječna vatra sa fontanom, ceremonijalni plato, obilježje posvećeno poginulim borcima grada, obilježje narodnim herojima sa kosturnicom, obilježje posvećeno borcima pokreta otpora u gradu sa Titovim priznanjem borcima u okupiranim gradovima, obilježje žrtvama fašizma sa Titovom porukom, izložba "Svjedočanstvo o borbi" smještena u tvrđavi, obilježje posvećeno jedinicama NOV – e koje su učestvovale u operaciji oslobođenja Sarajeva [1] i kao takav je od velikog kultrurno historijskog značaja za grad.
Na slici 1. je prikazana aksinometrijska shema razvoda plina za vječnu vatru na Spomen parku Vraca (Sarajevo). Projektom se zahtjevalo da se projektuje i postavi plinska instalacija za vječnu vatru uz ugradnju regulaciono mjernog seta sa pripadajućim mjeračem protoka plina.



Slika 1. Aksinometrijska shema Vječna vatra Vraca Sarajevo

Ovaj projekat je obuhvatao razvod plina od mjesta priključenja na gradsku distributivnu mrežu do plamenika. Sve instalacije su se morale izvesti prema važećim propisima te su se morale zaštititi od direktnog dodira. Neposredno prije samog regulaciono mjernog seta postavljen je interventni ventil.
Na slici 2 i 3 su prikazani ilustrativni crtež i stvarni crtež vječne vatre na Spomen parku Vraca, respektivno [2].



Slika 2. Ilustrativni prikaz vječne vatre na Spomen parku Vraca Sarajevo

Slika 3. Izgled vječne vatre na Spomen parku Vraca Sarajevo

3. Zemni plin, lpg / ung / unp kao energenti

Prirodni ili zemni plin je prirodno gasovito fosilno gorivo sa visokim sadržajem metana. Redovno je prisutan u nalazištima nafte i sirova nafta na izlazu iz bušotine ga sadrži u izdvojenom ili u rastvorenom obliku. Ovaj se plin nakon dovođenja na površinu u separatorima odvaja od nafte i čisti od primjesa još na samom nalazištu da bi se doveo u granice propisanog kvaliteta i potom transportirao plinovodima velikih prečnika do krajnjih korisnika. Pored metana zemni plin koji prati nalazišta nafte sadrži i određenu količinu etana, propane i butana i još se naziva i vlažni (ili bogati) zemni plin. Zemni plin se javlja i u posebnim ležistima gdje nema nafte. Nalazišta plina se nalaze na dubinama od nekoliko pa do petnaest hiljada metara i pod pritiskom koji je nekad viši od 300 bar – a i temperaturama (zavisno od dubine) koje mogu biti više i od 180 °C.

LPG – liquified petroleum gas ima visok energetski sadržaj po jednoj toni (u tekućem stanju) u usporedbi s tradicionalnim gorivima i većinom drugih naftnih proizvoda i lako sagorijeva u prisutnosti zraka koji daje vrući plamen. Te su karakteristike učinile LPG popularnim gorivom za grijanje i kuhanje u kućanstvu i trgovini, za industrijske procese i

kao alternativno gorivo za automobile. Također se koristi kao sirovina u petrokemijskoj industriji.

Slika 4. LPG: Energetska prednost

Sa slike 4 se vidi da na primjer, spremin od 13 kilograma LPG – a osigurava oko 180 kWh energije. Za istu količinu energije bilo bi potrebno 25 kg ugljena i 91 kg drva. U upotrebi, LPG dijeli slične prednosti kao i zamni plin. Budući da se radi o čistom gorivu, može se koristiti u izravnom kontaktu s hranom i lomljivim predmetima kao što je keramika. Ekološke prednosti prelaska na LPG iz tradicionalnih goriva i većinu drugih fosilnih goriva mogu biti znatne.
Ne proizvodi gotovo nikakav crni ugljik ili čađu (čestice, PM) i, u odnosu na većinu drugih neobnovljivih goriva, niske emisije ugljen monoksida (CO), neizgorenih ugljikovodika (HC) i dušikovih oksida (NOx) – glavnih uzročnika nastajanje ozonske rupe, koji proizvodi smog.

4. Zaključak

Olimpijski plamen je u funkciji značajnih sportskih događaja a vječne vatre se grade u svrhu obilježavanja značajnih mijesta. Vječne vatre mogu biti prilika i za male sredine da nečemu posebnom daju značaj. Olimpijski plamen energija za: brže, bolje, više, a vječna vatra, da se ne zaboravi.
Cilj je u konačnici da se vatrom gospodari u svim vremenskim i atmosferskim uvjetima što se na navedenim primjerima vidi da je i ostvarivo. Stehometrija izgaranja, vrsta te brzina plina na dizni u kontaktu sa tercijalnim zrakom su faktori koji utiču na sigurnost i pouzdanost vatre – plamena. Kao energent se može koristiti zemni plin, LPG/UNG/UNP.

5. Literatura

[1] Wikipedia, »Wikipedia,« [Mrežno]. Available: https://bs.wikipedia.org/wiki/Spomen-park_Vraca. [Datum pristupa: 24.05.2019].
[2] E. Kamenjašević, »Glavni mašinski projekat za vječnu vatru Vraca Sarajevo,« GRIZELJ, Sarajevo, 2019.

Alternativni, obnovljivi i održivi izvori energije
Alternative, renewable and sustainable energy sources

E. Kamenjašević[1,*], T. Grizelj[2]

[1] ITG Warmetechnik GmbH Wien, Austria
[2]GRIZELJ, Sarajevo

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: edvina.kamenjasevic@gmail.com

Sažetak
Mnogi alternativni i obnovljivi izvori energije nisu i održivi. Sezonski prinos, nedovoljan fond sunčanih dana, snijeg na solarnim kolektorima neki su od problema koji dovode do neodrživosti. Alternativni izvori energije mogu biti kratkoročni ili dugoročni. Svi alternativni izvori energije moraju biti sigurni i pouzdani da mogu da zamjene na određeno vrijeme ili trajno osnovni izvor energije. Obnovljivi izvori energije imaju veliku manu sa osiguranjem akumulacije i vijek upotrebljivosti. Iz ovih razloga se stavlja akcenat na održivi izvor energije – dugoročno osigurati pouzdan i izdašan izvor energije bez značajnih spoljnih uticaja kao što su vrijeme, vremenske i atmosferske prilike, smjene godišnjih doba i slično.

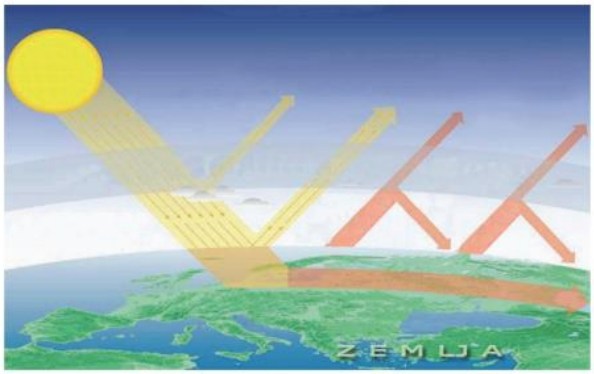
Ključne riječi: alternativni obnovljivi izvori energije, održiv izvor energije

Abstract
Many alternatives and renewable energy sources are not sustainable. Seasonal yield, inadequate sunny weather, snow on solar collectors are some of the problems that lead to sustainability. Alternative energy sources can be short-term or long-term. All alternative energy sources must be safe and reliable to be able to replace at a fixed time or permanent source of energy. Renewable energy sources have a defect of security with accumulation and service life. For these reasons, the emphasis is placed on a sustainable source of energy - ensuring a reliable and abundant source of energy without significant external influences such as time, weather and atmospheric conditions, seasons change, and the like.

Key words: alternative renewable energy sources, sustainable energy sources

1. Uvod
Globalizacija, postindustrijalizacija te hiperprodukcija u čijoj se osnovi prvesntveno nalazi želja za profitom su uzročnici zagađivanja okoliša – vode, zemlje i zraka. Od početka 21. vijeka u svijetu je stavljen akcenat na borbu protiv klimatskih promjena. Poznato je da je ugljendioksid (CO_2), koji je produkt potpunog sagorijevanja fosilnih goriva, osnovni uzročnik globalnog zagrijavanja, odnosno stvaranja efekta staklenika. Ugljendioksid slabo je reaktivan i teško se razgrađuje, pa zajedno s ostalim gasovima dospijeva u više dijelove atmosfere i stvara sloj koji dio toplote koju emitira Zemlja vraća nazad. Događa se dakle proces sličan onom u stakleniku, toplotna energija koja stiže na Zemlju Sunčevim zračenjem najvećim se dijelom tu i zadržava (Slika 1.) [1]. Pojačanje efekta staklenika zbog emisija antropogenog porijekla, ima za posljedicu povećanje srednje temperature

atmosfere, čime je ozbiljno narušena prirodna ravnoteža i time ozbiljno ugrožena klima. Promjena klime negativno utiče na svjetsku ekonomiju, biljni i životinjski svijet i na nedostatak vode.



Slika 1. Prikaz djelovanja stakleničkih plinova

Krajem 2008. godine Evropska unija (EU) usvojila je tzv. energetsko – klimatski paket odnosno više zakona koji bi do 2020. godine trebali rezultirati sa 20% manjim emisijama stakleničkih gasova u usporedbi sa 1990. godinom, 20 % udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije i 20% manjom potrošnjom energije (u odnosu na onu koja se do 2020. očekuje u slučaju neprovođenja posebnih mjera). Popularan je i opće poznat naziv tog cilja „20 20 20“. Drugi cilj Evropske unije, povećanje energijske efikasnosti za 20%, kao što je navedeno u Direktivi 2012/27/EU se može postići promocijom kogeneracije [2].

2. Zašto alternativni, obnovljivi i održivi izvori energije?

Gledano dugoročno jedna od najvažnijih odluka neke zemlje i njene politike jeste omogućavanje pristupa energiji iz, alternativnih, obnovljivih i održivih izvora. Pregledom literature domaćih i stranih autora uočljivo je da su četiri razloga iz kojih alternativni, obnovljivi i održivi izvori energije treba da budu u središtu energetske strategije jedne zemlje.

Prvi od razloga je *ekonomski razvitak* koji znači osiguravanje novih radnih mijesta korištenjem ovih izvora energije. Ovo je posebno aktualno u malim sredinama gdje su ograničeni pristupi energiji ili ih uopće nema i gdje je nezaposlenost primarni problem. Korištenjem obnovljivih i alternativnih izvora energije se može doprinijeti otvaranju četiri puta više radnih mijesta u odnosu na korištenje fosilnih goriva [3].

Najbogatiji resursi za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora energije nalaze se u zemljama u razvoju. Korištenje tih resursa predstavlja nacionalni energetski kapital koji može obezbjediti nova radna mjesta i električnu energiju za manje gradove, gradove i industrije.

Drugi razlog je *klima.* Znanstvenici smatraju da emisije ugljenika u atmosferu kao posljedica ljudskih dejstava već danas doprinose mijenjanju klime na Zemlji na veoma opasne i nepredvidive načine. U svom najnovijem izveštaju, Međunarodni panel o klimatskim promenama (IPCC) izneo je tezu da je veoma verovatno da je čovekov uticaj dominantan uzrok zabilježenog porasta temperature [4]. Razvoj proizvodnje energije iz obnovljivih izvora može u znatnoj meri doprineti smanjenju emisija ugljenika, ne ugrožavajući pristup energiji.

Enegetska bezbjednost. One zemlje koje nemaju vlastite izvore energije ovisne su o uvozu nafte, uglja, plina te su tako izložene promjenama cijene na tržištu te su zavisne o politici države iz koje vrše uvoz. S obzirom na ograničenost fosilnih goriva cijena im neizbježno raste iz dana u dana. Razvijanjem obnovljivih izvora energije jedna država može stvoriti dugoročni plan za pristup neiscrpnoj energiji.
Zdravlje je jedan od razloga za podsticaj alternativnih, obnovljivih izvora energije. Veliki je broj ljudi koji svakodnevno umiru zbog zagađenog zraka kao produkta sagorjevanja fosilnih goriva. Energija dobijena iz alternativnih, obnovljivih izvora energije bilo da je korištena u malom ili velikom obimu može obezbjediti čistu i bezbjednu energiju, bez štetnih uticaja na ljudsko zdravlje.

3. Vrste alternativnih, obnovljivih izvora energije

Za razliku od neobnovljivih izvora energije, alternativni – obnovljivi oblici energije ne mogu se vremenom iscrpiti, ali je moguće u potpunosti iscrpiti njihove potencijale. Pored toga dio obnovljivih izvora energije nije moguće uskladištiti i transportirati u prirodnom obliku (vjetar, zračenje sunca), a dio jest (voda u vodotocima i akumulacijama, biomasa i bioplin). U tom slučaju je najbolje one izvore energije koje nije moguće uskladištiti pretvoriti u neki drugi oblik energije ili ih iskoristiti u trenutku.
Pregledom različite literature da se zaključiti da se u alternativne izvore energije često ubrajaju:

- biomasa;
- biogoriva: bioetanol, biodizel, bioplin, bio – ETBE (Etil terc – butil eter),
- biovodik;
- hidroenergija;
- energija vjetra;
- sunčeva energija: toplinska, fotonaponska;
- geotermalna energija;
- balega – izmet;
- energija mora: energija plime i oseke, energija valova, toplinska energija.

U alernativna goriva se često ubrajaju:

- električna energija iz OIE;
- vodik; bioenergija, sintetičko ili biodizel gorivo;
- alkohol;
- sintetička goriva (SNG) i parafinska goriva, auto gume (Tire Derived Fuel TDF);
- prirodni plin (stlačeni – CNG/SPP i ukapljeni – LNG/UPP);
- ukapljeni naftni plin (LPG/UNP);
- animalni otpad;
- izmet – bioplin i frakcija;
- ulja i masti iz animalnog otpada.

Otpad:

- komunalni i RDF2 (SRF),
- medicinski,
- farmaceutski,
- anatomsko – patološki,
- industrijski,
- poljoprivredni.

Sve vrste otpada poslije razdvajanja – razvrstavanja mogu se promatrati kao energenti različitih kaloričnih vrijednosti i ekološki podobnosti.
Iz svih otpada mogu se izuzeti energenti:

- komunalni otpad – kompozit za proizvodnju RDF i SRF;
- građevinski otpad – drvo;
- animalni otpad NŽP, prvenstveno KAT I (kategorija I);
- medicinski otpad – od ambalaže farmaceutskog otpada do higijenskih uložaka
- auto otpad – auto gume.

4. Feed in tarifa kao alat za postizanje održivih ciljeva

Sustavi povlašćenih tarifa predstavljaju najučinkovitij način za postizanje brzih održivih ciljeva u pogledu korištenja alternativnih, obnovljivih izvora energije. Ovakav sustav je najbrojniji u primjeni što pak ne znači da je s ekonomskog aspekta najučinkovitiji te da je lak za administraciju i da je fleksibilan.
Na primjeru Njemačke se ovaj primjer najbolje vidi gdje su oni primjenom zakona o povlaštenim cijenama u 2007. godini proizveli 14,2% ukupne električne energije iz alternativnih, obnovljivih izvora energije. Vlada Njemačke je proračunala da je u 2007. godini uštedila 57 miliona tona CO_2 a sve zahvaljujući feed in tarifama.
Cijena struje po kWh je stalna za postrojenja koja su priključena na sustav te se određuju prema godini početka rada. Što je postrojenje duže priključeno na sustav to i cijena opada. Ideja je brže investiranje i uračunavanje ušteda od tehnološkog progresa. U tablici 1 je dat prikaz važećeg sustava povlaštenih tarifa.

Tablica 1. Povlaštena tarifa u Njemačkoj

	2005 (€centi/kWh)	**Opadanje (% godišnje)**
Hidrocentrale	6,65 – 9,67	0
Biomasa (do 20MW)	8,27 – 17,33	1,5
Geotermalni izvori (do 20 MW)	7,16 – 15,00	1
Vjetar (priobalje)	5,39 – 8,53	2
Vjetar (unutrašnjost)	6,19 – 9,10	3
Solarna energija	43,42 – 59,54	3

Njemačka tarifa je izvedena na bazi jasnih procjena troškova. Tarifa na primjer za proizvodnju struje iz vjetra se dobija iz sljedećih parametara:

- Kapitalni troškovi (oprema), € 895/kW;
- Kapitalni troškovi (lokacija). 30% od elektrane;
- Operativni troškovi u godini rada 1 – 10 (4,8% od elektrane);
- Operativni troškovi u godini rada 11 – 20 (6% od elektrane);
- Inflacija preko 20 godina: 2%;
- Odnos duga, vlasničkog kapitala: 70:30;
- Kamatna stopa 5,5%;
- Stopa povrata sredstava 12%.

Cijena može da varira i prema stupnju opterećenja i visini naknada za proizvođače struje za vjetar na slabijim lokacijama čime se povlači paralela da što je bolja lokacija cijena je niža.
Među zemljama jugostočne Europe postoji samo jedan sustav sa povlaštenim tarifama u koji je uključena stopa opadanja cijene a to je Slovenija. U tablici 2 je dat prikaz šema podsticaja u regionu jugoistočne Europe i šire.

Tablica 2. Pregled glavnih instrumenata politike za obnovljive izvore energije (OIE)

Država	**Šema podticaja za obnovljive izvore energije (OIE)**
Bugarska	Feed in tarifa – poreski podsticaji – obaveza za otkup
Bosna i Hercegovina	Feed in tarifa
Češka	Feed in tarifa + zeleni bonusi
Hrvatska	Feed in tarifa sa financijskim podsticajima
Kipar	Šema grantova za promicanje OIE finansirana od takse na potrošnju električne energije + poreski podsticaji (dodatno)
Francuska	Javne nabavke + feed in tarifa
Grčka	Feed in tarife kombinovane sa podsticajima za investicije
Italija	Sustav kvota + feed in tarife
Mađarska	Feed in tarife
Mekedonija	Feed in tarife
Malta	Poreski podsticaji (nizak PDV za solarnu energiju)
Portugal	Feed in tarife kombinovane sa podsticajima za investicije
Rumunija	Sustav kvota (predhodno je imala feed in tarifu)
Slovačka	Feed in tarifa
Slovenija	Feed in tarifa + dugoročni garancijski ugovori, taksa na CO_2
Španija	Feed in tarifa

5. Zaključak

Alternativni, obnovljivi i održivi izvori energije su budućnost sa ekološkog, energetskog i ekonomskog gledišta sa vrlo malim ulaganjima u odnosu na fosilna goriva i socijalno – političku ovisnost.
Cijene alternativnih goriva su već danas rentabilna i financijski prihvatljiva te se i dalje treba raditi na njigovom provoviranju s ciljem obezbjeđenja još značajnijih benefita.

6. Literatura

[1] S. D., »Kemijsko - inženjerski aspekti proizvodnje biodizela,« *Biogoriva, svojstva biodizela i osnove proizvodne tehnologije,* svez. 63, pp. 19-34, 2014.

[2] Prando, D., Renzi, M., Gasparella, A., Baratieri, M., »Monitoring of the energy performance of a district heating CHP plant based on biomass boiler and ORC generator,« *Applied Thermal Engineering,* svez. 79, pp. 98-107, 2015.

[3] Pollin, R, Wicks-Lin, J., »Green Prosperity: How Clean-Energy Policies Can Fight Poverty and Raise Living Standards in the United States,« *Department of Economics and Political Economy Research Institute (PERI),* 2009.

[4] » The Physical Science Basis, International Panel on Climate Change,« u *Climate Change* , 2013.

Projektiranje rasvjete gradskog parka
Designing a City Park Lighting

Z. Klaić[1,*], V. Kokošarević[1], M. Primorac[1], K. Fekete[1]

[1]Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: zvonimir.klaic@ferit.hr

Sažetak
Ove godine donesen je novi Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN 14/2019). Njime se uređuje zaštita od svjetlosnog onečišćenja koja obuhvaća obveznike zaštite od svjetlosnog onečišćenja, mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja, način utvrđivanja najviše dopuštenih vrijednosti rasvjetljavanja, ograničenja i zabrane rasvjetljavanja, uvjete za planiranje, gradnju, održavanje i rekonstrukciju vanjske rasvjete, mjerenje i način praćenja rasvijetljenosti okoliša te druga pitanja radi smanjenja svjetlosnog onečišćenja okoliša i posljedica djelovanja svjetlosnog onečišćenja. Dakle, njegov je cilj zaštita ljudi i okoliša od svjetlosnog onečišćenja, ali i energetska učinkovitost, odnosno smanjenje potrošnje električne energije za javnu rasvjetu. U radu će se odredbe ovoga zakona, i glede zaštite od svjetlosnog onečišćena, ali i glede učinkovitosti rasvjete, primijeniti pri projektiranju javne rasvjete gradskog parka.

Ključne riječi: Svjetlosno onečišćenje**,** energetska učinkovitost, javna rasvjeta, rasvijetljenost okoliša

Abstract
This year the new Law on Protection Against Light Pollution (NN 14/2019) was adopted. It regulates light-shading protection, which includes all users against light pollution, protection measures against light pollution, the way of determining the maximum permissible values of illumination, limitations and prohibitions of illumination, conditions for planning, construction, maintenance, and reconstruction of outdoor lighting measurement and way of monitoring the enlightenment of the environment and other issues to reduce the light pollution of the environment and the effects of light pollution. Therefore, its aim is to protect people and the environment from light pollution, but also energy efficiency application, i.e. reduction of electricity consumption for public lighting. In this paper, the provisions of this law, in terms of protection against light pollution and lighting efficiency, shall apply to the design of public lighting for the city park.

Key words: Lightpollution, energy efficiency, public lighting, environmental lighting

1. Uvod

U posljednja dva desetljeća, istraživanja povezana sa svjetlosnim onečišćenjima znatno su pojačana te se u pojedinim državama širom svijeta pojavljuju i zakonske mjere kao i ograničenja kojima su cilj smanjenje negativnih posljedica umjetne rasvjete [1]. Republika Hrvatska 2019 godine uvodi novi Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja. Novi zakon o

zaštiti od svjetlosnog onečišćenja NN14/19 [2] postavlja puno strože zahtjeve nego dosadašnji iz 2012. Cilj novog zakona je zaštita ljudi i okoliša od svjetlosnog onečišćenja uzrokovanog emisijama svjetlosti u okoliš iz umjetnih izvora svjetlosti, ali i energetska učinkovitost, odnosno smanjenje potrošnje električne energije za javnu rasvjetu [2]. Zakon također predviđa i neke iznimke s obzirom na primjenu odredbi, a to je vezano za rasvjetu proizvodnih pogona i energetskih objekata. [3].

2. Walkerov zakon

Velike posljedice svjetlosnog onečišćenja, kao kompleksnog i globalnog problema, utjecale su na većinu država da svoje zakone usmjere prema smanjenju utjecaja javne rasvjete na okoliš [4]. Za određivanje i definiranje granica svjetlosnog onečišćenja korišten je od najbitnijih empirijski zakona propagacije povećanja svjetline noćnoga neba definiran kao Walkerov zakon [5].

Empirijski zakon propagacije povećanja svjetline noćnog neba izazvano umjetnom rasvjetom naselja definiran je Walkerovim zakonom. [1]

$$\Delta L = c_0 p d^{-2,5} \tag{1}$$

gdje ΔL predstavlja povećanje svjetline noćnog neba u zenitu izazvano svjetlosnim onečišćenjem i izraženo je u [cd/m^2]. c_0 je konstantna proporcionalnosti koja u sebi sadrži razne faktore koji povezuju povećanje svjetline noćnog neba i količinu umjetnog svjetla [cd/m^2/stanovniku]. Udaljenost mjesta opažanja od središta naselja označava se s d, uz pretpostavku da je naselje približno kružnog oblika i da je točka opažanja izvan njega u [m], a p je populacija naselja [3].

Konstanta proporcionalnosti može se razložiti kao umnožak dvaju faktora, efikasnosti raspršenja te rastrošnosti, a to je prikazano jednadžbom:

$$c_0 = \varepsilon \cdot r_0 \tag{2}$$

gdje je: ε efikasnost raspršenja (dio svjetla koje se rasprši pri prolasku kroz atmosferu i time tvori svjetlosno onečišćenje), a r_0 rastrošnost (predstavlja količinu svjetla koju javna rasvjeta proizvodi po stanovniku naselja), izražena u [lm/stanovniku] .

Ukoliko nije moguće uključiti podatke o rastrošnosti u model onda se koristi samo konstanta c_0. Kod ovakvih modela za proračun svjetlosnog onečišćenja uzima se u obzir da je sav promatrani reljef ravan, što ne samo da olakšava proračune nego daje i najveću moguću vrijednost onečišćenja jer bi svaka dodatna neravnina u reljefu smanjila onečišćenje zbog zasjenjenja pojedinih dijelova. Prosječna svjetlina prirodnog noćnog neba varira u ovisnosti o intenzitetu Sunčeve aktivnosti i kutu između smjera u kojemu se nalazi Sunce ispod obzora i smjera zenita. Prosječna vrijednost iznosi oko 0,91 *mcd/m^2* što je 21,9 *mag/arcsec^2* (standardna astronomska jedinica, magnituda po lučnoj sekundi na kvadrat, te je takva skala logaritamska i veća magnituda odgovara zvijezdi slabijeg sjaja) što predstavlja tamnu, vedru noć za vrijeme Sunčeva minimuma [6]. Ovakav način izražavanja svjetline prirodnog noćnog neba odgovara sjaju zvijezde čije svijetlo po površini nebeskog svoda od jedne kvadratne lučne sekunde daje odgovarajuću svjetlinu neba. Prelazak svjetline noćnog neba s fotometrijske jedinice na astronomsku mjeru može se definirati jednadžbom [1], [3]:

$$m_N = 12{,}60 - 1{,}0857 \ln(L_N) \tag{3}$$

gdje je :

m_N - svjetlina noćnog neba izražena u astronomskim jedinicama, [mag/arcsec^2],

L_N - svjetlina noćnog neba izražena u fotometrijskim jedinicama, [cd/m^2].

Predviđanja koja se dobiju ovim zakonom potrebno je popraviti za zakrivljenost Zemlje uz pretpostavku da se i dalje zanemaruje reljef i stvarni oblik naselja [7]. Izraz (4) prikazuje kako se vrši popravak za zakrivljenost Zemlje :

$$f = \exp(-\frac{h}{h_a}) \tag{4}$$

gdje je :
- h = depresija obzora na udaljenosti promatrača od naselja,
- h_a = visinska skala koncentracije aerosola (visina na kojoj koncentracija aerosola pa da na *1/e* koncentracije uz tlo).

Popravak se vrši tako da se iznos doprinosa svjetlosnom onečišćenju koji je izračunat po Walkerovom zakonu pomnoži s faktorom koji je odleđen pomoću jednadžbe (4). Prema [1] još 2011. godine Republika Hrvatska imala je ozbiljan problem s količinom svjetlosnog onečišćenja, odnosno konstanta proporcionalnosti iznosi c_0 = 36 [cd/m^2/stanovniku].
Vrlo je malo teritorija u Republici Hrvatskoj koja još imaju prirodnu svjetlinu noćnog neba (tamnije od m_N = 21 mag/arcsec^2). Te lokacije lokacije smještene na otvorenom Jadranskom moru te na nekoliko područja u Lici i Gorskom kotaru [3]. S obzirom da se stanje samo pogoršava uvođenjem novih umjetnih izvora svjetlosti, treba ozbiljno shvatiti mjere propisane zakonom, zaštititi mjesta od nepotrebnih, nekorisnih ili štetnih emisija svjetlost.

3. Usporedba starog i novog zakona o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja

Uzevši u obzir količinu svjetlosnog onečišćenja koju Republika Hrvatska proizvodi bilo je neophodno izraditi novi zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja jer stari iz 2012. godine više nije bio dovoljan. Novi zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja NN14/19 postavlja puno strože zahtjeve nego dosadašnje te ga neki smatraju najrigoroznijim zakonom u svijetu. Novim zakonom se uređuje zaštita od svjetlosnog onečišćenja koja obuhvaća obveznike zaštite, mjere zaštite te način utvrđivanja najviših dozvoljenih vrijednosti rasvjetljavanja, ograničenja i zabrane rasvjetljavanja, uvjete za planiranje, gradnju, održavanje i rekonstrukciju vanjske rasvjete, mjerenje i način praćenja rasvijetljenosti okoliša te druga pitanja radi smanjenja svjetlosnog onečišćenja okoliša i posljedica djelovanja svjetlosnog onečišćenja [2]. Točnije cilj mu je zaštita ljudi i okoliša od svjetlosnog onečišćenja uzrokovanog emisijama svjetlosti u okoliš iz umjetnih izvora svjetlosti, ali i energetska učinkovitost, odnosno smanjenje potrošnje električne energije za javnu rasvjetu. Zakon također predviđa i neke iznimke s obzirom na primjenu odredbi, a to je vezano za rasvjetu proizvodnih pogona i energetskih objekata. Novim zakonom sve jedinice lokalne samouprave, tj. operatori javne rasvjete, moraju izraditi planove rasvjete i akcijske planove gradnje te rekonstrukciju vanjske rasvjete i dostaviti ih Ministarstvu zaštite okoliša i energetike. Za razliku od starog zakona, po novom više neće biti dozvoljeno koristiti rasvjetna tijela koja nisu potpuno zasjenjena, točnije niti malo svjetlosti ne smije prelaziti horizontalnu plohu. Kulturne znamenitosti će i dalje biti rasvijetljene no bez nepotrebnog rasipanja svjetlosti. Stanovi ne smiju biti obasjani od strane javne rasvjete niti reklama, morska površina se ne smije rasvjetljavati, a zrake svjetlosti ni u kojem slučaju ne smiju biti uperene u nebo. Da bi se ulična rasvjeta uskladila s novim odrednicama zakona postojat će prijelazni period i nastojat će se smanjiti razina rasvijetljenosti te težiti usmjerenom svjetlosnom snopu, a ne rasipanju po okolišu koje je smetnja ljudima, životinjama i biljkama. Pravilnik o svjetlosnom onečišćenju još uvijek nije objavljen, no u njemu će biti objavljena regulacija zona, jačina i način rasvjetljavanja koji

će pomoći da zakon zaživi, a brigu o provođenju odrednica voditi će komunalni redari i inspekcije.

4. Rasvjeta gradskog pješačkog parka

Pješački gradski park, nazvan Papuk, nalazi se na mjestu bivšeg vinkovačkog deponija. Odlagalište neopasnog otpada Papuk, na navedenoj lokaciji, uspješno je sanirano i dobiveno je 122 909 m^2 zelene površine koja sadržava 4 km šetnjica, biciklističkih te pješačkih staza. Krajobrazni prikaz izgled parka sa svom infrastrukturom vidljiv je na slici 1.

Slika 1. Tlocrt parka krajobrazno

4.1. Modeliranje parkovne rasvjete u programskom paketu Relux

Projektiranje rasvjetnih tijela parka izvedeno je pomoću programskog paketa Relux [8] u kojem se za definirani prostor izveo alfanumerički i grafički izračun. Za odabrane svjetiljke čiji su tehnički podaci prikazani u tablici 1., korištena je prosječna vrijednost rasvijetljenosti između 5 i 15 luxa. Tablica 2. pokazuje klasifikaciju prometnica s obzirom na potrebnu rasvijetljenost. Za prometnice i vozila su mjerodavne klase C dok su za pješake klase *P*. Svaka klasa se dijeli na nekoliko klasa, a ovise o gustoći prometa, zahtjevima za navigacijom, rasvijetljenosti okoliša itd [9]. Parkovi pripadaju klasi rasvjete *P* koja se sastoji od klasa *P1* do *P7*, gdje klasa *P1* postavlja najstrože zahtjeve dok klasa *P7* nema definirana nikakva ograničenja. Vrijednosti su ograničene minimalnom i prosječnom vrijednošću rasvijetljenosti. Klasa nije toliko bitna kod parkova koliko je bitno da se zadovolje estetski kriteriji te da se poštuje određena boja svjetlosti [9].

Tablica 1. Osnovni tehnički podaci projektirane parkovne rasvjete

OSNOVNI TEHNIČKI PODACI	-
Izvori napajanja	Mrežni napon: 3x400/230V~, 50 Hz iz javne opskrbne mreže JR
Instalirana snaga rasvjete	3043 W
Faktor snage	cosφ = 0,95
Priključak el. energije	kabelski
Mjerenje el. energije	u +OJR
Napojni kabeli	PP00-A 4 x 25 + 2,5 mm²
Razvodni kabeli	PP00-A 4 x 25 + 2,5 mm²
Priključni kabeli	PP00-A 4 x 2,5 mm
Upravljanje	uklopni sat ili ručno + senzori prisutnosti
Režim rada rasvjete	normalno, štednja, senzorski
Svjetiljke	Siteco Streetlight 20 Micro LED ST1.5A, 17W (1520 lm)
Izvor svjetlosti	LED
Stupanj meh. zaštite	IP65

Tablica 2. Vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti za pojedinu klasu [9]

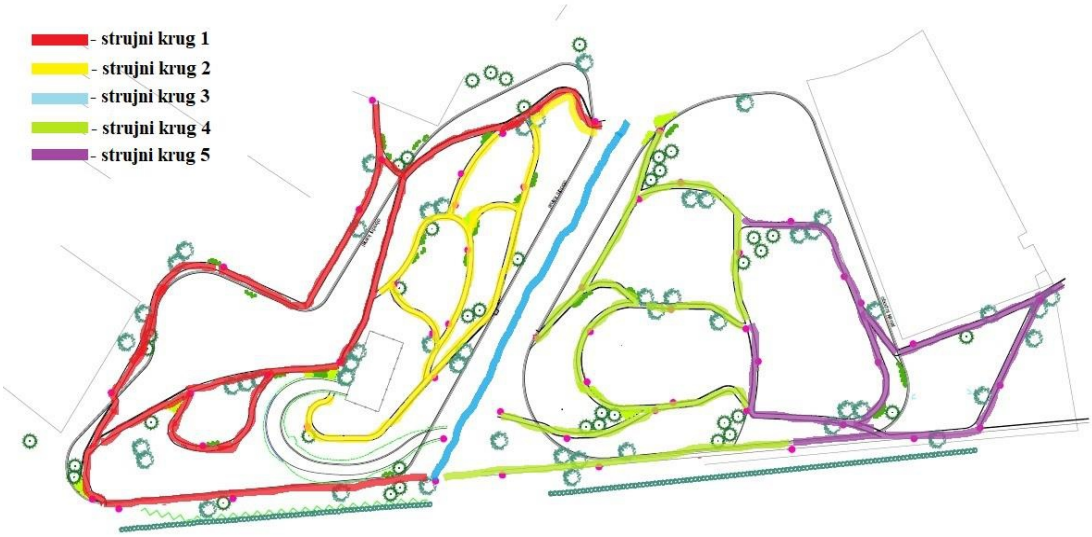
Klasa	Horizontalna rasvijetljenost	
	E_m	U_0
C_0	50	0,4
C_1	30	0,4
C_2	20	0,4
C_3	15	0,4
C_4	10	0,4
C_5	7,5	0,4
	E_m	E_{min}
P_1	15	5
P_2	10	3
P_3	7,5	1,5
P_4	5	1
P_5	3	0,6
P_6	2	0,6
P_7	nije definirano	nije definirano

4.2. Energetska učinkovitost

Senzori prisutnosti uključuju i isključuju svjetlo u slučaju prisutnosti ljudi. Mogu se koristiti za čuvanje određenih područja ali se većinom koriste kako bi eliminirali rad rasvjete onda kada to nije potrebno. Postoje različite vrste tehnologija senzora prisutnosti, s kutovima detekcije od 70 do 360° te s različitim svjetlosnim senzorima. Senzor prisutnosti za razliku od senzora pokreta detektira i osobu koja se ne kreće već miruje u određenom prostoru te ne gasi rasvjetu dok god je netko prisutan. U slučaju parka Papuk, park je podijeljen na 5 strujnih krugova te svaka svjetiljka ima svoj senzor. Senzori prisutnosti detektiraju prisutnost ljudi odvojeno po strujnim krugovima te se tako, ovisno o mjestu pojavljivanja osobe, pali samo jedna petina svjetiljki odnosno one svjetiljke koje su povezane u isti strujni krug i čiji su senzori međusobno povezani i kontroliraju jedan zajednički kontakt sklopnika [3].

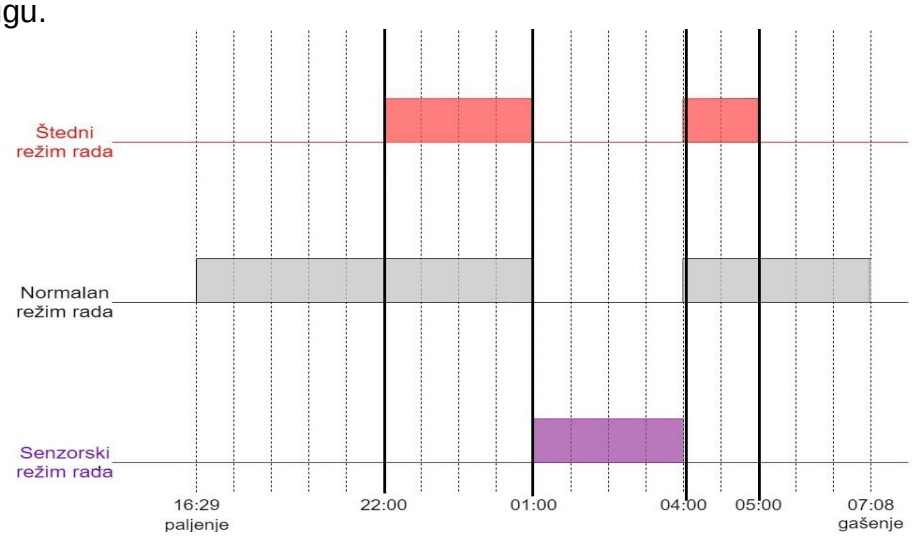
Svaki senzor ima 0-1 sklopku pomoću koje proradom uklapa kontakte sklopnika određenog strujnog kruga koji dalje pale svjetiljke tog istog strujnog kruga. Ovakav način

povezivanja je praktičan jer proradom bilo kojeg senzora strujnog kruga svjetiljke tog kruga će reagirati i upaliti se, te dok god je osoba u bilo kojem dijelu parka pokrivenog tim strujnim krugom rasvjeta se neće gasiti.
Uklopni sat *UPMTK 2-S-N 2.2., verzija 9.5.4* [10] koji je korišten pri projektiranju rasvjete ima tri režima rada. Manualni režim, kod kojeg korisnik samostalno upravlja, automatski režim te ugašeni režim. Uklopni sat sadrži dva releja od kojih svaki ima dva stanja, odnosno 1 – 2 sklopku koja diktira u kakvom je režimu rasvjeta parka. Postoje tri režima rada za ovaj slučaj. Normalan način rada, bez uštede, rasvjeta radi punom snagom, pri normalnom naponu od 380 V; štedni način rada, gdje se rasvjeta napaja pomoću dodatne, četvrte žile napojnog kabela, pri naponu od 230 V (u ovom načinu svih 5 kontakata glavnog sklopnika su i dalje međusobno povezani i uklopljeni); te način rada sa senzorima, gdje se glavno napajanje isključuje, a rasvjeta i senzori se napajaju pomoću dodatno položenog kabela 4 x 2,5 mm^2. U ovom slučaju svaki strujni krug (od njih 5) kontrolira jedan kontakt sklopnika za senzorski rad, te ovisno o tome koji senzor proradi (svi u jednom strujnom krugu su međusobno povezani), uklapa određeni kontakt sklopnika i svjetiljke čitavog tog strujnog kruga se pale.
U režimu normalnog rada javne rasvjete, svi kontakti sklopnika su međusobno povezani te ili su svi uklopljeni ili svi isklopljeni. Normalan način rada je onaj način rada u kojemu je potrebno da javna rasvjeta svijetli punom snagom i kontinuirano. U određeno doba večeri (ovisno o mjesecu u godini) prelazi se na štedni način rada, gdje rasvjeta i dalje svijetli kontinuirano no smanjenim intenzitetom koji je moguće proizvoljno odabrati. Iza određenog sata noći, kada se pretpostavlja da više nitko neće boraviti u parku, rasvjeta se u cijelosti gasi i radi isključivo ukoliko postoji nečija prisutnost u parku. Kontakti sklopnika pojedinih strujnih krugova, svaki strujni krug spojeno je otprilike 1/5 svjetiljki u parku zbog jednolike raspodjele snage (slika 2. prikazuje raspored strujnih krugovi unutar parka), uklapaju se u slučajevima kad neki od senzora određenog strujnog kruga detektira prisutnost. Senzori su spojeni na mrežu preko sabirnice $L_{senzori\ prisutnosti}$ koja je povezana na kontakt uklopnog sata. Kontakti sklopnika u slučaju napona na sabirnici $L_{senzori\ prisutnosti}$ rade neovisno jedan o drugome. Pojavi li se napon na kontaktu, taj sklopnik uklapa i strujni krug 2 te u cijelosti pali svoju rasvjetu koja svijetli dok god je osoba prisutna na prostoru pokrivenom senzorima prisutnosti. U slučaju uklapanja kontakta u položaju 2 uklopnog sata, rasvjeta se nalazi u štednom načinu rada.



Slika 2. Strujni krugovi unutar parka

Slika 3. prikazuje vremensku liniju pojedinih režima rada odnosno trajanje pojedinog režima rada. Za primjer je uzet datum 01.01. kada se rasvjeta pali u 16:29 h, a gasi u 07:08 h. Od 16:29 do 22:00 h rasvjeta radi u normalnom režimu rada, punom snagom, kontinuirano, a u 22:00 se pomoću uklopnog sata prebacuje na štedni režim rada (u kojemu radi sa 60% intenziteta) u kojemu ostaje do 01:00 kada prelazi na senzorski režim rada. Od 01:00 do 04:00 h rasvjeta je isključena i pali se isključivo onaj strujni krug u kojemu postoji ljudska prisutnost. Od 04:00 do 05:00 h rasvjeta ponovno prelazi u štedni način rada te radi smanjenim intenzitetom. U 05:00 h rasvjeta prelazi u normalan režim rada, svijetli punim intenzitetom i tako ostaje do perioda gašenja koji je u 07:09, za konkretno ovaj datum. Radi lakše preglednosti prikazan je raspored strujnih krugova po parku označen različitim bojama (slika 2.) dok je u tablici 3 prikazan broj rasvjetnih tijela po strujnom krugu.



Slika 3. Vremenska linija pojedinih režima rada [3]

Tablica 3. Broj rasvjetnih tijela po strujnim krugovima

	Broj rasvjetnih tijela
Strujni krug 1	42
Strujni krug 2	39
Strujni krug 3	26
Strujni krug 4	35
Strujni krug 5	37
UKUPNO:	179

5. Zaključak

Novi Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN 14/2019) uređuje zaštitu od svjetlosnog onečišćenja, odnosno štiti ljude i okoliš od emisija svjetlosti iz umjetnih izvora svjetlosti. Zakona također daje jedan osvrt i prema energetskoj učinkovitost s naglaskom na planovima rasvjete, akcijskim planovima gradnje odnosno rekonstrukcije vanjske rasvjete. U ovom radu prikazan je primjer projektiranja javne rasvjete prema spomenutim zakonskim odredbama, uz primjenu energetske učinkovitosti (senzori prisutnosti, međusobna bežična komunikacija). Sustav rasvjete sa svim navedenim elementima omogućuje i upotrebu rasvjetne infrastrukture tokom cijelog dana kada rasvjeta ne radi. Takvu rasvjetnu infrastrukturu moguće je upotrebljavati za napajanje tipskih punionica električnih automobila i/ili bicikala, zatim za napajanje pametnih klupa, svjetlećih reklama i

ostalih urbanih elemenata. Republika Hrvatska novim Zakonom o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja postrožuje zaštitu od svjetlosnog onečišćenja, čime svakako prati svjetske trendove.

6. Literatura

[1] Ž. Andrei, K. Korlevi, D. Andrei, A. Bonaca, P. Korlevi, and M. Kramar, "Svjetlosno onečišćenje u Republici Hrvatskoj," vol. 63, pp. 757–764, 2011.
[2] Republika Hrvatska, "Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja," 2019. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_02_14_271.html. [Accessed: 18-Jul-2019].
[3] V. Kokošarević, "PROJEKTIRANJE URBANE JAVNE RASVJETE." Osijek, p. 100, 2019.
[4] R. Skansi, "SVJETLOZAGAĐENJE – EKONOMSKI I EKOLOŠKI PROBLEM," pp. 1–24.
[5] M. F. Walker, "The effects of urban lighting on the brightness of the night sky," *Publ. Astron. Soc. Pacific*, vol. 89, no. June, p. 405, 1977.
[6] S. Albers and D. Duriscoe, "Modeling light pollution from population data and implications for National Park Service lands," vol. 18, no. 4, pp. 56–68, 2001.
[7] M. Aube, "Light Pollution Modeling and detection in a heterogeneous environment," *World Conf. Def. Night Sky Right to Obs. Stars*, no. October, pp. 119–126, 2007.
[8] "ReluxNet." [Online]. Available: https://reluxnet.relux.com/en/. [Accessed: 19-Jul-2019].
[9] "Cestovna rasvjeta -- 2. dio: Zahtijevana svojstva (EN 13201-2:2015)," vol. 2, 2016.
[10] "Uklopni sat UPMTK 2-S-N 2.2." [Online]. Available: http://www.mtk.hr/index.php/hr/p_07.php. [Accessed: 21-Jul-2019].

Predviđanje proizvodnje vjetroelektrana
Prediction of Wind Power Plant Production

M. Benić[1], I. Sutlović[2*], P. Raos[3]

[1]Ministarstvo obrane Republike Hrvatske, Zagreb, Hrvatska
[2]Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
[3]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju: isutlo@fkit.hr

Sažetak
Sve većim udjelom električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije ukazala se potreba za što točnijim predviđanjem proizvodnje iz tih izvora. Na temelju podataka o srednjoj satnoj brzini vjetra izmjerenih na meteorološkim postajama Državnog hidrometeorološkog zavoda, matematičkom metodom interpolacije i ekstrapolacije ta je brzina približena stvarnoj vrijednosti na lokacijama vjetroelektrana u Hrvatskoj na temelju čega je izračunata snaga vjetroelektrane. Dobiveni rezultati uspoređeni s predviđanjima koje daje Hrvatski operator tržišta energije i stvarnim podacima koje daje Hrvatski operator prijenosnog sustava.

Ključne riječi: brzina vjetra, vjetroelektrana, predviđanje proizvodnje

Abstract
Growing share of electricity produced in renewables demands more accurate prediction of production from these facilities. Based on meteorological data of wind speed from measuring points using interpolation as well as extrapolation wind speed is calculated on certain locations of wind power plants. Also, power of each facility is calculated. Results are compared to those predicted by Croatian Energy Market Operator and ones measured by Croatian Transmission System Operator.

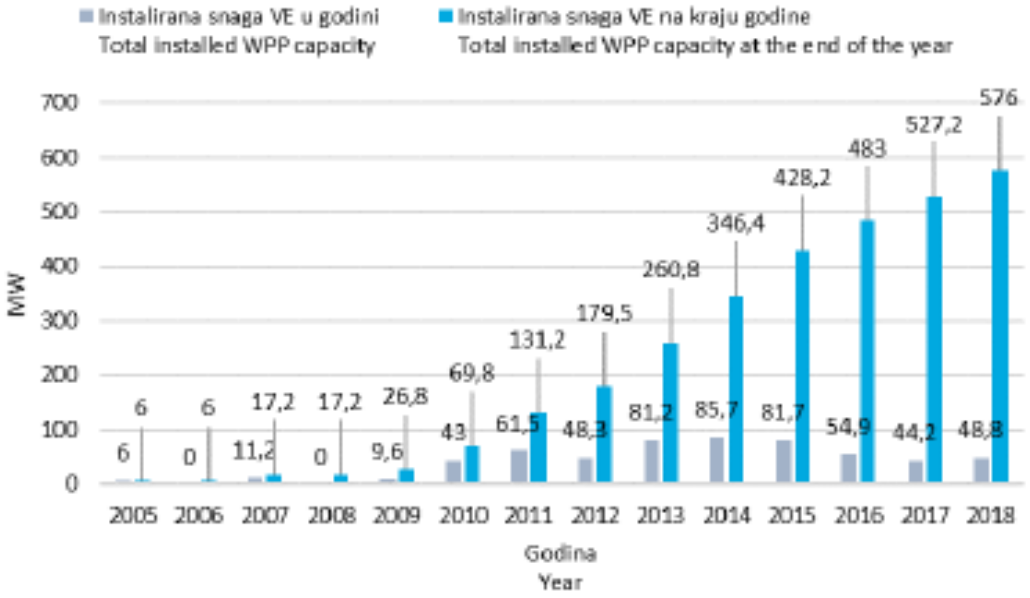
Key words: wind speed, wind power plant, prediction od electricity production

1. Uvod
Obnovljivi izvori energije (OIE) već dugi niz godina su vrlo zastupljeni u mnogim razvijenim zemljama pa tako i u Hrvatskoj. Njihovo korištenje rezultat je energetskih politika koje za cilj imaju smanjiti emisiju stakleničkih plinova, prvenstveno onih koji dolaze iz energetskih transformacija i to iz proizvodnje transformiranih oblika energije iz fosilnih goriva, a to je prvenstveno ugljični dioksid. Takav pristup za sobom povlači i značajne tehničke probleme koje je nužno riješiti kako bi se osigurala pouzdana usluga svim potrošačima. Intenzivnim

uvođenjem obnovljivih izvora energije u proizvodnju električne energije istovremeno raste udio proizvodnih objekata promjenjivih proizvodnih karakteristika kao rezultat prirodnih svojstava OIE, a to su nepredvidivost trajanja i intenziteta. To su sve činjenice s kojima se elektroenergetski sustavi (EES) iz ne tako daleke prošlosti nisu susretali. U nastavku rada poseban naglasak će se dati na proizvodnju električne energije iz vjetra u Republici Hrvatskoj budući da su kapaciteti instalirani u vjetroelektranama neusporedivo veći u odnosu na one u fotonaponskim sustavima.

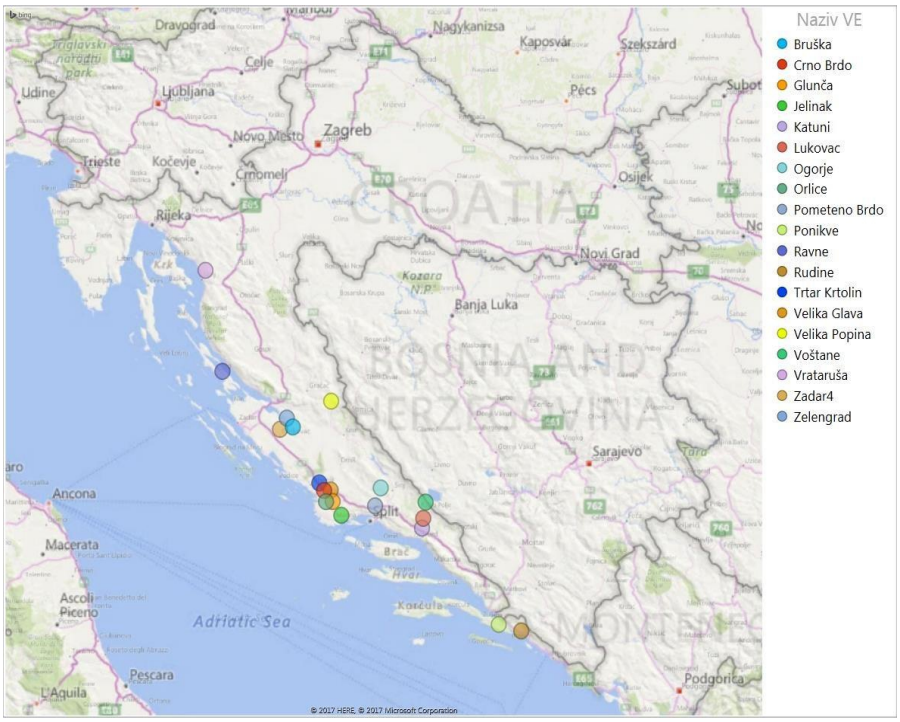
2. Vjetrolektrane u Hrvatskoj

Hrvatska je doživjela snažan porast instaliranih kapaciteta u vjetroelektranama (VE) posebno u zadnjih deset godina, od gotovo zanemarivih 6 MW 2005. godine pa do respektabilnih 576 MW krajem 2018. godine [1]. Ukupni instalirani kapaciteti za proizvodnju električne energije u Hrvatskoj su malo iznad 5000 MW u što nije uključena NE Krško [2].



Slika 1. Instalirani kapaciteti u VE po godinama [1]

Slika 2. prikazuje smještaj VE u Hrvatskoj a to je obalni i zaobalni pojas zbog trajanja i intenziteta vjetra. Ovdje se može uočiti prva posebnost VE u Hrvatskoj, a to je njihova mala geografska raspršenost. Najveća udaljenost između dviju VE iznosi oko 300 km, dok je 16 od ukupno 19 VE sa 75% ukupno instalirane snage VE smještano na području sličnog vjetroklimatskog režima što uz izraženu promjenjivost brzine i smjera vjetra značajno utječe na promjenjivost ukupne proizvodnje VE, a samim time i na vođenje EES u cjelini [1]. Zbog ograničenosti prostora neće se navoditi detaljniji podaci o pojedinom vjetroparku, ali radi informacije treba spomenuti da se na većini lokacija instalirane snage kreću od 30 MW pa do 44 MW što predstavlja značajne iznose i da su objekti većinom priključeni na prijenosni sustav (110 kV), negdje i na distribucijski sustav.



Slika 2. Smještaj VE u Hrvatskoj [1]

2.1. Nejednolikost proizvodnje VE i stabilnost EES

Prethodno navedeni podaci o smještaju proizvodnih objekata ukazuju na potrebu predviđanja proizvodnje VE kako bi se EES mogao pravodobno pripremiti za prihvat povećanih količina električne energije iz VE ili pak pokrivanje manjkova zbog nedostatka vjetra sve s ciljem kontinuirane opskrbe potrošača. Jedini način predviđanja snage VE i proizvedene količine električne energije jest poznavanje tj. što bolja pretpostavka brzine vjetra i njegova trajanja. Obzirom da se radi o prirodnim pojavama jedino što je na raspolaganju su meteorološki podaci i odgovarajuća softverska podrška. Predviđanjem proizvodnje VE u okviru svojih djelatnosti bavi se tvrtka Hrvatski operator tržišta energije (HROTE d.o.o.). Koliko je bilo dobro predviđanje moguće je utvrditi jedino mjerenjem proizvedene električne energije predane u mrežu što je zadatak tvrtke Hrvatski operator prijenosnog sustava (HOPS d.o.o.). U nastavku će na temelju raspoloživih brzina vjetra biti predložena metoda za izračun snage pojedine VE, a rezultati će se usporediti s predviđanjima (HROTE) i izmjerenim vrijednostima (HOPS).

3. Brzine vjetra

Obzirom da za izračun nisu bile dostupne brzine vjetra na samim lokacijama VE trebalo se poslužiti podacima s najbližih meteoroloških postaja. Dobrotom Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) dobiveni su podaci o srednjoj satnoj brzini vjetra za traženi vremenski period, izmjereni na visini od 10 m od površine tla za postaje Senj, Knin i Šibenik. Radi jednostavnosti izračuna, srednje dnevne brzine vjetra dobivene su kao srednja aritmetička sredina satnih vrijednosti vjetra

$$\overline{v} = \frac{v_1 + \ldots + v_n}{n} \qquad (1).$$

Rezultati primjene prethodnog izraza prikazani su tablicom 1.

Tablica 1. Srednje dnevne brzine vjetra od 7. do 17. siječnja 2018. godine na navedenim postajama na visini H=10 m [3]

Datum	Srednje dnevne brzine vjetra na visini na visini od H=10 m, m/s		
	Šibenik	Knin	Senj
07.01.2018.	5,2458	5,0333	1,9083
08.01.2018.	7,5458	8,2875	1,7208
09.01.2018.	7,3125	6,7625	2,8500
10.01.2018.	3,1292	2,1917	1,3375
11.01.2018.	3,7208	3,2083	6,4125
12.01.2018.	4,9292	5,5750	6,9125
13.01.2018.	4,1875	5,3042	6,9958
14.01.2018.	5,4292	5,5083	9,1625
15.01.2018.	1,8125	1,7208	5,6292
16.01.2018.	3,3458	4,5417	4,3042
17.01.2018.	4,8625	5,6083	3,5708

Podatke iz tablice 1. bilo je potrebno preračunati na visinu stupa vjetroturbine primjenom logaritamske funkcije [4]

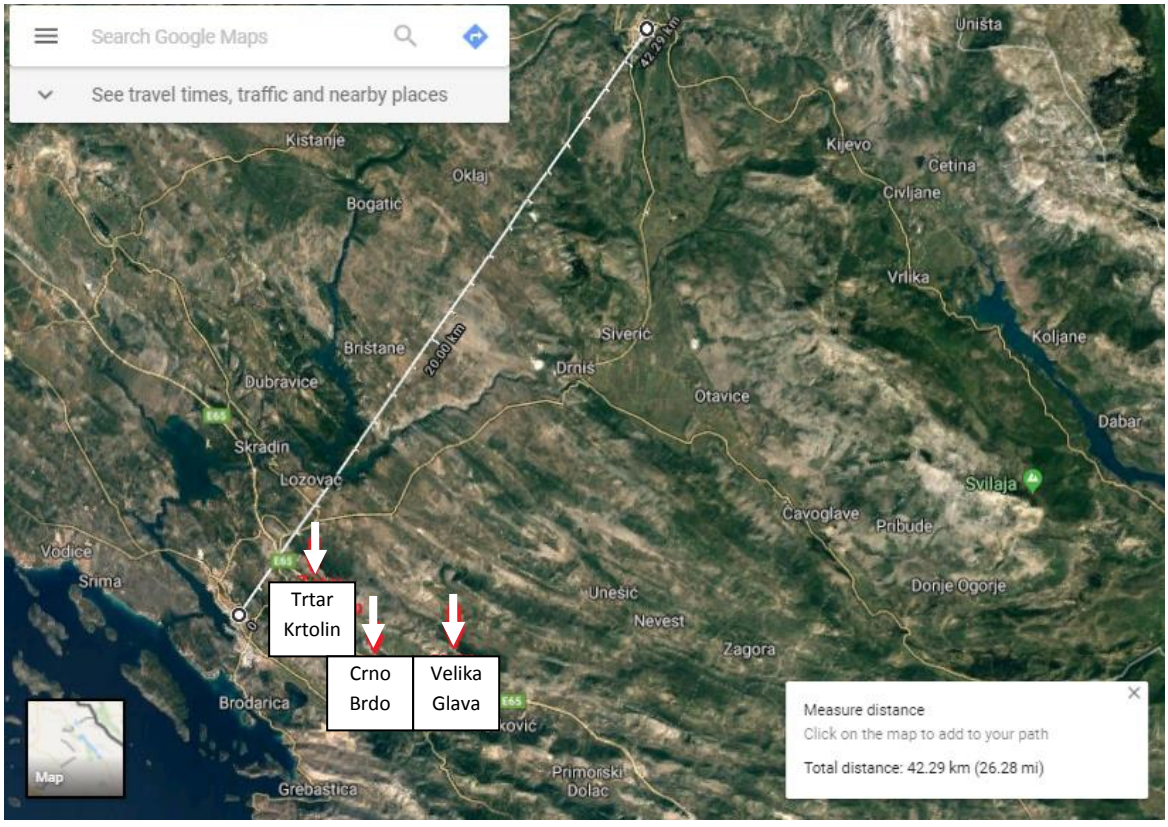
$$v = v_0 \cdot \frac{\ln\left(\frac{H}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H_0}{z_0}\right)} \qquad (2),$$

gdje su:
H [m] – visina na kojoj se želi znati brzina vjetra,
v [m/s] – brzina vjetra na visini H,
H_0, [m] – visina na kojoj je mjerena brzina vjetra,
v_0 [m/s] – brzina izmjerena na visini H_0,
z_0 [m] – visina hrapavosti terena.
U konkretnom slučaju meteorološke postaje mjere brzinu vjetra na visini H_0=10 m, a za visinu na koju se ta brzina preračunava uz pomoć izraza (2) je H=70 m. Ta vrijednost odabrana je kao srednja visina osi rotora VE obzirom da se u pogonu nalaze agregati različitih proizvođača i samim time različitih dimenzija. Za visinu hrapavosti terena odabrano je z_0=0,03 m što je vrijednost za teren bez visokog raslinja [5]. Rezultati dobiveni na ovaj način prikazane su tablicom 2.

Tablica 2. Srednje dnevne brzine vjetra od 7. do 17. siječnja 2018. godine na navedenim postajama na visini H_0=70 m

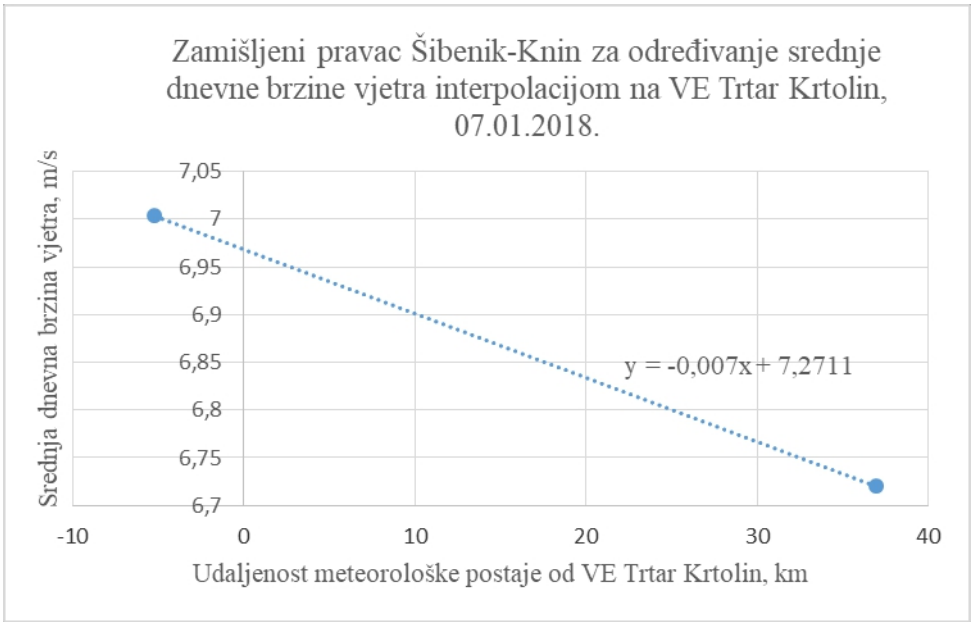
Datum	Srednje dnevne brzine vjetra na visini od H_0=70 m, m/s		
	Šibenik	Knin	Senj
07.01.2018.	7,0031	6,7194	2,5476
08.01.2018.	10,0735	11,0636	2,2973
09.01.2018.	9,7620	9,0278	3,8047
10.01.2018.	4,1774	2,9258	1,7855
11.01.2018.	4,9672	4,2830	8,5605
12.01.2018.	6,5803	7,4425	9,2280
13.01.2018.	5,5902	7,0809	9,3393
14.01.2018.	7,2478	7,3535	12,2317
15.01.2018.	2,4196	2,2973	7,5148
16.01.2018.	4,4666	6,0630	5,7460
17.01.2018.	6,4913	7,4870	4,7670

Ove vrijednosti poslužit će za određivanje brzina vjetra na lokacijama pojedinih VE. Slika 3. prikazuje jednu od obrađenih pozicija.



Slika 3. VE Trtar Krtolin, Crno Brdo i Velika Glava (strelice) u odnosu na zamišljeni pravac Šibenik – Knin

Uz pomoć programskog paketa Microsoft Excel određen je odnos srednje dnevne brzine vjetra i udaljenosti meteorološke postaje od VE kao jednadžba pravca. Jednoj je udaljenosti dodijeljen negativni predznak, tako da položaj x=0 predstavlja lokaciju VE, a odsječak na osi y brzinu vjetra na traženoj lokaciji VE (slika 4.).



Slika 4. Srednja dnevna brzina vjetra u odnosu na VE Trtar Krtolin na visini od 70 m, na datum 07.01.2018. godine

Uvrštavanjem udaljenosti očitanih s karte na slici 3. u gornji pravac izračunate su brzine i na VE Crno Brdo i VE Velika Glava. Brzine vjetra za promatrano razdoblje za sve tri lokacije prikazane su tablicom 3.

Tablica 3. Vrijednosti brzina na pojedinim lokacijama VE dobivene interpolacijom

Datum	Srednja dnevna brzina vjetra na lokaciji VE, m/s		
	VE Trtar Krtolin	VE Crno Brdo	VE Velika Glava
07.01.2018.	7,27	6,98	6,95
08.01.2018.	10,20	10,14	10,26
09.01.2018.	9,67	9,71	9,62
10.01.2018.	4,02	4,09	3,94
11.01.2018.	4,88	4,92	4,84
12.01.2018.	6,69	6,64	6,74
13.01.2018.	5,77	5,70	5,87
14.01.2018.	7,26	7,26	7,27
15.01.2018.	2,41	2,41	2,40
16.01.2018.	4,66	4,58	4,77
17.01.2018.	6,61	6,56	6,68

Sličan postupak proveden je na pravcima Knin-Senj i Senj-Šibenik. Tamo gdje su se lokacije VE nalazile između mjernih postaja, kao i u prethodno opisanom slučaju, vrijednosti brzina vjetra su interpolirane, a tamo gdje su bile izvan tih točaka vrijednosti vjetra su ekstrapolirane. Zbog ograničenog prostora rezultati tih izračuna nisu prikazani.

4. Snaga VE i proizvedena električna energija

Iz brzina vjetra na lokacijama VE dobivenih na opisani način može se izračunati snaga jednog vjetroagregata [W] [4]

$$P_t = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot c_p \cdot \eta_m \cdot \eta_g \qquad (3),$$

gdje su:
ρ [kg/m^3] – gustoća zraka,
A [m^2] – površina kruga kojeg opisuje vrh lopatice rotora,
v [m/s], srednja brzina vjetra kroz rotor,
c_p [-] – Betzov faktor, max 0,593 [4],
η_m [-] – iskoristivost mehaničke energije,
η_g [-] – iskoristivost pretvorbe mehaničke u električnu energiju.
Uzimajući u obzir prosječne vrijednosti iskoristivosti [7], površine A=4418 m^2 (promjer rotora 75 m) i Betzovog faktora iz izraza (3) može se dobiti izraz za električnu snagu [W]

$$P_{el} = 0,31 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \qquad (4).$$

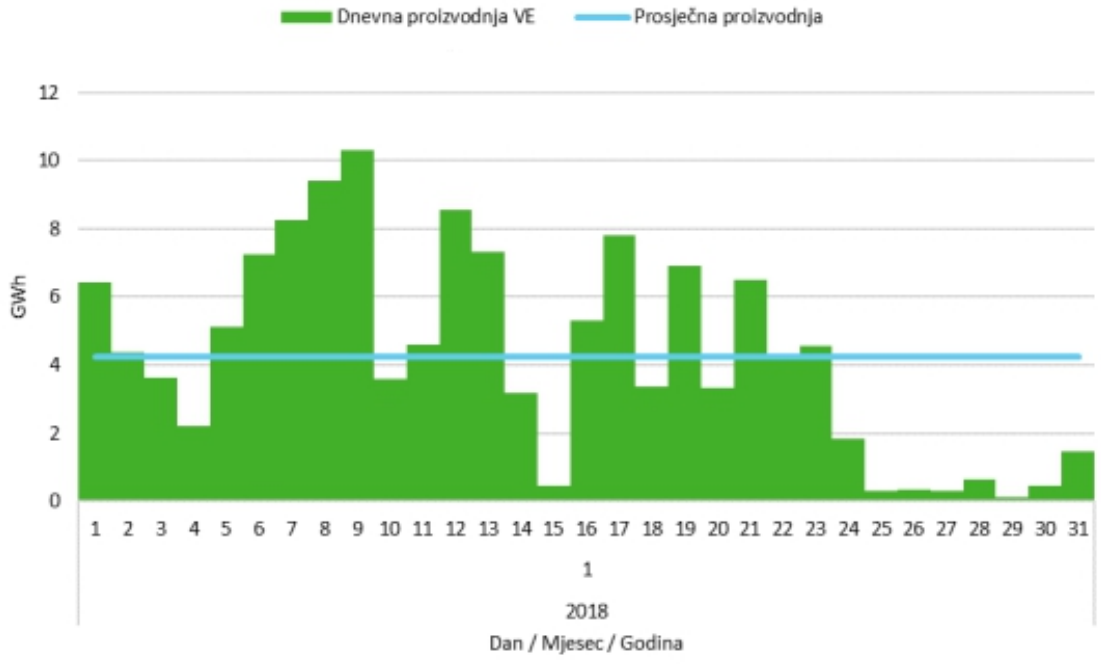
Uzimajući u obzir brzine vjetra na lokacijama VE i broj vjetroagregata na pojedinoj lokaciji izraz (4) daje ukupnu snagu na svim lokacijama. Množenjem te vrijednosti sa 24 sata dobije se ukupno proizvedena električna energija u svim VE. Rezultati za promatrano razdoblje dani su u tablici 4.

Tablica 4. Proizvedena električna energija u svim objektima kao rezultat provedenog izračuna

Lokacije VE	Proizvedena električna energije 08.01.2018., kWh
Trtar Krtolin	299.111,60
Crno Brdo	146.932,10
Velika Glava	413.143,00
Ravne	20.744,58
Zadar 4	38.955,94
Bruška	175.667,30
Zelengrad	124.218,60
Velika Popina	69.701,71
Vrataruša	2.647,77
Orlice	272.823,50
Glunča	232.079,50
Jelinak	594.984,90
Ogorje	405.615,60
Pometeno Brdo	481.198,80
Voštane	537.400,20
Katuni	551.878,30
Ponikve	1.641.978,00
Rudine	1.404.284,00
Lukovac	688.291,40
Ukupno	**8.101.657,00**

4.1. Ocjena točnosti dobivenih rezultata

Da bi se dobiveni rezultati verificirali nužno ih je usporediti s izmjerenim vrijednostima od strane HOPS-a. Slika 5. pokazuje dnevnu proizvodnju svih VE u Hrvatskoj u siječnju 2018. godine.



Slika 5. Dnevna proizvodnja svih vjetroelektrana u Hrvatskoj za mjesec siječnj 2018. godine [1].

Proizvodnja električne energije 8. siječnja 2018. godine iznosila oko 9,4 GWh što značajno odstupa od izračunatih 8,1 GWh. Općenito se može konstatirati da je odstupanje očekivano, a jedino pitanje može li ono biti manje. U nastavku analizirajmo predviđanje proizvodnje svih VE koje daje HROTE koji sasvim sigurno raspolaže znatno preciznijim modelom za predviđanje proizvodnje. HROTE nudi predviđanje proizvodnje više dana unaprijed i to za određeni datum. Vrijednosti predviđene proizvodnje mijenjaju se iz dana u dan kako se bližimo željenom datumu što je logična posljedica porasta pouzdanosti vremenske prognoze smanjenjem vremenske udaljenosti od željenog datuma. Može se zaključiti da ma koliko model bio dobar on isključivo ovisi o točnosti metorološke prognoze. Konkretno, prema HROTE-ovim podacima za prethodno analizirani datum 8. siječnja 2018. godine predviđanje proizvodnje VE dano je u tablici 5.

Tablica 5. Predviđanje proizvodnje za 8.1.2018. godine prema HROTE-ovom modelu

Predviđanje proizvodnje	Predviđena proizvodnja električne energije 08.01.2018., GWh
8 dana unaprijed	9,5
7 dana unaprijed	3,7
6 dana unaprijed	5,6
5 dana unaprijed	9,7

4 dana unaprijed	10,4
3 dana unaprijed	9,2
2 dana unaprijed	8,9
1 dan unaprijed	8,7
Stvarna proizvodnja	**9,3**

Prikazani podaci ukazuju na potpunu nepredvidivost proizvodnje, a samim time i na nepouzdanost bilo kakvog modela. Čak štoviše, predviđanje dan unaprijed i ne izgleda toliko loše, 8,7 GWh naspram 9,3 GWh, ali analize provedene za neke druge datume čiji rezultati ovdje nisu predočeni ukazali su na znatno veća odstupanja, posebno u slučajevima manje proizvodnje tj. manjih brzina vjetra.

5. Zaključak

Predložen je model za predviđanje brzine vjetra na lokaciji VE temeljen na točnim vrijednostima brzina vjetra izmjerenim na lokacijama hidrometeoroloških postaja DHMZ-a. Pri samoj razradi modela, kako je opisani, bilo je nužno uvesti niz pretpostavki, od računanja brzine vjetra na lokaciji VE uz pomoć linearne interpolacije ili ekstrapolacije, prilagodbe visine mjerne postaje na visinu osi rotora i usrednjavanja podataka za određivanje snage vjetroagregata. Sve je to nužno dovelo do manjih ili većih odstupanja u odnosu na izmjerene vrijednosti od strane HOPS-a. Rezultati predloženog modela predviđanja uspoređeni su s predviđanjima HROTE-a koja nisu dala ništa pouzdanije rezultate. Stoga se može zaključiti da je nemoguće pouzdano predvidjeti snagu VE u određenom trenutku, jer koliko god model predviđanja bio dobar glavna ulazna varijabla je brzina vjetra koju je moguće predvidjeti tek s određenom vjerojatnošću. Ova činjenica dovodi svakog operatora prijenosnog sustava u zahtjevnu poziciju jer mu je glavni zadatak osigurati stabilnu i kvalitetnu opskrbu potrošača. U okvirima hrvatskog prijenosnog sustava to je još dodatno potencirano činjenicom da su sve VE skoncentrirane na relativno malom području, da imaju značajnu instaliranu snagu, a područje na kojem se nalaze ujedno je i područje najmanje potrošnje električne energije.

6. Literatura

[1] Godišnji izvještaj o proizvodnji VE u Hrvatskoj za 2018., HOPS, 2018.
[2] Energija u Hrvatskoj 2017., EIHP, 2018. (ISSN 847-0602)
[3] Podaci DHMZ o brzini vjetra, 2018.
[4] Vaughn, Nelson., Wind Energy: Renewable Energy and the Environment, Taylor & Francis Group, New York, 2009. (ISBN 13:978-1-4200-7569-4)
[5] Troen, Ib, Lundtang, Petersen, European Wind Atlas, Technical University of Denmark, 1989.
[6] https://www.google.com/maps, pristupljeno 20.6.2018.
[7] Šimić, Zdenko, Šljivac, Damir, Obnovljivi izvori energije: Najvažnije vrste, potencijal i tehnologije, MINGORP, 2009.

Evaluation of energy efficiency of pumps

M . Eördöghné Miklos[1,*], Á. Nyers [1]

[1] University of Pécs, Faculty of Engineering and Information Technology, Hungary

[*] Corresponding Author. E-mail: eordoghne@mik.pte.hu

Abstract
In addition to proper pump selection the energy efficiency of pumping systems is largely determined by the type of regulation and adaptation to the operation modes especially in case of variable load profile. The equivalent electric energy consumption can be defined by a so-called energy parameter according to the characteristics of a given system parameter (water supply cubic meters, pressure level). This parameter is suitable to compare the energy efficiency of various pumping systems..

