

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

14. SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
14th NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

7. MEĐUNARODNI SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
7th 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



Suorganizatori
Co-organizers



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

Osijek, 28.- 30.09.2016.

PLIN 2016

ZBRONIK RADOVA 7. MEĐUNARODNOG SKUPA O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI

PROCEEDINGS OF 7th INTERNATIONAL NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

Izdavač / Publisher: Strojarški fakultet u Slavonskom Brodu

Email: plin@sfsb.hr

URL: <http://konferencija-plin.sfsb.hr>

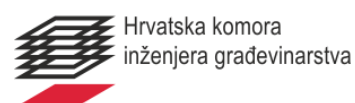
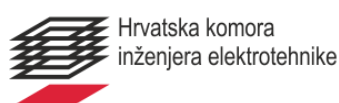
Urednici / Editors:

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

PLIN 2016 Organizacijski odbor / PLIN 2016 Organization committee:

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

Strukovna potpora / Professional support:



Sponzori / Sponsors



PLIN 2016 Počasni odbor / PLIN 2016 Honor committee:

Ivan SAMARDŽIĆ, predsjednik, Hrvatska
Bálint BACHMANN, Mađarska
Zvonko ERCEGOVAC, Hrvatska
Perica JUKIĆ, Hrvatska
Tomislav JUREKOVIĆ, Hrvatska
Damir PEĆUŠAK, Hrvatska
Božo UDOVIČIĆ, Hrvatska

PLIN 2016 Znanstveni odbor / PLIN 2016 Scientific committee:

Dražan KOZAK, predsjednik, Hrvatska
Antun STOIĆ zamjenik pred., Hrvatska
Darko BAJIĆ, Crna Gora
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
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
Ferenc ORBÁN, Mađarska
Branimir PAVKOVIĆ, Hrvatska
Denis PELIN, Hrvatska
Miroslav PLANČAK, Srbija
Marijan RAJSMAN, Hrvatska
Marko RAKIN, Srbija
Miomir RAOS, Srbija
Pero RAOS, Hrvatska
Alessandro RUGGIERO, Italija
Aleksandar SEDMAK, Srbija
Marinko STOJKOV, 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

APLIKATIVNI SUSTAV ZA UPRAVLJANJE PRIRODNIM PLINOM UNUTAR HEP GRUPE	1
P. Franković, P. Čulina, H. Čevapović, D. Zvonarić, Z. Frlan, G. Krstičević, L. Kolembus	
REKONSTRUKCIJA KUĆIŠTA TROKRAKE KUGLASTE SLAVINE	16
B. Hrsak, A. Čikić, E. Kozić	
DIJAGNOZA KVARA U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI POMOĆU UZROČNOG STABLA.....	26
S. Kaluđer	
UTISKIVANJE BIOGASA U GASNU MREŽU / AKTIVNOSTI DVGW U PODRUČJU BIOGASA	36
A. Bučo-Smajić	
DVGW TSM SISTEM UPRAVLJANJA TEHNIČKOM SIGURNOŠĆU ISKUSTVO KJKP SARAJEVOGAS	44
A. Bučo-Smajić, N. Glamoč	
SIGURNA OPSKRBA ENERGIJOM	53
S. Franjić	
PLINSKO-TURBINSKA ELEKTRANA OSIJEK U SUSTAVU HEP D.D.....	59
H. Glavaš, I. Petrović, M. Ivanović	
TEHNOLOGIJA BUŠENJA TLA U CILJU KORIŠTENJA GEOTERMALNE ENERGIJE.....	71
M. Duspara, D. Matjačić, D. Marić, M. Stoić, A. Pranić, I. Samardžić, A. Stoić	
SIMULACIJA BRZOG PRAŽNENJA PLINSKE BOCE	86
Z. Virag, A. Galović, M. Živić	
ANALIZA EKONOMSKE ISPLATIVOSTI HEP OSIJEK 1 FN ELEKTRANE OD 30 kWp.....	94
M. Opačak	
RAZVOJ PLINOFIKACIJE NA DISTRIBUTIVNOM PODRUČJU TVRTKE BROD-PLIN D.O.O. SLAVONSKI BROD	106
D. Bukvić, M. Stojkov, K. Hornung, A. Čikić, Z. Živić	
PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA TEKSTILNE INDUSTRIJE UPORABOM FILTRA OD KATIONIZIRANE CELULOZE.....	121
A. Tarbuk, B. Vojnović, A. Sutlović	
RFID U INDUSTRIJI NAFTE I PLINA.....	127
M. Čičak, G. Zeba	
ANALIZA RADA NADNAPONSKE ZAŠTITE U POLJU KOMPENZACIJE NA DISTRIBUCIJSKOM PODRUČJU ELEKTROSLAVONIJE	137
S. Kaluđer	
VRSTE NEURONSKIH MREŽA ZA DIJAGNOZU KVARA U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU.....	146
S. Kaluđer	

POLOŽAJ REPUBLIKE HRVATSKE U OKVIRU FLEKSIBILNIH MEHANIZAMA KYOTO PROTOKOLA.....	156
D. Tumara, I. Sutlović, P. Raos	
SKRIPTA NAČIN RADA DC IZVORA FOTONAPONSKOG EMULATORA.....	166
D. Pelin, M. Opačak	
RAZVOJ PLINOFIKACIJE U VUKOVARSKO-SRIJEMSKOJ ŽUPANIJI.....	177
M. Ivanović, K. Hornung	
FRICITION IN METAL FORMING – THE COEFFICIENT OF FRICTION μ AND THE FACTOR OF FRICTION m.....	189
B. Grizelj, B. Bandić	
PRIMJENA CIRKULARNE EKONOMIJE.....	199
To. Grizelj, J. Hrnjica Bajramović, Ti. Grizelj	
EKOLOŠKI, ENERGETSKI I EKONOMSKI ASPEKTI U TRETMANU MULJA KAO OBNOVLJIVI IZVOR ENERGIJE.....	205
J. Hrnjica Bajramović, To. Grizelj, Te. Grizelj	
ENERGETSKA UČINKOVITOST U RADU RECIRKULACIJSKIH FONTANA.....	215
Ti. Grizelj, To. Grizelj, Te. Grizelj, H. Šahinović	
UTJECAJ KLIME, SUNČEVOG ZRAČENJA I EKONOMSKE SITUACIJE NA POTROŠNJU PRIRODNOG PLINA.....	223
K. Hornung, M. Stojkov, M. Hornung, A. Čikić	
40 GODINA HEP-PLINA D.O.O. OSIJEK.....	232
Z. Tonković, M. Ivanović	
MOGUĆNOSTI PRIMJENE SUVREMENIH STRATEGIJA ODRŽAVANJA ZA SLOŽENE TEHNIČKE SUSTAVE.....	243
D. Vidaković, H. Glavaš, K. Pavelić	
UTJECAJ SPREMNIKA TOPLINE NA UČINKOVITOST I EKONOMIČNOST TOPLIFIKACIJSKOG SUSTAVA NISKOAKUMULATIVNIH OBJEKATA.....	254
A. Čikić, M. Stojkov, Z. Janković, R. Končić	
KOROZIJSKA POSTOJANOST KOMPENZATORA U CJEVOVODU.....	264
S. Aračić, T. Šolić, I. Tomljenović	
ORGANIZACIJA VISOKO-DISTRIBUIRANE DBMS BAZE PODATAKA OPERATORA PLINSKOG SUSTAVA U CLOUD OKRUŽENJU I INTEGRACIJA U SUSTAV KOMPANIJA ENERGETSKOG SEKTORA.....	273
J. Dizdarević	
PARTICIONIRANJE TRANSAKCIJSKE DBMS CLOUD BAZE PODATAKA OPERATORA PLINSKOG SUSTAVA KORIŠTENJEM NAPREDNIH TEHNIKA I ALGORITAMA.....	284
J. Dizdarević	

Aplikativni sustav za upravljanje prirodnim plinom unutar HEP grupe

Gas information management system in HEP Group

P. Franković¹, P. Čulina², H. Čevapović³, D. Zvonarić⁴, Z. Frlan¹, G. Krstičević¹, L. Kolembus¹

¹HEP d.d.-Sektor za informacijsko komunikacijske tehnologije, Zagreb, Hrvatska

²HEP-Trgovina d.o.o. , Zagreb, Hrvatska

³HEP-Proizvodnja d.o.o. , Zagreb, Hrvatska

⁴HEP-Plin d.o.o., Osijek, Hrvatska

Sažetak

Upravljanje plinom unutar HEP grupe je opsežan i kompleksan posao i odvija se između više društava. HEP-Trgovina d.o.o. u ime i za račun Hrvatske elektroprivrede d.d. (dalje: HEP d.d.) aktivno djeluje na domaćem i inozemnom tržištu plina i nabavlja plin za potrebe HEP grupe, odnosno za potrebe društva HEP-Proizvodnja d.o.o. koja plin troši u svojim proizvodnim jedinicama i za opskrbu kupaca kategorije poduzetništvo društva HEP-Plin d.o.o. U tu je svrhu neophodno imati aplikativnu podršku koja bi podržala sve aktivnosti vezane uz obavljanje poslova u plinskoj djelatnosti na slobodnom tržištu. U ovom radu bit će predstavljeno aplikativno rješenje za upravljanje plinom, razvoj projekta te njegove specifičnosti unutar HEP Grupe.

Ključne riječi: plin, aplikacija, nominacija, bilančna skupina, optimizacija, informacija, softver

Abstract

Management of natural gas within HEP Group is a complex and demanding task that involves cooperation between many companies. HEP-Trade Ltd. in behalf of HEP Plc. is actively involved on domestic and international gas markets and procures gas for HEP Group, respectively for HEP-Production Ltd., that uses gas in its cogeneration units, and for supply of HEP-Plin's commercial customers. For this purpose it is necessary to have application that would support all activities included in the gas business. In this paper we will present application solution for the gas management, overview of project development and its specifics within HEP Group.

Key words: gas, application, nomination, balance group, optimization, information, software

1. Uvod

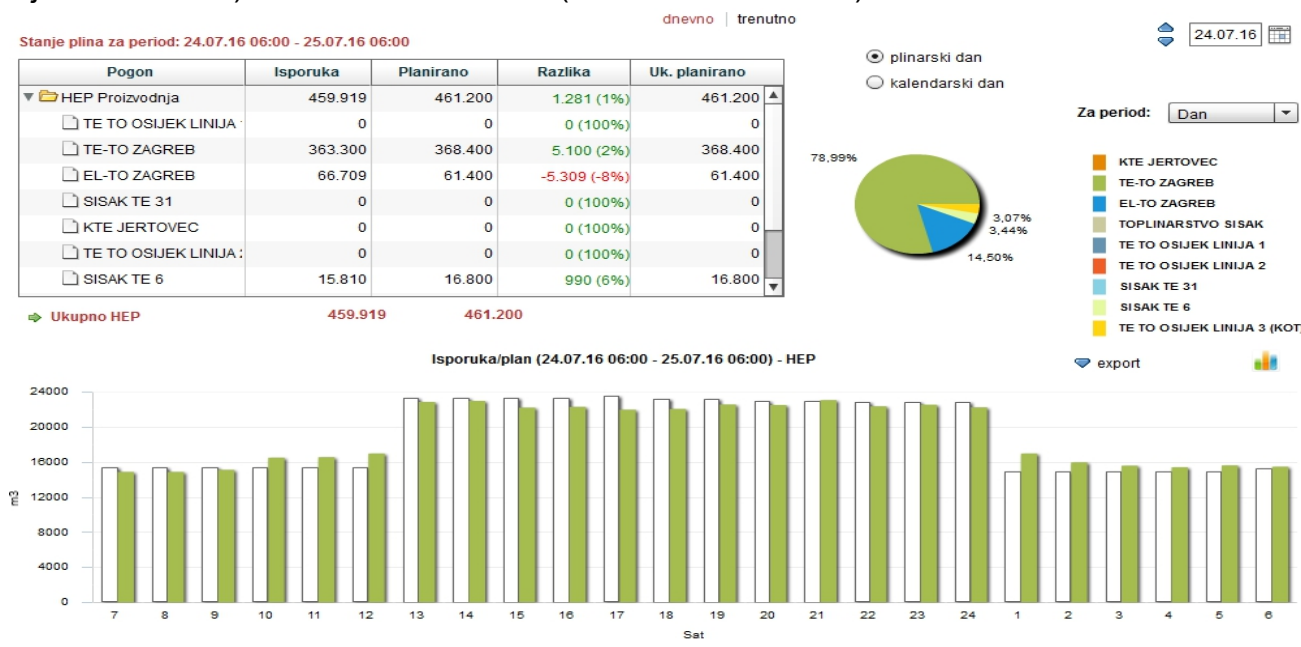
Društva HEP-Trgovina d.o.o., HEP-Proizvodnja d.o.o. i HEP-Plin d.o.o. organizirani su u bilančnoj skupini (u daljnjem tekstu BS) HEP-Trgovina d.o.o. pri čemu su HEP-Proizvodnja d.o.o. i HEP-Plin d.o.o. članovi BS-a, dok je HEP-Trgovina d.o.o. u ulozi voditelja bilančne skupine (daljnjem tekstu VBS) na tržištu plina u RH. HEP-Trgovina d.o.o. u ime i za račun HEP-a d.d. organizira i vodi BS HEP d.d. na tržištu plina u Sloveniji i na tržištu plina u Austriji te u ime i za račun HEP-a d.d. aktivno djeluje na tržištima plina i za potrebe HEP grupe, odnosno HEP-Proizvodnje d.o.o. i HEP-Plina d.o.o., nabavlja plin i zakupljuje potrebne prekogranične transportne kapacitete na godišnjoj, kvartalnoj, mjesečnoj, tjednoj, dnevnoj i unutar dnevnoj razini. U tu svrhu, a s ciljem minimiziranja mogućnosti pogreške, potrebno je imati aplikativnu podršku koja bi podržala aktivnosti vezane uz obavljanje poslova u plinskoj djelatnosti na slobodnom tržištu plina. Aplikaciju Upravljanje prirodnim plinom (u daljnjem tekstu UPP) izradili su zaposlenici Sektora za informacijsko-komunikacijsku tehnologiju HEP-a d.d. u suradnji sa zaposlenicima društava HEP-Trgovina d.o.o., HEP-Proizvodnja d.o.o. i HEP-Plin d.o.o. Osim navedenih društava HEP grupe, a u dijelu koji se odnosi na poslovne procese vezane uz opskrbu plinom kupaca kategorije kućanstvo, svoj je doprinos izradi aplikacije dalo društvo HEP-Opskrba plinom d.o.o. koje u ime i za račun HEP-a d.d. obavlja poslove opskrbljivača na veleprodajnom tržištu plina te organizira i vodi BS HEP d.d. na tržištu plina u RH čiji je član HEP-Plin d.o.o. u dijelu koji se odnosi na opskrbu kupaca kategorije kućanstvo. Izradom ovog aplikativnog rješenja u potpunosti su pokriveni svi procesi upravljanja plinom navedenih društava.

2. Uloga HEP-Proizvodnje d.o.o. kao člana bilančne skupine (u daljnjem tekstu BS) u procesima vezanim uz plinsko poslovanje

HEP-Proizvodnja d.o.o. koristi plin za proizvodnju električne i toplinske energije u svojim proizvodnim jedinicama na pet lokacija: na zagrebačkom području u pogonima TE-TO Zagreb i EL-TO Zagreb, osječkom području u pogonu TE-TO Osijek i sisačkom području u pogonima TE Sisak te dislociranom pogonu HEP-Toplinarstva d.o.o. Toplinarstvo Sisak koje je tehnološki posljednja rezerva za grijanje grada Siska koja se koristi u iznimnim okolnostima. Plin se preuzima iz plinskog transportnog sustava Republike Hrvatske kojim upravlja operator transportnog sustava Plinacro d.o.o. Iz plinskog transportnog sustava plin se odvodi u pogone HEP-Proizvodnje d.o.o. preko devet plinskih mjerno redukcijskih stanica (PMRS-ova). To su mjesta razgraničenja odnosno mjesta obračuna potrošnje plina. Trenutačno za pogone EL-TO Zagreb i TE-TO Zagreb postoji po jedna PMRS dok za pogone TE-TO Osijek i TE Sisak postoje tri plinska priključka odnosno tri linije s kojih se preuzima plin. Za svaki plinski priključak HEP-Proizvodnja d.o.o. je obvezna ishoditi energetska suglasnost za priključenje na transportni sustav. Potrošnja plina u HEP-Proizvodnji d.o.o. operativno se planira u odnosu na stavke ugovora s opskrbljivačem (HEP-om d.d)

2.1. Aplikacija Pokazatelji proizvodnje elektrana (PPE)

Za HEP-Proizvodnju d.o.o. je prije razvoja UPP aplikacije Sektor za informacijsko komunikacijske tehnologije HEP-a d.d. razvio aplikaciju pod nazivom Pokazatelji proizvodnje elektrana (PPE aplikacija) koja je prvenstveno predviđena za operativni nadzor trenutačne potrošnje plina po pogonima HEP-Proizvodnje d.o.o. u realnom vremenu te je temelj koji se koristi za planiranje potrošnje plina za dan unaprijed (Slika 1.). Podaci se iz informacijskog sustava operatora transportnog sustava preuzimaju u šestominutnim očitanjima. Iz prenesenih podataka moguće je očitati satne i dnevne količine plina, za svaki pogon pojedinačno, odnosno ukupnu isporučenu količinu plina za HEP-Proizvodnju d.o.o. Pored prikaza trenutačne potrošnje, PPE aplikacija omogućuje tablični i grafički prikaz podataka te usporedbu dnevnog plana potrošnje plina i ostvarene potrošnje plina po satima s opcijama izbora prikaza za plinski dan (od 06:00 h u trenutačnom danu do 06:00 h u sljedećem danu) ili za kalendarski dan (od 00:00 do 24:00 h).



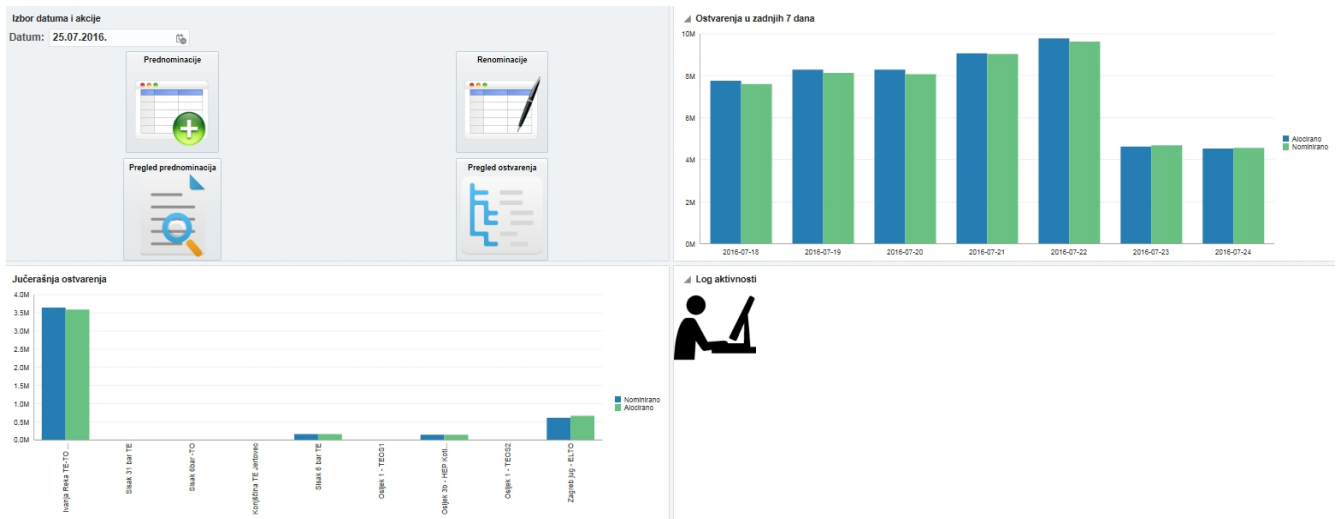
Slika 1. Aplikacija Pokazatelji proizvodnje elektrana (PPE)

2.2. Aplikacija Upravljanje prirodnim plinom (UPP)

Za daljnje unapređenje procesa davanja naloga VBS-u za rezervaciju kapaciteta na izlazima transportnog sustava, planiranja, analize potrošnje plina, kontrole obračunskih podataka za trošak rezervacije kapaciteta na izlazima iz transportnog sustava i praćenje ostvarene potrošnje plina u odnosu na ugovorenu potrošnju plina bilo je potrebno razviti aplikaciju koja bi objedinila procese povlačenja, unosa, praćenja te ažuriranja podataka na jednom mjestu. Aplikacija Upravljanje prirodnim plinom (Slika 2.) HEP-Proizvodnji d.o.o. omogućila je:

- davanje naloga VBS-u za rezerviranje kapaciteta na izlazima iz transportnog sustava na godišnjoj, kvartalnoj, mjesečnoj, dnevnoj i unutar dnevnoj razini,
- izradu prednominacije korištenja transportnog sustava za sljedeći/sljedeće plinske dane u m³ i kWh (Slika 3.),

- učitavanje planske ogrjevne vrijednosti plina na polumjesečnim razinama,
- automatizirano učitavanje ostvarenja potrošnje plina za prethodni plinski dan po priključcima HEP-Proizvodnje d.o.o. na satnoj razini iz Plinacrove Scade.