Keywords: lifetime costs, pumping work, energy efficiency of pumps, pump control modes, pump operating parameters

1. Introduction

Increasing the energy efficiency of pumping systems represents a huge savings potential in reaching the CO_2-emission rates forecast for 2020 [1]. As a result of the different regulations, EuP, ErP, 640/2009/EC, 641/2009/EC, etc., the past 2-3 years have seen an enormous progress in the field of pump body hydraulics and the energy consumption of motors. Further savings can be achieved by selecting the appropriate type of regulation for the new and existing systems, rather than by improving the efficiency of the pump-motor unit [2], [3]. A prerequisite for this is to select pumps suitable for the given tasks [4]. In addition to the appropriate type of pump and the design alternative, it is also important to consider the number of pumps to be installed for load distribution. The demand profile corresponding to the water supply usually exhibits considerable volatility, especially in the consumption of communal water [5], [6] as is shown in Figure 1. It is increasingly important for this service sector how the pump reacts to the changing demands for reasons related to electricity consumption and the change in the efficiency of the pumps running at partial loads. Very little attention is paid to the energy-efficiency of operation as long as the pump satisfies consumer demands. It is therefore very important to draw attention to the benefits of cost savings resulting from energy efficiency, which can also help address environmental issues.

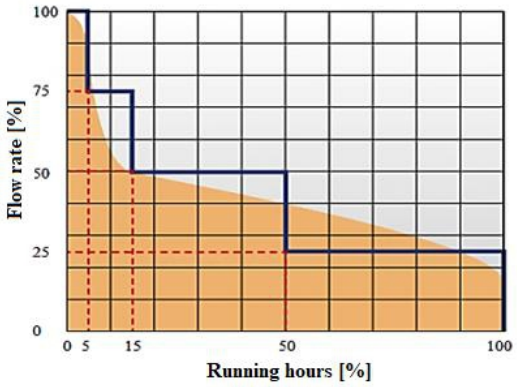


Figure 1. The load profile of a pumping system [7]

2. Energy performance of pumping work

Any form of energy consumption involves losses. The elements of the network cause so-called direct losses, while the use of inappropriate equipment, oversizing etc. lead to indirect losses. Direct losses can be reduced by properly selecting the mode of operation, while indirect losses can be prevented or limited with the help of multidimensional calculations and considerations. These include the so-called: life cycle cost analysis [8]. The eco-friendly selection of equipment should take into account all the costs arising during the full life time of the equipment (including the costs of investment, energy consumption, maintenance, repair, as well as the expenses related to environmental impact and decommissioning). The purchase price usually accounts for only a fraction of these costs, 5-12% in the case of pumps.

The energy costs representing the largest share of costs, which may reach 85%, can be reduced with the use of both planning and operating tools. The energy indicators of the new or upgraded systems can be optimized with planning tools. The energy efficiency of existing systems can be increased by the appropriate selection of the control mode, the operating parameters and the operation. This study aims to highlight the relationship of these latter ones based on actual measurements, and to allow a comparison, an assessment of the operating pumping stations by presenting the rating parameters defined for pumping systems.

3. Measurements

The analysis was performed based on the measurement/calculation of the operating parameters of the three pumps on a test cell arranged according to Figure 2. The body of the pumps used for the measurements in all three cases was the same, only the motors mounted on them were different. The first pump had a traditional, constant-speed type (hereinafter CS, pump typ CR) motor, the second one had the same type of motor with a frequency converter attached to it (hereinafter CFC, pump typ CRE with external frequency converter), and the third one had a so-called „Saver" motor (pump typ CRE Saver). In the case of the pump driven by an external frequency converter, the operating data were taken from the calculations by Grundfos sizing program, because the traditional

motor with an external frequency converter is no longer available in new issue. It was nevertheless considered important to include it in the comparison, as many systems still in operation have this design.
It should be noted as a background information for the evaluation of the analyses that the pump mounted with Saver motor was not tested over the whole characteristic curve range, i.e. up to a speed of 4000 rpm, but was run in the same range as the asynchronous motor, up to a speed of 2870-2900 rpm, allowing hydraulic comparison.

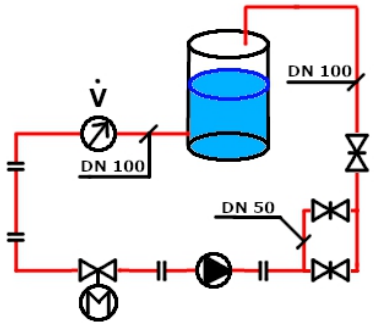


Figure 2. The connection scheme of the measuring bench

4. Results

The power curve of the three pumps under investigation was drawn up at unregulated load (Figures 3., 4., 5.). The diagram illustrates well that the electricity consumption of the pump unit with external frequency converter is higher at full load than that of the constant speed pump. This higher energy need occurs due to the losses arising from the “additional gear” of the external frequency converter. The energy-efficient nature of this pump design is most visible at partial load. The latest Saver drive had the lowest energy need, as expected.

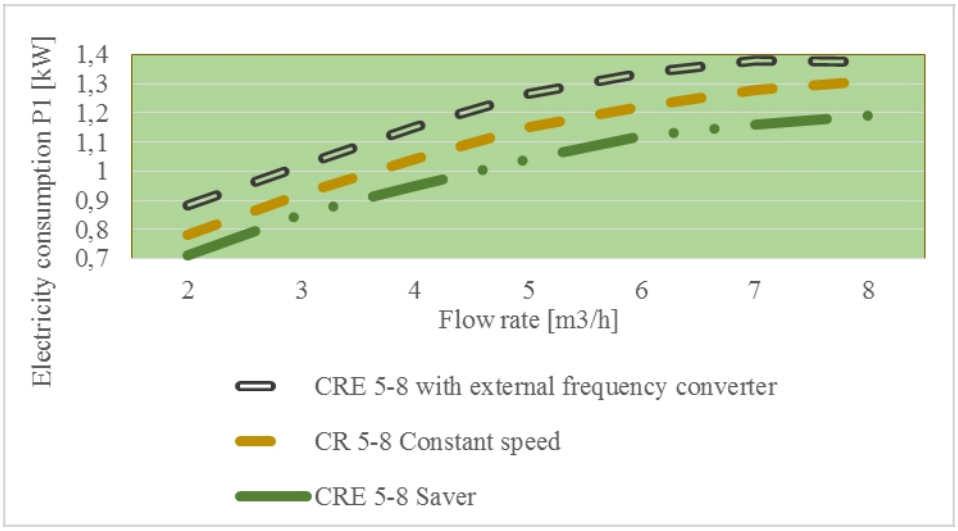


Figure 3. The electricity consumption of the pumps investigated

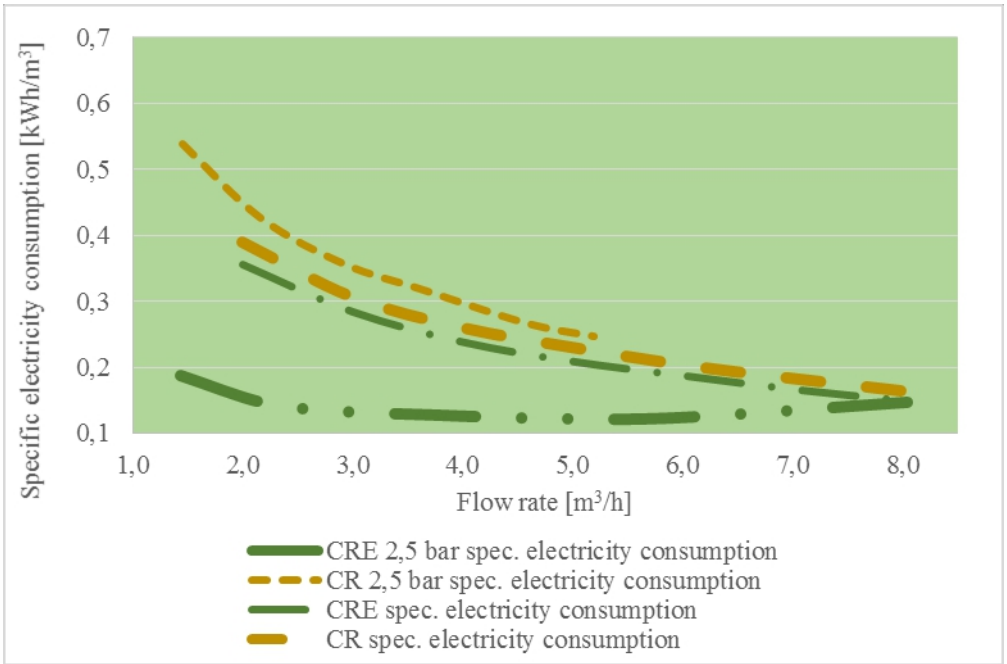


Figure 4. The electricity consumption of the pumps investigated at working curve and at 2.5 bar

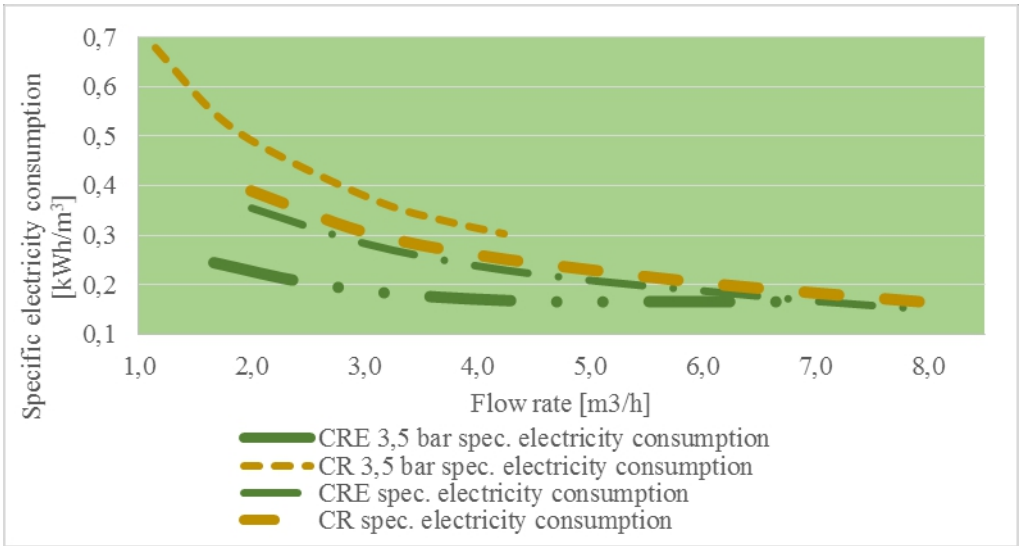


Figure 5. The electricity consumption of the pumps investigated at working curve and at 3.5 bar

Water flow is also a principal parameter in the energetic review of pumping systems. The volume of electricity consumed per cubic metre water supply is analysed based on the measured data at 2.5 bar and 3.5 bar pressure levels (Figure 6.). The comparison of the two diagrams shows that only the volume of specific electricity consumption changes, but the order of the pumps does not. The diagrams also indicate that while the change in specific electricity consumption is 50% in the full flow rate in Saver motors, the fluctuations between the minimum and the maximum values can be as much as 224% in the case of constant speed motor drives.

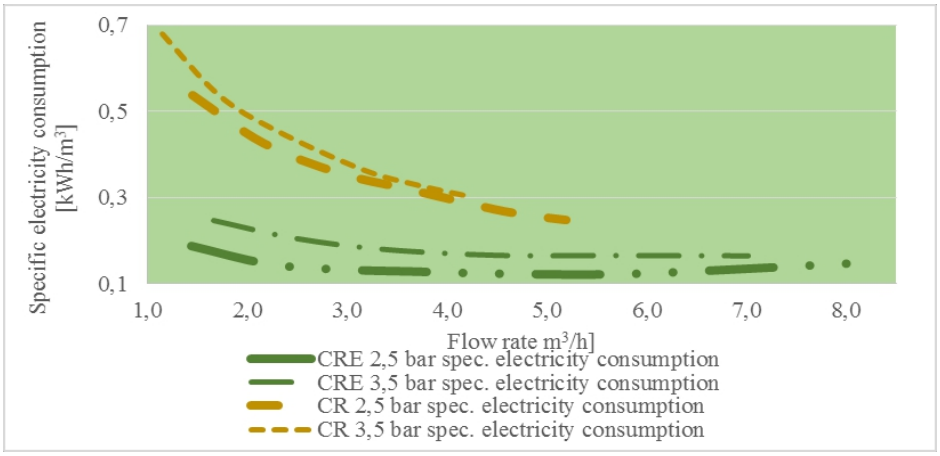


Figure 6. The specific electricity consumption of the pumps investigated in relation to cubic metres water supply at 2.5-bar and 3.5 bar pressure

When comparing the energy consumption of pumping stations, the pressure created is another parameter in addition to water supply that can influence energy consumption. The volume of electricity consumed was examined in relation to the cubic metre of water supplied at the same time and the pressure level, thus defining the **energy parameter (EP)**. The results are shown in Figure 7.

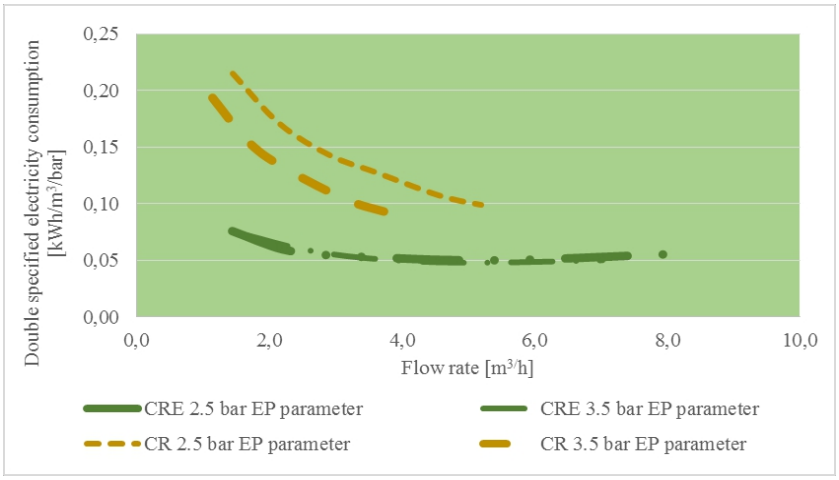


Figure 7. The specific input electricity of the pumps examined per cubic metre water supply and pressure at 2.5 and 3.5 bar pressure

The following conclusions can be drawn from Figure 7.:

- constant speed drive shows lower water consumption, and partial load can be compensated by larger energy consumption;
- the electrical consumption of pumping systems with variable speed drive is not affected by the flow rate or the pressure level, the electricity consumption of the engine adjusts to the variable load;

- the energy parameters of the built-in variable speed and the permanent magnet synchronous motors (Saver motor) are the most favourable;
- the EP values in Saver motors are almost the same over the full load range, including partial load compared to the other two types of regulation where lower flow rates are accompanied by higher electricity consumption.

EP could prove to be a particularly informative tool for the **energy review** or comparison of **pumping stations,** as well as for the decisions about the energy efficient upgrading of pumping systems. The specific values, kWh/m^3, kWh/m^3, bar can also provide information about the economy of operation and the financial savings, promoting **refurbishments aimed at energy rationalization**.

5. Conclusions

Translating the results of research and development into practice as soon as possible can contribute to the operational sustainability of production and infrastructure networks. It is, therefore, important to get to know the technical solutions and the possibilities of their adaption to the existing systems. This study draws attention to the energy savings opportunities offered by the regulation of pumping, particularly in the case of systems operating at partial load. The energy parameter (EP) can serve as a useful indicator when assessing the energy efficiency of a pumping system.

6. References

[1] Ministry of National Development (2012): National Energy Strategy 2030 (Nemzeti Energiastratégia 2030), Budapest, 2012. ISBN 978-963-89328-1-5. (book/chapter in book)
[2] István Józsa (2013): Örvényszivattyúk a gyakorlatban. Budapest, Invest-Marketing Bt., ISBN: 9789638740120 (book/chapter in book)
[3] Plath, M. - Wichmann, K. - Ludwig, G. (2010): Handbuch Energieeffizienz / Energieeinsparung in der Wasserversorgung. Bonn : DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (journal article)
[4] Russel, Jones (2012) alfalaval.hu. http://www.alfalaval.hu/globalassets/documents/media/news/hungary/hatekony-szivattyu-technologia-brosura.pdf. (electronic literature)
[5] Mária, Eördöghné Miklós (2013): Geographical features of the residential piped water consumption (A lakossági vezetékes vízfogyasztás földrajzi sajátosságai Magyarországon.) Pécs, PTE TTK FDI (doctoral dissertation)
[6] Mária, Eördöghné Miklós (2011): Water Providers and Water Consumers for Sustainable Water Supply. (Vízszolgáltatók és vízfogyasztók a fenntartható vízellátásért.). Magyar Épületgépészet, 2011/1-2. szám, pp. 8-11. (journal article)
[7] Michael, Schulz (2003): Anlagenoptimierung durch Reduzierung des Stromaufwandes.., IKZ-Haustechnik, 12. kötet, old.: 35. (book/chapter in book)
[8] http://www.braunschweig.ihk.de/. http://www.braunschweig.ihk.de/fileadmin/v1/images/content/inhaltsbereich/02_artikelbilder/01_geschaeftsfelder/04_innovation_und_umwelt/02_umwelt/08_energieeffizienz_ig/00_downloads_artikel/5_Informationen_zu_Energieeinsparpotenzialen/Pumpensysteme_alle_F. (university education curriculum)

Analiza energijske efikasnosti plinskih kondenzacijskih kotlova

Analysis of the energy efficiency of gas condensing boilers

M. Rauch[1,*], A. Barac[2] , M. Živić[2], A. Galović[1]

[1]Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
[2]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: marija.zivic@sfsb.hr

Sažetak

U radu se analizira energijska efikasnost 27 kondenzacijskih kotlova za koje su potrebni podatci preuzeti iz ispisa mjerenja sastava dimnih plinova ovlaštenih servisera. U okviru ovog rada želi se istaknuti činjenicu da bi energijsku efikasnost kondenzacijskih kotlova trebalo normirati s gornjom ogrjevnom vrijednošću goriva, a ne, kao što je danas uobičajeno, s donjom ogrjevnom vrijednošću goriva. Na taj bi se način izbjeglo dobivanje energijske efikasnosti veće od 100%, što fizikalno nema smisla. Ako se radi o kondenzaciji vodene pare iz dimnih plinova na stjenkama izmjenjivača topline u kotlu, tada je jasno da se kao ulaz u energijsku bilancu mora uzeti gornja ogrjevna vrijednost goriva. I ovako normirana energijska efikasnost pokazat će veću vrijednost ukoliko na izmjenjivačkoj površini kotla kondenzira više vodene pare i bit će znatno veća od energijske efikasnosti konvencionalnih kotlova.

Ključne riječi: kondenzacijski kotao, energijska efikasnost, gornja ogrjevna vrijednost goriva

Abstract

The energy efficiency of 27 condensing boilers, for which measurement data of flue gas composition are received from authorized technicians, is analyzed in the paper. This paper extends the paper presented at the PLIN 2017 conference, in which the calculation algorithm has been elaborated so that the same is not repeated here. Within this paper, it is to be emphasized that the energy efficiency of condensing boilers should be normalized with the higher heating value of the fuel, and not, as is currently the case, with the lower heating value. In this way, the energy efficiency values higher than 100% are avoided, which makes no sense physically. In the case of condensation of water vapor from the flue gas on the heat exchangers of the boiler, it is clear that as the input into the energy balance must take the higher heating value of the fuel. And this normalized energy

efficiency will show greater value if more vapor is condensed on the boiler's exchanger surface and will be significantly greater than the energy efficiency of conventional boilers.

Key words: condensing boiler, energy efficiency, higher heating value

1. Uvod

Odlukom europske komisije 2013., koja je prihvaćena u Republici Hrvatskoj, propisana je obvezna ugradnja, odnosno zamjena dotrajalih uređaja kondenzacijskim kotlovima kako u domaćinstvima tako i u ostalim većim objektima s glavnim ciljem povećanja energijske efikasnosti kotla. To se povećanje svodi na činjenicu da vodena para iz dimnih plinova kondenzira u kotlu, toplina kondenzacije se pridodaje donjoj ogrjevnoj vrijednosti goriva, pa se ta ukupna toplina predaje rashladnom mediju (vodi) u izmjenjivaču topline. Naravno, uvjet kondenzacije se mora u radu kotla i ostvariti na način da temperatura površine izmjenjivača topline na koju nastrujavaju dimni plinovi mora biti niža od temperature kondenzacije (zasićenja) vodene pare u dimnim plinovima. Temperaturu zasićenja određuje parcijalni tlak vodene pare, a koji je jednak produktu ukupnog tlaka dimnih plinova i molnog udjela vodene pare u dimnim plinovima. Niska temperatura stjenke izmjenjivača topline se realizira hlađenjem dimnih plinova, tako da je temperatura vode na ulazu u kotao niža od temperature zasićenja što znači da potrošač koristi toplu vodu na dovoljno niskoj temperaturi.

Kako se u kondenzacijskim kotlovima koristi dodatno toplina kondenzacije vodene pare, tada je preporučljivo, a što jest i fizikalno opravdano, energijsku efikasnost kotla normirati s gornjom (engl. higher heating value, njem. der Brennwert) ogrjevnom vrijednošću goriva, tako da energijska efikasnost kotla bude maksimalno 100%, a nikako veća od te vrijednosti, što je uobičajeno u katalozima proizvođača kotlova ili u ispisima iz uređaja za mjerenje sastava dimnih plinova.

Upotreba kondenzacijskih uređaja, njihove prednosti i nedostaci opisani su u nekoliko objavljenih radova. Centralno postrojenje za zagrijavanje potrošne tople vode naselja od 13 zgrada je praćeno sa svrhom analize toplinskih gubitaka i sezonskih performansi kondenzacijskih kotlova, [1]. Novi kombinirani niskotemperaturni sustav grijanja s nominalnim temperaturama polaza/povrata od 40/30 °C opisan je u [2], dok se opis korištenja tehnologije potrebne za iskorištenje velikih količina topline niske temperature raspoložive iz dimnih plinova industrijskih kondenzacijskih kotlova može naći u [3].

U okviru ovoga rada daje se energijska analiza rada 27 ugrađenih plinskih kondenzacijskih kotlova. Relevantni podatci o sastavu i temperaturi dimnih plinova dobiveni su mjerenjem od strane plinoservisera. Podatci o molnom i masenom sastavu prirodnog plina kao i o njegovoj ogrjevnoj vrijednosti preuzeti su iz laboratorijskih izvještaja o kvaliteti plina za pojedine specifične točke (Slavonski Brod) s web stanice Plinacro, d. o. o.

2. Ulazni podatci i energijska analiza

Ulazni podatci koji su korišteni u ovoj analizi dobiveni su od ovlaštenih servisera i to za 27 ispitivanih kotlova. Ti su ulazni podatci prikazani u prva četiri stupca u Tablici 1, a koji redom znače: toplinski učinak (snaga) kotla, Φ_{kotla}, u kW, faktor pretička atmosferskog zraka λ, izlazna temperatura dimnih plinova, $\vartheta_{dp,iz}$, u °C te ulazna temperatura atmosferskog zraka $\vartheta_{zr,ul}$, izražena također u °C. Osjetna ulazna entalpija goriva je zanemarena.

Tablica 1. Ulazni podatci i izračunate vrijednosti ispitivanih plinskih kotlova

Φ_{kotla}, kW	λ	$\vartheta_{dp,iz}$, °C	$\vartheta_{zr,ul}$, °C	$q_{V,H20,kond}$, l/h	η_{kotla}, %	$q_{V,pl}$, m³/h	y_{O2}, %	y_{CO2}, %
25	1,31	84,1	26,1	-	87,26	2,75	5,39	8,79
35	1,34	76,5	25,6	-	87,54	3,83	5,77	8,58
30	**1,34**	**47,4**	**27,4**	**1,35**	**91,37**	**3,15**	**5,77**	**8,58**
20	1,35	55,7	23,6	-	88,43	2,17	5,89	8,51
25	1,36	66,8	21,0	-	87,78	2,73	6,01	8,44
35	**1,34**	**47,7**	**22,2**	**1,51**	**91,00**	**3,69**	**5,77**	**8,58**
35	1,34	57,7	25,9	-	75,11	4,47	5,77	8,58
30	1,34	54,1	13,6	-	88,10	3,27	5,77	8,58
24	1,46	67,5	17,6	-	87,45	2,63	7,11	7,82
30	1,46	67,5	17,6	-	87,45	2,63	7,11	7,82
35	**1,34**	**18,7**	**12,2**	**4,46**	**98,49**	**3,41**	**5,77**	**8,58**
25	1,36	65,2	29,1	-	88,20	2,72	6,01	8,58
30	**1,34**	**52,9**	**28,2**	**0,13**	**88,16**	**3,26**	**5,77**	**8,58**
20	**1,34**	**43,7**	**26,1**	**1,30**	**93,02**	**2,06**	**5,77**	**8,58**
24	1,35	61,2	27,9	-	88,35	2,60	5,89	8,51
20	1,35	55,7	23,6	-	88,43	2,17	5,89	8,58
25	1,36	66,8	21,0	-	87,78	2,73	6,01	8,44
35	**1,34**	**47,7**	**22,2**	**1,51**	**91,00**	**3,69**	**5,77**	**8,58**
35	1,34	57,7	25,9	-	88,44	3,79	5,77	8,58
25	**1,34**	**45,7**	**25,3**	**1,37**	**92,10**	**2,60**	**5,77**	**8,58**
30	1,34	54,1	13,6	-	88,10	3,27	5,77	8,58
24	1,46	67,5	17,6	-	87,45	2,63	7,11	7,82
35	**1,34**	**18,7**	**12,2**	**4,46**	**98,49**	**3,41**	**5,77**	**8,58**
25	1,36	65,2	29,1	-	88,20	2,72	6,01	8,44
30	**1,34**	**52,9**	**28,2**	**0,13**	**88,16**	**3,26**	**5,77**	**8,58**
20	**1,34**	**43,7**	**26,1**	**1,30**	**93,02**	**2,06**	**5,77**	**8,58**
24	1,35	61,2	27,9	-	88,35	2,60	5,89	8,51

Za gorivo je uzeto plinovito gorivo (prirodni plin) čiji je molni sastav određen kromatografskom analizom, i taj molni sastav prikazuje Tablica 2.

Tablica 2. Molni sastav prirodnog plina

Sudionici prirodnog plina	Molni sastav %
N_2	1,606
CO_2	0,119
CH_4	94,748
C_2H_6	2,845
C_3H_8	0,508
i – C_4	0,071
n – C_4	0,068
i – C_5	0,012
n – C_5	0,008
C_6	0,015

Gornja ogrjevna vrijednost ovog goriva računa se prema sljedećoj jednadžbi,

$$\Delta H_{mg}(0^{o}C) = \sum_{i} y_i \Delta H_{mgi} = 888892\,\text{kJ/kmol} \tag{1}$$

Daljnji proračun je izveden prema algoritmu koji je u svojoj cjelovitosti prikazan u [1].
U radu je dalje uzeto da je ukupni tlak zraka i dimnih plinova 1 bar, a prema dobivenim rezultatima ispitivanja kotlova od strane servisera, za zaključiti je da se u svakom kotlu radilo o potpunom izgaranju navedenog prirodnog plina, budući da se CO javljao u rasponu 22 – 97 ppm. Parcijalni tlak vodene pare u dimnim plinovima izračunat je prema jednadžbi

$$p'_{\mathrm{H_2O}} = \frac{n_{\mathrm{H_2O}}}{n_{\mathrm{vdp}}} p = \frac{n_{\mathrm{H_2O}}}{n_{\mathrm{vdp}}} \cdot 1 = \frac{n_{\mathrm{H_2O}}}{n_{\mathrm{vdp}}} \tag{2}$$

Količina vodene pare n_{H2O} po kilomolu prirodnog plina je konstantna i iznosi 2,00063 kmol/kmol, dok količina vlažnih dimnih plinova ovisi o faktoru pretička zraka λ koji je zadan kao ulazni podatak za pojedini plinski kotao.
Pripadajući tlak zasićenja vodene pare u zavisnosti o temperaturi T izračunat je prema jednadžbi

$$\ln \frac{p_s}{p_{tr}} = 25{,}08 - 6850{,}98/T - 5{,}625 \ln \frac{T}{T_{tr}} \tag{3}$$

pri čemu je za vodu p_{tr} = 0,006112 bar i T_{tr} = 273,16 K. Na osnovi jed.(2) i jed.(3) iterativno je određena temperatura zasićenja ϑ' (p'_{H_2O}) koja predstavlja temperaturu kondenzacije (zasićenja) vodene pare, te se ta temperatura uspoređuje s temperaturom dimnih plinova, $\vartheta_{dp,iz}$, na izlazu iz kotla. Tablica 3 prikazuje vrijednosti temperatura ϑ' i $\vartheta_{dp,iz}$ u zavisnosti o toplinskom učinku (snazi) kotla.

Tablica 3. Vrijednosti ϑ' i $\vartheta_{dp,iz}$ ispitivanih plinskih kotlova

Φ_{kotla}, kW	ϑ', °C	$\vartheta_{dp,iz}$, °C
25	53,79	84,10
35	53,35	76,50
30	**53,35**	**47,40**
20	53,21	55,70
25	53,07	66,80
35	**53,35**	**47,70**
35	53,35	57,70
30	53,35	54,10
24	51,71	67,50
24	51,71	67,50
35	**53,35**	**18,70**
25	53,07	65,20
30	**53,35**	**52,90**
20	**53,35**	**43,70**
24	53,21	61,20
20	53,21	55,70
25	53,07	66,80
35	**53,35**	**47,70**
35	53,35	57,70
25	**53,35**	**45,70**
30	53,35	54,10
24	51,71	67,50
35	**53,35**	**18,70**
25	53,07	65,20
30	**53,35**	**52,90**
20	**53,35**	**43,70**
24	53,21	61,20

Tablica 3 jasno pokazuje kod kojih je kotlova došlo do kondenzacije vodene pare, a kod kojih nije. Vidi se da se za zadano gorivo temperatura zasićenja vodene pare kreće od 51,71 °C do 53,79 °C. Kondenzacija će nastupiti jedino u onim slučajevima kod kojih je

temperatura dimnih plinova na izlazu iz kotla $\vartheta_{dp,iz}$ niža od temperature zasićenja ϑ', ($\vartheta_{dp,iz} < \vartheta'$,).

Tablice 2 i 3 pokazuju da je od ukupno 27 ispitivanih kotlova njih 10 (naznačeni su u tablicama podebljanim slovima) radilo u kondenzacijskom režimu, dok za preostalih 17 uvjeti kondenzacije nisu bili ostvareni.

Postavlja se pitanja zašto dotični kotlovi nisu postigli režim kondenzacije. Odgovor leži u činjenici da režim rada kotla mora nužno biti povezan s potrošačem toplinske energije na način da pri svakom režimu rada kotla budu ostvareni uvjeti kondenzacije. Za promatrano gorivo za preporučiti je da voda koja se grije u kotlu ulazi primjerice s 30 °C, a izlazi s 40 °C, kakav je režim prikladan za podna grijanja prostorija. Nadalje, kako je koeficijent konvektivnog prijenosa topline na strani vode bitno veći od koeficijenta konvektivnog prijenosa topline na strani dimnih plinova, tada će i temperatura stjenke cijevi, na kojoj kondenzira ili ne kondenzira vodena para iz dimnih plinova, uvijek biti bliže temperaturi vode u cijevi, a upravo ta temperatura stjenke cijevi ϑ_s mora biti niža od temperature zasićenja ϑ', $\vartheta_s < \vartheta'$, da bi došlo do kondenzacije vodene pare iz dimnih plinova. Tako za slučaj postojanja kondenzacije mora vrijediti

$$\vartheta_w < \vartheta_s < \vartheta' < \vartheta_{dp} \tag{4}$$

Podatci u stupcima 5 – 9 u Tablici 1 prikazuju rezultate proračuna, za svih 27 ispitivanih kotlova, a to su: volumenski protok kondenzirane pare $q_{V,H20,kond}$, efikasnost kotla η_{kotla}, volumenski protok prirodnog plina q_V te postotni molni udjeli kisika i ugljičnog dioksida u suhim dimnim plinovima izgaranja. Energijska efikasnost kotla normirana je za sve slučajeve s gornjom ogrjevnom vrijednošću goriva i evidentno je da je ona najveća za slučaj najniže temperature dimnih plinova na izlazu iz ložišta, a koja iznosi 18,7 °C uz pripadajući η_{kotla} = 98,49%. Također se vidi da se efikasnosti kotlova kod kojih nije došlo do kondenzacije nalaze u intervalu od 87,26% do 88,43 %. Može se uočiti da se volumenski protok prirodnog plina koji potpuno izgara u ložištu povećava s nazivnom snagom kotla, ali se smanjuje s porastom količine kondenzirane vodene pare. Zadnja dva stupca u Tablici 1 prikazuju molne udjele kisika i ugljičnog dioksida svedene na suhe dimne plinove. Dobiveni rezultati ne pokazuju bitne razlike njihovih vrijednosti u svim ispitivanim slučajevima.

3. Zaključak

Provedena analiza je pokazala da je od ukupno 27 ispitivanih kotlova samo njih 10, tj. njih 37%, radilo u kondenzacijskom režimu, dok kod preostalih 17 odnosno 63% to nije bio slučaj. To svakako nije dobro, budući da i sam naziv kondenzacijski kotao implicira na činjenicu da bi oni trebali raditi u kondenzacijskom režimu, s povećanom energijskom efikasnošću, uz smanjenu potrošnju prirodnog plina, a time smanjenu količinu, u atmosferu ispuštenog, ugljičnog dioksida kao neželjenog stakleničkog plina. Razlog nepostojanja kondenzacije leži u činjenici što je temperatura vode na ulazu u kotao, a koja je jednaka izlaznoj temperaturi vode potrošača, bila dovoljno visoka da se nije mogao ostvariti uvjet

kondenzacije vodene pare iz dimnih plinova na izmjenjivaču topline dimni plinovi – voda u plinskom kotlu, tj. nije se realizirala temperaturna raspodjela shodno izrazu (4). Za promatrani prirodni plin uvjeti kondenzacije se mogu realizirati primjerice u procesu pripreme potrošne tople vode ili za režim podnog grijanja 40/30 °C, budući da se temperatura kondenzacije vodene pare u nastalim dimnim plinovima nalazi u rasponu 51 – 54 °C.

Također je važno naglasiti da bi se energijska efikasnost kondenzacijskih plinskih kotlova trebala normirati s gornjom ogrjevnom vrijednošću goriva, a ne s donjom. Na taj bi se način izbjegle fizikalno nerealne vrijednosti energijske efikasnosti veće od 100%, a koje se mogu naći u mnogim prospektima proizvođača plinskih kondenzacijskih kotlova.

4. Literatura

[1] Cirillo E, Lazzarin R, Piccininni F, Caliari R. Energy analysis of a central domestic hot water heating system equipped with condensing boilers // International journal of energy research, 14(1990), 1; 73–81; DOI: 10.1002/er.4440140109

[2] Hasan A, Kurnitski J, Jokiranta K. A combined low temperature water heating system consisting of radiators and floor heating // Energy Build, 41(2009), 470–479. DOI:10.1016/j.enbuild.2008.11.016.

[3] Chen, Qun; Finney, Karen; Li, Hanning; Zhang, Xiaohui; Zhou, Jue; Sharifi, Vida; Swithenbank Jim. Condensing boiler applications in the process industry // Applied Energy, 89(2012), 1, January, 30–36, DOI:10.1016/j.apenergy.2010.11.

[4] Živić, M., Galović, A., Avsec, J., Barac, A.: Application of Gas Condensing Boilers in Domestic Heating, Tehnički vjesnik 26, 3(2019), 681 – 685, DOI:10.17559/TV-20180831125929

[5] Stephan K., Mayinger, F. Thermodynamik, Band 1: Einstoffsysteme, 15. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 1998. ISBN 978-3-642-30098-1.

Rezultati energetske obnove zgrada na području Osječko-baranjske županije
Results of Energy Renovation of Building in Osijek-Baranja County

D. Dvoržak[1], M. Ivanović[2]* H. Glavaš[3]

[1] Grad Osijek, Hrvatska
[2] PANON – institut za strateške studije Osijek, Hrvatska
[3] Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Hrvatska

*Autor za korespodenciju. E-mail: panon.institut@gmail.com

Sažetak
Rad pruža pregled rezultata energetske obnove stambenih i javnih zgrada na području Osječko-baranjske županije. Ukazuje se na strukturu namjene javnih zgrada po gradovima i naseljima i na projektirane uštede u energetskoj potrošnji te daje pregled po gradovima i naseljima energetske obnove za višestambene zgrade. U zaključku se naglašava da bi distributeri energenata na području Osječko-baranjske županije trebali uskladiti svoje poslovne planove za nabavu i isporuku energenata sukladno energetskoj obnovi zgrada.

Ključne riječi: Energetska obnova zgrada, Javne zgrade, Osječko-baranjska županija, Potrošnja energije u zgradarstvu, Višestambene zgrade

Abstract
The paper provides an overview of results from the energy renovation of residential and public buildings in Osijek-Baranja County. The structure of purpose public buildings by cities and settlements and projected savings in energy consumption are pointed out. It also provides an overview of cities and towns for energy renovation of multi-residential buildings. In conclusion, it is emphasized that energy distributors in Osijek-Baranja County should, therefore, harmonize their business procurement plans for the supply of energy products in accordance with the energy renovation of buildings.

Key words: Buildings energy consumption, Energy renovation of buildings, Osijek-Baranja County, Public buildings, Residential buildings

1. Uvod

U zgradama se transformira više od 42,3% ukupne energije, a u posljednjih 30-tak godina (zbog porasta standarda) taj udio raste. Većina zgrada u Hrvatskoj je izgrađena do kraja osamdesetih godina prošlog stoljeća te ima slabu ili nikakvu toplinsku izolaciju; takve zgrade troše 5 puta više energije od zgrada energetskog razreda B [1] [2].
Europski parlament i Vijeće donijeli su Direktivu 2012/27/EU o energetskoj učinkovitosti [3]. U drugom poglavlju (Učinkovitost u uporabi energije) u dijelu „Obnova zgrada“ (čl.4) ističe se: *„Države članice uspostavljaju dugoročnu strategiju za poticanje ulaganja u obnovu*

nacionalnog fonda stambenih i poslovnih zgrada, javnih i privatnih".[1] U čl.5. „Zgrade javnih tijela kao uzor" ističe se „*Države članice EU se prema Direktivi 2012/27/EU obvezuju od 1. siječnja 2014. godine svake godine obnove 3% ukupne površine poda grijanih i/ili hlađenih zgrada u vlasništvu i uporabi središnje vlasti*." Cilj je potaknuti obnovu energetski neučinkovitih građevinskih objekata u javnom vlasništvu kako bi se smanjili troškovi za njihovo održavanje te ujedno pružiti primjer građanima kako energetska obnova rezultira ne samo energetskim i financijskim uštedama, već i boljom kvalitetom korištenja prostora [3].

Temeljem rečene direktive Vlade Republike Hrvatske usvojile su: „Program energetske obnove zgrada javnog sektora 2014. – 2015." [4], Program energetske obnove višestambenih zgrada od 2014. do 2020. godine [5] te Program energetske obnove zgrada javnog sektora za razdoblje 2016. – 2020.[6], a za provedbena tijela određeni su Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost te Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja.

Prema podacima iz Nacionalnog informacijskog sustava za gospodarenje energijom (ISGE), u Republici Hrvatskoj je u 2010. g. evidentirano 13,8 milijuna m^2 korisne površine zgrada javnog sektora; a 43,9% površine su u režimu grijanja. Provedbom mjera energetske učinkovitosti odnosno energetskom obnovom se planira smanjiti potrošnju energije u zgradama javnog sektora od 30 do 60%, odnosno na 150 kWh/m^2 godišnje i smanjiti emisiju CO_2 za oko 20.500 tona godišnje [7]. U 2017. godini je otvoren Poziv 'Energetska obnova zgrada i korištenje obnovljivih izvora energije u zgradama javnog sektora' u sklopu kojeg je osigurano 380 milijuna kuna za energetsku obnovu zgrada javnog sektora. Najniži iznos bespovratnih sredstava koji se dodjeljivao za financiranje prihvatljivih troškova projekta je bio 80.000 kuna, a najviši 40.000.000 kuna. Bespovratna sredstva dodjeljivala su se putem otvorenog postupka dodjele bespovratnih sredstava u modalitetu trajnog poziva [8].

2. Energetska obnova zgrada na području Osječko-baranjske županije

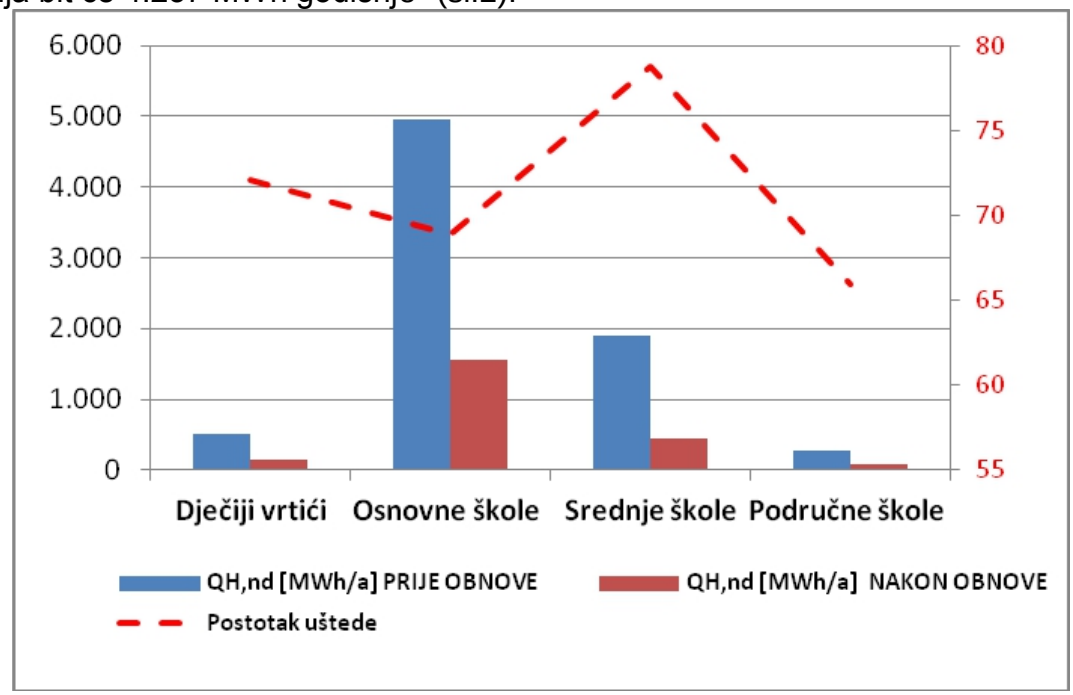
2.1. Javne zgrade

U javne zgrade ubrajaju se zgrade javne namjene - obavljanju poslova u području društvenih djelatnosti (odgoja, obrazovanja, prosvjete, znanosti, kulture, sporta, zdravstva i socijalne skrbi), radu državnih tijela i organizacija, tijela i organizacija lokalne i područne samouprave, pravnih osoba s javnim ovlastima, banaka, štedionica i drugih financijskih organizacija, međunarodnih institucija, gospodarskih, strukovnih i građanskih komora i drugih udruga, vjerskih zajednica, putnicima u javnom prometu te korisnicima poštanskih i elektroničkih komunikacijskih usluga.

- U okviru Poziva 4c1.2 (Pilot projekt „Energetska obnova zgrada i korištenje obnovljivih izvora energije u javnim ustanovama koje obavljaju djelatnost odgoja i obrazovanja") na području Osječko-baranjske županije (OBŽ) završen je jedan projekt „Energetska obnova zgrade Osnovne škole "Vladimir Nazor", Đakovo.
- U okviru Poziva 4c1.3. („Energetska obnova zgrada i korištenje obnovljivih izvora energije u javnim ustanovama koje obavljaju djelatnost odgoja i obrazovanja") na području OBŽ provedena su 24 projekta[2]; tako su energetski obnovljene zgrade tri dječija vrtića (Belišće, Đakovo, Našice), 11 zgrada osnovnih škola (2x Čepin, Dalj, Feričanci, Koška, Ladimirevci, 2x Osijek, Semeljci, Valpovo i Vuka), i šest zgrada područnih škola (Črnkovci, Kapelna, Kotlina, Kozarac, Novi Bezdan i Petlovac) te

[1] Prva verzija strategije objavljuje se do 30. travnja 2014. i nakon toga ažurira svake tri godine te dostavlja Komisiji u sklopu nacionalnih akcijskih planova za energetsku učinkovitost.
[2] Završeni su građevinski radovi, a u tijeku je izrada završnih izvješća.

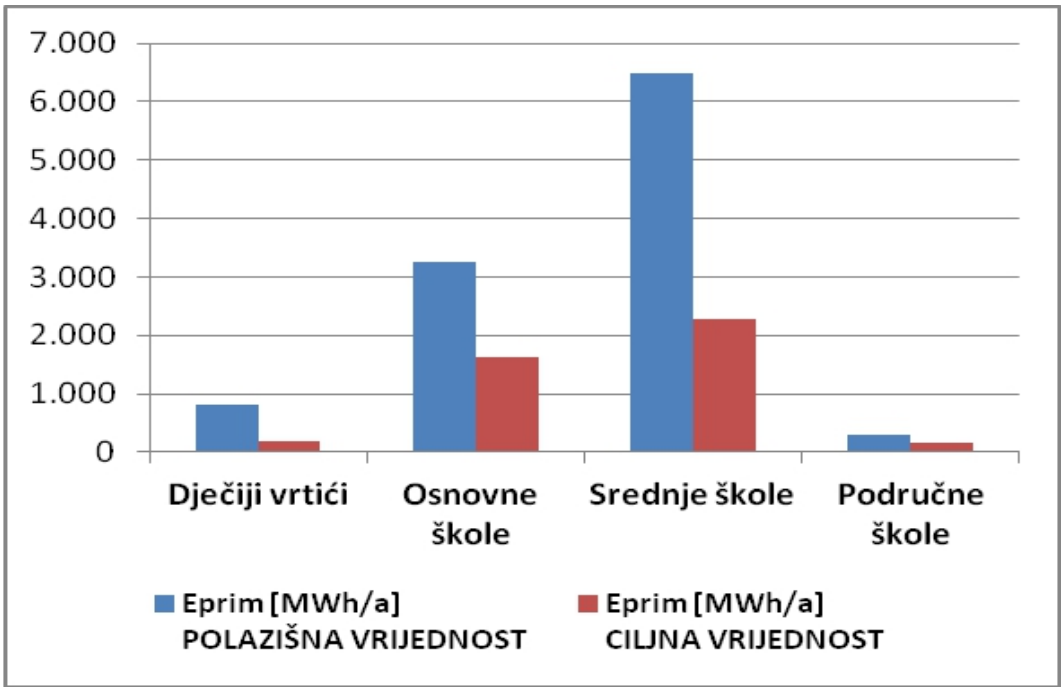
četiri zgrade srednjih škola (Beli Manastir, Đakovo, Našice i Osijek). Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade - QH,nd [kWh/(m²/a)] - prije građevinskih zahvata iznosila je u ovim objektima 7.150 MWh godišnje, a projektirana buduća potrošnja bit će 2.067 MWh godišnje - što čini projektiranu uštedu od 71% (sl.1).
- Godišnja primarna energija po jedinici ploštine korisne površine zgrade Eprim [kWh/(m²/a)] prije građevinskih zahvata iznosila je u ovim objektima 10.848 MWh, a projektirana buduća potrošnja bit će 4.237 MWh godišnje[3] (sl.2).



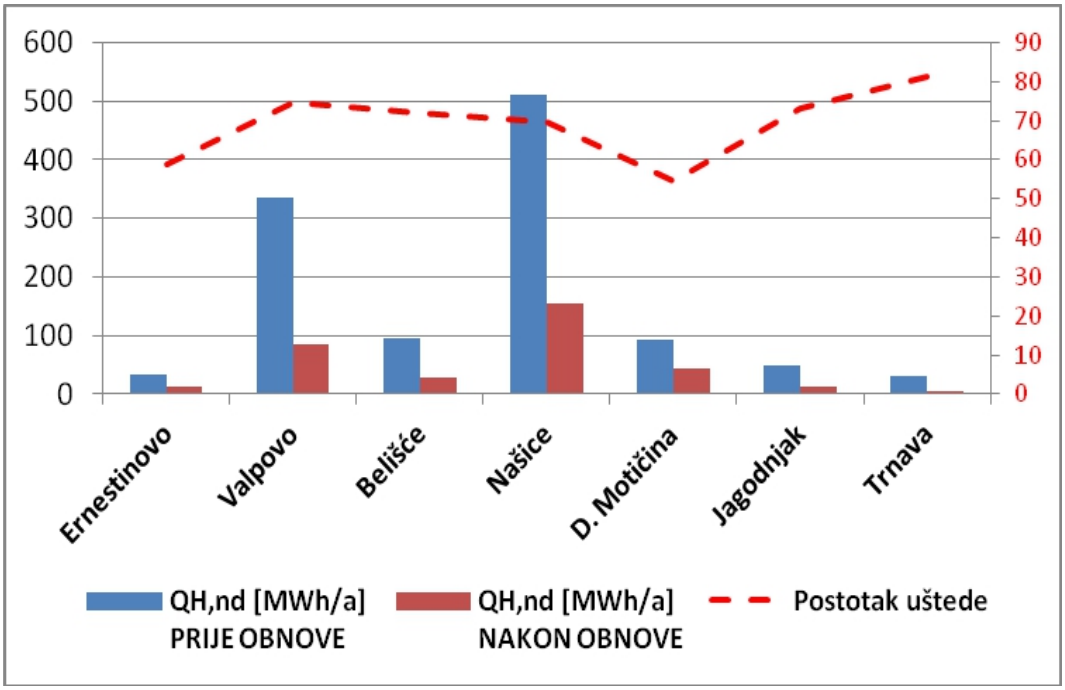
Slika 1. Potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade u energetski obnovljenim javnim zgradama Osječko-baranjske županije [9]

- U okviru Poziva 4c1.4. (Energetska obnova i korištenje obnovljivih izvora energije u zgradama javnog sektora) na području OBŽ u provedbi je 11 projekata kod kojih su radovi započeli (u 8 naselja) ili su građevinski radovi su završeni (u 3 naselja). Radi se o energetskoj obnovi i korištenju obnovljivih izvora energije u zgradama dobrovoljnih vatrogasnih društava (5), zgradama sportskih objekata (3), društvenog doma (1), dječijeg vrtića (1) i upravne zgrade JLS (1). Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade - QH,nd [kWh/(m²/a)] - prije građevinskih zahvata iznosila je u ovim objektima 1.147 MWh godišnje, a projektirana buduća potrošnja bit će 341 MWh godišnje - što čini projektiranu uštedu od 70,3% (sl.3).

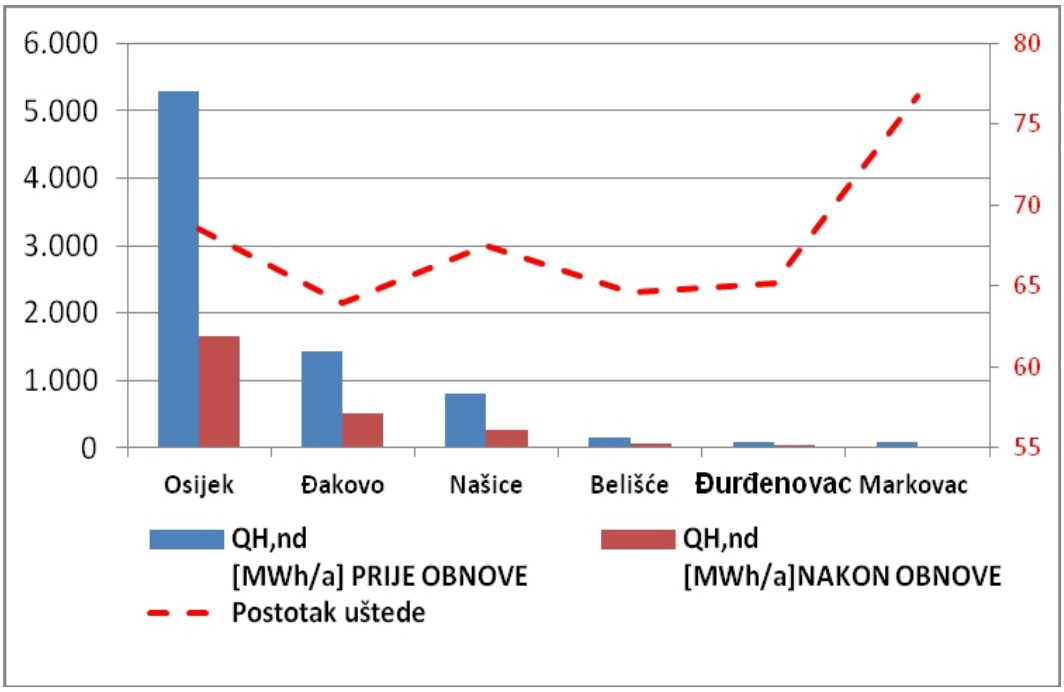
[3] Godišnja primarna energija po jedinici ploštine korisne površine zgrade **Eprim [kWh/(m² ·a)]** uključuje energiju za grijanje, hlađenje, ventilaciju i pripremu potrošne tople vode.



Slika 2. Godišnja primarna energija po jedinici ploštine korisne površine zgrade u energetski obnovljenim javnim zgradama Osječko-baranjske županije [9]



Slika 3. Potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade u energetski obnovljenim javnim zgradama s korištenjem obnovljivih izvora energije na području Osječko-baranjske županije [9]

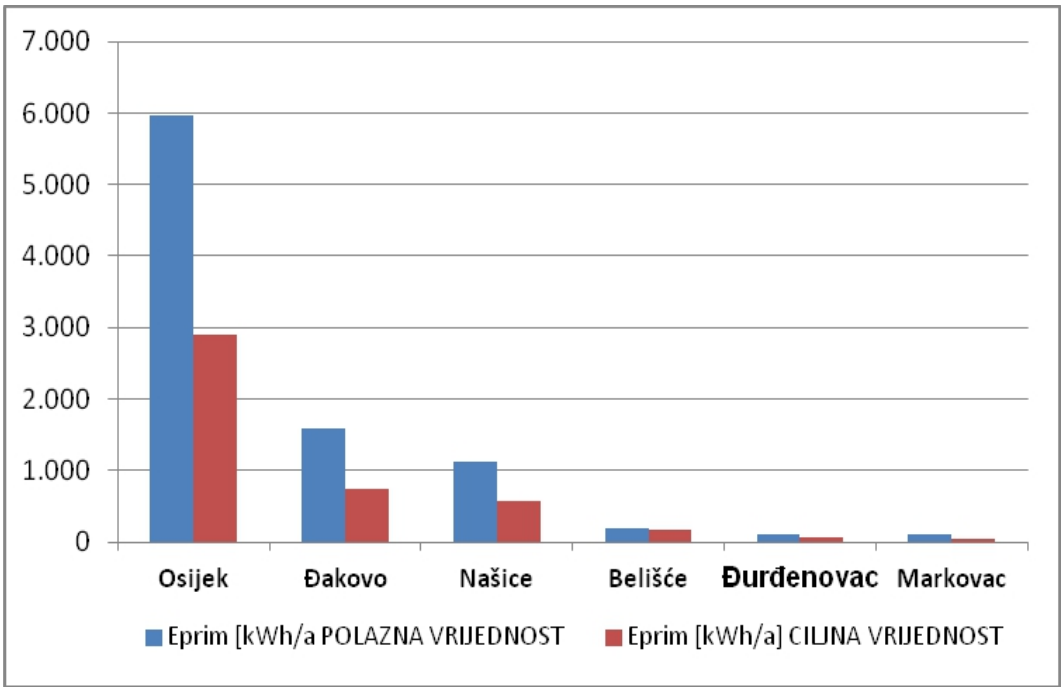


Slika 4. Potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade u energetski obnovljenim višestambenim zgradama Osječko-baranjske županije [9]

2.2. Višestambene zgrade

Pod pojmom 'višestambena zgrada' smatra se svaka ona zgrada koja je u cijelosti ili u kojoj je više od 50% bruto podne površine namijenjeno za stanovanje te ima tri ili više stambenih jedinica, i kojom upravlja upravitelj zgrade, koji je pravna ili fizička osoba,

- U okviru Poziva 4c2.2. (Energetska obnova višestambenih zgrada) na području OBŽ završena su 23 projekta (za njih su dostavljena konačno odobrena Završna izvješća o provedbi projekta), jedan projekt ima privremeno odobreno Završno izvješće, a kod 13 projekata građevinski radovi su završeni.
- Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade QH,nd [kWh/(m^2/a)] prije građevinskih zahvata iznosila je u ovim objektima 811 MWh godišnje, a projektirana buduća potrošnja bit će 264 MWh godišnje - što čini projektiranu uštedu od 68% (sl.4).
- Godišnja primarna energija po jedinici ploštine korisne površine zgrade Eprim [kWh/(m^2 /a)] prije građevinskih zahvata iznosila je u ovim objektima 1,1MWh, a projektirana buduća potrošnja bit će 0,57 MWh godišnje (sl.5).



Slika 5. Godišnja primarna energija po jedinici ploštine korisne površine zgrade u energetski obnovljenim višestambenim zgradama Osječko-baranjske županije [9]

3. Zaključak

Ispunjavanje zahtjeva energetske politike EU rezultiralo je usvajanjem nacionalnih programa energetske obnove javnih i višestambenih zgrada. Uz pomoć bespovratna sredstva iz EU fondova u razdoblju od 2017.do 2019. godine u Republici Hrvatskoj raspisana su četiri javna poziva za energetsku obnovu javnih i višestambenih zgrada. U okviru javnih poziva jedinice lokalne samouprave, regionalne uprave (za javne zgrade) i upravitelji zgrada (za višestambene zgrade) s područja OBŽ prijavile su više desetaka projekata.

U okviru Poziva „Energetska obnova zgrada i korištenje obnovljivih izvora energije u javnim ustanovama koje obavljaju djelatnost odgoja i obrazovanja“ (tijekom 2017.-2018.) realizirana 24 projekta; energetski su obnovljene zgrade tri dječija vrtića, 11 zgrada osnovnih škola i šest zgrada područnih škola te četiri zgrade srednjih škola. Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje prije građevinskih zahvata iznosila je u ovim objektima 7.150 MWh godišnje, a projektirana buduća potrošnja bit će 2.067 MWh godišnje - što čini projektiranu uštedu od 71%. Godišnja primarna energija prije građevinskih zahvata iznosila je u ovim objektima 10.848 MWh, a projektirana buduća potrošnja bit će 4.237 MWh godišnje.

U okviru energetske obnove i korištenja obnovljivih izvora energije u javnim zgradama na području OBŽ u provedbi je 11 projekata kod kojih su radovi započeli (u 8 naselja) ili su građevinski radovi su završeni (u 3 naselja). Radi se o zgradama dobrovoljnih vatrogasnih društava (5), zgradama sportskih objekata (3), društvenog doma (1), dječijeg vrtića (1) i upravne zgrade JLS (1). Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje prije građevinskih zahvata iznosila je u ovim objektima 1.147 MWh godišnje, a projektirana buduća potrošnja bit će 341 MWh godišnje - što čini projektiranu uštedu od 70,3%.

U okviru Poziva Energetska obnova višestambenih zgrada na području OBŽ završena su 23 projekta, jedan projekt ima privremeno odobreno Završno izvješće, a kod 13 projekata građevinski radovi su završeni. Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje u ovim

objektima prije građevinskih zahvata iznosila je 811MWh godišnje, a projektirana buduća potrošnja bit će 264 MWh godišnje - što čini projektiranu uštedu od 68%. Godišnja primarna energija prije građevinskih zahvata iznosila je u ovim objektima 1.128MWh, a projektirana buduća potrošnja bit će 579 MWh godišnje.
U obnovljenim zgradama na području OBŽ energetska potreba prije obnove od 9.598 MWh smanjiti će se za 6.759 MWh godišnje. Promjena konzuma odražava se na OBŽ distributere energenata koji bi trebali pratiti energetsku obnovu zgrada te sukladno realizaciji energetske obnove uskladiti svoje poslovne planove za nabavu i isporuku energenata.

6. Literatura

[1] Ivanović, Milan; Blažević, Damir; Glavaš, Hrvoje. The Structure of Electricity Consumption and its Utilisation Efficiency in European Transition Countries //IJECES – International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems; (2011.) Vol.1, No.2; pp 18 -32 (ISSN 1847-6996)
[2] Glavaš, Hrvoje; Ivanović, Milan; Blažević, Damir. Program of Efficient Use of Energy in Final Energy Consumption on the Area of Eastern Croatia, 1st International scientific conference „Economy of Easter Croatia“, Osijek, May 20, 2012; Proceedings, pp 54 – 64 (ISBN 978-953-253-106-0)
[3] Europski parlament. Direktiva 2012/27/EU o energetskoj učinkovitosti. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=EN
[4] Vlada Republike Hrvatske. Program energetske obnove zgrada javnog sektora 2014. – 2015.; Zagreb, 31. listopada 2013.
[5] Vlada Republike Hrvatske. Program energetske obnove višestambenih zgrada od 2014. do 2020. godine, Zagreb 2014.
[6] Vlada Republike Hrvatske. Program energetske obnove zgrada javnog sektora za razdoblje 2016. – 2020.; NN 22/17
[7] Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost. Energetska obnova javnih zgrada http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/enu_u_zgradarstvu/energetska_obnova_javnih_zgrada/
[8] Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost. Energetska učinkovitost u zgradarstvu, http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/enu_u_zgradarstvu/energetska_obnova_visestambenih_zgrada/
[9] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja. Pregled potpisanih ugovora - Poziv "Energetska obnova i korištenje obnovljivih izvora energije u zgradama javnog sektora",https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages/EUFondovi/...2/KK.04.2.2.01.ugovori.pdf

Primjena stakloplastike u hidrotehnici
Using of fiberglass in hydrotechnics

A. Jurić[1,*], T. Mijušković - Svetinović[1], D. Vidaković[1]

[1]Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: ajuric@gfos.hr

Sažetak

Primjena stakloplastike u građevinarstvu je u stalnom porastu. Pored raznih pokrova i stropova, sve više, najčešće spregnuta s drugim materijalima, nalazi primjenu i u elementima nosivih konstrukcija. Vrlo često se danas primjenjuje za izradu rezervoara i bazena. U posljednje vrijeme ovaj materijal se koristi i u sanitarnoj hidrotehnici, u vodoopskrbi i odvodnji za izradu cijevi i to kako za gravitacijsko tečenje tako i za tečenje pod tlakom. Staklom ojačana duromerna plastika (GFRP – glass fibre reinforced plastic) na osnovi poliestera, odnosno nezasićenih poliesterskih smola (UP - unsaturated polyester resin) pokazala se kao zahvalan materijal za izradu cijevi zbog svojih dobrih svojstava, a to su dugotrajnost, dobra mehanička svojstva, otpornost na koroziju i kiseline. Cijevi od ovog materijala su lagane, a montaža i spajanje ovih cijevi je jednostavno. U članku su opisane karakteristike ovog materijala kao i mogućnosti njegove primjene, od kojih je jedna, koja je ušla u građevinsku praksu, izrada kontrolnih okana i drugih objekata kanalizacije (ulazna okna, kaskadna okna, okna s preljevima, slivnici i dr.) ali i okana tlačnih cjevovoda (okna crpnih stanica, vodomjerna okna, okna za smještaj armature i dr.). U članku su dane karakteristike i prednosti okana od staklom ojačane duromerne plastike u odnosu na tradicijska okna koja se izvode na licu mjesta, odnosno armirano betonske objekte s oplatom. Dan je, također, pregled tehnologije rada s oknima od stakloplastike te je prikazano više tipova ovih objekata za različite namjene.

Ključne riječi: stakloplastika, cijevi, okna, tehnologija rada, izvedba, proizvod

Abstract

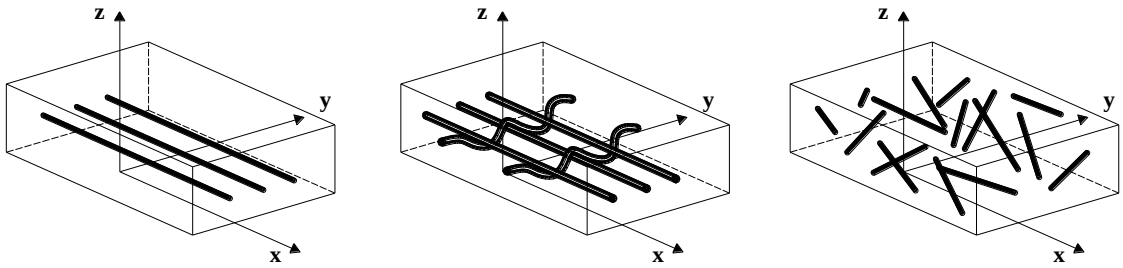
The use of fiberglass in construction is in a steady rise. In addition to various covers and ceilings, more and more commonly with other materials, the application is also found in the elements of bearing structures. It is very commonly used for the production of water tanks and pools today. Recently, this material is also used in sanitary hydrotechnics, water supply and drainage for pipe material, both for gravitational and pressure application. Glass reinforced duromer plastic (GFRP), based on polyester or unsaturated polyester resins (UP) proved to be a grateful material for pipe making due to its good properties, namely longevity, good mechanical properties, corrosion and acid resistance. The pipes of this material are lightweight, and it is very easy to assembly and connect them. The article describes the characteristics of this material as well as the possibilities of its application, one of which has

entered construction practice, the production of manholes and other sewage facilities (accessible and inspection manholes, external and internal backdrop solutions - cascades, stormwater overflow system for combined sewers, inlet drain pits and other), but also for manholes and chambers for pressure application (manholes and chambers for pumping stations, water meter and valve chambers and other). The article gives the characteristics and advantages of fiberglass reinforced duromer plastic in comparison with traditional on - site construction of concrete manhole and facilities. It also gives an overview of manholes fiberglass working technology as well as several types of these objects for different purposes.

Key words: fiberglass, pipes, manholes, chambers, technology, construction, product

1. Uvod

Stakloplastika se u građevinarstvu počela primjenjivati kao zamjena za čelik u armirano-betonskim konstrukcijama. To je spoj matrice, koja je najčešće polimer ili smola, i "armature", koja je obično napravljena od vrlo krtog materijala, male gustoće, te ciljanih karakteristika, najčešće stakla, odnosno isprepletenih staklenih vlakana. U odnosu na matricu, ispuna je puno "kruća" i "jača", odnosno rađena je iz materijala koji ima veliku čvrstoću i malu gustoću. Funkcija matrice je spajanje "armature", odnosno vlakana položenih na određeni način i primarno prijenos opterećenja između njih, ali može imati i više funkcija, [1], [2]. Vlakna se najčešće slažu u slojeve, lamele, a čija orijentacija i raspored mogu biti različiti, slika 1.



a) u jednom smjeru b) pleteno c) nasumice

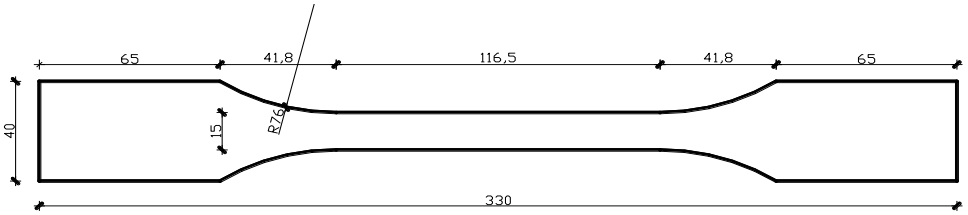
Slika 1. Načini postavljanja vlakana

U odnosu na čelik, prva prednost kod ugradbe u armirani beton je veća otpornost na koroziju uz istu, ako ne i veću nosivost vlačnih naprezanja. Primjena je isto tako moguća u spregnutim konstrukcijama, gdje prvenstveno zamjenjuje čelik, kao što su npr. spregnuti mostovi čelik - beton, kao izgubljena oplata ili kao vlačna armatura. Prednost stakloplastike je u dobroj sposobnosti spajanja (prijanjanja) s materijalima kao što su čelik i beton. Na primjer, stakloplastika u potpunosti zamjenjuje čelik ili armirani-beton kod raznih platoa upravo zbog smanjene težine konstrukcije, velike otpornosti na vanjske utjecaje (korozija, smrzavanje) te postizanja velikih čvrstoća. Kompoziti se također koriste pri sanaciji armirano-betonskih i spregnutih konstrukcija čelik beton.

U posljednje vrijeme stakloplastika nalazi primjenu i u hidrotehnici, odnosno koristi se kao materijal za izradu cijevi i različitih objekata u gravitacijskim (kanalizacijskim) sustavima (kontrolna okna, ulazna okna, kaskadna okna, okna s preljevima, slivnici i dr.) kao i tlačnim sustavima (okna crpnih stanica, vodomjerna okna, okna za smještaj armature i dr.). U odnosu na standardne materijale koji se koriste za cijevi i objekte u tim sustavima, kao što su beton, keramika, opeka, različiti polimerni materijali i dr., stakloplastika ima brojne prednosti. Među najvažnijima su: potpuna vodonepropusnost, izvrsne mehaničke karakteristike, brza i jednostavna montaža, laka prilagodljivost potrebama projektiranja, moguće spajanje s elementima izvedenih od drugih materijala, mogućnosti ugradbe potrebne opreme i slično. U radu su prikazani rezultati ispitivanja stakloplastike. Također je dan primjer karakterističnog kontrolnog okna kanalizacije izvedenog od stakloplastike s postupkom ugradnje. Osim kao materijal za cijevi, u izvedbi kontrolnih okana stakloplastika našla svoju najširu primjenu u hidrotehnici

2. Primjer ispitivanja stakloplastike

Danas za stakloplastiku postoje brojne norme i standardi, [1] i [2], kojima su propisane karakteristike materijala i dimenzije mjerenih uzoraka, epruveta. Isto tako eksperimentalnim ispitivanjima bavili su se i brojni autori [3] i [4] koje su vršili za potrebe drugih, većih eksperimenata, ali i primjene stakloplastike u elementima konstrukcija. Ispitivanje koje je ovdje prikazano [3] odnosi se na stakloplastiku kao spoj plastične mase koja je ojačana vlaknima staklene vune. Plastična masa je kod ovog kompozita poliesterska smola (nezasićena poliesterska ili fenakrilatna smola), a tijekom proizvodnje staklena vlakna se dodatno natapaju tekućom smolom koja dodavanjem aditiva očvršćuje od želatinozne do potpuno čvrste forme. Sami proces nanošenja staklenih vlakna i smole odvija se u slojevima odnosno lamelama. Uzorci od ovakvog materijala ispitivani su na na vlačna naprezanja epruvetama prema američkim propisima ASTM D 3039 [2], čije su dimenzije prikazane na slici 2.

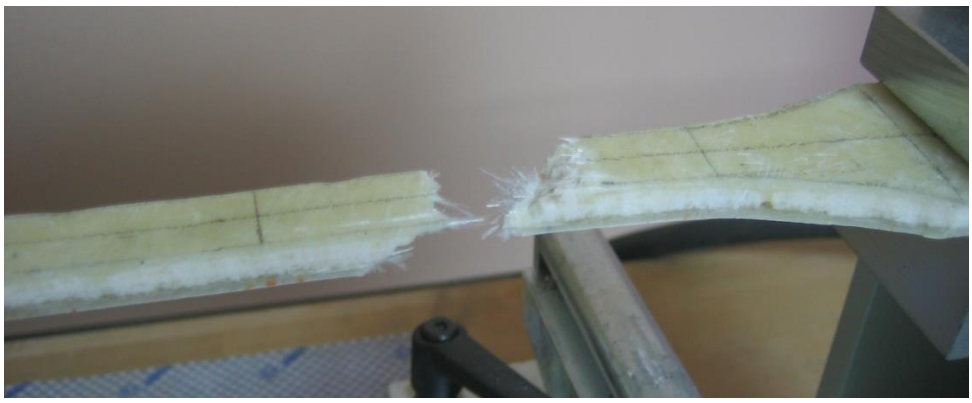


Slika 2. Dimenzije [mm] ispitivanih uzoraka GFRP-a [2]

Ispitivanje se radilo na uređaju tvrtke Form+Test „Universal Test Unit UPB 86/200“, slika 3.

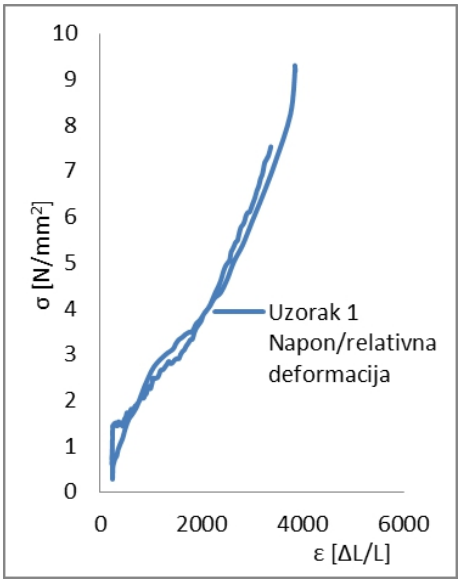
Slika 3. Uređaj za ispitivanje

Uzorci, čije dimenzije su propisane (Slika 2), su ciljano popuštali na oslabljenom dijelu, slika 4.



Slika 4. Način popuštanja uzorka

Kao rezultat se dobije dijagram naprezanje deformacija prikazan na slici 5. Poznavajući dimenzije uzorka, dobijene deformacije i naprezanja, mogu se lako dobiti karakteristike materijala koji će se ugrađivati kako u elemente konstrukcija, tako i u elemente za potrebe hidrotehnike.