Slika 2. Aplikacija Upravljanje prirodnim plinom (UPP)

Prednominacije za datum 25.07.2016

Status: DONE Verzija: 1 Aktivna: 1

Mjerna jedinica: kWh

Naziv / sati	I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		01-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06
Ivanja Reka TE-TO Zagreb	2.707.872,0	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828	112.828
Konjščina TE Jertovec	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Osjek 1 - TEOS1	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Osjek 1 - TEOS2	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Osjek 3b - HEP Koltovnica	163.521,0	7.300	7.300	7.300	7.300	7.300	7.300	7.300	7.300	7.300	9.733	6.327	6.327	6.327	6.327	5.840	5.840	5.840	5.840	5.840	5.840	5.840	5.840	5.840	5.840
Sisak 6 bar TE	161.926,0	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747	6.747
Zagreb jug - ELTO	1.322.880,0	29.617	74.042	88.850	69.106	57.259	57.259	57.259	57.259	54.297	54.297	54.297	54.297	54.297	51.336	51.336	51.336	51.336	49.361	49.361	49.361	49.361	49.361	49.361	51.336
Sisak 31 bar TE	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisak 6bar -TO	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno [kWh]	4.356.201	156.492	200.917	215.725	195.961	164.134	164.134	164.134	164.134	181.172	183.605	180.199	180.199	180.199	177.238	176.751	176.751	176.751	174.776	174.776	174.776	174.776	174.776	174.776	179.671

Napomena: * - renominirane količine

Slika 3. Izrada prednominacije korištenja transportnog sustava u kWh po svim priključcima HEP-Proizvodnje d.o.o. na satnoj razini za sljedeći plinski dan

Prilikom izrade aplikacije UPP nastojalo se pronaći rješenje koje će biti jednostavno, praktično, sigurno i prihvatljivo svim sudionicima uz minimalne dodatne troškove za cijeli projekt. Od početnih, vrlo skupih i tehnološki kompliciranih prijedloga softverskih rješenja za preuzimanje podataka realizirala se aplikacija UPP koja ispunjava sve trenutačne zahtjeve HEP-Proizvodnje d.o.o. za praćenje potrošnje plina. Pored ostalog, cilj je bio napraviti vezu između plina iskazanog u mjernoj jedinici za volumen m³ i plina iskazanog u mjernoj jedinici za energiju kWh koja se od 1. siječnja 2012. počela sukladno propisima kojima se regulira tržište plina u RH primjenjivati za sve obračune. Plinacro dva puta mjesečno na svojim

službenim web stranicama objavljuje laboratorijske izvještaje o kvaliteti plina za pojedine specifične točke koji između ostalog sadržavaju iznose donjih ogrjevnih vrijednosti koje se koriste u procesu izrade prednominacija za potrebe preračunavanja količina plina iskazanog u mjernoj jedinici m³ u količine plina iskazane u mjernoj jedinici kWh.

Također, u aplikaciji UPP, osim brojčanog prikaza omogućen je tablični prikaz podataka (npr. ostvarenja potrošnje plina, prednominacije, vršna opterećenja) koji je prikladan za ispis te grafički prikaz podataka (npr. promjenjivi podaci poput plana potrošnje plina i realizacije potrošnje plina za sedam dana i dan ranije).

Za HEP-Proizvodnju d.o.o. cilj UPP aplikacije bio je automatizirati i unaprijediti poslovne procese planiranja potrošnje plina, utvrđivanja dodatnih količina plina koje je potrebno kupiti, davanje naloga VBS-u za rezerviranje kapaciteta na izlazima iz transportnog sustava, kontrole obračunskih podataka te stvaranje baze podataka koja će koristiti trenutačnim i budućim radnicima HEP-Proizvodnje d.o.o. u procesu optimiranja potrošnje plina. Povezivanjem UPP aplikacije s PPE aplikacijom, koja daje uvid u potrošnju plina u realnom vremenu, omogućeno je direktno povlačenje podataka te je time bitno olakšan operativan dio posla, odnosno izbjegnuto je nepotrebno prepisivanje podataka.

3. Uloga HEP-Plina d.o.o. kao člana BS-a u procesima vezanim za plinsko poslovanje

HEP-Plin d.o.o. je energetska subjekt koji se na tržištu plina u RH pojavljuje u ulozi operatora distribucijskog sustava, u ulozi opskrbljivača u obvezi javne usluge (opskrba plinom kupaca kategorije kućanstava) te u ulozi opskrbljivača plinom po tržišnim uvjetima (opskrba plinom kupaca kategorije poduzetništvo).

3.1 . Aplikacija upravljanje prirodnim plinom (UPP) u HEP-Plinu d.o.o.

Zbog sve zahtjevnijih i brojnijih procesa vezanih uz plinsko poslovanje te radi smanjenja mogućnosti nastajanja pogreške prilikom ručne obrade podataka bilo je potrebno razviti aplikaciju koja omogućuje sljedeće:

- izradu prednominacije i renominacije po satima i prema udjelu po priključku na izlazima iz transportnog sustava na temelju ostvarenja potrošnje ili prijašnje prednominacije u m³ i u kWh,
- potvrdu primitka prednominacije i dostavu Excel datoteke na e-poštu,
- unos i uređivanje naloga za rezervaciju kapaciteta na izlazima iz transportnog s pregledom ugovorenog kapaciteta prilikom izrade prednominacije i provjerom prekoračenja iznosa ugovorenog kapaciteta (Slika 4.),
- pregled ostvarenja za odabrani plinski dan za izabranu bilančnu skupinu (HEP-Trgovina d.o.o., HEP d.d.) po satima i izlazima iz transportnog sustava,
- pregled vršnih opterećenja za izabranu plinsku godinu po mjesecima i po izlazu iz transportnog sustava.

Datum: 01.07.2016.

Kapaciteti

Oznaka	Plinski datum od	Plinski datum do	Tip kapaciteta	Namjena	Priključak	Ukupna količina	Mjerna jedinica
833k	01.07.2016.	31.07.2016.	MJESEČNI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek kućanstvo	Bokšić - 3 bar - Bokšić	870	kWh / dan
781k	01.07.2016.	31.07.2016.	MJESEČNI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek kućanstvo	Belišće - 2,2 bar - Valpovo	9570	kWh / dan
125k	01.07.2016.	31.07.2016.	MJESEČNI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek kućanstvo	Baranja	32700	kWh / dan
825	01.07.2016.	31.07.2016.	MJESEČNI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek industrija	Đurđevac - 2 bar - Đurđevac	5500	kWh / dan
890	01.10.2015.	30.09.2016.	GODIŠNJI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek industrija	Županja - 3 bar - Županja	3500	kWh / dan
888	01.10.2015.	30.09.2016.	GODIŠNJI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek industrija	Zaprešić - 6 bar - Zaprešić	1100	kWh / dan
829	01.10.2015.	30.09.2016.	GODIŠNJI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek industrija	Zagreb zapad - 25 bar - Samobor	2800	kWh / dan
1249	01.10.2015.	30.09.2016.	GODIŠNJI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek industrija	Zagreb	221500	kWh / dan
863	01.10.2015.	30.09.2016.	GODIŠNJI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek industrija	Vinkovci - 3 bar - Vinkovci i okolica	1800	kWh / dan
789	01.10.2015.	30.09.2016.	GODIŠNJI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek industrija	Viljevo - 3 bar - Viljevo	5000	kWh / dan
1251	01.10.2015.	30.09.2016.	GODIŠNJI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek industrija	Varaždin	4600	kWh / dan
881	01.10.2015.	30.09.2016.	GODIŠNJI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek industrija	Slavonski Brod - 3 bar - Sl. Brod	3100	kWh / dan
888	01.10.2015.	30.09.2016.	GODIŠNJI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek industrija	Rijeka zapad - 10 bar - Rijeka	3500	kWh / dan
1244	01.10.2015.	30.09.2016.	GODIŠNJI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek industrija	Poreč - 4 bar - Poreč	13100	kWh / dan
1255	01.10.2015.	30.09.2016.	GODIŠNJI	HEP - PLIN d.o.o. Osijek industrija	Osijek	935500	kWh / dan

Page 2 of 5 (18-30 of 72 items) K < 1 2 3 4 5 > X

Slika 4. Unos transportnih kapaciteta na mjesečnoj i godišnjoj razini za VBS HEP-Trgovina d.o.o. i HEP-Opskrba plinom d.o.o.

UPP aplikacija automatski sprema podatke u aplikaciju, te se odabrani podaci šalju na definirane e-mail adrese svih korisnika kojima su te informacije potrebne. U svakom trenutnu moguće je vidjeti svaku prednominaciju, renominaciju te realizaciju kroz aplikaciju te ih preuzeti u formatu pdf, excel, word te html.

4. Uloga HEP-Trgovine d.o.o. kao VBS-a u procesima vezanim za plinsko poslovanje
HEP-Trgovina d.o.o. u ime i za račun HEP-a d.d. vodi i organizira BS HEP d.d. na tržištu plina u Sloveniji i na tržištu plina u Austriji te u ime i za račun HEP-a d.d. obavlja kupoprodaju plina kao tržišnu djelatnost na domaćem i inozemnim tržištima plina dok na tržištu plina u RH organizira i vodi BS HEP-Trgovina. U cilju optimiranja troškova nabave plina potrebnog za opskrbu kupaca kategorije poduzetništvo društva HEP-Plin d.o.o. i za opskrbu termoelektrana i toplana HEP-Proizvodnje d.o.o., HEP-Trgovina d.o.o. u ime i za račun HEP-a d.d. aktivno djeluje na tržištu plina u Hrvatskoj i Austriji. Osnivanjem BS-a u Sloveniji i Austriji, uz postojeću BS u Hrvatskoj, HEP-u d.d. omogućeno je sudjelovanje na godišnjim, kvartalnim, mjesečnim, dnevnim i unutar dnevnim dražbama za zakup prekograničnih transportnih kapaciteta na:

- izlazu iz Austrije u Sloveniju kod austrijskog operatora plinskog transportnog sustava Gas Connect Austria GmbH na interkonekciji Murfeld,
- ulazu iz Austrije u Sloveniju kod slovenskog operatora plinskog transportnog sustava Plinovodi d.o.o. na interkonekciji Ceršak,
- izlazu iz Slovenije u Hrvatsku kod slovenskog operatora plinskog transportnog sustava Plinovodi d.o.o. na interkonekciji Rogatec,
- ulazu iz Slovenije u Hrvatsku kod hrvatskog operatora plinskog transportnog sustava Plinacro d.o.o. na interkonekciji Rogatec,

koje organizira i provodi PRISMA, a koji su preduvjet za trgovanje na tržištu plina u Austriji i Sloveniji. Uvođenjem mogućnosti trgovanja na virtualnim točkama trgovanja na likvidnom austrijskom tržištu plinom i to na energetske burzi CEGH (Central European Gas Hub) i

brokerskoj platformi TFS, omogućeno je da HEP d.d. kao VBS balansira ukupne količine plina unutar Austrije na svakodnevnoj razini čime su se otvorile mogućnosti postizanja konkurentnih cijena te optimiranja ukupnih troškova za kupoprodaju plina s ciljem minimiziranja troškova nabave te zadržavanja postojećih i pridobivanja novih kupaca plina. U svrhu obavljanja poslova u plinskoj djelatnosti na slobodnom tržištu bilo je potrebno razviti aplikativnu podršku koja podržava sve aktivnosti koje su potrebne da bi se izvršila kupnja plina na likvidnom austrijskom tržištu i trgovanje na VTT-u unutar RH, te omogućilo jednostavnije, brže obavljanje poslovnih procesa te na najvišoj mogućoj razini automatiziralo poslovanje. Aplikacija omogućuje unos sklopljenih ugovora o kupoprodaji plina kako na inozemnom (Slika 5.) tako i na domaćem tržištu na godišnjoj, kvartalnoj, mjesečnoj, dnevnoj i unutar dnevnoj razini. Podržani su različiti tipovi ugovora s količinama ugovorenim u kWh/h, što je karakteristično za inozemna tržišta, te u kWh/dan što je karakteristično za sklapanje ugovora unutar RH. Dodatna mogućnost je razlikovanje fiksno ugovorenih količina koje se preuzimaju u svakom pojedinom plinskom danu za vrijeme trajanja ugovornog razdoblja te varijabilnih ugovora s mogućnošću fleksibilnog preuzimanja ugovorenih količina plina s mogućim odstupanjem u određenom vremenskom razdoblju od ugovorenih količina plina kao i postavljanje maksimalnih količina koje se mogu preuzeti na razini plinskog dana, a koje su definirane u ugovorima (Slika 5.).

Slika 5. Unos ugovora sklopljenog na inozemnom tržištu

Destinacija	Neto	Kupnja	Prodaja	Uvoz	Izvoz
AUSTRIJA	0	5.592.000	0	0	5.592.000
SLOVENIJA	0	0	0	5.592.000	5.592.000
HRVATSKA	9.118.944	4.080.000	0	5.038.944	0

Slika 6. Ugovorene i zahtijevane količine prirodnog plina za određeni plinski dan

Zahvaljujući aplikaciji moguće je za svaki plinski dan, u prošlosti ili budućnosti, imati pregled svih transakcija za odabrani datum s prikazom već ugovorenih i zahtijevanih količina. Na taj način omogućeno je lakše planiranje i optimiranje kupoprodaje i preprodaje plina kako na dugoročnoj tako i na kratkoročnoj razini (Slika 7.).

Datum ugovora	Plinski datum od	Plinski datum do	Broj ugovora	Osnova	Tip ugovora	Partner	Ruta
09.06.2015.	01.10.2015.	30.09.2016.	01062015/03-G-PL	Kupnja	GODIŠNJI	PPD	RUTA HR-HR
09.06.2015.	01.10.2015.	30.09.2016.	01062015/04-G-PL	Kupnja	GODIŠNJI	PPD	RUTA HR-HR
12.06.2015.	01.10.2015.	30.09.2016.	12062015/05-G-PL	Kupnja	GODIŠNJI	INA	RUTA HR-HR
12.06.2015.	01.10.2015.	30.09.2016.	12062015/06-G-PL	Kupnja	GODIŠNJI	INA	RUTA HR-HR
20.06.2016.	01.07.2016.	31.07.2016.	20062016/08-M-PL	Kupnja	MJESEČNI	PPD	RUTA HR-HR
20.06.2016.	01.07.2016.	31.07.2016.	20062016/09-M-PL	Kupnja	MJESEČNI	PROENERGY d.o.o.	RUTA HR-HR
20.06.2016.	01.07.2016.	31.07.2016.	20062016/10-M-PL	Kupnja	MJESEČNI	INA	RUTA HR-HR
14.06.2016.	01.07.2016.	31.07.2016.	14062016/11-M-PL	Kupnja	MJESEČNI	CEGH	RUTA AT-HR via SLO
22.07.2016.	25.07.2016.	25.07.2016.	22072016/36-D-PL	Prodaja	DNEVNI	CEGH	RUTA AT-AT

Slika 7. Pregled svih transakcija za odabrani datum

Jedan od iznimno zahtjevnih segmenata bilo je omogućiti unos kupoprodaje plina na austrijskom i slovenskom tržištu i njegov uvoz u RH zbog toga što se plin na inozemnim tržištima kupuje na gornjoj ogrjevnoj vrijednosti (GCV-Gross Calorific Value) te se na ulazu iz Slovenije u Hrvatsku na interkonekciji UMS Rogatec te vrijednosti preračunavaju na donju ogrjevnju vrijednost (NCV – Net Calorific Value) pomoću koeficijenta koji u prosjeku iznosi 0,901 čime se ukupna vrijednost kupljenog plina smanjuje. Plinacro d.o.o. svakog četvrtka za naredni tjedan objavljuje na svojim službenim web stranicama iznose gornjih i donjih ogrjevnih vrijednosti plina koje VBS-ovi koriste u procesu nominiranja korištenja transportnog sustava na interkonekcijama, a o kojima ovisi koliko će u RH iznositi količina plina kupljena na inozemnom tržištu.

Nakon što su uneseni svi potrebni parametri, od ugovorenih količina plina na inozemnom i domaćem tržištu do iznosa ogrjevnih vrijednosti, UPP aplikacija automatski kreira nominacije, pazeći pritom da je ukupna satna količina zakupljenih kapaciteta na interkonekcijama dovoljna s obzirom na količine koje se žele prevesti preko interkonekcija, u obliku 5 različitih KISS-A formata i to za:

- kupoprodaju plina na austrijskom tržištu koja se šalje CEGH-u ukoliko se trgovalo na energetskej burzi CEGH,
- nominaciju satnih i sumarnih količina na izlazu iz Austrije u Sloveniju koje se šalju operatoru austrijskog transportnog sustava Gas Connect Austria GmbH,
- nominaciju satnih i sumarnih količina na ulazu iz Austrije u Sloveniju koje se šalju operatoru slovenskog transportnog sustava Plinovodima d.o.o.,
- nominaciju satnih i sumarnih količina na izlazu iz Slovenije u Hrvatsku koje se šalju operatoru slovenskog transportnog sustava Plinovodima d.o.o.,

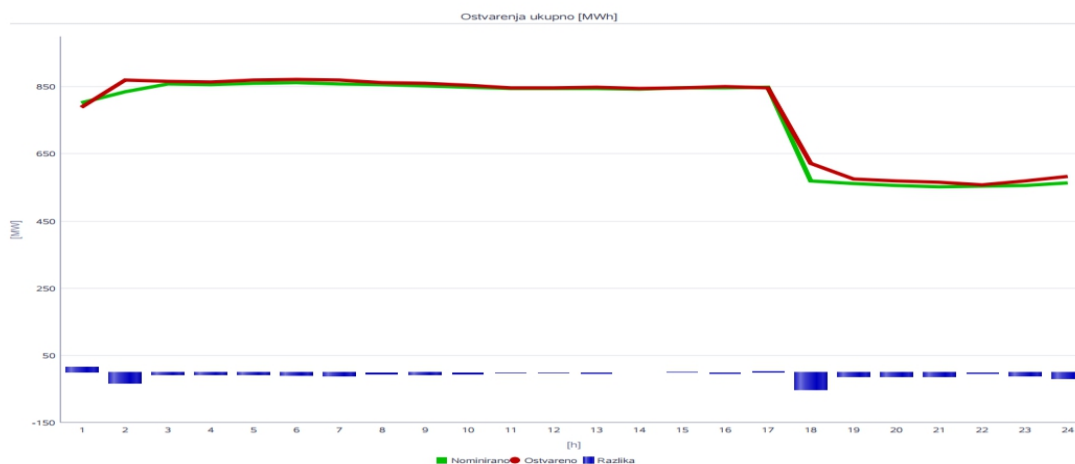
- nominaciju satnih i sumarnih količina na ulazu iz Slovenije u Hrvatsku koje se šalju Plinacro-u d.o.o.,

koje se šalju na odgovarajuće adrese e-pošte.

U ukupnu prosječnu cijenu plina kupljenog izvan RH također je potrebno uračunati i trošak transporta do RH koji se evidentira u izvještajima za HEP-Trgovinu d.o.o u kojima su prikazana ostvarenja potrošnje, prosječna cijena po kojoj je plin nabavljen te prosječna cijena po tipu ugovora što zajedno predstavlja iznimno važnu podlogu za analizu cjelokupnog portfelja na temelju kojeg se donose odluke za daljnji rad i optimiranje na tržištima plina.

4.1. Nominiranje korištenja transportnog sustava

Osim kupoprodajnih ugovora UPP aplikacija za HEP Trgovinu d.o.o. kao VBS-a na tržištu plina u RH podržava unos dnevnih izvješća o alociranim količinama plina na satnoj razini na svim priključcima na kojima HEP-Plin d.o.o. i HEP-Proizvodnja d.o.o. preuzimaju plin te odstupanja BS-a HEP-Trgovina u odnosu na nominirane količine plina koje Plinacro d.o.o. svakodnevno objavljuje na informacijskom sustavu za upravljanje kapacitetom - SUKAP-u (Slika 9.). Unosom u aplikaciju količine se pohranjuju u bazu podataka, šalju automatski na e-poštu te se omogućuje uvid u podatke u aplikativnom dijelu koji koriste HEP-Proizvodnja d.o.o. i HEP-Plin d.o.o. Ti podaci služe za analizu odstupanja od najavljene potrošnje, planiranje potrošnje i izradu prednominacija za naredni plinski dan te za detaljnu analizu povijesne potrošnje na temelju koje se planira zakup kapaciteta i kupnja plina na dugoročnim i kratkoročnim razinama.



Slika 9. Prikaz nominiranih i alociranih količina prirodnog plina

Neizostavni dio svakodnevnog planiranja potrošnje plina je zakup kapaciteta na interkonekcijama i na izlazima iz transportnog sustava na godišnjoj, mjesečnoj i dnevnoj razini (od 01.10.2016. bit će moguć i zakup kapaciteta na kvartalnoj i unutar dnevnoj razini što UPP aplikacija također podržava). Korisnici HEP-Proizvodnja d.o.o. i HEP-Plin d.o.o. planiranju i vode evidenciju o tome koliko kapaciteta je potrebno imati zakupljeno na svakom priključku na kojem preuzimaju plin za pojedini plinski dan, a čija su pohrana i prikaz



podržani kroz aplikaciju. Zahtjevi za rezervaciju dodatnog kapaciteta koje predaju korisnici HEP-Proizvodnja d.o.o. i HEP-Plin d.o.o. dolaze VBS-u HEP-Trgovina u obliku automatske notifikacije. VBS HEP-Trgovina d.o.o. ih zatim obrađuje te preko SUKAP-a podnosi Plinacrou d.o.o. odgovarajuće zahtjeve za rezervaciju kapaciteta. Aplikacija provjerava po svakom pojedinom priključku je li za potrebe izrade prednominacije ugovoreno dovoljno kapaciteta na način da zbraja godišnje, mjesečne i dnevne rezervacije. U slučaju da nije ugovoreno dovoljno kapaciteta, aplikacija javlja grešku i upozorenje o prekoračenim količinama što se pokazalo puno efikasnije od ručnog pregleda te uklonilo dodatnu mogućnost pogreške prilikom planiranja. Omogućena je i opcija dodavanja i brisanja priključaka što predstavlja mogućnost lake prilagodbe kod širenja poslovanja. Nakon što su unesene i odrađene sve pripremne aktivnosti koje uključuju planiranje potrošnje plina po svakom pojedinom priključku te optimizacije njegove nabave s ciljem postizanja konkurentne cijene na tržištu, VBS HEP-Trgovina d.o.o. pomoću UPP aplikacije kreira nominaciju korištenja transportnog sustava tj. najavu potrošnje plina na pojedinom priključku plinskog dana D-1 za plinski dan D na način da se kreira datoteka u csv formatu koja se zatim preko SUKAP-a predaje Plinacrou d.o.o., a koja sadržava:

- satne iznose količine plina koju u promatranom plinskom danu na specificiranim izlazima iz transportnog sustava planiraju preuzeti HEP-Proizvodnja d.o.o. i HEP-Plin d.o.o.,
- satne iznose plina kupljenog i/ili prodanog na virtualnoj točki trgovanja (dalje: VTT),
- satne iznose uvoza i/ili izvoza plina na interkonekcijama UMS Rogatec i UMS Dravaszerdahely.

Osim kreiranja nominacije, UPP aplikacija podržava automatsko primanje renominacije od članova BS-a u kojima se potrošnja plina u promatranom plinskom danu smanjuje ili povećava na određenim izlazima iz transportnog sustava ovisno o promjeni prognozirane potrošnje (npr. neplanirani ulazak ili izlazak termoelektrane ili toplane na plin). Renominirana količina plina za promatrani plinski dan se dodaje ili oduzima od nominacije proporcionalno po svakom preostalom satu plinskog dana za koji se radi renominacija čime je u potpunosti automatiziran postupak izračuna satnih vrijednosti renominirane količine plina na određenom izlazu iz transportnog sustava čime je omogućeno brzo i efikasno replaniranje.

5. IT rješenje

Aplikativno rješenje je, kao što je u ranijim poglavljima opisano, imalo nezahvalan zadatak da odgovori na zahtjeve svake pojedine članice uključene u poslovanje s plinom, ali isto tako da pri tom služi kao integrator budući da se radi o cjelovitom poslovnom procesu.

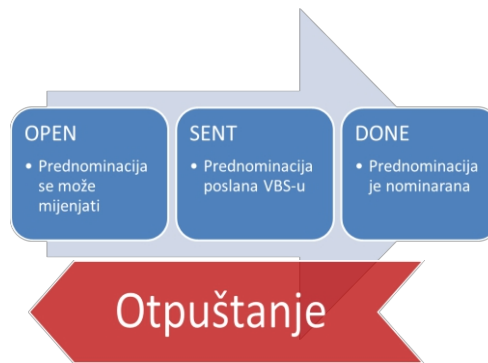
5.1. Razvoj modula za inozemne transakcije

Projekt se razvijao u 3 faze, a prvom fazom je uspješno razvijen i pušten u produkciju modul za kupoprodaju na inozemnom tržištu koji se radio isključivo za VBS HEP Trgovinu s fiksnim rokom završetka. Specifičnost je ovog modula da se razvojni tim pobliže upoznao sa

specifičnostima trgovanja plinom, kao i detaljima komunikacije s ostalim sudionicima na tržištu. Konkretno, najveći dio vremena utrošio se na razvoj servisa za kreiranje i slanje KISS-A (excel) datoteka za razmjenu s obzirom da svaki operater ima svoje specifičnosti i zahtjeve. U razvoju se posebno pazilo na jednostavnost uporabe, pa je tako cijeli proces kreiranja i slanja sveden na dva gumba, odnosno dva korisnička klika mišem.

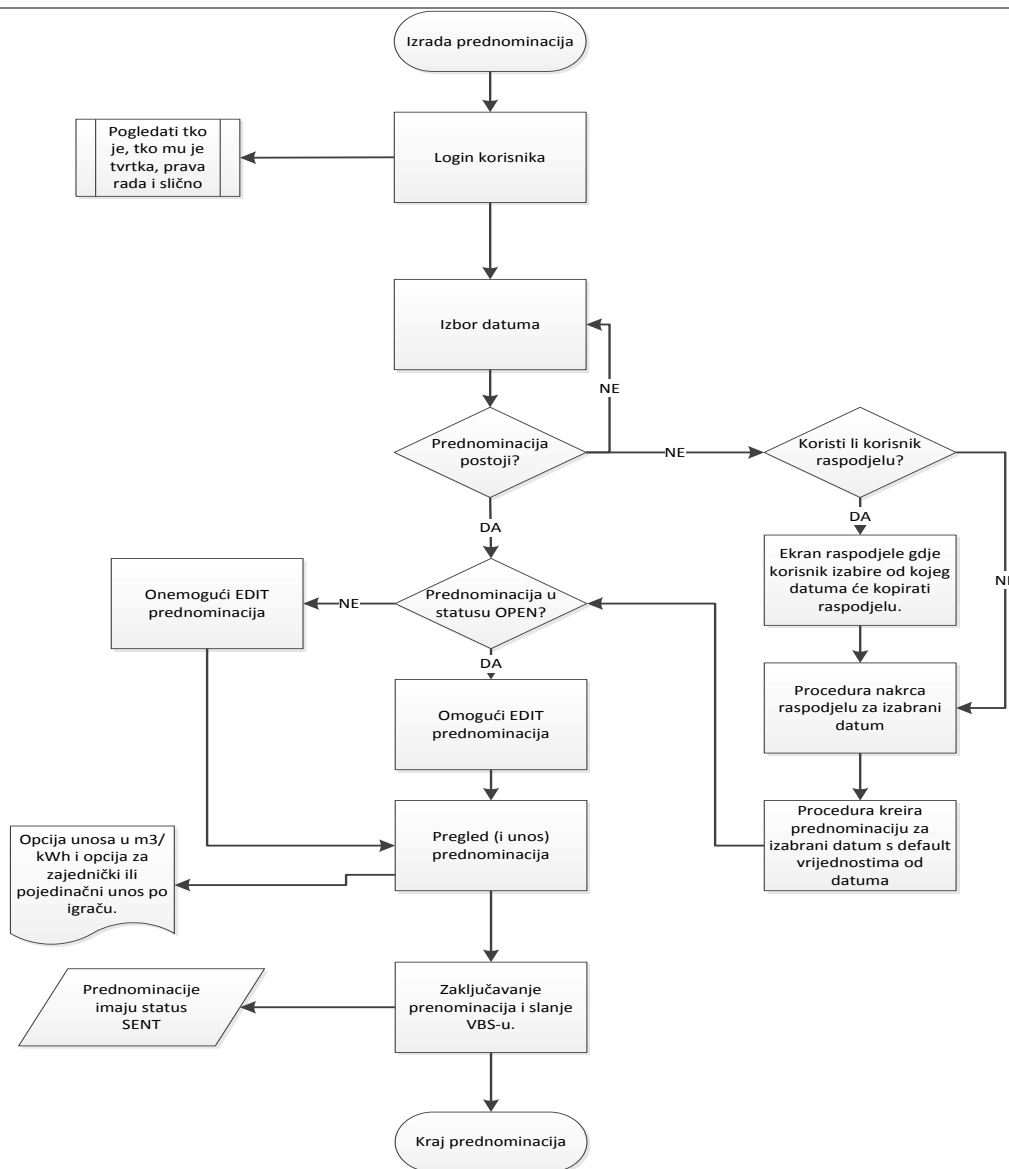
5.2. Razvoj modula za prednominacije

U preostale dvije faze projekta, razvijeni su moduli za prednominacije, nominacije i renominacije. S obzirom na to da se radi o jednom zajedničkom poslovnim procesu s više sudionika, postavljen je koncept da samo vlasnik procesa može upravljati podacima, te je nužno uspostaviti model predavanja i otpuštanja kontrole nad procesom, odnosno podacima. U tu su svrhu definirana pravila i statusi kontrole procesa prednominacije (Slika 10.)



Slika 10. Prikaz tijeka kontrole procesa

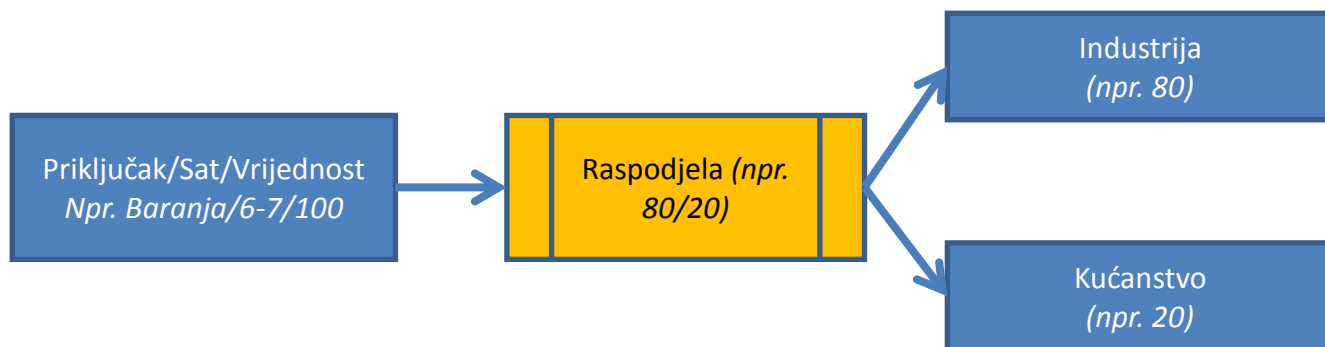
Pri izradi prednominacija predviđeno je stvaranje prednominacije na osnovu već kreirane prednominacije ili pristiglih ostvarenja kako bi se izbjeglo upisivanje vrijednosti za svaki sat svakog pojedinog priključka. Naravno, kako bi se to omogućilo bilo je nužno prihvatiti i obraditi ostvarenja koja svakodnevnu stižu od pripadajućeg VBS-a (Slika 11.).



Slika 11. Proces upravljanja prednominacijom

5.2.1. Prednominacije HEP-Plina d.o.o.

Ranije je spomenuto da je HEP-Plin d.o.o. iz Osijeka član dviju BS-a (industrija i kućanstvo) i sukladno tome predaje prednominacije zasebno VBS-u za pojedine BS-ove. Ponovimo i to da se prednominacije stvaraju u jednom koraku, u jednoj vrijednosti za pojedini priključak, koji se zatim kasnije po određenom ključu raspoređuje za pojedinu BS. Primjer jedne raspodjele za jedan priključak može se vidjeti na slici 12.



Slika 12. Koncept izrade prednominacije u slučaju HEP Plin d.o.o.

Aplikacijom je podržan ovakav koncept preraspodjele prednominacija u slučaju ako je korisnik član više BS. No, za izradu prednominacije potrebna su i ostvarenja koja se primaju od nadležnog VBS-a. Projektom je predviđeno sudjelovanje samo HEP-Trgovine d.o.o. kao VBS-a (opskrba industrije u slučaju HEP-Plina), pa je stoga u svrhu primanja i obrade ostvarenja svih priključaka bilo nužno u jednom trenutku u projekt uključiti i HEP- Opskrbu plinom (opskrba kućanstva u slučaju HEP-Plina). Međutim, HEP-Opskrba plinom kao VBS prima ostvarenja za sve svoje članice, i u danom trenutku nije bilo automatizirane mogućnosti razdvajanja ostvarenja samo za HEP Plin. Kako bi se našlo rješenje u kojem bi se sve strane zadovoljile dodatno se proširio opseg projekta sa servisom za obradu ostvarenja na način da se po zadanom predlošku automatizirano kreiraju excel datoteke sa ostvarenjima i emailom šalju pojedinom članu BS, pa tako i HEP Plinu Osijek. Naglasimo da ovim širenjem opsega projekta nije došlo do pomicanja rokova.

5.3. Specifičnosti aplikacije

Problem koji se pojavio u samom početku razvoja jest upravljanje plinskim kalendarom, koji je u aplikaciji riješen na način da postoji specijalno mapiranje plinskog dana s kalendarskim pa aplikacija u svakom trenutku „zna“ o kojem se vremenu radi bez obzira koji kalendarski prikaz odabrali, kao što „zna“ i način postupanja u DST slučaju (Daylight Saving Time). U UPP aplikaciji se svi datumi prikazuju i uzimaju po plinskom kalendaru.

Pored kompleksnih i višestrukih kreiranja i obrada prednominacija i nominacija, jedan od većih izazova u razvoju aplikacije bio je razvoj korisničkog sučelja, ponajviše zbog korisničkih navika na rad u excelu. Budući da je brzina i lakoća unosa količina u modulu prednominacija vrlo važna, razvilo se posebno korisničko sučelje, s fokusom na korisničku interakciju i s nekoliko funkcijskih kratica kako bi olakšali korisnički doživljaj aplikacije.

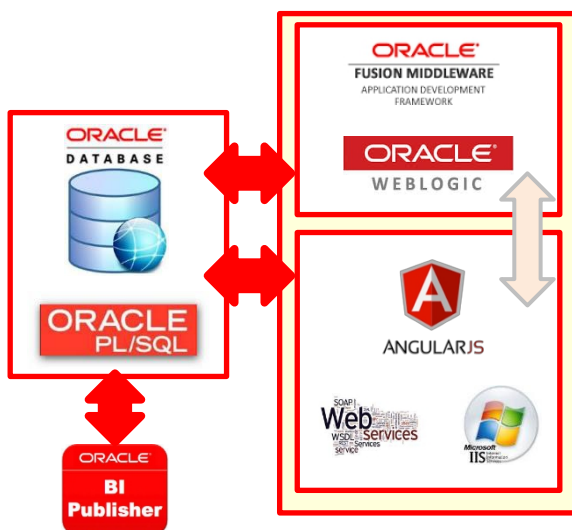
Naglasimo i to, da se poslovanje plinom uvelike temelji na razmjeni KISS-A, odnosno excel datoteka, stoga i ne čude navike korisnika, pa se veliko zalaganje članova IT tima da se upotreba excela smanji, nije isplatilo, dapače, za svaki prikaz u aplikaciji omogućio se i izvoz podatak u excel.

Aplikacija ima ugrađeni sigurnosni mehanizam i samo autorizirani korisnici mogu ući u aplikaciju. Pristupom aplikaciji, ona automatski prepoznaje korisnika i na osnovu njegove uloge prikazuje dio odgovarajući dio aplikacije (VBS ili član BS).

Isto tako, razvijena je veza i sučelje prema internoj REMIT aplikaciji kako bi se automatizirao prijenos podataka koji odgovaraju uredbi, kao i automatizirana veza prema PPE aplikaciji koja je već ranije spomenuta.

5.4. Tehnološki okvir

Aplikacija UPP je u potpunosti samostalno razvijena internim snagama HEP grupe i u skladu s već postojećim hardverskim i softverskim resursima i standardima. Kako se u HEP-u većina poslovnih aplikacija temelji na ORACLE tehnologiji, logično je da se ista praksa nastavila i u ovom slučaju. Kao baza podataka koristi se Oracle verzija baze 10g (10.2.0.5.0). Sučelje je razvijeno u Oracle Application Development Framework (ADF) tehnologiji, dok je posebno razvijeni dio sučelja za prednominacije i satne prikaze razvijeni u angularJS tehnologiji koji potom integriran kroz ADF dio aplikacije, tako da korisnik ima dojam da se radi o cjelovitom tehničkom rješenje. Izveštaji su razvijeni Oracle BI Publisher alatom. Kao zaseban servis je razvijen i modul za prijem i obradu e-mail-ova i pripadajućih priloga i to u .NET razvojnom okviru. Pojednostavljeni prikaz arhitekture aplikacije može se vidjeti na slici 13.



Slika 13. Pojednostavljeni prikaz arhitekture aplikacije

6. Zaključak

Cilj izrade UPP aplikacije bio je svesti obavljanje administrativnih poslova na minimum, odnosno uvesti suvremeniji način upisa, obrade i pohrane podataka, osigurati bolje upravljanje cjenovnim rizicima te omogućiti jednostavnije, brže i na najvišoj mogućoj razini automatizirano poslovanje. Zahvaljujući implementaciji UPP aplikacije objedinjeni su poslovni procesi četiri društva HEP grupe koja se na tržištu plina u RH nalaze u različitim ulogama, a čije zajedničko djelovanje u objedinjenim poslovnim procesima donosi pozitivan učinak na rezultate HEP grupe. UPP aplikacijom omogućeno je kvalitetnije planiranje korištenja kapaciteta transportnog sustava čime su unaprijeđeni procesi izrade nominacije i rezervacije kapaciteta transportnog sustava. Isto tako, korištenje UPP aplikacije omogućilo je kvalitetnije planiranje potrošnje i nabave plina što na kraju rezultira optimiranjem

sveukupnih troškovima plinskog poslovanja HEP grupe te samim time i smanjenjem varijabilnih troškova.