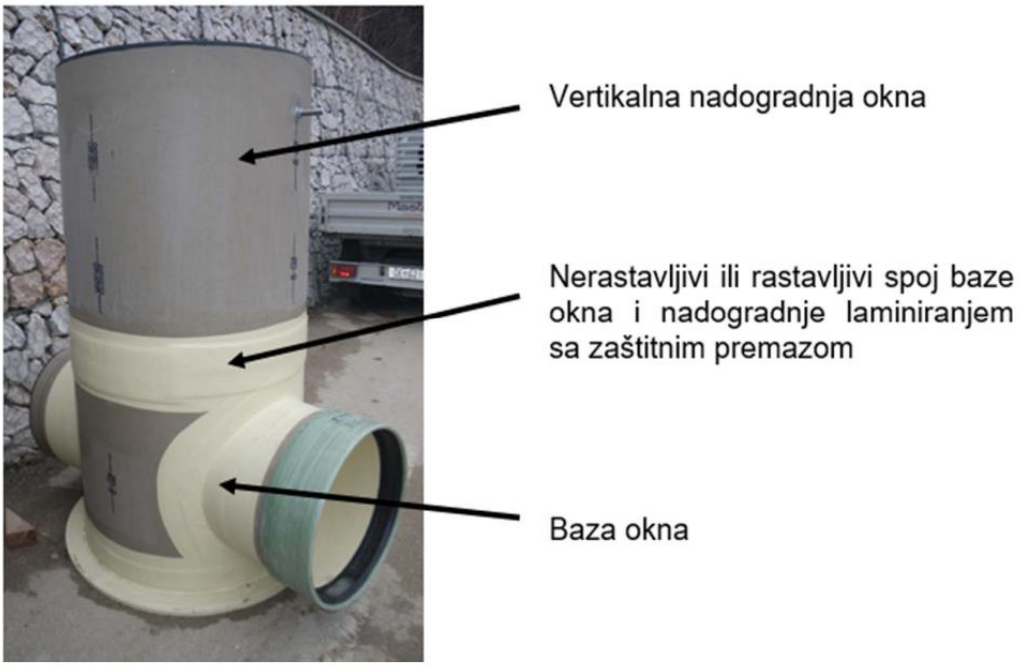


Slika 5. Dijagram naprezanje/deformacija

Ovo je samo jedan primjer ispitivanja i dimenzija uzoraka koji se u pravilu primjenjuje u ispitivanju na vlak. Vrlo često se stakloplastika ispituje i na tlačna naprezanja, posmik i savijanje [5], pri kojima se uporabljuju i neke druge dimenzije uzoraka.

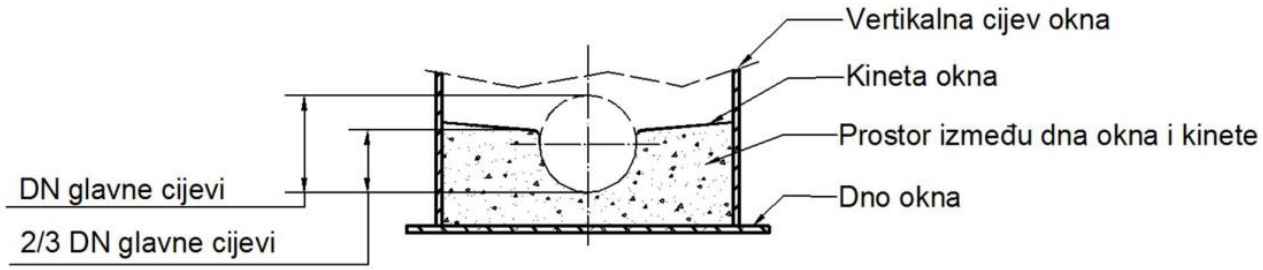
3. Primjer karakterističnog revizijskog okna od stakloplastike

Stakloplastika se prvo počela upotrebljavati za izradu cijevi. Da bi mogli redovito nadzirati i održavati cjevovode, ali i osigurali projektne parametre sustava, na mrežu (kako gravitacijsku, tako i tlačnu) se postavljaju i različita okna. To su najčešće kontrolna okna ali i druga okna kanalizacije (ulazna okna, kaskadna okna, okna s preljevima – kišna rasterećenja, slivnici i dr.) ali i okna tlačnih cjevovoda (okna crpnih stanica, vodomjerna okna, okna za smještaj armature i dr.). Najbolje je kada su okna izrađena od istih materijala kao i cijevi jer se spajaju na sustav sličnim tehnologijama spajanja. Posebna prednost je da se na ovakav način dobije homogen sustav od istog materijala.. S obzirom na to da su kontrolna okna kanalizacije, zbog njene dubine, izrazito visoka/duboka, ugradnja montažnih kontrolnih okana se pokazala kao jednostavnija ali i isplativija od klasičnih betonskih okana izvedenih na licu mjesta. S obzirom da kvalitetu samog materijala koja su naznačena u prethodnom poglavlju, stakloplastika, odnosno okna od GRP materijala, su se pokazala kao izrazito dobro i kvalitetno rješenje, kako tehnološki ali i zato što postoji mogućnost njihove izvedbe za različita rješenja prema konkretnim projektiranim potrebama. Jedno karakteristično kontrolno okno, [6] te njegovi glavni dijelovi prikazani su na slici 6. Dakle, glavni dijelovi su baza okna, spoj baze okna i vertikalne nadogradnje te vertikalna nodogradnja.



Slika 6. Karakteristično kontrolno okno [6]

Poprečni presjek, [6] jednog takvog kontrolnog okna i spoj s glavnim cjevovodom prikazani su na slici 7.



Slika 7. Poprečni presjek karakterističnog kontrolnog okna [6]

U vertikalnu nadogradnju najčešće se ugrađuju ljestve, radi lakšeg i sigurnijeg silaska, slika 8.

Slika 8. Vertikalna nadogradnja kontrolnog okna (Osijek, 2019. g.)

4. Ugradnja kontrolnog okna od stakloplastike

Jedna od prednosti primjene okana od stakloplastike u hidrotehnici je i brza i jednostavna ugradnja. Nema potrebe za teškim oplatama, betoniranjem ili dugotrajnim zidanjem, što znači da je i ovisnost o vremenskim uvjetima na gradilištu puno manja. Za ugradnju okana od stakloplastike dovoljno je povezati (slijepiti) glavne dijelove okna i u cjelosti ga postaviti. Pri tome nema potrebe za dizalicom na gradilištu, nego je za manipulaciju dovoljan i radni stroj koji se koristi za iskop (bager), a za podizanje je dovoljno ugraditi vijke, slika 9. Za postavljanje je dovoljno pripremiti dobro zbijenu šljunčanu ili pješčanu podlogu, slika 10.

Slika 9. Primjer ugradnje GRP kontrolnog okna (Osijek, 2017. g.)

Slika 10. Cijevi i okno postavljeno na pripremljenu podlogu - posteljicu [6]

5. Zaključak

Stakloplastika se u građevinarstvu počela primjenjivati kao zamjena za čelik u armirano-betonskim konstrukcijama. To je spoj matrice, koja je najčešće polimer ili smola, i "armature", koja je obično napravljena od vrlo krtog materijala, male gustoće, te ciljanih karakteristika, najčešće stakla, odnosno isprepletenih staklenih vlakana. U odnosu na matricu, ispuna je puno "kruća" i "jača", odnosno rađena je iz materijala koji ima veliku čvrstoću i malu gustoću. Primarna funkcija matrice je spajanje "armature", odnosno vlakana položenih na određeni način i primarno prijenos opterećenja između njih, ali može imati i više funkcija.

Stakloplastika se u hidrotehnici prvo počela upotrebljavati za izradu cijevi (GRP cijevi), ali se ukazala potreba i za različitim objektima izvedenim od stakloplastike, jer se tako osigurava spajanje cijevi i objekta istom tehnologijom čime se osigurava homogeniji i kvalitetniji spoj. Tako se danas od stakloplastike izrađuju i ugrađuju najčešće kontrolna okna ali i druga okna na gravitacijskim kanalizacijskim sustavima kao što su ulazna okna, kaskadna okna, okna s preljevima – kišna rasterećenja, slivnici i dr. Također se od stakloplastike izrađuju i okna tlačnih cjevovoda (okna crpnih stanica, vodomjerna okna, okna za smještaj armature i dr.). S obzirom na to da kontrolna okna kanalizacije, zbog njene dubine, znaju biti izrazito visoka/duboka, ugradnja montažnih kontrolnih okana se pokazala tehnološki jednostavnija za izvedbu, pa samim time i isplativija od klasičnih betonskih okana izvedenih na licu mjesta. S obzirom na kvalitetu samog materijala, okna od stakloplastike, odnosno GRP materijala, su se pokazala kao izrazito dobro rješenje i zato što postoji mogućnost izvedbe okana za različita projektna rješenja, prema konkretnim potrebama pojedinog projektnog rješenja.

6. Literatura

[1] "Standard Test Method for Tensile Properties of Fiber - Resin Composites," D 3039, *Annual Book of ASTM*, American Society for Testing and Materials.

[2] "ASTM Standard D3039, *Standard Test Method for Tensile Properties of Fiber - Resin Composites"*, ASTM International, West Conshohocken, 2008, DOI: 10.1520/D3039_ D3039M-08, www.astm.org

[3] Štefic, Tihomir. The use of multilayer boards made from composite materials as bearing elements in constructions, MSc thesis, University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, Croatia, 2013.

[4] Štefić, Tihomir; Jurić, Aleksandar; Marović, Pavao. Problem of stress concentration and deformation in the use of multilayer GFRP (glass fibre reinforced polymer) in bearing structures. ECCM16 - 16TH European conference on composite materials, Seville, Spain, 22-26 June 2014.

[5] Štefić, Tihomir; Jurić, Aleksandar; Marović, Pavao: Testing of the material characteristics of recycled glass fibre reinforced polymer for the use in load - bearing structures // Proceedings of the 20th International Conference on Composite Materials / Thomsen, Ole Thybo ; Berggreen, Christian; Sorensen, Bent F. (ur.). Copenhagen: ICCM20, 2015. str. P101-20-1-P101-20-12

[6] Hesky, Eduard: Revizijska okna od staklom ojačanog (centrifugiranog) poliestera Dani sanitarne hidrotehnike, Zagreb, 2016. (Dostupno na: http://www.grad.hr/dsh/dani-sanitarne-hidrotehnike-2016/materijali/Hesky_Revizijska_okna_od_staklom_ojacanog_ (centrifugiranog)_poliestera_GF_DSH_2016.pdf (15.7.2019)

Monitoring akumulacije Borovik
Monitoring of the Borovik Accumulation

M. Šperac[1,*], T. Slunjski[2]

[1] Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, V. Preloga 3, Osijek, Hrvatska
[2] Hrvatske vode, Splavarska 2a, Osijek, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: msperac@gfos.hr

Sažetak
Akumulacijsko jezero Borovik izgrađeno je 1978. godine na izvoru rijeke Vuke. Ova višenamjenska akumulacija prvenstveno služi zazaštitu od poplava i navodnjavanje, te upravljanje cijelim slivom rijeke Vuke. Akumulacije su u hidrološkom i ekološkom smislu vrlo osjetljiva i složena kategorija voda te u svrhu postizanja i održanja dobrog ekološkog i kemijskog stanja potreban je stalan monitoring i provedba mjera. Na akumulaciji Borovik se vrši monitoring vodostaja, parametara kakvoće vode i temperature zraka. Monitoring je prilagođen Planu upravljanja vodnim područjima – vezano za upravljanje akumulacijama. U radu će se analizirati podatci monitoringa iz perioda 2005. do kraja 2018. godine. Na bazi dosadašnjih mjerenja ekološko stanje akumulacije je procijenjeno kao umjereno, fizikalno – kemijski parametri su ocjenjeni kao vrlo kvalitetni, tako da je uz prethodnu preradu moguće korištenje vode za javnu vodoopskrbu.

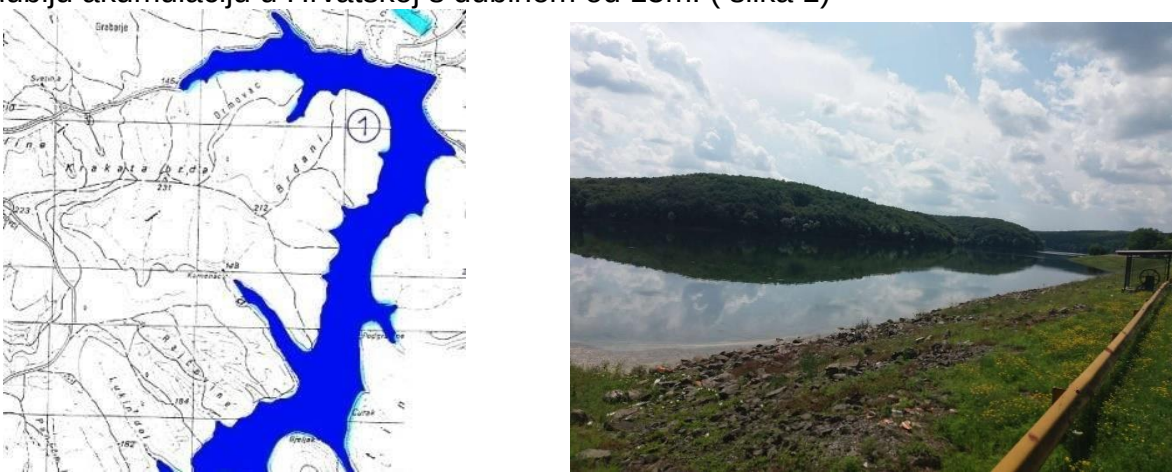
Ključne riječi: akumulacija, monitoring, ekološko stanje

Abstract
Accumulation (Artificial lake) Borovik built in 1978 on the source of the Vuka River. This multi-purpose reservoirs serve primarily for the protection of flood and irrigation, and management of the entire basin of the Vuka River. Accumulation is a very sensitive and complex category of water in hydrological and ecological terms, and in order to achieve and maintain a good ecological and chemical condition, constant monitoring and implementation of measures is required. The water level, water quality parameters and air temperature are monitored on the Borovik reservoir. Monitoring tailored to the Water Management Plan - related to accumulation management. The paper analyzes the monitoring data from the period 2005 to the end of 2018. Based on the previous measurements, the ecological state of the accumulation assessed as moderate, the physical - chemical parameters evaluated as very high quality so that with prior processing it is possible to use water for public water supply.

Key words: accumulation, monitoring, ecological status

1. Uvod
Akumulacija Borovik izgrađena je prije četrdeset godina, iako ideje o izgradnji ove akumulacije datiraju još od prije 140 godina. Naziv je dobila po napuštenom mjestu Borovik koje je izgradnjom akumulacije potopljeno. Osnovna namjena ove akumulacije je obrana od poplava i navodnjavanje, koje je moguće korištenjem dva milijuna kubičnih metara godišnje

čime je uklonjena mogućnost presušivanje rijeke Vuke jer se tijekom ljetnih suša ispušta biološki minimum koji iznosi oko 18 l/s. Ujedno predstavlja i veliki potencijal za sport i rekreaciju, prije svega ribolov, veslanje i ostale vodene sportove. Akumulacija ima zapreminu od 7.950.000 m3, uz površinu vodnog lica od 130 ha pri normalnom usporu, te 144 ha pri maksimalnom usporu, a prosječna širina akumulacije je oko 200 m. Predstavlja najdublju akumulaciju u Hrvatskoj s dubinom od 15m. (slika 1)



Slika 1. Akumulacija Borovik

2. Monitoring površinskih voda prema Planu upravljanja vodnim područjima RH

Ulaskom Republike Hrvatske 1. srpnja 2013. godine u Europsku uniju važeći Zakon o vodama bilo je potrebno izmijeniti i dopuniti u skladu s Okvirnom direktivom o vodama. Donošenjem Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o vodama (NN br 56/13) dopunjene su odredbe koje se odnose na vodna područja, dodane su odredbe kojima se propisuje izrada, sadržaj i obuhvat Plana upravljanja vodnim područjima. Plan upravljanja vodnim područjem usmjeren je na zaštitu i poboljšanje ekološkog i kemijskog stanja površinskih voda, predstavlja integralni dokument koji u svom programu mjera objedinjuje obveze iz brojnih direktiva Europske unije vezanih za zaštitu okoliša. Planovi upravljanja vodnim područjima se rade za određene vremenske periode, trenutno je važeći Plan upravljanja vodnim područjima za šestogodišnji ciklus 2016.-2021. godine. [1] Podloga za izradu ovog Plana upravljanja vodnim područjima bila je prethodna procjena stanja voda. Referentna godina za ocjenu stanja voda je 2012. godina. Okvirna direktiva o vodama i Zakon o vodama razlikuju sljedeće kategorije površinskih voda: rijeke, jezera, prijelazne vode, priobalne vode i teritorijalno (otvoreno) more. Ekološke značajke površinskih voda ovise o nizu čimbenika, prirodnih i antropogeno uvjetovanih. Zbog prirodne ekološke raznolikosti uvedena je tipizacija površinskih voda i ocjenjivanje stanja voda s obzirom na relativno odstupanje od tzv. tip – specifičnih referentnih uvjeta.

Prema bazi podataka Hrvatskih voda RH ima 67 500 kilometara kopnenih tekućica (rijeka) i 167,1 km2 kopnenih stajaćica (jezera). Za dobivanje podataka o stanju površinskih voda potrebno je vršiti monitoring stanja površinskih voda.

Monitoring stanja površinskih voda može biti nadzorni s ciljem utvrđivanja dugoročnih promjena, operativni monitoring s ciljem utvrđivanja promjena uslijed provođenja mjera na područjima za koja je utvrđeno da ne ispunjavaju uvjete dobrog stanja i istraživački monitoring s ciljem utvrđivanje nejasnih i nepoznatih odnosa u okviru DPSIR (Driver – Pressure – Status – Impact – Response) ciklusa. [2]

Godišnji plan monitoringa za referentnu 2012. godinu realiziran je na 321 mjernoj postaji na rijekama, akumulacijama i jezerima, od čega na 246 mjernih postaja na vodnom području

rijeke Dunav i 75 mjernih postaja na jadranskom vodnom području. Za ocjenu stanja površinskih voda 2012. analizirani su podaci sa tipiziranih vodnih tijela: rijeke slivne površine veće od 10 km^2 i jezera s površinom vodnog lica većom od 0,5 km^2. Dana je ocjena stanja obzirom na osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje (BPK_5, ukupni dušik –N i ukupni fosfor – P) i ocjena stanja obzirom na prioritetne i specifične onečišćujuće tvari. Po svim analiziranim fizikalno-kemijskim pokazateljima preko tri četvrtine analiziranih lokacija je u najmanje dobrom stanju, prema prioritetnim i onečišćujućim tvarima može se zaključiti da su rijeke i jezera u dobrom stanju. [3]

Stanje površinskih voda

Stanje tijela površinske vode određeno je njegovim ekološkim stanjem/potencijalom i kemijskim stanjem, ovisno o tome koja od dviju ocjena je lošija. Glavni ciljevi zaštite okoliša su postizanje najmanje dobrog ekološkog, odnosno kemijskog stanja voda. Obzirom na rezultate ocjene elemenata kakvoće tijelo površinskih voda može se razvrstati u kategorije ekološkog stanja: vrlo dobro ekološko stanje, dobro ekološko stanje, umjereno ekološko stanje, loše ekološko stanje i vrlo loše ekološko stanje. U kategoriji kemijskog stanja tijelo površinskih voda na temelju ocjene kakvoće može biti u dvije kategorije: dobro kemijsko stanje i nije postignuto dobro kemijsko stanje.

Za određivanje ekološkog stanja tijela potrebno je vršiti monitoring bioloških elemenata kakvoće te hidromorfoloških osnovnih fizikalno-kemijskih elemenata, koji prate biološke elemente. Kemijsko stanje ocjenjuje se u odnosu na pokazatelje kemijskog stanja. Kemijsko stanje tijela površinske vode izražava prisutnost prioritetnih tvari u površinskoj vodi, sedimentu i bioti. Prema koncentraciji pojedinih prioritetnih tvari, površinske vode se klasificiraju u dvije klase kemijskoga stanja: dobro stanje i nije dostignuto dobro stanje. Površinsko vodno tijelo je u dobrom kemijskom stanju ako prosječna i maksimalna godišnja koncentracija svake prioritetne tvari ne prekoračuje propisane standarde kakvoće vodnoga okoliša.

Jezera

Ocjena ekološkoga stanja jezera integrira biološke i prateće fizikalno-kemijske i kemijske i hidromorfološke pokazatelje. Pokazatelji kemijskog stanja ocjenjuju se u odnosu na dozvoljenu prosječnu godišnju koncentraciju i dozvoljenu maksimalnu godišnju koncentraciju gdje je ona primjenjiva.

3. Monitoring na akumulaciji Borovik

Kontinuirani monitoring na akumulaciji Borovik se vrši od 2004. Iako ovaj monitoring nije obuhvaćen Planom upravljanja i monitoringa vodnim područjima RH, vrše se mjerenja velikog broja parametara s različitim učestalostima uzorkovanja (ovisno o parametru) s ciljem ocjene stanja vodnog tijela – akumulacije. (tablica 1)

Tablica 1. Parametri monitoringa i učestalost uzorkovanja

ID postaje	849
Šifra	21030
Naziv	Akumulacija Borovik
koordinata x	632339
koordinata y	5029124
Tip površinske vode 2013	HR-R_2B

Vodno područje 2011		Vodno područje rijeke Dunav	
Podsliv 2011		Područje podsliva rijeka Drave i Dunava	
Tijelo površinske vode 2013		CDRN0011_007	
Županija		Osječko-baranjska	
fitoplankton	6/3 god	diuron	12/1 god
klorofil a	6/god	endosulfan	12/1 god
fitobentos	1/3 god	fluoranten	12/1 god
makrofita	1/3 god	fluoranten	1/3 god
makrozoobentos	1/3 god	heksaklorobenzen	12/1 god
ribe	1/3 god	heksaklorobenzen	1/3 god
hidromorfološki elementi kakvoće	1/6 god	heksaklorobutadien	12/1 god
temperatura zraka i vode	12/god	heksaklorobutadien	1/3 god
boja	12/god	heksaklorocikloheksan	12/1 god
miris	12/god	izoproturon	12/1 god
pH	12/god	olovo i njegovi spojevi	12/1 god
el. vodljivost	12/god	živa i njezini spojevi	12/1 god
uk. suspendirane tvari	12/god	živa i njezini spojevi	1/3 god
alkalitet m-vrijednost	12/god	naftalen	12/1 god
ukupna tvrdoća	12/god	nikal i njegovi spojevi	12/1 god
mutnoća	12/god	nonilfenoli (4-Nonilfenol) 3)	12/1 god
salinitet	12/god	oktilfenoli ((4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)fenol) 4)	12/1 god
prozirnost	12/god	pentaklorobenzen	12/1 god
otopljeni kisik (zasićenje kisikom)	12/god	pentaklorfenol	12/1 god
KPK Mn	12/god	poliaromatski ugljikovodici (PAH) 5)	12/1 god
BPK 5	12/god	poliaromatski ugljikovodici (PAH) 5)	1/3 god
TOC	12/god	simazin	12/1 god
DOC	12/god	tetrakloretilen	12/1 god
amonij	12/god	trikloretilen	12/1 god
nitriti	12/god	spojevi tributilkositra (-kation tributilkositra)	12/1 god

nitrati	12/god	triklorobenzeni	12/1 god
ukupni dušik	12/god	triklormetan (kloroform)	12/1 god
ortofosfati otopljeni	12/god	trifluralin	12/1 god
ukupni fosfor	12/god	dikofol	12/1 god
arsen	12/god	dikofol	1/3 god
krom	12/god	perfluorooktansulfonska kiselina i njezini derivati (PFOS)	12/1 god
bakar	12/god	perfluorooktansulfonska kiselina i njezini derivati (PFOS)	1/3 god
cink	12/god	kinoksifen	12/1 god
AOX	12/god	dioksini i spojevi poput dioksina 6)	12/1 god
fluoridi	12/god	dioksini i spojevi poput dioksina 6)	1/3 god
alaklor	12/1 god	aklonifen	12/1 god
antracen	12/1 god	bifenoks	12/1 god
atrazin	12/1 god	cibutrin	12/1 god
benzen	12/1 god	cipermetrin	12/1 god
bromirani difenileteri 1)	12/1 god	diklorvos	12/1 god
bromirani difenileteri 1)	1/3 god	heksabromciklododekan (HBCDD)	12/1 god
kadmij i njegovi spojevi	12/1 god	heksabromociklododekan	1/3 god
ugljikov tetraklorid	12/1 god	heptaklor i heptaklorepoksid	12/1 god
kloralkani C10-C13	12/1 god	heptaklor i heptaklorepkosid	1/3 god
klorfenvinfos	12/1 god	terbutrin	12/1 god
klorpirifos (klorpirifos-etil)	12/1 god	natrij	12/god
aldrin	12/1 god	kalij	12/god
dieldin	12/1 god	kalcij	12/god
endrin	12/1 god	magnezij	12/god
izodrin	12/1 god	kloridi	12/god
ukupni DDT 2)	12/1 god	sulfati	12/god
para-para DDT	12/1 god	otopljeni silicij	12/god
1,2-dikloroetan	12/1 god	1,1,1 trikloretan	12/1 god
diklorometan	12/1 god	toluen	12/1 god

di(2-etilhekdil)ftalat - DEHP	12/1 god	ksileni	12/1 god

Legenda dinamike uzorkovanja:

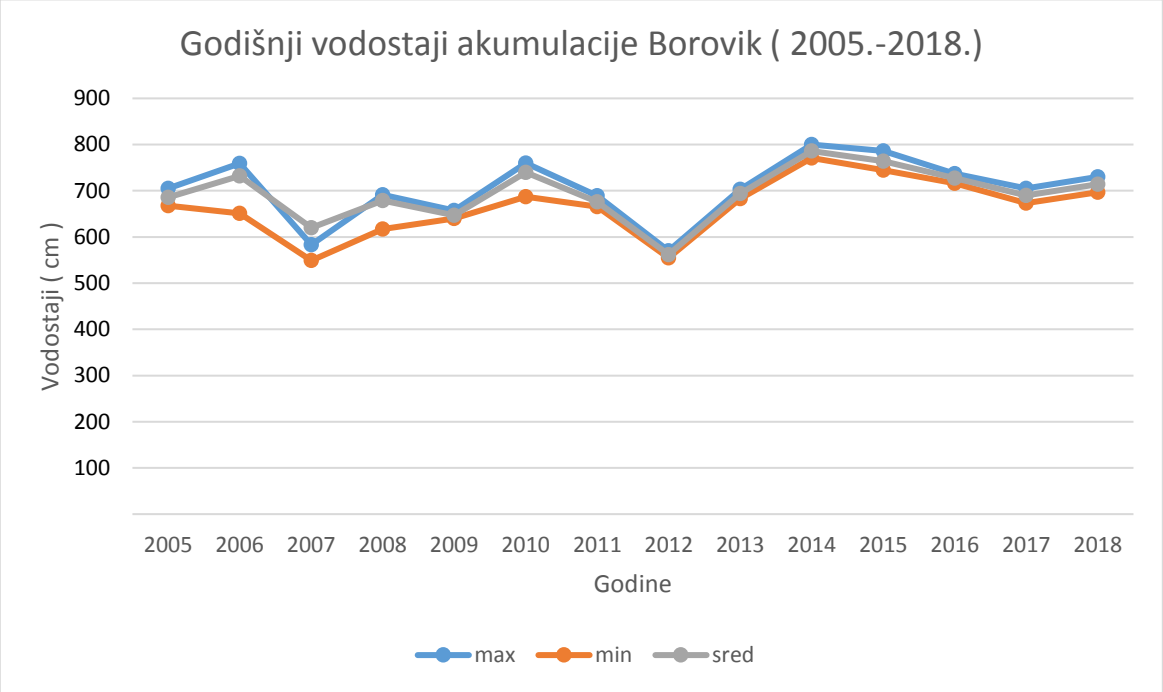
12/god	dvanaest puta godišnje
6/god	šest puta godišnje
6/3 god	šest puta svake treće godine u razdoblju od travnja do rujna
1/3 god	jednom u tri godine
1/6 god	jednom u šest godina

Hidrološki monitoring

Hidrološki monitoring provodi se s ciljem utvrđivanja ekološkog stanja voda. Mjerenje razine vodostaja i temperature vode započelo je 2004. godine. na hidrološkoj postaji na akumulaciji. (slika 2)

Slika 2. Hidrološka postaja na akumulaciji Borovik

Kota „0“ vodomjera je na 136,800 m.n.m. Vodostaj se mjeri svakodnevno, ujutro u 7h. Obradom mjerenih podataka analizirani su maksimalni, minimalni i srednji godišnji vodostaji za period 2005.-2018. godine. (slika 3)



Slika 3. Godišnji vodostaji akumulacije Borovik

Obzirom da se radi o akumulaciji – vodi stajaćici u kojoj se ustavom regulira vodostaj ovisno o stanju vode u slivu Vuke razlike između max, min i sred veličina vodostaja nisu velike. Na osnovu meteorološkog i hidrološkog monitoringa dobivena je slijedeća ocjena stanja jezera. (tablica 2)

Tablica 2. Ocjena stanja jezera na osnovu podataka monitoringa

oznaka vodnog tijela		CDRN0011_007
mjerna postaja	Šifra	21030
	Naziv	**Akumulacija Borovik**
oznaka tipa tekućice		HR-R_2B
pH		8,1
BPK_5	mgO_2/L	3,4
KPK-Mn	mgO_2/L	7,2
amonij	mgN/L	0,089
nitrati	mgN/L	0,03
ukupni dušik	mgN/L	0,78
ortofosfati	mgP/L	<0.005
prateći fizikalno-kemijski elementi kakvoće	stanje	UMJERENO
arsen	µg/L	1,7959

bakar	µg/L	1,632
cink	µg/L	4,322
krom	µg/L	0,2118
fluroidi PGK	µg/L	89
fluoridi MGK	µg/L	96
AOX	µg/L	<50
PCB	µg/L	0
specifične onečišćujuće tvari	stanje	VRLO DOBRO/DOBRO
EKOLOŠKO STANJE		**UMJERENO**

	VRLO DOBRO STANJE
	DOBRO STANJE
	UMJERENO STANJE

4. Zaključak

U hidrološkom i ekološkom smislu akumulacije su osjetljiva i složena kategorija vode. Upravljanje akumulacijama predstavlja pravi izazov u smislu održavanja uvjeta postojećeg dobrog stanja, te provedbi mjera koje će postojeće stanje poboljšati. [4]. Osnovna baza za upravljanje su kontinuirani podaci monitoringa. Akumulacija Borovik je značajan element upravljanja vodama cijelim slivnim područjem rijeke Vuke. Na bazi dosadašnjih mjerenja ekološko stanje akumulacije je procijenjeno kao umjereno, fizikalno – kemijski parametri su ocjenjeni kao vrlo kvalitetni, tako da je uz prethodnu preradu moguće korištenje vode za javnu vodoopskrbu.

5. Literatura

[1] Vlada Republike Hrvatske (2016a): Plan upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021., (Narodne novine, broj 66/16), Zagreb, 567, url: http://www.voda.hr/sites/default/fles/plan_upravljanja_vodnim_podrucjima_2016._-_2021_0.pdf,

[2] http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/program_uskladenja_monitoringa_travanj_2016.pdf

[3] Barbalić, S. et al: Prethodna procjena stanja voda – podloga za pripremu Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. // Zbornik radova Hvatske vode na investicijskom valu/ Bjondić, Danko; Holjević, Danko; Vizner, Marija (ur.).(ISBN 978-953-7672-12-6., Hrvatska konferencija o vodama, Opatija, 20-23.svibnja 2015., s.195-204

[4] Barbalić, S. et al: Upravljanje jezerima i akumulacijama u Hrvatskoj prema planu upravljanja odnim područjima 2016.2021.– procesi, zaštita i valorizacija, //Zbornik radova Upravljanje jezerima i akumulacijama u Hrvatskoj/ Rubinić, Josip (ur.).(ISBN 978-953-96071-4-0), Biograd na Moru, 4. – 6. svibnja 2017., s. 31-39

Guidelines for Water Management at the Global and Local Level
Smjernice za upravljanje vodama na svjetskoj i lokalnoj razini

A. Sutlović[1,*], B. Vojnović[1], I. Čurić[2], A. Ludaš[1]

[1]University of Zagreb Faculty of Textile Technology, Zagreb, Croatia
[2]Galeb d.d., Omiš

Sažetak
Pojam "upravljanje vodama" označava neposredno izvršenje i organizaciju izvršavanja zadataka vezanih za osiguravanje potrebnih količina vode, zaštitu voda od onečišćenja, regulaciju vodotoka i drugih vodnih tijela, te zaštitu od štetnog djelovanja vode. Program Ujedinjenih naroda “Ciljevi održivog razvoja” opisan je s naglaskom na problematiku voda. Hrvatska je u potpunosti uključena u provedbu Agende 2030, i u okviru Ujedinjenih naroda i u okviru Europske unije, gdje, zajedno s drugim državama članicama Europske unije, koordinira i razvija svoja stajališta u pogledu održivog razvoja.

Ključne riječi: upravljanje vodama, otpadne vode, ciljevi održivog razvoja, kružno gospodarstvo

Abstract
The term “water management” denotes immediate the execution and the organization of the execution of tasks related to the provision of required water quantities, protection of water from pollution, the regulation of watercourses and other water bodies, and the protection from adverse effects of water. United Nations program “Sustainable development goals” is presented with an emphasis on water issues. Croatia is fully committed to comprehensive implementation of Agenda 2030, both within the framework of the United Nations and within the framework of the European Union where, together with other Member States of the European Union, coordinates and develops its views in regard of the sustainable development

Key words: Water management, Waste water, Sustainable development goals, Circular economy

1. Introduction

Water is a precious shared resource with high social, cultural, environmental and economic value. It is a basic human right and fundamental for healthy functioning ecosystems. However, freshwater resources are finite and under pressure from industrialisation, urbanisation and the demands of a growing global population. Some experts predict that global demand for water will exceed supply by 40 per cent by 2030. About 660 million people are without access to an improved water source and 2.4 billion people are without access to an improved sanitation facility. This is a crisis that cannot be solved by any one party acting alone: effective water solutions require collaboration between governments, civil society, communities and the private sector [1-3].

Today, a large number of international organizations are dealing with certain aspects of the use and protection of water and protection of the environment in general. First of all organizations within the United Nations, both at the global and local, made a major contribution among other things, in the field of use and protection of water [1-3].

The International Hydrological Programme (IHP) is the main vehicle for work in water sciences at an intergovernmental level. IHP VIII, IHP's medium term strategy, aims to assist UNESCO's Member States in achieving water security by mobilizing international cooperation to improve knowledge and innovation, strengthening the science-policy interface, and facilitating education and capacity development in order to enhance water resource management and governance [2, 3].

In addition to its responsibility for the national implementation of sustainable development goals, Croatia is fully committed to comprehensive implementation of Agenda 2030, both within the framework of the United Nations and within the framework of the European Union where, together with other Member States of the European Union, coordinates and develops its views in regard of the sustainable development [4].

2. Sustainable development goals - SDG

Following results of the 2000–2015 and the Millennium development goals (MDG), all United Nations Member States came to an agreement for establishing an ambitious and interconnected development agenda of 17 Sustainable development goals (SDGs), Agenda 2030 (Figure 1) [1, 3].

Figure 1. Sustainable development goals [5]

2.1. Sustainable development water goals

Sustainable development goal 6 aims at ensuring availability and sustainable management of water and sanitation for all. Many of the SDGs have a strong relationship with sustainable water use and consumption, e.g., SDGs 2 (zero hunger), 3 (good health and well-being), 11 (sustainable cities and communities), 12 (responsible production and consumption), 13 (climate action), and 14 (life below water) [1, 3].

Sustaining natural systems is key to the SDGs and achieving many of the goals depends on effective water management:

• SDG 6 includes a target, and associated indicator, for the protection and restoration of water-related ecosystems, including mountains, forests, wetlands, rivers, aquifers and lakes (6.6).

• SDG 6 aims to improve water quality by reducing pollution (6.3); this is critical to protecting and restoring water-related ecosystems and will also increase the total volume of water available that is appropriate for human use.

• SDG 6 seeks a substantial increase in water-use efficiency across all sectors, including to combat water scarcity (6.4); achievement of this goal could free up additional water resources to sustain system health where water use is unsustainable at present.

• SDG 15 includes a target to 'ensure conservation, restoration and sustainable use of terrestrial and inland freshwater ecosystems and their services' by 2020 (15.1).

• SDG 15 relates to the integration of 'ecosystem and biodiversity values into national and local planning, development processes, poverty reduction strategies and accounts' (15.9); recognition of the value of water for the environment directly facilitates achievement of this goal.

• Progress toward many goals will be indirectly supported by the effective management of water for the environment, including goals concerned with hunger (2), health and wellbeing (3), affordable and clean energy (7), sustainable cities and communities (11), and climate action (13).

Figure 2. The water centric 17 Sustainable development goals [6]

As presented in Figure 2, IHP works on the basis of three axes to address global water challenges: networking, science-policy interface and building/strengthening both institutional and human capacity. Facing these global challenges requires pushing the boundary of current advancements within the water security domain:

- Firstly, a common acceptance and international recognition of the water the water security domain particulary its political acceptance should be made to facilitate progress in this field.
- Secondly, new insights, tools and methodologies are needed for better representation of complex interactions within coupled human and natural systems, especially in urban regions across a range of temporal and spatial scales.
- Thirdly, an entire change in the general mindset society has towards water and water related issues is needed to effectively minimize the increasing challenges and to eliminate new ones [1-4].

2.2. Waste water management challenges

One of the main conclusions of the program MDG (2000-2015) was adopting a strategic approach to all stages of waste water. SDG will last until year 2030 and its success largely depends on the MDG unresolved problem related to waste water [5-7].

In the 2015 report states that global waste water contains a number of pollutants and contaminants, including:

- plant nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium);
- pathogenic microorganisms (viruses, bacteria, protozoa and helminths);
- heavy metals (e.g. cadmium, chromium, copper, mercury, nickel, lead and zinc);
- organic pollutants (e.g. polychlorinated biphenyls, polyaromatic hydrocarbons, pesticides); and biodegradable organics (BOD, COD) and
- micro-pollutants (e.g. medicines, cosmetics, cleaning agents).

All of these pollutants and contaminants can cause health and environmental problems and can have economic, financial, impacts (e.g. increased treatment costs to make water usable for certain purposes) when improperly or untreated wastewater is released into the environment; nutrient contamination and microbial water quality issues are considered further below.

Current management approaches in many countries do not consider all elements of the waste water cycle, from production to final disposal to a receiving water (or reuse). The different technologies are not always designed together, are often an attempt to retrofit or add to an existing system, or individual component design relies on poor data. This results in sewers running below or above capacity, waste water streams being combined (which should not be the case), and treatment plants receiving too little or too much wastewater. In many cases, population statistics are used for designs, even when large parts of the community are not connected to a sewerage network. It is inevitable that in most environments, a mixed system is the norm, resulting in a limited sewerage network, with some combined storm water flows and a proportion of the community who use on-site facilities. In some situations, storm water flows must be considered in the equation [5-7].

In any given setting, developing an overall waste water management plan, encompassing where possible all waste water components, should be undertaken based on appropriate boundaries. In any event, an appropriate administrative unit is needed to ensure effective oversight in design and operation. The systems must be flexible to accommodate new populations and sources, and indeed allow communities to have access to an improved level of service [5-7].

The world is undergoing significant demographic and social changes, with urbanization and migration being two of the most important issues. This will bring to bear increasing influences on the production of wastewater. The patterns of urbanization will see, in some areas, almost explosive growth in the secondary urban centres, in many countries in the south. If urban sprawl is allowed to encourage discharge of waste water from small scale manufacturing enterprises, medical industries and unplanned settlements etc., this in itself will seriously affect local populations, their access to fragile water supplies and subsequently their health. In addition to wastewater from urban areas, agricultural sources, both point-source and diffuse, make a significant contribution. Although systems can be put in place to handle point sources through end-of–pipe solutions, reducing agricultural run-off will require minimization at source [6-8].

2.3. Water Reuse Opportunity in a Circular Economy

The concept of circular economy, which aims to decouple economic growth and development from the consumption of finite resources, has emerged in response to the drawbacks of the conventional take-make-consume and dispose model of growth.

Water, with the energy it consumes and produces, and the materials it contains, has a critical role in transitioning to the circular economy. “Used water” is one of the most under-exploited resources we have. Water from industrial or domestic use contains energy, water, organics, phosphates, nitrogen, cellulose, rare earths, and other resources. Technologies are increasingly making resource recovery from wastewater commercially feasible, including bio-gas, fertiliser, paper, metals, plastics and perhaps most importantly, it is a source of “new water”. For the water sector, transitioning to a circular economy presents an opportunity to fast track achieving the SDGs through accelerating and scaling-up recent scientific and technological advances that support greater efficiency in the sector [1, 3, 5, 6]. A good plan for waste water reuse have to be embedded within a broader urban planning framework that positions water cycle management as a key connector and enabler for other services, sectors and systems. It is estimated that current waste water treatment capacity is 70% of the generated wastewater in high-income countries, and only 8% in low-income countries. Decisive, urgent and large scale action is needed. Cities should be empowered to take the lead on a resource revolution, with governments and the private sector investing heavily in infrastructure to enable a transition to a circular economy, which in turn will bring significant environmental, economic and social benefits. There is a well-established suite of technologies that a number of cities and countries have successfully deployed to increase the amount of wastewater that is recycled and reused. The Global market for wastewater recycling and reuse reached nearly $12.2 Billion in 2016 and should reach $22.3 billion by 2021. This market expansion is in response to a growing demand from cities and industry

for water against a backdrop of increased urbanisation, population growth and climate variability [1, 3, 5-7].

3. Realisation of Sustainable development goals in the Republic of Croatia

Considering the complexity of Agenda 2030 and its inevitable impact on the overall social and economic development, the Government of Croatia, with a view to coordinating the implementation of sustainable development goals at the highest level of the executive branch, established the National council for sustainable development. The establishment of the Council ensures political importance and visibility of the long-term process of implementation of Agenda 2030, as well as compliance with other policies, strategies and activities of the Croatian government [4, 5].

The 2030 National development strategy (NDS) is being drafted, and its adoption is expected in the first quarter of 2020. Creating the NDS, and the establishment of an integrated system of strategic planning, will for the first time in Croatia enable access to long-term development planning at the level of national, local and regional-self government. This is certainly a big and positive step, but Croatia is late for SDG goals for five years. This will certainly affect the success of the program implementation and the amount of financial support from the European and global levels.

The NDS is a key Croatian strategic document for the period until 2030 and will constitute the basis for the design and implementation of public policies and realization of the vision of Croatia as an open and globally competitive country. In the process of elaboration of the 2030 National development strategy and determining the strategic framework for the implementation of the sustainable development goals, numerous communication activities, participatory workshops, conferences and round tables on the subject of "Croatia 2030: The Croatia we want", target different groups of stakeholders in sustainable development (from the public sector, civil society, academia, the private sector to children and young people) [4, 5].

In cooperation between the Croatian chamber of commerce and the competent state administrative bodies, a conference was organized to "Support sustainable" aiming for a multi-sectoral consultation process on the content of the first Voluntary national review.

In order to create a complete framework necessary for the effective monitoring of the implementation of sustainable development goals, an Information system for strategic development planning and management was set up with a view to fully integrating electronic collection and storage of statistical and financial data required to monitor and report on the implementation of strategic planning documents at all three national levels, which includes monitoring the implementation activities that contribute to achieving the UN Agenda 2030 in Croatia. For the purpose of disseminating the results and the status of the realization of the key indicators of sustainable development among the general public, the Internet portal (of the State bureau of statistics) was created and modelled on the UN Sustainable development knowledge platform [4, 5].

The seventeen sustainable development goals are a development plan for Croatia in the next 10 years, a framework and a tool for a better future. SDG Index and Dashboards report in 2018 ranks Croatia 21st out of 156 countries. Such a starting position gives Croatia a good

chance of becoming, together with other Member States of the EU, one of the leaders in the transition to sustainability, both by becoming involved in setting global standards and consequently achieving its own social and economic benefits [4, 5].
In order to ensure the implementation of sustainable development goals further action will be focused on:

- Further development and improvement of the institutional setup with well defined organization, coordination and control structure,
- Defining the intervention logic to link together strategic objectives, planned implementation mechanisms, structural reforms and strategic projects within the framework of the NDS and funding sources,
- Building national statistical capacity,
- Conducting permanent information and educational activities to raise awareness about sustainable development and life and the implementation of sustainable development goals at the national and global levels [4, 5].

3.1. Water management in Croatia

For water management purposes, Croatia's territory is divided into 4 water basins and 34 catchment areas. The water basin comprises one or more catchment areas of major river watercourses, or parts thereof, constituting a natural hydrographical entity. The catchment area comprises, within a water basin, one or more catchments of minor watercourses for which integrated water management is provided with respect to interconnected problems, existing water system and economic conditions [4-6].
The legal foundations of water management in Croatia are defined by the Constitution of the Republic of Croatia, the Water act, the Water management financing act and their bylaws, with individual provisions related to water found also in several other laws which regulate other legal areas. The Constitution of the Republic of Croatia defines water a resource of particular interest for the Republic of Croatia and guarantees it special protection [4-6].
Considering wastewater as indicator of successful water management, all major Croatian towns have a sewage system for the collection of municipal wastewater in place; waste water treatment plants are present and functioning to varying degrees. Industrial waste water treatment and the condition of treatment plants are not at the same level of development in the Croatian industry. Major companies have more developed wastewater treatment facilities, but the majority of industry lacks the necessary funds for investments in modern equipment. In this field, future investments in the development and construction of equipment in accordance with EU standards will be needed [4, 5, 9].

4. Conclusion

- In contexts of competing demands for water, widespread pollution, and over-extraction for agricultural and industrial uses, current water allocation and use practices are increasingly unsustainable and threaten system health.
- Individuals, communities and governments seeking to improve management of water for the environment need to collectively define what 'system health' means, at the scale of the catchment or aquifer.

- Environmental, social, economic and cultural benefits that can be achieved from managing the health of surface and groundwater systems — more resilient economies and societies; sustainable cities; improved access to clean water; and increased investment — should be clearly articulated.
- Unsustainable water use threatens ongoing access to a wide range of benefits and values, well beyond those directly related to the river, lake, estuary, aquifer or wetland. Managing water for the environment is ultimately about much more than protecting ecosystems.
- To the extent surface and groundwater systems continue to decline as a result of decision makers opting not to allocate, manage or enforce water for the environment, the consequences of these actions will include forgoing the range of benefits that could otherwise be realised now and in the future. These trade-offs should be made transparent and should be understood by all stakeholders.
- The Republic of Croatia must manage the water resources responsibly, actively and transparently and not only seek to meet administrative formalism and statistics. This is important because the Republic of Croatia is delayed by setting goals within SDG Agenda 2030 for five years.

6. References

[1] https://www.icmm.com/en-gb/environment/water/water-management, accessed 2. 6. 2019.
[2] Orlović, Marija; Krajnović Aleksandra. Water management - an important challenge for modern economics, DIEM : Dubrovnik International Economic Meeting, Vol. 2 No. 1, 2015., 487-510 (ISSN 1849-3645)
[3] Alexandros K. Makarigakis; Blanca Elena Jimenez-Cisneros. UNESCO's Contribution to Face Global Water Challenges. Water 2019, 11, 388, 2-17, doi:10.3390/w11020388
[4] Strategija upravljanja vodama, Hrvatske vode 2009.
[5] https://sustainabledevelopment.un.org/, accessed 2. 6. 2019.
[6] International Water Association, Wastewater Report 2018, London, 2018.
[7] Aither. A Guide to Managing Water for the Environment, Australian Water Partnership, Canberra, 2018 (ISBN 978-1-921543-36-4)
[8] Wastewater Management, A UN-Water Analytical Brief, https://www.unwater.org/, accessed 2. 6. 2019
[9] Matković, Luka. Waste and Water Management in Croatia, Embassy of Belgium, Commercial Section, Zagreb, 2015.

Analiza kvarova na vodoopskrbnom sustavu
Failure analysis of water supply system

T. Mijušković - Svetinović[1,*], V. Blažević[2] , S. Maričić[1]

[1,*] Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska
[2] Dvorac d.o.o. za komunalne djelatnosti, Valpovo, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: tatjanam@gfos.hr

Sažetak
Kontrola gubitaka vode je od izuzetne važnosti za svaki vodoopskrbni sustav. Kvarovi, odnosno oštećenja na vodoopskrbnoj mreži, curenjima direktno doprinose gubitcima u vodoopskrbnom sustavu, zato ih je nužno smanjiti na najmanju mogu mjeru. U radu su navedeni i opisani čimbenici koji dovode do propadanja/oštećenja vodovodnih cijevi i mreže. Također su analizirani kvarovi/puknuća na vodoopskrbnom sustavu Valpovo – Belišće, ovisno o vrsti materijala (AC, PVC i PEHD) te mjestu nastanka kvara (mreža, kućni priključci, hidranti, dio sustava na kojem je došlo do kvara). Analizirani podatci su prikupljani u razdoblju od 2006. godine do 2018. godine, a odnose se na cjelokupni vodoopskrbni sustav javnog isporučitelja vodnih usluga vodoopskrbnog sustava grada Valpova.

Ključne riječi: vodoopskrbna mreža, kvarovi, analiza

Abstract
Water loss control is of paramount importance for every water supply system. Failures or damage of the water supply network cause leaks that directly contribute to the losses in the water supply system. Many factors, which affect the occurrence of failure, respectively decay and damage of water pipes, are described in the article. This article analyses the failures in the water supply system Valpovo - Belišće, depending on the type of material (AC, PVC and PEHD) and the place of emergence (networks, home connections, hydrants, areas where the failure occurred). The data used for analysis were collected in the period from 2006 to 2018, referring to the entire water supply system of a public water supply provider of the water supply system of the town Valpovo.

Key words: water supply network, failures, analysis

1. Uvod
Godišnja količina izgubljene vode je važan pokazatelj učinkovitosti vodoopskrbnog sustava i distribucije vode, tako da je kontrola gubitaka vode je od izuzetne važnosti za svaki vodoopskrbni sustav. Danas se koriste različite metode analize bilance vode i vodnih gubitaka u vodoopskrbnim sustavima s ciljem smanjenja gubitaka vode. Tako, gubitke vode,

prema IWA metodologiji, možemo definirati kao razliku između zahvaćene vode i ovlaštene potrošnje, a možemo ih podijeliti na prividne i stvarne. Prividni gubitci nastaju uslijed netočnosti vodomjera i neovlaštene potrošnje. Stvarni gubitci vode pojavljuju se na mreži i kućnim priključcima uslijed kvarova/puknuća te kao posljedica prelijevanja i curenja iz vodosprema. Kvarovi, odnosno oštećenja na mreži, direktno doprinose gubitcima u vodoopskrbnom sustavu. Curenja kao posljedica kvarova/oštećenja predstavljaju stvarne gubitke i na njih možemo značajno utjecati. Različiti čimbenici doprinose propadanju/oštećenju vodovodnih cijevi i mreže, a time i curenja. Ove čimbenike možemo podijeli na tri glavne kategorije: fizičke, čimbenike okoliša i operativne ili radne čimbenike [1].

U radu je analizirana pojava kvarova/puknuća na vodoopskrbnom sustavu Valpovo – Belišće, na temelju podataka iz trinaestogodišnjeg razdoblja (2006. – 2018.). Podatci su prikupljani na cjelokupnom vodoopskrbnom sustavu javnog isporučitelja vodnih usluga vodoopskrbnog sustava grada Valpova, općine Petrijevci, Bizovac i općine Koška s pripadajućim naseljima a sustav obuhvaća i manji dio grada Belišća (2 ulice). Kvarovi su analizirani ovisno o vrsti materijala (AC, PVC I PEHD) te mjestu nastanka (vodovodna mreža, kućni priključci, hidranti, područje vodoopskrbe gdje se kvar pojavio).

Cilj ovog rada je ukazati na mogućnost prikupljanja, sortiranja, praćenja, i analiziranja kvarova/puknuća, a sve u cilju donošenja najboljih upravljačkih odluka i efikasnijeg održavanja mreže i cjelokupnog vodoopskrbnog sustava.

2. Analiza kvarova na razmatranom vodoopsrbnom sustavu

2.1. Općenito o kvarovima vodoopskrbnog sustava

Mnogo čimbenika utječe na vodoopskrbni sustav i njegovo stanje. InfraGuide (2003) ove čimbenike dijeli na tri glavne kategorije: fizičke, okolišne i operativne ili radne (Tablica 1). Fizički faktori uključuju materijal cijevi, debljinu stjenke cijevi, starost cijevi, promjer cijevi, vrstu spoja, ograničenje tlaka, oblogu cijevi i premaz, različite metali, kvalitetu proizvodnje i ugradnju cijevi. Posteljica, zatrpavanje rova, tip tla, podzemna voda, klima, položaj cijevi i poremećaji, lutajuće struje i seizmička aktivnost smatraju se čimbenicima okoliša. Neki istraživači pod okolišnim čimbenicima smatraju i oborine, promet i opterećenje. Tlak vode unutar cijevi, promjena tlaka, curenje, kvaliteta vode, brzina tečenja, mogućnost povratnog toka i praksa upravljanja i održavanja smatraju se operativnim ili radnim čimbenicima.[1]

Tablica 1. Čimbenici koji utječu na degradaciju sustava za opskrbu vodom (InfraGuide 2003) [1]

PODJELA	ČIMBENIK	POJAŠNJENJE
FIZIČKI ČIMBENICI	Materijal cijevi	Cijevi napravljene od različitih materijala mogu imati različita oštećenja.
	Debljina stjenke cijevi	Korozija će brže nagristi tanju stjenku cijevi.
	Starost cijevi	Degradacija cijevi vremenom je sve značajnija.
	Vintage – retro cijevi	Cijevi napravljene u određeno vrijeme i na određenom mjestu mogu biti osjetljivije na oštećenja.
	Promjer cijevi	Cijevi manjeg promjera cijevi su osjetljivije.
	Tip spoja	Kod nekih vrsta spojeva dolazi do preuranjenog oštećenja
	Otpornost cijevi na tlak	Neotpornost cijevi na promjene tlaka može povećati uzdužna naprezanja.
	Zaštita cijevi i premazi	Zaštićene cijevi manje su podložne koroziji.
	Različiti metali	Neki metali su podložni galvanskoj koroziji.
	Ugradnja cijevi	Nekvalitetna ugradnja cijevi može dovesti do oštećenja cijevi, odnosno učiniti ih osjetljivijima na oštećenja.
	Proizvodnja cijevi	Pri proizvodnji cijevi može doći do oštećenja stjenke cijevi.
ČIMBENICI OKOLIŠA	Podloga cijevi - posteljica	Nepravilno izvedena i zbijena posteljica može dovesti do oštećenja cijevi ili spoja.
	Zasipanje rova	Neki materijali kojima se ispunjava rov mogu biti korozivni ili smrzavati.
	Vrsta tla	Neka su tla korozivna; neka tla značajno mijenjaju volumen kod promjene vlažnosti, što rezultira promjenom opterećenja na cijevi. Prisutnost ugljikovodika i otapala u tlu može rezultirati degradacijom cijevi.
	Podzemne vode	Neke podzemne vode su agresivne prema određenim materijalima cijevi.
	Klima	Klima utječe na prodor mraza i vlagu tla. Može doći (pogotovo na sjeveru) i do smrzavanja cijevi.
	Položaj cijevi	Ako sol s prometnice dospije u tlo može povećati mogućnost korozije cijevi.
	Poremećaji	Poremećaji u podzemlju a u neposrednoj blizini ugrađene cijevi mogu dovesti do stvarnih oštećenja ili promjene opterećenja na cijevi.
	Lutajuće struje	Lutajuće struje uzrokuju elektrolitičku koroziju.
	Seizmička aktivnost	Seizmička aktivnost može povećati naprezanja cijevi i uzrokovati povećanje pritiska.
OPERATIVNI ČIMBENICI	Unutrašnji tlak vode, prolazan tlak	Česta promjena unutarnjeg tlaka vode promijenit će naprezanja koja djeluju na cijev
	Curenje	Curenje iz cijevi erodira posteljicu i povećava vlažnost tla u zoni cijevi
	Kvaliteta vode	Neka voda je agresivna, te potiče koroziju
	Brzina toka	Unutrašnja korozija će se prije razviti na krajnjim - "mrtvim" dijelovima mrežama.
	Potencijal povratnog protoka	Križanje sa sustavima koji ne sadrže pitku vodu može kontaminirati vodovodnu mrežu.
	Održavanje	Loše prakse održavanja mogu ugroziti strukturni integritet i kvalitetu vode.

Jon Røstum (2000) predlaže nešto drugačiju podjelu čimbenika koji doprinose propadanja/oštećenju vodovodne mreže i cijevi. On čimbenike dijeli na 4 tipa: strukturalni, vanjski, unutrašnji i održavanje. U Tablici 2 su detaljnije opisani ovi tipovi čimbenika.

Tablica 2. Čimbenici koji utječu na degradaciju vodovodne mreže i cijevi [2]

ČIMBENICI			
STRUKTURNI	**VANJSKI/OKOLIŠNI**	**UNUTRANJI**	**ODRŽAVANJA**
Lokacija Promjer Duljina Godina izgradnje Materijal cijevi Postupak spajanja cijevi Unutarnja zaštita cijevi Vanjska zaštita cijevi Tlak Debljina stjenke cijevi Dubina ukopavanja cijevi	Tip tla Opterećenje Podzemna voda Lutajuće struje Stanje podloge - posteljice Soljenje - zaštita prometnice od leda Temperatura Vanjska korozija	Brzina vode Tlak vode Kvaliteta vode Vodni udar Unutarnja korozija	Datum pojave kvara Datum popravka kvara Lokacija kvara Tip kvara Postojanje prethodnog oštećenja cijevi

2.2. Kvarovi na vodoopskrbnom sustavu Valpovo – Belišće

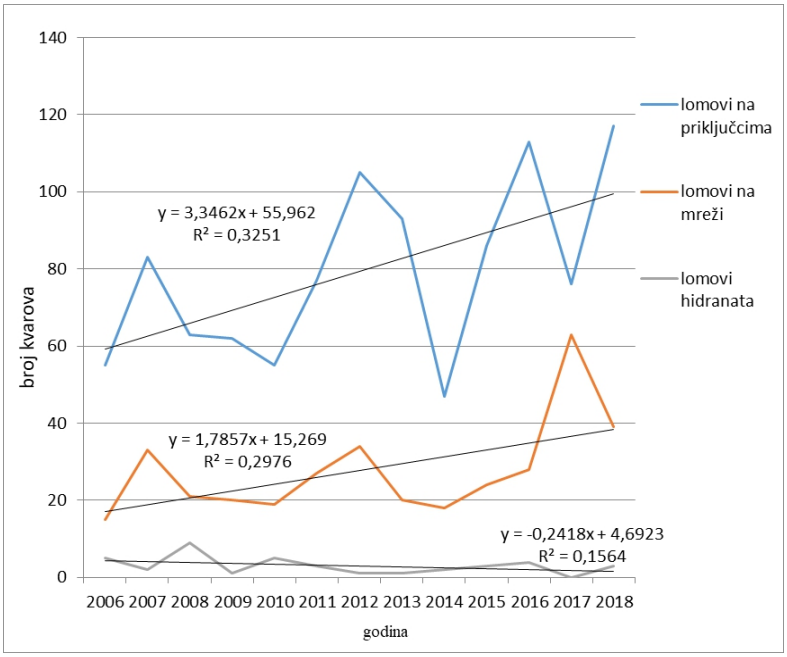
Ukupna duljina distributivne mreže na razmatranom sustavu s profilima jednakim ili većim od 80 mm iznosi oko 299 km, a oko 56% (170 km) mreže ima promjer veći od 150 mm. Duljina vodovodne mreže koju opskrbljuje vodocrpilište Jarčevac je 233 km, a izgrađena je od AC, PVC-a, PEHD-a te LŽ cijevi. Broj priključaka s ugrađenim vodomjerom je 3.427 od kojih je 3.162 privatnih korisnika, a 245 pravnih korisnika.

Duljina promatrane vodovodne mreže koju opskrbljuje vodocrpilište Belišće je 66 km, a izgrađeno je također od azbest – cementa (AC), poli(vinil-klorida) (PVC-a), polietilena (PEHD-a) i lijevanog željeza (LŽ). Broj priključaka s ugrađenim vodomjerom je 3.476 od kojih je 3.106 privatnih korisnika, a 356 pravnih korisnika. Azbestno - cementnih (na području Dvorac Valpovo d.o.o. ih ima 9 %, a na području Hidrobel d.o.o. Belišće 23 %) i lijevano - željeznih cijevi (na oba vodoopskrbna područja 1 %) ima jako puno te je hitno potrebna izmjena ovih cijevi radi smanjenja gubitaka u vodoopskrbnom sustavu i poboljšanja kvalitete isporuke pitke vode.

Na vodoopskrbnom području instalirano je 978 hidranata na kojima se pojavljuju gubitci uslijed neovlaštene potrošnje.

Tijekom trinaestogodišnjeg razdoblja (2006. – 2018.) bilježena je pojava kvarova (lomova/puknuća) kao i troškova sanacije u vodoopskrbnom sustavu Valpovo – Belišće. Vođena je evidencija da li se kvar dogodio na kućnom priključku, mreži ili na hidrantu. Kvar na kućnom priključku odnosi se na sve lomove koji su nastali tijekom promatranih godina a odnosi se na dio voda od spoja na glavnu ili razdjelnu vodovodnu mrežu do zaključno s ventilom prije vodomjera. Kvar na mreži podrazumijeva lom/puknuće same mreže bilo da se radi o glavnoj ili sekundarnoj mreži.

Slika 1 prikazuje broj kvarova u razmatranom razdoblju na cjelokupnom vodoopskrbnom sustavu. Iz slike se vidi da u analiziranom trinaestogodišnjem razdoblju postoji značajan trend porasta kvarova na priključcima i mreži, a kvarovi na hidrantima bilježe negativan trend. Također je iz slike 1 vidljivo da kvarova/puknuća na kućnim priključcima nastaju puno češće nego na samoj mreži. Bitno je napomenuti da su svi kvarovi na mreži uočeni ili obilaskom mreže ili dojavom građana (tzv. vidljiva curenja) ali i naglim skokom potrošnje vode na mjeraču protoka vodocrpilišta, jer se u razmatranom vodoopskrbnom sustavu ne koristi nikakva dodatna metoda (pametne loptice, geofon ili sl.) za otkrivanje kvarova.



Slika 1. Broja kvarova na cjelokupnoj vodovodnoj mreži razmatranog područja u razdoblju od 2006. do 2018. godine

Iz tablice 3 također se vidi učestalost nastanka kvarova/puknuća na mreži, kućnim priključcima i hidrantima ali i troškovi popravaka koji ne uključuju trošak vode koja je iscurila. Najveći broj kvarova je nastao na kućnim priključcima zbog brojnosti istih kao i zbog loših vodovodnih armatura ugrađivanih u priključke, dok najveći trošak predstavlja popravak mreže. Bez obzira što je broj kvarova/puknuća na mreži manji, trošak njihova popravaka predstavlja puno veće financijsko opterećenje komunalnoj tvrtki, jer je sanacija takvih kvarova vrlo skupa. Ukupno je na mreži nastalo gotovo tri puta manje kvarova/puknuća nego na kućnim priključcima ali iznos koji je potrebno uložiti za sanaciju istih je 42 % veći. Uzrok tomu je što je za popravak lomova na mreži potrebno uložiti više rada, a i fazonski komadi koje je potrebno ugraditi su skuplji. Pored samih popravaka kvarova/lomova na mreži često je potrebno sanirati i kolnik jer se veliki dio vodoopskrbne mreže u gradu Valpovu nalazi ispod kolnika.

Samo manji dio zabilježenih kvarova su kvarovi na hidrantima jer se oni vrlo rijetko koriste. Bez obzira na mali broj kvarova hidranata, trošak popravka predstavlja financijski značajnu stavku jer se u pravilu radi o zamjeni slomljenog hidranta novim.

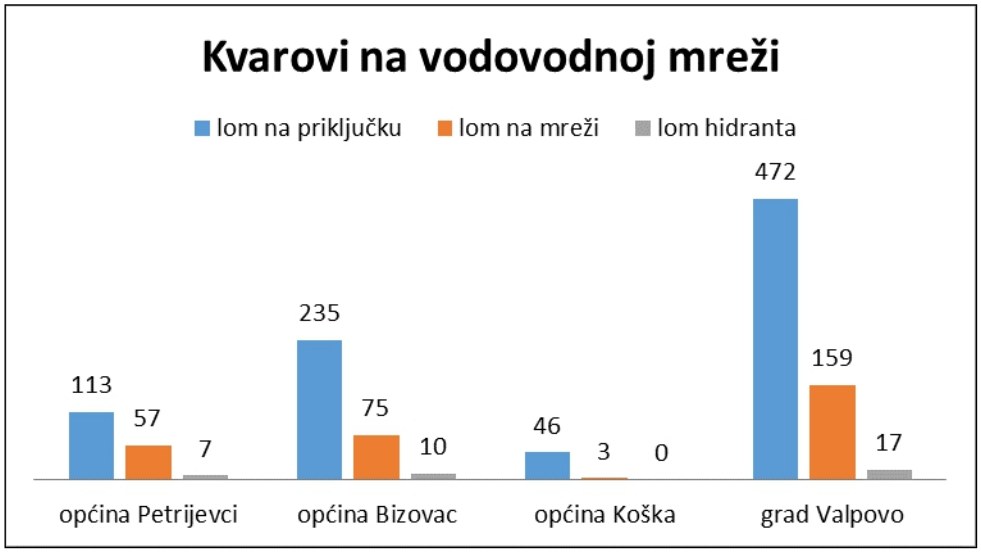
Tablica 3. Broj kvarova u razdoblju 2006. – 2018. ovisno o mjestu nastanka te troškovi uklanjanja kvarova

GODINA	BROJ KVAROVA PREMA MJESTU NASTANKA I TROŠAK (kn) POPRAVKA							
	PRIKLJUČCI		MREŽA		HIDRANTI		UKUPNO	
	BROJ	TROŠAK	BROJ	TROŠAK	BROJ	TROŠAK	BROJ	TROŠAK
2006	55	12.860,00	15	19.795,00	5	22.405,00	75	55.886,96
2007	83	22.348,00	33	54.494,00	2	7.923,00	128	84.765,00
2008	63	22.822,00	21	53.699,00	9	30.886,00	93	107.407,00
2009	62	18.905,00	20	37.398,00	1	5.250,00	83	61.553,00
2010	55	22.090,00	19	25.876,00	5	20.140,00	79	68.106,00
2011	77	26.860,00	27	43.119,00	3	14.500,00	107	84.479,00
2012	105	70.901,50	34	90.509,00	1	3.720,00	140	165.130,50
2013	93	68.898,34	20	55.019,38	1	3.633,46	114	127.551,18
2014	47	47.146,76	18	38.149,18	2	5.784,19	67	91.080,13
2015	86	34.969,44	24	51.612,16	3	12.634,20	113	99.215,80
2016	113	68.936,55	28	89.059,59	4	12.908,60	145	170.904,74
2017	76	41.895,64	63	112.079,25	0	0	139	0
2018	117	64.402,42	39	71.054,68	3	6.878,50	159	142.335,60
UKUPNO:	1032	523.035,65	361	741.864,24	36	139.748,45	1429	1.258.414,91

Kao što je vidljivo iz tablice 3 u razdoblju 2006. - 2018. godine na vodovodnoj mreži bilo je ukupno 1.429 intervencija zbog uočenog curenja vode. Od toga se 1.032 intervencije odnosilo na kvar kućnog priključka DN 20 - 40 mm (najvećim dijelom spojnica ili prvi ventil u vodomjernom oknu, a 2013. i 2014. godine i 15 - ak potpunih rekonstrukcija priključaka zbog učestalog pucanja na istom priključku). Od 361 kvara otklonjenog na vodovodnoj mreži, 299 kvarova bilo je na cjevovodima DN 50 pa sve do DN 300 koliko je najveći profil, (najčešće pucaju PVC ili AC cijevi većim dijelom u Valpovu i to u prometnim površinama, manjim dijelom PEHD DN 50 - dionica u Bizovcu), a ostala 36 kvara odnosi se na hidrante DN 80 (pucanje zbog smrzavanja jer nije ispuštena voda iz zimskog ventila).

Slika 2 prikazuje broj kvarova ovisno o mjestu nastanka kvara i prema području gdje su se kvarovi pojavili. Iz slike je vidljivo da je u općini Koška zabilježeno najmanje kvarova. To je zato što je mreža relativno nova, dio je tek završen, a mreža je izgrađena od PEHD cijevi i HAWLE fazonskih komada i vodovodnih armatura. Također je vidljivo da je u samom gradu Valpovu i prigradskim naseljima nastalo daleko više kvarova nego u ostalom dijelu promatranog vodoopskrbnog područja. Razlog tome je starost mreže preko 40 godina, jer je u samom gradu Valpovu dio vodovodne mreže izgrađen još davnih 70-tih godina prošlog stoljeća, a cjevovodi su izgrađeni od najlošijeg materijala (AC i PVC, radnog tlaka 6 bara),

koji se u to vrijeme ugrađivao. Osim starosti mreže, na to utječe i to što grad Valpovo i prigradska naselja imaju više 4.200 korisnika od ukupno 6.910 odnosno čini 65% ukupnih korisnika sustava. Veliki problem kod otklanjanja kvarova u Valpovu, očituje se u nemogućnost zatvaranja pojedinih dionica (ulica), zbog neispravnosti ventila u čvorištima (ventili propuštaju), tako da se mora zatvoriti voda u velikom dijelu grada, što stvara probleme u opskrbi korisnika. Nadalje, veliki problem su i instalirani podzemni hidranti, koji su zbog starosti ili neodržavanja gotovo u cijelosti neispravni. Problem u gradu Valpovu predstavlja i nepoznavanje načina izvedbe i položaja sekundarnih vodova promjera DN 50 mm, kao i izvedba priključaka. U gradu Valpovu uočeno je i drastično povećanje broja kvarova 2012. – 2018. godine u odnosu na 2011. godinu.



Slika 2. Broj kvarova prema mjestu nastanka i prema vodoopskrbnom području gdje su se pojavili

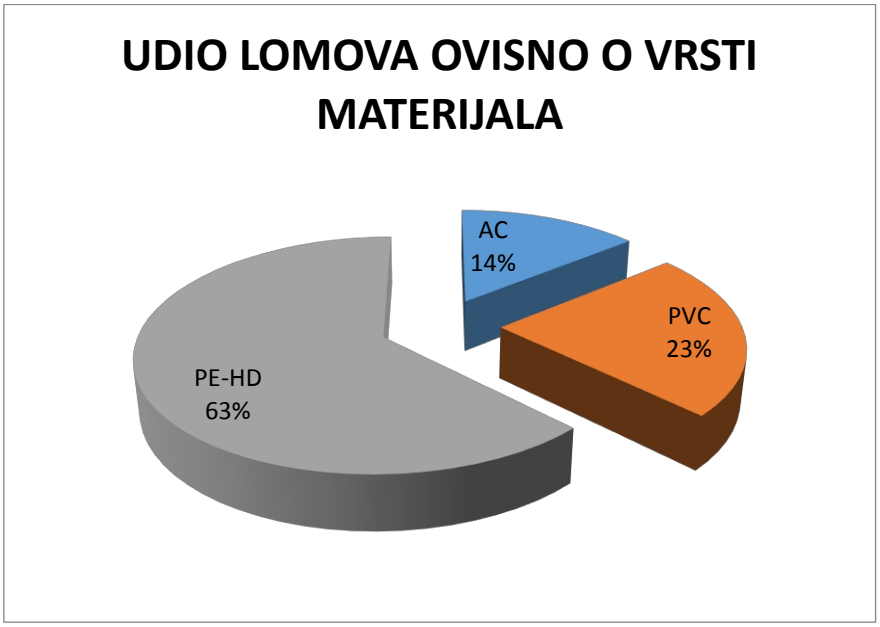
2.3. Kvar/puknuće cijevi ovisno o vrsti materijala

Na promatranom vodoopskrbnom sustavu vodi se evidencija kvarova/puknuća na vodovodnoj mreži ovisno o vrsti materijala cijevi i financijskom trošku popravka. Na promatranom je području, kako je prikazano u tablici 3, u razdoblju 2006. - 2018. godine uočen ukupno 361 lom na mreži, a ukupan iznos troška popravka bio je 741.864.24 kn. Za analizu kvarova ovisno o vrsti materija obrađeni su podatci od 2011. – 2018. godine jer se prije 2011. godine bilježio samo broj lomova ali ne i vrsta cijevi na kojoj je došlo do kvara. Zbog nemogućnosti određivanja trenutka kvara/puknuća cijevi nije moguće utvrditi količinu vode koja je istekla prilikom pojedinog kvara, pa ta voda nije uključena u trošak popravka.
U tablici 4 je prikazan broj kvarova na vodovodnoj mreži prema vrsti cijevi, kao i trošak sanacije istih u kunama. Iz tablice je vidljivo da je najveći broj kvarova uočen na PEHD cijevima i to 146 kvara od ukupno 233, odnosno 63% (Slika 3). To nije bilo za očekivati, bez obzira što im je zastupljenost preko 40 %, jer su mreža od PEHD cijevi relativno nove i otporne lomove. Najmanje lomova je bilo na AC cijevima i to 33 puknuća, odnosno 14 %

(tablica 4 i slika 3) što nije bilo za očekivati, bez obzira što ih ima u najmanjem postotku (područje Dvorac Valpovo d.o.o. 9 %, a područje Hidrobel Belišće d.o.o. 23 %) jer se radi o vodovodnoj mreži izgrađenoj prije više od 40 godina. Pored starosti AC mreže, negativan učinak na kroj kvarova/lomova ima i položaj polaganja vodovodne mreže. Vodovodna mreža izgrađena od AC cijevi većim je dijelom ugrađena u kolničku konstrukciju te uslijed djelovanja prometnog opterećenja lako mogu nastati lomovi. Uzrok relativno malom broju lomova AC cijevi u odnosu na ostale je u dubini polaganja cijevi, AC cijevi su ugrađene na dubini preko 1,8 m što je čini zaštićenijom od dinamičkog opterećenje od prometa.
Iz tablice 3 je vidljivo da je 2017. i 2018. godine porastao broj lomova na mreži izgrađenoj od PEHD cijevi, a uzrok je što se u te dvije godine gradila kanalizacijska mreža na aglomeraciji Petrijevci u naseljima Ladimirevci i Šag. Kanalizacijski kolektor ugrađivao se blizu vodovodnih cijevi pa je češće dolazilo do mehaničkih oštećenja ovih cijevi. Iz tablice 4 i slika 3 i 4 se može zaključiti da je prosječna cijena popravka AC cijevi veća u odnosu na PVC ili PEHD cijevi. Uzrok tomu je cijena vodovodnih armatura i opsežnost samih radova na popravku kvarova. Cijena popravka PVC cijevi nešto je manja jer je vodovodna mreža projektirana i ugrađena pored kolnika, a ne u samom kolniku što smanjuje cijenu popravka jer cestu nije potrebno popravljati.

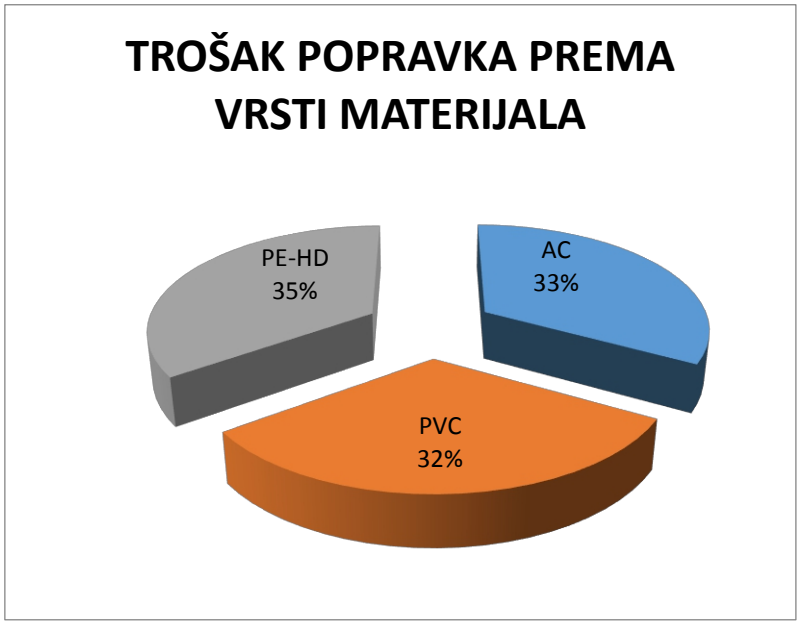
Tablica 4. Broj lomova na vodovodnoj mreži prema vrsti cijevi i trošak popravka (kn)

GODINA	BROJ KVAROVA PREMA VRSTI CIJEVI I TROŠAK POPRAVKA U KUNAMA							
	AC		PVC		PEHD		UKUPNO	
	BROJ	TROŠAK	BROJ	TROŠAK	BROJ	TROŠAK	BROJ	TROŠAK
2011	2	8.147	5	19.058	17	14.430	24	41.635
2012	4	31.862	11	36.410	18	22.257	33	90.529
2013	4	9.636	8	29.091	6	13.260	18	51.987
2014	3	6.874	3	10.039	8	12.360	14	29.273
2015	2	11.585	6	17.778	10	13.709	18	43.072
2016	6	42.177	4	15.414	15	17.793	25	75.384
2017	7	41.639	9	24.803	45	63.688	61	130.130
2018	5	26.609	8	20.291	27	30.825	40	77.725
UKUPNO	**33**	**178.529**	**54**	**172.884**	**146**	**188.322**	**233**	**539.735**



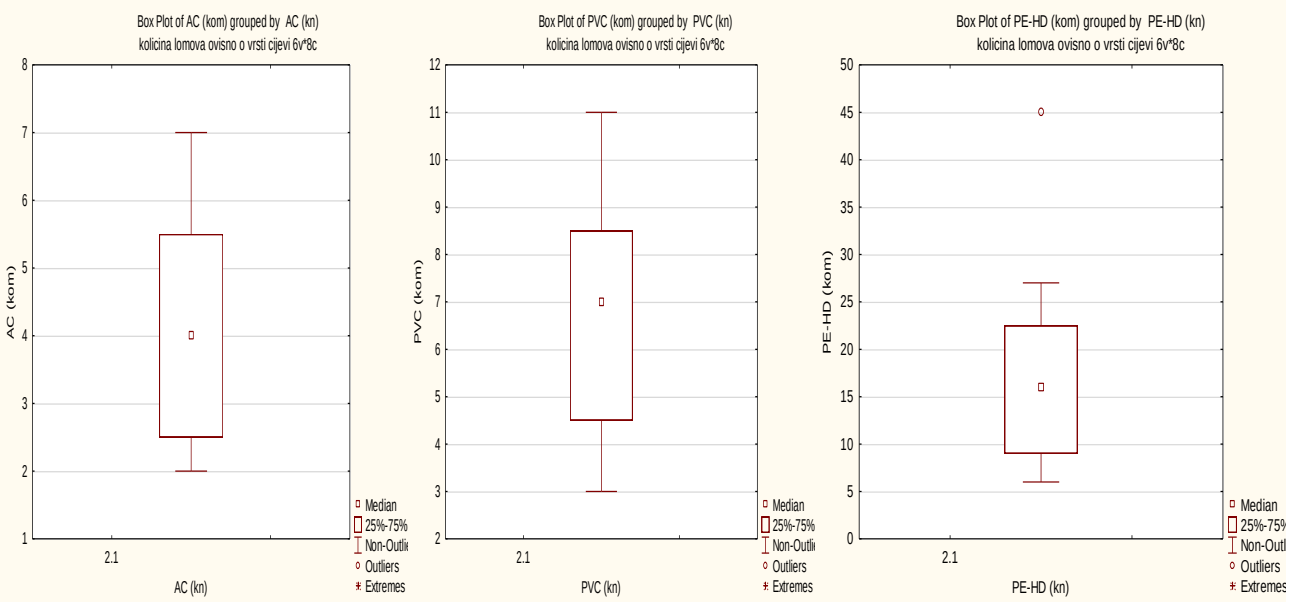
Slika 3. Udio kvarova/lomova ovisno o vrsti cijevi

Slika 4 prikazuje financijski udio popravka određenih vrsta cijevi. Iz slike se vidi da je, bez obzira na broj kvarova, u periodu 2011. – 2018. udio podjednak.



Slika 4. Financijski udio lomova ovisno o vrsti materijala cijevi

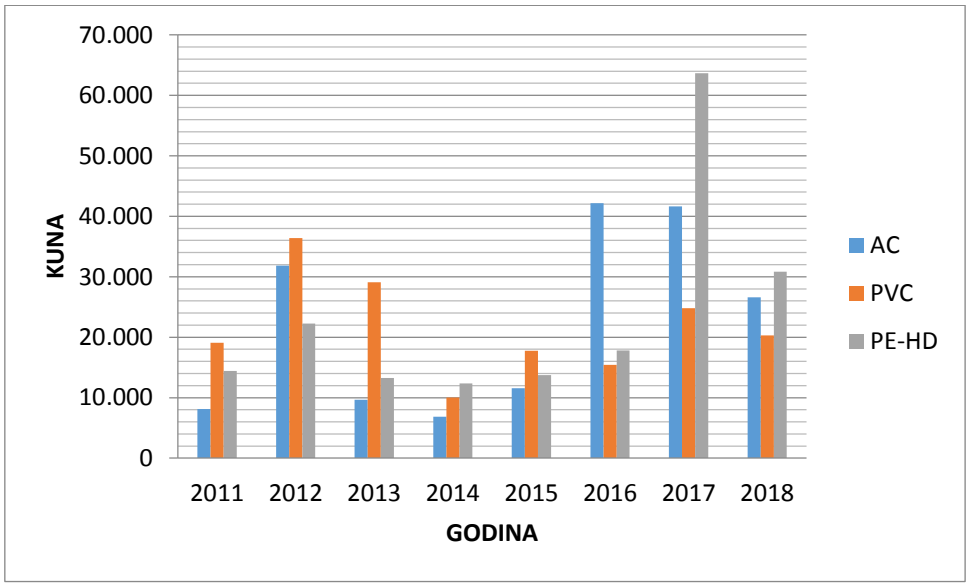
Kutijasti dijagrami na slici 5. prikazuju odnos vrste materijala cijevi u promatranom vodoopskrbnom sustavu i cijene popravka kvarova u kunama. Iz slike se, također, vidi da je cijena popravka kvarova na AC cijevima najveća, a na PEHD cijevima najmanja.



AC PVC PEHD

Slika 5. Kutijasti dijagram odnosa vrste materijala (AC, PVC, PEHD) i i troška popravka u kn

Slika 6 prikazuje trošak sanacije kvarova po godinama (2011. – 2018. godina), iz koje je vidljiv skok troškova za popravak PEHD cijevi, a uzrok je već spomenuta izgradnja kolektora na aglomeraciji Petrijevci.



Slika 6 Trošak sanacije kvarova po godinama 2011. – 2018. godine

3. Zaključak

U razdoblju 2006. - 2018. godine na vodovodnom sustavu Valpovo – Belišće bilo je ukupno 1.429 intervencija zbog curenja. Od toga se 1.032 intervencije odnosilo na kvar kućnog priključka, 361 na kvar na vodovodnoj mreži, a ostalih 36 odnosilo se na kvar hidranata (pucanje zbog smrzavanja jer voda nije ispuštena iz zimskog ventila). Bez obzira što je broj kvarova/puknuća na mreži manji, njihova cijena popravaka predstavlja puno veće financijsko opterećenje komunalnoj tvrtki, jer je sanacija takvih kvarova skuplja. Ukupno je na mreži nastalo gotovo tri puta manje kvarova/puknuća nego na kućnim priključcima ali iznos koji je potrebno uložiti za sanaciju istih je 42 % veći. Uočava se značajan trend porasta kvarova na priključcima i mreži, a kvarovi na hidrantima bilježe negativan trend

Relativno najveći broj kvarova događa se u gradu Valpovu, što je bilo i za očekivati kako zbog starosti tako i zbog dužine mreže. U Valpovu je uočeno trend povećanja broja kvarova. U razdoblju 2011. - 2018., od ukupnog broja kvarova 63% je nastalo na PEHD cijevima što nije bilo za očekivati jer je mreža od PEHD cijevi relativno nova. Najmanje lomova je bilo na AC cijevima (14 %) što, također, nije bilo za očekivati jer se radi o vodovodnoj mreži izgrađenoj prije više od četrdeset godina. Na PVC cijevima je uočeno 23 % kvarova. Udio popravaka pojedinih vrsta cijevi u ukupnim troškovima je podjednak. Udio popravka PEHD cijevi u ukupnom trošku je 35 %, AC cijevi 33 %, a PVC cijevi 32 %. Može se zaključiti da je cijena popravka PEHD cijevi najmanja, a AC cijevi najveća.

Za vodoopskrbni sustav je korisno praćenje, evidencija i analiza kvarova a sve u cilju donošenja najboljih upravljačkih odluka i efikasnijeg održavanja mreže i cjelokupnog vodoopskrbnog sustava. Evidenciju kvarova bi bilo dobro proširiti i s drugim parametrima, odnosno čimbenicima koji utječu na degradaciju cijevi.

4. Literatura

[1] Yufei, Gao. Systematic Review for Water Network Failure Models and Cases, University of Arkansas, Fayeteville, Teses and Dissertations, 2017. (http://scholarworks.uark.edu/etd/2608 , pristup 25. 7. 2019.)

[2] Røstum, Jon. Statistical modelling of pipe failures in water networks, doctoral thesis, Trondheim, Norway, 2000 (http://hdl.handle.net/11250/242082, pristup 25. 7. 2019.)

[3] Blažević, Vinko. Statistička analiza komunalnih vodnih građevina, Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, diplomski specijalistički rad, Osijek, 2019.

Importance of the protection of personal data according to Regulation 2016/679 of the European Parliament and of the Council

Važnost zaštite osobnih podataka prema Uredbi 2016/679 Europskog parlamenta i Vijeća

S. Franjić

*Autor za korespodenciju. E-mail: sinisa_franjic@net.hr

Abstract

The protection of natural persons in relation to the processing of personal data is a fundamental right. The principles of, and rules on the protection of natural persons with regard to the processing of their personal data should, whatever their nationality or residence, respect their fundamental rights and freedoms, in particular their right to the protection of personal data. This Regulation is intended to contribute to the accomplishment of an area of freedom, security and justice and of an economic union, to economic and social progress, to the strengthening and the convergence of the economies within the internal market, and to the well-being of natural persons. The processing of personal data should be designed to serve mankind. The right to the protection of personal data is not an absolute right; it must be considered in relation to its function in society and be balanced against other fundamental rights, in accordance with the principle of proportionality. This Regulation respects all fundamental rights and observes the freedoms and principles recognised in the Charter as enshrined in the Treaties, in particular the respect for private and family life, home and communications, the protection of personal data, freedom of thought, conscience and religion, freedom of expression and information, freedom to conduct a business, the right to an effective remedy and to a fair trial, and cultural, religious and linguistic diversity.

Key words: Privacy, Data Protection, Internet, Cybersecurity

Sažetak

Zaštita fizičkih osoba u odnosu na obradu osobnih podataka temeljno je pravo. Načela i pravila o zaštiti fizičkih osoba u pogledu obrade njihovih osobnih podataka trebala bi, bez obzira na njihovo državljanstvo ili prebivalište, poštivati njihova temeljna prava i slobode, posebno njihovo pravo na zaštitu osobnih podataka. Cilj je ove Uredbe pridonijeti ostvarivanju područja slobode, sigurnosti i pravde i gospodarskog sindikata, gospodarskog i socijalnog napretka, jačanja i približavanja gospodarstava unutar unutarnjeg tržišta te dobrobiti fizičkih osoba. Obrada osobnih podataka trebala bi biti osmišljena tako da služi čovječanstvu. Pravo na zaštitu osobnih podataka nije apsolutno pravo; ono se mora

razmatrati u odnosu na njegovu funkciju u društvu i mora se ujednačiti s drugim temeljnim pravima u skladu s načelom proporcionalnosti. Ovom se Uredbom poštuju sva temeljna prava i uvažavaju slobode i načela koja su priznata u Povelji i koja su sadržana u Ugovorima, posebice poštovanje privatnog i obiteljskog života, doma i komunikacija, zaštita osobnih podataka, sloboda mišljenja, savjesti i vjeroispovijesti, sloboda izražavanja i informiranja, sloboda poduzetništva, pravo na učinkoviti pravni lijek i pošteno suđenje te pravo na kulturnu, vjersku i jezičnu raznolikost.

Ključne riječi: Privatnost, Zaštita podataka, Internet, Računalna sigurnost

1. Introduction

With technological development and new ways of processing personal data, it has become necessary to adopt a new instrument to ensure the protection of the rights and fundamental freedoms of individuals with regard to the processing of their personal data [1]. In all models in the history of information science development, it is undeniable that information is a key phenomenon, an entity that is exchanged in a communication process whose nature has never been fully clarified: either because the definitions are partial and only directed to certain aspects or fragments of communication processes or which has never been achieved consensus on the offered definitions. In a modern information society, information becomes the basis of a process of public information, a component of democratic and political processes. Information becomes an important element of freedom and the right to disseminate information that largely depends on the legitimacy and ability of data collections management. It is obvious that the process of disseminating information, printing them, publishing or broadcasting in the media is subject to their misreading. Logically, one of the constitutional and differential means of limiting the freedom of public information to protect the right of personality is the right to correct information.

Digitalization is the framework of information superhighway development and opens up the complexity of privacy and information security. Liberalization is primarily related to the openness of an unlimited communication space with the accompanying process of cultural globalization. Globalization, with the support of information and communication technologies and an open global space, moves world trends into local frameworks. The prerequisite for this kind of Internet development was an open, decentralized, interactive network architecture, then network protocols that need to be open and easy to modify, and the institutions/structures of governance and development of the Internet that have to comply with the principles of openness and cooperation as it do not bother. The openness of the Internet architecture and its continuous development in which the users were simultaneously the creators and contributed to its further development were its main strengths of development. The unstoppable trend in information society improves the quality of communication, advances the development of technology, but has an important task - establishing a model of data protection, in particular the protection of personal data, the most valuable part of personality and the concept of individuality and in contrast to global universality, is one of the key goals of data protection regulation reform.

2. Privacy

The European Union, in its texts and communications, has mostly avoided using the terms ‘natural rights’ and ‘human rights’, instead adopting the phrase ‘fundamental rights’ [2]. The question is, however, what this concept actually entails and whether, and if so, how it differs from the more classic understanding of human rights. This question is important because data protection has been disconnected from the right to privacy in EU legislation and has been coined a fundamental right itself. The Charter of Fundamental Rights of the European Union grants citizens the right to privacy in Article 7 and the right to data protection in Article 8. The question is what this means and whether protecting personal data should in fact be qualified as ‘fundamental’.

The first problem is that there may be some confusion because of the common use of the term “data protection” in the EU through which the law normally distinguishes these two terms, whereas in the USA, the term “privacy” tends to be used instead [3]. In addition, on both sides of the Atlantic, the term “data privacy” is increasingly used. Data privacy sounds in some ways more logical than “data protection”, since it refers to the right itself rather than the “protection” process. In comparison with the other two terms, it reflects more accurately “the focus, thrust, and rationale of the relevant norms”.

Secondly, there are difficulties with the term “privacy”. The problem concerns not only vagueness of this term and absence of its universally agreed and/or widely acceptable definition, i.e. the formal indication of a specific human right or freedom, but also the broad use of this term outside the legal or human rights sphere. It is often used to denote political, social, psychological privacy, among other aspects.

Thus, apart from human rights, “privacy” may imply a concept, idea, value, interest, or something else. As the result, there are many different interpretations of what privacy is.

Thirdly, data protection may involve disputable issues as well, including what exactly makes data “personal” and what amounts to “processing”.

Consumers have a need to control the flow of their information because they do not want sensitive information getting in the wrong hands and creating financial, physical, psychological, and social harm [4]. While sensitive information for one person may be different than another, almost everyone has a line between what sensitive information they will disclose and what they will not disclose. For those who suggest they do not want to keep anything private and have nothing to hide, most of them are liars. Ask them for their bank account number, social security numbers, passwords, and e-mail account and see what their reactions are.

Some of the most sensitive information can include financial information, health information, computer passwords, and personal identifying information. The financial and health information is so sensitive that there are privacy laws regulated these industries. Personal identifying information is considered private because identity of individuals can be stolen or lives interrupted with intrusions. There is a controversy as to what constitutes personal identifiable information (PII). PII has been defined by the National Institute of Standards and Technology (NIST) as “any information about an individual maintained by an agency, including (1) any information that can be used to distinguish or trace an individual’s identity,

such as name, social security number, date and place of birth, mother's maiden name, or biometric records and (2) any other information that is linked or linkable to an individual, such as medical, educational, financial, and employment information." More broadly, PII is information that can be used to identify or locate a single person in context. The protection of privacy is fundamentally about autonomy, power, and knowledge [5]. The old adage "knowledge is power" speaks volumes. the protection of personal privacy speaks to the ability of individuals to control what is known about themselves. individuals who can control what others know about them have a degree of personal autonomy. Privacy protection also helps to define the relationship between the citizen and the state and between the consumer and the corporate interest. Fundamentally, it attempts to balance what is best for the individual with what is best for the larger community the individual lives within. The intriguing question is: who decides where the balance lies? Privacy is one those concepts that seems at first blush to be so easy to define, yet on closer examination becomes a moving target. At its most basic, privacy refers to the line that is drawn between the public and the private; it relates to the autonomy of the individual in relation to the larger community. But where this line should be drawn is both culturally specific and epoch-sensitive. A universal norm for what comprises socially appropriate behaviour does not exist, and thus the impetus to shield particular activities from the eyes of one's family, friends, and neighbours will differ from country to country and from era to era. Privacy is an ever-growing concern in our society and is becoming a fundamental aspect to take into account when one wants to use, publish and analyze data involving human personal sensitive information, like data referring to individual mobility [6]. Unfortunately, it is increasingly hard to transform the data in a way that it protects sensitive information: we live in the era of big dana characterized by unprecedented opportunities to sense, store and analyze social data describing human activities in great detail and resolution. This is especially true when we work on mobility data, that are characterized by the fact that there is no longer a clear distinction between quasi-identifiers and sensitive attributes. Therefore, protecting privacy in this context is a significant challenge. As a result, privacy preservation simply cannot be accomplished by de-identification alone.

3. Data Protection

Technical progress in information and communication technologies and the increasing pervasiveness of these technologies in everyday life taken alone are already sufficient for an immense increase in the amount of generated personal dana [7]. New sensor technologies and biometric identification make it possible to collect personal data without the active contribution or even notice of the persons concerned. Permanently increasing storage capacities and processing capabilities offer the opportunity to store this data for virtually unlimited periods, to link the created data bases with each other and to analyse them with ever more efficient algorithms. Consequently, the fundamental right of respect for privacy is under increasing pressure; economic interests, the promise of improved private and public services and security concerns encourage excessive use of these increasing technical capabilities. "Data protection" commonly means a set of norms that serve not only privacy protection, but a broader range of interests [3]. Data protection is closely connected

to information technology (IT) developments that allow storing and using huge amounts of personal data. In today's world, characterized by globalization and digitalization, there is increased global availability of personal data. There are huge volumes of personal data being collected, stored, analysed, shared and transferred, with enhanced number of actors. The biggest challenge, for example, is "Big Data", which is the massive merging of data to generate more data, more assumptions and more knowledge about persons; examples of the production of Big Data include digital CCTV, mobile phones, scanning of machine-readable travel passes, social media postings, etc. Data protection principles are also often called "standards", "requirements" and can be defined as "the basic principles applied by data privacy laws to the processing of personal data" [3]. The core idea is that all the principles must be satisfied: complying with one of them does not exempt you from complying with the others; if the principles are understood, the whole data protection law will fall into place. Accordingly, if all of them are applied to aviation security measures, they will allow to establish whether collection, storage, share, transfer, analysis or any other type of processing of personal data for aviation security purposes correspond to the requirements of data protection law. We live in the Age of Information [8]. Information is money. So is time. The economies of the First World are dominated by the creation, manipulation and use of information and the time it takes to do so. These economies do not suffer from a shortage of information; they suffer from the difficulties associated with collecting, organising, accessing, maintaining and presenting it. Databases are designed to help deal with these difficulties.They are collections of information arranged in such a way that one or more items of information within them may be retrieved by any person with access to the collection containing thoseitems. Therefore,databasesare big business because they contain important and copious amounts of information and they reduce the time taken to access that information. And where there is big business, the law and lawyers inevitably follow. But information is more than money and databases are more than big business. Information and databases are critical to science, the legal system itself, education and all those aspects of life that are improved by them. Consequently, there are important issues of social and political policy to be considered in the regulation of access to, and use of, databases. Again, where there are such critical issues at stake, the law has a role to play.

4. Internet

The Internet is proliferating in an exponential way all over the world [9]. It has the potential to change the way people live. With only a few mouse clicks, people can follow the news, look up facts, buy goods and services, and communicate with others from around the world. People can provide information about themselves if they are not careful. This raises concerns regarding threats to their personal privacy whilst online. Information privacy has been recognized as an important issue in management, and its significance will continue to escalate as the value of information continues to grow. Therefore personal privacy in information systems is becoming increasingly critical with widespread use of networked systems and the Internet. These technologies provide opportunities to collect large amounts of personal information about online users, potentialy violating those users' personal privacy. Web users are becoming increasingly concerned about what personal information they may

reveal when they go online and where that information might end up. It's common to hear about organizations that derive revenue from personal information collected on their Web sites. Information you provide to register for a Web site might later be used for telemarketing or sold to another company. Seemingly anonymous information about your Web-surfing habits might be merged with your personal information. Web sites might e-mail you to say that their privacy policies are changing, but most of us find it difficult and time-consuming to read and understand privacy policies or to figure out how to request that the use of our personal information be restricted. Privacy concerns are making consumers nervous about going online, but current privacy policies for Web sites tend to be so long and difficult to understand that consumers rarely read them.

Many people have a fallacious feeling of being anonymous when surfing the Internet [10]. But, ordinary Internet communication on the network layer is by default not anonymous because of the usage of identifying characteristics like Internet Protocol (IP) or Media Access-Control (MAC) addresses. So, if no additional measures are taken, an adversary can easily observe which participants of a network communicate with each other. But, anonymity on the network layer of communication systems can be achieved by the use of anonymizing techniques. Based on anonymous communication on the network layer, necessary identification and authenticity of users can still be implemented on a higher layer, e.g., with privacy-enhancing identity management.

Usually subjects cannot have the same anonymity against every possible participant and outsider who might attack the subject's anonymity. Depending on the attacker's knowledge, the above set of possible subjects and the likelihood with which they have caused an action can vary. For a specific attacker's view, anonymity only can decrease. After the attacker has had time to observe/influence the system, his knowledge might increase. A passive attacker only observes the system. Whether he also has the opportunity to become an active attacker and execute several types of attacks influencing the system, depends on the strength of the system.

5. Cybersecurity

Each company has its own information system that may or may not be supported by a computer [11]. It may, however, be asserted that information technology has penetrated all pores of business and everyday life resulting from, to a great degree, a decentralization of equipment and software. In the process, more often than not, no suitable protection of computers and data has been designed, and the existing regulations applied in centralized computer centers are not regularly updated. The introduction of the Internet technology only compounds the insecurity of information systems. The users of an information system or one of its segments are occasionally not even aware of the need and importance of the data resources in a company and the methods for their protection. Data is the fundamental resource of a company, so that damage stemming from their abuse (loss, misuse, etc.) is harmful to the company as a whole. Therefore the organization of information system security is an interdisciplinary task involving all employees in a company with the aim to ensure as high as possible security, but with awareness that some losses are acceptable and need to be tolerated. For this purpose a variety of documents is used relevant to the

different aspects of system security, which are by and large introduced only after some compromise in the system security has been observed.

In today's digital era, the use of computerized systems to provide services and store information is prevalent in both the public and private sectors [12]. The public sector uses computers to better serve the public, while private companies use them to improve business agility through better management of available resources. In addition, individuals use computing devices heavily in their daily lives; it is seldom to see a person who is not dependent on some form of computing device to organize his or her digital data or to communicate with others.

Cybersecurity threats and incidents have increased lately, leading to significant economic and social consequences for business organizations and individuals. Nowadays, cybersecurity and digital privacy are high priorities in all developing countries. Our society is being exposed to greater security threats as devices get increasingly connected. Developing skills around Internet privacy and safety is crucial to protect our nation and welfare.

Most computer users—and even some businesses—will not think about computer security until a problem arises. At this point, a breach in security can cause huge and potentially harmful problems to your business and/or your customers. For individuals, the risk of breach can cause serious damage to personal reputations and even to lives. To survive in today's digital world, it is essential to make sure that the information held in your computers and that travels the Internet is safe and secure. Please note that the information stored in your computing device can be either persistent data or fragments (remnants of data left after processing it). Destroying remnant data is equally important as protecting the primary data storage units; such data may contain confidential data and can be recovered using a variety of techniques without your consent.

6. Conclusion

Rapid technological developments and globalisation have brought new challenges for the protection of personal data. The scale of the collection and sharing of personal data has increased significantly. Technology allows both private companies and public authorities to make use of personal data on an unprecedented scale in order to pursue their activities. Natural persons increasingly make personal information available publicly and globally. Technology has transformed both the economy and social life, and should further facilitate the free flow of personal data within the Union and the transfer to third countries and international organisations, while ensuring a high level of the protection of personal data. Those developments require a strong and more coherent data protection framework in the Union, backed by strong enforcement, given the importance of creating the trust that will allow the digital economy to develop across the internal market. Natural persons should have control of their own personal data. Legal and practical certainty for natural persons, economic operators and public authorities should be enhanced.

7. References

[1] Čizmić, Jozo; Boban, Marija: Učinak nove EU uredbe 2016679 (GDPR) na zaštitu osobnih podataka u Republici Hrvatskoj // Zbornik radova Pravnog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, Croatia, 39, 1/2018, pp. 377-410

[2] van der Sloot, Bart: Legal Fundamentalism: Is Data Protection Really a Fundamental Right? in Leenes, Ronald; van Brakel, Rosamunde; Gutwirth, Serge; De Hert, Paul (eds): Data Protection and Privacy - (In)visibilities and Infrastructures // Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, 2017, pp. 3

[3] Mironenko Enerstvedt, Olga: Aviation Security, Privacy, Data Protection and Other Human Rights - Technologies and Legal Principles // Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, 2017, pp. 19–32; 187

[4] Milne, George R.: Digital Privacy in the Marketplace - Perspectives on the Information Exchange // Business Expert Press, New York, USA, 2015, pp. 17-18

[5] Stefanick, Lorna: Controlling Knowledge - Freedom of Information and Privacy Protection in a Networked World // AU Press, Edmonton, Canada, 2011, pp. 29. – 30.

[6] Pratesi, Francesca; Monreale, Anna; Pedreschi, Dino: Privacy by Design for Mobility Data Analytics in Gkoulalas-Divanis, Aris; Bettini, Claudio (eds): Handbook of Mobile Data Privacy // Springer Nature Switzerland AG, Cham, Switzerland, 2018, pp. 253

[7] Čas, Johann: Privacy and Security: A Brief Synopsis of the Results of the European TA-Project PRISE in Gutwirth, Serge; Poullet, Yves; De Hert, Paul (eds): Data Protection In a Profiled World // Springer Science+Business Media B. V., Dordrecht, The Netherlands, 2010, pp. 257

[8] Davison, Mark J.: The Legal Protection of Databases // Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2003, pp. 1

[9] Mishra, Alok; Mishra, Deepti: Web.Privacy: Issues, Legislations, and Technological Challenges in Subramanian, Ramesh (ed): Computer Security, Privacy And Politics - Current Issues, Challenges And Solutions // IRM Press, IGI Global, Hershey, USA, 2008, pp. 2

[10] Pfitzmann, Andreas; Juschka, Andreas; Stange, Anne-Katrin; Steinbrecher, Sandra; Köpsell: Communication Privacy in Acquisti, Alessandro; Gritzalis, Stefanos; Lambrinoudakis, Costas; De Capitani di Vimercati, Sabrina (eds): Digital Privacy - Theory, Technologies, and Practices // Auerbach Publications, Taylor & Francis Group, Boca Raton, USA, 2008, pp. 20-21

[11] Klasić, Ksenija: Zaštita informacijskih sustava u poslovnoj praksi // Sigurnost, Zagreb, Croatia, 49 (1), 2007, 37-47

[12] Hassan, Nijad A.; Hijazi, Rami: Digital Privacy and Security Using Windows - A Practical Guide // Apress, New York, USA, 2017, pp. 1

Prevencija opasnosti kod dimnjaka
Prevention of danger with chimney

D. Vidaković[1,*], H. Glavaš[2], J. Pešić[3], D. Hećimović[4]

[1]Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska
[2]Fakultet eletrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska
[3]Komunalac, Vukovar, Hrvatska
[4]Bonzo, Osijek, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: dvidak@gfos.hr

Sažetak
U članku se ukazuje na opasnosti do kojih može doći kod neispravnih ili neodgovarajućih dimnjaka (požar, trovanje, zagađenje, rušenje i gubljenje energije) i navedeni su njihovi moguće uzroci. Opisane su mjere koje se poduzimaju da bi se prevenirale te opasnosti - od projektiranja i izvođenja do uporabe i redovitog i izvanrednog pregledavanja te popravljanja dimnjaka, kao i prilagodbe postojećih dimnjaka (najčešće potrebne u slučajevima promjene ložišta).

Ključne riječi: dimnjaci, projektiranje, oštećenja, opasnost, održavanje

Abstract
The article points to the dangers that may arise in defective or inadequate chimneys (fire, poison, pollution, destruction and loss of energy), and their possible causes. They are described measures to prevent these dangers - from design and realisation to use and regular and extraordinary inspections and chimney repairs, as well as adaptation of existing chimneys (most often needed in case of fireplaces change).

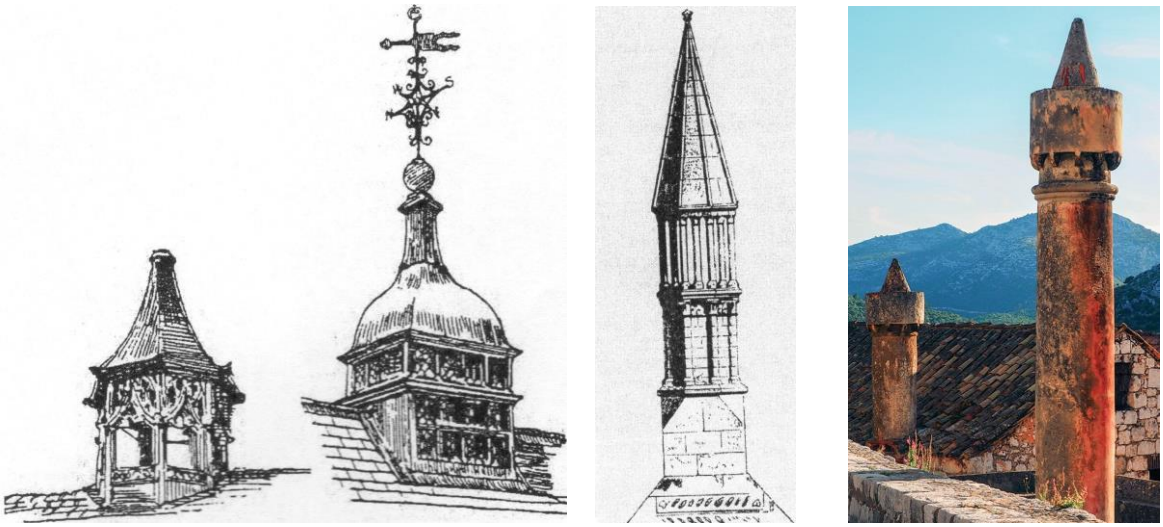
Key words: chimneys, design, damage, danger, maintenance

1. Uvod - razvoj i vrste dimnjaka

Dimnjaci su potrebni za svako ložište (ložišni uređaj), bilo da je na kruto, tekuće ili plinovito gorivo. Mogu biti unutar zgrade, uz zgradu ili kao samostalni građevinski objekti, kakvi su tvornički dimnjaci.

Već kod prvih kuća ljudi su iznad ognjišta ostavljali otvor u krovu za izlaz dima, isprva na vrhu zabatnog zida, a kasnije na površini kosog krova u blizini sljemena. Da se dim ne bi širio po prostorijama nego prolazio kanalom u zrak izvan kuće, s razvojem peći razvijala se i gradnja dimnjaka. U antičkom Rimu su u zidovima radili kanale za provođenje toplog zraka iz ložišta (preteča centralnog grijanja), a ujedno su s njima i odvodili dimne plinove iz prostorija. Od 13. do 17. st. (u nekim ruralnim krajevima i do kraja 19 st.) rađeni su drveni

dimnjaci (slika 1 - lijevo) koji su se kasnije premazivali ilovačom. U srednjem vijeku dimnjaci su prvo zidani od kamena, a kasnije od opeka i od pečene gline (slika 1 - sredina). Pretpostavlja se da su se zidani dimnjaci počeli graditi u kovačnicama, u kojima bi se drveni lako zapalili, a poslije i u utvrdama, dvorcima i samostanima. Zbog opasnosti od požara Hrvatsko kraljevsko vijeće donijelo je 1771. god. propis da se kuće grade od opeke i da dimnjaci iznad kuća moraju biti izvedeni od nesagorivog materijala [1].
Uz funkcionalnost, način gradnje dimnjaka bio je odraz klimatskih, povijesnih, kulturnih i socijalnih okolnosti pojedinih krajeva, ali i njihovih vlasnika. Tako poznati lastovski dimnjaci, tzv. fumari (slika 1 - desno), osim što su neobičnog, vrlo zanimljivog izgleda s raznolikim ukrasima (arhitektonski izričaj 17. i 18. st.), sa svojim kružnim presjekom i cilindričnim proširenjem i stožastom kapom na vrhu vrlo su funkcionalni za to područje (obzirom na postojeće vjetrove i strmi teren). Takva konstrukcija uvijek omogućava podtlak koji isisava dim s ognjišta i štiti (kapa) od požara zbog vertikalnog strujanja u dimnjaku.



Slika 1. Drveni i zidani dimnjaci iz 13. st (lijevo i u sredini) [1] i Lastovski fumari (desno)

U 17. stoljeću u Engleskoj se veličina kuće određivala prema broju dimnjaka, odnosno ognjišta koja je imala i na temelju toga se naplaćivao porez, zbog čega je počelo priključivanje većeg broja peći na jedan dimnjak [2].
S razvojem industrije krajem 18. stoljeća sve više je viisokih i teških tvorničkih dimnjaka. Danas postoje različite vrste dimnjaka, a osim lokacije i materijala, dimnjaci se dijele još i prema namjeni (prema tome što je na njih priključeno), obliku konstrukcije, načinu izvedbe (in situ, montažni - od međusobno usklađenih građevnih proizvoda, sistemski - sastavljeni u proizvodnom pogonu izvan gradilišta) i dr.
Ipak, i uz suvremene konstrukcije, tehnologiju i propise, nesreće u svezi dimnjaka još uvijek su dosta česte, tijekom sezone grijanja u Hrvatskoj gotovo svakodnevne. Nepažnja može izazvati katastrofalne posljedice i kod zidanih i kod čeličnih dimnjaka, pa je primjerice 2006. godine požar zahvatio i najviši dimnjak na svijetu (420 m), u termoelektrani GRES – 2 u Ekibastuzu u Kazahstanu.

2. Opasnosti kod dimnjaka

Zbog nepravilnog projektiranja i izvedbe te neodgovarajuće uporabe i održavanja dimnjaka dolazi do niza opasnosti koje ugrožavaju zdravlje i sigurnost ljudi, a mogu prouzročiti i velike materijalne štete. Opasnosti, odnosno potencijalne štete ovise o vrsti dimnjaka i ložišta, zgradi u kojoj se nalazi, korisnicima itd.

Pri svakom gorenju nastaju plinovi. To je ugljični dioksid, a ako gorivo sadrži sumpor onda i sumporni dioksid. Ti plinovi u kombinaciji s vodom stvaraju kiselinu koja reagira s vezivom zidanih dimnjaka i uništava ih (sulfacija slabi svojstva morta i prianjanje između morta i opeka), a dovodi i do mijenjanje boje s vanjske strane dimnjaka (mrlje na zidu). Uslijed visokih temperatura na dimnjaki nastaju pukotine (uglavnom vertikalne [3]). O vrsti i stanju (slobodnom promjeru) dimnjaka ovisi količina čađi, ugljičnog dioksida i ugljičnog monoksida koji zagađuju atmosferu [4].) U tablici 1 navedene su opasnosti u svezi dimnjaka i sažeti način kako do njih može doći. Uz to, nepravilna konstrukcija dimnjaka, loš utjecaj vjetra te zaprljana dimnjačka kapa i suženi promjer dimnjaka od nataložene čađe dovode do nepravilnog rada uređaja za loženje i smanjuju efikasnost loženja.

Dimnjaci u industriji mogu biti izvor još većih opasnosti, kao što su one vezane za njihovu visinu i zagađenje okoline. Neki od starih tvorničkih dimnjaka, koji su danas izvan uporabe, zaštićeni su zbog svog povijesnog značaja, ali prema sadašnjim normama oni ne zadovoljavaju sigurnost na potrese.

Tablica 1. Opasnosti koje prijete kod dimnjaka i kako do njih dolazi

Opasnost	⇦ Problem	⇦ Način nastanka
- Požar u dimnjaku - Zdravstveni problemi stanara od udisanja čađe i kreozota ili iritacije kože i očiju - Povećana emisija štetn. plinova	Nakupljanje produkata gorenja na unutarnjim stijenkama dimovodnog kanala (čađa, smole, kreozot) i njihovo zapaljenje; Slabije provjetravanje u dimnjaku	Neodgovarajuće kruto gorivo (drva s > 17% vlage i drva sa smolom ili ugljen s udjelom sumpora > od 2% sumpora); Neredovito i nestručno čišćenje
- Jači požar (više kisika koji ulazi kroz pukotine pospješuje požar) i širenje požara na druge dijelove zgrade - Rušenje	Dotrajali i nestabilni dimnjak (dotrajali, osušeni materijal se raspada) Naginjanje dimnjaka; Pukotine u stijenkama dimnjaka	Djelovanja atmosferilija (jakog vjetra, padalina i sl.), soli i zagađenja u zraku; Korozija čeličnih dijelova (loše utječe na mort); Naprezanje uslijed visokih temper.; Nejednoliko slijeganje temelja; Dimnjaci koji su dugo u uporabi i izostanak ili nestručno održavanja
- Povrat dimnih plinova u prostoriju - trovanje s plinovima, kao što je smrtonosni, brzodjelujući ugljični monoksid (kod plinskog goriva)	Produkti izgaranja kroz porozan dimnjak ulaze u prostorije; Neusklađenost ložišta i dimnjaka Nedovoljno zraka u prostoriji s ložišt.	Začepljen dimovodni kanal - od upalog granja i lišća, gnijezda životinja, od otpada (npr. šute); Nestručni radovi i izostanak kontrole

3 Mjere koje se poduzimaju za sigurnost dimnjaka

Zanemarivanje opasnosti, bilo iz neznanja ili nemara, kako bi se izbjegli troškovi održavanja može biti samo trenutna ušteda jer to dovodi do šteta koje su puno veće, a uz to na više načina ozbiljno ugrožava zdravlje ljudi [5].

Kronološkim redoslijedom ono što se treba poštivati kako bi se otklonilo opasnosti ili barem snizilo rizik od neželjenih događaja je:

- projektiranje i izvedba prema propisima i pravilima struke,
- priključivanje samo ložišta tehničkih karakteristika u skladu s dimnjakom,
- propisani pregled prije početka uporabe,
- loženje na pravilan način (s gorivom odgovarajuće kvalitete - pravilno skladištenje),
- redoviti kontrolni pregledi i čišćenje i izvanredni pregledi kada su potrebni (propisano),
- popravci, tj. sanacija (obnova dimnjaka) ako utvrđeno stanje to iziskuje,
- prilikom promjena na zgradi i kod ložiša paziti da se ne naruše projektirana svojstva i da sve bude usklađeno i prema propisima.

3.1 Projektiranje i građenje dimnjaka

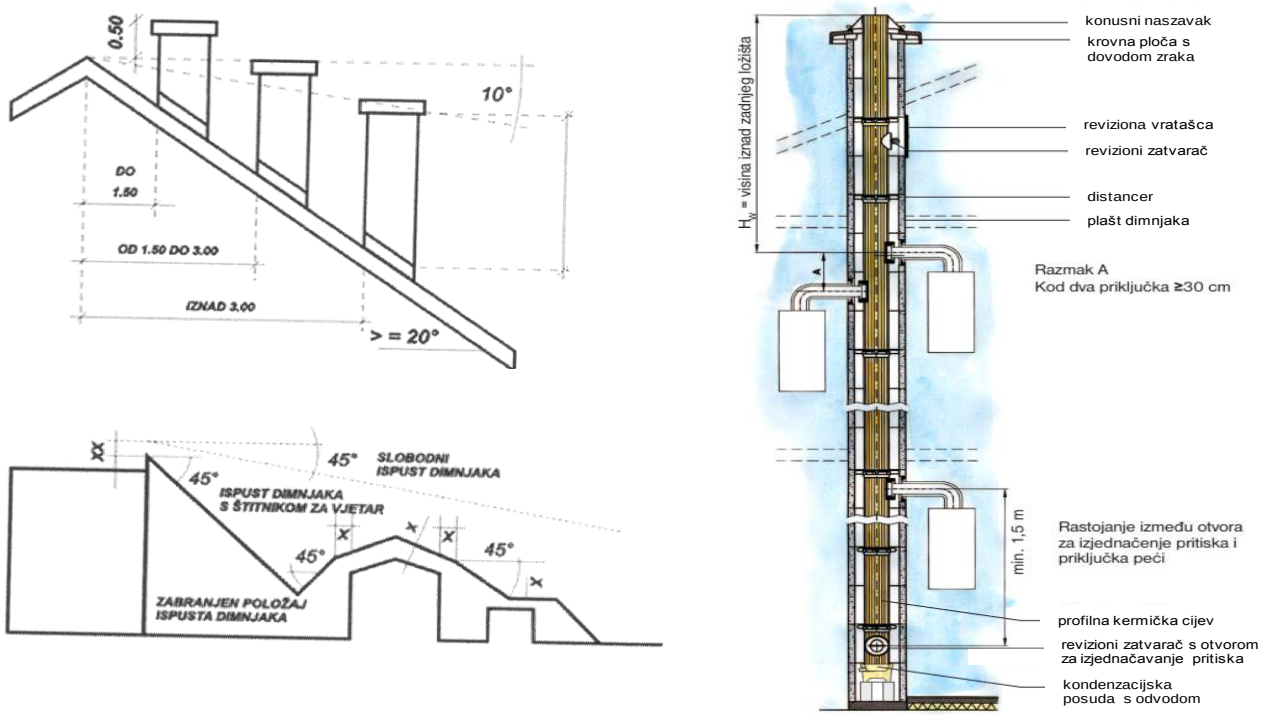
Konstrukcija i izvedba dimnjaka treba biti u skladu s njihovom funkcijom da neometano odvode u atmosferu opasne dimne plinove i čvrste leteće produkte sagorijevanja koji nastaju radom na njih priključenih uređaja za loženje (peći, ognjišta ili parnih kotlova). Treba omogućiti optimalni pogon ložišta te minimalizirati onečišćivanje zraka (produkte sagorijevanja odvesti i rasipati na što udaljenije i veće površine).

Da bi se osiguralo sigurno i efikasno funkcioniranje dimnjaka treba poštivati propise i norme, kako kod projektiranja (građevinsko-arhitektonskog i strojarskog) i građenja, tako i prilikom svih eventualnih kasnijih izmjena (npr. uređaja za loženje ili adaptacija zgrade).

Dimnjaci se uobičajeno izvode vertikalno, ili s najmanjim mogućim odstupanjem od vertikale (najviše 30^{o}), kako bi se uvođenjem zraka, tj. kisika za sagorjevanje u ložište (nije potrebno kod plinskih ložišta) postigao ravnomjeran tok dimnih plinova. Dimenzije trebaju biti takve da osiguravaju stvaranje dovoljnog uzgona, odnosno podtlaka kojim se postiže izvlačenje, tzv. vuča dimnih plinova (treba biti 10 - 20 Pa). Prirodna vuča dimnjaka nastaje kao razlika pritiska okolnog zraka, koji je hladniji i rjeđi, i pritiska dimnih plinova, koji su topli i gušći. Što je dimnjak viši (treba biti barem 5 - 7 m), veća je razlika temperature između dimnih plinova i zraka u okolini, pa je strujanje brže i jače. Ako je specifična težina vanjskog zraka i dimnih plinova jednaka, nema pritiska potrebnog da gorivo sagorijeva, a ako je pritisak prevelik previše zraka dolazi u ložište i sagorijevanje goriva je prebrzo i temperatura dimnih plinova previsoka, pa toplina neiskorištena odlazi u atmosferu (neekonomična potrošnja goriva). Do suprotnog strujanja dimnih plinova, u unutarnji prostor umjesto u atmosferu, može doći kada je vanjski zrak topao i zidovi dimnjaka hladni. Osim neodgovarajućih dimenzija, pravilno funkcioniranje može ometati i trenje čvrstih čestica dimnih plinova o stijenke dimovodnog kanala, otpori strujanja od mijenjanja smjera dimovodnih kanala, nedovoljna toplinska izolacija dimnjaka, neispravni priključci i vjetar, temperatura i vlaga vanjskog zraka. Povratno strujanje dimnih plinova (npr. kod izloženosti vjetrovima nepovoljnog djelovanja) ponekad se sprječava ventilacijskom kapom na vrhu dimnjaka. Da bi se nadoknadila negativna razlika između prirodne vuče koju stvara dimnjak i postojećih otpora primjenjuje se umjetna vuča (ugradbom pojačivača propuha – mehaničkog ventilatora). U plinskom traktu suvremenih kotlova prirodna vuča dimnjaka je mala u odnosu na ukupne otpore i danas se sustavi za odvod plinova s podtlakom sve više zamjenjuju sustavima s nadtlakom, čime se postiže zaštita okoline [2].

Bitno je da dimnjak u zgradi bude najmanje 20 cm udaljen od drvenih elemenata zgrade i uz odgovarajuću izolaciju između njih, a tamo gdje u blizini ima lako zapaljivog materijala

zbog opasnosti od iskri ne smiju se postavljati vratašca za dimnjak. Dobro je kada su dimnjaci grupirani jedni uz druge (jeftinija izvedba i međusobno se griju) i da su u unutarnjim nosivim zidovima zgrade ili pregradnim koji su pojačani na 38 cm širine. Nije poželjno da je dimnjak u vanjskom zidu zgrade jer se tako gubi puno topline, a ako jeste onda mora biti odvojen od vanjskog lica zida barem 25 cm i s dobrom toplinskom izolacijom.
Kod nekih dimnjaka (*Shunt*) postoji jedan glavni dimnjak, koji služi i kao sabirni, a sa svakog kata idu posebni dimovodni kanali koji su na njega priključeni. Tako se čišćenje obavlja samo na jednom mjestu (manje prljanja prostorija), a manji broj kanala manje oslabljuje zidove zgrade.
Samostalni dimnjaci, odnosno dijelovi zidanog dimnjaka koji su na tavanu i koji stoje slobodno iznad krovišta obvezno moraju biti ožbukani (produžnom ili cementnom žbukom) ili s reškama zaglađenim cementnim mortom.
Ne smije biti prepreka za odvođenje plinova u atmosferu gdje postoji slobodno strujanje zraka (dimnjak ne smije biti u zavjetrini), zbog čega grlo dimnjaka mora biti najmanje 100 cm iznad površine krova i 50 cm iznad sljemena. Treba biti i dovoljna visina iznad zadnjeg ložišta, kao i vertikalni razmak između dva ložišta i između otvora za izjednačavanje pritiska i donjeg ložišta (slika 2).



Slika 2. Pravila za položaj i visinu dimnjaka iznad krova (lijevo) i visine i razmaci na primjeru montažnog dimnjaka (*Schiedel* - "Quadro Pro") u zgradi (desno)

Za strujanje plinova najpogodniji je kružni ili ovalni presjek dimovodnog kanala, a unutarnje stijenke trebaju biti glatke. Zidani dimnjaci uglavnom su pravokutnog presjeka, jer ih je tako

jednostavnije izvesti, ali u njihovim uglovima nastaje vrtloženje i zadržavanje plinova, pa odnos stranica tog pravokutnog paralelograma ne smije biti veći od 1,5 : 1.

U zgradama se na dimnjake presjeka 14 x 14 cm ili ϕ 15 cm može priključiti najviše dva ložišta (i to samo ako su peći na isto gorivo), a za svako dodatno ložište svjetli presjek dimovodnog kanala treba biti veći za 80 cm^2. Kod takvih uskih dimnjaka debljina stijenke mora biti najmanje 12 cm. U novim zgradama mora biti pričuvni dimnjak najmanje površine svijetlog otvora 200 cm^2 [6]. Kod većih peći centralnog grijanja i u industrijskim pogonima rade se široki, prolazni dimnjaci koji imaju presjek najmanje 50 x 60 cm (da kroz njih može proći dimnjačar), a stijenke su im debele najmanje 25 cm. Uvijek mora postojati pristup dimnjaku koji omogućava njegovo održavanje na siguran način.

Dimnjak treba biti izgrađen od odgovarajućih materijala (tehničkih svojstava određenih s u Hrvatskoj usvojenim europskim normama), koji su dovoljno čvrsti za mehanička naprezanja, nepropusni za plinove i otporni na kemijsko djelovanje plinova, kiseline (sumporne), vlage (padaline i kondenzat koji nastaje u dimovodnom kanalu kada je dimni plin temperature manje od 50°C (kao kod plinskih kotlova), pa se pretvara u paru, a nakon toga u sitne kapljice koje se cijede niz dimnjak) i visoku temperaturu (vatrostalni) te dobri toplinski izolatori. To može biti kamen, obična puna ili radijalna opeka, prefabricirani fazonski elementi od betona i lakog betona, armirani beton, keramičke, šamotne ili nehrđajuće čelične cijevi i dr. (Salonit nije dobar.) Uz to koristi se još zaštitna izolacija, a vezivo kod zidanih dimnjaka mora biti cementni mort. Dodatna učvršćenja dimnjaka (armaturnim šipkama) potrebna su na seizmički aktivnim područjima. Nadzorni inženjer provjerava postoji li isprava o sukladnosti materijala i opreme koje izvođač ugrađuje.

Tehnički propis za dimnjake u građevinama ne primjenjuje se na samostojeći dimnjak i dimnjak koji je isključivo u funkciji proizvodnog pogona, već kod njih vrijede veći termotehnički i higijenskotehnički zahtjevi. Kod projektiranja dimnjaka u industriji potreban je proračun zagađenja zraka (u prvom redu sumpor dioksidom, sumpor trioksidom i dušičnim oksidima) i izbor pročistača [2]. Pri tome, da bi se odredila najveća dozvoljena koncentracija štetnih materija, mora se za određenu lokaciju uzeti u obzir i utjecaj drugih, postojećih) zagađivača. Svaki tvornički dimnjak mora imati ugrađene čelične penjalice na unutarnjoj i vanjskoj strani trupa, te gromobran, a na onima višim od 30 m moraju biti dva gromobrana (posebno uzemljeni, a spojeni pod zemljom i pri glavi dimnjaka) i signalno osvjetljenje te napadno uočljivi premaz.

Za analiziranje dinamičkog ponašanja novih dimnjaka, a pogotovo kod starih koji su oštećeni i ne zadovoljavaju današnje sigurnosne norme, velika pomoć su računalni programi za 3D numeričko modeliranje [3].

3.2 Uporaba i održavanje dimnjaka

Održavanje dimnjaka obavlja se i dokumentira u skladu s projektom građevine, a prema Tehničkom propisu za dimnjake u građevinama podrazumijeva [5]:

- redovite preglede dimnjaka,
- izvanredne preglede dimnjaka (kod svake promjene uređaja za loženje ili promjene goriva, nakon svakog izvanrednog događaja koji može utjecati na tehnička svojstva dimnjaka ili izaziva sumnju u njegovu uporabljivost te po nalogu inspekcije),

- izvođenje radova kojima se dimnjak zadržava ili vraća u stanje određeno projektom građevine i važećim propisima (uključujući zamjenu dimovodne cijevi s predgotovljenom).

Prilikom pregleda obavlja se i čišćenje dimnjaka.

3.21. Kontrolni pregledi

Prije uporabe novoizgrađenih dimnjaka ispituje se klasa tlaka, prohodnost i poroznost dimovodnih i dozračnih kanala, čime se dokazuje da je dimnjak ispravno spojen, brtvljen i sagrađen [7]. Pregled dimnjaka potreban je i prije prve uporabe uređaja za loženje, kao i prije ponovne uporabe ako dimnjak prethodno nije korišten više od godinu dana.

Redoviti pregledi dimnjaka u zgradama, najmanje jednom godišnje, obvezno sadrže [6]:

- vizualni pregled koji uključuje utvrđivanje položaja i veličine pukotina te drugih oštećenja bitnih za tehnička svojstva dimnjaka,
- tlačnu probu u slučaju sumnje i
- pregled usklađenosti uređaja za loženje i dimnjaka.

Vizualnim pregledom stručna osoba može pravovremeno utvrditi nedostatke dodirnih i spojnih mjesta, ispuštanje kondenzata, pukotine, opasne ledene naslage na dimnjaku, oštećenja od vlage, zamrzavanja, kondenzata, korozije, ispuštanih dimnih plinova (iznad krova) i dr. [2 i 5]. Neki opasni problemi mogu se lako uočiti, pa tako crnilo na zidu kod dimnjaka ukazuje na oštećenje stijenki dimnjaka, orošavanje glatkih površina u prostoriji u kojoj je plinsko ložište na mogući povrat dimnih plinova, a upozoravajući su i neuobičajeni miris u prostorijama i zvukovi u dimnjaku (od urušavanja materijala od kojih je dimnjak ili padanja nekih stranih tijela u dimnjaku, a može biti i 'zujanje' vjetra od prevelike vuče).

Izvanredni pregledi prilikom promjene uređaja za loženja obuhvaćaju mjerenje sastava dimnog plina i usklađivanje ispravnosti rada trošila.

Uz tradicijsku opremu i pomoćni alat za pregled dimnjaka, danas se koristi i suvremena oprema kao što su kamere (na sondi - endoskopi) za snimanje unutrašnjosti dimnjaka (slika 3 - lijevo) i uređaji za ispitivanje nepropusnosti dimnjaka (slika 3 - sredina lijevo) kod tlačne probe. Anemometrom se mjeri brzina strujanja zraka, tj. vuča u dimnjaku. Povrat dimnih plinova detektira se senzorom ili analizatorom povratna dimnih plinova (slika 3 - sredina desno), tako da se u dimni kanal ubaci mjerna sonda i očita sadržaj kisika, ugljičnog monoksida i dioksida, dušikovih oksida, sumpornog dioksida, sumporvodika, ugljikovodika te temperatura plinova i okoline. S tim se provjerava da li su zadovoljeni uvjeti graničnih vrijednosti emisije štetnih čestica u okolinu i kontrolira se proces izgaranja.

Više desetaka, pa i stotina metara visoki tvornički dimnjaci pregledavaju se i iznutra i izvana, što traje po nekoliko sati i duže (npr. na slici 4 - lijevo prikazan pregled dva dimnjaka od 60 i 80 m u osječkoj šećerani 2017. god. trajao je šest sati). Pri tome stručno osposobljene i specijalno opremljene stručne osobe (užad za planinarenje, kopče kojima se hvataju za površinu dimnjaka, zaštitne kacige, gumene čizme, velika svjetiljka i ostali alat inače potreban za redovito čišćenje dimnjaka) fotografiraju (koriste i video kameru) vanjske stijenke, penjalice, vrh dimnjaka, vezne elemente s ložištem, taložnice i tunele pod zemljom, a posebno sve uočene nepravilnosti, odnosno nedostatke [8].

Općenito, najmanje jednom godišnje treba provesti vizualnu kontrolu tvorničkih dimnjaka pri kojoj ne treba obustava pogona da bi se ispitala ispravnost, odnosno identificiralo strukturne

nedostatke i potencijalne prijetnje koje bi kasnije mogle postati problemi sa skupim rješenjima. U okviru toga najprije se s razine tla pregledava konstrukcija pomoću dalekozora, a zatim slijedi vizualni pregled izbliza - s pristupnih ljestava, platformi ili drugih pristupačnih mjesta gledanja. Pregled sa specijalnom kamerom („*hot camera*“) također je moguć dok je dimnjak u radu, na temperaturi do 315°C. Za provjeru osjetljivih točaka dimnjaka može se koristiti infracrvenu termografiju. S termografskom kamerom beskontaktno se mjeri razlika u površinskoj temperaturi na različitim mjestima na konstrukciji, kako bi se otkrilo nedostatke, odnosno oštećenja na izolaciji, pukotine i propuštanje dimnih plinova te neispravne spojnice, brtve i ventile.
Laserskim mjerenjima udaljenosti, kuta i fizičkih karakteristika strukture utvrđuje se da li su se tijekom rada razvila odstupanja od početnog stanja, odnosno prethodnog mjerenja.

Slika 3. Pregled video kamerom [9] (lijevo), uređaj za ispitivanje nepropusnosti dimnjaka [7] (sredina - lijevo) i analizator povrata dimnih plinova *Wöhlera 550* (sredina - desno) i ispitivanje debljine stijenke dimnjaka ultrazvukom [10] (desno)

Druga razina pregleda provodi se na dimnjaku koji nije u pogonu (planirano zaustavljanje proizvodnje), kada se koristeći različite načine pristupa duž cijele visine, temeljito pregledava unutra i izvana. Stručne osobe obavljaju početna, (referentna) i naknadna mjerenja karakteristika strukture. Za temeljiti pregled obično se treba popeti do vrha i spustiti, s unutarnje i vanjske strane dimnjaka (ako je onemogućen drugačiji pristup, onda na užetu, tzv. industrijski alpinizam, kao na slici 3 - desno). Tada se dokumentira trenutno stanje strukture i bilo kakve abnormalnosti, oštećenja i potencijalne opasnosti. Pri tome se, ovisno o stanju konstrukcije, primjenjuju različite metode ispitivanja,. Nekada se uzimaju uzorci materijala za labaratorijska ispitivanja (čvrstoće i otpornosti), a koriste se i nerazarajući postupci, kao što su:
- praćenje pukotina na betonskim ili zidanim dimnjacima s instaliranim uređajima,
- procjena debljine i stanja vara na čeličnim dimnjacima i dimovodnim cijevima,
- ispitivanje s odskočnim čekićem (*Schmidt Hammer*) s kojim se ocjenjuje čvrstoća betona (na temelju tvrdoće površine i otpornosti na penetraciju),
- ultrazvučno određivanje relativne debljine materijala kako bi identificirala područja koja su stanjena ili pogoršana (slika 3 - desno).

Ovi načini Ispitivanja nisu pretjerano skupi, relativno su brzi i jednostavni i zahtijevaju malo ili nimalo zastoja u pogonu, pa su stoga sve češće dio kontrolnih ispitivanja konstrukcije dimnjaka [10].

Slika 4. Pregled dimnjaka Šećerane u Osijeku [8] (lijevo) i pregled tvorničkog dimnjaka dronom te oštećenje snimljeno kamerom na dronu [11] (desno)

Da bi se, koliko je moguće, izbjeglo zaustavljanje pogona i sigurnosni rizik, u svijetu se kod velikih industrijskih postrojenja sve češće za preglede koriste odgovarajuće opremljene bespilotne letjelice, tzv. dronovi sa stručnim timom od osobe certificirane za vizualno testiranje i visokokvalificiranog pilota na daljinu, koji su na terenu uz dimnjak. Pomoću dronova se brže, jeftinije i sigurnije snimaju detaljne fotografije (slika 4 - desno dolje) i/ili videa, a moguća je i primjena infracrvene termografije. Tako se, uz pomoć odgovarajućeg softvera, u stvarnom vremenu (*online*) pregledavaju pukotine, mort, opeke, platforme, ljestve, antene i drugi bitni vanjski i unutarnji dijelovi tvorničkih dimnjaka. (Za obavljanje snimanja s drona pogodno je kada je vrijeme djelomično oblačno, kako bi bilo manje sjena koje smetaju na slici [12].)
Izvanredna dubinska i opsežna provjera sigurnosti i stabilnosti dimnjaka mora se napraviti odmah nakon oštećenja do kojih dođe uslijed teških vremenskih uvjeta ili od eksplozija, pregrijavanja, potresa i drugih prirodnih katastrofa, a isto tako i prije bilo kakvih značajnih strukturnih promjena konstrukcije dimnjaka, kao što je npr. povećanje visine ili postavljanje dodatnih platformi [10].

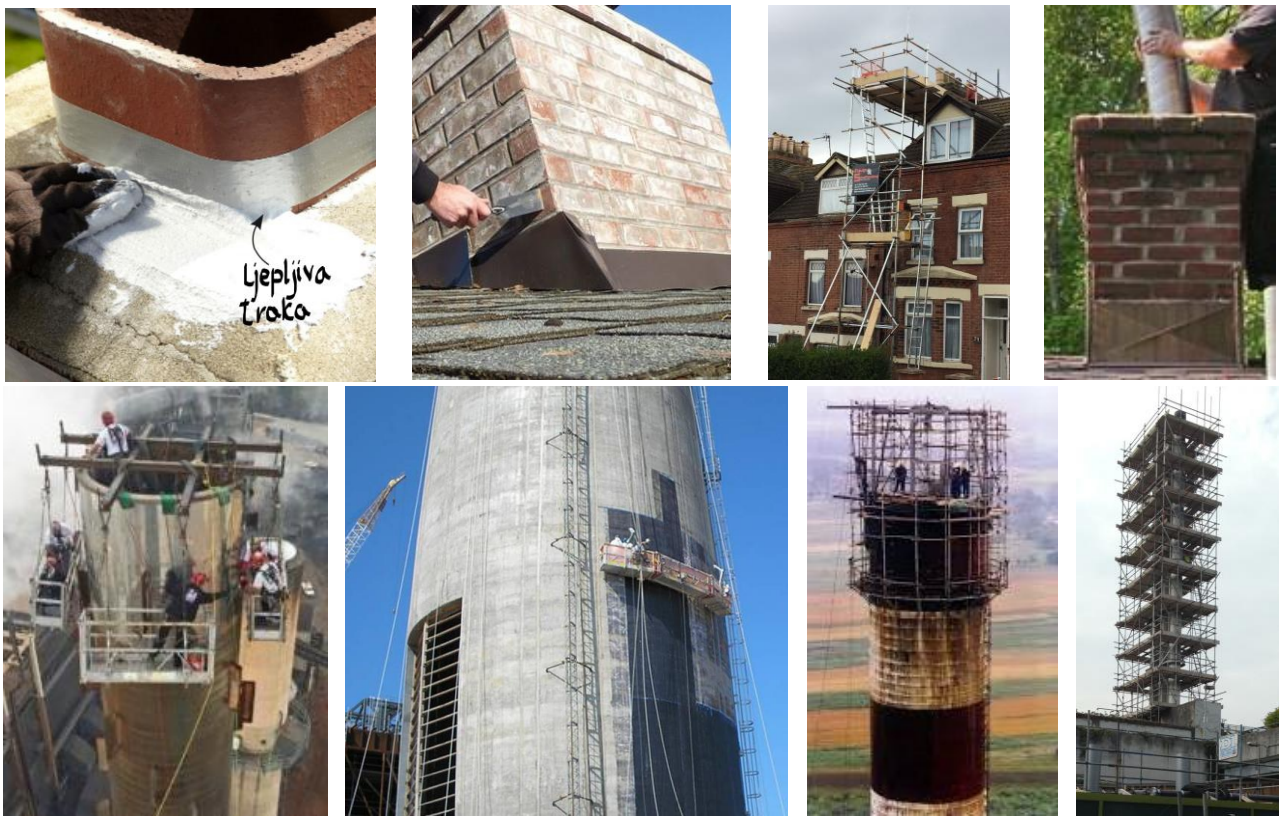
3.2.2 Popravci i rekonstrukcija

Za dimnjake kojima je ovakvim pregledima utvrđeno stanje koje je opasno izrađuje se plan, tj. projekt sanacije s uputama za otklanjanje nedostataka i postizanje potrebnih svojstava. Saniranje se poduzima kada dimnjak ima raspucane stijenke ili druga velika oštećenja (mogućnosti rušenja), kada je dotrajao (opasnost od propuštanja plinova), kada materijal od kojeg je izveden ne zadovoljava propisane uvjete (ne zadovoljava opće uvjete sigurnosti, npr. nisu zadovoljeni uvjeti zaštite građevine od požara) te u slučaju kada je dimnjak nedjelotvoran (preveliki gubitci) i uzrokuje zagađenje okoliša.

Kod zidanih dimnjaka nekada je potrebno samo popraviti popucani ili otpali mort oko elemenata od koji je sazidan ili popraviti istrošenu i oštećenu izolaciju i opšav na spoju dimnjaka i krova, a nekada je najbolje rješenje porušiti dotrajali gornji dio dimnjaka (iznad krova) i ponovo ga izvesti. Otpornosti dimnjaka iznad krova s vanjske strane može se jednostavno poboljšati prskanjem sa sredstvom za vodoodbojnost, a sa šamotnom smjesom može se obnoviti premaz unutarnjih stijenki dimovodnog kanala. Jednostavno saniranje nedostajućih dijelića morta i pukotina kod dimnjaka (npr. nanošenjem brtvila uz ljepljivu traku pokazano na slici 5 - lijevo gore) i drugi zahvati na kućnim dimnjacima pokazani su na gornjem redu slike 5.

U slučaju da postojeći dimnjak ne odgovara za novo ložište, što je najčešće kod prelaska na plinsko gorivo, nužna je ili njegova rekonstrukcija ili izmjena. Ako unutarnji presjek dimnjaka nije dovoljan za optimalan rad priključenog uređaja za loženje (što može dovesti do povrata dimnih plinova) moguće ga je strojnim bušenjem, tj. glodanjem povećati duž cijele visine. Nakon proširivanja, stjenke dimnjaka se premazuju masom na bazi šamota ili se u postojeći dimovodni kanal umeće inox cijev odgovarajućeg presjeka (slika 5 - desno gore). U slučaju grijanja s plinom koriste se duplostjene, fleksibilne cijevi od nehrđajućeg čeličnog lima (u dva sloja).

Zbog velike visine i opsega radova zahvati održavanja na tvorničkim dimnjacima su mnogo složeniji i opasniji, pa zahtjevaju odgovarajuću pripremu i opremu (viseće skele ili, ako je opseg posla velik, cijevne skele po cijeloj visini, što se sve vidi na slici 5 dolje).



Slika 5. Saniranje kućnih dimnjaka (gornji red) i radovi održavanja na visokim dimnjacim u industriji (doljni red)

4. Gašenje požara dimnjaka

U dimnjaku se mogu zapaliti naslage čađe. Plamenom se nekada namjerno odstranjuje naslage čađe i smole s unutranjih stijenki dimovodnog kanala, ali to mora biti kontrolirano, izvođeno s plinskim plamenikom od strane stručne osobe (mada se umjesto toga može čistiti mehanički, primjerice vrlo učinkovito s elektromotornom frezom).

No dolazi i do nenadanih samozapaljenja čađe u dimnjaku, čije su indikacije izbijanje iskri i gustog dima iz grla dimnjaka, glasno pucanje i huktanje i intenzivan, vrući miris paleži te jako zagrijani zidovi uz dimovodni kanal [13]). U tim situacijama uvijek je važno spriječiti širenje požara na ostale dijelove zgrade (krovište i u unutrašnjosti). Ako je dimnjak kvalitetno napravljen i u ispravnom stanju te ne prijeti opasnost da se iskrama prenese vatra na gorive dijelove građevine ili zapaljive predmete u blizini otvora na dimnjaku, nije potrebno suzbijanje požara u dimnjaku. Vatrogasci trebaju samo pričekati da čađa izgori i prije napuštanja zgrade napraviti detaljni pregled konstrukcije i prostorija. Pri tome obvezno treba obratiti pozornost na mjesta prolaza dimnjaka kraj drvenih elemenata zgrade.

Kada je požar dimnjaka u zgradi s drvenim stropovima, drvenom krovnom konstrukcijom i zapaljivim pokrovom te u slučaju kada iskre ugrožavaju okolinu, potrebno je poduzeti mjere aktivnog gašenja. Kako je primarno spriječiti širenje požara na neposrednu okolinu, moraju se zatvoriti sva vratašca na dimnjaku te postaviti dežurstvo vatrogasaca da paze na letenje iskri i da se ne zapali gorivi materijal koji je u blizini. Vatru u dimnjaku je teško ugasiti jer je ona na površinama na koje je teško djelovati odgovarajućim sredstvom za gašenje. Zato se najčešće primjenjuje polagano ugušivanje vatre zatvaranjem svih otvora dimnjaka s mokrim krpama. Potpuno gašenje je teško postići, a poslije ugušivanja vatre treba zapaljenu čađu dimnjačarskim alatom (čelična četka i kugla) skinuti s unutrašnjih površina dimovodnog kanala, te izvaditi kroz dimnjačka vratašca u najnižoj etaži. U slučaju da je gorenje u dimnjaku tako jako da prijeti opasnost od širenja požara, potrebno je početi gašenje ručnim aparatima sa suhim prahom, tako da se prah ubacuje na mjesto najnižeg otvora dimnjaka usmjeravajući mlaz prema gore. (Za gašenje vatre u dimnjaku nipošto se ne smije koristiti vodu jer bi to zbog povećavanja njene zapremnine oko 1700 puta prelaskom u paru dovelo do pucanja i rušenja dimnjaka.) Kada zidovi i stropovi više nisu zagrijani i kada se utvrdi da više ne postoji opasnost od požara vatrogasci odlaze s intervencije [14], a stanare treba upozoriti da još određeno vrijeme ne napuštaju prostorije i sami pripaze da li se zidovi i stropovi i dalje zagrijavaju.

5. Zaključak

Dimnjak, ložišta i vezni elementi moraju biti međusobno usklađeni, tako da je funkcioniranje sigurno i pouzdano, s najvišim stupanjem energetske učinkovitosti.

Obzirom na utjecaj od uporabe i da su dimnjaci često izloženi ekstremnim klimatskim uvjetima i drugim djelovanjima iz okoline (životinje, ljudi), koji dovode do pukotina, raspadanja i drugog propadanja konstrukcije, opasnosti po zdravlje i život stanara i materijalne štete mogu se umanjiti samo pravovremenim stručnim pregledima i odgovarajućim popravcima uočenih nedostataka. Njihovo odlaganje u pravilu uvećava i poskupljuje poslije potrebne popravke, smanjuje efikasnost loženja i ostavlja rizik po zdravlje.

6. Literatura

[1] Lončarić, Rudolf; Patafta, Zdenko. Dimnjak : kulturno-povijesni i tehnički element hrvatskog graditeljstva. Zagreb: Hrvatska udruga za organizaciju građenja, 2009. (ISBN 978-953-7686-00)

[2] Popović, Oktavijan; Bogner, Martin; Simonović, Aleksandar; Stupar, Slobodan. O dimnjacima. Beograd: Eta, 2011. (ISBN 953-7686-00-0)

[3] Ivorra, Salvador. Old Industrial Masonry Chimneys: Repairing and Maintnance // *Proceedings of 9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions - SAHC2014* / Meli, Roberto; Peña, Fernando; Chávez, Marcos (ur.). (ISBN 04-2014-102011495500-102). Mexico City : Instituto de Ingeniería UNAM, 14.-17.10.2014. s. 126-134.

[4] Drożdżol, Krzysztof; Jarzyński, Paweł. Impact of chimney on low emission // *Proceedings of MATEC Web of Conferences 174,* 2018, ttp://www.researchgate.net/ publication/325989997_Impact_of_chimney_on_low_ emission/ (Pristup: 20.06.2019.)

[5] Vidaković, Držislav; Glavaš, Hrvoje; Jurić, Aleksandar, Pešić, Josip. Važnost i mjere održavanja dimnjaka // *Proceedings of 25. međunarodno savjetovanje - MeditMaint 2019* / Šiško Kuliš, Maria (ur.). (ISBN 1986-583X). Cavtat/Dubrovnik : Hrvatsko društvo održavatelja, 22.-24.05.2019. s. 126-134.

[6] Tehnički propis za dimnjake u građevinama // Narodne novine 03(2007) 202, (ISSN 0027-7932)

[7] Meczner, Zdenko. Dimnjačarski priručnik - Kontrolni pregled dimnjaka. Zagreb, Hrvatska stručna udruga za sanaciju dimnjaka, 2011. (ISBN 978-953-56820-0-4)

[8] Dimnjak d.o.o. Osijek. Pregled dimnjaka Šećerane u Osijeku. 3.07.2017. http://dimnjak.hr/pregled-dimnjaka-secerane-u-osijeku/ (Pristup: 25.04.2019.)

[9] Video-insp-camera-up-flue. http://www.andersonchimney.com/our-services/chimney-inspections/video-insp-camera-up-flue/ (Pristup; 12.07.2019.)

[10] Industrial access. Smokestack Inspection / Industral Chimney Inspection. https://www.industrialaccess.com/inspection-testing/ (Pristup; 12.07.2019.)

[11] Terra Drone. Drone inspection of flare stacks and chimneys. https://terra-drone.eu/en/drone-inspection-of-flare-stacks-and-chimneys/ (Pristup; 12.07.2019.)

[12] Upon further inspection, is that a drone in the chimney? https://www.ayresassociates.com/upon-further-inspection-is-that-a-drone-in-the-chimney/ (Pristup; 30.06.2019.)

[13] The Facts About Chimney Fires, https://www.csia.org/chimneyfires.html (Pristup 12.04.2019.)