7. Literatura

- [1] Pravila o organizaciji tržišta plina, HROTE, 12/2014
- [2] Mrežna pravila transportnog sustava, PLINACRO, 2/2016
- [3] https://www.hera.hr/hr/html/propisi_plin.html
- [4] www.plinacro.hr
- [5] <https://www.sukap.plinacro.hr/wps/portal/Home>
- [6] <https://platform.prisma-capacity.eu/#/start>
- [7] <http://www.cegh.at/>
- [8] <http://www.gasconnect.at/>
- [9] <http://www.plinovodi.si/>
- [10] <https://www.hera.hr/hr/html/remit.html>
- [11] <http://www.oracle.com>
- [12] <https://angularjs.org/>
- [13] <https://www.microsoft.com/net>

Rekonstrukcija kućišta trokrake kuglaste slavine *Reconstruction of a Three-way Ball Valve Housing*

B. Hrsak^{1*}, A. Čikić^{1,2*}, E. Kozić¹

¹Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, Croatia

²Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku,
Slavonski Brod, Hrvatska

*Autori za korespondenciju e-mail: bhrsak@vtsbj.hr acikic@vtsbj.hr

Sažetak:

Prikazana je rekonstrukcija kućišta trokrake kuglaste slavine DN 65 na temelju postojeće 2D radioničke dokumentacije u lijevanoj izvedbi. U programskom alatu SolidWorks, izrađeni su 3D modeli dijelova i sklop trokrake kuglaste slavine. Proveden je kontrolni proračun debljine stijenke kućišta za nazivne tlakove: od $p_n = 0,6$ MPa do $p_n = 1,6$ MPa te ispitni tlak $p_t = 2,4$ MPa i materijal kućišta Al.Si.12Cu. Računalno su provedene analize naprezanja i faktora sigurnosti za usvojene debljine stijenke kućišta (7,5 mm, 8,5 mm i 10 mm) i nazivne tlakove. U programskom modulu simulirano je strujanje fluida kroz 3D model trokrake kuglaste slavine DN 65 za nazivni tlak na ulazu u kućište $p_n = 1,6$ MPa. Na rekonstruiranom 3D modelu provedena je analiza naprezanja i faktora sigurnosti kućišta pri ispitnom tlaku. Primjenom FDM tehnologije taložnog očvršćivanja materijala, pomoću 3D pisača izrađen je umanjeni 3D model sklopa trokrake kuglaste slavine DN 65. Istaknuta je primjenjivost u modificiranju i razvoju zapornih organa za različitu namjenu.

Ključne riječi: kućište, protočni mediji, trokraka kuglasta slavina, modeliranje i simulacije, 3D ispis.

Abstract:

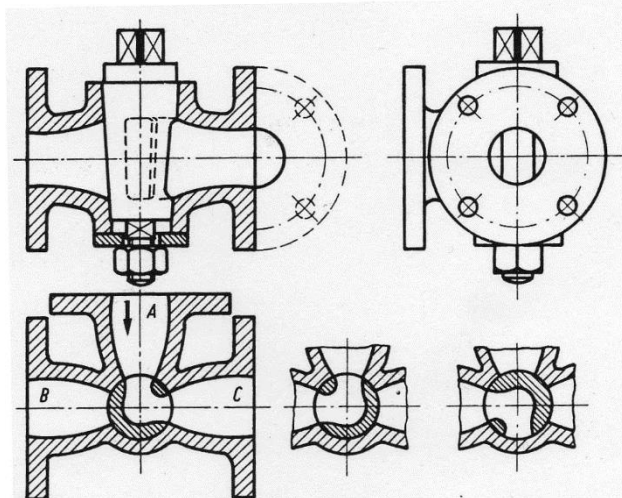
This paper presents the reconstruction of a three-way ball valve housing DN 65 based on the existing 2D workshop documentation in cast design. The Software tool SolidWorks was used for creating 3D models of parts and the assembly of a three-way ball valve. The control calculation of the housing wall thickness was made for the nominal pressure from $p_n = 0.6$ MPa to $p_n = 1.6$ MPa and the test pressure $p_t = 2.4$ MPa and the housing material Al.Si.12Cu. Computer-based strain analysis and safety factor analysis were carried out for the adopted housing wall thicknesses (7.5 mm, 8.5 mm and 10 mm) and the nominal pressure values. In the program module fluid flow through the 3D model of a three-way ball valve DN 65 was simulated for the nominal pressure at the housing inlet amounting to $p_n = 1.6$ MPa. The reconstructed 3D model was subject to strain analysis and safety factor analysis of the housing under the test pressure. Using the FDM technology a reduced-scale 3D model of

the three-way ball valve assembly DN 65 was made by means of a 3D printer. The applicability in modifying and developing valves for various purposes is highlighted.

Key words: housing, flow media, three-way ball valve, design and simulation, 3D printing

1. Uvod

Slavine su jednostavni i često primjenjivani zaporni organi. Sastoje se od kućišta sa priključcima u obliku prirubnica i/ili navoja, cilindričnog, češće ovalnog zapornog tijela, te dijelova za uležištenje, odnosno učvršćivanje i posluživanje. Razlikuju se ravne, kutne i trokrake slavine (HRN M.C5.400) [1]. Na slici 1. prikazana je trokraka slavina koja omogućuje osim zatvaranja i promjenu toka strujanja medija od smjera A u B ili u C.



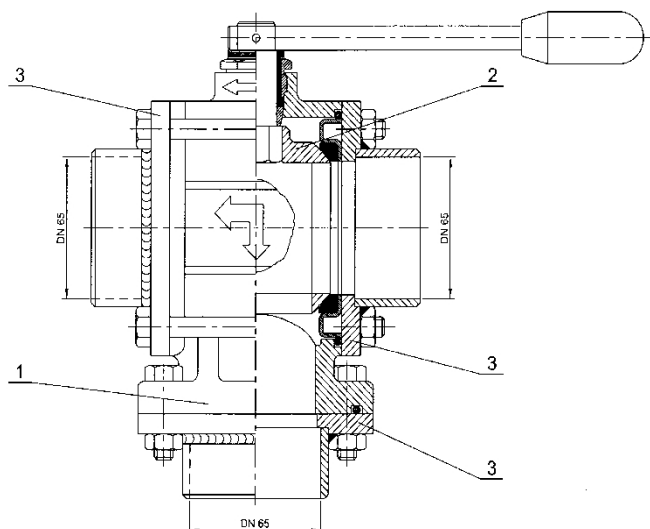
Slika 1. Trokraka slavina [1]

Kuglaste slavine se ugrađuju u različitim sustavima daljinskog grijanja, crpnim stanicama, termotehničkim i hidrotehničkim instalacijama i postrojenjima itd. Također se ugrađuju na podzemne cjevovode i tada se isporučuju s produženim vretenom i dugim krajevima za zavarivanje [2].

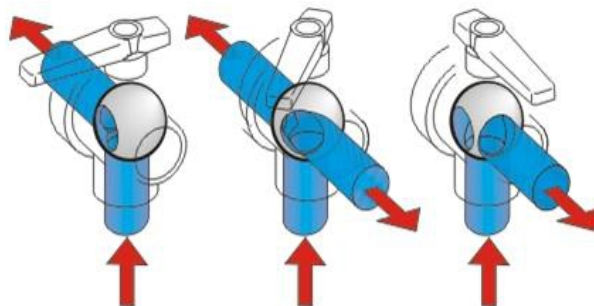
U cilju daljnjeg razvoja i optimizacije postojećeg proizvoda, te primjenom reverznog inženjeringa, prikazana je rekonstrukcija kućišta trokrake kuglaste slavine DN 65, i proračun debljine stijenke kućišta trokrake kuglaste slavine za nazivne tlakove: $p_n = 0,6$ MPa, $p_n = 1,0$ MPa, $p_n = 1,6$ MPa, te ispitni tlak $p_i = 2,4$ MPa i materijal kućišta Al.Si.12Cu. Provedene su analize naprežanja (Finite Element Analysis - FEA) i faktora sigurnosti kućišta (Factor Of Safety – FOS) za računski usvojene debljine stijenke kućišta (7,5 mm, 8,5 mm i 10 mm) i nazivne tlakove $p_n = 0,6 - 1,6$ MPa na temelju postojeće 2D dokumentacije u lijevanoj izvedbi. 3D model postojećeg gotovog proizvoda izrađen je u programskom alatu SolidWorks naprednim tehnikama 3D modeliranja kao i analiza strujanja fluida (Flow Simulation) kroz 3D model sklopa za nazivni tlak na ulazu u kućište $p_n = 0,6$ i 1,8 Mpa. Na rekonstruiranom 3D modelu kućišta provedena je analiza naprežanja (FEA) i faktora sigurnosti kućišta (FOS) za ispitni tlak $p_i = 2,4$ MPa.

2. Trokraka kuglasta slavina

Trokraka kuglasta slavina DN 65 prikazana na slici 2. izrađena je s tzv. "uležištenim" kuglastim elementom. Ovom konstrukcijom, kuglasti element 2 je u "fiksiranom" položaju odnosno moguća je rotacija samo oko njegove vertikalne osi, jer je "ukliješten" s gornje strane svornim elementom, te brtvama s obje bočne strane. Kućište trokrake kuglaste slavine 1 izrađeno je u lijevanoj izvedbi od legure aluminija Al.Si.12Cu, cilindričnog je oblika otvoreno s donje i obje bočne strane.



Slika 2. Montažni crtež trokrake kuglaste slavine

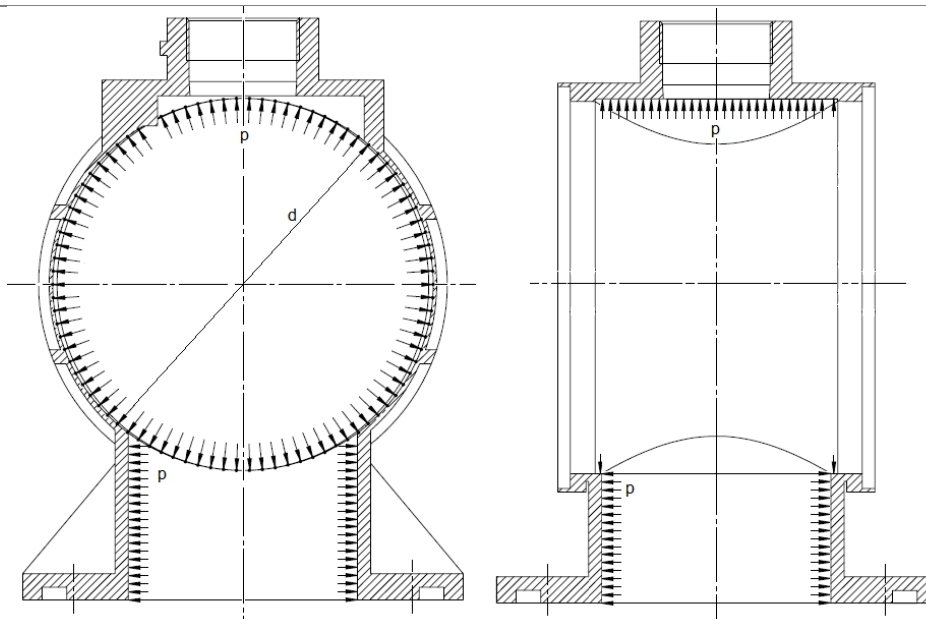


Slika 3. Preusmjeravanje toka strujanja medija trokrakom kuglastom slavinom [3]

Na izlaznim otvorima kućišta nalaze se utori za montažu "O" prstenova i priрубnica za spajanje priključaka. Na gornjem dijelu kućišta nalazi se provrt s navojem kroz koji se pomoću svornog elementa i ručice kontrolira zakret kuglastog elementa. Priključci 3 izrađeni su u zavarenoj izvedbi u obliku cijevi s priрубnicom. Pričvršćuju se vijcima i maticama na bočne i donju stranu kućišta slavine ispod kojih se nalaze brtve i prstenasti elementi za "fiksiranje" kuglastog elementa u središte kućišta slavine. Kuglasti element 2 također je izrađen u lijevanoj izvedbi od legure aluminija Al.Si.12Cu. Sfernog je oblika sa provrtima na donjoj i jednoj bočnoj strani, te se njegovim zakretanjem određuje smjer toka strujanja radnog medija, slika 3.

2.1. Proračun debljine stijenke trokrake kuglaste slavine DN 65

Na temelju postojeće 2D radioničke dokumentacije proveden je proračun debljine stijenke kućišta δ trokrake kuglaste slavine DN 65 u lijevanoj izvedbi za nazivne tlakove $p_n = 6 - 16$ bar, ispitni tlak $p_t = 24$ bar i materijal kućišta Al.Si.12Cu, slika 4. Korištene su jednadžbe 1, 2 i 3 [4].



Slika 4. Kućište trokrake kuglaste slavine DN 65

$$\delta_o = \frac{p \cdot d}{200 \cdot \sigma_{dop}} \quad (1)$$

$$C = 6 \cdot \left(1 - \frac{p \cdot d}{27500} \right) \quad (2)$$

$$\delta_{stv.} = \delta_o + C \quad (3)$$

pri čemu su: δ_o - teoretska debljina stjenke kućišta, δ_{stv} - stvarna debljina stjenke kućišta, δ_{stv1} – usvojena stvarna debljina stjenke kućišta, p - proračunski tlak, d - nazivni promjer, σ_{dop} - dopušteno naprezanje, C - dodatak zbog netočnosti pri izradi.

Proračunske vrijednosti prikazane su u tablici 1.

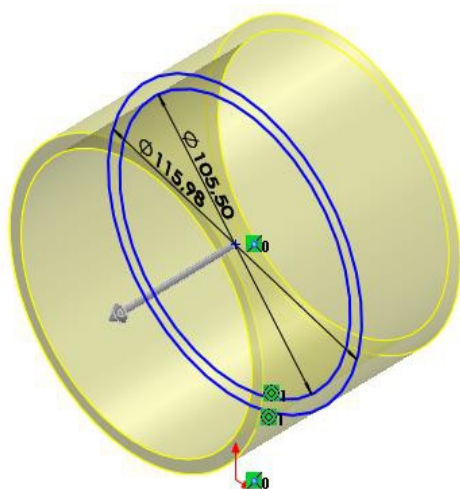
Tablica 1. Proračunske vrijednosti trokrake kuglaste slavine

p , bar	σ_{dop} , bar	d , mm	C , mm	δ_o , mm	δ_{stv} , mm	δ_{stv1} , mm
6	2	108	5,86	1,62	7,48	7,5
10	2	108	5,77	2,7	8,47	8,5
16	2	108	5,62	4,32	9,94	10
24	2	108	5,43	6,48	11,91	12

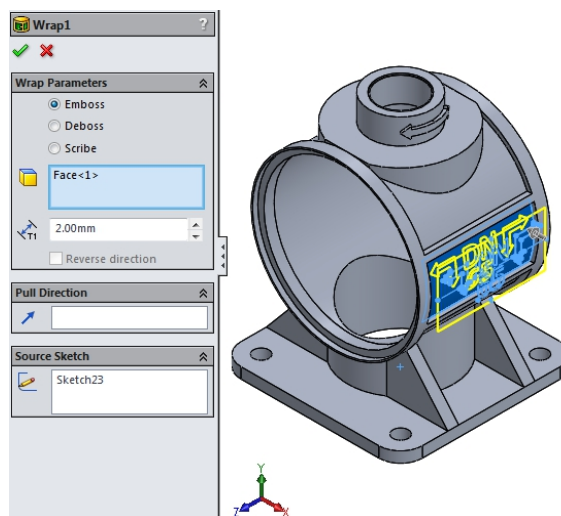
3. Izrada 3D modela dijelova i sklopa trokrake kuglaste slavine

Na temelju postojeće 2D dokumentacije u lijevanoj izvedbi, postupkom 3D oblikovanja izrađena je skica cilindričnog djela kućišta trokrake kuglaste slavine DN 65 unutarnjeg promjera 105,5 mm i debljine stjenke 7,5 mm. Značajkom dodavanja materijala modelirano je ležište kućišta širine 90 mm, slika 5. Pomoću raspoloživih alata za napredno 3D

oblikovanje i izradom oznake slavine značajkom omotavanja skice izrađen je 3D model postojećeg kućišta trokrate kuglaste slavine DN 65 u lijevanoj izvedbi, slika 6.

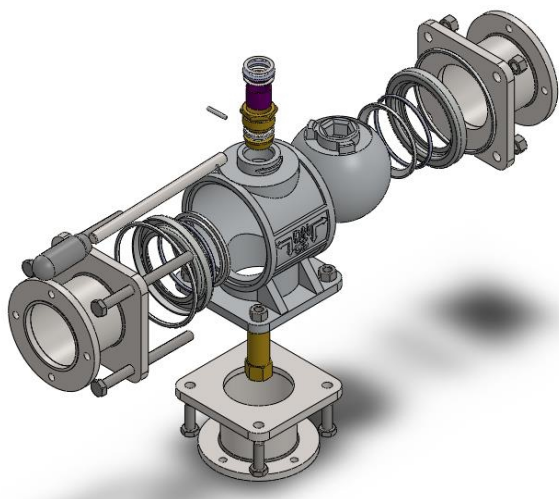


Slika 5. Dodavanje materijala (*Extruded Boss/Base*) na skicu ležišta kućišta trokrate kuglaste slavine



Slika 6. 3D model postojećeg kućišta trokrate kuglaste slavine DN 65

Na isti način oblikovani su i ostali dijelovi koji čine sklop trokrate kuglaste slavine (kuglasti element, svornjak, brtva, podloška, brtvena matica, distantni prsten, priрубnice, cijevi, poluga i rukohvat). Nakon 3D modeliranja svih dijelova izvršeno je njihovo spajanje u sklop što je ilustrirano slikom 7. 3D ispis modela trokrate kuglaste slavine DN 65 prikazan je na slici 8.



Slika 7. Rastavljeni prikaz 3D modela sklopa trokrate kuglaste slavine DN 65

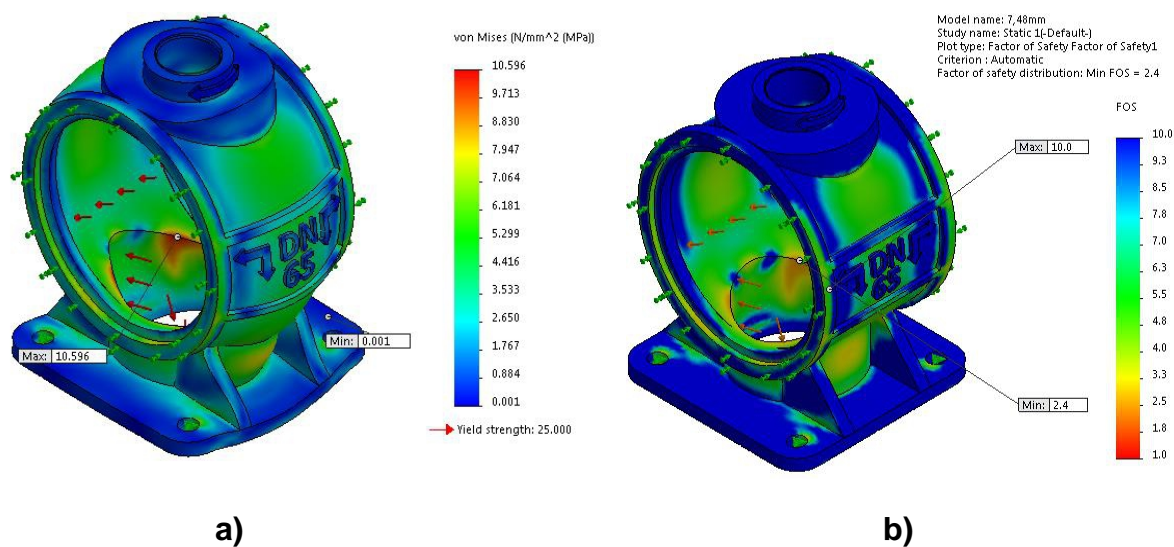


Slika 8. Umanjeni 3D model proizvoda trokrate kuglaste slavine DN 65

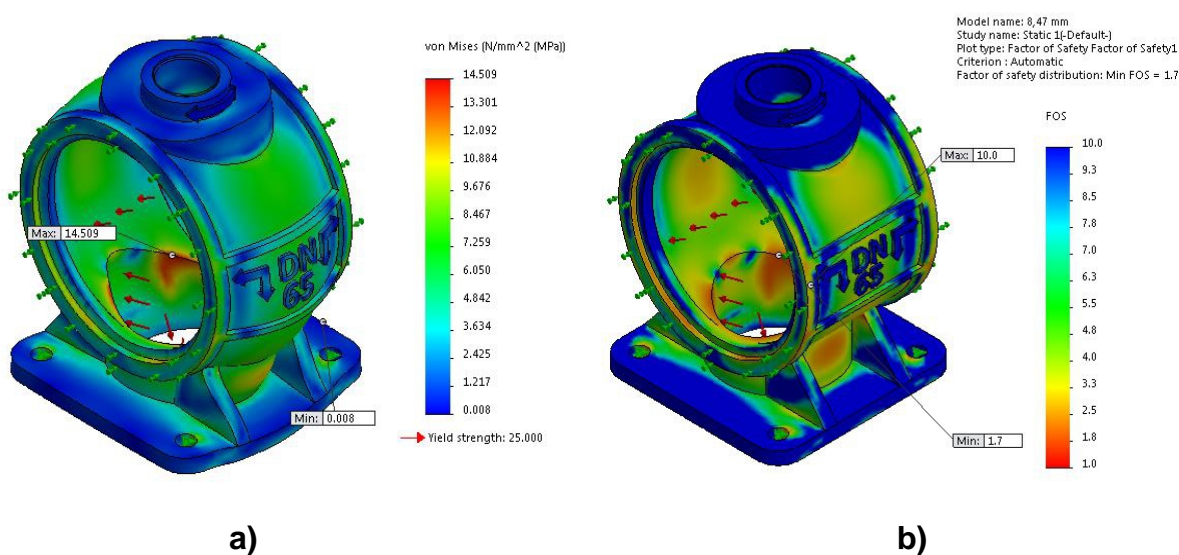
Model je izrađen FDM tehnologijom taložnog očvršćivanja materijala pomoću 3D pisaa M akerBot Replicator 2X.