[14] Carević, Milan; Jukić, Pavao; Sertić, Zdravko; Šimara, Branko. Tehnički priručnik za zaštitu od požara. Zagreb: Zagrebinspekt, 2002. (ISBN 953-97239-0-6)

Gospodarenje građevinskim otpadom i otpadom od rušenja
Construction waste management and waste of crashing

D.Hećimović[1] , D.Pfeifer[2] , D.Vidaković[3]

[1]Bonzo j.d.o.o., Osijek, Hrvatska
[2]Institut IGH d.d, RC Osijek, Osijek, Hrvatska
[3]Građevinski i arhitektonski fakultet u Osijeku, Sveučilište J.J. Strossmayera, Osijek, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-Mail : drazenhecimovic30@gmail.com

Sažetak
Članak razmatra problematiku građevinskog otpada i otpada od rušenja s obzirom na količinu ukupno proizvedenog otpada (komunalni otpad, ambalažni otpad, otpadni električki i elektronički uređaji i oprema, vozila, otpadne gume, infektivni otpad iz zdravstvenih ustanova, otpadna ulja). Opisan je Protokol za gospodarenje građevinskim otpadom i otpadom od rušenja te recikliranim materijalima uključujući i ispravno rukovanje opasnim otpadom. Pravilnim gospodarenjem može se znatno pridonijeti održivosti i kvaliteti života i ostvariti velika korist za građevinsku i reciklažnu industriju jer se povećava potražnja za recikliranim materijalima iz građevinskog otpada i otpada od rušenja.

Ključne riječi: građevinski otpad, otpad od rušenja, gospodarenje otpadom, reciklirani materijal, opasni otpad

Abstract
The article deals with the issue of construction waste and waste from destruction with respect the amount of total produced waste (municipal waste, packaging waste, waste electrical and electronic equipment, vechicles, waste tires, infections waste from healtcare instititions, waste oils). The constructions waste and waste from destruction managment Protocol is described and recycled materials including propers handling of hazardous waste. Proper managment can significanty contribute to sustinability and quality of life and achive a great benefit for the construction and recycling industry as demand for recycled materials from construction waste and waste from destruction increases.

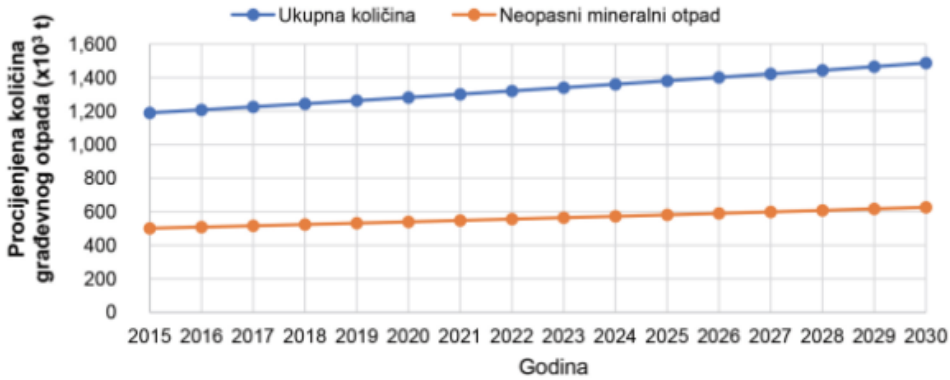
Key words: construction waste, waste of crashing, waste management, recycled material, hazardous waste

1.Uvod
U današnje vrijeme stvaraju se velike količine raznih vrsta otpada. To su komunalni otpad, ambalažni otpad, otpadni električni i elektronički uređaji i oprema, vozila, otpadne gume, infektivni otpad iz zdravstvenih ustanova, otpadna ulja itd.
Jedan od najvećih potrošača različitih vrsta materijala, a samim time i jedan od većih proizvođača otpada je građevinarstvo. Građevinski otpad uključujući i otpad od rušenja postao je ključni problem današnjeg društva i neizbježna posljedica čovjekovog neodgovornog ponašanja s takvim otpadom. U EU rješavanje građevinskog otpada

prepoznato je kao jedan od najvećih prioriteta smanjenja onečišćenja okoliša, a samim time i očuvanja zdravlja ljudi, biljnog i životinjskog svijeta. Za rješavanje problema koji donosi građevinski otpad, neophodno je pravilno gospodariti njime. U današnje vrijeme, pomoću modernih tehnologija omogućuje se da se većina otpada, uključujući i građevinski otpada i otpad od rušenja, može iskoristiti kao sekundarna sirovina. Postupak kojima se otpad iskorištava naziva se oporaba (recikliranje). Oporabom građevinskog otpada i otpadom od rušenja proizvode se korisni agregati koji mogu poslužiti u različite svrhe, ako zadovoljavaju sva ispitivanja i norme kao i agregati iz prirodnih nalazišta.
Prvi dio Protokola za gospodarenje građevinskim otpadom i otpadom od rušenja te recikliranim materijalima bazira se na određivanju građevinskog otpada i otpada od rušenja prema mjestu nastanka i vrstama radova kod kojih je otpad nastao, a objašnjeno je i određivanje ključnog broja otpada. Drugi dio protokola opisuje gospodarenje građevinskim otpadom, njegovo zbrinjavanje, odlaganje koje mora biti što manje, te građevine koje služe za gospodarenje građevinskim otpadom. Treći dio protokola bazira se na ukidanju statusa otpada građevinskom otpadu i koji se zahtjevi odnosno kriteriji moraju ispuniti da bi se otpadu ukinio status otpada.

2. Građevinski otpad

Prema Pravilniku o gospodarenju otpadom građevni otpad je otpad nastao prilikom gradnje novih, rekonstrukcije, uklanjanja i održavanja postojećih građevina, te otpad nastao od iskopanog materijala koji se ne može bez prethodne oporabe koristiti za građenje građevine zbog kojeg građenja je nastao [1]. Udio otpada koji nastaje od građenja je manji u odnosu na otpad koji dobijemo kod rušenja, ali iskoristivost otpada i njegov potencijal za oporabu je puno veći. Građevni otpad u najvećem dijelu (95%) sastoji se od inertnog otpada što znači da ne podliježe fizikalnim, kemijskim ili biološkim promjenama, da se ne otapa, kemijski ne reagira, nije zapaljiv, te se ne razgrađuje biološkim putem. Neke vrste inertnog građevinskog otpada su keramika, žbuka, gips, beton, željezo, čelik, otpad od rušenja zgrada, drvo, plastika i dr.
Građevinski otpad može sadržavati opasne komponente kao što su azbest ili asfaltno vezivo, te ga ove komponente svrstavaju u opasan otpad [2].
Neočišćeno tlo i drugi materijali iz prirode, koji su iskopani tijekom građenja objekata ili tijekom nekih drugih građevinskih radova, nisu građevinski otpad ako će se materijal iskoristi za građevinske svrhe na gradilištu na kojem je taj materijal iskopan. Veliki problem kod građevinskog otpada je što polovica završava na odlagalištima komunalnog otpada te se zbog toga, povećavaju troškovi sanacije odlagališta i zauzima se volumen odlagališta. Porast građevinskog otpada predviđa se i u narednom desetljeću, što pokazuje slika 1.



Slika 1. Projekcija količina proizvedenog građevinskog otpada do 2030. godine [3]

U 2016. godini, proizvedena količina građevinskog otpada, sukladno procjeni iznosi 1 266 000 tone, obrađeno je, sukladno podacima iz sustava Registra onečišćavanja okoliša (ROO) 879 000 t (69,42%) građevinskog otpada, dok udio procijenjene količine građevinskog otpada koji nije evidentiran sustavom ROO iznosi 387 000 tone (30,57 %). Od 879 000 tona obrađenog građevinskog otpada na postupke zbrinjavanja predano je 325 600 tona, a na postupke oporabe 553 400 tona [2].

2.1. Podjela građevinskog otpada

Građevinski otpad se dijeli prema vrsti nastanka na [4]:

- Otpad koji nastaje od potpunog ili djelomičnog rušenja objekta
- Otpad koji nastaje na gradilištu kao posljedica izgradnje novih objekata
- Otpad nastao kod izgradnje i održavanja prometnica
- Tlo, kamenje i vegetacija koje je potrebno ukloniti zbog pripreme prostora za građenje

Građevinski otpad sastoji se od različitih vrsta materijala koji ovise o vrsti građevinskog objekta, vrsti radova koji se izvode te da li se objekt gradi, ruši ili rekonstruira, kao i lokaciji gdje se to obavlja. Kod visokogradnje najviše kao materijal prevladavaju beton, opeka, gips, plinobeton i prirodni kamen. Tijekom radova iskopa građevnim otpadom se smatra zemlja, pijesak, šljunak, kamen, ilovača i glina. Kod niskogradnje kao građevinski otpad nastaje bitumen (asfalt) ili cementom vezani materijal, pijesak, šljunak i drobljeni kamen. Građevinskim radovima nastaje i miješani građevinski otpad koji se sastoji od drva, plastike, metala, kablova i takav se naziva šuta. Tako u Gradu Zagrebu najveći dio građevnog otpada čini tzv. miješani otpad, u Osječko-baranjskoj i Šibensko-kninskoj županiji najveći dio čini beton, a u svim ostalim županijama najveći udio u otpadu čini zemlja, kamenje i otpad od jaružanja [5].

2.2. Vrste otpada prema svojstvima

Pod opasnim otpadom se smatra materijal koji:

- sadrži opasne komponente (azbest, katran, olovo, ljepila)
- nakon dužeg boravka u agresivnim sredinama postaju agresivni (npr. objekti koji proizvode ili koriste kemikalije)
- nisu očišćeni od agresivne tvari ili su pomiješani s istim

Na novijim objektima možemo naći opasni i potencijalno opasni građevinski otpad, kao što su npr.: ljepila, izolacijski materijali, materijali na bazi azbesta, hidroizolacija, tekućine na bazi katrana, tehnološki obrađeno drvo, neke boje i premazi. Otpad koji možemo naći nakon rušenja objekata je materijal na bazi azbesta, električna oprema, drvo s raznim premazima, materijali na bazi azbesta, izolacijski materijali.

Neopasnim otpadom se smatra onaj koji ne posjeduje niti jedno od opasnih svojstava određenih Dodatkom III. Zakona o održivom gospodarenju. To su materijali kao što su crijep, opeka, beton itd. Materijali koji kao ugrađeni u objekt nemaju opasne osobine, mogu ih poprimiti ovisno o korištenja. (Neki od materijala koji spadaju u ovu skupinu su: plastika, metal, drvo.)

Inertni otpad je otpad koji ne podliježe značajnim fizikalnim, kemijskim ili biološkim promjenama, pa ne ugrožava okoliš. Takav otpad se ne otapa, nije zapaljiv, ne reagira fizički ili kemijski, ne razgrađuje se biološkim putem, niti stvara opasne tvari za okoliš i zdravlje ljudi. Ima beznačajan stupanj ispuštanja zagađujućih tvari, te ne ugrožava zrak i podzemne vode.

2.3. Rušenje građevina

Velike količine građevinskog otpada nastaju prilikom rušenja (u potpunosti ili djelomično) građevina ili pojedinih njihovih dijelova. Pod rušenjem građevina se smatra svaki postupak kojim se u potpunosti ili djelomično ruše dijelovi građevine ili kompletna građevina. Uklanjanje građevine obuhvaća sljedeće radnje

- zbrinjavanje ostataka tehnološkog procesa,
- zbrinjavanje i premještanje opreme,
- rušenje,
- zbrinjavanje iskoristivog građevinskog otpada,
- trajno deponiranje neiskoristivog otpada,

Iskoristivim građevinskim otpadom se smatra onaj otpad koji se može reciklirati i ponovno upotrijebiti za gradnju. Ako želimo čim bolje reciklirati moramo imati dobro organizirano rušenje objekta. Recikliranje otpada kod rušenja odvajamo u:

- Fazu pripreme građevine za rušenje, u kojoj se sortira i odvoja, materijal koji ima upotrebnu vrijednost u obliku u kojem je zatečen i materijal koji moramo sačuvati prilikom rušenja, te materijal koji je potrebno ukloniti zbog to ga da se spriječi zagađenje okoliša prilikom odlaganja
- Fazu obrade materijala nakon rušenja, koja obuhvaća sve postupke drobljenja, usitnjavanja, pročišćavanja i prosijavanja materijala nastalog rušenjem građevine, te zbrinjavanje sekundarnih sirovina.

2.4. Azbest

Azbest je materijal koji se sastoji od sljedećih vlaknastih silikata: krokidolit (plavi azbest), aktinolit, antolifilit, krizotil (bijeli azbest), amozit (smeđi azbest) i tremolit. Potrebno je istaknuti da ti materijali i njihovi proizvodi nisu jednako opasni. Najopasnijim se smatra kokidolit, koji se u Hrvatskoj prestao koristiti krajem 80-tih godina 20 st.

Azbest je u našem okolišu prisutan oduvijek te su ljudi tako oduvijek bili izloženi njegovim vlaknima iz prirode zbog mogućnosti širenja okolišem tijekom djelovanja meteoroloških činitelja. Azbestna vlakna svuda su u svijetu, pa i u Hrvatskoj postoje brojna nalazišta azbesta. S obzirom na jako dobre osobine azbest se dodavao raznim proizvodima kako bi im se osigurala mehanička i kemijska svojstva, otpornost na vlagu, vatru, vrućinu, buku, elektricitet, habanje i trenje. U građevinama su se koristile velike količine proizvoda od azbesta za izolaciju i pokrovni materijal, te se sada često susrećemo sa takvim proizvodima kod rušenja ili kod rekonstrukcije.

Građevinskom otpadu i otpadu od rušenja koji je onečišćen azbestom mora se posvetiti posebna pažnja jer se takav otpad smatra opasnim. U Pravilniku o načinu i postupcima gospodarenja otpadom koji sadrži azbest, otpadom koji sadrži azbest smatra se otpadni sirovi azbest i svaka tvar ili predmet koji sadrži azbest i azbestna vlakna, azbestna prašina nastala emisijom azbesta u zrak kod obrade azbesta ili tvari, materijala i proizvoda koji sadrže azbest koje posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti [6].

U građevinarstvu se najčešće koristilo bijeli azbest (krizolit). Smeđi azbest (amozit) nalazi se u cementnim pločama i proizvodima za toplinsku izolaciju, a plavi azbest (krokidolit) je u azbestno-cementnim proizvodima, izolacijama za parne strojeve i cijevi te u premazima u spreju.

Građevinski proizvodi koji sadrže azbest su :

- proizvodi od azbest-cementa
    - pokrovni materijal (ploče)
    - cijevi
    - vatrootporne,vodootporne, ploče

- paneli
- azbest pomiješan s smolama i plastikom za razne namjene
- podni, zidni i stropni materijali za izolacije
- papir i ljepenka za toplinsku zaštitu i hidroizolacije
- azbestne brtve

Svi tipovi azbestnih vlakana mogu prouzročiti ozbiljne bolesti te je njegova uporaba u Republici Hrvatskoj kao i cijeloj EU zabranjena. Ljudi se izlažu vlaknima azbesta koje su prisutne u zraku prilikom inhalacije i to najčešće u radnom okolišu. Dugotrajna izloženost azbestu može izazvati bolesti poput mezotelioma (uvijek smrtonosan), raka pluća (visoka smrtnost), azbestoze i difuznog zadebljana pleure [7].

Zakonskom regulativom uporaba proizvoda koji sadrže azbestna vlakna i koji su bili instalirani i/ili u uporabi prije 1. siječnja 2005. dopuštena je do njihovoga zbrinjavanja odnosno kraja životnog vijeka. Zabrana je propisana Uredbom Europskog parlamenta i vijeća. Istom Uredbom propisano je da, stavljanje na tržište i uporaba ovih vlakana i proizvoda koji ih sadrže, koja je dopuštena u skladu s određenim izuzećima, može se dopustiti samo pod uvjetom da proizvodi koji sadrže azbest i njihovi spremnici moraju nositi oznaku [7]. Godine 2006. Republika Hrvatska objavila je Listu opasnih kemikalija, čiji je promet zabranjen, odnosno ograničen. Na Listi opasnih kemikalija, čiji je promet u Hrvatskoj zabranjen, odnosno ograničen od 2006. godine, nalazi se svih šest vrsta azbesta [7]. Azbest kao otpad se posebno zbrinjava i njime gospodare samo subjekti koji posjeduju dozvolu za gospodarenje opasnim otpadom. Radi njegovog zbrinjavanja, tijekom 2019. godine u javnim glasilima objavljeni su javni pozivi vlasnicima/korisnicima građevina u kojima je azbest, da dostave podatke o procjenama količina, vrsti i stanju materijala materijala za kojeg je izvjesno da će postati azbestni otpad. (Podatke prikupljaju gradovi koji ih kasnije dostavljaju Fondu za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost.)

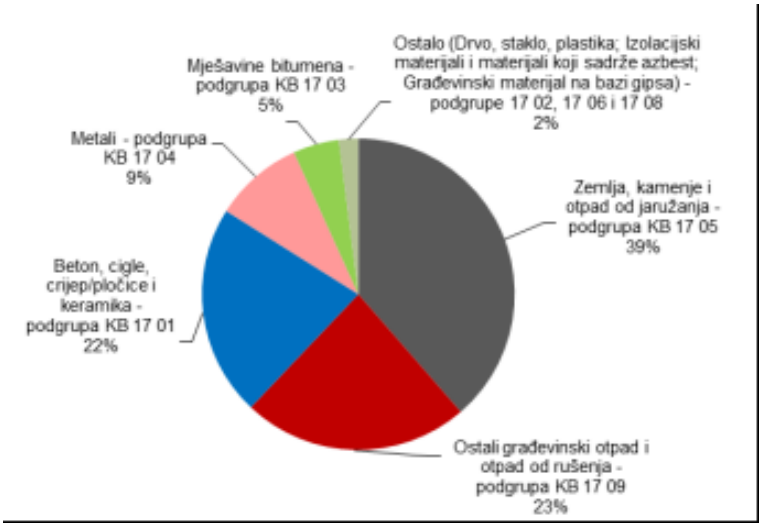
2.5. Katalog otpada

Katalog otpada propisan Pravilnikom o katalogu otpada karakterizira otpad prema svojstvima i prema mjestu nastanka u 20 grupa i njihovih podrgrupa. Nazivi grupa otpada ovise o djelatnostima u kojima otpad nastaje, dok su nazivi nekih grupa povezani i materijalima koji se koriste i procesima. Grupe i podgrupe sadrže zapise o vrstama otpada. Zapis se sastoji od ključnog broja otpada, naziva otpada i oznakom zapisa s odgovarajućom oznakom o karakterističnim opasnim svojstvima. U katalogu otpada nabrojani otpadi klasificirani su prema ključnim brojevima, te se ta klasifikacija koristi kod postupaka izdavanja dozvola za određene djelatnosti gospodarenja otpadom. Pravilno i točno određivanje ključnih brojeva vrlo je važno, zbog toga da se osigura najbolji i najprimjereniji način gospodarenja otpadom, te da se utjecaj otpada na okoliš i zdravlje ljudi svede na minimum. Pomoću ključnih brojeva određujemo građevine koje mogu prihvatiti taj otpad. Ključni brojevi su jedinstvena oznaka u katalogu i sastoje se od dvoznamenkastih brojeva, četveroznamenkastih i šesteroznamenkastih brojeva.

Građevinski otpad, u katalogu otpada, naveden je pod ključnim brojem 17 00 00, a podgrupe su sljedeće [8]:

x 17 01 – beton, opeka, crijep/pločice i keramika
x 17 02 – drvo, staklo i plastika
x 17 03 – mješavina bitumena, ugljeni katran i proizvodi koji sadrže katran
x 17 04 – metali (uključujući i njihove legure)
x 17 05 – zemlja (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih/kontaminiranih lokacija), kamenje i iskop od rada bagera
x 17 06 – izolacijski materijali i građevinski materijal koji sadrži azbest

x 17 08 – građevinski materijal na bazi gipsa
x 17 09 – ostali građevinski otpad i otpad od rušenja.
U Hrvatskoj su 2016 godine udjeli po kategorijama obrađenog građevinskog otpada prikazani na slici 2.



Slika 2. Udjeli po kategorijama obrađenog građevinskog otpada u 2016. godini [9]

3. Gospodarenje građevinskim otpadom

U Hrvatskoj se proizvede više 1,3 milijuna tona građevinskog otpada. Iako se može ponovno upotrijebiti 80% građevinskog otpada, samo se 7% toga reciklira ili zbrinjava na prihvatljiv način, dok se 11% izdvoji ako sekundarna sirovina. To je u usporedbi s razvijenijim europskim zemljama (kao što su Nizozemska, Belgija i Danska) koje recikliraju 80% svog ukupnog građevinskog otpada, jako malo, a može se pripisati tome što još nije u potpunosti organiziran ekonomski sustav gospodarenja otpadom [5]. Gospodarenje građevinskim otpadom je skup aktivnosti i mjera kojima je obuhvaćeno odvojeno skupljanje,smanjenje količine otpada i/ili njegovog štetnog utjecaja na okoliš, oporabu i/ili zbrinjavanje građevinskog otpada [1]. Pravilnim gospodarenjem, odnosno recikliranjem građevnog otpada dobivamo vrijednu, korisnu sekundarno sirovinu koja se može koristiti u različite namjene u građevinarstvu. Tako se smanjuje količina građevnog otpada koja se odlaže na odlagalište i manje zauzima nepotrebnog prostora na odlagalištu.
Građevinski otpad moramo odložiti na lokacijama koje su predviđene za taj otpad a nikako ne smijemo odlagati na mjestu nastanka, kao niti na ostalim lokacijama koje nisu predviđene za to. Posjednik, odnosno vlasnik građevine, investitor, izvođač ili neka treća osoba kojoj je vlasnik građevine, odnosno investitor prenio pravo raspolaganja građevnim otpadom, dužan je snositi sve potrebne troškove za gospodarenje građevnim otpadom, te osigurati konačno zbrinjavanje ili oporabu skupljenog opasnog građevinskog otpada. Ukoliko građevni proizvod koji je nastao oporabom građevinskog otpada udovoljava normama i uvjetima propisanim posebnim propisom, može se ponovno koristiti u građevinske svrhe.

3.1. Zbrinjavanje građevinskog otpada

Posljedice neprimjerenog gospodarenja građevinskim otpadom su višestruke - nepovoljno stanje u prostoru, smanjenje kakvoće okoliša i kakvoće življenja te nepovoljni učinci na ljudsko zdravlje. Kako bi se izbjegle ove posljedice potrebno je pridržavati se mjera u hijerarhiji gospodarenja otpadom prikazanih na slici 3.

Slika 3. Shematski prikaz hijerarhije gospodarenja otpadom [10]

Na slici 3. je prikazano da je primarno je što više spriječiti nastanak otpada. Ostaci koji su nastali pri građenju, rušenju, održavanju objekata i sl. pripremamo za ponovnu uporabu (popravak,čišćenje radi ponovnog korištenja).
Otpad koji nije bilo moguće reciklirati treba nastojati oporabiti nekim drugim postupcima, kao npr. energetskom oporabom (pretvaranjem u energiju), što se može samo kod manjeg dijela građevnog otpada. Pri svim ovim procesima može doći do određene količine otpada se ne može iskoristiti, a poželjno je da se ta količina što je više moguće smanji. Te ostatke se može zbrinuti odlaganjem, koje je najlošija, ali ponekad i neizbježna opcija (drobljenjem, sortiranjem i dr.). Građevni otpad je vrlo specifična vrsta jer se ne može u svakoj situaciji primjenjivati prvu stavku hijerarhije gospodarenja otpada, sprečavanje nastanka otpada, budući da svakodnevno dolazi do stvaranja građevinskog otpada zbog toga što je građevine potrebno nakon nekog vremena rekonstruirati da bi ponovno služile svojoj svrsi. Postupak oporabe i/ili recikliranja i zbrinjavanja građevnog otpada ovisi o njegovom sastavu. Za bolje i recikliranje potrebno je odvojeno prikupiti sastavnice takvog otpada kao što su željezo, drvo, staklo, cigla, beton i plastika. Staklo, drvo, plastika, metal odvajamo iz građevinskog otpada te predajemo ovlaštenim skupljačima i onda oni dalje odvoze takav otpad u staklane, spalionice. Mogućnosti postupanja građevinskog otpada:

- Ponovna uporaba
- Recikliranje
- Energetska oporaba

Građevinski otpad mora se odvojeno skupljati i zatim u potpunosti ili u najvećoj mogućoj mjeri reciklirati bez njegovog trajnog odlaganja u okoliš. Reciklirani materijal može se ponovno koristiti u gradnji kao:
- Materijal za nosive slojeve ceste, staza i parkirališta
- Materijal za nasipavanje, drenažu i kamenozaštitu
- Dodatak za nove asfaltne mješavine
- Dodatak raznim vrstama betona i mortova
- Materijal za izradu betonskih elemenata i sklopova

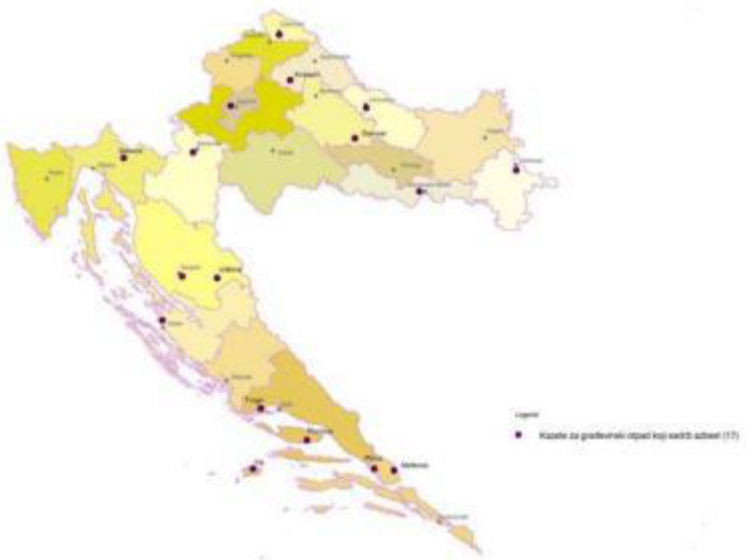
Oporabljeni građevni materijal naziva se reciklirani agregat, a to je:
- Reciklirani asfalt
- Reciklirani beton
- Reciklirani crijep i keramika
- Reciklirane mješavine (mješavine cigle i šute, miješani asfaltni i betonski lom)[8]

Gospodarenje građevnim otpadom obavlja se u građevinama koje su prilagođene za njegovo zbrinjavanje. Tipovi takvih građevina su:
- pretovarna (transfer) stanica,

- reciklažno dvorište građevinskog otpada,
- odlagalište građevinskog otpada.

3.2. Gospodarenje građevnim otpadom koji sadrži azbest

Gospodarenje azbestnim otpadom je obavljanje djelatnosti skupljanja, prijevoza, privremenog skladištenja i zbrinjavanja odnosno obrade ili odlaganja azbestnog otpada [5]. Gospodarenje otpadom koji sadrži azbest razlikuje se jer je azbest za razliku od običnog građevnog otpada opasan. Stoga je potrebno s njim posebno rukovanje kako ne bi došlo do zagađenja okoliša i ugrožavanja zdravlja ljudi. Prije prijevoza otpada koji sadrži azbest taj otpad se mora obraditi površinskim očvršćivanjem ili postupkom otvrdnjavanja ili uništavanja azbestnih vlakana, otpad se mora zapakirati tako da se spriječi oslobađanje azbestnih vlakana u okoliš. Spremnici i ambalaža u kojima se azbestni otpad nalazi moraju na sebi imati vidljivo označenu oznaku prema propisima. Slabo vezani azbest potrebno je pakirati u nepropusne ambalaže od polietilenske folije debljine 0,4 mm. Privremeno skladištenje azbestnog otpada mora se provoditi na način da se u najvećoj mogućoj mjeri spriječi onečišćenje okoliša ispuštanjem azbestnih vlakana i/ili azbestne prašine. Dovoz do mjesta namijenjenog za odlaganje azbestnog otpada mora biti obavljen tako da se otpad s vozila neposredno pretovaruje na mjesto namijenjeno odlaganju otpada koji sadrži azbest. Odlagatelj azbestnog otpada mora osigurati da se otpad ne raspršuje i da se po odlaganju odmah prekriva te je dužan voditi očevidnik o nastanku i tijeku otpada i voditi podatke o količini, vrsti, načinu obrade odloženog azbestnog otpada te mjestu gdje je azbestni otpad odložen. Odlaganje azbestnog otpada vrši se na posebnim plohama s vidljivo označenim mjestom za odlaganje. Odlukom Vlade RH financirano je izgradnja ukupno 17 posebnih ploha za odlaganje azbesta u 13 županija RH [11] (vidi se na slici 4). Ploha na koju se odlaže otpad koji sadrži azbest mora biti pripremljena u skladu s Pravilnikom o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta.



Slika 4. Prikaz lokacija posebnih odlagališnih ploha za zbrinjavanje građevinskog otpada koji sadrži azbest [11]

4. Ukidanje statusa otpada

Prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom, određeni otpad prestaje biti otpad ako je prešao postupak oporabe, uključujući recikliranje i ako udovoljava posebnim kriterijima utvrđenim u skladu sa sljedećim uvjetima [12]:
- tvar ili predmet uobičajeno se koristi u posebne svrhe,
- za takvu tvar ili predmet postoji tržište ili potražnja
- tvar ili predmet ispunjava tehničke zahtjeve za posebne svrhe i zadovoljava postojeće zakonodavstvo i norme koje važe za proizvode i
- uporaba tvari i predmeta neće dovesti do štetnih učinaka na okoliš ili zdravlje ljudi

Kriteriji za ukidanje statusa otpada su skup uvjeta, koje materijal koji potječe iz otpada mora ispuniti, a koji garantiraju kvalitetu materijala takvu da materijal neće biti odbačen ni da će imati negativan utjecaj na zdravlje ljudi i okoliš [12].

5. Zaključak

Građevinski otpad posebno je problematičan jer se ne može, kao neke druge vrste otpada (npr. komunalni i poljoprivredni) zbrinjavati spaljivanjem, pirolizom, biološkom obradom, niti se može iz njega stvarati gorivo [Postupci obrade i zbrinjavanja otpada]. No ova vrsta otpada ima visoki potencijal za recikliranje [Ropac i dr.]. Zbog velike potrebe za što većim recikliranjem građevinskog otpada, javlja se pitanje na koji način bi trebalo zbrinuti i iskoristiti sav taj otpad. Postoje različite metode recikliranja građevinskog otpada i otpada od rušenja, ali, nažalost, građevni otpad je najzastupljenija vrsta otpada u ilegalnim odlagalištima. Prilikom građevinskih zahvata otpad se javlja u velikim količinama, a posjednici takvog otpada često procjenjuju da je komplicirano osigurati njegovo zbrinjavanje na propisan način, pa ga radije odlažu u okoliš. Tako nastaju divlja odlagališta, a odgovorni pojedinci i poduzeća krše propise i riskiraju visoke kazne.

Bitna stvar da sav otpad koji proizađe iz bilo kakvih građevinskih radnji zbrinemo ispravno kako ne bi ni na koji način štetilo okolišu u kojem živimo. Okoliš trebamo zaštititi na sve moguće načine kako ne bismo narušavali njegovu ravnotežu. Potrebno je osigurati pravilno odlaganje otpada upravo zbog toga kako bismo živjeli u zdravoj okolini.

6. Literatura

[1] Pravilnik o gospodarenju otpadom, Narodne novine, 23/14
[2] Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, Narodne novine 130/05
[3] Štirmer, Nina ; Škreb, Kristina Ana. Procjena količina građevnog otpada i potencijala za njegovo korištenje. Aktivnosti 1.4, 3.2 i 3.3. Zagreb: Građevinski fakultet, Zavod za materijale
[4] Horvatić, Katarina. Gospodarenje građevinskim otpadom u Republici Hrvatskoj : Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološki-naftni fakultet 2018. str.2-3
[5] Štrimer, Nina; Baričević, Ana; Lovinčić Milovanović, Vedrana. Gospodarenje građevnim otpadom - izazovi i prilike // *Izazovi u graditeljstvu 4 Hrvatski graditeljski forum* / TLaktušić, Stjepan (ur.). (ISSN 2459-606X). Zagreb : Hrvatski savez građevinskih inženjera, 11.2017. s. 175-200.
[6] Pravilnik o načinu i postupcima gospodarenja otpadom koji sadrži azbest, Narodne novine 42/07
[7] Ministarstvo zdravlja: Azbest i opasnost za zdravlje https://zdravlje.gov.hr/djelokrug-1297/sanitarna-inspekcija/kemikalije-i-biocidni pripravci-1357/kemikalije-1785/azbest-i-opasnosti-za-zdravlje-1857/1857-preuzeto 10.5.2017
[8] Pravilnik o katalogu otpada, Narodne novine 90/15

[9]Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. 2018: Pregled podataka o građevnom otpadu u 2016. godini (revizija 1), Zagreb
[10] Recikliraj.hr. Recikliranje građevinskog otpada http://recikliraj.hr/recikliranje-gradevinskog-otpada/-preuzeto: 3.6.2016.
[11] Fond za zaštitu i energetsku učinkovitost: Upute o postupanju s građevinskim otpadom koji sadrži azbest radi odlaganja na posebne izgrađene plohe (kazete) na odlagalištima neopasnog otpada–preuzeto 5.6.2016
http://www.fzoeu.hr/docs/upute_o_postupanju_s_gradevinskim_otpadom_koji_sadrzi_azbest_radi_odlaganja_na_posebno_izgradjene_plohe_kazete_na_odlagalistima_neopasnog_otpada.pdf-preuzeto: 5.7.2018
[12] Anić Vučinić, A: Ukidanje statusa otpada: pravni i operativni aspekti, Zagreb 16.09.2015 www.grad.hr/rescue/materijali/1-radionica/AAV_GRADJEVINSKI-2015_2.pptx -preuzeto: 6.6.2016.

Problematika uporabnih dozvola za određene građevine – analiza odabranog područja

The Issue Concerning the Certificate of Occupancy for Particular Buildings – the Analysis of the Selected Area

D. Obradović[1,*], M. Teni[1], L. Međurečan[2]

[1]Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska
[2]Osječko-baranjska županija, Upravni odjel za prostorno uređenje, graditeljstvo i zaštitu okoliša, Osijek, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: dobradovic@gfos.hr

Sažetak

Uporabna dozvola je završni akt koji se javlja u Zakonu o gradnji, a kojim se potvrđuje da je zgrada izgrađena prema građevinskoj dozvoli, ili bilo kojem drugom aktu koji ima jednaku pravnu snagu kao građevinska dozvola. Pravomoćna uporabna dozvola je preduvjet za početak korištenja zgrade, evidentiranje građevina u katastru i zemljišnoj knjizi te je potrebna u još dosta slučajeva. Rad prikazuje sastavne dijelove uporabne dozvole za određene građevine, dok je težnja rada stavljena na analizu i prikaz donošenja uporabne dozvole za određene građevine ili kojeg drugog akta kojim se završava postupak donošenja uporabne dozvole (u slučaju odustajanja stranke, itd.), a za koji postupak donošenja uporabne dozvole za određene građevine je stranka podnijela odgovarajući zahtjev. Analiza podataka napravljena je za razdoblje od 2014. do kraja 2018. godine na području grada Donjeg Miholjca s prigradskim naseljima i pripadajućim općinama. Također, navedeni su karakteristični problemi s kojima se susreću zaposlenici u upravnim odjelima u postupku donošenja uporabnih dozvola za određene građevine.

Ključne riječi: građevina, postupak rješavanja, problematika donošenja, uporabna dozvola, zakonska regulativa

Abstract

A Certificate of Occupancy is the final document mentioned in the Building Act, confirming that the building has been constructed in accordance with the relevant building permit, or any other act that has the same legal force as the building permit. A valid Certificate of Occupancy is a prerequisite for beginning to use a building and registering the building in the cadastre and the land registry. It is necessary in many other cases, as well. The paper presents the constituent parts of the Certificate of Occupancy for certain buildings. The focus of the paper being the analysis and issuing of the Certificate of Occupancy for certain buildings or any other act terminating the procedure of issuing the Certificate of Occupancy (in case of the withdrawal of the person who submitted the request, etc.) for which the

applicant has submitted a valid request. The analysis and presentation of the data are implemented within the period from 2014 to the end of 2018 in the town of Donji Miholjac, together with its suburban settlements and municipalities. Moreover, specific issues encountered by the employees at administrative departments in the process of issuing the Certificate of Occupancy for certain buildings are mentioned.

Key words: building, dispute resolving procedure, issues concerning the issuing, Certificate of Occupancy, regulations

1. Uvod

Izgrađenu, odnosno rekonstruiranu građevinu može se početi koristiti tek nakon što se za nju izda uporabna dozvola. Razlikuju se dva upravna postupka kod izdavanja uporabnih dozvola i to: za čije je izdavanje potrebno obaviti tehnički pregled, sukladno članku 139. Zakona o gradnji (NN br. 153/13., 20/17., 39/19.), te uporabna dozvola za određene građevine gdje nije potrebno provoditi postupak tehničkog pregleda, već samo priložiti dokaz na temelju kojega je predmetna građevina izgrađena, obnovljena ili sanirana u provedbi propisa o područjima posebne državne skrbi, te za građevinu koju je Republika Hrvatska stekla u svrhu stambenog zbrinjavanja, a sve sukladno člancima 182., 184., 186., 188. i 190. Zakona o gradnji. Cijena izdavanja uporabne dozvole za određene građevine iznosi 600 kn [1] uz prilaganje odgovarajućeg iznosa (70 kn) državnih biljega uz zahtjev.

U ovom radu će se razmatrati samo uporabna dozvola za određene građevine, a pod koju se može svrstati pet vrsta uporabnih dozvola za sljedeće građevine:

1) Građevina izgrađena na temelju akta za građenje izdanog do 1. listopada 2007.
2) Građevina izgrađena do 15. veljače 1968.
3) Građevina izgrađena, rekonstruirana, obnovljena ili sanirana u provedbi propisa o obnovi, odnosno propisa o područjima posebne državne skrbi
4) Građevina koju je Republika Hrvatska stekla u svrhu stambenog zbrinjavanja
5) Građevina čiji je akt za građenje uništen ili nedostupan [2].

Uporabna dozvola se izdaje kako bi se potvrdilo da je građevina izgrađena i završena prema stupnju završenosti određenom u građevinskoj dozvoli, odnosno da su radovi izvedeni u skladu s ishođenim aktom za građenje. Akt za građenje može imati više naziva, ali, naravno, pravna snaga mu mora biti jednakovrijedna kao (pravomoćna) građevinska dozvola. Neki od naziva za građevinsku dozvolu ili drugi odgovarajući akt, viđen u dosadašnjoj praksi su bili: rješenje o uvjetima građenja, rješenje o uvjetima uređenja prostora, građevna dozvola, rješenje o građevinskoj dozvoli, potvrda glavnog projekta i sl. Uporabna dozvola je završni akt koji se javlja u aktualnom Zakonu o gradnji, te je ishođenjem uporabne dozvole okončan postupak gradnje neke građevine [3].

Uporabna dozvola za određene građevine se izdaje u informacijskom sustavu Ministarstva graditeljstva i prostornoga uređenja „eDozvola“, kao i drugi akti prostornog uređenja i gradnje. Sustav eDozvola je u primjeni od sredine 2014. godine, a koristi se kako bi se objedinila i unaprijedila zakonitost izrade, donošenja i provođenja akata prostornog uređenja

i gradnje, tj. vođenje postupaka temeljem Zakona o prostornom uređenju i Zakona o gradnji [4].

U radu će se prikazati sastavni dijelovi uporabnih dozvola za određene građevine, ukratko će se dati podatci o analiziranom području - imena naselja, općina, površine i broj stanovnika zbog lakšeg i boljeg predočavanja te uspoređivanja analiziranih podataka o izdavanju uporabnih dozvola. Zatim će se navesti karakteristični problemi i poteškoće s kojima se susreću službenici u upravnim odjelima koji rješavaju upravne postupke izdavanja uporabnih dozvola te neka moguća rješenja ili načini kako se navedeni problem riješio u praksi. Na kraju rada je zaključak u kojem će se dati zaključna razmišljanja, preporuke i osvrt na dosadašnje izdavanje uporabnih dozvola.

Cilj rada je demistificirati postupak izdavanja uporabnih dozvola za određene građevine, upoznati stranke u postupku i sve zainteresirane čitatelje s navedenim, kao i ukratko pokušati prikazati rad službenika u upravnim odjelima koji sudjeluju u rješavanju postupka izdavanja uporabnih dozvola. Također, pokazat će se da je uvijek potrebna velika pažnja, trud, točnost u mjerenju, ali i snalažljivost pri obavljanju očevida na licu mjesta te pri pisanju uporabne dozvole.

2. Sastavni dijelovi uporabnih dozvola za određene građevine

Budući da je uporabna dozvola za određene građevine upravni akt, sastavni dijelovi takvog rješenja propisani su u Zakonu o općem upravnom postupku (NN br. 47/09.). Zakon o općem upravnom postupku, članak 98., stavak 1. do 6. propisuje sadržaj rješenja, a to su: zaglavlje, uvod, izreka, obrazloženje, uputa o pravnom lijeku, potpis službene osobe i otisak službenog pečata javnopravnog tijela [5]. Imajući na umu da ima pet različitih vrsta uporabnih dozvola za određene građevine, jasno je da svaka od pet uporabnih dozvola ne može imati identičan izgled i sadržaj, ali naravno da su skoro svi dijelovi u najvećoj mjeri isti. Najveća razlika se pojavljuje u početnom dijelu obrazloženja gdje se navodi prema kojem dokumentu (dozvoli) je izdana uporabna dozvola (npr. u slučaju građevine izgrađene do 15. veljače 1968. pripadajući dokument je obično Uvjerenje o vremenu građenja; u slučaju građevine izgrađene na temelju akta za građenje izdanog do 1. listopada 2007., pripadajući dokument je Građevinska dozvola, itd.). Točan sadržaj svake od pet navedenih uporabnih dozvola je naveden u Zakonu o gradnji, člancima 183., 185., 187., 189. i 191. [2].

Zaglavlje sadržava grb Republike Hrvatske, naziv javnopravnog tijela koje je rješenje donijelo, klasu, urudžbeni broj te mjesto i datum donošenja.

Uvod sadržava naziv javnopravnog tijela koje je rješenje donijelo, propis o nadležnosti, osobno ime, odnosno naziv stranke i osoba ovlaštenih za zastupanje, kratku oznaku predmeta postupka te naznaku je li postupak pokrenut po službenoj dužnosti ili na zahtjev stranke [5].

Izreka sadržava odluku o upravnoj stvari koja je podijeljena u više točaka. U prvom dijelu se navodi općenito namjena zgrada (stambena, pomoćna, gospodarska, poslovna, itd.), naziv zgrade, odnosno namjena (zgrada stambene namjene, spremište, radionica, šupa, štagalj, itd.), skupina zgrade te broj građevne čestice i katastarska općina gdje se nalazi zgrada. Drugi dio izreke sadržava podatke o građevinama – dimenzije građevina (vanjske dimenzije), način smještaja na čestici (slobodnostojeća, poluugrađena ili ugrađena) te broj i

vrstu podzemnih i nadzemnih etaža. Treći dio izreke sadržava napomenu da ispitivanje ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu, lokacijskih uvjeta te drugih uvjeta i zahtjeva nije prethodilo izdavanju dozvole [2].
Obrazloženje sadržava kratko izlaganje zahtjeva stranke, utvrđeno činjenično stanje, razloge koji su bili odlučujući pri ocjeni pojedinih dokaza, razloge zbog kojih nije usvojen koji od zahtjeva stranaka, razloge donošenja zaključaka u tijeku postupka te propisi na temelju kojih je riješena upravna stvar. Kad žalba ne odgađa izvršenje rješenja, obrazloženje sadržava i pozivanje na zakon koji to propisuje [5]. Također, jedan dio obrazloženja sadržava napomenu da je plaćena upravna pristojba i u kojem iznosu.
Na kraju rješenja (uporabne dozvole) se nalazi uputa o pravnom lijeku, potpis službene osobe i otisak službenog pečata javnopravnog tijela te kome sve treba dostaviti uporabnu dozvolu. Za sami izgled dozvole, čitatelj se upućuje na rad [3] u kojem je dan primjer uporabne dozvole za određene građevine.

3. Analiza izdavanja uporabnih dozvola za određene građevine na području rada izdvojenog radnog mjesta Donji Miholjac

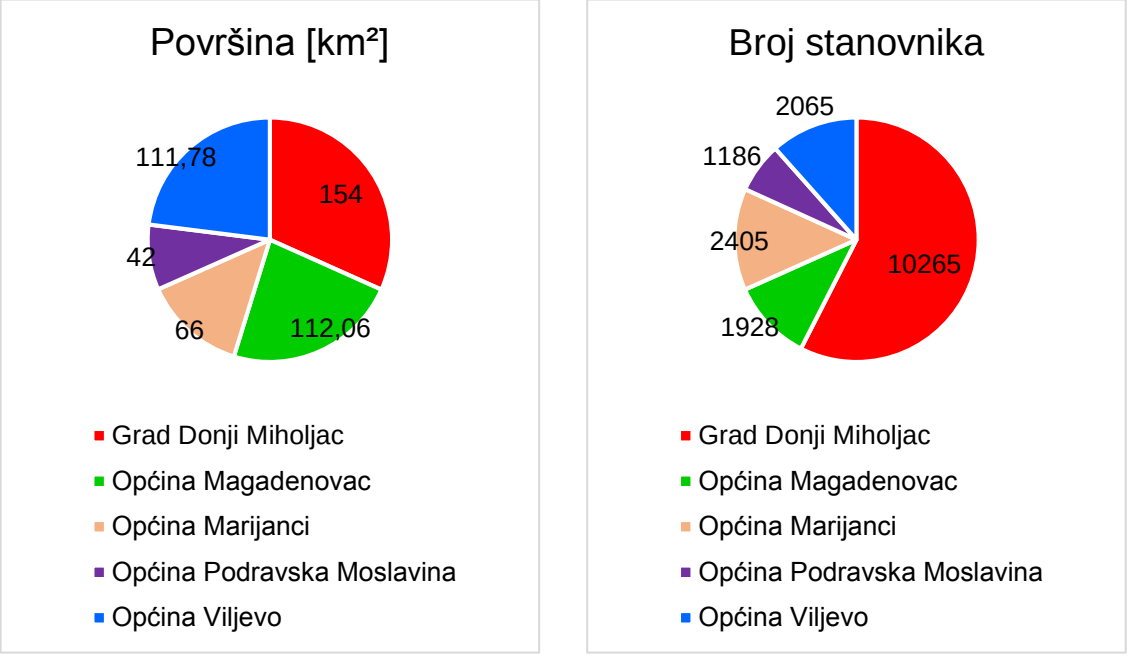
3.1. Područje rada izdvojenog radnog mjesta Donji Miholjac

Poslove vezane za obavljanje analitičko-planskih, organizacijsko-koordinacijskih, normativno-pravnih, upravnih i drugih stručnih poslova vezanih uz djelatnosti prostornog uređenja, zaštite okoliša i prirode te provođenja planskih dokumenata i gradnje iz nadležnosti Županije provodi Upravni odjel za prostorno uređenje, graditeljstvo i zaštitu okoliša Osječko-baranjske županije, izdvojeno mjesto rada Donji Miholjac [6].
Donji Miholjac obavlja upravne i stručne poslove za područje Grada Donjeg Miholjca s prigradskim naseljima te općinama: Magadenovac, Marijanci, Podravska Moslavina i Viljevo [7].
Grad Donji Miholjac ima površinu od 154 km^2, a osim grada obuhvaća i šest prigradskih naselja: Sveti Đurađ, Podgajce Podravske, Rakitovicu, Miholjački Poreč, Radikovce i Golince, a sveukupno ima 10265 stanovnika [8].
Općina Magadenovac obuhvaća, osim samog naselja Magadenovac i naselja: Beničanci, Lacići, Kućanci, Malinovac i Šljivoševci. Površina Općine je 112,06 km^2, a ima 1928 stanovnika [9].
Općina Marijanci ima površinu od 66 km^2 te prema popisu stanovnika iz 2011. godine broji 2405 stanovnika u šest naselja općine: Bočkinci, Brezovica, Čamagajevci, Črnkovci, Kunišinci i Marijanci [10].
Općina Podravska Moslavina ima površinu od 42 km^2, a obuhvaća pet naselja, i to: Gezinci, Krčenik, Martinci Miholjački, Podravska Moslavina i Orešnjak. Općina broji 1186 stanovnika [11].
Općina Viljevo obuhvaća naselja: Blanje, Bockovac, Cret Viljevski, Ivanovo, Kapelna, Krunoslavlje i Viljevo. Broj stanovnika prema popisu iz 2011. godine iznosi 2065, a površina 111,78 km^2 [12].

Svi navedeni podatci su prikazani u tablici 1. te na slikama 1. i 2., na kojima je vidljivo da Grad Donji Miholjac ima najveću površinu i najviše stanovnika, dok Općina Podravska Moslavina ima najmanju površinu i najmanje stanovnika.

Tablica 1. Podatci o površini općina/grada i broju stanovnika

Naziv grada/općine	Površina [km^2]	Broj stanovnika
Grad Donji Miholjac	154	10265
Općina Magadenovac	112,06	1928
Općina Marijanci	66	2405
Općina Podravska Moslavina	42	1186
Općina Viljevo	111,78	2065
Ukupno	**485,84**	**17849**



Slika 1. i 2. Površine i broj stanovnika promatranih naselja/općina

3.2. Analiza izdavanja uporabnih dozvola za određene građevine za predmetno područje

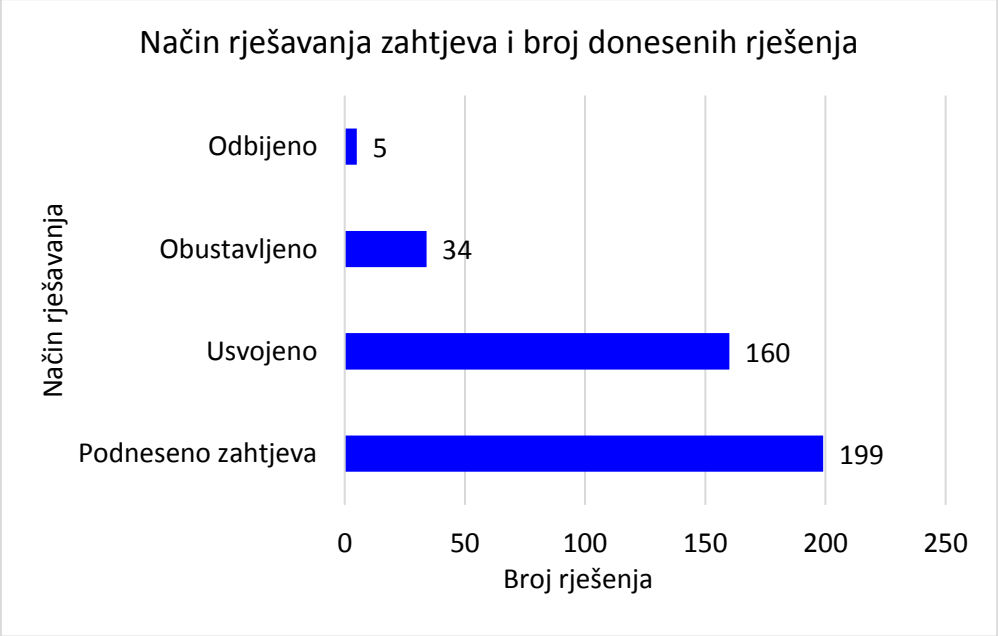
U razdoblju od 2014. godine do kraja 2018. godine riješeno je 199 zahtjeva za izdavanje uporabnih dozvola za određene građevine. Navedeno razdoblje se promatra budući da se ozakonjenje nezakonito izgrađenih zgrada počinje intenzivno odvijati tek u 2014. godini i tada se počinje koristiti sustav eDozvola u kojem se izdaju navedene uporabne dozvole. Također u 2013., 2014. i 2015. godini na promatranom području napravljena je katastarska izmjera na području katastarske općine Šljivoševci, a u 2016. i 2017. godini na području katastarske općine Kunišinci.

U promatranom razdoblju, od ukupno podnesenih 199 zahtjeva, usvojeno je 160, obustavljeno je 34, a odbijeno je 5 zahtjeva. Neriješenih zahtjeva nema. Sve navedeno je pregledno prikazano u tablici 2. i na slici 3.

Tablica 2. Podatci o načinu rješavanja zahtjeva i broju donesenih rješenja

Podatci o zahtjevima	Broj	%
Podneseno zahtjeva, od toga:	199	100,00
Usvojeno	160	80,40
Obustavljeno	34	17,09
Odbijeno	5	2,51
Neriješeno	0	0,00
Ukupno	**199**	**100,00**

Na slici 3. (grafikonu) nisu prikazani neriješeni zahtjevi, budući da istih nema jer je rok za izdavanje uporabne dozvole za određene građevine šezdeset (60) dana što u praksi još nije bilo prekoračeno.
Obično se zahtjev riješi u roku od 7 do 10 dana, računajući vrijeme od kada je stranka podnijela zahtjev, preko rješavanja upravnog postupka i sve do uredne dostave samom podnositelju zahtjeva.



Slika 3. Način rješavanja i broj donesenih rješenja

Na slici 3. je vidljiv jako mali broj odbijenih rješenja (5), dok je, razumljivo, najveći broj usvojenih rješenja (160), a obustavljenih ima 34. Obustava postupka se radi u slučaju odustajanja stranke u postupku ili u slučaju kad se iz postupanja stranke ili iz drugih okolnosti postupka može zaključiti da je stranka odustala od zahtjeva [5]. Odbijanje zahtjeva za izdavanje rješenja – uporabne dozvole se događa u slučaju da npr. građevina za koju je podnesen zahtjev za izdavanje uporabne dozvole nije izgrađena sukladno građevinskoj dozvoli.
Broj od 199 podnesenih i riješenih zahtjeva za izdavanje uporabnih dozvola za određene građevine možda se ne čini velik, i to ako se pogleda da je to za razdoblje od pet godina, ali

važno je uočiti da je u tom razdoblju aktualna primjena Zakona o postupanju s nezakonito izgrađenim zgradama i ozakonjenje nezakonito izgrađenih zgrada [13]. Navedenim zakonom se svaka završena zgrada, odnosno završeni dio zgrade za koju je doneseno rješenje o izvedenom stanju smatra zgradom za koju je izdana građevinska dozvola i uporabna dozvola [14]. Stoga, na taj način, je jako puno zgrada dobilo uporabnu dozvolu.

4. Karakteristični problemi - poteškoće u postupku izdavanja uporabnih dozvola za određene građevine

U ovom dijelu rada navest će se karakteristične poteškoće i problemi s kojima se susreću službenici koji rješavaju predmete uporabnih dozvola za određene građevine. Prikazat će se kako je to riješeno. Međutim, bitno je naglasiti kako to nije jedini mogući način za rješavanje, ali se uvijek nastojalo stranci pomoći - Načelo pomoći stranci [5] uz poštivanje svih zakonskih propisa.

Bilo je slučajeva gdje uz zahtjev za izdavanje uporabne dozvole nije priložen dokument naziva „Građevinska dozvola“, nego npr. „Rješenje o uvjetima uređenja prostora“ u kojem je trebalo iščitati i provjeriti područje u kojem je dopuštena gradnja zgrade i prema kojim uvjetima, te onda na temelju obavljanja očevida na licu mjesta utvrditi odgovara li stvarna, izgrađena zgrada uvjetima danim u navedenom dokumentu. Također, bitno je poznavati i imati propise koji su vrijedili u vrijeme kada je zgrada izgrađena, o čemu govori i članak 177., stavak 2., Zakona o gradnji, a koji glasi: „Za građevinu izgrađenu po ranijim važećim propisima u postupku izdavanja uporabne dozvole utvrđuje se je li građevina izgrađena u skladu s građevinskom dozvolom i propisima koji su važili u vrijeme kad je izdana građevinska dozvola za tu građevinu“ [2].

Drugi slučaj je kada je akt za građenje uništen ili nedostupan, a to je bilo u nekoliko slučajeva budući da je na analiziranom području bio rat, arhiva je bila uništena i premještena te se dio građevinskih dozvola izgubio ili je uništen. U svrhu utvrđivanja da je akt za građenje nedostupan ili uništen, nije dovoljno da stranka dođe sa izjavom da nema građevinsku dozvolu. U takvom slučaju bi postojao jako velik prostor za manipulacije - jer bi se automatizmom izdavale uporabne dozvole. Kada stranka podnese zahtjev za izdavanje uporabne dozvole za građevinu čiji je akt za građenje uništen ili nedostupan, tada se u arhivi provjeravaju sve građevinske dozvole koje dolaze u obzir, a prema podatcima dobivenim od stranke (stranka koja sada posjeduje kuću, je možda druga ili treća u posjedu nekretnine). U evidencijama akata za gradnju koje vode upravna tijela, traže se predmetni akti. U slučajevima kada se u arhivi ne pronađe traženi akt, stranka dobiva potvrdu da je isti ishođen (ukoliko je pronađen u evidenciji), ali je zbog ratnih uvjeta i posljedica uništen.

Jedna od teškoća u obavljanju očevida je što se građevina za koju se traži uporabna dozvola nalazi na jako neurednom terenu (visoka trava, grmlje, teško je prići građevini), a potrebno je izmjeriti sve dimenzije građevine i uslikati nekoliko fotografija svih strana.

Druga poteškoća, koja se javlja je problem izmjere zgrada čije su dimenzije velike ili nedostupne (visine krovova). Nakon mjerenja zgrade, a poradi sigurnosti u izmjerama na terenu, se sve još provjerava na dostupnim geodetskim podlogama i u katastru koji je mjerodavan za promatrano područje. Također, kod obavljanja očevida na farmama,

potrebno je koristiti zaštitnu opremu zbog vlastite zaštite, ali i zaštite životinja koje se nalaze na farmi.

Bitno je naglasiti da postoji još velik broj slučajeva gdje je bilo manjih ili većih problema i poteškoća. Također, važno je spomenuti da je bilo puno pozitivnih iskustava u radu sa strankama i da su stranke bile zahvalne kada im se pomagalo u postupku te brzo rješavale i izdavale uporabne dozvole. Sve u svemu, problemi i poteškoće koje su se javile su uvijek rješene na obostrano zadovoljstvo, i mišljenja smo da isto tako smatraju stranke koje su podnosile zahtjev za izdavanje uporabne dozvole.

5. Zaključak

Uporabna dozvola je važan i potreban dokument u puno slučajeva, a dokazuje da je građevina izgrađena prema priloženoj građevinskoj dozvoli. Uporabne dozvole za određene građevine se veoma lagano ishode, nije potrebno puno pratećih dokumenata, a i upravne prostojbe nisu velike – ukupan trošak za podnositelja zahtjeva je 670 kn. Razlozi ishođenja uporabnih dozvola od strane investitora na promatranom području, a prema podatcima koji su autori ovog rada saznali u razgovoru sa istima - u najčešćim slučajevima su bili dizanje kredita u banci, evidentiranje građevina u katastru i zemljišnoj knjizi u postupku katastarske izmjere, početak obavljanja djelatnosti u zgradi, prodaja nekretnine (sada je već normalno da kupci traže uporabnu dozvolu jer onda znaju da je zgrada postojeća - legalna), itd.

U prikazanoj analizi područja Grada Donjeg Miholjca s prigradskim naseljima i pripadajućim općinama, vidljivo je u velikoj većini slučajeva rješavanje upravnog postupka pozitivno po podnositelja zahtjeva, i to, najviše iz razloga što zainteresirane osobe dođu u Upravni odjel te se propisno informiraju o mogućnosti dobivanja uporabne dozvole i odličnom radu službenika. Što se tiče brzine rješavanja zahtjeva za izdavanje uporabne dozvole, uporabnu dozvolu za određene građevine je moguće izdati jako brzo – više puta se podnositeljima zahtjeva izlazilo ususret, pa je uporabna dozvola bila izdana isti dan kada je zahtjev podnesen. Prosječno vrijeme izdavanja iznosi oko tjedan dana, ali to, također, ovisi o suradljivosti podnositelja, i o mogućim problemima – zastojima u sustavu eDozvola pomoću kojeg se izdaje dozvola na koje se ne može utjecati.

Uporabnu dozvolu za određene građevine se preporuča ishoditi jer se ne može znati kada će nam trebati, a troškovno je povoljna i sam postupak izdavanja je brz. Namjera autora ovog rada je bila kratko informiranje čitatelja i ukazivanje na važnost ishođenja uporabne dozvole te se nadaju da su u tome uspjeli.

6. Literatura

[1] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, Uredba o tarifi upravnih pristojbi, NN 8/17, 37/17, 129/17, 18/19, Zagreb, 2017., 2019.

[2] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, Zakon o gradnji, NN 153/13, 20/17, 39/19, Zagreb, 2013., 2017., 2019.

[3] Obradović, Dino; Šperac, Marija; Međurečan, Livio; Pavošević, Marina. Postupak i svrha izdavanja Uporabne dozvole za određene građevine u sustavu eDozvola // *Zbornik radova 26. Međunarodni znanstveno-stručni skup „Organizacija i tehnologija održavanja" – OTO 2017* / Glavaš, Hrvoje (gl.ur.). (ISBN: 978-953-6032-92-1). Osijek: Fakultet

elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT), 26. svibnja 2017., str. 53-60.

[4] Središnji državni portal, E-Dozvola, https://gov.hr/moja-uprava/stanovanje-i-okolis/izgradnja-i-obnova-kuce/e-dozvola/1882 (pristupljeno 28.06.2019.)

[5] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, Zakon o općem upravnom postupku, NN 47/09, Zagreb, 2009.

[6] Upravni odjel za prostorno uređenje, graditeljstvo i zaštitu okoliša, http://www.obz.hr/index.php/opci-podaci-gradjenje, (pristupljeno 27.06.2019.)

[7] Ured državne uprave u Osječko-baranjskoj županiji, http://www.udu-obz.hr/index.php/413 (pristupljeno: 27.06.2019.)

[8] Grad Donji Miholjac, http://www.donjimiholjac.hr/polozaj-grada, (pristupljeno 26.06.2019.)

[9] Općina Magadenovac, http://www.magadenovac.hr/, (pristupljeno 02.07.2019.)

[10] Općina Marijanci, http://www.marijanci.hr/about/ (pristupljeno 05.07.2019.)

[11] Općina Podravska Moslavina, http://www.podravskamoslavina.hr/opci-podaci/ (pristupljeno 01.07.2019.)

[12] Općina Viljevo, http://www.viljevo.hr/index.php/o-nama (pristupljeno 01.07.2019.)

[13] Obradović, Dino; Teni, Mihaela; Međurečan, Livio; Matijević, Maja; Forgić, Maja. Ozakonjenje nezakonito izgrađenih zgrada – nazire li se kraj? // *Proceedings of 9th International natural gas, heat and water conference* / Raos, Pero (gl.ur.). (ISSN 1849-0638). Slavonski Brod: Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 26.- 28.09.2018., str. 253-262.

[14] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, Zakon o postupanju s nezakonito izgrađenim zgradama, NN 86/12, 143/13, 65/17, 14/19, Zagreb, 2012., 2013., 2017., 2019.

Application of AHP method in the process of evaluation of supporting structures for placing traffic signs

M. Katalinić[1], M. Karakašić[1,*] Ž. Ivandić[1], H. Glavaš[2]

[1]Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod, University of J. J. Strossmayer in Osijek, Slavonski Brod, Croatia
[2]Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology, University of J. J. Strossmayer in Osijek Osijek, Croatia
[*]Corresponding author. E-mail: mkarakas@sfsb.hr

Abstract
This paper presents the application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) method in the process of evaluating of conceptual variants at the conceptual stage. Using the requirement list and the morphological matrix, three conceptual variants of supporting structures were created for placing traffic signs. With the AHP method, the conceptual variants (alternatives) were compared. Then a set of six criteria was defined according to which the conceptual variants were evaluated. A variant with the highest weight factor, is also the chosen design solution that will be formed as a final product in the phase of detailed design.

Key words: AHP, conceptual design, morphological matrix, requirement list

1. Introduction

Design process begins by defining a design task that describes requirements, which the product must accomplish after the design process is finished [1, 2]. According to [3], design process takes place through four phases. From the point of view of this paper, the conceptual phase is covered. Before starting the conceptual phase, it is necessary to clarify the requirements relating to the design task. It is necessary to collect information on the requirements and constraints of the design solution.

At the conceptual phase, it enters with defined requirements covered by the requirement list. Requirements, according to the certain rules and methods [4, 5], are transforming in the functional requirements. Functional decomposition method defines main function and partial functions that form functional structure of the design solution [6]. By using design tools, like morphological matrix [7], QFD method [8], matrix of function and functionality [9], etc. the principles of solutions for system of partial functions are searching. Conceptual variants are generating by linking principles of solutions. Among such structured variants, it is necessary to choose one that is, according to certain criteria of the most acceptable. For choosing the most acceptable variant, different methods of decision-making are using, like Promethee method, potential method, AHP method, Morra method, Electre method, etc. During the evaluation process (decision-making), it is necessary to define a set of criteria according to which the best variants (solutions) are chosen.

Paper presents a multi-criteria evaluation process using the AHP method in the example of three conceptual variants of supporting structures for placing traffic signs. According to the requirement list, a set of functions is defined, for which the principles of solutions are found in the morphological matrix. By linking the principles of solutions, three conceptual variants of supporting structures for placing traffic signs are obtained. According to the defined set of criteria, the best variant of the supporting structure is selected.

2. Requirement list of supporting structures for placing traffic signs

In order to increase safety, roads must be marked with prescribed traffic signs. In this way, traffic participants warn of the dangers that threaten them on certain sections of the road. Traffic signs and signalization are thus placed on supporting structures (Figure 1).

Figure 1. An example of supporting structure for placing traffic signalization

Supporting structures who carrying ordinary traffic signs are differ from supporting structures that carrying variable traffic signalization. For variable traffic signalization, it is necessary to enable the implementation of electricity through the construction, to allow the supply of luminous diodes. The light traffic sign is connected to own power source 230V (50 Hz). It is therefore necessary to ensure the autonomy of the electric meter, located close to the traffic sign inside the green area. The electrodeposition cable is placed in a channel wide 400 mm and deep 800 mm.

Alternative to the inability to connect to the power grid is the use of renewable energy sources, i.e. solar power. Solar power is possible to place on the construction, traffic sign or in addition to the same construction. Traffic signs with solar power have great lightness and are better for reading. They save electricity, because of using ecologically acceptable solar power technology.

According to collected information during market analysis, a requirement list of for supporting structures for placing traffic signs is defined (Table 1).

Table 1. Requirement list for supporting structures

REQUIREMENT LIST		
Requirement (R) / Wish (W)	List of requirements and wishes	Category
R	Minimum height above roadway: 4500 mm	GEOMETRY
R	Minimum frame support length: 11500 mm	
R	Minimum console support length: 5000 mm	
R	Maximum support length: 12500 mm	
R	Maximum height of structure: 7000 mm	
R	Three digital traffic signs	
R	Dimensions of traffic signalization: 1300 x 210 x 1300 mm	
R	Supports for traffic signalization	
R	Using LED traffic signalization	
W	Solar cells support	
W	Platform for maintenance of construction	
W	Maximum load of platform is 100 kg	
W	Platform dimensions: 11500 x 600 x 1000 mm	
W	Ladder for workman transport on the platform	
R	Connecting elements with the screw connection	
R	Wind and snow resistance	FORCES
R	Traffic signalization weight	
R	Own construction weight	
W	Weight of solar panels and their supports	
W	Reduce the mass of the construction	
W	Renewable energy sources	ENERGY
W	Solar cells	
W	Power: 3330 W	
W	Total surface of solar cells: 3 m^2	
R	Material: steel	MATERIAL
R	Concrete foundation	
R	Corrosion protection	
W	Protective hoop on the platform and ladder	SAFETY
R	Easy montage / deconstruction	ASSEMBLAGE
R	Control and management of traffic signalization	MAINTENANCE
R	Easy maintenance	
R	Lens cleaning every 12 months	
R	Review of construction every 6 months	
W	Possibility of recycling	RECYCLING
W	Minimum costs	COSTS
R	Applying standard profiles	

3. Generating conceptual variants of supporting structures

Using morphological matrix (Figure 2), the transformation of the requirements into functional requirements was performed. With the process of the functional decomposition, partial functions were generated. They are necessary to solve the main function of the supporting structure for placing traffic signalization.

	MORPHOLOGICAL MATRIX			
PARTIAL FUNCTIONS	PRINCIPLES OF SOLUTION 1. Variant-▲ 2. Variant-♣ 3. Variant-●			
1. To form the construction	Bracket ♣	Frame ▲●	Pillar	
2. To use standard profiles	I profile	Square profile ♣●	Tube profile	Combination ▲
3. To attach the signalization	Bolted joint ▲♣●	Welded joint	Glue joint	Swirling joint
4. To attach design elements	Bolted joint ▲♣●	Welded joint	Glue joint	Swirling joint
5. To joint construction on the concrete	Dissociative bond ▲♣●		Firm bond	
6. To protect against corrosion	Galvanizing ●	Chroming ♣	Tinning ▲	
7. To protect the bolts from corossion	Galvanizing ●	Chroming ♣	Tinning ▲	
8. To ensure power supply	Urban electrical network ♣		Renewable energy sources ▲●	
9. Tamp the cables	Through the construction ♣		With the construction ▲●	
10. To ensure power supply from renewable energy sources	Sun (solar cell) ▲●		Wind (windmill)	
11. To set solar cell carriers	To the construction ▲●	To trafic signalization	Beside of construction	
12. To connect carriers with the construction	Bolted joint ▲●		Welded joint	
13. To enable the maintennance	Platform ▲●		Crane ♣	
14. To transport operator to the platform	Ladder ▲●		Crane ♣	
15. To protect operator when is lifting	Protective metal rim ▲●		Safety belt ♣	
16. To protect operator while moving on the platform	Protective fence ▲●		Safety belt ♣	
17. To control traffic	Wired ♣		Wirelessly ▲●	
18. To transport design elements	Truck vehicle ▲♣●		Special truck vehicle	

Figure 2. Morphological matrix of supporting structures for placing traffic signalization

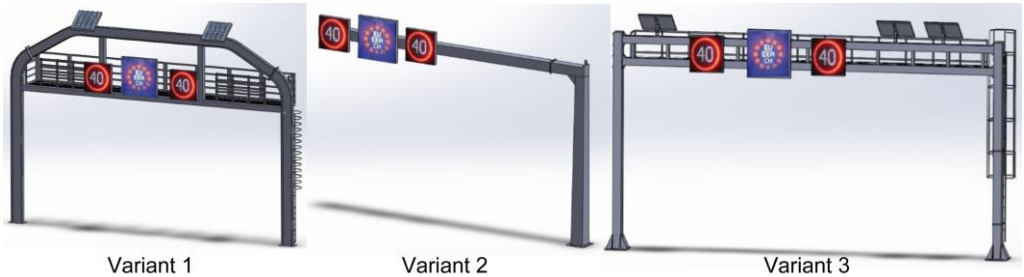


Figure 3. Conceptual variants of supporting structures

For some partial functions, the principles of the solution were found. By their connection, three variants of the bearing structure for variable traffic signalization were obtained (Figure 3). By applying multi-criteria decision making, using the AHP method, the best variant will be chosen. This variant then enters in the process of detailed design.

4. Multi-criteria evaluation of conceptual variants

4.1. AHP method

The Analytic Hierarchy Process (AHP) method is used to decide when the decision-making process, or choice of some of the available alternatives, is based on multiple attributes of varying importance. The analytical process consists of four steps. In the first step, goals, criteria, sub-criteria and alternatives (variants) are defined. The second step, using Saaty's scale, compares criteria and alternatives to each criterion. In third step are calculated the local weighting of the criteria (sub-criteria) and the priority alternatives. The fourth step involves sensitivity analysis.

4.2. Mathematical description of AHP method

If n is number of criteria whose weights w_i need to determine by estimating the value of their ratios which are marked as $a_{ij}= w_i/w_j$. The relative importance matrix has the following form:

$$\mathbf{A}=\begin{bmatrix} w_1/w_2 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

In the case of consistent estimates it is valid $a_{ij} = a_{ik}\cdot a_{kj}$. Matrix **A** then satisfies the equation $\mathbf{A}\cdot\mathbf{w}=n\cdot\mathbf{w}$, where **w** is the vector of priorities:

$$\begin{bmatrix} w_1/w_2 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix}=n\cdot\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

Problem of weight is solving by equation:

$$\mathbf{A}\cdot\mathbf{w}=\lambda\cdot\mathbf{w} \quad (3)$$

In equation (3) it must be $\lambda \neq 0$. Matrix **A** is positive, reciprocal and with rank value $r(\mathbf{A})=1$. Sum of inherent values of positive matrix is equal to the trace of the matrix, i.e. the sum on the diagonal with the value n:

$$\lambda_{max}=n \quad (4)$$

If **A** contains inconsistent estimations, vector **w** is possible to obtain by solving the following equations:

$$(\mathbf{A}-\lambda_{max})\cdot\mathbf{w}=0 \quad (5)$$

$$\sum\mathbf{w}_t=1 \quad (6)$$

Where λ_{max} is largest inherent value of **A** matrix. If we take in consideration preliminary expressions, then follows:

$$\sum_j a_{ij} \cdot w_j = n \cdot w_i \tag{7}$$

$$\sum_i a_{ij} = \frac{w_1 + w_2 + \ldots + w_n}{w_j} \tag{8}$$

Therefore it is:

$$w_j = \frac{1}{\sum_i a_{ij}} \tag{9}$$

The weight of each alternative is equal to:

$$w_j = \frac{1}{n} \sum_j \frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}} \tag{10}$$

The synthesis of priorities is done in a way that local priority of alternatives wights with the weights of all the knots to which they belong. Then global priorities for the highest level are summed and the overall priority for each alternative is constructed.
The consistency of the assessment is achieved by comparing the pair of alternatives and the criteria pairs. The consistency index is $CI = (\lambda_{max}-n) / (n-1)$. The *CI* calculates the consistency ratio $CR = CI / RI$. *RI* represents a random index (consistently index for matrixes with the *n* order, randomly generated comparisons in pairs). Determined by table (Table 2).

Table 2. Values of *RI*

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49

If for matrix **A** is $CR \leq 0{,}10$, assessments of the relative importance of the criteria (priority of alternatives) are considered as acceptable. Otherwise, it is necessary to consider the reasons why the consistency of the estimations is unacceptably high.

4.3. The best conceptual variant determination

For the choice of the best variant, a system of six criteria was defined and three conceptual variants (Figure 4). According to the criterion system, evaluation of conceptual variants (alternatives) was performed.
Also, it is necessary to determine the importance and importance of certain criteria. This is achieved by comparing the criteria and determining the factors of significance (Figure 5).
Then comparison of individual alternative with criterions has performed. With this comparison, we want to determine how much an individual alternative to each criterion is better than any other alternative (Figure 6).
After all relations between alternatives and criteria have been set, it has obtained a solution with the best alternative. That solution is a third conceptual variant (Figure 3). Its factor amount is 0,4338 (Figure 7). The second best alternative is the first conceptual variant with factor amount 0,3338. The second variant has a factor amount 0,2324 and is in third place.

The consistency ratio is 0,0406. This means that estimations of the relative importance of the criteria are acceptable.

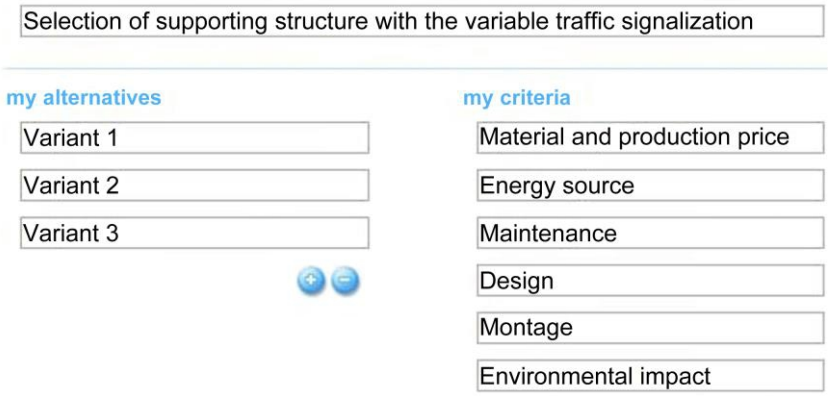


Figure 4. Determination of aim, alternative and criterion

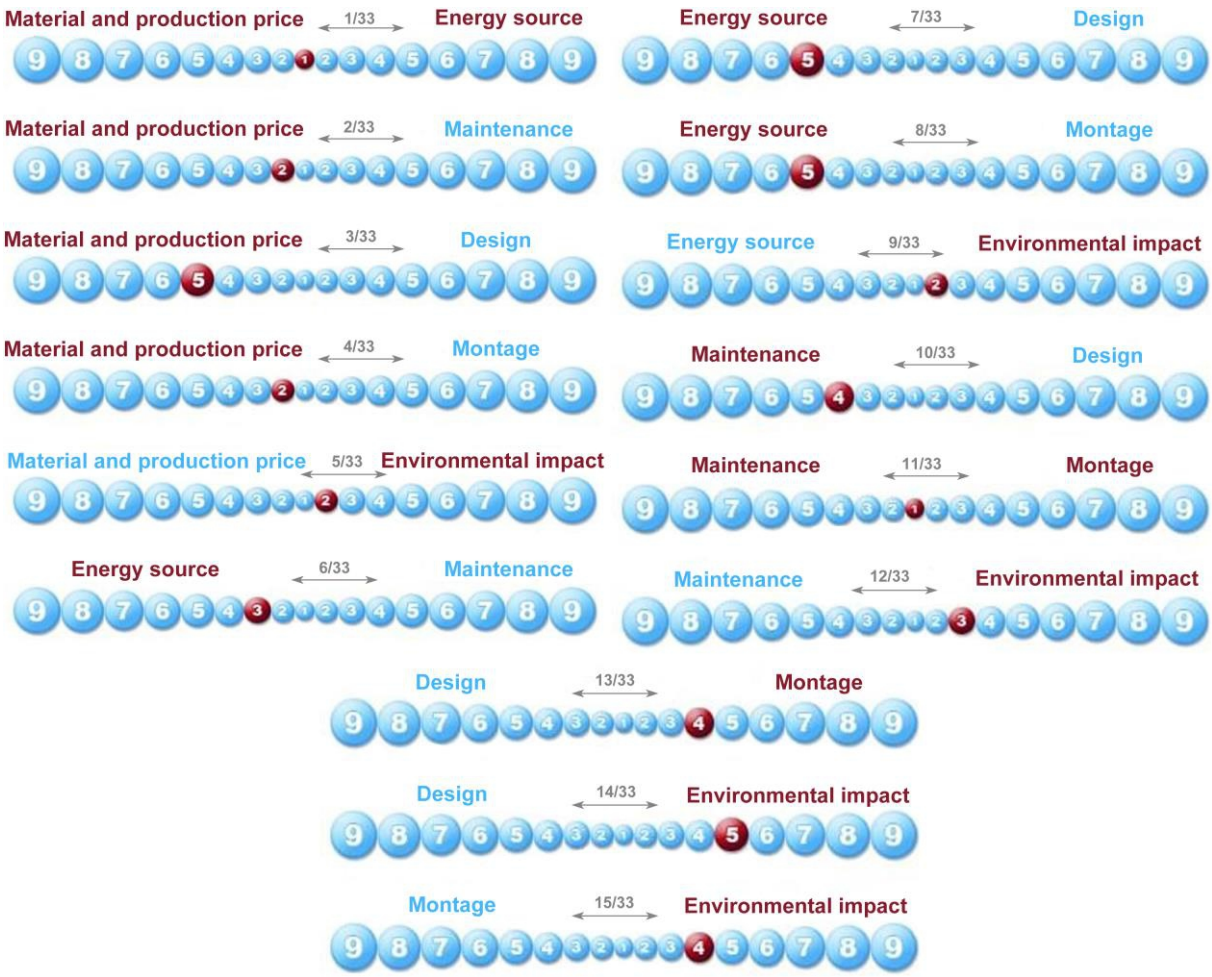


Figure 5. Mutual relations of criteria

In figure 8 is presented rank of criteria. It is possible to see the importance of a particular criterion in the decision-making process. The most influential criterion is *environmental*

impact whose factor amounts is 0,3307. The least influential criterion is *design* whose factor amounts is 0,0384.

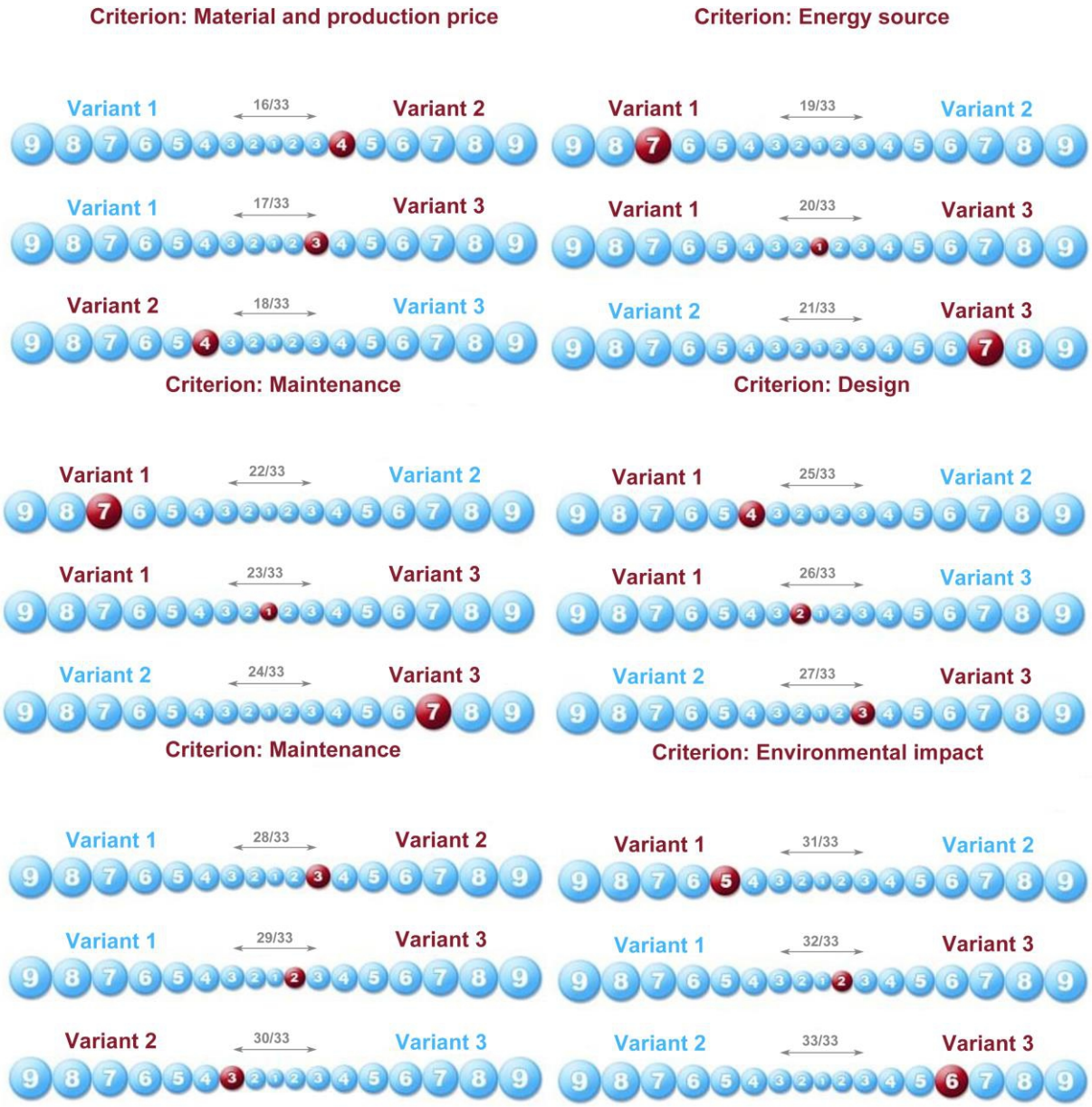


Figure 6. Relation between variants and criteria

Alternative structure	Material and production price	Energy source	Maintenance	Design	Montage	Environmental impact	Result
Variant 1	0,0213	0,1162	0,0473	0,0214	0,0144	0,1131	0,3338
Variant 2	0,1231	0,0166	0,0068	0,0047	0,0544	0,0258	0,2324
Variant 3	0,0444	0,1162	0,0473	0,0123	0,0229	0,1908	0,4338

Figure 7. Alternative structure

An overview of the final solutions of the decision-making process, using the AHP method, is shown in figure 9. It is possible to see that third alternative (conceptual variant) is the best

variant of the evaluation process. The most influential criterion is *environmental impact*. The picture also shows the impact of a particular criterion on a particular alternative.

Criteria rank	Result
Material and production price	0,1888
Energy source	0,249
Maintenance	0,1014
Design	0,0334
Montage	0,0917
Environmental impact	0,3307

Figure 8. Criteria rank

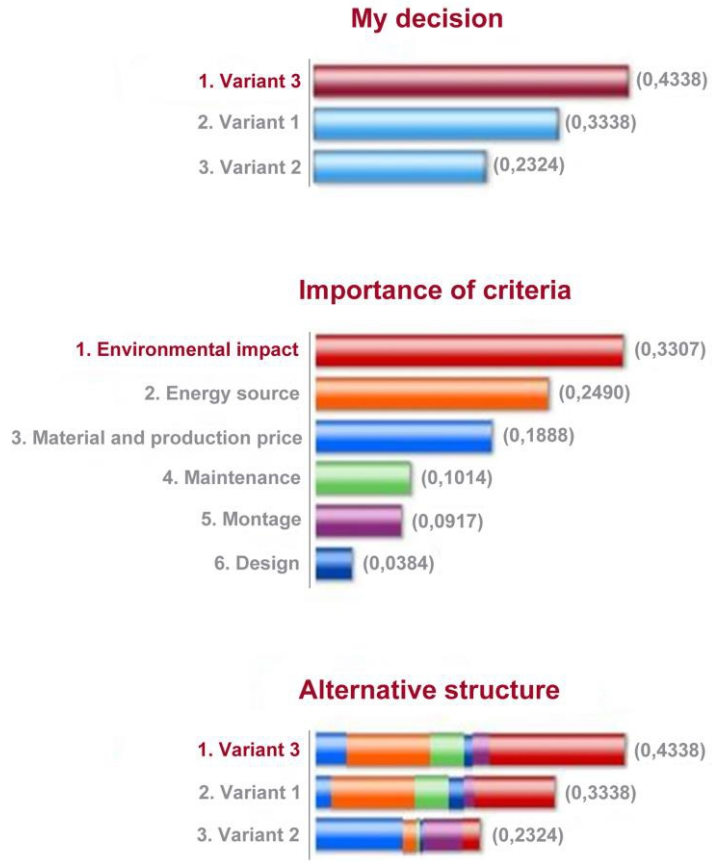


Figure 9. Results of the decision-making using the AHP method

5. Conclusion

In the paper is presented evaluation process of three conceptual variants of supporting structures for placing traffic signs. For evaluation was used Analytic Hierarchy Process (AHP) method. According to the requirement list, the functional structure is defined, which is described in the morphological matrix.

For each function, principal of the solutions are required. By linking the principle of the solutions, three conceptual variants of supporting structures for placing traffic signs have obtained.

To select the best variant (alternative), the evaluation process has begun. Numerous evaluation methods are using today like Promethee method, Electre, Morra, Potential methods, Conjunctive methods, Disjunctive methods, Topsis Vikor, AHP method, etc. In this paper we decided to apply the AHP method. The method is based on comparing pairs of alternatives with each other. The decision maker should express intensity, the weight of the preference of one alternative in relation to the other within the set of criteria. We have defined a system of six criteria and evaluated variants according to them.

It has found that the third conceptual variant has selected as the best variant of the AHP evaluation method. It is possible to expect that the system of criteria is extended with some new criteria so that the solution of the evaluation process will result in the selection of another alternative.

The currently selected variant also satisfies the requirement for power supply of traffic signalization by means of solar cells placed on the frame of the construction. Also, this variant has the ability to set variable LED traffic signs.

6. References

[1] Salopek, Damir. Sustav za prepoznavanje uzoraka pri varijantnom konstruiranju. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2002.

[2] Duhovnik, Jože; Tavčar, Jože. Elektronsko poslovanje in tehnični informacijski sistemi. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2000.

[3] Pahl, Gerhard; Beitz, Wolfgang; Feldhusen, Jörg; Grote, Karl – Heinrich. Engineering Design: A Systematic Approach. London: Springer – Verlag, 2007.

[4] Zadnik, Žiga; Karakašić, Mirko; Kljajin, Milan; Duhovnik, Jože. Function and Functionality in the Conceptual Design Process // *Strojniški vestnik*, 55(2009), 7 - 8; 455 - 471. (ISSN 0030 - 2480)

[5] Zadnik, Žiga. Matrika funkcij in funkcionalnosti izdelka v razvojno konstrukcijskem procesu. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2012.

[6] Hubka, V.; Eder, W. E. Theory of Technical Systems. Heidelberg: Springer – Verlag, 1988.

[7] Zwicky, F. The morphological method of analysis and construction. New York: Courant, Intersciences, 1948.

[8] Starbek, Marko; Kušar, Janez. QFD as a Method of Integrated Product Implementation // *Strojarstvo*, 45(2003), 4/6, 159 – 171.

[9] Karakašić, Mirko; Zadnik, Žiga; Kljajin, Milan; Duhovnik, Jože. The matrix of function and functionality in product development process // *International journal of simulation modelling,* 17(2018), 3, 391 – 404. (ISSN 1726 – 4529)

Praćenje uspješnosti postojećeg sustava održavanja *Performance monitoring of the existing maintenance system*

D. Vidaković[1,*], S. Marenjak[1], Lj. Radovanović[2], H. Glavaš[3]

[1]Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska
[2]Tehnički fakultet Mihajlo Pupin, Zrenjanin, Srbija
[3] Fakultet eletrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: dvidak@gfos.hr

Sažetak
Nakon uvođenja strategije održavanja u organizaciju (poduzeća s proizvodnim pogonima ili uslužnim djelatnostima i dr.), potrebno je pratiti uspješnost održavanja (npr. učinkovito iskorištavanje resursa, troškove održavanja, broj kvarova itd.) i performanse poslovanja na koje se direktno odražava održavanje (npr. prekidi rada, kvaliteta proizvoda itd.). U članku su definirani općeniti koraci procesa kontrole održavanja i dan je pregled mogućih pokazatelja izvedbe održavanja. Praćenjem održavanja evidentirani, ostvareni rezultati ukazuju na opravdanost ili eventualne probleme izabrane metodologije održavanja, što je temelj za određivanje daljnjeg djelovanja (promjena) i cikličnog unapređenja održavanja.

Ključne riječi: održavanje, učinkovitost, proces kontrole, benchmarking, unaprjeđenje

Abstract
After the implementation of the maintenance strategy into the organization (production facilities or service company, etc.), it is necessary to monitor the performance of maintenance (for example efficient use of resources, maintenance costs number of failures, etc.) and performance of the business which directly reflects maintenance (for example downtime, product quality, etc.). Paper describes the basic steps of the maintenance control process and presents an overview of possible performance indicators. Obtained results from the monitoring of maintenance indicate the justification of the chosen maintenance methodology or possible problems of the methodology, which is the basis for determining further action (changes) and cyclical maintenance improvements.

Key words: maintenance, efficiency, process control, benchmarking, improvement

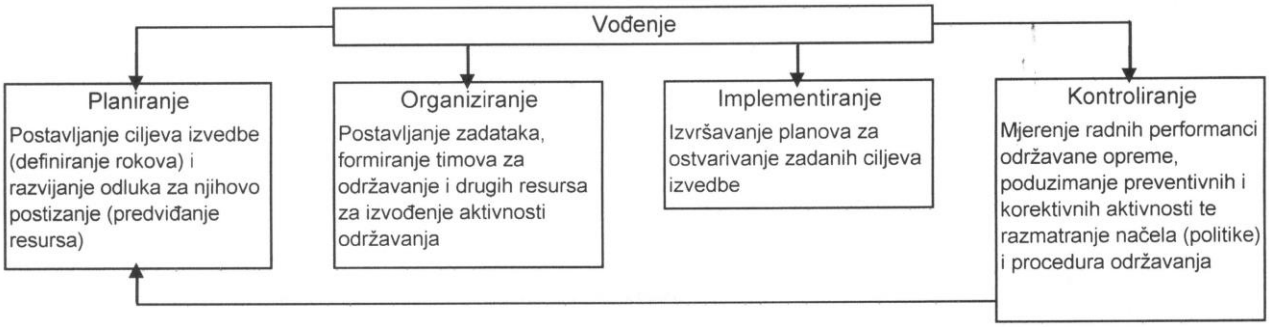
1. Uvod

Održavanje se općenito definira kao provedba mjera potrebnih da tehnički sustavi funkcioniraju, odnosno da s dovoljno sigurnosti obavljaju svoje zadatke. Ciljevi održavanja

moraju biti usklađeni s vizijom i ciljevima organizacije u kojoj se održavanje provodi (npr. razlikuju se kod elektrane, opskrbne mreže, tvorničke proizvodnje, izvođača građevinskih radova i dr.), ali redovito se odnose na raspoloživost opreme, troškove, stopu kvalitete i proizvodnje ili usluga. U pravilu, ako su učinkovitost i djelotvornost održavanja dobri, onda je više raspoloživog vremena za proizvodnju te je veća produktivnost i kvaliteta osnovne djelatnosti. Stoga, kako bi ostale konkurentne na tržištu, organizacije trebaju držati pod kontrolom kakva im je uspješnost održavanja koje prakticiraju.

Svi modeli suvremenih strategija održavanja (kao što je održavanje usmjereno na pouzdanost, tj. *Reliability centered maintenance* - RCM, održavateljski pregledi na osnovu rizika, tj. *Risk Based Inspection* - RBI, cjelokupno produktivno održavanje, tj. *Total productive maintenance* - TPM i sl.) sadrže kontrolu, odnosno monitoring i na temelju toga provođenje mjera za unapređenje sustava održavanja.

Upravljanje održavanjem obuhvaća planiranje, organiziranje, vođenje i kontroliranje aktivnosti održavanja [1], a kontroliranje se sastoji od praćenja s mjerenjem ostvarenih perfomansi, na čega se nadovezuje ocjenjivanje jesu li ciljevi ostvareni i trebaju li se poduzeti određene korektivne akcije. Na slici 1 pokazan je sadržaj i međuodnosi funkcija upravljanja održavanjem.



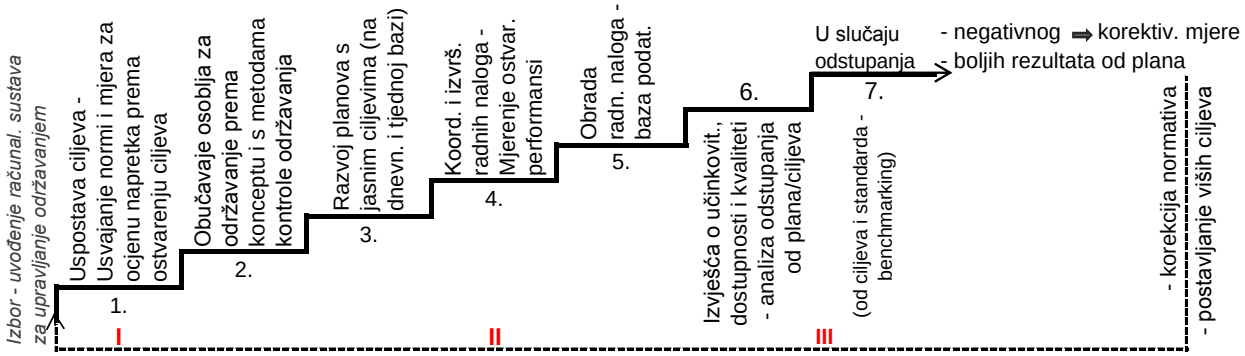
Slika 1. Funkcije sustava upravljanja održavanjem

Bez dobro izabranih formalnih mjerila, te na temelju njih određenih pokazatelja izvedbe održavanja, teško je planirati, kontrolirati i sustavno unapređivati proces održavanja. Zato sve više industrija i djelatnosti razvija svoj specifični okvir mjerenja performansi održavanja i utvrđuje pokazatelje koji su najbolji za njih, a na razini svake pojedine organizacije sustav praćenja uspješnosti održavanja treba biti usklađen s njenom strategijom.

2. Sustav održavanja i proces kontrole

Održavanje se može promatrati kao sustav (podsustav organizacije) i njegovi ulazi su radna snaga, neispravna oprema, materijali i rezervni dijelovi, alati, informacije, postupci i procedure, a izlaz je oprema koja je ispravna, pouzdana i pravilno konfigurirana za ostvarivanje planiranih radnih operacija postrojenja. Taj sustav funkcionalnim čine aktivnosti planiranja, raspoređivanja, izvršavanja i kontrole (resursa - rada, materijala, inventara i troškova) u odnosu na ciljeve sustava održavanja [2]. Upravo kontrola i povratni korak na temelju rezultata kontrole (Željene performanse $\neq$ Ostvarene performanse $\Rightarrow$ Akcija)

omogućuju unapređenje performansi sustava održavanja i održavaju ga uspješnim u promjenjivom okruženju. Na slici 2 su svi koraci procesa kontrole održavanja.



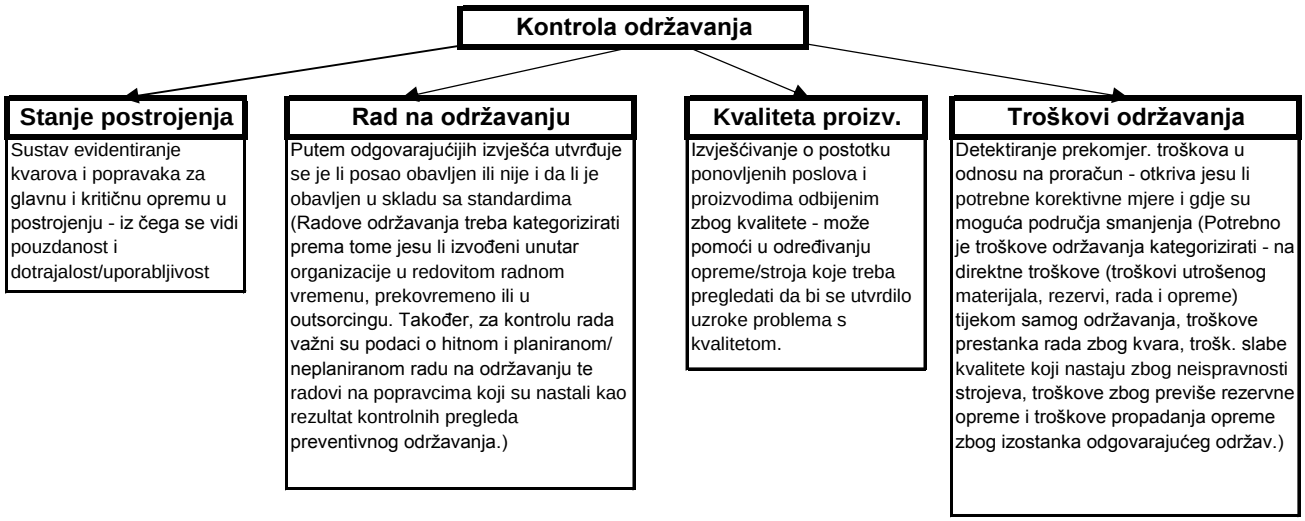
Slika 2. Koraci provedbe kontrole održavanja i I - III faza mjerenja izvedbe

Predviđanje radnog opterećenja održavanja preduvjet je za njegovu efikasnu kontrolu jer je s tim povezano planiranje radnih naloga i dinamike potrebnih resursa (radne snage/sati rada, materijala, rezervnih dijelova i alata), a neplanirano opterećenje je teško kontrolirati. (Trebalo bi biti isplanirano barem 80% radnog opterećenja održavanja [2].)
U tablici 1 pojašnjene su metode i alati koji se koriste za planiranje i kontrolu održavanja, odnosno odlučivanje o tome, a slika 3 pokazuje na što je usmjerena kontrola održavanja i putem čega se obavlja.

Tablica 1. Metode i alati upravljanja pri planiranju i kontroli održavanja

Metoda/Alat upravljanja	**Pojašnjenje - primjena**
Alati za statističku kontrolu procesa	- Pareto dijagram i ABC analiza, Ishikawa dijagram, dijagram paukova mreža, radarska karta, stupčani dijagram i dr. (Pomažu u identificiranju glavnih uzroka kvarova, sposobnosti i stabilnosti procesa, ispitivanju sposobnosti opreme, tj. strojeva itd.)
Funkcional. identificir. sustava održavanja	- dijagnostička metoda s hijerarhijskim prikazom opreme i sustava (gdje je svaka razina funkcionalan i logički razvitak prethodne) s kojom se lakše lociraju kvarovi (Primjenjuje se u složenim sustavima, kao npr. rafinerijama, zrakoplovima i sl.)
Analiza mogućih načina kvarova i njihovih posljedica	- procedura za proučavanje i identificiranje načina kvarova, uzroka njihovog nastanka i isključivanja funkcija sustava do kojeg dovode (kvarovi se rangiraju prema težini posljedica) i to u načelu prije nego ti kvarovi nastupe (Kao osnovna tehnika u inženjeringu pouzdanosti koristi se za upravljanje rizikom u raznim sektorima - npr. u proizvodnoj industriji u različitim fazama životnog ciklusa proizvoda, ali i kod pružatelja nekih usluga.)
Analiza mreže	- na modelu mreže se optimalizira (minimalizira) prekide rada postrojenja, odnosno periode gašenja (Može se koristiti npr. kod opskrbe energijom.)
Mjerenje rada (normiranje)	- metoda razvoja vremenskih normativa obavljanih poslova (uzimajući u obzir i nužno vrijeme za osobne potrebe radnika, umor i dr.) koji su neophodni za deterministično planiranje, raspoređivanje te kontrolu i programe nagrađivanja (motiviranja) djelatnika
Kontrola zaliha	- nadgledanje rezervnih dijelova i naručivanje ekonomičnih količina potrošnih materijala (na temelju prikupljenih podataka o njihovom korištenju) često je ključno i za smanjenje troškova i prekida rada (Najbolje je naručivanje prema planiranom programu održavanja.)
Analiza troškova i koristi	- detaljna financijska i ekonomska analiza troškova i koristi za ispitivanje opravdanosti ulaganja u sustav održavanja (Pri tome se kvantificiraju svi troškovi i gubici, te svi očekivani prihodi (održiva dobit) i i druge, dodatne koristi razmatranog zahvata.)
Analiza troškova životnog ciklusa	- za postizanje najnižih sveukupnih troškova gledano dugoročno, odnosno tijekom cijelog životnog vijeka opreme/strojeva (svi troškovi nabave, stavljanja u pogon, proizvodnog rada, održavanja i izlaska iz pogona sa zbrinjavanjem)

Uz navedeno u tablici 1, za upravljanje održavanjem primjenjuje se još i SWOT analiza, *Brainstorming*, model, tj. karta uravnoteženih ciljeva (*Balanced scorecard*), Trend analiza, *Six sigma* i dr. Izbor alata ovisi o specifičnostima svakog konkretnog slučaja, a u pravilu se u procesu odlučivanju primjenjuje više njih kombinirano. Nestručno korištenje ovih alata može dati netočne informacije i nekvalitetne nalaze [3].



Slika 3. Područja usmjerenja kontrole održavanja

Za kontrolu održavanje od velike je važnosti izvješćivanje i potrebno je osigurati da u sustavu svaki zahtjev, kvar i popravak budu evidentirani. Radni nalog (ili zahtjev za rad ili uslugu) je osnovni dokument, kako za planiranje, tako i za kontrolu aktivnosti održavanja. Izvršenje radnih naloga se prati i njihovom obradom prikupljaju se podaci za ocjenjivanje kvalitete rada i korištenja resursa. Oni pružaju pouzdane informacije o stvarno utrošenom radnom vremenu, troškovima rada, vremenu prekida rada te uzroku i posljedicama kvara. U izvješćima (tjedna, mjesečna) o izvedenim radovima održavanja su bitni podaci kao što su uzroci kvarova, raspoloživost pojedinog uređaja ili tehničkog sustava, pouzdanost svakog pojedinog uređaja obzirom na tip uređaja i proizvođača, sposobnost održavanja (znanje, vještine i broj osoblja u sustavu održavanja), zalihe rezervnih dijelova i uvjete iskorištavanja te pouzdanost u odnosu prema prosječnom intervalu planiranog zahvata i prosječnom radu na tom zahvatu itd. Na temelju ovakvih izvješća formiraju se datoteke o povijesti opreme/postrojenja u organizaciji. Prikupljeni podaci o stanju izvršenja rada, zaostalim radovima, dostupnosti sustava, kvaliteti obavljenog rada i dr. analiziraju se i služe prilikom odlučivanja o poduzimanju određenih korektivnih akcija za postizanje zadanih ciljeva (u duhu kaizena i TPM-a za neprekidna poboljšanja).
Kod suvremenog održavanja zahtjevi za podacima su sve veći, pa su za dokumentiranje i analizu neophodni računalni programi. Informacijski sustav za upravljanje održavanjem omogućuje pohranjivanje povijesti održavanja sve opreme te onda brz i jednostavan pristup informacijama o opremi, radnoj snazi i zadacima održavanja. Koristi se za praćenje radnih

naloga, planiranje, inventuru, izračun i zorni prikaz izmjerenih parametara izvedbe održavanja te za audite i certificiranje [4], a pruža i djelomičnu automatizaciju aktivnosti upravljanja održavanjem i efikasniju kontrolu održavanja.

3. Mjerenje izvedbe održavanja

Mjerenje izvedbe, tj. performansi održavanja je multidisciplinaran proces - od utvrđivanja višekriterijskog skupa parametara (troškova, iskorištenosti resursa, zadovoljstva kupaca, znanja/učenja i inovativnosti, zadovoljstva zaposlenika i dr.) za kvantificiranje učinkovitosti i djelotvornosti aktivnosti, preko njihovog praćenja i mjerenja, do primjene tih mjerila za predivđanje i poboljšanja održavanja. (Tri glavne faze procesa mjerenja izvedbe održavanja označene su na slici 2.)

Osnovna pitanja na koje treba odgovoriti prilikom postavljanja sustava mjerenja izvedbe održavanja su [3]: „Što mjeriti?“; „Kako mjeriti?“; „Tko treba mjeriti?“; „Kako izvještavati?“ i „Kako koristiti rezultate mjerenja?“.

Uspješnost održavanja ovisi o njegovoj učinkovitosti i djelotvornosti, pa se izvedbu održavanja treba sagledavati i kroz zadovoljenje potreba kupaca (djelotvornost) i kroz ekonomičnost, odnosno optimalnost korištenja raspoloživih resursa (učinkovitost), a i promjenjivost - stratešku svijest i sposobnost za upravljanje promjenama [5].

Performanse održavanja mjere se na razinama [6]:

- pojedinačne izvedbe,
- izvedbe cijelog sustava i
- veza između sustava mjerenja performansi i njegove okoline.

Takvo mjerenje performansi omogućuje vidljivost ostvarenja ciljeva na različitim razinama organizacije, za različite razine menadžmenta (strateški, taktički, izvršni) te se može koristiti za strateško planiranje, za nadgledanje posla, za izvještavanje uprave i kao pomoćni alat za upravljanje promjenama.

Pitanja na koja treba dati odgovor obzirom na glavne grupe problema razvoja sustava mjerenja izvedbe održavanja navedena su tablici 2.

Tablica 2. Problemi i pitanja u svezi mjerenja izvedbe održavanja (prilagođeno iz [7])

Problemi	**Pitanja koja se postavljaju**
Strateški	Kako procijeniti i odgovoriti na unutarnje i vanjske potrebe sudionika? Kako prevesti korporativan cilj i strategiju na ciljeve na poslovnoj razini (pretvoriti subjektivnu viziju u objektivne ciljeve)? Kako integrirati poslovne rezultate i ishode da bi se razvili pokazatelji uspješnosti izvedbe održavanja na korporativnoj razini, tj. pretvoriti objektivne ishode u strateške pokazatelje izvedbe održavanja i povezati ih sa strateškim ciljevima? Kako podržati inovacije i obučavanje za zaposlenike da bi organizacijska kultura bila orijentirana na unapređenje održavanja?
Organizacijski	Kako uskladiti sustav mjerenja uspješnosti izvedbe održavanja s korporativnom strategijom? Zašto je potrebno razviti pouzdan sustav mjerenja izvedbe održavanja? Što, zašto, kako i kada treba mjeriti i što treba prijavljivati, te kada, kako i kome? Kako uspostaviti odgovornost na različitim razinama? Kako poboljšati komunikaciju o problemima u svezi informacija i donošenja odluka?
Mjerenja	Kako odabrati prave pokazatelje uspješnosti održavanja za njeno mjerenje? Kako prikupiti relevantne podatke i analizirati ih? Kako koristiti izvješća o mjerenju izvedbe održavanja za preventivne odluke?

Održivosti sustava mjerenja	Kako pravilno primijeniti strategiju mjerenja izvedbe održavanja za unapređenje? Kako razviti kulturu mjerenja izvedbe održavanja unutar organizacije? Kako uspostaviti unutarnji i vanjski komunikacijski sustav koji dobro podržava mjerenje izvedbe održavanja? Kako provjeriti i izmijeniti strategiju i sustav mjerenja izvedbe održavanja u odgovarajućim periodima? Kako na različitim razinama organizacije izgraditi povjerenje u pokazatelje izvedbe održavanja i sustav njihovog mjerenja?

Nestručni i nemotivirani djelatnici uvijek su prepreka za postizanje rezultata kojima se teži. Također, ograničavajući čimbenik može biti i nerazumijevanje između uprave i službe održavanja, a što se događa kada uprava nije dovoljno upoznata s pokazateljima uspješnosti održavanja.

Da bi sustav mjerenja izvedbe održavanja funkcionirao bez poteškoća potrebno je potpuno razumjevanje procesa održavanja. Uprava mora biti svjesna značenja održavanja za poslovanje te uključena u kompletan proces, a predana potpora potrebna je s najviše razine menadžmenta. Nakon prepoznavanja potreba, postavljaju se jasni ciljevi i obavlja priprema za razvoj sustava mjerenja učinkovitosti održavanja. Treba isplanirati prikladne aktivnosti, procedure i alate za kontrolu održavanja i formirati tim (s dodjeljenim ulogama/zadacima i odgovornostima) koji uključuje sudionike na različitim razinama u organizaciji. Moraju se osigurati ljudski resursi i njihova obuka za planiranje i izvršavanje održavanja te odgovarajući sustav izvješćivanja. Mjerenja uvijek moraju biti dovoljno točna da bi se precizno odredilo značajnije razlike između onoga što je zapravo dobiveno i onoga što je prvobitno isplanirano [2] i prema tome ocjenilo uspješnost provođene strategije održavanja. Menadžeri nadležni za održavanje trebaju imati aktivan kontakt s uključenim djelatnicima (dvostrani protok informacija), prikupljati i analizirati izvješća o uspješnosti u postizanju postavljenih ciljeva i iskorištavanju resursa. Moraju biti sposobni prema tome otkriti probleme i mogućnosti za njihovo rješavanje te donositi odluke za djelovanje u smjeru poboljšanja.

Što treba uzeti u obzir kod mjerenja uspješnosti održavanja pojašnjeno je u tablici 3.

Tablica 3 Čimbenici koje treba uzeti u obzir kod mjerenja izvedbe održavanja (prema [7])

Čimbenici	**Pojašnjenje**
Vrijednost stvorena od strane održavanja	Menadžment mora znati da li je ono što se radi potrebno za poslovni proces i ako ishod održavanja ne stvara nikakve vrijednosti za posao, potrebno je restrukturiranje. U fokus se stavlja rad na pravim stvarima, obzirom na poslovne ciljeve organizacije.
Revidiranje dodjele sredstava	Mjerenje parametara izvedbe održavanja upućuje na možebitnu potrebu promjene onoga što se radi ili da se to radi učinkovitije, pa se onda sastavlja argumentirani zahtjev za potrebnim dodatnim ulaganjima.
Očuvanje zdravlja i ekološki čimbenici	Nezadovoljavajuće održavanje može dovesti do incidenata i nesreća (mogu uzrokovati ekološke probleme koji ugrožavaju zdravlje na širem području) kao i poticanja na nezdravu kulturu rada u organizaciji.
Upravljanje znanjem	Sve brži napredak tehnologije (naročito informacijske i komunikacijske tehnologiju te tehnologije za kontrolne preglede kojima se obavlja prediktivno održavanje) zahtjeva rast znanja u organizaciji.
Novi trendovi u strategijama poslovanja i održavanja	Zbog dinamičnosti okruženja treba kontinuirano provjeravati i prilagođavati strategiju poslovanja i održavanja. Za smanjenje gubitka i troškova, kao odgovor na nove uvjete, tj. zahtjeve, potrebno je što prije usvojiti novu strategiju.
Promjene u organizacijskoj strukturi	Postoji potreba za integriranjem sustava mjerenja izvedbe održavanja unutar organizacije (da bi se osigurao odgovarajući protok informacija i plaćanje (nagrada) za posao održavanja).

Sa sve bržim promjenama u poslovanju i industriji, zastarjevaju i koncepti mjerenja uspješnosti izvedbe održavanja, pa ih je potrebno uskladiti sa suvremenim zahtjevima (pristup treba biti dinamičan). Upozoravajući znakovi da je vrijeme da se razmotri izmjene sustava mjerenja izvedbe održavanja su [8]:

- Učinak je prihvatljiv u svim dimenzijama osim profita (nije postignuto povećanje profita);
- Prodaja proizvoda/usluge nije dobra ni kada su cijene konkurentne;
- Nitko ne primjećuje kada se ne izrađuju izvješća o mjerenoj izvedbi održavanja;
- U upravi se previše raspravlja o značenju mjerila izvedbe;
- Već dugo nisu mijenjane mjerila (pogotovo ako je nedavno izmijenjena poslovna strategija) itd.

4. Pokazatelji uspješnosti izvođenog održavanja

Pokazatelji izvedbe održavanja određuju se iz mjerila učinkovitosti, djelotvornosti, kvalitete, pravovremenosti, sigurnosti i dr. (Npr. iz mjerila "satnica tehničkog osoblja održavanja" i "satnica nadzornika" izračunava se pokazatelj "omjer satnica tehničkog osoblja održavanja i njihovih nadzornika", iz mjerila "postotak stavki pronađenih prilikom inventure" određuje se pokazatelj "točnost zaliha" [9] itd.) i oni brojčanom veličinom kvantificiraju uspješnost održavanja, uzimajući u obzir jedan ili više aspekata. Tako pokazuju i doprinose proizvodnji i sveukupnim poslovnim ciljevima te kroz sve to daju uvid koliko se dobro upravlja održavanjem. Ti podaci imaju primjenu u financijskim izvješćima, za praćenje uspješnosti zaposlenika i zadovoljstva kupaca, za izračun sveukupne učinkovitosti opreme, za novo planiranje i daljnju kontrolu, za ocjenjivanje mjera očuvanja zdravlja i ekoloških čimbenika te još za mnogo drugog u organizaciji. Ako su pokazatelji izvedbe održavanja dobro izabrani, na temelju njih se radi benchmarking i može se identificirati problematična područja. Oni omogućuju usporedbu postojećeg, odnosno postignutog i željenog stanja u organizaciji iz čega se vidi kolika je udaljenost do postavljenog cilja. Ako veličine pokazatelja imaju negativan trend i pokazuju da je prekoračena donja granica cilja (za prikaz se često koristi različite grafikone), tada se što prije mora nešto poduzeti.

Mjerila izvedbe za unutarnju djelotvornost orijentirana su na obavljanje stvari na pravilan način i upravljanje resursima za proizvodnju. (Mogu se mjeriti u pogledu isplativosti (troškovi održavanja po proizvedenoj jedinici), produktivnosti (radni zadaci napravljeni u jedinici vremena) itd.) Mjerila izvedbe za vanjsku djelotvornost bave se obavljanjem pravih stvari, tj. dostavljanjem usluga na način da se zadovolje zahtjevi klijenata (kvaliteta i pravovremenost) i ona imaju dugotrajan učinak na poslovanje organizacije [7].

Parametri koji pokazuju status željenih rezultata mogu se podijeliti na:

- pokazatelje procesa (nefinancijski pokazatelji kao npr. omjer planiranog rada, omjer hitnih poslova, omjer održavanja i nadzora, ponavljanje radova, točnost zaliha, omjer dostupnosti zaliha i dr. [9]) i
- posljedične pokazatelje ili pokazatelje ishoda (financijski pokazatelji koji opisuju utrošene resurse ili izvedene radnje, ali i gubitak zbog zastoja, raspoloživost opreme, održavanje od strane operatera, djelotvornost sustava prioriteta, točnost procjene poslova, promet zaliha i dr. [7 i 9]).

Prvi pokazatelji daju uvid prije promjene ili zastoja u rezultate te pokazuju što će se dogoditi u budućnosti, pa tako upravljačke strukture unaprijed upozoravaju o učinkovitosti sustava održavanja u organizaciji. Posljedični pokazatelji pokazuju kakva je učinkovitost nakon obavljenih radnji, odnosno daju povratne informacije o cilju u slučaju kada je on ostvaren ili je neostvaren [3]. Važno je da se pokazatelji odnose i na mjerenja ulaznih i na mjerenja izlaznih jedinica procesa, a dobar sustav kontrole kombinira obje grupe pokazatelja jer su oni međusobno povezani sa sredstvima i ciljevima [7].

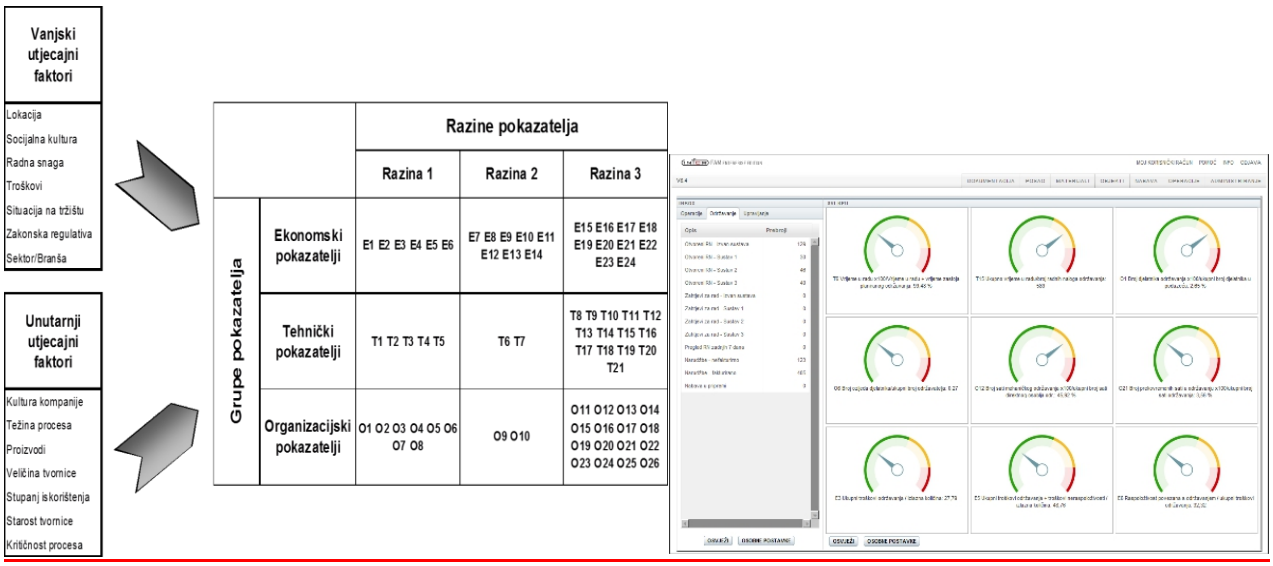
Ključne pokazatelje izvedbe (KPI) treba definirati za svaki element strateškog plana organizacije. Pretjerana usredotočenost na jedno područje mjerenja (npr. produktivnost ili kvalitetu) često dovodi do loših cjelokupnih rezultata [8]. S druge strane, fokusiranje na previše područja odjednom može dovesti do preopterećenja informacijama i otežati usmjeravanje ograničenih resursa za najvažnije, odnosno prioritetne aktivnosti [10].

Mjerila i pokazatelji trebaju biti tako definirani da pružaju korisne informacije za upravu i za djelatnike na održavanju, a da bi se to postiglo trebaju biti SMART, što znači - određeni (*specific*), mjerljivi (*measurable*), dostižni (*attainable*), realistični (*realistic*) i pravovremeni (*timely*). Za odabir prikladnih pokazatelja pomaže odgovaranje na sljedeća pitanja [7]:

- Koji su pokazatelji relevantni za poslovanje povezani s održavanjem?
- Kako su pokazatelji povezani jedni s drugima?
- Da li su pokazatelji izvedbe održavanja mjerljivi objektivno te kako oni procjenjuju učinkovitost i djelotvornost organizacije?
- Da li su pokazatelji izvedbe održavanja izazovni i da li su uopće ostvarivi?
- Da li su pokazatelji izvedbe održavanja povezivi s benchmarking procesom?
- Kako se donose odluke na temelju pokazatelja?
- Koje su moguće preventivne i popravne mjere? i
- Kada i kako se ažuriraju pokazatelji izvedbe održavanja?

Europski savez nacionalnih udruga održavatelja 2001. godine je 13 ključnih KPI-a održavanja podijelio u sljedeće grupe [3]:

- troškovi održavanja (parametri izračunati na temelju troškova održavanja, kod kojih treba uzeti u obzir količinu proizvodnje tijekom ciklusa nakon kojeg se izračunavaju),
- radni sati (pokazatelji se izračunavaju uspoređivanjem vremena utrošenog na sve aktivnosti održavanja i ukupnog broja raspoloživih radnih sati obzirom na broj zaposlenika na održavanju) i
- raspoloživost opreme (pokazatelji se izračunavaju kombiniranjem dvaju stanja s naglaskom na zahtjevano vrijeme, a različita stanja elemenata objašnjena su normom „Nazivlje u održavanju“ - HRN EN 13306:2017).



Slika 4. Grupe i razine pokazatelja uspješnosti održavanja u skladu s normom 15341 (lijevo) i analiza KPI-a s informacijskim sustavom za upravljanje održavanjem [11]

Hrvatska je usvojila europsku normu iz 2007. godine „Održavanje – Pokazatelji ključnih značajki održavanja“ (HRN EN 15341:2009) koja daje kriterije i mjerila za održavanje. Norma obrađuje ukupno 71 pokazatelj, čije jednoznačno definiranje bitno pojednostavljuje usporedbu i benchmarking. Pokazatelji su na više razina, a pokazatelji niže razine detaljnije opisuju one s više razine. Ovi pokazatelji uzimaju u obzir ne samo tehničku ispravnost i raspoloživost, već uspješnost na tri područja djelovanja, što se vidi na slici 4.
U tablici 4 su neki od važnijih pokazatelja sa sva tri područja prema europskoj i hrvatskoj normi, a navedeni su prema njihovim primarnim korisnicima.

Tablica 4 Važni pokazatelji izvedbe održavanja, grupirani prema onima kojima su namjenjeni u organizaciji (prema [12])

Korisnici / Područje	**Top menadžment**	**Menadžment održavanja**	**Tehničko osoblje održavanja**
Ekonoms. pokazatelji	Ukupni trošak održavanja / Procijenjena zamjen. vrijedn.	Ukupni trošak internog osoblja za održavanje / Ukupni trošak održavanja	Trošak obuke za održavanje / Broj djelatnika održavanja
Tehnički pokazatelji	Ostvar vrijeme prema zahtjev. / Zahtjevano vrijeme = Raspoloživo	Ukupno operativno vrijeme / Ukupno radno vrijeme + Prekidi zbog kvarova	Ukupno operativno vrijeme / Broj kvarova
Organizac. pokazatelji	Planirani radnik-sati na održavanju / Raspoloživi radnik-sati ukupnog održavanja	Produktivnost operatera održavanja radnik-sati / Ukupna produktiv. operatera održavanja radnik-sati	Radnik-sati preventivnog održav. / Ukupni radnik-sati održavanja

Osim navedenog, mogu biti i razni drugi pokazatelji uspješnosti održavanja, kao npr. iskorištenost resursa (materijala, alata i opreme, radne snage), postotak planiranog održavanja, troškovi održavanja po satu, omjer troškova održavanja i troškova proizvodnje, trošak održavanja po proizvedenoj jedinici, raspoloživost opreme, prekid rada kritične i glavne opreme, težina kvara (omjer troškova svih popravaka i broja kvarova), prosječno

vrijeme između kvarova, prosječno trajanje popravka, postotak nepredviđenih poslova na održavanju (u odnosu na ukupno vrijeme rada na održavanju) i dr [3, 7 i 13].
Svjetska klasa održavanja koristi i ključne pokazatelje aktivnosti koji reprezentiraju unapređivanje sustava održavanja, kakvi su npr. ukupan broj ciklusa obučavanja zaposlenika koji unaprjeđuju performanse, ukupan broj zaposlenih koji su prošli certificiranje i akumulirani broj Kaizen slučajeva [14] (kod TPM-a).
Pokazatelji koje treba mjeriti specifični su za svaku industriju i djelatnost, a razlikuju se i od organizacije do organizacije, gdje uvijek trebaju biti usklađeni s aktualnim poslovnim ciljevima. Primjerice, u INI karakteristike izvođenja održavanja prate se kroz sljedeće grupe KPI-a: trajanje procesa održavanja, performanse sustav-struktura-komponente (SSC), nabava, upravljanje zalihama te zdravlje, sigurnost i okoliš (HSE) i glavni [15]. Oprea i Bâra (2017) predlažu dva KPI-a specifična za elektrane - pokazatelja preventivnog gubitka (omjer između procijenjenog gubitka energije uzrokovanog planiranim prekidima i maksimalne energije koja se može proizvesti tijekom izvještajnog razdoblja, što je obično 1 godina) i pokazatelja korektivnog gubitka (omjer između procijenjenog gubitka energije uzrokovanog neplaniranim prekidima i maksimalne energije koja se može proizvesti tijekom izvještajnog razdoblja) [16].

5. Benchmarking održavanja

Za ocjenu uspješnosti održavanja u organizaciji radi se relativna usporedba referentnih podataka (niza financijskih, ljudskih i upravljačkih parametara) s onima postignutim od strane drugih. Benchmarking proces je usporedba s najboljim dijelovima organizacije ili drugim organizacijama (odabranom konkurencijom u okruženju ili s najboljima od najboljih, tzv. svjetskom klasom održavanja), a to je nemoguće bez mjerenja performansi izvedbe održavanja. Kroz benchmarking se dobivaju odgovori na temeljna pitanja o vlastitoj organizaciji - gdje je sada (aktualna pozicija u odnosu na druge), u čemu je loša, odnosno nezadovoljavajuća, gdje želi da bude, od koga želi da uči (na koga da se ugleda) i kako može da se poboljša [3 i 17]. To pruža organizaciji priliku i daje poticaj da se identificiraju prednosti i mogućnosti za poboljšanja na raznim područjima upravljanja održavanjem (planiranje, raspoređivanje, vođenje, ljudski resursi, upravljanje materijalima i ugovaranje održavanja i dr.) i postavi temelje za sveobuhvatno unaprjeđenje održavanja. Ključna pitanja i mogućnosti unapređenja identificiraju se kroz financijsku stranu, koja pokazuje izravnu korist koju organizacija može steći postizanjem izvrsnosti održavanja [10].
Kod usporedbe odjela unutar organizacije (interna razina) podaci su lako dostupni i dobro usporedivi, ali nedostaju vanjska mjerila, pa najčešće omogućuje samo manje korake napretka. Usporedba s konkurencijom u okruženju može otkriti razloge za razlike u izvedbi, ali postoje teškoće u dobivanju podataka o konkurenciji i to iziskuje puno vremena. Usporedba s najboljima u klasi obično pokazuje velike razlike u izvedbi i potiče ideje o velikim koracima (“skokovima“) za napredak, ali nerijetko može postojati problem s otežanom usporedivošću [18].
Najuspješnije i najambicioznije organizacije imaju ultimativni fokus na postizanju benchmarking indeksa izvedbe svjetske klase održavanja (neke veličine su specifične, ovise

o kontekstu), kao što su: planirani radovi na održavanju – 90%, angažiranje prema planu – 70%, točnost zaliha – 99%, postotak radnih naloga koji zahtjevaju doradu (zbog dodatnog planiranja) unutar prošlih mjesec dana < 2 - 3%, raspoloživost opreme > 95%, sveukupna učinkovitost opreme – 85%, radna disciplina > 90%, troškovi održavanja kao postotak ukupne prodaje – 3 - 8%, troškovi održavanja u odnosu na troškove proizvodnje < 10 - 15%, troškovi održavanja kao postotak procijenjene zamjenske vrijednosti (postrojenja ili opreme) – 2 - 3%, vrijeme prekovremenog rada održavanja < 6%, ponovljeni rad (postotak radnih naloga koji se moraju ponovo provoditi) < 3%, reklamacije na održavanje – 3% (ciljano 0%), stopa kvalitete – 99%, omjer satnica tehničara (stručnog osoblja) i nadzornika na održavanju – 15 : 1, postotak radnih naloga u kojima je provedena analiza osnovnih uzroka kvara – 60 - 70% [3, 9 i 10] i dr. Pored ovoga, za ocjenu uspješnosti održavanja još se npr. gleda i na to da: ne smije biti više od 25% neplaniranih troškova, dnevno raspoloživi kapaciteti su 100%, obrt zaliha rezervnih dijelova je 3,0 - 3,5, postotak traženih zahtjeva za rezervne dijelove prema trenutno zadovoljenim je 97%, omjer preventivnog i prediktivnog održavanja (s prognostičkim ispitivanjima i pregledima) i rada na reaktivnom održavanju je 70% : 30%, sva oprema je pokrivena prognostičkim ispitivanjem i pregledima i preventivne aktivnosti održavanja se izvršavaju 100%, baza tehničkih podataka je 95% ažurna i točna, postoji algoritam za određivanje prioriteta aktivnosti, postoji posebna organizacijska cjelina koja se bavi s strategijom održavanja (RCM-om, TPM-om), metodama analize rizika, optimalizacijom i drugim naprednim metodama i koja je direktno odgovorna glavnom menadžeru [3, 13, 17, 19 i 20]. Navedeni pokazatelji ocjenjuju se na skali od 1 do 10 i u tvrtkama na Zapadu prosječna ocjena je između 4 i 5, a rijetke imaju ocjenu 7 [20].

6. Zaključak

Kvaliteta proizvoda i usluga svake organizacije uvelike ovise o tome koliko je postojeće održavanje učinkovito i djelotvorno, pa mu treba posvetiti odgovarajuću pozornost. Kontrola je integralni dio upravljanja održavanjem i dobro postavljen sustav kontrole (poglavito resursa, odnosno ulaza sustava održavanja) pomaže pri uočavanju problema, kao i u iznalaženju njihovih rješenja, s kojima se postiže bolja iskorištenost resursa, veća pouzdanost opreme itd.

Za planiranje, kontrolu i poboljšanje aktivnosti održavanja mjere se performanse provođenog održavanja. Uspješna primjena mjerila izvedbe održavanja iziskuje da ona budu transparentna i razumljiva menadžmentu i svim uključenim u održavanje te da budu dobro izbalansirana i fokusirana obzirom na njihovo značenje i potrebe za primjenom. Pokazatelji izvedbe i s njima povezan benchmarking pomažu u postavljanju ciljeva i procjeni jesu li oni ispunjeni ili ne. Također, prema pokazateljima se identificira gdje su poboljšanja najpotrebnija, obzirom da su takvi problemi složeni i specifični (veliki i složeni tehnički sustavi imaju stohastičko ponašanje [17]) te se ne mogu rješavati rutinski.

Potrebno je kontinuirano prilagođavanje napretku tehnologije i dobroj praksi održavanja, a to zahtjeva cjeloživotno učenje menadžmenta i svih stručnih djelatnika na održavanju. Djelotvorna kontrola treba postati dio organizacijske kulture, koja sve uključene potiče na zalaganje i odgovornost za svoja ostvarenja na radu. Stoga je posebno važno izbjeći

demotivrajuće čimbenike kao što su neodovoljna obučenost i nezainteresiranost djelatnika te ugroženost zdravlja na poslu.

7. Literatura

[1] Schermerhorn, John R. Management. New York: John Wiley, (9. izd.) 2007. (ISBN 978-0470078358)
[2] Duffuaa, O. Salih; Haroun, E. Ahmed. Maintenance Control (Poglavlje u knjizi Handbook of Maintenance Management and Engineering). London/New York: Springer, 2009. s. 93-112. (ISBN 978-1-84882-471-3)
[3] Frković, Drago i dr. Održavanje i gospodarenje imovinom (ESUO Priručnik). Zagreb: Hrvatsko društvo održavatelja, 2016. (ISBN 978-953-55219-4-5)
[4] Lemeš, Samir. IT kao podrška održavanju održavanja, Materijali izlaganja na seminaru Računarski sistemi za potporu procesima održavanja – CMMS. Zenica: Društvo održavalaca u BiH, Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici, Ekoenerg Zagreb, 2014, https://www.odrzavanje.unze.ba/do/index.php (Pristup 10.07.2019.)
[5] Andersen, Bjørn; Fagerhaug, Tom. Performance measurement of Logistic processes, 2007. http://www.prestasjonsledelse.net/publikasjoner/Performance%20measurement%20of%20logistics%20processes.pdf (Pristup 16.04.2011)
[6] Neely, D. Andy; Gregory, Mike; Platts, Ken. Performance Measurement System Design – A Literature Review and Research Agenda // *International Journal of Operations and Production Management* 15(1995), 4; 80-116. (ISSN 0144-3577)
[7] Parida, Aditya; Kumar, Uday. Salih. Maintenance Productivity and Performance Measurement (Poglavlje u knjizi Handbook of Maintenance Management and Engineering). London/New York: Springer, 2009. s. 17-41. (ISBN 978-1-84882-471-3)
[8] Niven, Paul R. Balanced scorecard korak po korak. Zagreb: Poslovni dnevnik Masmedia, 2008. (ISBN 978-953-157-503-4)
[9] Franlund, Jan. The support seminar for maintenance management trening. Zagreb: Hrvatsko društvo održavatelja, 2012.
[10] Ahuja, P. S. Total Productive Maintenance (Poglavlje u knjizi Handbook of Maintenance Management and Engineering). London/New York: Springer, 2009. s. 417-458. (ISBN 978-1-84882-471-3)
[11] Lisjak, Dragutin. Informacijski sistemi održavanja, Materijali izlaganja na seminaru Računarski sistemi za potporu procesima održavanja – CMMS. Zenica: Društvo održavalaca u BiH, Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici, Ekoenerg Zagreb, 2014, https://www.odrzavanje.unze.ba/do/index.php (Pristup 10.07.2019.)
[12] The Train-In-Main project team. Training material in maintenance management - Handbook. European Commission i State Scholarships Foundation of Greece, 2009.
[13] Hoseinie, Seyed Hadi; Kumar, Uday; Ghodrati, Behzad. Reliability Centered Mantenance (RCM) for Automated Mining Machinery. Project report, Lulea University of Technology, Division of Operation and Maintenace Engineering, 2016.

[14] Murata, Koichi; Katayam Hiroshi. An evaluation of factory performance utilized KPI/KAI with data envelopment analysis // *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 52 (2009), 2; 204-220. (ISSN 0453-4514)

[15] Trupčević, Josip; Ličko, Damir; Brajković, Melita. Određivanje prioriteta izvođenja radova temeljem rizika (RBWS) // *Održavanje i eksploatacija*, 03(2016); 6-8.

[16] Oprea, Simona, Vasilica; Bâra, Adela. Key Technical Performance Indicators for Power Plants. INTECH, 2017., https://www.intechopen.com/books/recent-improvements-of-power-plants-management-and-technology/key-technical-performance-indicators-for-power-plants (Pristup 25.08.2019.)

[17] Papić, Ljubiša; Milovanović, Zdravko. Održavanje i pouzdanost tehničkih sistema. Prijevor: Istraživački centar za upravljanje kvalitetom i pouzdanošću – DQM, 2007. (ISBN 978-86-86355-03-4)

[18] Asaye Adale, Mulugeta. Evaluation of maintenance management through benchmarking in geothermal power plants, Geothermal Trainning Programme, Reports No. 3. Reykjavik: United Nations University, 2009.

[19] Tomas, Vinko; Šegulja, Ivica; Čišić, Dragan. Mogućnosti i problemi primjene suvremenih strategija održavanja u pomorstvu // *Pomorstvo - Scientific Journal of Maritime Research*, 19(2005); 29-41. (ISSN 1332-0718)

[20] Idhammar, Christier. What constitutes world-class reliability and maintenance. Idcon Inc, www.idcon.com/resource-library/articles/best-practices/571-world-class-1.html, (Pristup 15.07.2019.)

Metalurgija – Oblikovanje metala deformiranjem
Metallurgy – Metal forming

B. Grizelj[1,*], S. Resković[2], I. Samardžic[1], D. Marić[1]

[1]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska
[2]Metarulški fakultet u Sisku, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: bgrizelj@sfsb.hr

Abstract
The application of metal-forming processes presupposes certain material properties. Under an acting stress caused by external forces, the material must deform like plastic without undergoing a loss in cohesion.
Among the materials having plastic properties, metals occupy the most important position in production engineering. The plastic behavior of metals can be observed in tensile tests. In the tensile test the sample is slowly and continuously extended until it finally breaks. Thereby force is plotted versus extension.

Key words: metal forming, metallurgy, Nb.

1. Introduction
It is usual in testing of materials to define stress as the acting force *F* per initial cross section S_0

$$\sigma = \frac{F}{S_0} . \tag{1}$$

Correspondingly, strain is defined as the extension $\Delta L = L - L_0$ divided by initial length

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \tag{2}$$

The stress σ versus strain ε gives the stress-strain diagram, as shown in figure 1, [1-5]

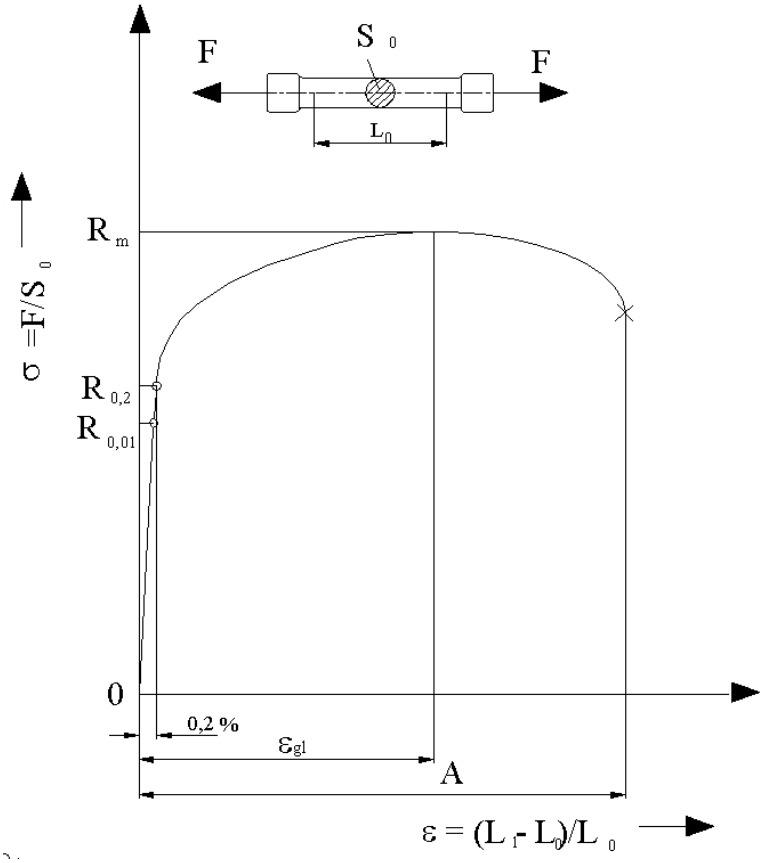


Figure 1. Schematic stress-strain curve of a metal without upper yield stress in tensile test

There are two regions of different behavior of materials.

Elastic range. By definition no permanent deformations are achieved in the elastic range. For metallic materials there is a linear relationship between stress and strain:

$$\sigma = E\varepsilon \text{ (Hooke's low)} \tag{3}$$

The modulus of elasticity *E* determines the behavior of a material under normal stresses. The elastic range is limited by the elastic limit σ_E (figure 2).

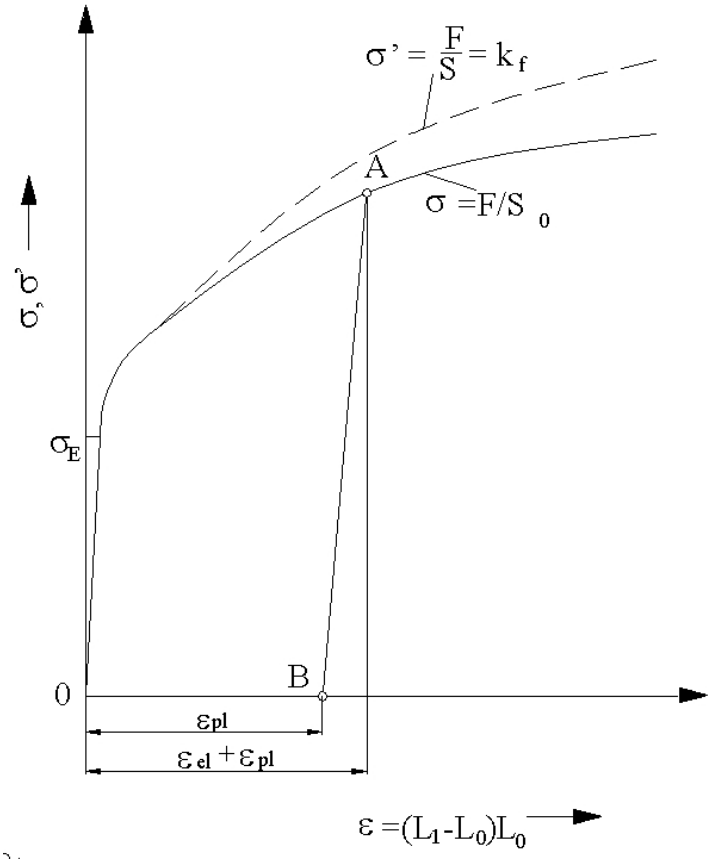


Figure 2. First part of the stress-strain

Elastoplastic range. If the test piece is subjected to stress beyond its elastic limit, the material begins to „flow"like plastic. The sample shows permanent non-proportional elongation even after stress is removed. The term proof stress was introduced as a measure of the plastic range. Proof stress gives the magnitude of force per initial cross section by which a given permanent non-proportional elongation is obtained Technically the 0,01 proof stress $R_{p0,01}$ (non-proportional elongation of 0,01%), which is also called technical elastic limit, together with the 0,2 proof stress $R_{p\,0,2}$ (non-proportional elongation of 0,2%) are important (figure1).

For some metallic materials there appears an unsteadiness at the beginning of plastic flow (figure 3).

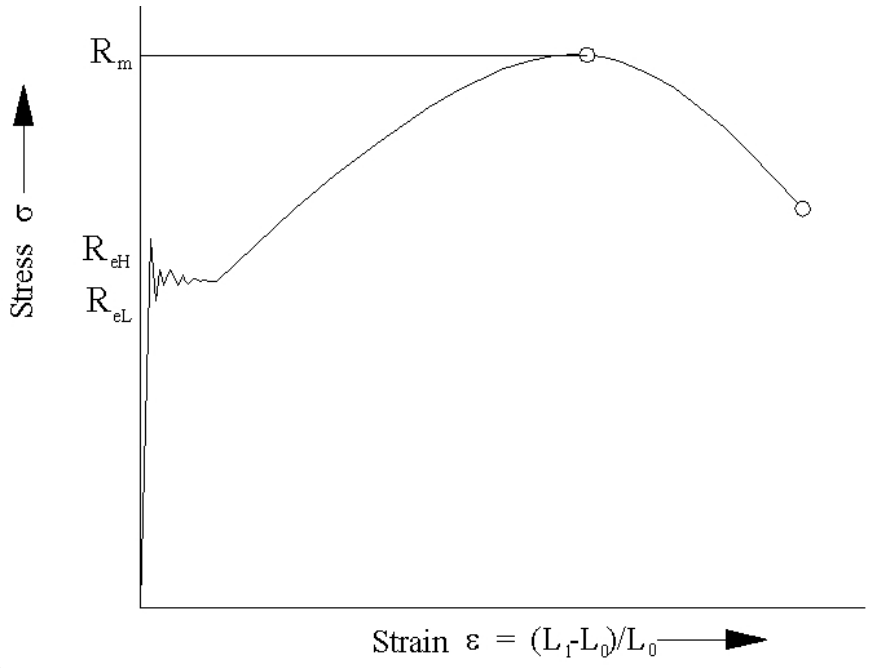


Figure 3. Stress-strain curve of metal with sharp yield point

In this case it is possible to determine a (natural) yield point. For materials with steady force-elongation curves, the 0,2 proof stress is considered to be the yield point.

Beyond the elastic limit, the total extension under stress is given by the sum of the elastic elongating ε_{el} and the plastic elongation ε_{pl}. After release of stress, the plastic elongation ε_{pl} remains. Fig. 2 illustrates this relationship for load applied from *0* to *A* and the subsequent for load from *A* to *B.*

Metal-forming processes take place in the elastoplastic range. In addition to required permanent deformations there also appears the elastic recovery. Though elastic deformations normally are rather small, their effects must be taken into consideration (e.g., recovery in bending).

In order to achieve true stresses in the longitudinal direction, the force *F* must be divided by the instantaneous cross section *A*

$$\sigma' = \frac{F}{S} \,. \tag{4}$$

For comparison, the stress $\sigma' = f(\varepsilon)$ is plotted in figure 3. In tensile tests in the range of uniform extension ε_{gl} that is, before necking, there is a uniaxial stress state. In this range the stress $\sigma' = F/S$ in the plastic range corresponds to the yield stress k_f. The stress $\sigma' = F/S$ increases until fracture. With increasing elongation, the stress required for further deformation also increases the material hardness.

The above described behavior of a metal is based upon atomistic processes in the structure. These processes are examined by methods of metal-physics and metallurgy. It is possible,

starting from elementary processes, to interpret the observed macroscopic phenomena and to calculate certain characteristic properties.

Figure 5 shows the arrangement of atoms of the cells of those types of crystalline lattices.

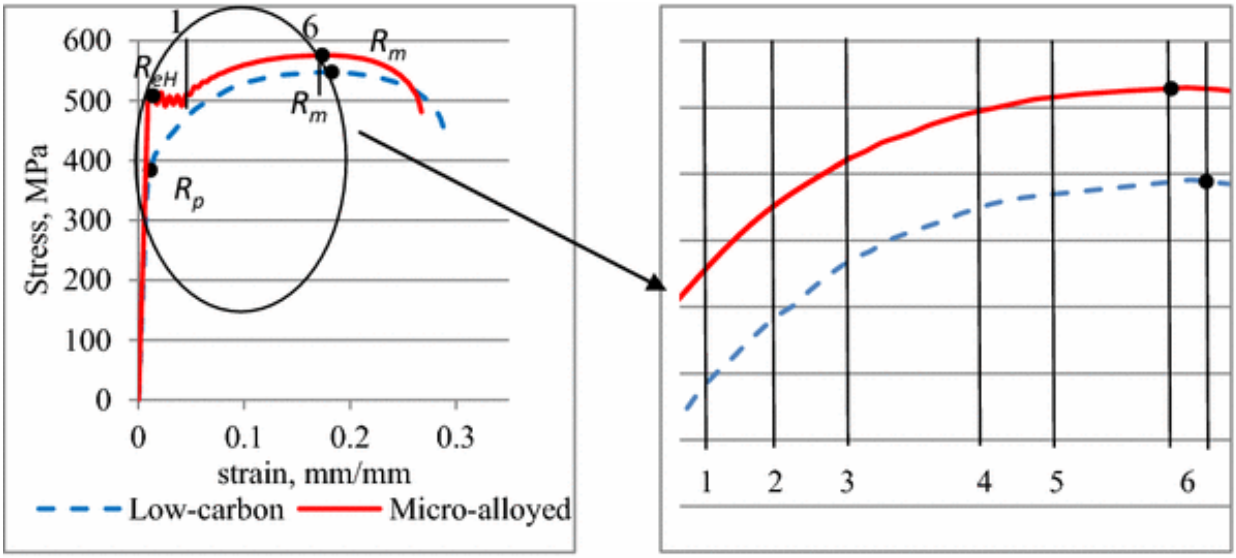


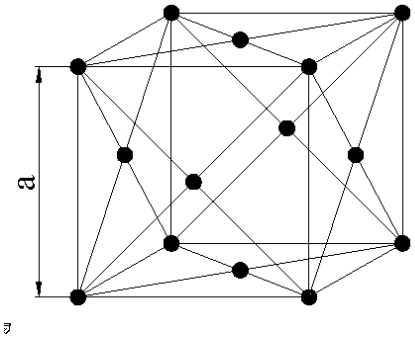
Figure 4. The difference between R_e and R_p

2. Cristal structure and texure of metals

Pure metals are chemical elements which are technically used only in special cases (e.g., in electrical engineering, pure copper is used as a conductive material). Most metallic materials are alloys of two or more metals. The mechanical properties can be altered through alloying.

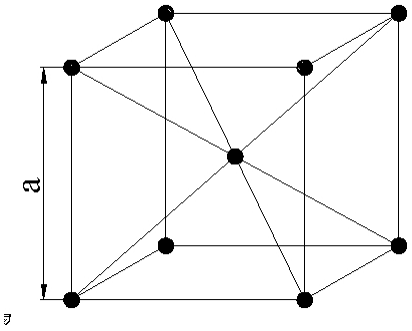
A metal consists of a large number of single grains which are separated by grain boundaries. The grains have a crystalline structure and are called crystallites. Depending on pretreatment and composition, the grain size can vary in broad ranges (approximately from 10^{-4} mm to 10 mm (4.10^{-6} to 04 in]). The orientation of grains, including grain boundaries and structural defects is termed texture.

In a crystal the atoms are arranged in such a manner that their distances are repeated periodically in all directions. This regular atomic arrangement is called crystal lattice. The atomic arrangement of each crystal lattice can be described by the concept of an elementary cell figure 5.