4. Analiza naprezanja i faktora sigurnosti kućišta trokrake kuglaste slavine

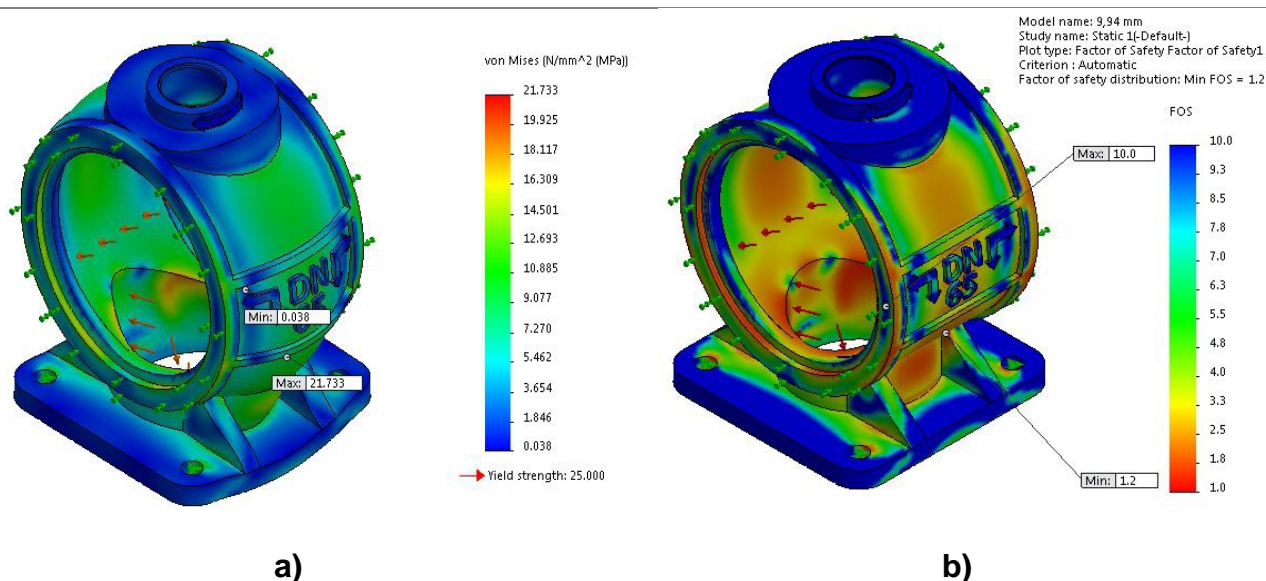
Analizom naprezanja (Finite Element Analysis - FEA) i faktora sigurnosti (Factor Of Safety - FOS) kućišta (postojećeg proizvoda) trokrake kuglaste slavine DN 65 provjereni su prethodno izrađeni kontrolni proračuni za tri nazivna tlaka: $p_n = 0,6, 1,0$ i $1,6$ MPa i materijal kućišta Al.Si.12 Cu s karakteristikama definiranim u bazi materijala programskog alata SolidWorks. Na slikama 9 (a i b), 10 (a i b) i 11 (a i b) grafički s kontrastom boja i numeričkom skalom vrijednosti prostorno su prikazani raspored naprezanja i faktor sigurnosti za tlakove $p_n = 0,6, 1,0$ i $1,6$ MPa i materijal kućišta Al.Si.12 Cu postojećeg 3D modela trokrake kuglaste slavine.



Slika 9. Analiza naprezanja kućišta trokrtake kuglaste slavine (FEA) – a) i faktora sigurnosti (FOS) – b) za $p_n = 0,6$ MPa i $\delta_{st1} = 7,5$ mm



Slika 10. Analiza naprezanja kućišta trokrtake kuglaste slavine (FEA) – a) i faktora sigurnosti (FOS) – b) za $p_n = 1$ MPa i $\delta_{st1} = 8,5$ mm



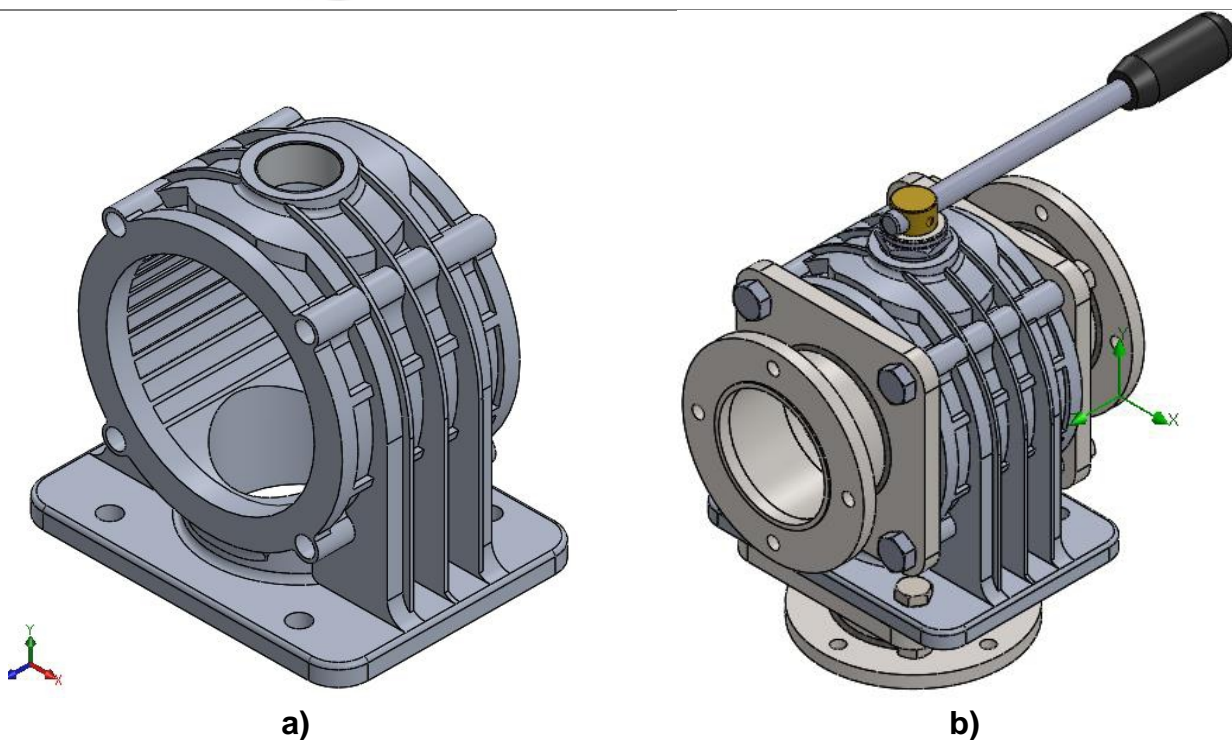
Slika 11. Analiza naprezanja kućišta trokrate kuglaste slavine (FEA) – **a)** i faktora sigurnosti (FOS) – **b)** za $p_n = 1,6$ MPa i $\delta_{stv1} = 10$ mm

Rezultati provedenih analiza prikazuju da su naprezanja prema numeričkoj skali vrijednosti u sva tri slučaja manja od dozvoljenog koji za materijal Al.Si12 Cu. iznosi 25 N/mm^2 , ali vrijednosti prema numeričkoj skali za faktora sigurnosti ukazuju na nizak faktor sigurnosti posebno pri tlaku $p = 1$ MPa i $p = 1,6$ MPa, označeno crvenom bojom. Analizom faktora sigurnosti prikazana su najrizičnija mjesta te se predlaže dodatno ojačanje kućišta redizajnom i rekonstrukcijom postojećeg 3D model kućišta trokrate kuglaste slavine DN 65.

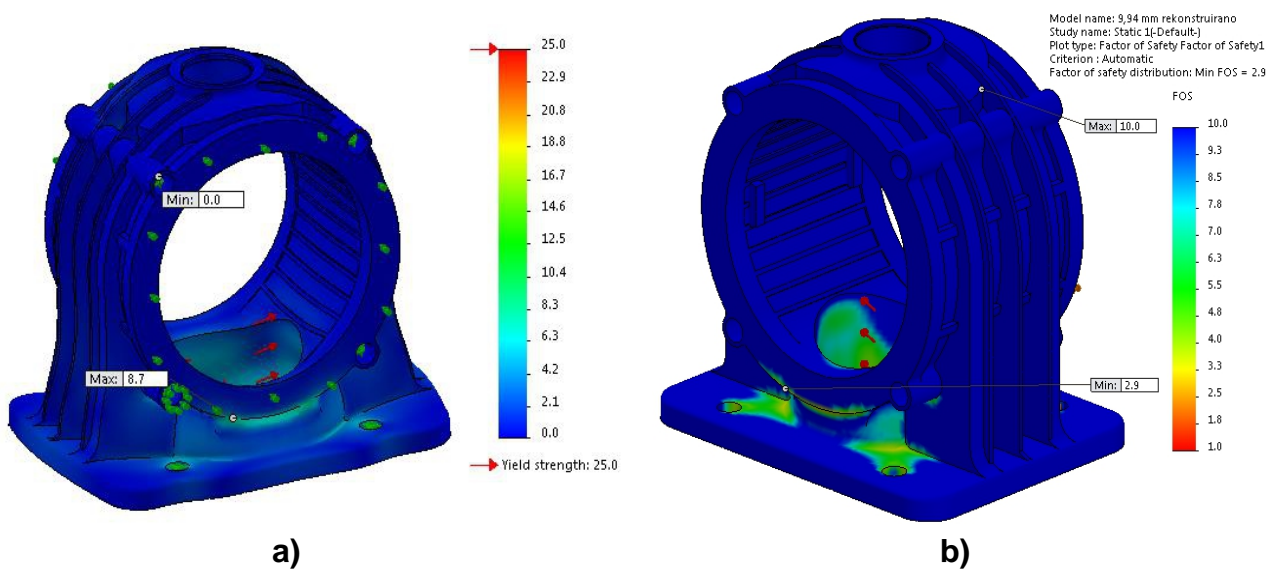
5. Rekonstrukcija 3D modela trokrate kuglaste slavine

Rekonstrukcijom postojećeg 3D modela trokrate kuglaste slavine DN 65 izrađeno je modificirano tehničko rješenje kućišta za ispitni tlak $p_i = 2,4$ MPa prikazano na slici 12 a, a rekonstruiran 3D model sklopa na slici 12 b.

Analizom naprezanja (Finite Element Analysis - FEA) rekonstruiranog 3D modela kućišta trokrate kuglaste slavine DN 65 (slika 13 a.) vizualno je potvrđeno da dodatna rebrasta ojačanja kućišta pozitivno utječu na pravilniju raspodjelu tlačnog opterećenja unutar stijenke kućišta ispitnim tlakom od $2,4$ MPa kao kontrolnom provjerom naprezanja u kućištu. Najveće je naprezanje na obodu donjeg dijela kućišta slavine (crveno), a najmanje naprezanje na rebrastim pojačanjima kućišta (plavo) što ilustrira pravilniju raspodjelu tlačnog opterećenja kućišta. Vrijednosti nazivnih naprezanja prema numeričkoj skali vrijednosti značajno su manja od dopuštenog naprezanja ($\sigma_{dop} = 25 \text{ N/mm}^2$) za materijal Al.Si.12 Cu. Analiza faktora sigurnosti rekonstruiranog kućišta 3D modela prikazana je na slici 13 b. Nisu primjetna rizična mjesta.



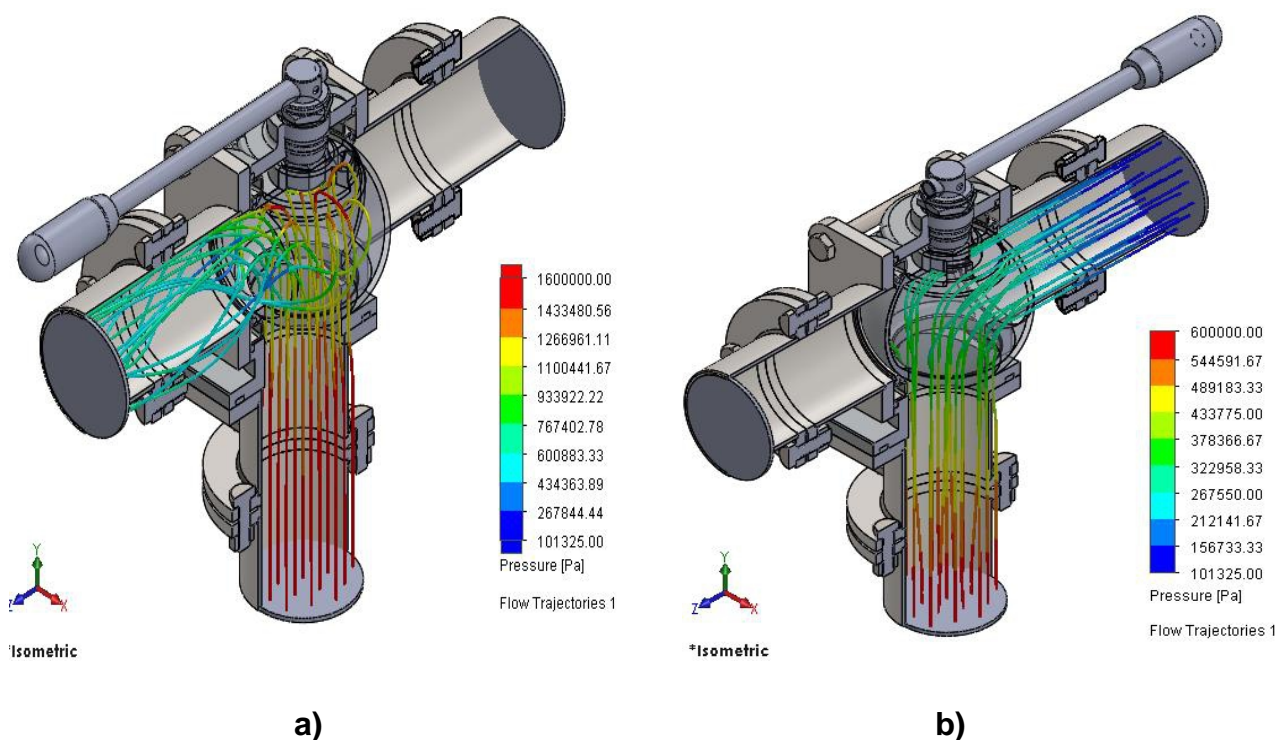
Slika 12. Rekonstruiran 3D model kućišta– a) i 3D model sklopa – b)
trokrake kuglaste slavine NO 65



Slika 13. Rekonstruiran 3D model kućišta– a) i 3D model sklopa – b)
trokrake kuglaste slavine NO 65

6. Simulacija protoka fluida

Pomoću programskog dodatka SolidWorks Flow Simulation (*FlowXpress Analysis*) provedena je simulacija strujanja fluida kroz 3D model postojećeg proizvoda trokrake kuglaste slavine DN 65. Na donju (ulaznu) cijev zadan je tlak $p = 1,6$ MPa odnosno $0,6$ MPa, a na lijevu odnosno desnu (izlaznu) cijev atmosferski tlak od $p_1 = 0,1$ MPa. Nakon definiranja svih parametara izvršena je simulacija strujanja fluida. Na slikama 14 a. i 14 b. prikazane su trajektorije strujanja fluida uz popratne grafičke i numeričke prikaze pada tlaka kroz 3D model trokrake kuglaste slavine DN 65.



Slika 14. Simulacija strujanja fluida kroz 3D model sklopa trokrake kuglaste slavine NO 65

7. Zaključak

Primjenom reverznog inženjeringa, a na temelju postojeće 2D radioničke dokumentacije, proveden je kontrolni proračun debljine stijenke postojećeg kućišta trokrake kuglaste slavine DN 65 u lijevanoj izvedbi za tlakove: $p = 0,6$ MPa $p = 1,0$ MPa $p = 1,6$ MPa i materijal Al Si12 Cu. Izrađen je 3D model postojećeg proizvoda trokrake kuglaste slavine DN 65, a rekonstrukcijom modelirano je modificirano tehničko rješenje kućišta za ispitni tlak $p_{\text{ispitni}} = 2,4$ MPa. Generirana je kompletna 2D radionička dokumentacija za izradu svih dijelova rekonstruiranog sklopa trokrake kuglaste slavine DN 65. Provedene su analize naprezanja (Finite Element Analysis - FEA) i faktora sigurnosti (Factor Of Safety - FOS) na postojećem i rekonstruiranom 3D modelu kućišta, te analiza strujanja fluida (Flow Simulation) kroz postojeći sklop trokrake kuglaste slavine. Pomoću 3D pisača MakerBot Replicator 2X izrađen je umanjeni 3D model sklopa trokrake kuglaste slavine DN 65. Prilagođenim

softverom i programskim alatima utvrđeno je da rekonstruirano tehničko rješenje trokrake kuglaste slavine DN 65 može pouzdano "izdržati" ispitno opterećenje, te osigurati ispravno zapiranje i promjenu smjera strujanja medija u cjevovodnim sustavima. Predloženim postupcima moguća su unapređenja i razvoj zapornih organa primjenjivih za različita postrojenja i sustave.

8. Literatura

- [1] Karl-Heinz Decker, Elementi strojeva, Zagreb, Tehnička knjiga Zagreb, 1980.
- [2] <http://www.danfoss.com/Croatia/Products/Categories/Group/HE/Kuglaste-slavine/01ec6bb8-b3da-4dfc-a-49b-77a8054f0924.html> (Dostupno: 14.09.2015.)
- [3] http://partstospray.com/images/products/detail/454232_HK.4.jpg (Dostupno: 14.09.15.)
- [4] Praktičar 3, Strojarsvo 2, Školska knjiga Zagreb, 1. izdanje, 1973.

Dijagnoza kvara u distributivnoj mreži pomoću uzročnog stabla

Fault diagnosis in the distribution network using the causal tree

S. Kaluđer^{1*}

¹ HEP-ODS, Elektroslovanija Osijek, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: slaven.kaluder@hep.hr

Sažetak

Pojava kvara je neželjena situacija u elektroenergetskom sustavu prilikom čega se određeni dijelovi mreže odvajaju od ostatka koji nije zahvaćen kvarom. Sustav relejne zaštite ima zadatak izoliranja dionice koja se nalaze u kvaru. Aktivacija određene zaštite šalje alarm u trafostanicu i dispečerski centar. Alarmi u dispečerski centar dolaze u kratkom vremenu što može dispečera zbuniti i navesti na pogrešku. Pravilan pristup i odabir metode za dijagnozu kvara na bazi alarma su vrlo bitna stvar. U ovom radu prikazana je ručna dijagnoza kvara u distributivnoj mreži na bazi uzročnog stabla (stabla kvara i stabla ispravnog rada). Prikazan je novi način modeliranja dijagnoze pomoću stabla ispravnog rada. Za dijagnozu kao ulazne podatke koristili su se statusi releja i prekidača. Metoda pomoću stabla kvara i stabla ispravnog rada iz ogromnog broja alarma postavlja i logički organizira dijagnoze. Ručna dijagnoza kvara uspješno dijagnosticira djelovanje i otkazivanje djelovanja releja i prekidača. Također ima mogućnost lociranja (identificiranja) kvara na bazi logičkog odnosa releja i prekidača.

Abstract

The appearance of fault is an unwanted situation in the power system during which certain parts of the network separate from the rest of which is not affected by the fault. The relay protection has the task of isolating zone that is hit by fault. Activation of certain protection sends an alarm in the substation and dispatch center. Alarms in the dispatch center come in a short time which may confuse dispatchers and cause missoperation. The correct approach to the selection of methods for fault diagnosis based alarms are very important. This paper describes the manual fault diagnosis in distribution network based on causal tree (tree fault tree and success tree). This paper shows a new way of modeling diagnosis using a success. For diagnosis as input data were used statuses of the relays and circuit breakers. The method based on fault tree and the success tree sets and logically organized diagnosis from the huge number of alarms. Manual fault diagnosis successfully diagnose operation



and failure of operation relays and circuit breakers. It also has the option of locating (identifying) failure to based on logic relations of relays and switches.