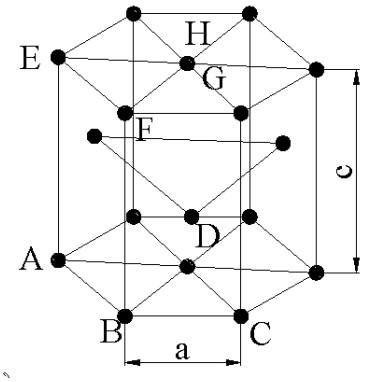
a

γ -Fe: $a \approx 3{,}54 \cdot 10^{-10}$ m



b

α -Fe: $a \approx 2{,}87 \cdot 10^{-10}$ m



c

Mg: $a \approx 3{,}2 \cdot 10^{-10}$ m

$c \approx 5{,}2 \cdot 10^{-10}$ m

Figure 5. Elementary cells of important crystal systems

The atoms are in equilibrium at their lattice positions due to forces of attraction and repulsion caused by electrons and nuclei. Crystal structures can be investigated by x-ray diffraction. For technically important metals and alloys the three most common crystal structures are:

a- Body - centered cubic lattice
b- Face - centered cubic lattice
c- Hexagonal lattice.

3. Upper and lower yield points, strain aging and blue brittleness

A peculiarity of various alloys, particularly of those with interstitial solid solution, is the occurrence of a sharp yield point during the tensile test figure 3.
Plastic deformation takes place if the stress exceeds the upper yield point R_{eH}, from which it drops to the lower yield point R_{eL}. The stress only rises again when the strain is further increased by up to several percentage points figure 3. Usually the upper yield point is determined by tensile tests. Yield-point values which are given in material standards refer to the upper yield point.
After reaching the upper yield point, the deformation in the tensile test specimen does not occur homogeneously, but rather in the form of narrow bands which spread over the specimen. These are called Lüderi lines. They can be seen clearly on the polished surfaces of the test specimen. During the sheet-metal-forming processes the inhomogeneous deformation within the yield-point zone can lead to rough surfaces, especially in deep-drawing components which become unsuitable for usage. Examples of metals with sharp yield points are steels with low carbon concentrations and aluminum-magnesium alloys.
A theoretical explanation of the sharp yield point has been put forward by Cottrell. Atoms which lie on interstitials (e.g., carbon and nitrogen in most body-centered cubic metals) cause lattice expansion. For energetic reasons they tend to occupy preferential positions, for example, in tensile stress regions of step dislocations figure 6.

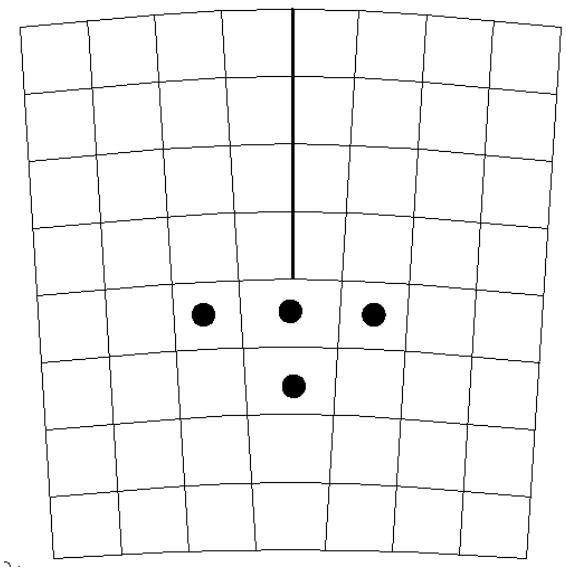


Figure 6. Interstitials of detached atoms near a step dislocation

This leads to a lower lattice distortion and therefore denotes a state of lower energy compared to the arrangement on undisturbed interstitial positions.
As a result of their stress fields, interstitial atoms hinder the movement of dislocations. Consequently the yield point increases up to R_{eH}. As soon as the dislocations detach

the selves from the so-called "Cottrell-cloud" range, the stress required for further movement drops down to the lower yield point R_e figure 3.
An increase of the yield point occurs during age hardening of deformed steels. This process is termed strain aging. According to Cottrell, it can be explained by the fact that the carbon and nitrogen atoms move within the crystal because of diffusion, even at room temperature. Increased dislocation densities due to metal forming can accelerate the movement of carbon and nitrogen atoms toward the dislocations. The dislocations are blocked anew, and the yield point rises. Figure 7. illustrates the course of stepped tensile tests. Here curve II indicates the course during faster reloading and curve III during loading after aging has taken place.

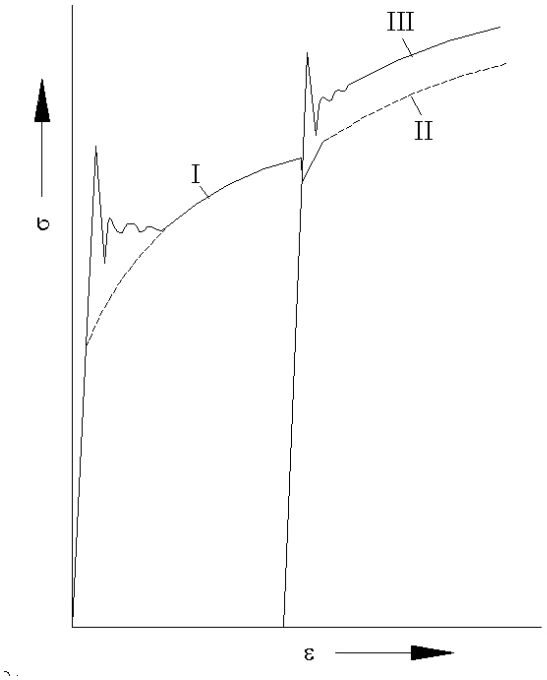


Figure 7. Effect of age hardening on result of interrupted tensile test. Curve III obtained after age hardening

Apart from the increase in yield point mentioned above, the aging of steels also causes embrittlement. The elongation values are reduced and the ductile-brittle transition temperature of notch toughness rises. In the case of components under load, this effect must be considered carefully.
The rate of diffusion rises with increasing temperature. In Cottrell's view there should be a temperature range where the rate of diffusion of carbon and nitrogen atoms matches the rate the dislocation movement. In this temperature range we encounter a higher yield stress since the dragged atoms hinder dislocation movement considerably. In fact, steels with low carbon content show an increase in yield stress of between about 400 and 750 K [1-5]. Due to a simultaneous drop of the elongation values, this process is also called blue brittleness.

4. Influence Nb [6]

Two molten steel samples were poured for testing. The first one sample was with 0.046% Nb and second with 0.053% Nb. The chemical composition of steel samples are shown in Table 1.

Table 1. Chemical composition of steel (wt. %)

Steel	C	Mn	Si	S	P	Nb	N
1	0.12	0.81	0.12	0.016	0.011	0.046	0.0080
2	0.14	0.82	0.13	0.015	0.011	0.053	0.0081

The 370x3 mm hot-rolled strip was rolled out from both grades of steel. Precision welded tubes with dimensions 57x3 mm were hot rolled out from strips with 0.046% Nb and 0.053% Nb. From primary dimensions 57x3 mm, two new dimensions (43x3 mm and 50x3 mm) of both steels were obtained during cold drawing (without mandrel). During cold drawing, the reduction degrees of cross section are calculated and shown in Table 2.

Table 2. Reduction degree of the tube cross section

Steel quality	Primary dimension of tube / mm	Final dimension of tube / mm	Reduction degree of tube cross section / %
0.046% Nb	57x3,00	43x3.0	4.707
		50x3.0	8.704
0.053% Nb	57x3,00	43x3.0	4.707
		50x3.0	8.704

4.1.Results and discussion

Calculation $F_{Calculated}$:

$$F_{Calculated} = \frac{{\sigma_E}^2}{{\sigma_0}^2} \quad (5)$$

a) Influence of Nb (A)

$$F_{Calculated} = \frac{{\sigma_E}^2}{{\sigma_0}^2} = \frac{0.05}{0.03} = 1.67$$

b) Influence of tube diameter (B)

$$F_{Calculated} = \frac{{\sigma_E}^2}{{\sigma_0}^2} = \frac{1.18}{0.03} = 39.33$$

c) Influence of interaction (BC)

$$F_{Calculated} = \frac{{\sigma_E}^2}{{\sigma_0}^2} = \frac{0.08}{0.03} = 2.67$$

The analysis showed that the greatest influence has the deformation degree on the amount of proportionality limit.

5. Conclusion

The conducted research has clearly shown that the greatest influence has deformation degree on the proportionality limit during cold drawing of niobium microalloyed steel tubes. Therefore, deformation degree must be taken into account, especially in the first pass of tube.

After deformation degree, the welded joint mostly affects the proportionality limit. If prior to cold drawing the so-called "zero annealing of tube" is carried out the difference in the material behavior on welded joint and on the basic material is almost completely lost.

This research has shown that the least influence has the content of micro-alloying element niobium. It is expected because the niobium content has a greater influence during hot deformation.

In further research, it is necessary to research in detail the influence of tube annealing before cold drawing and the influence of annealing between individual passes.

6. References

[1] Lange, Kurt. Lehrebuch der Umformtechnik Bd 1-3 Berlin /Heidelberg/New York: Spring-Verlag, 1972-1975.
[2] Lange, Kurt. Handbook of metal forming McGraw-Hill, 1985.
[3] Lange, Kurt. Lehrebuch der Umformtechnik Bd 1-4 Berlin /Heidelberg/New York: Spring-Verlag, 1988-1993.
[4] Grizelj, Branko. Oblikovanje metala deformiranjem Slavonski Brod Strojarski fakultet, 2002.
[5] Grizelj, Branko. Oblikovanje metala deformiranjem, Umformtechnik, Metalforming, Slavonski Brod Strojarski fakultet, 2018.
[6] Rešković, Stoja; Grizelj, Branko; Brlić, Tin; Balenović, Marijan; Jandrić, Ivo. Aplication of factorial experiment with repeated measuperments in research on the properties of niobium macroalloyed cold-drawn welded steel tubes (neobjavljeni rad).

Suvremene tehnologije razvrstavanja otpada
Modern technologies for waste sorting

V. Kaučić[1], G. Rozing[1,*], A. Katić[1]

[1]Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija,
Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: goran.rozing@ferit.hr

Sažetak
Osnovna zadaća u održivom procesu gospodarenja otpadom i ponovnoj iskoristivosti materijala iz odbačenih proizvoda je učinkovito razvrstavanje različitih vrsta otpada. Kako je ljudski rad skup, a rastavljanje proizvoda ponekad neprikladno, dolazi do razvoja metoda razvrstavanja otpada prema njegovim svojstvima. Stoga, razvrstavanje usitnjenog otpada predstavlja posebno tehnološko pitanje u procesu recikliranja. U radu su izložene raspoložive suvremene tehnologije razvrstavanja otpada koje značajno povećavaju čistoću reciklata, te učinkovitost i ekonomičnost recikliranja.

Ključne riječi: gospodarenje otpadom, razvrstavanje, suvremene tehnologije

Abstract
The basic task in the sustainable waste management process and the reuse of waste material from discarded product is to efficiently select different types of waste. As human labour is expensive, and dismantling products is sometimes inappropriate, waste sorting methods according to waste properties are being developed. Therefore, classifying shredded waste is a specific technological issue in the recycling process. This paper presents the available modern technologies for waste sorting that significantly increase the recycle purity, as well as efficiency and cost-effectiveness of recycling.

Key words: waste management, sorting, modern technologies

1. Uvod
Zbrinjavanje otpada postalo je jedan od važnih ciljeva suvremenog društva. Tendencija je da otpad ne bude zagađivač okoliša, nego materijal za novu proizvodnju, ovisno o vrsti otpada. Jedna od osnovnih zadaća u procesu gospodarenja otpadom je proces razvrstavanja i recikliranja otpada. Kako bi ponovno mogli koristiti materijal iz otpada, treba ga nakon sakupljanja preraditi da bi se dobili novi materijali ili izradili novi proizvodi.

Postoje dva tehnička pristupa u razvrstavanju otpada, a to je ručno i automatsko razvrstavanje otpada.
Ručno razvrstavanje na više načina može biti štetno za ljudsko zdravlje (izloženost opasnim tvarima, rad u nezgodnom položaju, padovi, rad u konstantnoj buci, na ekstremnim temperaturama i slično), stoga je neophodno oblikovati radno mjesto, kako bi se ta štetnost pokušala izbjeći [1]. Zbog svega navedenog, potrebno je razmotriti automatizaciju razvrstavanja otpada jer ručno razvrstavanje otpada je spor proces i štetan po ljudsko zdravlje.
Suvremene tehnologije za automatsko razvrstavanje otpada su učinkovitije i ekonomičnije u gospodarenju otpadom. Uspješna primjena automatiziranog razvrstavanja otpada ovisi o kvalitetnom projektiranju pogona za razvrstavanje od ulaza sirovine do izlaza reciklata, te o upotrebi najadekvatnijih tehnologija u svim fazama razvrstavanja otpada [2]. U ovom radu prikazane su nove metode u sortiranju i recikliranju otpada koje pridonose povećanju učinkovitosti recikliranja.

2. Senzori za razvrstavanje otpada

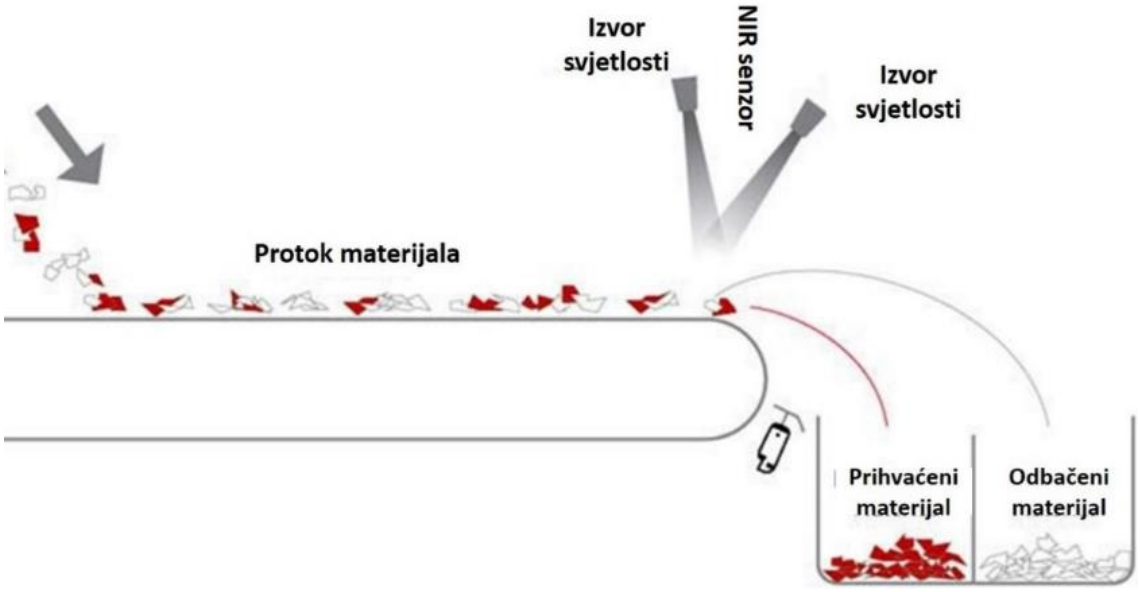
Primjena optičkog sortiranja u procesu razvrstavanja otpada predstavlja suvremenu metodu razvrstavanja otpada na bazi senzora. Takav sustav je u mogućnosti raspoznati i izdvojiti različite vrste otpada pomoću senzora, manipulatora, robota i dr. Korištenjem ove tehnologije, iz otpada se željene frakcije materijala izdvajaju brzo i ekonomično.
Senzor je uređaj koji pretvara fizikalnu veličinu u električni signal. Kao takvi, senzori predstavljaju dio sučelja između fizikalnog dijela i dijela elektroničkih uređaja, poput računala [9].
Sustav senzora bazira se na strojnom vidu. Strojni vid je optički i elektronički sustav koji može automatski snimati 2D sliku ili analizirati 3D sliku objekta ili dijela objekta te obraditi takvu sliku. Osnovni uređaj sustava strojnog vida je kamera. Pomoću kamere snima se željeni objekt nakon čega se dobivene informacije upućuju na analogno-digitalnu pretvorbu i daljnju obradu uz programsku podršku.
Optički senzori koji se upotrebljavaju u procesima razvrstavanja otpada su [2]:

- NIR (Near infrared) senzori - koriste se za razlikovanje polimera (PET, HDPE, PVC, PP i PS).
- VIS (senzori vidljive svjetlosti) - koriste se za prepoznavanje materijala na bazi boje.
- XRF (X-ray Flouresence) - koristi se za razlikovanje metala/legura (npr, bakar od željeza)
- XRT (X-ray Transmission) - prepoznaje materijale na temelju atomske gustoće – npr, halogene i organske komponente.
- EMS (elektromagnetski senzor) - identificiraju metale na temelju njihove vodljivosti.

Optički senzori koji se koriste u pogonima za razvrstavanje otpada najčešće su bazirani na NIR ili VIS tehnologiji.

2.1 NIR (Near-InfraRed) senzor

NIR je metoda koja koristi blisko infracrveno područje elektromagnetskog spektra (od oko 700 do 2500 nm). Mjerenjem raspršenog svjetla koje prolazi kroz uzorak, NIR reflektivni spektri koriste se za brzo određivanje svojstava materijala bez mijenjanja uzorka. Zrake infracrvenog svjetla usmjeravaju se na objekt koji se nalazi na pokretnoj traci. Na temelju različitih intenziteta svjetlosti koja se vraća u sustav nakon odbijanja od predmeta, NIR prosljeđuje dobivene informacije na obradu podataka nakon čega se dobiva informacija o kojem se materijalu radi.



Slika 1. Shematski prikaz separatora otpada s NIR senzorom [3]

NIR senzor raspoznaje različite vrste polimera, papira, kamen, drvo i građevinski otpad. U svijetu nekoliko tvrtki proizvodi uređaje za razvrstavanje otpada koji se baziraju na tehnologiji NIR senzora. Uređaji uglavnom razvrstavaju raznovrsni otpad u frakcijama do 30 mm.

2.2 Senzor vidljive svjetlosti (VIS)

VIS senzor koristi spektar vidljive svjetlosti elektromagnetskog zračenja. Najčešće se koristi u međusobnoj interakciji s NIR senzorima i kamerama. VIS senzor daje potrebne informacije NIR senzoru kako bi mogao prepoznati o kojim vrstama otpada se radi na temelju njihovih boja.

Proces prepoznavanja odvija se tako da senzor odašilje valne duljine različitih boja na otpadni materijal. Na temelju razlike primljene valne duljine u odnosu na poslanu zraku, zraka koja se vraća u senzor daje informaciju senzoru o kojoj se boji, odnosno vrsti materijala radi [4].

Na slici 2., prikazan je uređaj tvrtke MSS koja predvodi industriju u proizvodnji najsuvremenijih optičkih sustava sortiranja otpada.

Slika 2. Uređaj za optičko sortiranje otpada tvrtke MSS [5]

Optički sustavi sortiranja MSS-a su na terenu dokazani kao najučinkovitiji uređaji za automatsko odvajanje papira, polimera, metala, stakla, drveta, e-otpada i ostalih vrsta otpada.

3. Primjena robotike u razvrstavanju otpada

Robotika je znanstveno-tehnička disciplina čiji je cilj izrada i razvoj robota, automatiziranih strojeva kojima upravljaju računala pomoću upravljačkog programa i informacija primljenih preko senzora - elektroničkih osjetila. Industrijski robot je reprogramibilni uređaj dizajniran za manipulaciju i transport dijelova, alata, materijala ili specijaliziranih proizvodnih uređaja kroz varijabilne programirane kretnje radi izvedbe specifičnih proizvodnih zadataka. Konstrukcija robota sadrži sljedeće sustave: mehanički sustav, energetski sustav, senzore i upravljački sustav [6].

Roboti se danas koristite u opasnim okruženjima (između ostalog za detekciju i deaktiviranje bombi), proizvodnim procesima ili u prostorima gdje postoji opasnost za zdravlje i ljudski život. Roboti pronalaze svoju primjenu u brojnim industrijama, od proizvodnje automobila do kirurških zahvata u operacijskim salama, ali isto tako svoju primjenu imaju u sortiranju različitih vrsta otpada.

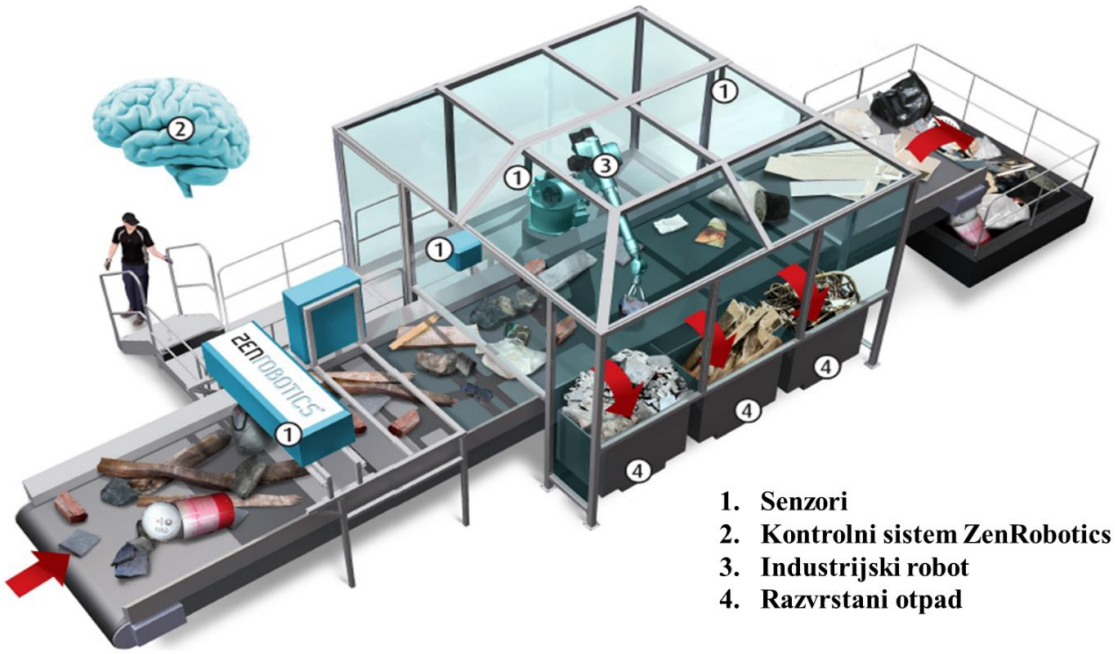
3.1 Robotizirani sustav za razvrstavanje otpada ZenRobotics

U svijetu postoji više različitih robotskih sustava koji se koriste za razvrstavanje otpada u procesu recikliranja. Jedan od vodećih proizvođača je Finska tvrtka ZenRobotics Ltd, koja je razvila sustav robotiziranog razvrstavanja otpada ZenRobotics Recycler (ZRR). Razvoj ovog inovativnog koncepta u razvrstavanju otpada omogućio je zamjenu opasnog i neučinkovitog ručnog rada s vrlo učinkovitim i brzim autonomnim robotskim sakupljačima.

ZRR koncept se sastoji od skupa senzora, upravljačkog sustava i industrijskih robota. Senzori i upravljački sustav kontroliraju industrijske robote kako bi odabrali ciljane materijale iz otpada na transportnoj traci te ih odvojili u više odjeljaka. Kombinacija senzora integrirana s rješenjima umjetne inteligencije (AI), omogućava ZRR sustavu da prepozna i odabere

nove frakcije prema potrebama kupaca. Kada se izlazne frakcije koriste kao sirovine, veličina i čistoća tih frakcija izuzetno je važna.

ZRR može doseći do 98 % čistoće izlaznih frakcija ovisno o materijalu i otpadu što izlazni proizvod čini kvalitetnom sirovinom na tržištu.



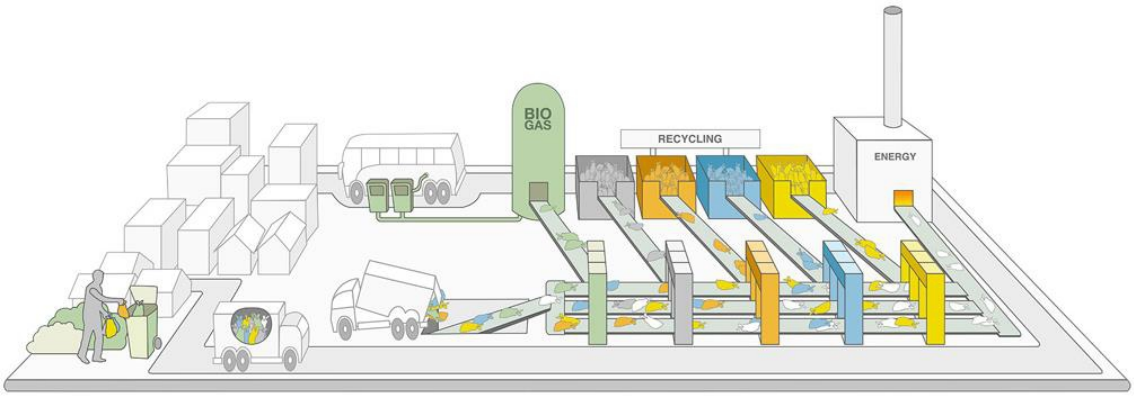
Slika 3. ZRR robotizirani sustav razvrstavanja otpada [7]

Razvrstavanje otpada u sustavu ZenRobotics prolazi kroz nekoliko faza. Prije dolaska otpada na pokretnu traku provodi se predobrada otpada. U ovom slučaju predobrada otpada podrazumijeva: uklanjanje sitnog otpada i krupnog otpada većeg od 1,5 m. Nakon obavljene predobrade, otpad se pokretnom trakom transportira do senzora koji prikupljaju podatke o dimenzijama i orijentaciji otpada pomoću 2D i 3D kamera. Uz pomoć različitih senzora (NIR, VIS i detektora metala) senzorska jedinica daje informaciju programskoj jedinici koja vrsta materijala se nalazi na traci. Računalo (kontrolni sistem ZenRobotics uređaja tzv. mozak) analizira prikupljene podatke i kontrolira rad industrijskog robota. Industrijski robot uzima pojedine vrste otpada pojedinačno, velikom brzinom i točnošću te ih odlaže u predviđene spremnike.

4. Postrojenje za sortiranje OptiBag

Potpuno drugačiji koncept u odnosu na robotizirane sustave je primjer optičkog postrojenja za sortiranje kućnog otpada Švedske grupacije Envac. Osnovna ideja je da kućanstva razvrstavaju otpad u unaprijed definirane vrećice u boji. Svaka frakcija otpada ima svoju boju vrećice. Otpad se zatim prevozi upotrebom postojeće infrastrukture u središnju jedinicu za sortiranje. U ovom postrojenju otpad se automatski razvrstava po boji otpadnih vrećica.

OptiBag je razvijen kao potpuno automatiziran proces koji doprinosi boljem vanjskom i unutarnjem okruženju. Ovakav proces osigurava suvremenu i higijensku radnu okolinu, te čisto i ekološki prihvatljivo upravljanje cijelim procesom sortiranja otpada.
Osim izdvajanja korisnih frakcija iz otpada, OptiBag sustav omogućava preradu otpada te se naknadno iz otpada proizvodi bioplin i toplinska energija, slika 4.



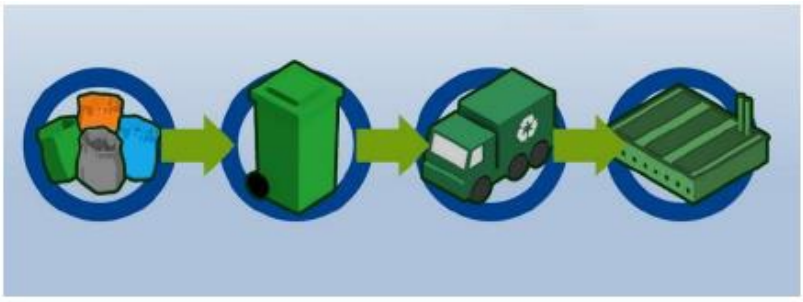
Slika 4. Shematski prikaz pogona OptiBag [8]

Kategorije otpada koje se mogu sortirati u sustavu OptiBag su; prehrambeni otpad, papirna ambalaža, polimerna ambalaža, metal, tekstil, novine, staklo u boji, bezbojno staklo i zapaljivi otpad. Ovakav način sortiranja i prerade otpada moguć je isključivo ako je stanovništvo, čiji se kućanski otpad prikuplja, ekološki osviješteno te se pridržava pravila sortiranja otpada.

4.1 Faze u procesu recikliranja OptiBag sustavom
U prvoj fazi prikupljanja i sortiranja otpada, kućanstva imaju obvezu razvrstavanja otpada. Različite reciklabilne frakcije otpada imaju svoju boju, kao što su npr. zelena za otpatke hrane i ljubičasta za tekstil. Ovisno o vrsti otpada, otpad se odlaže u predviđene vreće, slika 5.

Slika 5. Kante za odlaganje otpada u OptiBag sustavu [9]

Sve vreće se zatim bacaju u kontejner koji se prazni komunalnim kamionom za sakupljanje otpada i odvozi u pogone za razvrstavanje otpada, slika 6.



Slika 6. Put otpada do reciklažnog centra sistema OptiBag [9]

U trećoj fazi, vreće se istovaraju na ulaznu pokretnu traku koja ih transportira prema uređaju za sortiranje. Kamere u sustavu, uz pomoć senzora vidljive svjetlosti, razaznaju o kojoj je boji vreće riječ te daju naredbu manipulatoru za pomicanje vreća s dolazne pokretne trake na traku koja transportira određenu boju vrećice, slika 7.

Slika 7. Prikaz transporta otpada prema jedinici za razvrstavanje [9]

U posljednjoj fazi na optičkom postrojenju za sortiranje vreće se razvrstavaju po boji u odgovarajući spremnik i odvoze se na daljnju preradu, slika 8.

Slika 8. Prikaz optičkog razvrstavanja otpada [9]

Sustav je dizajniran tako da se sav otpad koji je ušao u pogon za recikliranje u potpunosti iskorištava. Dio otpada se vraća u ponovni proces proizvodnje kao sirovina, a dio se pretvara u toplinsku energiju i biogorivo. OptiBag je siguran i provjeren sustav za gospodarenje otpadom. Sustav ima jasne financijske i ekološke prednosti kao i jedinstveni razvojni

potencijal. Ako postoji potreba za povećanjem raznovrsnosti frakcija za sortiranje, dodaje se nova boja za vrećicu koja će predstavljati traženu frakciju u sustavu upravljanja. Ovaj postupak se može primijeniti na bilo koju vrstu otpada, od kategorije ostali otpad do proizvoda za reciklažu kao što su polimeri, metali, elektronički otpad, baterije, reciklirani papir ili slično. Ova prilagodljivost promjenama znači da je Optibag sustav jedinstveno pripremljen za budućnost.

5. Zaključak

Razvrstavanje otpada je prva faza u procesu izdvajanja reciklabilnih frakcija iz otpada. Ručno razvrstavanje otpada ekonomski je neučinkovito u odnosu na suvremene tehnologije i donosi brojne opasnosti za zdravlje radnika. Iz tog razloga je nužna automatizacija procesa razvrstavanja otpada.

Integracija robota u pogone za preradu otpada ostvaruje tehnološki napredak, udaljuje čovjeka od opasnog i zamornog rada, te povećava produktivnost gospodarenja otpadom. Korištenje umjetne inteligencije u procesu razvrstavanja i sortiranja otpada dovodi do velike ekonomičnosti u procesu recikliranja, no takav proces je iznimno skup. Ipak, unatoč visokoj cijeni, ulaganje u automatizirane pogone za recikliranje otpada ekonomski je isplativo i ekološki opravdano. Primjena robotike u procesu sortiranju otpada povećava učinkovitost, smanjuje troškove i povećava kvalitetu reciklata, što dovodi do veće cijene reciklata na tržištu sekundarnih sirovina.

U ekološki osviještenim zemljama Europske unije izgrađuju se automatizirani pogoni za recikliranje s udjelom razvrstavanja i iskoristivosti otpada do 96 %, za razliku od Republike Hrvatske u kojoj se otpad najčešće ručno razvrstava, a stopa iskoristivosti otpada iznosi 21 %. Primjerice, skandinavske zemlje imaju razvijenu svijest o recikliranju otpada, kako na mikrorazini od kućanstava, tako i na makrorazini koja obuhvaća društvo u cjelini. Zbog svega navedenog razvoj i primjena suvremenih metoda za razvrstavanje otpada u RH dali bi rezultate kojima bi se ostvarili ciljevi postavljeni direktivama EU za gospodarenje otpadom.

6. Literatura

[1] Turner, Shane; Hopkinson, Jane; Oxley, Laraine; Gadd, Sandra; Healey, Nicola; Marlow, Peter. Collecting, transfer, treatment and processing household waste and recyclables, Health and Safety Laboratory: Buxton, 2008.
[2] https://www.iswa.org/home/news/news-detail/article/waste-sorting-plants-extracting-value-from-waste/109/ 24.03.2018.
[3] http://www.eaglevizion.com/optical_sorting 02.04.2018.
[4] Ligus, G.: Municipal waste management model with the use of optical sorting elements, Opole University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, 2012.
[5] http://www.cpmfg.com/recycling-equipment/optical-sorting-equipment/ 02.04.2018.
[6] Doleček, V., Karabegović, I.: Robotika; Tehnički fakultet Bihać, 2002.
[7] https://users.ics.aalto.fi/praiko/papers/SBS14.pdf 02.04.2018.
[8] Envac: https://www.envacgroup.com/ 12.5.2018.
Optibag: https://optibag.nu/en/optical-sorting/ 30.5.2018

Modern approaches on construction optimization in mechanical engineering

I. Palinkas[1,*], E. Desnica[1], J. Pekez[1], Lj. Radovanovic[1]

[1]University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, Republic of Serbia

[*] Corresponding Author. E-mail: ivan@tfzr.uns.ac.rs

Abstract
With effective energy usage it can be achieved the energy stability, responsible behavior towards energy, sustainable use of energy, consumption management, economic profitability and the negative impact of energy on the environment decreases. When designing modern technical systems, it is expected that this system must be energy efficient. Accordingly, when designing a vehicle, tendencies are to reduce the weight of its parts. This ensures reduced fuel consumption. The paper will present the possibilities of optimizing the construction of machine parts using modern software solutions as well as methods that are used today in order to reduce the weight of machine parts.

Key words: energy efficiency, optimization methods, design of mechanical part, generative design

1. Introduction

Lightweight design represents one of the modern methods in construction of mechanical systems, that has the purpose of reducing the weight of mechanical system, which in return has influence on reducing the usage of energy and resources, and environmental protection [1].

Lightweight constructions are the result of need for sustainable product design and development. It is the way to reduce construction mass (mass of construction as whole or the part of it), and the great number of experts consider this to be a key part in global market competetivness, especially in automotive and aerospace industry [1].

Structural optimization is used to achieve the best possible construction capable for safely carrying the imposed loads in accordance to given design parameters. The variables that are used for optimizations are [2]:

- member size (e.g. cross section, thickness)
- shape of the structure (geometry)
- topology of the structure (pattern of members and joints or internal boundaries)
- material properties.

2. Structural optimization types

There are several types of structural optimization methods that is used in design of parts in mechanical engineering. One of the classification is by the type of design variables [3]:

- Topology optimization – design variables correspond to the element volume fractions that designs simultaneously the material properties (modulus of elasticity) and density in order to identify what elements to keep and what to discard.
- Sizing optimization – design variables are the element of cross-sectional dimensions, where all elements associated to a property data entry are designed with the same value.
- Topometry optimization – represents a generalization of sizing optimization where each element is designed independently.
- Shape optimization – design variables are scale factors of perturbation vectors that are input directly or by providing basis vectors (containing alternative grid locations) that can be internally converted into perturbation vectors (vectorial difference between basis vector and the original grid locations).
- Topography optimization – special case of shape optimization where perturbation vectors are either perpendicular to the designable region or in a given direction.
- Freeform optimization – special case of shape optimization where program splits any given perturbation into multiple perturbations on a grid by grid basis which increases the variability of design space.

Each of this methods has practical implementation in design of mechanical parts. For example, on figure 1 is shown the topology optimization of vehicle.

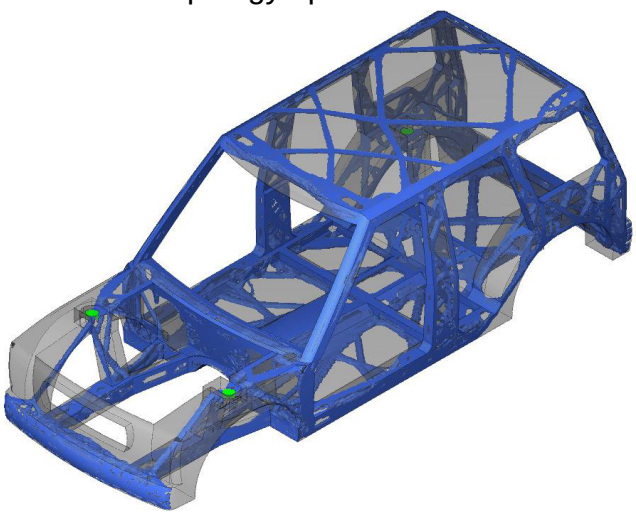


Figure 1. Example of topology optimization [3]

Also with development of softwares and computer technologies (especially cloud based technologies) a new method for product design and optimization has been developed – Generative Design.

3. Generative Design

There are several definitions of Generative Design:

"Generative Design is a term for a class of tools that create or modify design geometry based on non-geometric requirements or constraints on product performance." [4]

"Integrated performance-driven generative design systems are aimed at creating new design processes that produce spatially novel yet efficient and buildable designs through exploitation of current computing and manufacturing capabilities." [4]

"Inspired by the natural design processes and patterns of nature, Generative Design is a design method for capturing the designer's intent, generating new solutions." [5]

In CIMdata's view, Generative Design [4]:

- is the use of algorithmic methods to transform requirements into product geometry and design
- often includes optimization within constraints
- is not necessarily based on physics (nor on natural organic processes)

Generative design is a design exploration technology that uses AI-based algorithms to simultaneously generate multiple valid solutions based on real-word manufacturing constraints and product performance requirements, such as strength, weight, materials and more [6].

Generative design finds its application mostly with additive manufacturing (AM). The process defines many different variations of initial product design with the considerations to the given constraints. Solution are sometimes too complex for other methods of optimization and for other methods of manufacturing (other than AM). The utilization of cloud based technologies speeds the process of creating multiple optimized variations.

The adventage is also that some of the solutions are, purely on the visual design of model, too complex to imagine otherwise.

The optimal solution is left for the designer to decide, and also to test with FEM tools in order to verify the strength of the part.

As shown on figure 2, General Motors applied Generative design in designing parts for their vehicles, and manage to achieve even around 350 pounds (approximately 159 kg) lighten cars (less mass, less fuel consumption).

Figure 2. Application of Generative Design in design of seat bracket [6]

4. Softwares implementing generative design

On present software market there are several software solutions that have the capability of Generative Design optimization of parts. Early software solutions were from Autodesk, Dessault Systemes and Siemens:

- Fusion 360 (Autodesk)
- Catia 3D Experience (Dessault Systemes)
- NX, NX Nastran, HEEDS, Capital and Simcenter 3D (Siemens)

Softwers of newer date are:

- Creo (implementing Frustum) (PTC)
- CogniCAD (ParaMatters)

All of these softwares represents the next step in modeling and analyzing designed parts using FEM in order to provide the optimal solution for production. All of them are cloud based in order to provide greater design speed, better connectivity with production team and easy access to projects.

5. Conclusion

In present production in mechanical industry the tendencies are to be cost effective, energy efficient, and to provide the best design solution to end user. For example, a vehicle manufacturer can achieve optimal weight in designing a vehicle, that has impact on fuel consumption (lowering fuel consumption, and has direct connection with environmental protection etc.).

In order to produce such vehicle, the structural optimization methods are used. The new form of optimization is Generative Design that with combination with modern production technologies can give extraordinary solutions.

Generative design is slowly implementing in every industry with additive manufacturing possibilities including aerospace, automotive, fashion, industrial machines, oil and gas and even architecture.

With further development of computer technologies and software it can be expected the greater usage of structure optimization in every industry.

6. References

[1] Đurić, Aleksija; Marković, Biljana, Pelkić, Srđan. Osnovni principi i pravila primjene lakog dizajna u mašinstvu // *Proceeding of 2nd International Scientific Conference COMETa 2014* / Marković, Biljana; Antunović, Ranko; Kraišnik, Milija (ur.). (ISBN 978-99976-623-1-6). Istočno Sarajevo – Jahorina : Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Mašinski fakultet Istočno Sarajevo, 02. – 05.12.2014. s. 579-588.

[2] Canonaco, M.; Loher, U.; Esslinger, V.; Weis, B. Structural optimization methods // Computer Aided Optimum Design of Structures V, Transactions on the Built Environment, 28(1997) 381-392. (ISSN 1743-3509)

[3] Leiva, Juan Pablo. Structural Optimization Methods and Techniques to Design Efficient Car Bodies // *Proceedings of International Automotive Body Congress 2011* / Nasim Uddin, M.; Uddin, Rafiq; Tang, Tom; Thompson, Joshua (Eds.). (ISBN 978-1-61839-314-2; ISSN 1557-7104). Troy, Michigan, USA, 9.-10.11.2011. p. 41-54.

[4] Meintjes, Keith. Generative Design" – What's That?. written 26.06.2017. https://www.cimdata.com/en/news/item/8402-generative-design-what-s-that. accessed on 15.07.2019.

[5] Bagassi, S.; Lucchi, F.; De Crescenzio, F.; Persiani, F. Generative Design: Advanced design optimization processes for aeronautical applications // *Proceedings of 30th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS 2016).* (ISBN: 978-1-5108-3455-2). Daejeon, Korea 25. – 30.09.2016. p. 1913-1919

[6] GM and Autodesk are using generative design for vehicles of the future, https://www.3dprintingprogress.com/articles/14248/gm-and-autodesk-are-using-generative-design-for-vehicles-of-the-future, accessed on 17.07.2019.

[7] Engineering Productivity to Drive Generative Design to More Than 16 million Users by 2030, https://www.digitalengineering247.com/article/engineering-productivity-to-drive-generative-design-to-more-than-16-million-users-by-2030, accessed on 17.07.2019.

RFID technology for real-time condition monitoring of pipelines

G. Zeba*, M. Čičak

Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod, J. J. Strossmayer University of Osijek, Croatia

* Corresponding Author. E-mail: gzeba@sfsb.hr

Abstract

The integrity of the pipelines in the gas industry is extremely important due to the serious consequences of pipelines failure. Disorders such as leakage and cracking due to detrition or damage as a result of sabotage or because of the influence of the external factors have adverse effects on safety, the environment, and the economy.

Therefore, continuous condition monitoring of the gas pipelines is indispensable. Data on failures, failures mechanisms, and maintenance of these gas pipelines and their operation are increasingly important, especially real-time data.

There are many technologies for condition monitoring and management of gas pipelines that are based on wired networks. The RFID technology is a wireless method of automatic identification, data collection, and tracking of objects in real-time.

Advances in RFID technology made it ubiquitous, in particular in the field of logistics for tracking goods. However, more frequent applications are emerging, enabling RFID to be used in many industry areas, so this technology is becoming increasingly important for the real-time condition monitoring of gas pipelines.

This paper aims to present an overview of the RFID technology and to highlight the possibilities, advantages, and challenges of using RFID technology in the condition monitoring of the gas pipelines.

Keywords: RFID, gas pipelines, condition monitoring, real-time data

1. Introduction

Digital transformation is a trend that is affecting business globally. The development of new innovative technologies, in particular, the development of information and communication technologies and advanced manufacturing technologies, within Industry 4.0 has a major impact on all segments of the industry. Thanks to the development of innovative technologies and the increasing number of sensors in the use and collection of real-time data, the digital transformation of business in the energy sector play a significant role. In the gas industry continuous condition monitoring of the gas assets is indispensable.

Gas pipelines are exposed to various risks (gas leakage due to corrosion, soil displacement, third party action (unintentional or even deliberate (sabotage)), humidity, flooding, chemical properties of environmental material, extreme temperatures, earthquakes, landslides,

defects in material, etc.) that threaten the integrity of the pipeline. Due to industry incidents listed in e.g. [1], with negative consequences for the economy, safety, and environment, it is very important to take into account the safety of pipelines and implement continuous preventative maintenance measures. These incidents show that there is room for improvement of existing and introduction of new methods for monitoring the condition of the pipeline. For a long time, there has been a great interest to utilize innovative technologies to increase the efficiency, safety, reliability and maintainability of equipment for oil and gas extraction and transportation i.e. [2-4].

Data acquisition of these industrial facilities is extremely important for their safe and efficient functioning. Monitoring, control, and maintenance of gas pipelines are possible with the use of various technologies (optical fiber sensors [5, 6], piezoelectric sensors [7, 8], pigging [1], computer vision [3], etc.), which collect data on the functioning of the pipeline. The gathered data is most often transmitted via wired networks from sensors on the pipeline to the control station.

An ideal pipeline monitoring system should enable continuous detection and location of the pipeline, fast and reliable response to gas leaks, or threats to pipeline integrity [5]. Some of these pipeline monitoring systems are wired, but recently, wireless communication between sensors, actuators and RFID transponders with control stations has been increasingly used. It is important to continuously monitor the condition of pipeline in real-time, and the technology that enables it is RFID technology.

2. Literature review

There are papers in the relevant literature on the pipeline monitoring and the application of RFID technology for the automatic identification and real-time monitoring of pipeline conditions in the oil and gas industry. Authors of paper [9] integrate RFID systems with mobile sensors and autonomous robots within SPAMMS monitoring and maintenance system. In paper [10] authors propose a novel Radio Frequency Identification (RFID)-based Autonomous Maintenance system for Pipelines - RAMP, and they integrate robots, sensors, and RFID equipment for efficient and accurate inspection, maintenance, and precise geolocation information. Within paper [11] authors propose the system which monitors the pipeline network using computerized and mobile device system, with multiple sensors that measure pressure, temperature, humidity, and vibration. In the paper [12] authors propose an improved algorithm for better localization effect for RFID based location system.

Authors of the paper [13] present a chipless RFID-based sensor for pipeline condition monitoring in real-time, the sensor monitor the coating lift-off from the pipeline (initial step in external corrosion of a metal pipe). Also, a passive chipless RFID system for monitor pipeline coating for corrosion present authors of paper [14]. Passive RFID harmonic tags for detection and localization of underground pipelines to avoid and minimize failures during excavation processes is presented in the papers [15, 16]. According to the authors of the paper [17], corrosion is one of the main causes of pipeline failures worldwide and authors proposed system for pipeline monitoring with RFID-based sensors.

3. RFID technology

RFID is a wireless technology that uses radio waves to automatically identify, track objects and collect data in real-time. RFID technology was first used in World War II, in the fighter aircraft identification system, the so-called Identity Friend or Foe (IFF). Today, RFID technology is ubiquitous and is being used for various purposes. As one of the technologies that enable the Internet of Things, RFID technology can be considered one of the core technologies for Industry 4.0. RFID technology enables the connection of real objects to the virtual space. RFID systems consist of three main parts: a transponder (consisting of a chip with an antenna within a case whose material depends on the purpose of the RFID system), an interrogator or a reader, which also has an antenna for communication between the reader and the transponder via radio waves (Figure 1). Today, RFID readers are being embedded in mobile devices such as laptops, smartphones, personal digital assistant devices (PDA's) and others.

The reader transmits the collected data to a computer system (enterprise applications). Transponders vary in the type of power supply, the passive transponder consists of two components (microchip and antenna), there is no power, and the energy to send data is obtained when it comes in the range of the electromagnetic field of the reader. Active transponders are made up of three basic components (microchip, antenna, and battery), which means they have their internal power supply that can transmit data continuously, long read ranges, larger memory and have a duration that is battery life.

In addition to the unique serial number (EPC Electronic Product Code) RFID transponder may also contain other information about the facility, relevant to work operations. Depending on the type of RFID transponder, according to the programming options (i.e. the ability to update or modify data stored in the memory of the transponder), it is possible to use the reader to write data about the objects directly in the field. Once the transponder is attached to the object, the object becomes a "smart object" because it carries information about itself and can communicate with the environment (other objects, control system, machines, workers, etc.). The RFID technology is widely used in various industries sectors (automotive, aerospace, energy, health, retail, agriculture, oil, and gas industry, etc.), for manufacturing, assembly lines, maintenance, material management, transportation, etc.

Figure 1. Simplified working principle of RFID system

4. The RFID technology in the natural gas industry

Oil and gas industry is capital intensive with a lot of critical operations. Therefore it is extremely important to manage and maintain the infrastructure promptly, to prevent accidents, but also to increase efficiency.

In addition to asset management, RFID is also used in many other innovative applications in the oil and gas industry, such as underwater or underground pipeline inspection, personal safety, and security, etc. There are four main areas of application of RFID technology in the oil and gas industry according to [18]: operations, safety and security, asset management and administration. Examples of application are drill pipe condition, worker tracking, search and rescue, equipment identification, workflow tracking, employee time logs and attendance, vehicle tracking, etc.

Condition monitoring of pipelines belongs to asset management, and RFID technology is very important for equipment identification, including pipelines. The reason is that other automatic identification technologies are not suitable, because the equipment is used in adverse environments and places with difficult access.

4.1. RFID technology advantages and challenges

The benefits of applying RFID technology in the oil and gas industry are better decision making based on real-time information, improved efficiency and safety of workers, better equipment maintenance, improved quality control, etc.

The challenges in applying RFID technology are primarily the cost of RFID system components, which is lower when using passive RFID transponders than active ones that are more expensive, then the lack of standards for RFID system manufacturers, so components of RFID systems from different manufacturers are not compatible with each other. Also, a problem is the lack of a global standard for frequencies used by RFID systems, the world is divided into regions where different frequencies are used.

Furthermore, cyber-security is also a challenge. Security and data protection are extremely important for wireless communications. There also may be interference, especially over long distances and because of the presence of liquids and metal.

4.2. Real-time condition monitoring of pipelines with RFID

Real-time monitoring and gathering data from pipelines and other physical assets are based on special sensors in combination with RFID transponders but also on the processing of collected data based on cloud analytics. Real-time monitoring of the pipeline condition with RFID system allows recording the current status, but the historical data must also be available for pipeline maintenance planning.

RFID transponders may have stored in the memory information about the pipe's identification number, age, length, etc.

Table 1 presents examples of RFID transponders for application for the oil and gas industry for pipes and industrial equipment.

Table 1. Examples of RFID transponders for pipes and industry equipment

a)	Operating Frequency	866 to 868 MHz
	Read Range	Up to 304 cm
	Operating Temperature	-40 °C to 125 °C
	Size	38 x 19 x 6 mm
	Material	PC/ PBT Alloy
	Weight	4,9 g
a)	Operating Frequency	902 to 928 MHz
	Read Range	Up to 182 cm
	Operating Temperature	-40 °C to 150 °C
	Size	25 x 46 x 8 mm
	Material	304 Stainless Steel
	Weight	41 g
a)	Operating Frequency	866 to 868 MHz
	Read Range	Up to 45 cm
	Operating Temperature	-40 °C to 200 °C
	Size	∅ 9,5 x 4,3 mm
	Material	PEEK + GF30%
	Weight	0,27 g
b)	Operating Frequency	860 to 960 MHz
	Read Range	Up to 60 cm
	Size	210 x 110 x 57 mm
	Material	ABS
	Weight	589 g
c)	Operating Frequency	125KHz
	Read Range	Up to 80 cm
	Operating Temperature	-40 °C to 80 °C
	Size	125 x 110 x 40 mm
	Material	Nylon
	Weight	200 g
c)	Operating Frequency	125KHz
	Read Range	Up to 180 cm
	Operating Temperature	-40 °C to 80 °C
	Size	∅ 61 x 137 mm
	Material	Nylon
	Weight	860g

Source of data: a) www.infochip.com; b) https://inframarker.com; c) http://www.adcrfid.com

Figure 2 shows a schematic overview of the application of RFID technology for real-time condition monitoring of the pipeline. Such pipeline monitoring systems use passive RFID transponders for lower system costs and longer transponder life (the duration of active transponders is limited by battery life).

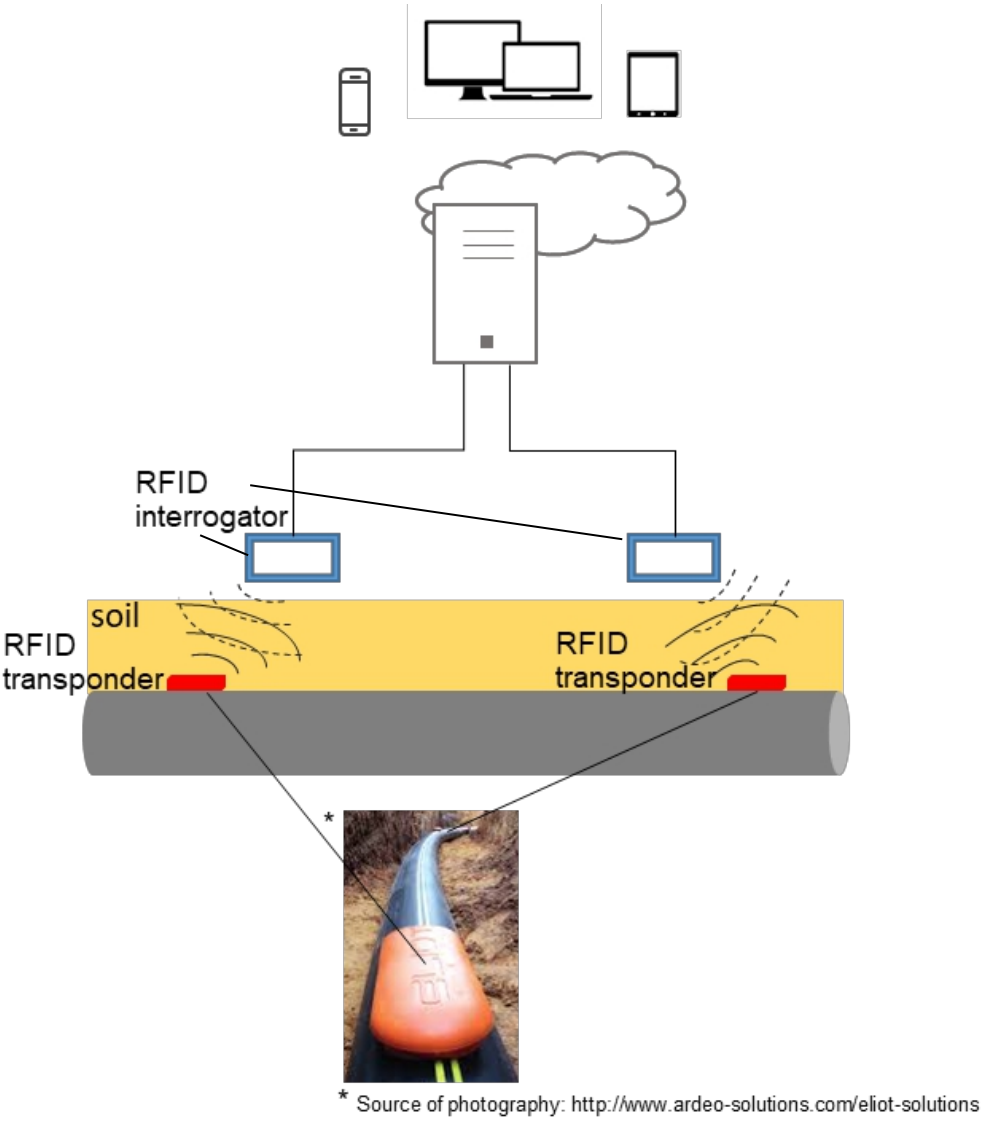


Figure 2. Schematic overview of the RFID technology for pipeline condition monitoring

Transponders must have a case made of a resistant material that protects the microchip and antenna from adverse external effects in buried pipelines. RFID transponders can be attached to the pipes and other facilities by using screws, welding, adhesive or rubber bands, etc. Figure 3 shows rubber bands which securely fixed RFID transponder around the pipe.

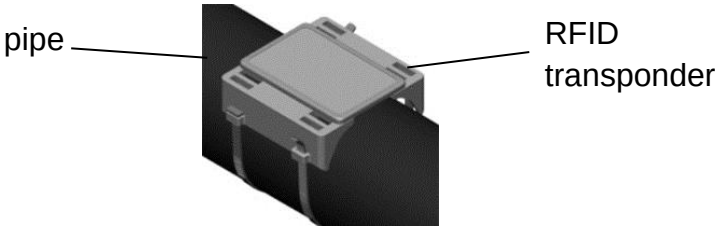


Figure 3. RFID transponder attached to the pipe using rubber bands

RFID transponders are placed on the pipeline at certain intervals with fixed readers on the ground surface. RFID readers transmit radio waves that initiate energy within the transponder, which then transmits data to the reader and the reader further to the network. In this way, any changes related to the parameters that are important for the condition of the pipeline can be monitored in real-time and with this critical information it is possible to perform maintenance activities on time. Workers could collect data from a transponders also with mobile devices with embedded RFID reader (at anytime and anyplace if they have an internet connection). Field engineers can in real-time and accurately identify assets, and with information from transponder can make a decision. Once the maintenance activities have been completed it is possible to update the data on the transponder.

5. Conclusions

This paper presents some of the possibilities of using RFID technology in the oil and gas industry, with an emphasis on application for real-time pipeline condition monitoring. Using RFID technology in the oil and gas industry, data are transmitted smoothly and in real-time from the field to control stations and business applications, enabling faster and better decision making. RFID technology facilitates digital transformation for the oil and gas industry for Industry 4.0.

6. References

[1] Obanijesu, E. O.; et al (2010). Corrosion education as a tool for the survival of the natural gas industry. *Nafta*, 61, 541-554

[2] Wyld, D. C. (2009). The smart pipe: RFID and the oil and gas industry. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, 2(3), 201-214, doi:10.1504/ijogct.2009.028557

[3] Sinha, S. K.; Knight, M. A. (2004). Intelligent System for Condition Monitoring of Underground Pipelines. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 19(1), 42–53. doi:10.1111/j.1467-8667.2004.00336.x

[4] Mironov, A. et al. (2015). Condition Monitoring of Operating Pipelines With Operational Modal Analysis Application. *Transport and Telecommunication*, 16(4), 305–319

[5] Strong, A. P. et al (2008). A Comprehensive Distributed Pipeline Condition Monitoring System and Its Field Trial. *Proceedings of IPC2008 7th International Pipeline Conference*, September 29-October 3, 2008, Calgary, Alberta, Canada

[6] Strong, A. P., et al (2009). An Integrated System for Pipeline Condition Monitoring. *Proceedings of International Petroleum Technology Conference*, 7-9 December 2009, Doha, Qatar doi:10.2523/iptc-13661-ms

[7] Dezfouli, S., & Zabihollah, A. (2010). Structural health monitoring of buried pipelines under static dislocation and vibration. *Proceedings of 2010 IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications*, 325-329, 15-17 July 2010, Qingdao, China. doi:10.1109/mesa.2010.5552052

[8] Golshan, M. et al (2016). Pipeline Monitoring System by Using Wireless Sensor Network. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering* (IOSR-JMCE) e-ISSN: 2278-1684,p-ISSN: 2320-334X, 13(3), 43-53

[9] Kim, J.H. et al (2010). SPAMMS: A sensor-based pipeline autonomous monitoring and maintenance system. *Proceedings of Second International Conference on COMmunication Systems and NETworks*, 5-9 Jan 2010, Bangalore, India,1-10. doi:10.1109/comsnets.2010.5432015

[10] Kim, J.H. et al (2015). Autonomous pipeline monitoring and maintenance system: a RFID-based approach. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2015:262. doi:10.1186/s13638-015-0495-y

[11] Patil, P. S. et al (2017). Real-Time Condition Monitoring of Pipeline Network. *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies*, 5(3), 110-117, ISSN: 2321-7782

[12] Tian, Y.; Chen, B. (2018). Application of RFID Technology in Urban Underground Comprehensive Pipe Gallery. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2nd International Workshop on Renewable Energy and Development (IWRED 2018)*, 153, 052007. Guilin, China, 20 – 22 April 2018, 991-1001, doi:10.1088/1755-1315/153/5/052007

[13] Zarifi, M. H., Deif, S., & Daneshmand, M. (2017). Wireless passive RFID sensor for pipeline integrity monitoring. *Sensors and Actuators A: Physical*, 261, 24–29. doi:10.1016/j.sna.2017.04.006

[14] Deif, S., Harron, L., & Daneshmand, M. (2018). Out-of-Sight Salt-Water Concentration Sensing Using Chipless- RFID for Pipeline Coating Integrity. *2018 IEEE/MTT-S International Microwave Symposium - IMS*. 367-370, 10-15 June 2018, Philadelphia, PA, USA, doi:10.1109/mwsym.2018.8439237

[15] Abdelnour, A., et al (2018). Passive Harmonic RFID System for Buried Assets Localization. *Sensors*, 18(11), 3635. doi:10.3390/s18113635

[16] Ghazali, M. I. M. et al (2016). Embedded Passive RF Tags towards Intrinsically Locatable Buried Plastic Materials. *Proceedings of 2016 IEEE 66th Electronic Components and Technology Conference (ECTC)*, 2575–2580, 31 May-3 June 2016, Las Vegas, NV, USA. doi:10.1109/ectc.2016.285

[17] Lawand, L. et al (2016). Corrosivity monitoring system using RFID-based sensors. *Proceedings of conference SPIE Smart Structures and Materials + Nondestructive Evaluation and Health Monitoring*, Las Vegas, NV, USA, 20 April 2016; Volume 9803. doi:10.1117/12.2218813

[18] Felemban, E.; Sheikh, A. A. (2013). RFID for Oil and Gas Industry: Applications and Challenges. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT*), 3(5), 80-85, ISSN: 2277-3754

Parametarsko 3D oblikovanje i proračuni cijevnih pročistača tipa PY
Parametric 3D design and calculations of strainers type PY

B. Hršak[1,3*], A. Čikić[2,3*], A. Čukman[1]

[1]Veleučilište u Bjelovaru, Trg E. Kvaternika 4, 43000 Bjelovar
[2]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Trg I. B. Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod
[3]Sveučilište Sjever, 104. Brigade 3, 42000 Varaždin

[*]Autori za korespodenciju e-mail: bhrsak@vub.hr acikic@unin.hr

Sažetak:
Izvedeno je 3D oblikovanje i dimenzioniranje cijevnih pročistača tipa PY na temelju postojeće 2D radioničke dokumentacije. U programskom alatu *SolidWorks*, prikazana je izrada 3D modela svih pozicija i sklopa cijevnog pročistača PY – 100.10, te 3D prikaz i animacija sklopa u rastavljenom stanju. U programskom modulu *Design Table* generiranjem konfiguracijskih tablica razvijene su "obitelji proizvoda" pročistača PY – 80.10 i PY – 65.10. Provedeni su analitički proračuni debljine stjenke cilindričnog dijela kućišta cijevnih pročistača PY – 80.10 i PY – 100.10 u zavarenoj izvedbi prema normi HRN M.E2.253 za: radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 MPa, te ispitni tlak 2,4 MPa i materijal kućišta P235G1TH (Č1214) na temelju postojeće 2D radioničke dokumentacije. Računalno su provedene i analize naprezanja (*Finite Element Analysis – FEA)* i faktora sigurnosti (*Factor of Safety* - FOS) za usvojene debljine stjenke kućišta pročistača PY – 100.10 za radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 MPa, te ispitni tlak 2,4 MPa. U programskom modulu (*Flow Simulation*) izrađena je analiza toka strujanja fluida kroz 3D model pročistača PY – 100.10 za volumni protok 0,001 i 0,01 m^3/s. U programskom alatu *SolidWorks* generirana je kompletna 2D radionička dokumentacija svih pozicija i sklopa pročistača PY – 100.10. Istaknuta je primjenjivost u procesu 3D oblikovanja, modificiranju i skraćenom vremenu razvoja proizvoda "generiranjem obitelji proizvoda" cijevnih pročistača za različitu namjenu, te su predloženim postupcima moguća daljnja unapređenja primjenjiva za različita energetska postrojenja i procesne sustave.

Ključne riječi: Analitički proračun, analiza naprezanja, analiza toka strujanja fluida, generiranje familije proizvoda, cijevni pročistač, *SolidWorks*, 2D radionička dokumentacija

Abstract:
3D design and sizing were performed of PY type pipe cleaners based on existing 2D documentation. In the SolidWorks software program, the 3D model of all positions and the pipe cleaner assembly PY - 100.10 is displayed, as well as the 3D display and the circuit

board animation in the disassembled state. In the Design Table "generation" of the generated configuration tables, the "product families" of the purifiers PY - 80.10 and PY - 65.10 were developed. The analytical calculations of the wall thickness of the cylindrical part of the housing of the tubular purifiers PY - 80.10 and PY - 100.10 in the welded version according to the HRN standard M.E2.253 for: working pressures of 1.0 MPa and 1.6 MPa and a test pressure of 2.4 MPa and housing material P235G1TH (Č1214) based on the existing 2D works documentation. Finite Element Analysis (FEA) and Factor of Safety (FOS) have been computerized for PY - 100.10 purifier wall thicknesses for working pressures of 1.0 MPa and 1.6 MPa, and test pressure 2, 4 MPa. In the program module (Flow Simulation), the flow flow analysis was developed through the 3D model of the PY - 100.10 purifier for the flow volume 0.001 and 0.01 m3 / s. SolidWorks "Generated" software tool is a complete 2D documentation of all positions and cleaner assembly PY - 100.10. The applicability in the process of 3D shaping, modification, and shortening of the product development by "generating the product family" of tubular purifiers for different purposes has been highlighted and the proposed methods allow for further improvement and development applicable to different energy plants and process systems.

Key words: Analytical calculation, stress analysis, flux flow analysis, product family generation, pipe cleaner, *SolidWorks*, 2D work documentation

1. Uvod

Pročistači se koriste za odvajanje čestica iz ulja, goriva, a u posebnoj izvedbi i prilikom pročišćavanja vode. Primjenjuju se u cilju zaštite pouzdane funkcije ostalih komponenata procesnog sustava u industrijskim postrojenjima. Proizvode se u lijevanoj i zavarenoj izvedbi u dvije varijante kao dvostruki ili jednostruki pročistač (slika 1.) [1].

Slika 1. Dvostruki (lijevo) i jednostruki (desno) pročistač [1]

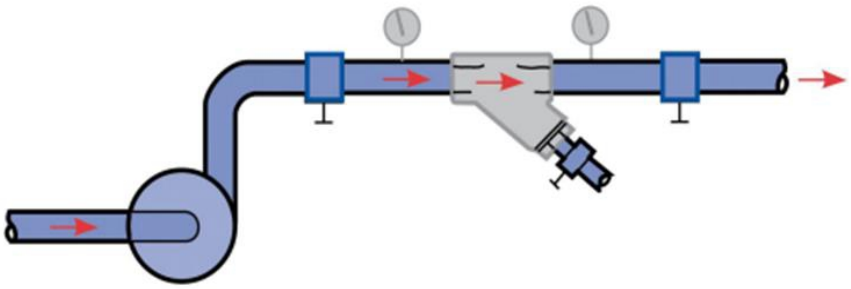
U cilju daljnjeg razvoja i optimizacije postojećeg proizvoda, te primjenom „reverzibilnog inženjeringa“, prikazano je 3D oblikovanje i dimenzioniranje cijevnog pročistača tipa PY – 80.10 i PY – 100.10 na temelju postojeće 2D radioničke dokumentacije u zavarenoj izvedbi prema normi HRN M.E2.253 za radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 MPa, te ispitni tlak 2,4 MPa i materijal kućišta P235G1TH (Č1214). Računalno su provedene analize naprezanja (*Finite Element Analysis - FEA*) i faktora sigurnosti kućišta (*Factor Of Safety – FOS*) za računski usvojene debljine stjenke kućišta prema tablici 1. i 2. za radne tlakove 1,0 i 1,6 MPa, te ispitni tlak 2,4 MPa i materijal kućišta P235G1TH (Č1214). Polazni 3D model postojećeg

gotovog proizvoda cijevnog pročistača izrađen je u programskom alatu *SolidWorks* naprednim tehnikama 3D modeliranja te simulacija toka strujanja fluida (*Flow Simulation*) kroz 3D model sklopa za volumni protok 0,001 m^3/s i 0,01 m^3/s. Postupkom "generiranja 3D konfiguracija" – *Design Table* razvijene su "obitelji gotovih proizvoda" pročistača PY – 80.10 i PY – 65.10.

2. Cijevni pročistač tipa PY

Cijevni pročistač PY (slika 2.) sastoji se od komore u kojoj se nalazi filtarski cilindar izrađen od nehrđajuće noseće konstrukcije iz perforiranog lima i metalne tkanine (mrežice) višekomornog ili košarastog tipa. Koristi se za grubu zaštitu pumpi, mjerača protoka, regulatora i sl., od čestica pijeska i šljunka (0,5 – 5 mm), koje se često nalaze u različitim fluidima. PY pročistači se izrađuju od ugljičnog i nehrđajućeg čelika. Imaju veliku izdržljivost, te se mogu podvrgnuti visokim temperaturama do 200ºC i tlakovima do 1,6 MPa. Kućište pročistača izrađeno je u zavarenoj konstrukciji, unutar njega je filtarski element koji sprječava prolazak nečistoća dalje u sustav. Bočne strane sa prirubnicama koriste se za spajanje u sustav. Na dnu se nalazi poklopac pomoću kojeg se provodi čišćenje i održavanje sustava. Ekonomični su u postrojenjima gdje je količina neželjenih čestica u fluidu vrlo mala.

Slika 2. Cijevni pročistač PY [1]

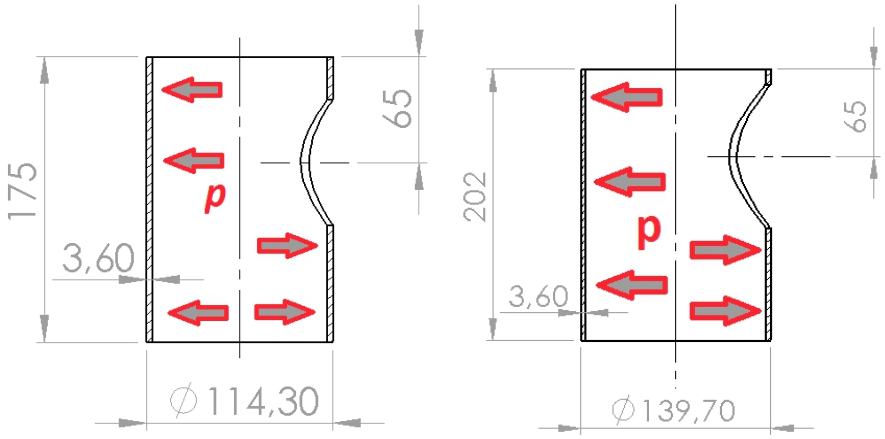


Slika 3. Prikaz pročistača u procesnom sustavu [2]

PY pročistač vrlo je jednostavan za održavanje jer se ugrađuje na bilo kojem prikladnom mjestu cjevovoda sukladno smjeru strujanja fluida (slika 3.). Pročistač se postavlja tako da je element sa cilindričnim filterom montiran prema dolje. To omogućuje filtarskim elementima - mrežici filtera da lakše prikupljaju nečistoće i to na najnižoj točki cjevovoda [3].

2.1. Analitički proračuni debljine stjenke cilindričnog dijela kućišta pročistača tipa PY – 80.10 i PY – 100.10

Na temelju postojeće 2D radioničke dokumentacije proveden je analitički proračun debljine stjenke cilindričnog dijela kućišta cijevnih pročistača u zavarenoj izvedbi prema normi HRN M.E2.253 za: radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 MPa, te ispitni tlak 2,4 MPa i materijal kućišta P235G1TH (Č1214), slika 4. Korištena je jednadžba 1 [6].



Slika 4. Prikaz cilindričnog dijela kućišta cijevnog pročistača tipa PY – 80.10 (lijevo) i PY – 100.10 (desno)

$$s = \frac{D_s \cdot p}{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v + p} + c_1 + c_2 \left[mm\right] \quad (1)$$

pri čemu su: D_s – vanjski promjer kućišta, p – radni tlak, K – proračunska čvrstoća, S – stupanj sigurnosti za materijal pri proračunskoj temperaturi, v – koeficijent valjanosti zavarenog spoja, c_1 – dodatak za dopušteno odstupanje materijala, c_2 - dodatak za koroziju i trošenje, s – potrebna debljina stjenke cilindričnog dijela kućišta, $s_{usv.}$ – usvojena debljina stjenke cilindričnog dijela kućišta (prema standardu).
Proračunske vrijednosti prikazane su u tablici 1. i tablici 2.

Tablica 1. Proračunske vrijednosti cilindričnog dijela kućišta cijevnih pročistača tipa PY – 80.10

p, MPa	$K_{200°C}$, N/mm^2	D_s, mm	S	v	c_1, mm	c_2 mm	s, mm	$s_{usv.}$, mm
1,0	186	114,3	3,5	1	0,306	1	2,37	3,6
1,6	186	114,3	3,5	1	0,306	1	3,00	3,6
2,4	186	114,3	3,5	1	0,306	1	3,83	4,0

Prema tablici 1. za radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 MPa usvojena je debljine stjenke 3,6 mm, a za ispitni tlak 2,4 MPa usvojena je debljine stjenke 4 mm.

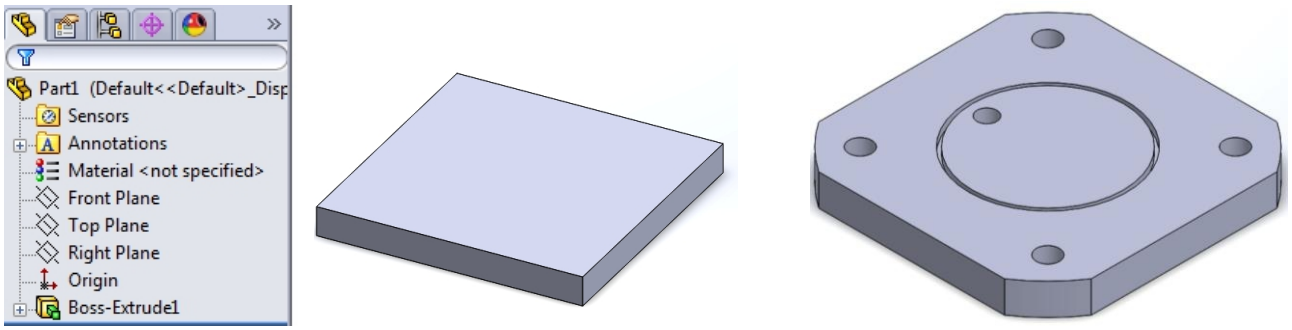
Tablica 2. Proračunske vrijednosti cilindričnog dijela kućišta cijevnih pročistača tipa PY – 100.10

p, MPa	$K_{200°C}$, N/mm^2	D_s, mm	S	v	c_1, mm	c_2 mm	s, mm	$s_{usv.}$, mm
1,0	186	139,7	3,5	1	0,306	1	2,61	3,6
1,6	186	139,7	3,5	1	0,306	1	3,38	3,6
2,4	186	139,7	3,5	1	0,306	1	4,39	4,5

Prema tablici 2. za radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 MPa usvojena je debljine stjenke 3,6 mm, a za ispitni tlak 2,4 MPa usvojena je debljine stjenke 4,5 mm.

3. Izrada 3D modela dijelova i sklopa cijevnog pročistača PY – 100.10 i generiranje familije proizvoda PY – 80.10 i PY – 65.10

3D oblikovanjam poklopca cijevnog pročistača PY – 100.10 izrađene su skice i značajkom dodavanja materijala na skicu (slika 5. lijevo), a pomoću ostalih raspoloživih alata za 3D modeliranje izrađen je i gotov 3D model poklopca (slika 5. desno).



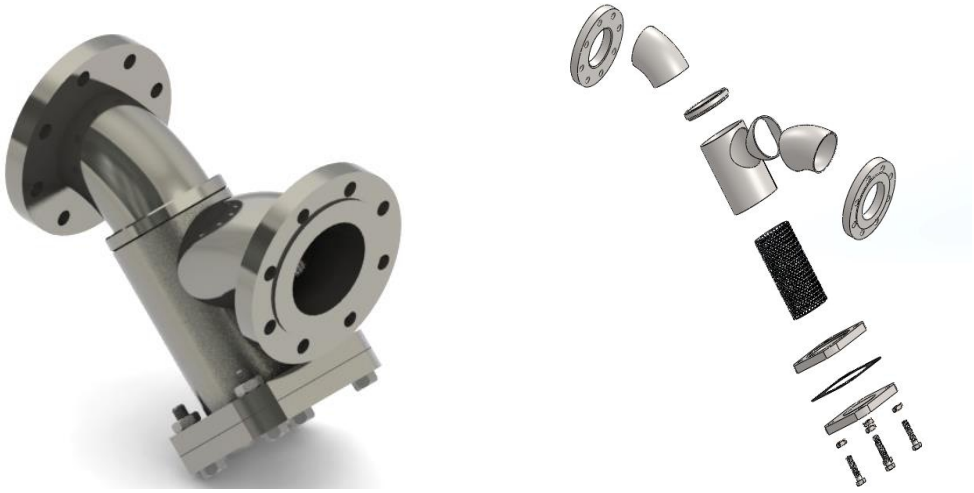
Slika 5. Modeliranje poklopca cijevnog pročistača PY – 100.10 značajkom dodavanja materijala (lijevo) i gotov 3D model poklopca (desno)

Slijedom″generiranja″ konfiguracija ″obitelji″ poklopaca za cijevne pročistače PY – 80.10 i PY – 65.10 pomoću programskog modula *Design Table* programskog alata *SolidWorks* – kreiranjem tablica i unošenjem parametara i konfiguracija u programskom alatu *Microsoft Excel* (slika 6.). Istim postupkom oblikovani su i ″generirane″ konfiguracije ″obitelji dijelova″ i ostalih dijelova koji čine sklopove cijevnih pročistača PY – 100.10. , PY – 80.10. , PY – 65.10. (dno, cijevni luk 45°, nastavak, prirubnica, cijev, filtarski element, brtva,…).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Design Table for: Part1													
2		Duljina poklopca@Sketch1	Duljina poklopca1@Sketch1	Dodavanje materijala@Boss-Extrude1	Promjer 1@Sketch8	Dodavanje materijala 1@Cut-Extrude2	Promjer3@Sketch9	Promjer2@Sketch9	Oduzimanje materijala@Cut-Extrude3	Tolerancije@D2@3DSketch7	Duljina provrta1@3DSketch7	Duljina provrta2@3DSketch7	Duljina provrta3@Sketch7	Provrt@Tap Drill for Tap1
3	PY 100.1	190	190	22	230	22	110	105	5	NONE	40	93	92,5	M16
4	PY 80.10	140	140	13	180	13	85	91	5	NONE	20	73	72,5	M12
5	PY 65.10	140	140	13	180	13	85	91	5	NONE	20	73	72,5	M12

Slika 6. Prikaz konfiguracija ″obitelji″ poklopaca za cijevne pročistače PY – 80.10 i PY – 65.10 na temelju polaznog poklopca pročistača PY – 100.10.

Nakon 3D modeliranja svih dijelova cijevnog pročistača PY – 100.10. , izvršeno je njihovo spajanje u sklop - gotov proizvod (slika 7. – lijevo) i rastavljanje u cilju izrade kataloga rezervnih dijelova (slika 7. – desno)

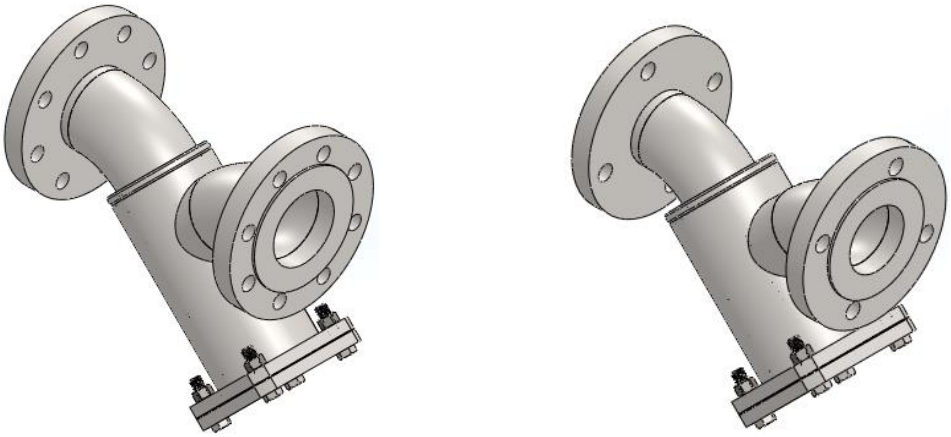


Slika 7. Renderirani (foto-realističan) prikaz 3D modela sklopa cijevnog pročistača PY-100.10. (lijevo) i prikaz u rastavljenom stanju (desno).

Izradom 3D sklopa cijevnog pročistača PY – 100.10. pomoću programskog modula *Design Table* programskog alata *SolidWorks* – kreiranjem tablice izrađene su konfiguracije - ″obitelji proizvoda ″ pročistača PY – 80.10. i PY – 65.10 (slika 8.).
Na temelju izrađenih konfiguracija - ″obitelji proizvoda ″ pročistača PY – 80.10. i PY – 65.10 generirani su 3D modeli sklopova – gotovih proizvoda (slika 9.).

	A	B	C	D	E	G	H	I	J	K	L	M
1	Design Table for: Assem5											
2		$CONFIGURATION@Brtva<1>	$CONFIGURATION@cijev1<1>	$CONFIGURATION@cijevni_luk<3>	$CONFIGURATION@cijevni_luk<4>	$CONFIGURATION@Filtacioni element<1>	$CONFIGURATION@nastavak za cijev<1>	$CONFIGURATION@nastavak1<1>	$CONFIGURATION@Poklopac<1>	$CONFIGURATION@Prirub<1>	$CONFIGURATION@Prirubnica<3>	$CONFIGURATION@Prirubnica<4>
3	PY 100.10	PY 100.1	PY-100.1	PY 100.1	PY 100.1	PY 100.1	PY 80.10	PY 100.1	PY 100.1	PY 100.10	PY 100.10	PY 100.10
4	PY 80.10	PY 80.10	PY-80.10	PY 80.10	PY 80.10	PY 80.10	PY 80.10	PY 80.10	PY 80.10	PY 80.10	PY 80.10	PY 80.10
5	PY 65.10	PY 65.10	PY -65.1(	PY 65.10	PY 65.10	PY 65.10	PY 65.10	PY 65.10	PY 65.10	PY 65.10	PY 65.10	PY 65.10

Slika 8. Konfiguracije - ″obitelji proizvoda ″ cijevnih pročistača , PY – 80.10. i PY – 65.10 na temelju polaznog cijevnog pročistača PY – 100.10



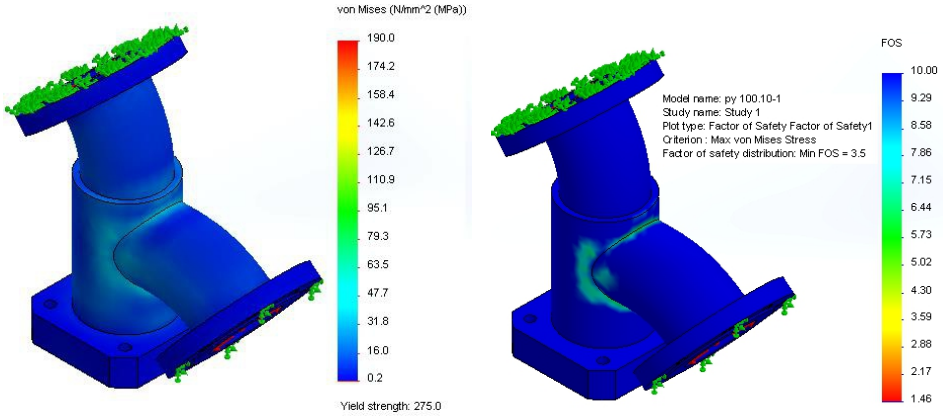
Slika 9. ″Generirane″ konfiguracije - ″obitelji proizvoda ″ cijevnih pročistača PY – 80.10. i PY – 65.10

4. Analiza naprezanja (FEA) i faktora sigurnosti (FOS) pročistača PY -100.10

Analizom naprezanja (*Finite Element Analysis - FEA*) i faktora sigurnosti (*Factor Of Safety - FOS*) kućišta postojećeg proizvoda cijevnog pročistača PY -100.10 provjereni su prethodno izrađeni analitički proračuni za radne tlakove: p_r = 1,0 i 1,6 MPa, te ispitni tlak p_i = 2,4 MPa i materijal kućišta P235G1TH (Č1214) s karakteristikama definiranim u bazi materijala programskog alata *SolidWorks*.

4.1. Analiza naprezanja (FEA) i faktora sigurnosti (FOS) cijevnog pročistača PY - 100.10

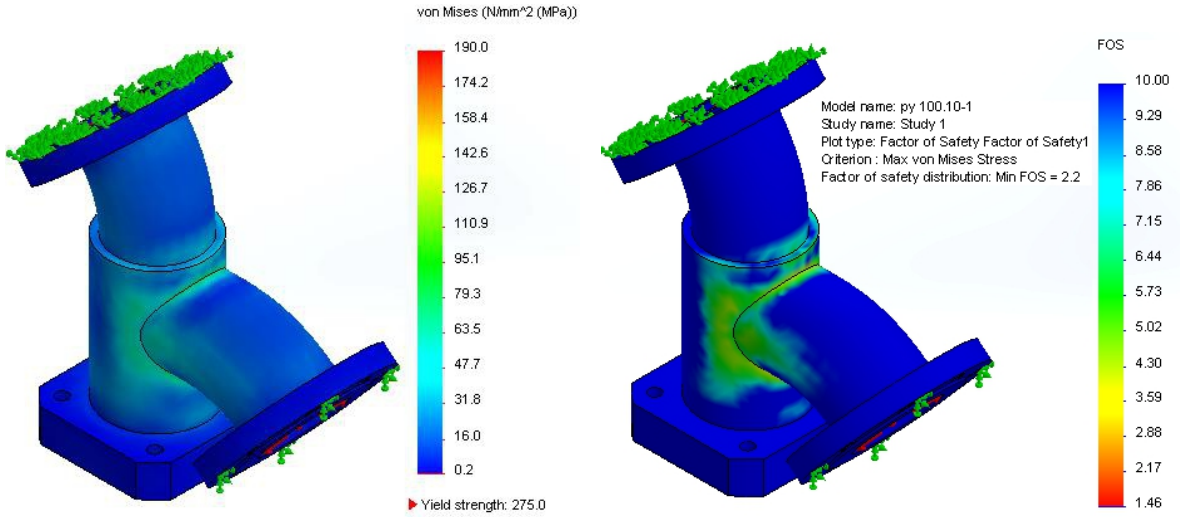
Na slikama 10 (a i b), 11 (a i b) i 12 (a i b) grafički s kontrastom boja i numeričkom skalom vrijednosti prostorno su prikazani raspored naprezanja i faktor sigurnosti za radne tlakove: p_r = 1,0 i 1,6 MPa, te ispitni tlak p_i = 2,4 MPa i materijal kućišta P235G1TH (Č1214) 3D modela sklopa cijevnog pročistača PY -100.10.



a) **b)**

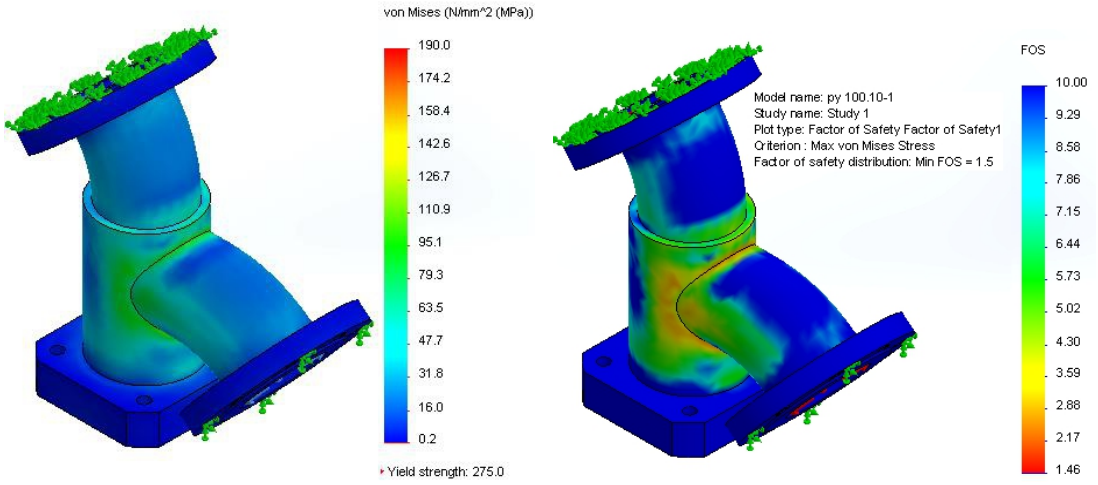
Slika 10. Analiza naprezanja sklopa cijevnog pročistača PY -100.10 (FEA) – **a)** i faktora sigurnosti (FOS) – **b)** za p_{radni} = 1,0 MPa

Rezultati provedene (FEA) analize naprezanja kućišta pročistača PY-100.10 za radni tlak p_{radni} = 1MPa (10 bar) i za materijal P235G1TH (Č1214) potvrđuju vrijednosti naprezanja na skali (slika 10. a) znatno manja od dozvoljenog naprezanja σ_{dop} = 186 N/mm^2 , potvrđena je točnost analitičkog proračuna minimalne debljine stjenke (s = 2,61 mm) kućišta te se predviđa izdržljivost kućišta pročistača PY-100.10 i za veće radne tlakove. Minimalni faktor sigurnosti (*FOS*) za pročistač PY-100.10 za radni tlak p_{radni} = 1 MPa iznosi 3,5 (slika 10. b). Povećanjem radnog tlaka p_{radni} = 1,6 MPa, rezultati provedene analize naprezanja (*FEA*) za materijal P235G1TH (za debljine stijenke *s* = 3,6 mm) ne potvrđuju značajnije promjene vrijednosti očitanja naprezanja na skali (slika 11. a) i manja su od dozvoljenog naprezanja σ_{dop}= 186 N/mm^2. Potvrđena je točnost analitičkog proračuna minimalne debljine stjenke (s = 3,38 mm) uz predvidljivu izdržljivost kućišta pročistača PY-100.10 i za veće radne tlakove. Minimalni faktor sigurnosti (*FOS*) kućišta pročistača PY-100.10 za radni tlak p_{radni} = 1,6 MPa iznosi 2,2 (slika 11.b). Rezultati provedene (FEA) analize naprezanja kućišta pročistača PY-100.10 za ispitni tlak $p_{ispitni}$ = 2,4 MPa i materijal P235G1TH (za debljine stjenke *s* = 3,6 mm) , prikazuju (vizualno) vidljive promjene na stjenkama pročistača (slika 12.a). Iako su očitana naprezanja na skali (slika 12.a) manja od dozvoljenog naprezanja σ_{dop}= 186 N/mm^2 za materijal P235G1TH (Č1214), potvrđena je točnost analitičkog proračuna minimalne debljine stjenke (s = 4,39 mm) i izdržljivost kućišta pročistača za ispitno opterećenje, ali zbog pada faktora sigurnosti (*FOS*) (slika 12. b) na 1,5 usvojena je debljina stjenke s = 4,5 mm.



a) **b)**

Slika 11. Analiza naprezanja sklopa cijevnog pročistača PY -100.10 (FEA) – **a)** i faktora sigurnosti (FOS) – **b)** za p_{radni} = 1,6 MPa

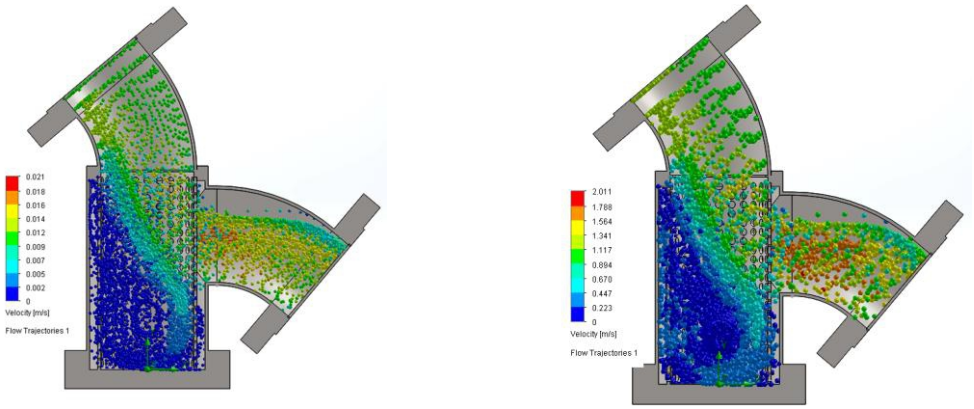


a) **b)**

Slika 12. Analiza naprezanja sklopa cijevnog pročistača PY -100.10 (FEA) – **a)** i faktora sigurnosti (FOS) – **b)** za $p_{ispitni}$ = 2,4 MPa

5. Analiza toka strujanja fluida

Pomoću programskog modula *Flow Simulation* (*Flow Xpress Analysis*) izrađena je simulacija toka strujanja fluida kroz 3D model pročistača PY – 100.10 za volumni protok 0,001 m^3/s i 0,01 m^3/s. Na ulazni priključak zadan je volumni protok V = 0,001 m^3/s odnosno 0,01 m^3/s, a izlazni priključak definiran je kao tlačni dio atmosferskog tlaka 101 325 Pa. Nakon definiranja svih parametara izvršena je analiza (simulacija) toka strujanja fluida. Na slikama 13 (a i b). prikazana je simulacija toka strujanja fluida kroz 3D model pročistača PY – 100.10 za volumni protok V = 0,001 m^3/s, i volumni protok V = 0,01 m^3/s.



a) **b)**

Slika 13. Simulacija toka strujanja fluida kroz 3D model pročistača PY – 100.10 – **a)** za volumni protok V = 0,001 m^3/s i **b)** za volumni protok V = 0,01 m^3/s

Povećanjem volumnog protoka i brzine strujanja medija za oko 8 – 10 puta, prostor za sedimentaciju čestica se smanjuje i izraženije je kretanje krutih čestica u taložnom prostoru.

6. Zaključak

Na temelju postojeće 2D radioničke dokumentacije u zavarenoj izvedbi provedeni su analitički proračuni minimalnih debljina stjenki cilindričnog dijela kućišta cijevnih pročistača tipa PY – 80.10 i PY – 100.10 prema normi HRN M.E2.253 za radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 MPa, te ispitni 2,4 MPa i materijal kućišta P235G1TH (Č1214). Usvojene su debljine stijenki s obzirom na naprezanja materijala pri temperaturi 200 °C. Primjenom reverznog inženjeringa u programskom alatu *SolidWorks* naprednim tehnikama modeliranja izrađen je 3D model sklopa pročistača PY – 100.10 sa svim pozicijama kao i kompletna 2D radionička dokumentacija pozicija i sklopa kao gotovog proizvoda. U programskom modulu *Design Table* izradom konfiguracijskih tablica i "generiranjem" konfiguracija razvijene su "obitelji" proizvoda pročistača PY – 80.10 i PY – 65.10. Definiranjem svih potrebnih parametara omogućen je neograničen broj sličnih 3D modela različitih veličina. U programskom alatu *SolidWorks* i programskom modulu - *Simulation* provedene su analize naprezanja (*Finite Element Analysis – FEA*) i faktora sigurnosti (*Factor of Safety* - FOS) cilindričnog dijela kućišta pročistača PY – 100.10 za radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 MPa, te ispitni tlak 2,4 MPa i materijal kućišta P235G1TH (Č1214). Provjerene i usvojene su vrijednosti debljina stijenki analitičkog proračuna. Istaknuto je da 3D model sklopa gotovog proizvoda pročistača PY – 100.10 može pouzdano izdržati radno i ispitno opterećenje. Pomoću programskog modula *SolidWorks - FlowSimulation* izrađena je analiza toka strujanja fluida kroz 3D model pročistača PY – 100.10 za volumni protok na ulazu u kućište V = 0,001 m³/s i V = 0,01 m³/s. Predloženi postupci su doprinos praktičnoj primjeni 3D oblikovanja, modificiranju i skraćenom vremenu razvoja generiranjem obitelji proizvoda cijevnih pročistača za različitu namjenu. Predloženim postupcima moguća su daljnja unapređenja primjenjiva za različita energetska postrojenja i procesne sustave.

7. Literatura

[1] MPD pumpe. Filteri-pročistači [Online] http://www.mpd-pumpe.hr/proizvodi/filteri-precistaci/ (14.9.2018.)
[2] Pročistači-specifikacije, montaža i održavanje, Fluid Control Institute, Inc. https://www.sureflowequipment.com/wp-content/uploads/2017/05/Engineering-Specification-Selection-Installation-Maintenance-Pipeline-Strainers-Sure-Flow.pdf (14.9.2018.)
[3] Standardni pročistači –ETAON (14.9 2018) http://www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@filtration/documents/content/pct_304414.pdf (14.9.2018.)
[4] PY pročistač- www.ttslave.com/process.html (14.9.2018.)
[5] Mrežice filtera - https://www.monotaro.sg/g/01293520/ (14.9.2018.)
[6] FSB –Proračun čvrstoće posude pod tlakom https://www.fsb.unizg.hr/termolab/nastava/GAHRN%20M%20E2%20250%20i%20253.pdf (14.9.2018.)

Ekološka analiza površinske zaštite metala od korozije primjenom premaza
Ecological analysis of metal surface protection from corrosion by applying coatings

M. Katava[1], T. Šolić[1,*], D. Marić[1], M. Duspara[1], I. Putnik[1], I. Samardžić[1]

[1]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: tsolic@sfsb.hr

Sažetak

U radu je analiziran utjecaj koji postupci površinske zaštite metala od korozije primjenom premaza imaju na okoliš. Osim štetnog utjecaja koji kemijski i elektrokemijski mehanizmi korozijskih procesa imaju na materijal, velika zagađenja i negativne učinke na okoliš moguće je prouzrokovati i primjenom određenih postupaka površinske zaštite. Površinska zaštita metala, tj. konstrukcije u cjelini, može se temeljiti na tri osnovna načela. To su promjena vanjskih faktora oštećenja, promjena unutarnjih faktora oštećenja te stvaranje zaštitne barijere između metala i agresivne okoline gdje je zaštita premazima upravo jedan od primjera postupka zasnovanog na posljednje navedenom. Prilikom površinske zaštite metala, osim odabira pravog postupka i tehnologije, radnih parametara te dugotrajnosti zaštite, važno je obratiti pažnju na utjecaj koji ista ima kako na okoliš tako i na zdravlje ljudi. Prekomjerna količina hlapivih emisija, koje su karakteristika određenih komponenti od kojih se premaz sastoji, može dovesti do ozbiljnih štetnih utjecaja pa je stoga različitim direktivama i zakonima određeno da se klasični premazi moraju postepeno u budućnosti zamijeniti s premazima nove generacije koji imaju znatno manju količinu otapala pa se prema tome i propisi odnose na otapala, odnosno na minimaliziranje štetnih tvari koje oni sadrže. Kao ekološki prihvatljivi premazi tako se smatraju vodorazrjedivi premazi, premazi s visokim udjelom suhe tvari, praškasti premazi te 100 %-tni bezotapalni sustavi premaza. U skladu s tim prikazane su zakonom propisane granične vrijednosti sadržaja hlapivih organskih spojeva kao i uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zraku.

Ključne riječi: korozija, površinska zaštita, premazi, ekološka analiza

Abstract

This paper analyzes the influence of metal surface protection from corrosion by applying coatings to the environment. Apart from the harmful influence that chemical and electrochemical mechanisms of corrosion processes have on the material, large pollution

and negative environmental impacts can also be caused by the application of certain surface protection procedures. Surface protection of metals, ie the construction as a whole, can be based on three basic principles. These are changes in external factors of damage, changing internal damage factors and creating a protective barrier between metal and aggressive environments where coating protection is just one example of a procedure based on the last mentioned. For metal surface protection, apart from selecting the right process and technology, working parameters and longevity of protection, it is important to pay attention to the impact that it has on the environment as well as on human health. Excessive amount of volatile emissions, which are the characteristic of certain components of which the coating is composed, can lead to serious adverse impacts so by various directives and by law it has been determined that classic coatings must gradually be replaced in future with new generation coatings which have a considerably smaller amount of solvent, and hence the regulations refer to solvents, or to minimize the harmful substances they contain. As ecologically acceptable coatings, these are considered as waterborne coatings, coated with a high dry matter content, powder coatings and 100% non-solvent coatings. Accordingly, the limit values of the volatile organic compounds content as well as the limit values for pollutant emissions in the air are prescribed by law are pressented in this paper.

Key words: corrosion, surface protection, coatings, ecological analysis

1. Uvod

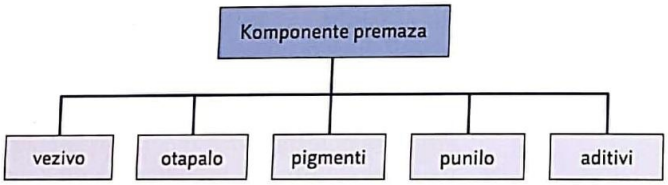
Oduvijek je čovječanstvo težilo što dužem vijeku trajanja konstrukcijskih materijala. Među najvećim prijetnjama skraćenju vijeka trajanja konstrukcijskog materijala je korozija s kojom se svakodnevno susreće, a koja je posljedica reakcije istoga i agresivne okoline [1, 2]. Pojava korozije također za posljedicu ima smanjenje uporabne vrijednosti čelika što u konačnici uzrokuje poskupljenje održavanja konstrukcije, izazivanje nesreće, havarije i slično. Da bi se korozija pojavila potrebno je prisustvo pokretačke sile (u kemijskom, biološkom, mehaničkom, fizikalnom ili nekom drugom obliku). Korozija se smatra uzrokom štetnih pojava, a njoj se odupiru kemijski i fizikalni otpori. Pravovremenom i kvalitetnom zaštitom od korozije, ti otpori se mogu povećavati i kočiti tijek korozijskog procesa [3]. U današnje vrijeme najčešće se primjenjuju premazi kao zaštita konstrukcijskog materijala od korozija [4]. Tehnologija zaštite premazima je zahtjevna za provesti, ali ima veliku ulogu na završnu kvalitetu i eksploatacijska svojstva konstrukcije. Sve veća primjena premaza dovela je do pooštrenja zakonskih odredbi koje ograničavaju emisiju hlapivih organskih spojeva kao i uvođenje uredbi o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zraku, a sve sa ciljem smanjenja štetnog utjecaja koji isti imaju kako na okoliš tako i na zdravlje ljudi.

2. Ekološka primjena premaza

Priliko izvođenja površinske zaštite mora se voditi računa o zaštiti okoliš jer iako tehnologije površinske zaštite koče koroziju čiji su produkti štetni za okoliš, mnoga sredstva koja se koriste za provođenje površinske zaštite su štetna ili otrovna. Stoga je bitno kontrolirati količine korištenih sredstava ili ih učiniti ekološki prihvatljivijima [3].

2.1. Komponente premaza

Razlika između boje i premaza nije velika. Premaz je općenito naziv za jedan ili više međusobno povezanih slojeva, koji je nanesen na podlogu i koji je stvorio ″suhi″ film. Izraz boja tradicionalno se rabi za opis pigmentiranih materijala drugačijih od bezbojnih filmova koje nazivamo lakovi [4]. Na slici 1 su prikazane komponente premaza.



Slika 1. Komponente premaza [4]

- Veziva - organske neisparljive tvari u tekućem ili praškastom stanju koje povezuju komponente premaza stvarajući tvrdi zaštitni sloj. Važna veziva su sušiva masna ulja, poliplasti, prirodne smole, prirodni ili sintetički kaučuk i bituminozne tvari [4].
- Otapala - predstavljaju hlapive organske spojeve u kojima dolazi do otapanja veziva, ali bez kemijskih promjena. Primjenjuju se za postizanje određene vrijednosti zaštitnog sredstva, tako da njihovo nanošenje bude olakšano. To su niskoviskozne i lako hlapive smjese na bazi alifatskih, aromatskih i kloriranih ugljikovodika, alkohola i ketona. Prilikom hlapljenja dolazi do otpuštanja štetnih para, a otapala su lako zapaljiva [4].
- Pigmenti - organske ili anorganske, obojene ili neobojene, netopljive čestice u obliku praha, paste ili vlakana koje su već u proizvodnji raspršene u premazu. Pigmentima se ostvaruje neprozirnost i obojenje naličja, a služe i za poboljšavanje zaštitnog djelovanja, otporniji su na grijanje i na utjecaj svjetlosti, te dolazi do poboljšanja mehaničkih svojstava. Prema mehanizmu djelovanja mogu biti aktivni, nalaze se u temeljnim premazima, i inertni koji su u svim premazima. Aktivnost zaštitnih pigmenata osniva se na inhibiciji korozije, pasivizaciji površine, katodnoj zaštiti metalne podloge te neutralizaciji kiselih tvari iz okoline, dok se inertnost ostvaruje na barijernom učinku [4].
- Punila – netopljive bijele ili slabo obojene anorganske tvari. Služe za lakšu kontrolu reoloških svojstava, poboljšanje mazivosti i svojstava tečenja, kao ugrušćivači, povećanje ili sniženje sjaja, poboljšanje mehaničkih svojstava, otpornosti prema difuziji vode i agresivnih plinova. Dobivaju se iz prirodnih minerala ili sintetskim taloženjem iz vodenih otopina. Po kemijskom sastavu mogu biti sulfati, karbonati, oksidi i silikati [4].
- Aditivi - imaju neznatni udjel u formulaciji, ali značajno utječu na svojstva. Primjenjuju se za uklanjanje nedostataka, a prema nedostatku na koji djeluju mogu biti: disperzanti i okvašivači, reološki aditivi, aditivi protiv pjenjenja, aditivi za poboljšanje izgleda površine, katalizatori i sušila, konzervansi, svjetlosni stabilizatori i inhibitori korozije [4].

2.2. Okolišu prihvatljivi premazi

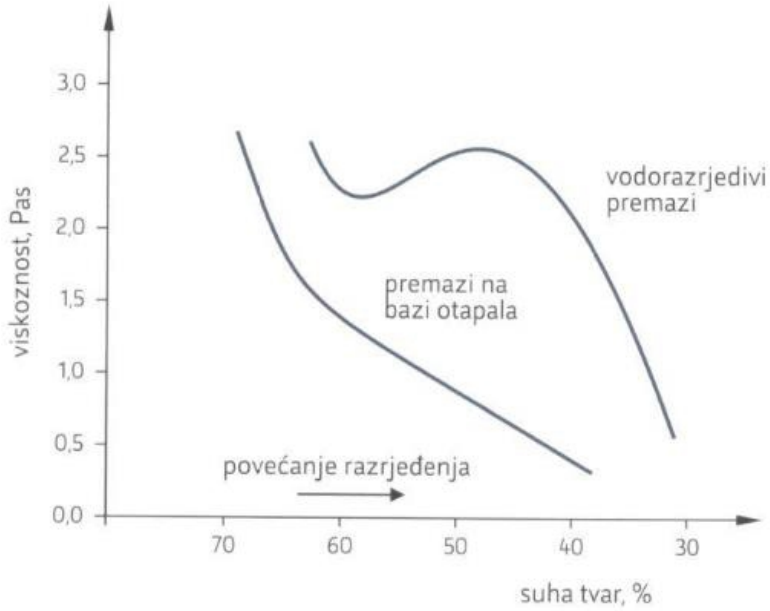
Poštovanje zakona i ekoloških regulativa o dopuštenim količinama ispuštanja organskih otapala u okolinu dovelo je do brojnih promjena u sustavu premaza za zaštitu metala od korozije. Proizvođači premaza su prisiljeni raditi na novim formulama, a glavni dio promjena započeo je smanjivanjem udjela organskih otapala u premazu te uporabom premaza koji sadržavaju antikorozivne pigmente bez teških metala.

Ekološki prihvatljivi premazi se dijele na [4]:

- Vodorazrjedivi premazi
- Premazi s visokim udjelom suhe tvari
- Praškasti premazi
- 100%-tni bezotapalni sustavi premaza

Vodorazrjedivi premazi su razvijeni da bi se omogućila zamjena otapala vodom, s tim da i dalje sadržavaju minimalni dopušteni udio organskih otapala koja onečišćuju okoliš. Kako bi se smanjila emisija štetnih otapala u zrak primjenjuje se voda (smanjenje emisije štetnih otapala za više od 50g/l godišnje), također se primjenjuju antikorozivni pigmenti bez teških metala, koji su otrovni po okoliš. Dobivanje ovih premaza je složenije od dobivanja premaza na bazi otapala jer svaka komponenta ima posebnu funkciju. Bitno je odabrati takve komponente koje ne ometaju stvaranje filma, koje pružaju dobra svojstva stvarajući barijeru između premaza i okoline te koje pružaju korozijsku otpornost. U početnoj fazi stvaranja filma fizikalno sušivih vodorazrjedivih premaza dolazi do hlapljenja vode i vodorazrjedivih otapala za kojima ostaje gusto složeni sloj disperziranih polimernih čestica s mikroskopskim kanalićima između njih. U sljedećoj fazi stvaranja filma dolazi do deformiranja čestica koje su bile sfernog oblika što za posljedicu ima nastajanje kontinuiranog, ali tankog filma. U završnoj fazi dolazi do procesa povezivanja (srašćivanja) prilikom kojeg dolazi do umrežavanja polimernih čestica što dovodi do jačanja filma. Kako bi se skratilo vrijeme stvaranja filma, vrši se dodavanje organskih otapala. Prilikom formiranja filma dolazi do hlapljenja organskih otapala, što znači da dolazi do emisije štetnih para u atmosferu. Međutim, udio hlapljivih organskih spojeva (VOC, engl. Volatile Organic Compound) niži je od graničnih vrijednosti dozvoljene emisije štetnih tvari u okoliš. Fizikalna svojstva vode i organskih otapala dosta se razlikuju, a što treba pripaziti prilikom primjene vodenih premaza. Zbog visokog dipolarnog momenta, molekule vode imaju visoku površinsku napetost. Površinska napetost vode iznosi 73 mN/m, što je bitno veće od površinske napetosti otapala (ksilen 28 mN/m). Teže će se ostvariti prodiranje kod prljavih, prašnjavih i relativno poroznih površina ako je površinska napetost visoka, stoga se zahtjeva veoma čista površina za nanošenje premaza. Prilikom nanošenja premaza potrebno je osigurati parametre za kvalitetno nanošenje premaza, odnosno temperaturu veću od 5°C i relativnu vlažnost zraka manju od 85%. Voda sporije ishlapljuje pri višoj relativnoj vlazi zraka, što dovodi do predugog sušenja filma, što povećava mogućnost pojavljivanja greške na površini premaza. Međutim, kod preniske vlažnosti zraka (manja od 30%) doći će do bržeg sušenja filma, a to dovodi do grešaka prilikom formiranja filma, tj. dolazi do zarobljavanja vode u unutrašnjosti premaza. Kako bi se ostvarilo stvaranje homogenog filma potrebna je temperatura oko 20°C. Za premaze koje je potrebno nanositi na nižim temperaturama, dodaju se koalescenti

koji snižavaju minimalnu temperaturu stvaranja homogenog filma, omekšavaju premaz i povećavaju razinu hlapivih organskih spojeva (HOS) u premazu [4]. Na slici 2 su prikazana reološka svojstva premaza na bazi otapala i vodorazrjedivih premaza.



Slika 2. Reološka svojstva premaza na bazi otapala i vodorazjedivih premaza [4]

Prednosti ″vodenih″ premaza: smanjena emisija VOC-a, primjena konvencionalnih postupaka nanošenja, manje su otrovni, jednostavno čišćenje alata, minimalni otpad, mala zapaljivost, mogućnost odlaganja osušene boje kao bezopasnog otpada. Nedostaci ″vodenih″ premaza: skloni stvaranju pjene, zahtijevaju čistu površinu za visokokvalitetnu aplikaciju, potrebno je dulje vrijeme sušenja ili povišene temperature pečenja, poteškoće dobivanja visokog sjaja, visoka cijena, mogućnost otapanja filma dodavanjem istog ili jačeg otapala, osjetljivost na visoku vlagu, manja temperaturna otpornost [5].
Premazi s visokom udjelom suhe tvari sadrže više od 85 % suhe tvari. Da bi se mogao ostvariti tako visoki udio suhe tvari, vezivo mora biti modificirano kako bi se smanjila unutarnja viskoznost. Sadrže manje otapala pa je manja emisija hlapivih organskih spojeva. Na površinu se nanose pomoću opreme za prskanje, ali priprema površine ostaje i dalje kritična točka. Prednosti premaza s visokom suhom tvari: smanjena emisija VOC-a, smanjena upotreba otapala, smanjena požarna opasnost, smanjen broj primijenjenih nanosa da se postigne tražena debljina filma, poboljšana površinska tvrdoća, smanjena zagađenost i problemi mirisa, povećana sigurnost, mogućnost primjene opreme za prskanje, smanjenje cijene energije za vrijeme sušenja. Nedostaci premaza s visokom suhom tvari: zahtijevaju višu temperaturu sušenja, osjetljivi su na neadekvatno očišćenu površinu, veoma osjetljivi na temperaturu i vlagu, teško se kontrolira debljina filma i curenje, ne mogu se koristiti za umakanje i polijevanje, teško se obnavljaju, otapala nisu kompletno eliminirana, kraće radno vrijeme [5]. Praškasti premazi su mješavina smole, pigmenta i aditiva koji su u proizvodnom procesu promiješani, ekstrudirani, samljeveni i pakirani kao prah u plastične vreće u kutijama. Prihvatljivi su okolinu jer ne sadrže organska otapala.

Imaju visoki stupanj iskorištenja boje kod bojenja koji iznosi i do 99%. Imaju najbolju ekološku bilancu u usporedbi o ostalim bojama. Prednosti su niža cijena, visoko su otporni na udarce, abraziju i na kemikalije, dobra kvaliteta i trajnost premaza, smanjena izloženost radnika parama. Nedostaci su: postupak je vezan za dovođenje topline, mogu uzrokovati praškaste nakupine, zahtijevaju bolju predobradu, teško se postižu tanki filmovi i teško je mijenjati nijansu [5,6].

2.3. Standardi i ekološki propisi

Posljednjih godina ekološki propisi i standardi postaju sve oštriji i zahtijevaju određena pravila za proizvodnju premaza. U početku se to većinom odnosilo samo na dekorativne premaze, no u današnje vrijeme se to sve više primjenjuje i na industrijske premaze, a propisi se uglavnom odnose na otapala. Europska unija zahtjeva da se štetne tvari u otapalima moraju svesti na minimum ili da se primjenjuju drugi načini zaštite od korozije koji su ekološki prihvatljiviji, npr. vodorazrjedivi premazi ili premazi bez otapala. Još uvijek je teško pronaći pravu zamjenu za boje bez otapala (BBO) jer zamjene imaju određene prednosti, a i nedostatke. Dva najveća nedostatka BBO su : da se jako slabo suše i imaju malu korozijsku postojanost, ako je temperatura ispod 10 °C, u usporedbi s vodorazrjedivim premazima. Problem kod vodorazrjedivih premaza su ograničenja za klimatske uvjete tijekom nanošenja premaza. Zahtijevaju dobru kontrolnu temperaturu, relativne vlažnosti i ventilacije tijekom nanošenja. Također imaju ograničenja u upotrebi pod vodom, na povišenim temperaturama i ako su u kontaktu sa agresivnim medijem. Međutim, ovi premazi se još uvelike razvijaju kako bi imali što bolje karakteristike od BBO, a sve to ubrzava regulativa o hlapivim organskim spojevima (HOS) [7].

2.4. Zakon o graničnim vrijednostima

Ovim zakonom su propisane granične vrijednosti hlapivih organskih spojeva u bojama i lakovima koji se upotrebljavaju u graditeljstvu i proizvodima za završnu obradu. U nastavku su detaljno objašnjeni pojmovi koji se spominju u ovom zakonu [8] :

- ˝ Organski spoj je spoj koji u sebi sadrži najmanje ugljik i jedan ili više sljedećih elemenata: vodik, kisik, sumpor, fosfor, silicij, dušik ili halogen, izuzimajući ugljikove okside, anorganske karbonate i bikarbonate.˝
- ˝Hlapivi organski spoj (HOS) je svaki organski spoj čija je početna točka vrelišta niža ili jednaka 250 °C, izmjerena pri standardnom tlaku od 101,3 kPa,˝
- ˝Sadržaj hlapivih organskih spojeva je masa hlapivih organskih spojeva, izražena u gramima po litri (g/l), u proizvodu koji je spreman za uporabu. Masa hlapivih organskih spojeva u danom proizvodu koji kemijski reagira tijekom sušenja stvarajući dio premaza ne smatra se dijelom sadržaja hlapivog organskog spoja.˝
- ˝Organsko otapalo je bilo koji hlapivi organski spoj koji se sam ili u kombinaciji s drugim agensima upotrebljava za otapanje sirovina, proizvoda ili otpadnih materijala, ili se upotrebljava kao sredstvo za čišćenje koje otapa onečišćujuće tvari, ili kao disperzivno sredstvo, ili kao sredstvo za podešavanje viskoziteta ili površinske napetosti, kao plastifikator ili kao konzervans.˝

- ″Boje i lakovi su premazi, isključujući aerosole, a uključujući sva organska otapala ili pripravke koji sadrže organska otapala potrebna za njegovu pravilnu primjenu, koji se koriste u graditeljstvu za dobivanje filma koji ima dekorativni, zaštitni ili drugi funkcionalni učinak na površinu zgrada, njihove ukrase i armature i na uz njih vezane konstrukcije, u dekorativne, funkcionalne i zaštitne svrhe.″
- ″Premaz je svaki pripravak, uključujući sva organska otapala ili pripravke koji sadrže organska otapala potrebna za njegovu pravilnu primjenu, koji se koristi za dobivanje filma koji ima dekorativni, zaštitni ili drugi funkcionalni učinak na površinu.″
- ″Vodeni premazi (u daljnjem tekstu: VP) su premazi čija se viskoznost podešava pomoću vode.″
- ″Premazi na bazi otapala (u daljnjem tekstu: OP) su premazi čija se viskoznost podešava pomoću organskog otapala.″

U tablici 1 su prikazane granične vrijednosti sadržaja hlapivih organskih spojeva, dio A kategorija: boje i lakovi, dok su u tablici 2 prikazane granične vrijednosti sadržaja hlapivih organskih spojeva, dio B kategorija: proizvodi za završnu obradu vozila.

Tablica 1. Granične vrijednosti sadržaja hlapivih organskih spojeva, dio A kategorija: boje i lakovi [8]

	Potkategorija proizvoda	**Vrsta premaza**	**Granična vrijednost sadržaja HOS-eva, g/l**
a)	Mat premazi za unutarnje zidove i stropove (sjaj <25@60°)	VP	30
		OP	30
b)	Sjajni premazi za unutarnje zidove i stropove (sjaj >25@60°)	VP	100
		OP	100
c)	Premazi za vanjske zidove od mineralnih supstrata	VP	40
		OP	430
d)	Boje za unutarnje/vanjsko ukrašavanje i premazivanje drveta, metala ili plastike	VP	130
		OP	300
e)	Lakovi i lazure, za unutarnje i vanjsko uređenje	VP	130
		OP	400
f)	Tankostijene lazure za drvo	VP	130
		OP	700
g)	Temeljni premazi	VP	30
		OP	350
h)	Vezujući premazi	VP	30
		OP	750
i)	Jednokomponentni funkcionalni premazi	VP	140
		OP	500
j)	Dvokomponentni funkcionalni premazi	VP	140
		OP	500
k)	Višebojni premazi	VP	100
		OP	100
l)	Dekorativni premazi	VP	200
		OP	200

Tablica 2. Granične vrijednosti sadržaja hlapivih organskih spojeva, dio B kategorija: proizvodi za završnu obradu vozila [8]

	Potkategorija proizvoda	**Premazi**	**Granična vrijednost sadržaja HOS-eva, g/l**
a)	Proizvodi za pripremu i čišćenje	Proizvodi za pripremu	850
		Sredstva za pretpranje	200
b)	Grubi kit/zapunjač	Sve vrste	250
c)	Temelj	Fini kit/zapunjač i opći temelj za metal	540
		Reaktivni temelji	780
d)	Završni premaz	Sve vrste	420
e)	Specijalni završni proizvodi	Sve vrste	840

2.5. Usporedba premaza

Prilikom odabira odgovarajućeg premaza kojim se štiti metal od korozije treba obratiti pozornost na zahtjevnost tehnologije, koliko je učinkovit sustav zaštite te koliki je utjecaj zaštite na okoliš i ekonomičnost. U tablici 3 je prikazana usporedba različitih premaza.

Tablica 3. Usporedba različitih vrsta premaza [4]

Vrsta premaza	**Ekologija**	**Energija**	**Učinkovitost**	**Zahtjevnost**	**Ekonomičnost**
Premazi na bazi otapala	-	+	+	+	+
Premazi s visokim udjelom suhe tvari	o	+	o	+	+
Vodorazrjedivi premazi	+	o	+	o	o
Praškasti premazi	+	-	+	o	o

Iz tablice je vidljivo da su premazi s otapalima veoma učinkoviti uz veliku brzinu i jednostavnost primjene. Najveći nedostatak je njihov štetan utjecaj na okoliš. Zbog toga bez obzira na sve prednosti ova vrsta premaza ima sve manju primjenu. Premazi s visokim udjelom suhe tvari se primjenjuju za zaštitu metala tamo gdje premazi s boljim ekološkim utjecajem ne zadovoljavaju tražena svojstva. Problem ovih premaza je to što im je sušenje sporo. Iako su praškasti premazi veoma dobri s ekološkog aspekta njihovo zahtjevno nanošenje ograničava njihovu upotrebu. Također problem predstavlja to što je potrebno ostvariti visoku temperaturu da bi se ostvarilo dobro sušenje. Vodorazrjedivi premazi su po kvaliteti zaštite i načinu nanošenja veoma slični premazima na bazi otapala i uz to su ekološki prihvatljivi. Problem je u tome što imaju dulje vrijeme sušenja i osjetljivi su na površinske nečistoće i masnoće [4].

2.6. Granične vrijednosti onečišćujućih tvari u zraku

Pri hlapljenju otapala dolazi do otpuštanja otrovnih para u zrak koje dovode do onečišćenja zraka, što ima loš utjecaj na zdravlje ljudi i okoliš jer plinovi i čestice nadražuju oči i pluća pa preveliko izlaganje ovakvom zraku može dovesti do teških bolesti. Dugotrajno zagađivanje zraka može dovesti i do promjena u klimi, tj. dolazi do promjena prosječne temperature nekog područja. Stvara se takozvani efekt staklenika, do kojeg dolazi jer neki plinovi, npr.

ugljikov dioksid, omogućava sunčevim zrakama da prodiru do zemlje ali njihov povratak izvan atmosfere i strujanje natrag u svemir je onemogućeno. Zbog toga više sunčevih zraka ostaje zarobljeno unutar atmosfere što dovodi do zagrijavanja zemljine površine. Da se prekomjernom zagađivanju stane na kraj u Republici Hrvatskoj je 1. ožujka 2007. na snagu stupila Uredba o graničnim vrijednostima emisija (GVE) onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, u kojoj se propisuju postupci postupanja s otapalima u skladu s direktivom Solvent Emission Directive iz 1999. Granična godišnja potrošnja otapala i pripravaka koji sadrže otapala propisano je EU-direktivom za svaku industriju zasebno. Tako za bojenje metalnih površina, ako neko industrijsko postrojenje premaši dozvoljenu količinu potrošnje otapala morat će izraditi program smanjivanja emisija te smanjiti emisiju. Direktivom je zakazano smanjenje korištenja otapala, kojom je određena shema postupaka kojima će se smanjiti količine korištenog otapala. Većinom to podrazumijeva zamjenu boja s većim sadržajem suhih tvari, smanjena količina otapala, a krajnji rezultat bi trebao biti zamjena klasičnih boja suhim praškastim bojama i bojama na bazi vode [4]. U tablici 4 je prikazan GVE hlapivih organskih spojeva u procesima premazivanja za različite industrijske grane.

Tablica 4. GVE hlapivih organskih spojeva i procesima premazivanja tekstila, tkanina, filma, papirnih površina, metalnih i plastičnih površina, uključujući zrakoplove, brodove, vlakove i drugo [4]

Nova i postojeća postrojenja	**Prag potrošnje otapala (t/god)**	**Donja vrijednost potrošnje otapala (t/god)**	**GVE u otpadnim plinovima izražena je kao ukupni organski ugljik (mg/m^3)**	**Granična vrijednost fugitivnih emisija HOS-eva (%unosa otapala)**
Premazivanje metala, plastike, tekstila, tkanine folije i papira (ne i tiskanje s papirnih valjaka na tkanine)	>5	5-15	100	25
Premazivanje metala, plastike, tekstila, tkanine folije i papira (ne i tiskanje s papirnih valjaka na tkanine) - proces sušenja	>5	>15	50	20
Premazivanje metala, plastike, tekstila, tkanine folije i papira (ne i tiskanje s papirnih valjaka na tkanine) - proces nanošenja premaza	>5	>15	75	20

3. Zaključak

U prošlosti se težilo što boljoj zaštiti metalnih konstrukcija antikorozivnim sredstvima međutim bez obraćanja velike pažnje na to kako će ti premazi utjecati na ljudsko zdravlje i okoliš. Kako se povećava svjesnost čovjeka o njegovom utjecaju na zagađenje okoliša tako su se i u ovome području morale uvesti znatne promjene. Iako klasične boje na bazi otapala daju najbolje rezultate zaštite, brzo i jednostavno se primjenjuju i uz to imaju relativno prihvatljive cijene, njihov najveći nedostatak je to što dolazi do ishlapljivanja štetnih plinova, a danas je primarni cilj upravo smanjiti iste. Stoga su u ovom radu navedeni neki od primjera ekološki prihvatljivijih premaza koji su budućnost antikorozivne zaštite. Na tim premazima se još uvelike radi, jer teško je zamijeniti ulogu otapala u premazima. Zbog toga je Europska Unija, raznim direktivama i zakonima, dopustila proizvođačima da postepeno smanjuju udio hlapivih organskih spojeva u premazima, no i oni moraju težiti razvijanju premaza sa što manjom emisijom hlapivih organskih spojeva i u konačnici razvijanju premaza koji neće imati štetan utjecaj po ljudsko zdravlje i okoliš.

4. Literatura

[1] Sheng, Jie; Xia, Junwu. Effect of simulated pitting corrosion on the tensile properties of steel // *Construction and Building Materials* 131(2017), 90-100
[2] Peng, Shu; Xie, Shi-Kun; Lu, Jin-Tang; Zhang, Lai-Chang. Surface characteristics and corrosion resistance of spangle on hot-dip galvanized coating // *Journal of alloys and compounds* 728(2017), 1002-1008
[3] Esih, Ivan. Osnove površinske zaštite. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2010
[4] Jaruga, Ivan; Alar, Vesna; Stojanović Ivan. Korozija i zaštita premazima. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2014.
[5] Rački-Weihnach, Nada. Boje i lakovi - jučer danas sutra. Zagreb: Chromos boje i lakovi d.d., 2004.
[6] Helios Gruop, Velika Britanija: Powder Coatings URL: https://www.helios-group.eu/powder-coatings/ (17.07.2019.)
[7] Martinković, Željko. Zaštita čeličnih konstrukcija vodorazrjedivim premazima. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2009.
[8] Vlada Republike Hrvatske: Uredba o graničnim vrijednostima sadržaja hlapivih organskih spojeva u određenim bojama i lakovima koji se koriste u graditeljstvu i proizvodima za završnu obradu vozila, Narodne novine NN 130/2011, Zagreb, Hrvatska, 2011.URL:https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2013_06_69_1366.html (21.07.2019.)

Economics design of rectangular and cylindrical storage tanks

Ferenc Orbán

Faculty of Engineering and Information Technology, University of Pécs, Hungary

E-mail: orb@mik.pte.hu

Abstract

Storage tanks hold liquid (gasoline, gas, water) materials. When storing liquid products in tanks with the volume less than 100 m^3 horizontal cylindrical or rectangular tanks are used. While a cylindrical shape is structurally the best for tank construction, rectangular tanks are frequently preferred, because these tanks suit the site requirements better. If we compare the two types of tanks economically, the rectangular tanks may turn out to be cheaper, thanks to the lower manufacturing costs. This paper gives an illustrative example for both types.

Keywords: Horizontal cylindrical tank, rectangular tank, thin-walled structure, strength calculation of pressure vessels.

1. Introduction

The loads of the tanks come from the weight of the liquid and hydrostatic pressure or inner pressure. The tanks are fabricated with or without stiffeners. Unstiffened tanks have large wall thickness, that is why it more economic to use stiffeners.

Horizontal cylindrical tanks consist of a cylindrical part and two ellipsoidal ends. Horizontal cylindrical vessel are assumed to behave as a beam supported on saddles. The horizontal vessel supported with two saddles is statically advantageous (Fig. 1.) Some standards deal with tanks e.g. ASME code, Eurocode 3 etc.

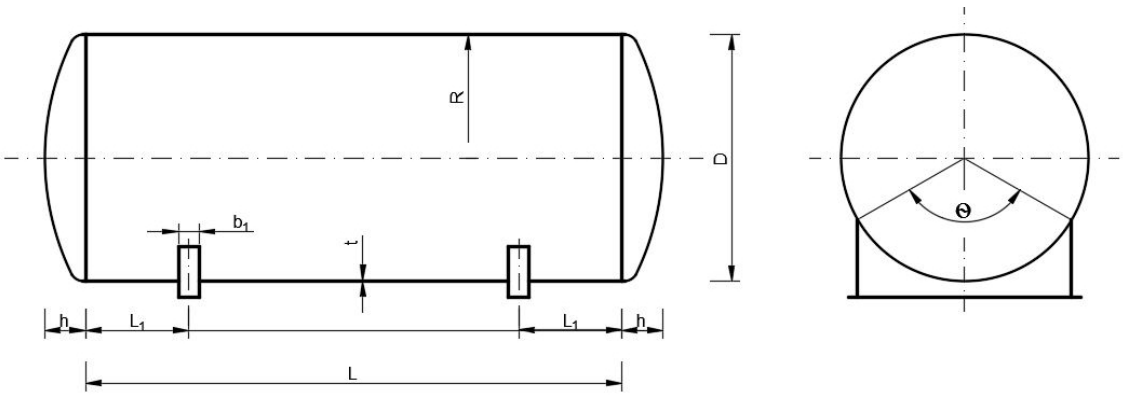


Figure 1. The horizontal tank supported on two saddles.

Rectangular tanks are fabricated from flat plates, to which stiffeners are attached within the plate. They should be treated a stiffened box (Fig. 2.). The stiffeners can be circumferential, vertical or orthogonal. The bottom of the tank seats above the ground.

Rectangular tanks can be dimensioned as a stiffened box in which the structural action is dominantly bending, or the plate among stiffeners is dominantly at membrane stress state.

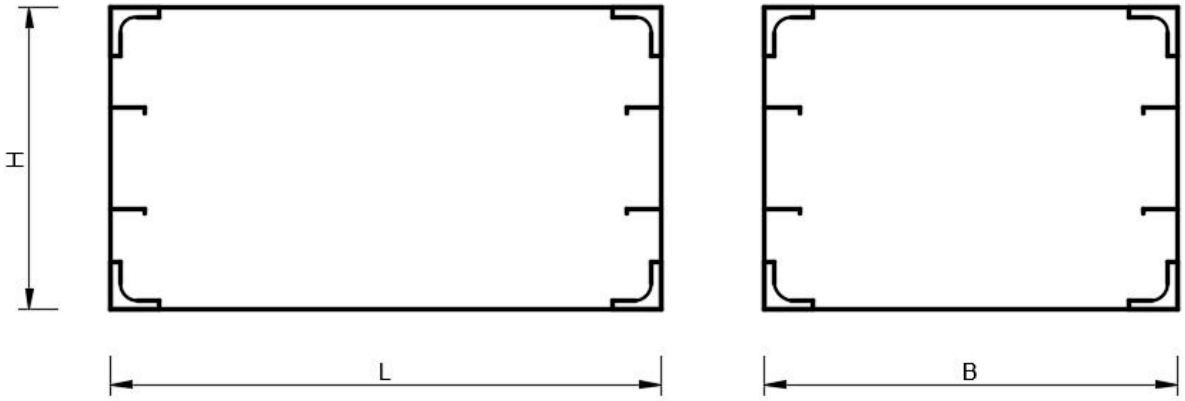


Figure 2. Rectangular tank.

2. Design of horizontal cylindrical tank

The horizontal cylindrical tank supported on two saddles acts basically as a simply supported beam.

An approximate analysis uses beam and ring behaviour to design tanks and the saddle supports.

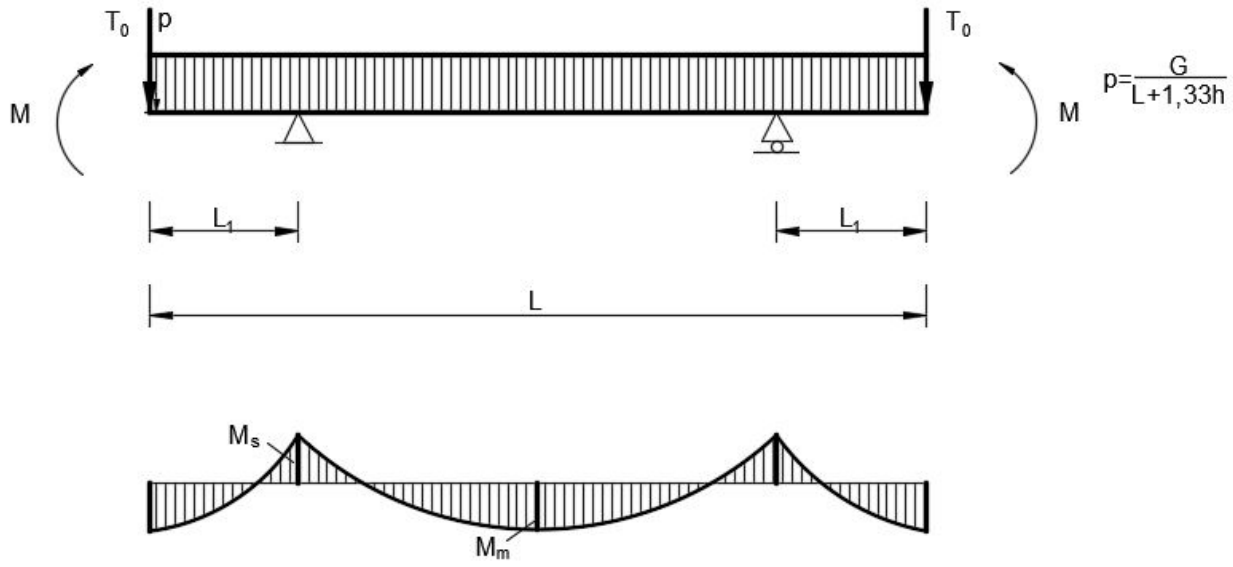


Figure 3. Bending moment diagram.

Longitudinal bending stresses are calculated at mid span, if the entire cross-section is effective:

$$\sigma = \frac{M_m}{R^2\pi \cdot t} \leq f_{y1}$$

The critical bending moment is:

$$M_{cr} = 0{,}36 \cdot D \cdot Et^2$$

$$\frac{M_{cr}}{M_M} \leq 5$$

The saddle reaction Q = G/2 causes tangential shear forces at the shell cross-section in the plane of the saddle. These shear forces originate from tangential bending moments in the shell with the maximum bending stress at the tip (horn) of saddle. It is more effective to use, a ring stiffener in the saddle region.

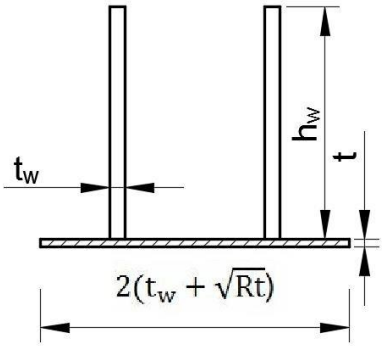


Figure 4. The effective cross-section of stiffener.

The circumferential moment at the horn of the saddle (Fig. 5.).

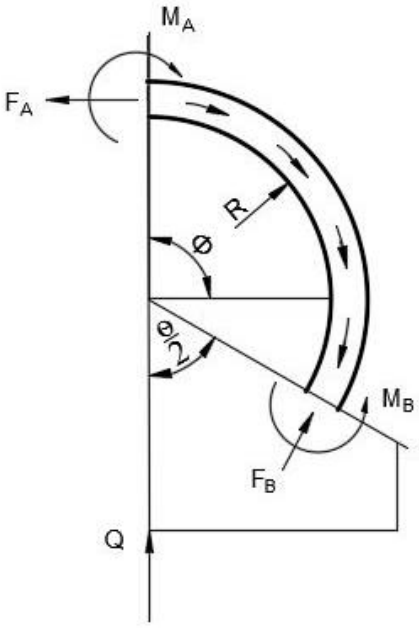


Figure 5. Shear stress in shell at the saddle.

$$M_B = C_1 \cdot Q \cdot R$$

$$C_1 = 0{,}051 \quad if \quad \theta = 120^0$$

$$F_B = C_2 \cdot Q$$

$$C_2 = 0{,}054 \quad if \quad \theta = 120^0$$

$$\sigma = \frac{M_B}{I_s} \cdot e + \frac{F_B}{A_s} \leq f_{y1}$$

The critical load of the supported arch

$$q_{cr} = 8\frac{E \cdot I_s}{R^3}$$

$$q = \frac{Q}{D \cdot sin\frac{\theta}{2}}$$

$$\frac{q_{cr}}{q} \geq 5$$

3. Design of a rectangular storage tank

The ideal form of a rectangular tank is cube form, but there is some recommendation for dimensions. Figure 2 shows these dimensions, where V – volume of tank.

$$L = \frac{3}{2}B \quad and \quad H = \frac{2}{3}B$$

$$B = \sqrt[3]{V}$$

The bottom of the tank is seated on plane. Unstiffened tanks have large wall thickness that is why it is more economic to use stiffeners.

If the volume is bigger than 10 m^3, circumferential stiffeners are recommended.

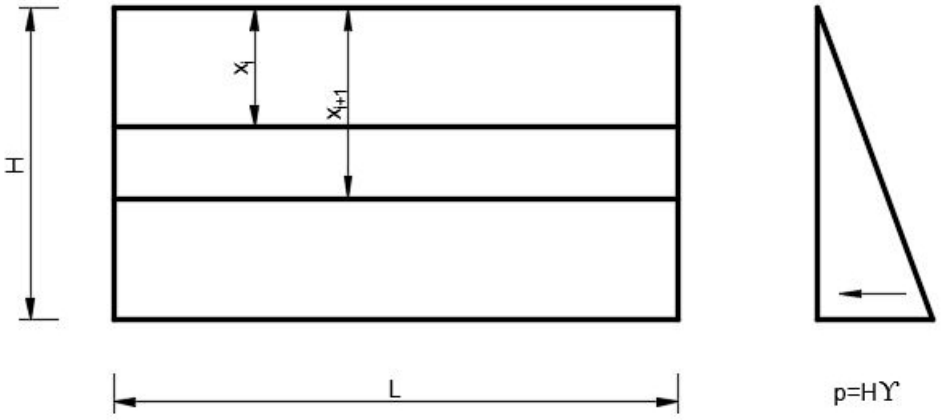


Figure 6. Stiffener distances.

The rectangular tank should be dimensioned as a stiffened plate. At first we calculate the distances of the stiffeners.

The plate stress must be less than the Yield-stress.

$$\sigma_{max} = \frac{p(x_{i+1} + x_i)(x_{i+1} - x_i)^2}{4H \cdot t^2} \leq f_{y1}$$

We assume that the stiffeners are simply supported beams. The load which acts to the beam is a distributed load (q).

$$q = \frac{\gamma_f \gamma}{8}(x_{i+1} + 2x_i + x_{i-1})(x_{i+1} - x_{i-1})$$

γ_f– safety factor

γ – specific weight.

The moment of inertia:

$$I_{MIN} = \frac{q \cdot L^4}{192E \cdot t}$$

Figure 7 shows the dimensions of the stiffeners.

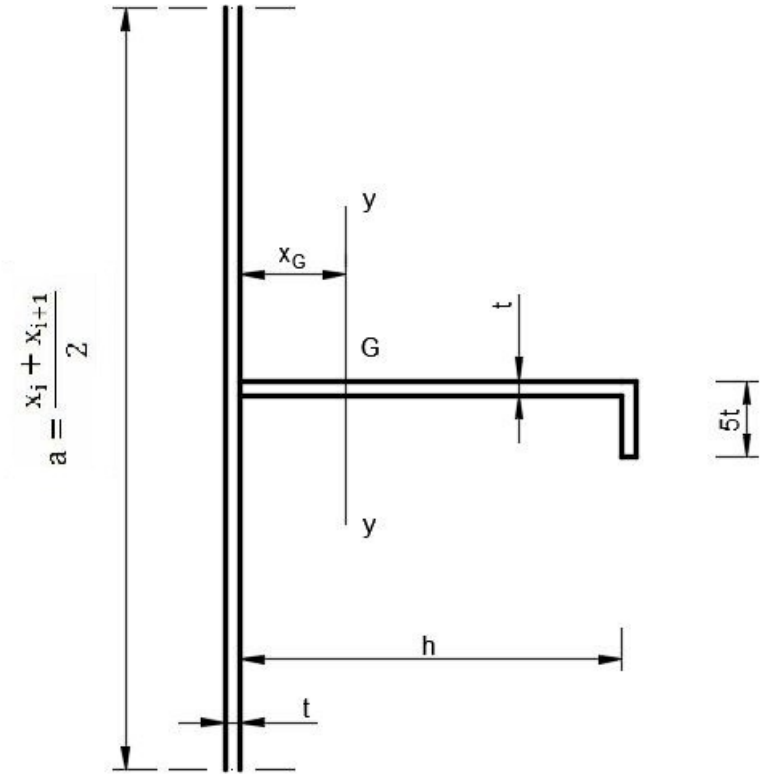


Figure 7. Cross-section of stiffener.

$$x_G = \frac{-a\frac{t^2}{2} + t\frac{h^2}{2} + 15ht^2}{at + ht + 15t^2}$$

$$I_y = \frac{at^3}{12} + at\left(x_G + \frac{t}{2}\right)^2 + \frac{t \cdot h^3}{12} + \left(\frac{h}{2} - x_G\right)^2 t \cdot h + (h - x_G)^2 \cdot 15t^2$$

4. Numerical examples

The volume of the tanks is 25 m^3. The liquid is intended to be gas oil. The density of the liquid is equal to water density: q = 1000 kg/m^3. Material used for tanks is Fe 360. The partial factor for actions is γ_F = 1,35, the partial factor for resistance is γ_{M1} = 1,1.

4.1 Cylindrical tanks

Data: L = 5,2 m, L_1 = 1 m, D = 2,4 m
h = 0,4 m, t = 5 mm, γ_F = 1,35

The weight of full tank of water is G.

G = 264 kN ; Q = G/2 = 132 kN

$$p = \frac{\gamma_F G}{L + \frac{4}{3}h} = \frac{356{,}4}{5{,}73} = 62{,}2\ kN/m$$

$$M_M = 22{,}5 - 47{,}7 + 79{,}6 = 54{,}4\ kN$$

$$\sigma = \frac{54{,}4 \cdot 10^6}{1198^2 \pi \cdot 4} = 3{,}01\ N/mm^2$$

The stiffener cross-section is checked for the compressive force (F_B) and the bending moment (M_B):

$$M_B = 0{,}051 \cdot 178{,}2 \cdot 1197{,}5 = 10833\ Nm$$

$$F_B = 0{,}054 \cdot 178{,}2 = 9{,}6\ kN$$

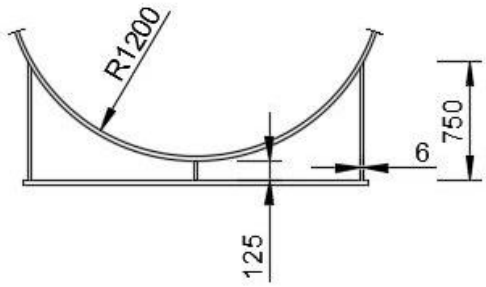


Figure 8. Saddle construction (design was made by finite element method)

The FEM analysis was executed by COSMOSM 2.8. The type of element is SHELL4, the number of elements are 125.

The critical load of the supported arch:

$$q_{cr} = 8 \cdot \frac{E \cdot I_s}{R^3} = 3948\ N/mm^2$$

$$q = \frac{Q}{D \cdot sin60^0} = 63{,}5\ \ N/mm^2$$

$$n = \frac{q_{cr}}{q} = \ 62 \ > \ 5$$

The data for stiffener at saddle:

$h_w = 120 \quad t_w = 8\,; \quad 2 \cdot \left(t_w + \sqrt{R \cdot t}\right) = 160\,;$

$A_s = 25{,}60\ cm^2 \quad I_s = 415\ cm^4; \quad W_s = 55\ cm^2$

4.2 Rectangular tanks

Calculating the distances of the stiffeners.

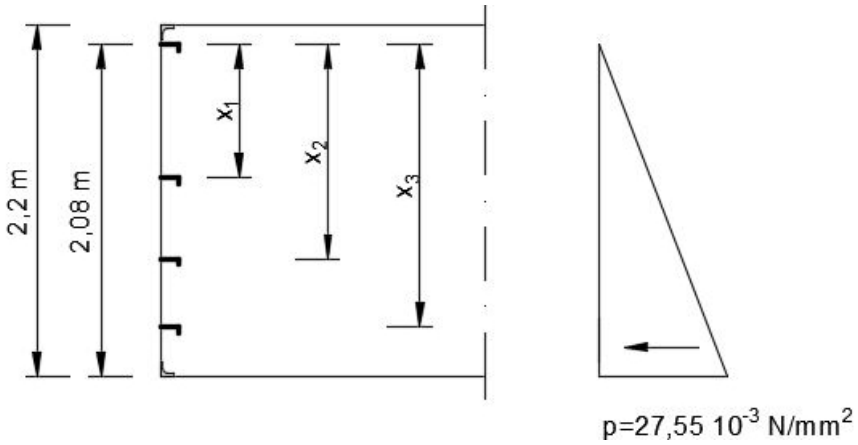


Figure 9. Stiffener distances.

$$x_1 = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot H \cdot t^2 \cdot f_{y1}}{p}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 2080 \cdot 3^2 \cdot 213{,}6}{27{,}55 \cdot 10^{-3}}} = 834$$

$x_1 = 834$

$x_2 = 834 + 510 = 1344$

$x_3 = 1344 + 430 = 1774$

Loads which act on the beam stiffener:

$q_1 = 6{,}69$ N/mm; $q_2 = 8{,}23$ N/mm; $q_3 = 8{,}49$ N/mm

The required moment of inertia:

$I_1 = 1416\ cm^4$; $I_2 = 1742\ cm^4$; $I_3 = 1794\ cm^4$

Table 1. Dimensions of stiffeners

stiffener	h mm	t mm	5t mm	I_y cm^4
0	160	3	15	567
1	250	3	15	1477
2	275	3	15	1752
2	280	3	15	1801

5. Cost calculation [3]

The cost calculation may include the cost of material, assembly, the different fabrication costs such as welding, surface preparation etc.

The cost of materials

$$K_M = k_m \cdot \rho \cdot V$$

k_m = 1,0 – 1,3 \$/kg for steel.

The fabrication cost in general

$$K_f = k_f \cdot \sum T_i$$

where K_f [\$] fabrication cost, k_f [\$/min] is corresponding fabrication cost factor, T_i [min] are production time.

Calculation of the times of preparation, assembly and tacking

$$T_1 = C_1 \cdot \theta \cdot \sqrt{\varkappa \cdot \rho V}$$

where C_1 is a parameter depending on the welding technology, θ is a difficulty factor, κ is number of element to be assembled.

Calculation of real welding time

$$T_2 = \sum C_{2i} \cdot a_w^2 \cdot L_{wi}$$

where C_{2i} is constant for different welding technologies, a_{wi} is weld size, L_{wi} is weld length.

Calculation of additional actions time

$$T_3 = 0{,}3 \sum C_{2i} \cdot a_w^2 \cdot L_{wi}$$

The total cost:

$$K = K_M + K_f \qquad or$$

$$\frac{K}{k_M} = \rho \cdot V + \frac{k_f}{k_m}(T_1 + T_2 + T_3)$$

$$\frac{k_f}{k_m} = 0{,}5 - 2$$

Table 2. Cost calculations

Type of tank	$V_{materials}$ dm³	L_w m	T_1 min	$T_2 + T_3$ min	Cost in \$ $k_f/k_m = 1$	Cost in \$ $k_f/k_m = 1{,}5$
Cylindrical	66	101,7	182	1915	1915	2839
Rectangular	75,8	128	138	1180	1318	2105

6. Conclusion

When comparing the two types of tanks, the cylindrical tank is lighter, but the production cost is higher. Rectangular tanks are ideal for tight spaces. In this article two 25 m³ volume tanks were examined. If we examine different volumes, we get other results.

But it is easy to realize that the fabrication costs are higher for cylindrical tanks.

7. References

[1] Rajagopalan, K.: Storage structures.
Balkema, Rotterdam 1990. 148 – 158

[2] Bodor J.; Szabó J.: Strength calculation of pressurized structures.
Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1982. (in Hungarian)

[3] Farkas J.; Jármai K.: Optimum Design of Steel Structures.
Springer 2013.