Ključne riječi: dijagnoza kvara, procesiranje alarma, Boolova logika, stablo kvara, stablo ispravnog rada.

1. Uvod

Kvar u elektroenergetskom sustavu (EES) aktivira sustav relejne zaštite koji izdvaja dionicu u kvaru. Pobuda određene zaštite šalje signal (alarm) lokalno u transformatorsku stanicu (TS) i daljinski u dispečerski centar. U dispečerskom centru alarmi su vidljivi preko sustava SCADA koji uz mogućnost daljinskog upravljanja, mjerenja i nadzora posjeduje kronološki registrator događaja (KRD) [1]. Alarmi koji dolaze u dispečerski centar pojavljuju se na KRD-u i tamo ostaju pohranjeni. Alarmi su široka skupina signala koji obuhvaćaju: signalizaciju položaja prekidača i rastavljača to jest njihovo sklopno stanje, pobudu i proradu određene zaštite, ispade pojedinih automatskih sklopki u sekundarnom razvodu, ispade pojedinih uređaja u sekundarnom razvodu sve do nekih skoro nevažnih alarma kao što je signalizacija otvorenih vrata TS. U trenutku kvara alarmi naviru na zaslon KRD-a i slažu se jedan na drugi tako da alarm na samom vrhu predstavlja vremenski zadnju situaciju koja se dogodila u mreži. Sve je u redu dok je broj alarma i situacija u mreži jednostavna. Pojava složenog kvara uzrokuje lavinu od nekoliko stotina alarma u kratkom vremenskom razdoblju, situacija se komplicira, vrlo je teško pronaći dionicu i uzrok kvara što onemogućava pravovremenu reakciju samog operatera, može ga navesti na krivu reakciju i dovesti do nesagledive štete [2]. Kvar u mreži koji zaštita u sklopu s prekidačima ne otkloni zbog dodatnog kvara na opremi potakne sekundarnu zaštitu da odradi posao ili idući stupanj zaštite ukloni kvar. Tijekom kvara operater mora procesirati ogromnu količinu sirovih podataka i izvršiti kompleksan proces odlučivanja u vrlo kratkom vremenu. Zbog takvih situacija se u EES-u primjenjuju procesori alarma [3]. Pošto su procesori alarma vrlo rijetki u distribuciji operateri u dispečerskim centrima su prinuđeni napraviti dijagnozu kvara ručno. Prilikom ispada TS 35/10 kV Istok analizirani su pristigli alarmi u dispečerski centar s metodom uzročnog stabla (stablo kvara i stablo ispravnog rada). Svrha cijele ove dijagnoze je pravilna primjena ručne metode stabla uzroka na konkretnom primjeru odvajanja TS 35/10 kV Istok od ostatka distribucijske mreže.

2. Funkcionalno djelovanje releja i prekidača

Releji su uređaji koji štite pojedine komponente i dionice u EES-u. Funkcionalno djelovanje releja opisuje se pomoću: ispravnog djelovanja i otkazivanja djelovanja. Relacije (2.1 i 2.2) predstavljaju funkcionalan opis tih djelovanja na bazi uzročno posljedične veze kvara i pripadajućeg releja te se nazivaju logičkim jednadžbama funkcioniranja (djelovanja) [4, 5]. Iz tih jednadžbi se ne vidi uzročno posljedična veza koja povezuje aktivno stanje releja R_{start} i stanje isključenja R_{trip} nego samo kažu ako imamo ta dva stanja djelovanje je jednako lijevoj strani jednadžbe. Logičke jednadžbe (2.1-2.2) izvedene su po uzoru na [4, 5]. Lijeva strana jednadžbe predstavlja djelovanje releja, a desna kombinaciju dva stanja (alarma).

Logičke jednadžbe (2.1-2.2) predstavljaju Booleovu logiku (0 ili 1 tj. crno-bijelo se gleda na model). Ako usporedimo logičke jednadžbe (2.1) i (2.2) vidimo kako je riječ o dva krajnja djelovanja, a to su ispravno djelovanje i otkazivanje djelovanja. Kao što je poznato pomoću Booleove logike nije moguće definirati neko međudjelovanje. Relacija (2.2) predstavlja otkazivanje djelovanja releja te s desne strane ima nepostojeće stanje isključenja NoR_{trip} koje predstavlja nepostojeću informaciju.

$$R_{operate} = R_{start} * R_{trip} = R_{start} \wedge R_{trip} \quad (2.1)$$

$$R_{failure_to_operate} = R_{start} * NoR_{trip} = R_{start} \wedge NoR_{trip} \quad (2.2)$$

Releji i prekidači u EES-u su uzročno-posljedično povezani zbog njihovog funkcionalnog djelovanja. Prilikom kvara relej šalje signal za isključenje R_{trip} te prekidač mora isključiti dionicu u kvaru (zonu šticećenja) što se karakterizira kao ispravno djelovanje sustava. Funkcioniranje prekidača se može opisati kao ispravno djelovanje, krivo djelovanje i otkazivanje djelovanja. Ta djelovanja su opisana pomoću logičkih jednadžbi (2.3-2.5) izvedenih po modelu iz [4, 5]. Logičke jednadžbe funkcionalnih djelovanja prekidača iskazana su pomoću Booleove logike. Lijeva strana logičkih jednadžbi predstavlja funkcionalno djelovanje prekidača dok desna predstavlja uzročno-posljedičnu povezanost dva stanja (alarma). Ispravno djelovanje prekidača $CB_{operate}$ opisano je relacijom (2.3) koje predstavlja kombinaciju stanja isključenja R_{trip} i otvorenog stanja prekidača CB_{open} . Relacija (2.4) predstavlja krivo djelovanje prekidača $CB_{false_operation}$ što znači kako je prekidač isključio bez impulsa za isključenje (sam od sebe). To je kombinacija nepostojećeg stanja isključenja (nepostojeća informacija) NoR_{trip} i otvorenog stanja prekidača CB_{open} . Otkazivanje djelovanja prekidača $CB_{failure_to_operate}$ opisano je relacijom (2.5) koja predstavlja kombinaciju stanja isključenja R_{trip} i zatvorenog stanja prekidača CB_{close} (nepostojeću informacija). Sve relacije su kombinacija stanja prekidača i releja. Iz relacija 2.3-2.5 se ne vidi direktno uzročno-posljedična veza nego samo logička kombinacija dva stanja (dvije informacije).

$$CB_{operate} = R_{trip} \cdot CB_{open} = R_{trip} \wedge CB_{open} \quad (2.3)$$

$$CB_{false_operation} = NoR_{trip} * CB_{open} = NoR_{trip} \wedge CB_{open} \quad (2.4)$$

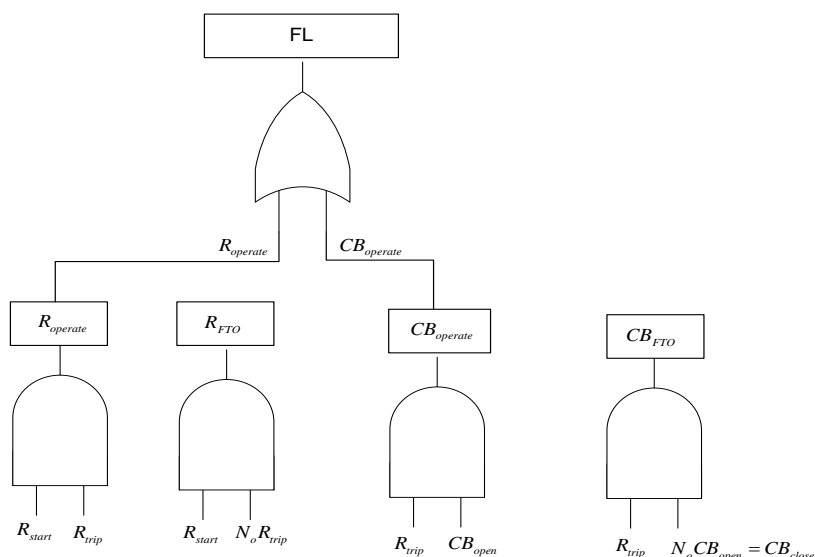
$$CB_{failure_to_operate} = R_{trip} * CB_{close} = R_{trip} \wedge CB_{close} \quad (2.5)$$

Identifikacija kvara kod Boolove logike se definira pomoću djelovanja releja i prekidača budući da releji i prekidači u kombinaciji štite točno određenu dionicu ili komponentu u EES-u. Poznavajući informaciju o djelovanju releja ili prekidača neposredno saznajemo na kojoj je dionici kvar budući da relej u kombinaciji s prekidačem štiti točno određenu dionicu. Ako

imamo informaciju o releju te dodamo informaciju o prekidaču to upotpunjuje dijagnozu (vrijedi i obratno) i podiže izgleda da se baš kvar nalazi na toj lokaciji. Identifikacija kvara definira se pomoću hipoteze koja čini uniju Boolovih skupova svih prekidača i skupa svih releja koji su djelovali na bazi relacija (2.6) [6, 7].

$$F_i = \{CB_i\} \cup \{RL_i\} \quad (2.6)$$

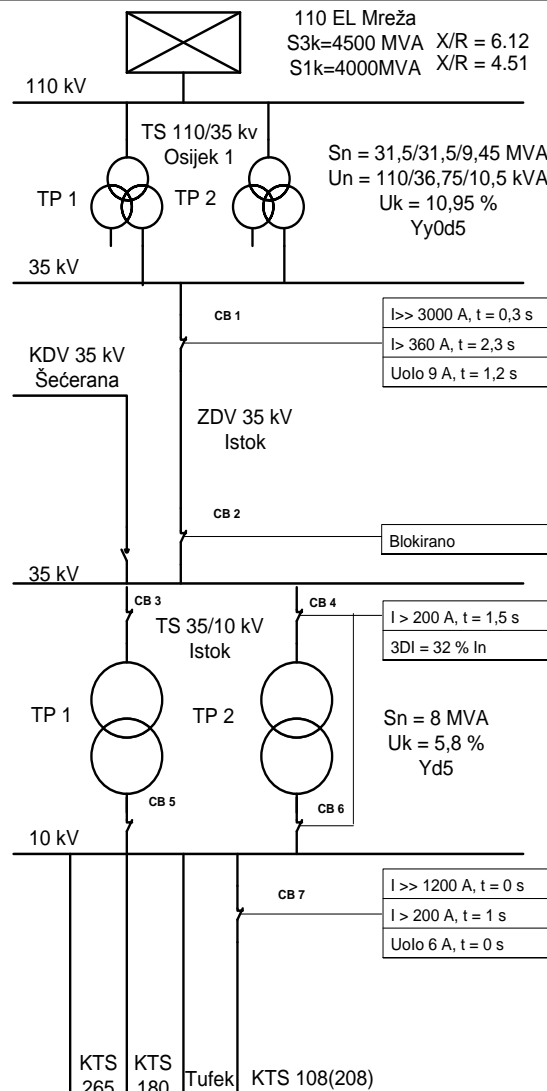
Logičke jednadžbe releja i prekidača povezane i iskazane pomoću stabla uzroka **slika 1**.



Slika 1. Logičke jednadžbe prikazane pomoću stabla uzroka

3. Metoda uzročnog stabla

Distribucijska (distributivna) mreža koja će se koristiti kao model prikazana je na slici 2 (dio 35 kV i 10 kV mreže Elektroslavonije). Mreža se sastoji od dvaju sabirnica 35 kV koje su međusobno povezane s 35 kV dalekovodom, dva transformatora 35/10 kV, sabirnica 10 kV i četiri dalekovoda 10 kV. Dalekovod 35 kV štiti nadstrujni, kratkospojni i zemljospojni relej. Transformatore 35/10 kV štiti nadstrujni i diferencijalni relej, a dalekovode 10 kV štiti nadstrujni, kratkospojni i zemljospojni relej.



Slika 2. Dio 35 kV mreže Elektroslavonije

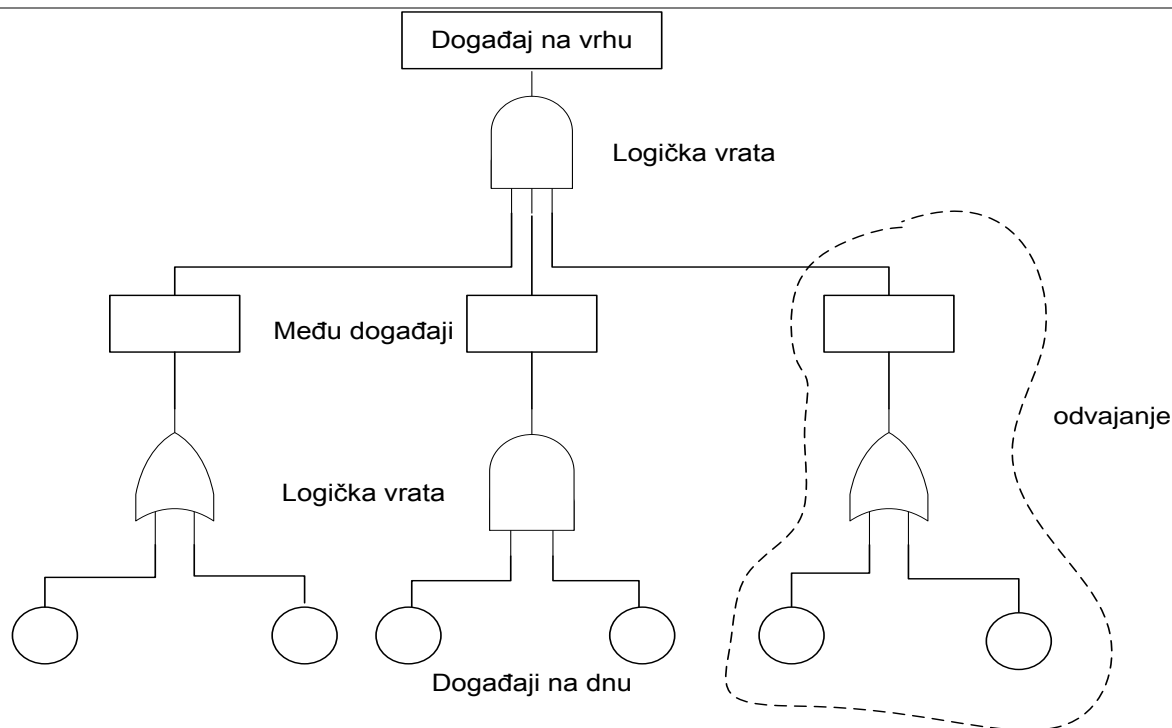
Koncept same metode je vrlo jednostavan dok je primjena složena. Stablo (kvara, uspjeha) je grafički prikaz mogućih uzroka (kvara, uspjeha) koji se pojavljuju na vrhu stabla. Tijekom razvoja stablo se širi i povećava prema dolje i u stranu. Metodu stabla kvara su zajednički razvili odjel za balističke sustave američkog zrakoplovstva i laboratorij Bell Telephones 1961. godine. Metoda se još može nazvati metodom uzročnog stabla slika 3 [8]. Metoda pronalazi primjenu u mnogim područjima, a poglavito je rasprostranjena u nuklearnoj i petrokemijskoj industriji. Metoda ima logički i sistematski pristup u otkrivanju dizajnerskih i operativnih slabosti kompleksnih sustava koje promiču i najboljim stručnjacima. Stablo kvara se može transformirati u svoj logički komplement stablo ispravnog djelovanja. Važno je znati kako stablo kvara nije model svih mogućih kvarova ili svih mogućih uzroka kvara. Stablo kvara definira samo određene kvarove koji vode do kvara na vrhu. Također važno je istaknuti kako stablo kvara u prirodi nije kvantitativna metoda, već kvalitativna metoda koja



se često koristi za kvantitativnu procjenu. Činjenica kako je stablo kvara pogodno za kvantitativnu procjenu ne mijenja njegovu kvalitativnu prirodu modela. U stvarnosti stablo kvara je kvalitativna procjena odnosa i povezanosti događaja koji dovode do događaja na vrhu. Konstruirajući stablo kvara daje nam uvid u razumijevanje uzroka koji dovodi do kvara na vrhu. Kvalitativna procjena u biti transformira stablo kvara u logički ekvivalent koji daje fokusiranu informaciju. Stablo ispravnog djelovanja je logički kompliment stabla kvara. Veza između uspjeha i kvara je uspostavljena pa se tako može stablo transformirati iz jednog oblika u drugi. Sposobnost da analiziramo događaj na vrhu iz oba kuta gledanja (ispravnog djelovanja i kvara) proširuje naš pogled u vidu korisnih informacija koje smo dobili iz logičkih stabala.

Prema tome djelovanje (opisivanje) sustava može se promatrati s dvije dijametralno suprotne točke gledanja. Puno informacija dobivamo od stabla kvara koje se koristi kao pomoć prilikom donošenja odluka. Korištenje stabla kvara kao dijagnostičkog alata je različito od proaktivnog i preventivnog. Stablo kvara može se koristiti kao dijagnostički alat kada se dogodi događaj na vrhu ili među-događaj, pogotovo kada nije očito o kojim se uzrocima (uzroku) radi. Pomoću stabla kvara može se efikasno odrediti učesnike po prioritetu. Uzročno-posljedično dolazimo do događaja na vrhu dobivajući vrijedne informacije što se pokvarilo (zakazalo) te područja gdje se mogu napraviti poboljšanja. Stablo kvara može poslužiti prilikom analize ispada identificirajući najučinkovitije korake koje treba poduzeti kako bi se smanjio utjecaj na kvar. U ovom slučaju se komponente postavljaju u poziciju kvara te su identificirani koraci koje treba poduzeti kako bi se smanjilo širenje kvara.

Primjena stabla kvara u obliku analize ispada se koristi kako bi se identificirao način na koji će se rekonfigurirati sustav da se minimizira utjecaj komponenti u kvaru. Stablo kvara posjeduje širok spektar odluka koje se mogu iskoristiti u procesu donošenja konačne odluke. Može se koristiti od samog početka do samog kraja rada sustava tj. od dizajniranja, implementacije i poboljšanja. Kako se vijek trajanja sustava bliži kraju sustav se može nadzirati kako bi se utvrdili trendovi prije nego što nastupi kvar. Kada se svjesno koristi kao pomoć prilikom donošenja odluka povrat od stabla kvara mnogo puta nadmašuje resurse koji se potrebni kako bi se provela analiza [9,10].



Slika 3. Uzročno stablo

Kada stablo kvara postane veliko može se pristupiti na učinkovitiji način, ako ga organiziramo kao razumne cjeline koje su međusobno odvojene jedne od drugih. Glavni kriterij u razbijanju stabla u podstabla trebao bi biti da je svako podstablo logički smisljeno (koherentno, problemi slične prirode i problemi koji su vezani za neko posebno područje uređaja) povezano.

Ova strategija dobro djeluje gdje nema previše preklapanja između različitih dijelova stabla. U biti ova strategija uključuje stvaranje mnogo jednostavnih dijagnostičkih sustava umjesto jednog kompleksnog [11]. Korištenje strukture kako bi se kontrolirala kompleksnost dijagnostičkog sustava je među boljim strategijama [11]. Povezanost dijagnoze kvara (njenog modela pomoću stabla kvara) i umjetne inteligencije kao znanstvenog područja definirano je IEEE Standardima (1232, 1522 i 1636) [12, 13, 14].

4. Rezultati

4.1. Stvarni slučaj

Događaj dana 10.02.2010. godine na distributivnoj mreži izazivao je listu alarma koji su prikazani slikom 4. TS 35/10 kV Istok ima mogućnost napajanja iz TS 110/35 kV Osijek 1 i TS 35/10 kV Šećerana te zajedno predstavljaju dio distributivne mreže u nadležnosti Elektroslavonije Osijek slika 2. U trenutku poremećaja TS 35/10 kV Istok napajana je iz TS 110/35 kV Osijek 1. Treba se izvršiti dijagnoza kvara kako bi se što prije mreža vratila u prvobitno stanje, kako bi što manji broj kupaca ostao bez napona. Alarmi se pojavljuju na KRD-u, a alarm koji se dogodio zadnji potiskuje ostale alarme prema dolje, što znači kako je najgornji alarm stigao posljednji. Kod dijagnoze se alarmi promatraju odozdo prema gore, jer najdonji alarm je prvi koji se pojavio na KRD-u. Izdvojeni su alarmi koji su se pojavili kao rezultat djelovanja sustava zaštite nakon poremećaja nastalog u distributivnoj mreži slika 4. Ostali alarmi koji su se pojavili nakon djelovanja operatera koji pokušava dovesti distributivnu mrežu u početno stanje detaljno je prikazan u [15, 16] te je manje bitan za našu buduću dijagnozu. Samo su četiri alarma bitna za dijagnozu iz tolikog broja alarma. Od toga su dva alarma povezana s vodnim poljem 10 kV i dva s VP 35 kV. Alarmi koji se odnose na VP 10 kV su isključenje kratkospojne zaštite (Rtrip_sc) i isključenje prekidača na VP 10 kV (Cbopen_10kV). Alarmi vezani za vodno polje 35 kV također su isključenje kratkospojne zaštite (Rtrip_sc) i otvaranje prekidača na istoimenom VP 35 kV (Cbopen_35 kV).

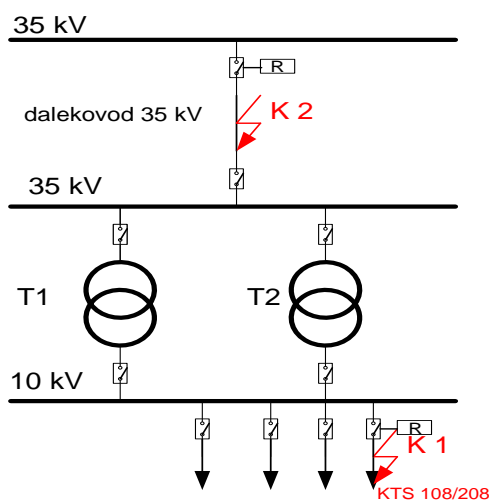
10.2.2010	20:49:15.379	OSK 1	35	APU DEF	PRESTANAK
10.2.2010	20:49:15.371	OSK 1	35	Z. KRATKOSPOJNA	PRESTANAK
10.2.2010	20:49:15.357	OSK 1	ISPRAVLJAC AC/DC 220V		POVRATAK
10.2.2010	20:49:15.266	OSK 1	35	ISTOK PREKIDAC	ISKLJUCEN
10.2.2010	20:49:15.255	OSK 1	35	ISTOK PREKIDAC	Stanje kvara 11
10.2.2010	20:49:15.217	OSK 1	35	APU DEF	UPOZ
10.2.2010	20:49:15.206	OSK 1	35	Z. KRATKOSPOJNA	ISK
10.2.2010	20:49:15.111	OSK 1	ISPRAVLJAC AC/DC 220V		ISPAD
10.2.2010	20:49:14.984	ISTOK	10	Z. KRATKOSPOJNA	PRESTANAK
10.2.2010	20:49:14.948	ISTOK	10	108/208 PREKIDAC	ISKLJUCEN
10.2.2010	20:49:14.939	ISTOK	NAPON AC NA SABIRNICAMA		NESTANAK
10.2.2010	20:49:14.939	ISTOK	10	108/208 PREKIDAC	Međupoložaj 00
10.2.2010	20:49:14.901	ISTOK	10	Z. KRATKOSPOJNA	ISK

Slika 4. Alarmi s KRD-a za stvarni slučaj

4.2. Dijagnoza stvarnog slučaja

Bitni alarmi iz cijelog niza alarma su vezani za dalekovod 10 kV („10 z. kratkospojna isk“, „10 108/208 prekidač isključenje“) te alarmi vezani za 35 kV dalekovod („35 z. kratkospojna isk“, „35 Istok prekidač isključenje“). Korištenjem stabla uzroka slika 1 dolazimo do dijagnoze koja je iskazana u tablici 1. Iz tablice 1 vidi se kako je dijagnosticirano ispravno djelovanje prekidača na VP 10 kV-KTS 108/208 te ispravno djelovanje prekidača na VP 35 kV. Identificiran je kvar na dalekovodnom polju 10 kV (KTS 108/208 i kvar na dalekovodu 35

kV. U konačnici se može zaključiti da je identificiran kvar na VP 10 kV-KTS 108/208 i VP 35 kV. Moguće dionice u kvaru prikazuje slika 5.



Slika 5. Identificirani kvarovi na distribucijskoj mreži za stvarni slučaj

Tablica 1: Rezultati dijagnoze kod stvarnog slučaja

Dijagnoza
Ispravno djelovanje prekidača na dalekovodu 10 kV
Identificiran kvar na dalekovod 10 kV
Ispravno djelovanje prekidača na dalekovodu 35 kV
Identificiran kvar na dalekovodu 35 kV

5. Zaključak

U ovom radu koristili smo se metodom uzročnog stabla kako bi proveli ručnu dijagnozu kvara. Metoda je vrlo transparentna te logički povezuje strukturno i funkcionalno znanje. Sama metoda je jednostavna u odnosu na njenu primjenu koja je složena. Rezultati dijagnoze se odnose na stvarnu situaciju parcijalnog raspada dijela distributivne mreže distribucijskog područja "Elektroslavonije Osijek" gdje se postavljenjem dijagnoze utvrdio ispravno djelovanje prekidača na dalekovodu 10 kV (KTS 108/208) i dalekovodu 35 kV. Na bazi alarma dostupnih ovoj situaciji nije moguće dijagnosticirati bilo kakvo djelovanje releja. Također identificirani su kvarovi na dalekovodu 10 kV (KTS 108/208) i na dalekovodu 35 kV bez da smo ih kvantificirali budući da se radi samo o lingvističkim varijablama. Manjkavosti ove metode su što ne može odrediti krivo djelovanje releja zbog svoje crno-bijele logike.



Kod budućih razmatranja ove problematike, ako se zadržavamo u području dijagnoze kvara bio bi razvoj off-line sustava za dijagnozu.

6. Literatura

- [1]. Green J. N., at. al., Control and automation of electric power distribution systems, CRC, Florida, 2007.
- [2]. Adibi M. M., Power system restoration, IEEE Press, New York, 2000.
- [3]. McDonald J. R., at. al., Intelligente knowledge based systems in electric power engineering, London, 1997.
- [4]. Liacco T. E., Kraynak T. J., Processing by logic programming of circuit-breaker and protective-relaying information, IEEE Transactions on power apparatus and systems, Vol. 88, No. 2, pp. 171-175, 1969.
- [5]. Park Y. M., Kim G. W., Sohn J. M., A logic based expert system (LBES) for fault diagnosis of power system, IEEE Transactions on power systems, Vol. 12, No. 1, pp. 363-369, 1997.
- [6]. Chang C. S., at. al., Fuzzy logic approach in power system fault section identification, IEE Proceedings- Generation, Transmission and Distribution, Vol. 144, No. 5, pp.406-414, 1997.
- [7]. Jarventausta P., at. al., Using fuzzy sets to model the uncertainty in the fault location process of distribution networks, IEEE Transactions on power delivery, Vol. 9, No. 2, 1994.
- [8]. Delong T. W., A Fault tree manual, Texas A&M University, 1970.
- [9]. NASA, Fault tree handbook with aerospace applications, 2002.
- [10]. U.S. Nuclear Regulatory Commission, Fault tree handbook, 1981.
- [11]. Price C., Computer-based diagnostic systems, Springer-Verlag, London, 1999.
- [12]. Sheppard J., Kaufman M., IEEE 1232 and P1522 Standards, IEEE, 2000.
- [13]. Simpson W R., Sheppard J W., Standard representations of diagnostic models, IEEE, 1998.
- [14]. IEEE Standards Coordinating Committee 20 (SCC-20), Presentation, 2012.
- [15]. Kaluđer S., Miletić S., Nikolovski S., Alarm analysis in electric power system based on expert system, Technical Gazzete, Slavonski Brod, Vol. 19, No. 4, pp. 709-715, 2012.
- [16]. Kaluđer S., Nikolovski S., Majdandžić Lj., Alarm processing in a power system by human expert, Technical Gazzete, Slavonski Brod, Vol. 20, No. 2, pp. 343-349, 2013.

Utiskivanje biogasa u gasnu mrežu / Aktivnosti DVGW u području biogasa

Injection of Biogas into Gas Supply Grids / DVGW Activities in the Field of Biogas

A. Bučo-Smajić^{1,*}

¹DVGW Njemačko stručno udruženje za gas i vodu, predstavništvo Sarajevo, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

* Autor za korespondenciju. E-mail: bucos@dvqw.de

Sažetak

S energetske tranzicijom Njemačka je pokrenula temeljnu transformaciju svog energetskog sistema. Proizvodnja, transport i potražnja su suočeni sa velikim promjenama koje će imati utjecaj na sve sektore potrošnje energije.

U okviru energetske politike definirani su ciljevi zaštite klime, sigurnost opskrbe i ekonomije, a gas može igrati ključnu ulogu u prestrukturiranju opskrbe energijom. Korištenje postojeće gasne infrastrukture pruža dobru perspektivu za ekološki i ekonomski korisno kombiniranje predvidljive i sigurne opskrbe prirodnim gasom i nestabilnog napajanja energijom iz obnovljivih izvora.

Vrijeme kada je prirodni gas bio samo fosilno gorivo je prošlo. Njemačka je svjetski lider u utiskivanju biogasa (biometan ili biogas) u gasnu mrežu. Danas, preko 180 postrojenja utiskuje gas u njemačku gasnu mrežu, za razliku od 2006. g. kada su samo 2 postrojenja ovog tipa bila priključena na mrežu. Zadnjih godina je ostvaren značajan napredak u utiskivanju hidrogena i biometana proizvedenih iz obnovljivih izvora energije (power-to-gas). Gas će u budućnosti doživjeti transformaciju iz mono-gasa u multi-gas, gdje će osim prirodnog gasa iz fosilnih izvora, biti uključen i biogas kao i gas proizveden iz drugih obnovljivih izvora.

Ova evolucija nije moguća bez tehnoloških inovacija u gasnom sistemu. Osim tehničke sigurnosti, fokus je na optimizaciji komponenti energetske efikasnosti u cijelom lancu, od proizvodnje do korištenja gasa. Proširena uloga prirodnog gasa i integracija u energetski sistem zahtijevaju već u ranoj fazi tehničke i naučne pripreme. DVGW intenzivno radi na tome od 2009. godine. Zajedno s velikim brojem svojih članica, Udruženje je do sada u istraživanje uložilo oko 10 milijuna € s namjerom poboljšanja tehnološkog potencijala gasa. U radu će se pored osnovnih informacija o potencijalu biogasa, ukratko dati pregled aktivnosti DVGW u istraživanju i izradi tehničke regulative relevantne za biogas.

Abstract

With the energy transition, Germany has opted for a fundamental transformation of its energy system. Production, transport and demand structures face a comprehensive upheaval which will have an impact on all sectors of energy consumption.

Within the framework of the energy policy system defined by climate protection, security of supplies and economics, gas can play a key role in reshaping the energy supply in Germany. The utilization of existing gas infrastructure offers good prospect for an environmentally and economically beneficial combination of predictable, safe natural gas supply and volatile power supply from renewable sources.

The time when natural gas could be considered as purely a fossil fuel is now long gone. Germany is a world leader in the injection of upgraded bio gas (also referred as bio methane or bio-naturale gas) into natural gas grids. Over 180 plants are now feeding bio gas into German natural gas grid. In 2006, there were only two plants of this kind in Germany. Over the past year, there has also been a significant progression in the production and injection of hydrogen or methane produced using power from renewable source (power-to-gas).

The gas of the future will go from mono-gas to multi-gas. It will not include only natural gas from fossil sources, but also bio gas and other renewable gases. This evolution will not be possible without technological innovations within the gas system. Apart from technical safety, the main emphasis will be on optimizing the energy efficiency of individual components and on the entire gas processing and utilization chain. This extended role that natural gas can assume within the energy system will require early stage technical and scientific preparations. Since 2009, DVGW has worked intensively in this area within the framework of its innovation campaign. Together with a large number of member companies, the association has now invested almost €10 million in research with the intent of improving the technological potential of gas.

This paper presents a basic information about the potential of bio gas, brief information of DVGW research and innovation projects as well as relevant technical regulations for bio gas.

Ključne riječi: biogas, istraživanje, tehnička regulativa, edukacija

1. Uvod

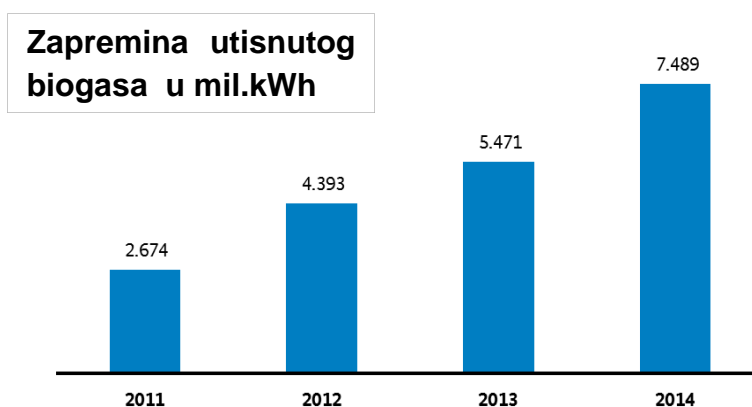
Prednosti koje pruža utiskivanje biogasa u gasnu mrežu javnog snabdijevanja su velike, s obzirom da je kompatibilan s fosilnim prirodnim gasom, biogas se može putem postojeće gasne infrastrukture koristiti neovisno od mjesta i vremena proizvodnje.

Utiskivanje biogasa u gasnu mrežu javnog snabdijevanja u Njemačkoj je započelo krajem 2006. g. U interesu političkih ciljeva zaštite klime i jačanja sigurnosti snabdijevanja, bilo je potrebno olakšati utiskivanje biogasa iz domaće proizvodnje. Obaveza priključka na mrežu i postupak priključenja postrojenja biogasa definisani su u aprilu 2008.g. u § 33 Uredbe o pristupu gasnim mrežama (*Novelle der Gasnetzzugangsverordnung (GasNZV)*).

Ranije nisu postojala praktična iskustva s priključenjem postrojenja za proizvodnju i tretman biogasa na gasnu mrežu. Uredbom je, pored priključenja na gasnu mrežu, regulisana i saradnja operatera mreže i operatera postrojenja biogasa te su definisani njihovi zadaci i

obaveze, kao i raspodjela troškova priključka. Cijena biometana nije zagarantovana kao što je to slučaj s električnom energijom, već je tržišno orijentirana. Prema pokazateljima na tržištu se prodajna cijena biogasa tokom 2014. g. kretala između 5-8 ct/kWh. (izvor: izvještaj: Biomonitoring 2015)

Prema zvaničnim podacima Savezne agencije za mreže zaključno s 31. 12.2014. godine, 185 postrojenja biogasa (uključujući i dva power-to-gas postrojenja) utiskuju 688 miliona Nm³ ili 7.489 miliona kWh u mrežu prirodnog gasa. U odnosu na prethodnu godinu, ostvareno je povećanje od 37 %, a da li će se ovaj trend nastaviti i u budućnosti, ovisi od više faktora.



Slika 1.: Zapremina utisnutog biogasa 2011-2014

U skladu s postavljenim političkim ciljevima, do 2020. godine bi se u gasnu mrežu javnog snabdijevanja trebalo godišnje utiskivati 6 milijardi m³ biogasa kvalitete kompatibilne biometanu. Procijenjene količine za 2030. godinu su 10 milijardi m³. Za usporedbu, trenutno se u gasnu mrežu utiskuje oko 0,7 milijardi m³.

DVGW kao tehničko-naučna i stručna udruga za gas i vodu je zainteresirana za povećanje količina gasova iz regenerativnih izvora (npr. biogasa, H₂ ili CH₄ iz power-to-gas postrojenja) koji se utiskuju u mreže prirodnog gasa te doprinose smanjenja specifične CO₂ emisije za upotrebu gasovitih goriva i pozicioniranju gasne infrastrukture kao bitnog elementa u energetskej tranziciji (Energiewende).

Radi određivanja održivog potencijala i pronalaženja odgovora na pitanje da li se ove količine zaista mogu i održivo postići – uzimajući u obzir zaštitu prirodnih resursa (tla i vode) – te radi omogućavanja energetskej sektoru i gasnoj privredi strateško planiranje budućih projekata utiskivanja biogasa, urađena je analiza trenutnog stanja po regionima.

2. Aktivnosti DVGW u području biogasa

DVGW je u suradnji s partnerima pokrenuo obiman program istraživanja i studiju o održivoj proizvodnji i utiskivanju gasovitih energenata iz obnovljivih izvora u Njemačkoj (Bioatlas). Rezultati studije pokazuju da se postavljeni klimatski ciljevi mogu postići uzimajući u obzir aspekte održivosti, tj. zahtjeve preventivne zaštite prirodnih resursa (tla i vode), kao i

energetske efikasnosti, tako da 2020.godine bude moguće utiskivanje 8,6 milijardi m³, a 2030. godine 10,3 milijardi m³ biometana u gasnu mrežu.

Trenutno, u Njemačkoj se godišnje proizvede oko 11, 8 milijardi m³ sirovog biogasa. Najveći dio proizvedenog biogasa se koristi za proizvodnju električne energije. Utiskivanje biogasa u gasnu mrežu, dakle konkuriše sagorijevanju biogasa na samoj lokaciji i proizvodnji električne energije. Kroz prečišćavanje sirovog biogasa do kvalitete biometana i njegovog utiskivanja u postojeću gasnu mrežu, otvara se mogućnost korištenja čitave palete efikasnih tehnologija primjene gasa od zagrijavanja prostora i proizvodnje toplinske energije, preko efikasne i fleksibilne kogeneracije u različitim rasponima snaga, do primjene gasa u saobraćaju i transportu te primjene u industriji kao CO₂ neutralne sirovine.

Program istraživanja za područje biogasa DVGW je osnovao još 2007. godine, s ciljem da se istraži upotreba biogasa s aspekata relevantnih za gasnu privredu kao i vodoprivredu. Naučno provođenje projekata je povjereno institutima: Gastheologisches Institut GmbH (DBI), Gas- und Wärme-Institut e. V (GWI), Technologiezentrum Wasser (TZW) i Istraživačkom odjelu DVGW na Engler-Bunte-Institut (EBI).

Dalje, biogasu je posvećena posebna pažnja i u okviru kampanje DVGW o inovacijama pokrenute 2010. godine, gdje je formiran istraživački cluster „Proizvodnja gasa i tretman“.

Fokus istraživanja je prije svega na tehničko-tehnološkoj problematici proizvodnje gasovitih goriva iz regenerativnih izvora. Cilj je proširiti spektar sirovina, osobito u pravcu bioloških sirovina, kao i opitimiranje tehnološkog lanca od proizvodnje i tretmana gasa do utiskivanja u mrežu, sa aspekta energetske efikasnosti, kao i ekoloških i ekonomskih faktora.

Posebno težište je na:

- analizi tehnološkog lanca od proizvodnje gasa do utiskivanja u gasnu mrežu,
- ekološkim aspektima utiskivanja biogasa (npr. korištenje bioloških ostataka, prečišćavanje te upotreba digestata),
- tehničko-naučnim osovama za proizvodnju sintetičkog gasa (SNG) iz biomase,
- povezivanju sa drugim istraživanjima obnovljivih izvora energije finansiranim iz javnog sektora.

Rezultati istraživanja se koriste direktno u sistematskom i analitičkom razmatranju kao i projektima upravljanja mrežama. Problematika vodoprivrede se obrađuje zajedno sa kolegama iz nadležnih stručnih tijela, a u rad su uključeni i eksperti Tehnološkog centra za vodu (TZW).

U svojim istraživačkim programima DVGW radi na pronalaženju rješenja za probleme kao što su npr. poteškoće prilikom utiskivanja bigasa u podzemna skladišta, uticaj biogasa na

gasne aparate i konstruktivne djelove gasne mreže ili posljedice intezivnog uzgoja energetskih usjeva na vodoprivredu i kvalitetu vode.

Industrijska proizvodnja biogasa, povezana s prednostima smanjenja gubitaka metana i povećanja energetske efikasnosti, je veoma zahtjevan zadatak pogotovo zbog teških ekonomskih uvjeta.

Ipak, utiskivanje pripremljenog biogasa u mrežu ima značajne pozitivne aspekte:

- biogas, uz odgovarajuće osnove za proračun, omogućava poboljšanje faktora efikasnosti i konvencionalnom prirodnom gasu,
- udio u sektoru goriva, pored ostalog omogućava automobilskoj industriji ispunjavanje strožijih zahtjeva u pogledu emisije CO₂,
- biogas pozitivno utiče i na imidž te pruža veću prihvatljivost prirodnog gasa kao ekološkog energenta kod javnog mijenja, uprkos trendu lošeg imidža fosilnih energenata.

Aktualni istraživački projekti:

- Synthetic Natural Gas (SNG)
Studija energetske procjene sintetički proizvedenog gasa
- Monitoring – Biogas I + II
Optimiranje pogona tretmana (prečišćavanja) biogasa i postrojenja za utiskivanje biogasa radi osiguranja sigurnog i okolišno prihvatljivog korištenja biogasa
- Primjena industrijskog i komunalnog otpada za utiskivanje biogasa
Cilj istraživačkog projekta je definicija odgovarajućeg tehnološkog lanca za upotrebu komunalnog i industrijskog otpada kao supstrata u proizvodnji biogasa
- Inovativna proizvodnja gasovih goriva iz biomase
- Predmet istraživanja je optimiranje proizvodnje iz biomase gasovih goriva kao što su sintetički gas (SNG) ili hidrogen (H₂)
- Skladištenje električne energije iz regenerativnih izvora u gasnu mrežu
Cilj projekta je razvoj koncepta hemijskog skladištenja el. energije u formi SNG

Kako bi se osigurala što bolja koordinacija kako na polju istraživanja, tako i u području tehničke regulative, DVGW je s partnerima DWA Njemačkom udrugom za vodoprivredu, odvodnju i otpad (Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) i Stručnom udrugom za biogas (Fachverband Biogas e.V.) 2012. godine potpisao sporazum o osnivanju „Koordinacionog tijela Biogas“. Cilj je poboljšati koordinaciju u izradi novih, kao i u inoviranju postojećih tehničkih pravila za izgradnju i pogon postrojenja biogasa.



Tematski se obrađuju svi sigurnosno-tehnički zahtjevi za projektovanje i pogon postrojenja za proizvodnju, skladištenje, tretman (prečišćavanje), transport i upotrebu biogasa. Pored toga se razmatraju i aspekti organizacije te kvalificiranosti osoblja, kao i strategijska pitanja vezana za ulogu upotrebe gasa kao i diskusiju o novom izdanju Zakona o obnovljivim izvorima energije (EEG), s drastičnim posljedicama prije svega na dalju izgradnju postrojenja biogasa.

Iz perspektive zaštite voda u proizvodnji biogasa je, osim sadnje „energetskih usjeva“ kritičan faktor i korištenje digestata. U posljednjih nekoliko godina je u proizvodnji biogasa porastao udio polaznih supstrata tkz. kofermenata, gdje biootpad nije poljoprivrednog podrijetla. To stvara dodatne rizike po higijenu i kvalitet sirove vode za javno snabdjevanje vodom za piće.

3. Tehnička regulativa DVGW-a relevantna za biogas

DVGW se već dugo bavi temom biogasa, a tehnička sigurnost postrojenja za proizvodnju i utiskivanje biogasa su težište rada. DVGW zajedno sa svojim partnerima kontinuirano radi i na reviziji i proširenju postojeće regulative vezane za tretman i utiskivanje biogasa u mreže javnog snabdjevanja gasom. Njemačka je bila prva zemlja u Europi s odgovarajućom regulativom za područje biogasa.

Tako je još u junu 1991.godine, objavljen podsjetni list DVGW G 262 „Upotreba deponijskog gasa, gasa s postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda i biogasa“. Revidirano izdanje, u kojem su uvršteni i aspekti utiskivanja biogasa u gasne mreže je objavljeno u novembru 2004.g. U međuvremenu je i ovo izdanje u potpunosti prerađeno, a trenutno je na snazi izdanje iz septembra 2011.g. U izradi tehničkog pravila su bili uključeni i eksperti strukovnog udruženja Biogas.

Trenutno su važeća sljedeća tehnička pravila:

- Radni list DVGW G 262 „Upotreba gasova iz regenerativnih izvora u javnom snabdjevanju gasom“ (septembar 2011)
- Radni list DVGW G 265-1 „Postrojenja za prečišćavanje i utiskivanje biogasa u gasne mreže; dio 1: Projektovanje, proizvodnja, izvođenje, ispitivanje i puštanje u rad“ (mart 2014)
- Podsjetni list DVGW G 265-2 „Postrojenja za prečišćavanje i utiskivanje biogasa u gasne mreže – dio 2: gas proizveden fermentacijom – pogon i održavanje“ (januar 2012)
- Podsjetni list DVGW G 265-3 „Postrojenja za utiskivanje hidrogena u gasne mreže; Projektovanje, proizvodnja, izvođenje, ispitivanje i puštanje u rad“ (maj 2014)
- Podsjetni list DVGW G 290 „Potiskivanje utisnutog biogasa, odnosno prirodnog gasa u prethodnu transportnu mrežu“ (decembar 2011)
- Podsjetni list DVGW G 291 „Tehnička pitanja i odgovori o utiskivanju prečišćenog biogasa – tehnička pomoć u interpretaciji“ (mart 2013)

- Podsjetni list DVGW G 292 „Nadzor i upravljanje utiskivanjem biogasa iz uglja dispečinga“ (oktobar 2012)
- Podsjetni list DVGW G 415 „Vodič za projektovanje, gradnju i pogon vodova biogasa“ (juni 2011)
- Radni list DVGW G 493-1 „Kriteriji za kvalificiranost projekatana i proizvođača postrojenja za regulaciju pritiska gasa kao postrojenja za utiskivanje biogasa“ (septembar 2012)
- Radni list DVGW G 100 „Zahtjevi u pogledu kvalificiranosti eksperata za gasna postrojenja za snabdijevanje gasom“ (oktobar 2015)
- Radni list DVGW G 1030 „Zahtjevi u pogledu kvalificiranosti i organizacije operatera postrojenja za proizvodnju, transport, prečišćavanje, kondicioniranje ili utiskivanje biogasa“ (decembar 2010)

U pripremi se nalazi regulativa za fermentore u postrojenjima za proizvodnju biogasa, a u izradu su pored eksperata DVGW-a uključeni i eksperti Strukovnog udruženja Biogas.

4. Programi edukacije

DVGW vodi računa i o implementaciji tehničkih pravila. U tu svrhu su uspostavljeni posebni programi edukacije na temu biogasa.

Aktualni programi edukacije za biogas:

- Proizvodnja, prečišćavanje i utiskivanje biogasa
Edukacija je namijenjena uposlenicima komunalnih ili energetske preduzeća, institucija vlasti, projektantskih kuća, operaterima mreža, istraživačkim institutima i pruža odličnu priliku za razmjenu iskustva.
- Projektovanje, proizvodnja i izvođenje postrojenja za utiskivanje biogasa
Ova edukacija pruža odličnu pripremu za primjenu u praksi zakonskih i tehničkih zahtjeva, a namijenjena je projektantima, izvođačima i operaterima, kao i stručnjacima
- Školovanje stručnjaka za pogon postrojenja biogasa prema DVGW G 1030
Polaznici stiču potrebno stručno znanje za pogon postrojenja biogasa u skladu sa zahtjevima radnog lista DVGW G 1030.

Kao podršku operaterima mreža i postrojenja biogasa, DVGW u suradnji s partnerima konstantno radi na reviziji i proširenju tehničke regulative kao i programima istraživanja i edukacije. U tu svrhu DVGW je već razvijeni sistem upravljanja tehničkom sigurnosti TSM proširio i na područje biogasa.

Okosnicu čini tehničko pravilo G 1030 „Zahtjevi u pogledu kvalificiranosti i organizacije operatera postrojenja za proizvodnju, transport, prečišćavanje, kondicioniranje ili utiskivanje biogasa“, a u formi chek-liste je razvijeni Vodič TSM biogas, koji u dijelu općih zahtjeva sadrži 188 pitanja, te u stručnim dijelovima dopunske zahtjeve za:

- operatere postrojenja za proizvodnju biogasa - 46 pitanja,
- operatere postrojenja za tretman biogasa - 57 pitanja i

- operatera postrojenja za kondicioniranje biogasa i/ili utiskivanje biogasa - 58 pitanja. Na osnovu TSM vodiča se vrši provjera strukturne organizacije operatera te organizacije toka operatera u okviru autoevoluacije kao i provjere od strane neovisnih eksperata.

5. Dostupnost DVGW tehničke regulative za biogas u regionu jugoistočne Evrope

DVGW tehnička regulativa za biogas je korištena i u okviru regionalnog projekta „Harmonizacija zakonske i tehničke regulative u gasnom sektoru zemalja jugoistočne Evrope“, pokrenutog 2002.g. na osnovu zajedničke inicijative udruženja za gas i gasnih kompanija iz regiona (Bosna i Hercegovina, Hrvatska, Srbija i Makedonija). U okviru projekta se željelo iskoristiti dugogodišnje iskustvo članica Europske unije s ciljem da se na osnovu DVGW regulative izradi i primjeni jedinstvena tehnička regulativa za jugoistočnu Evropu, koja je već usklađena s europskim direktivama i standardima.

DVGW je podržao inicijativu pružajući podršku projektu, stavljajući na raspolaganje svoju regulativu za gas i prateći projekt od samog početka s kontinuiranim know-how transferom. Zahvaljujući 13-godišnjem angažmanu radnih grupa, koordinacionog odbora i sekretarijata projekta (IGT Sarajevo), na raspolaganju je kompletna tehnička regulativa za gasnu infrastrukturu na B/H/S jeziku. Regulativa obuhvata preko 200 tehničkih pravila, koja su prevedena, prerađena te nakon diskusije u radnim grupama usvojena od strane Koordinacionog odbora i koja su u cijelosti kompatibilna s direktivama i standardima Europske unije. U okviru urađene tehničke regulative se nalaze i tehnička pravila relevantna za područje biogasa.

6. Zaključak

Potencijal biogasa i mogućnosti ispunjavanja političkih ciljeva zaštite klime su neosporni, ali je za potpuno iskorištenje i postizanje postavljenih ciljeva potrebna zajednička suradnja svih subjekata gasne privrede.

7. Literatura

- [1] Monitoringbericht 2015; mart 2016, www.bundesnetzagentur.de (august 2016)
- [2] Bolzau, T; "Novosti i perspektive za biogas prema EEG-reformi" / Članak iz stručnog časopisa DVGW energie / wasser-praxis br. 1/2015
- [3] Graf, Frank; "Opcije za biogas i aktualna istraživanja" / Članak iz stručnog časopisa DVGW energie / wasser-praxis br. 12/2011;
- [4] Jagodzinski, Detlef; „Projektovanje, gradnja i pogon vodova biogasa, pogonskog pritiska do 5 bar“ / Članak iz stručnog časopisa DVGW energie / wasser-praxis br. 09/2015
- [5] DVGW Studija potencijala održive proizvodnje i utiskivanja gasovitih energenata iz obnovljivih izvora u Njemačkoj (Biogasatlas)
- [6] DVGW brošura "Mastering future challenges with gas innovations"
- [7] Tehničko pravilo DVGW G 415 „Vodič za projektovanje, gradnju i pogon vodova biogasa" (juni 2011)
- [8] www.dvgw.de
- [9] www.igt.ba

DVGW TSM Sistem upravljanja tehničkom sigurnošću Iskustvo KJKP Sarajevogas DVGW Technical Safety Management (TSM) Experience of the KJKP Sarajevogas

A. Bučo-Smajić^{1*}, N. Glamoč^{2*}

¹DVGW Njemačko stručno udruženje za gas i vodu, predstavništvo Sarajevo, Sarajevo,
Bosna i Hercegovina

²KJKP Sarajevogas, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

* Autor za korespondenciju. E-mail: buco@dvqw.de; nglamoc@sarajevogas.ba

Sažetak

DVGW Deutscher Verein des Gas- and Wasserfaches e.V. – Technisch-wissenschaftlicher Verein – (Njemačka stručno udruženje za gas i vodu, registrovano kao tehničko-naučna asocijacija) – pruža podršku sektoru gasa i vode, vodeći računa o sigurnosti, higijeni i zaštiti okoliša.

DVGW sa svojih oko 14 000 članova razvija opće priznata pravila tehnike za gasnu privredu i vodoprivredu. Udruženje inicira i podržava istraživačke projekte i nudi različite edukacije koje pokrivaju sve teme relevantne za gas i vodu. Osim toga, Udruženje radi i na izadi postupaka za audit i certificiranje proizvoda, lica i kompanija.

Tehnička pravila DVGW-a čine osnovu tehničke samouprave i samoodgovornosti njemačke gasne industrije i vodoprivrede i garantiraju sigurnu i pouzdanu opskrbu gasom i vodom za piće na najvišoj međunarodnoj razini.

DVGW je novisna neprofitabilna organizacija koja ne predstavlja ekonomske interese niti političke utjecaje. Kvaliteta, sigurnost i pouzdanost su uvijek bili top prioriteta gasne privrede, a to bi se trebalo nastaviti i u budućnosti.

U ovom radu će se ukratko predstaviti sistem upravljanja tehničkom sigurnošću koji je DVGW razvio s ciljem podrške svojim članovima u svakodnevom radu i ispunjavanju zahtjeva koji proizilaze iz pravnih okvira, sigurnosti na radu i tehničke regulative u pogledu organizacije i kvalifikiranosti kompanije. Posebna pažnja će biti posvećena iskustvu kompanije KJKP Sarajevogas koja je prva u regionu pristupila uvođenju ovog zahtjevnog sistema upravljanja i uspješno zadovoljila provjeru kao i nadzorni audit od strane neovisnih eksperata DVGW-a.

Abstract

The DVGW Deutscher Verein des Gas- and Wasserfaches e.V. – Technisch-wissenschaftlicher Verein – (German Association for Gas and Water e.V., a registered association – Technical-Scientific Association) – supports the gas and water sectors with a focus on safety, hygiene and the protection of the environment.

The DVGW and its approximately 14 000 members develop the overall recognised technical rules applicable to gas and water engineering. The Association initiates and supports research projects and offers training courses that cover the whole range of gas and water related subjects. Additionally, it provides audit and certification procedures for products, persons and enterprises.

The DVGW Technical Rules constitute the basis of the technical self-management and the self-responsibility of the German gas and water industry and guarantee the safe and secure supply of gas and water at the highest international standard. The DVGW is an independent non-profit organisation free from economic lobbyism and political influence.

Quality, safety and security have always been given top priority by the gas industry, and this shall continue to be so in the future.

In this, overview will be presented the Technical Safety Management (TSM), developed by DVGW, to support its members in the everyday work and realize of the legal requirements as well as safety and technical regulations in terms of the organisation (structural and process) and qualifications of companies. TSM is a management system for technical safety established in the German utility industry.

TSM is based on compliance with laws, regulations and the generally accepted rules of technology, which apply throughout the industry and are the same for all companies.

Special attention will be given to experience of the KJKP Sarajevogas, which is the first one in the Southeast Europe region that acceded to implement this demanding management system and successfully met the verification and surveillance audit by independent experts of DVGW .

Ključne riječi: gas, tehnička regulativa, sistem upravljanja, sigurnost

1. Uvod

Pored već etabliranih sistema upravljanja, kao što je sistem upravljanja kvalitetom u skladu sa standardom ISO 9001, sistem upravljanja okolišom u skladu sa standardom ISO 14001 i EMAS „Ekološko upravljanje i shema audita“ te sistem upravljanja zdravljem i sigurnošću u skladu sa standardom OHSAS 18001 „Occupational Health- and Safety Assessment Series“, DVGW je odlučio razviti sistem upravljanja u potpunosti prilagođen potrebama kompanija gasne privrede i vodoprivrede. Tako je, na osnovu tehničkih pravila DVGW G 1000, G 1030, G 1010, W 1000, razvio sistem upravljanja tehničkom sigurnošću - Technical Safety Management (TSM). Svi ovi sistemi upravljanja imaju različite fokuse, dok je standard ISO 9001 fokusiran na kvalitet proizvodnje, uslužni sektor i pogodnosti za kupce, ISO 14001 i EMAS na emisije i zaštitu resursa, OHSAS 18001 na zaštitu zdravlja, DVGW sistem TSM je fokusiran prevenciju organizacione krivice i tehničku sigurnost sistema..

Standardi ISO 9001, ISO 14001, EMAS, OHSAS 18001 definišu generalne zahtjeve koje kompanije moraju prevesti u konkretne akcije. TSM zahtijeva usklađenost sa zakonskim zahtjevima i zahtjevima opće priznatih pravila tehnike koji se primjenjuju u privredi i isti su za sve kompanije. TSM sistem, kao i ostali sistemi upravljanja, primjenjuje PDCA princip:

- PLAN: definisanje ciljeva i aktivnosti potrebnih za njihovu implementaciju, na primjer, u smislu kvalitete proizvoda



- DO: provođenje ciljeva
- CHECK: provjera efektivnosti sprovedenih aktivnosti
- ACT: kontinuirano poboljšanje.

Sistem upravljanja tehničkom sigurnošću (TSM) je zasnovan na znanju i iskustvu eksperata DVGW, a u daljem razvoju su učestvovali i stručnjaci drugih strukovnih i tehničkih udruga, kao što su DWA (Strukovna udruga za odvodnju), VDE/FNN (Forum elektrohehnike /Tehničko-naučna udruga za elektrotehniku, elektroniku i informacione tehnologije), AGFW (Udruga energetske efikasnosti u toplinarstvu, klimatizaciji i elektranama), Strukovna udruga za biogas itd. Sistem TSM je u procesu kontinuiranog razvoja u skladu s promjenama u zakonodavstvu ili izmjenama tehničke regulative.

2. TSM – Alat za sigurnost

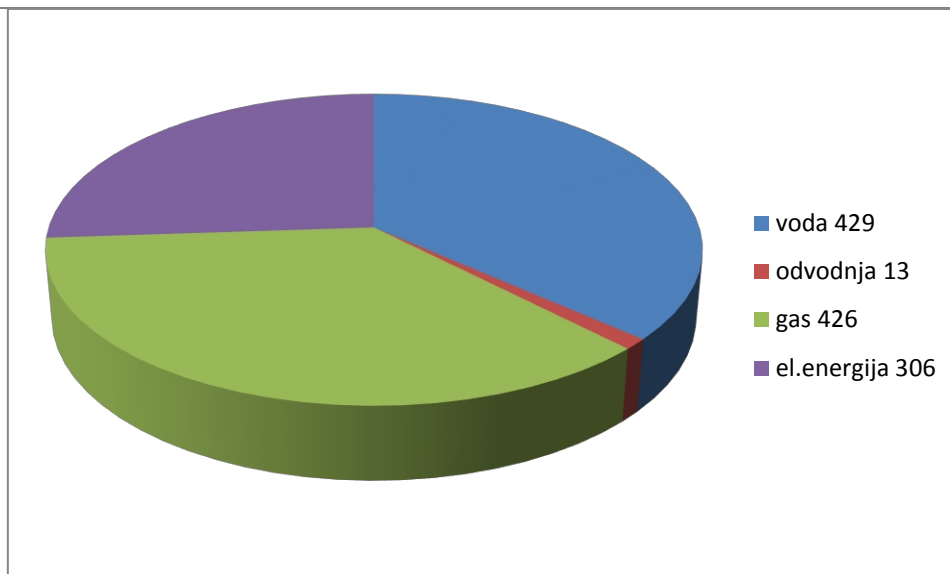
Osnovni zadatak sistema upravljanja tehničkom sigurnošću (TSM) je podrška odgovornom poslovanju kompanija i istovremeno jačanje kompetencija tehničke samouprave javne opskrbe gasom i vodom za piće. Kako bi se osigurala sigurna opskrba gasom kao i higijena u vodoopskrbi, kompanije moraju zadovoljiti zahtjeve u pogledu strukturne organizacije i kvalificiranosti osoblja. DVGW je zahtjeve za kvalificiranost i organizaciju tehničkih sektora egzaktno prilagodio neophodnim potrebama kompanija i formulisao ih u radnim listovima G 1000, G 1010, G 1030, G 1040 i W 1000 te ih objavio u formi opće priznatih pravila tehnike.

Implementaciju ovih tehničkih pravila u praksi DVGW podržava sistemom TSM-a, razvijenim još 2001. godine, radi pružanja podrške gasnim kompanijama te preduzećima vodovoda da uz pomoć neovisnih i kompetentnih DVGW eksperata provjere svoju strukturnu organizaciju i organizaciju toka, tehničku sigurnost kao i kvalificiranost osoblja, s ciljem prepoznavanja i otklanjanja slabih mjesta u kompaniji te sprečavanja krivnje po pitanju organizacije.

DVGW je u tu svrhu pripremio TSM vodič, koji je napravljen u obliku check liste, a sastoji se od općeg i strukovnog dijela (plin, voda, električna energija, industrijska primjena, bioplin, odvodnja). Ovaj vodič služi kako za internu provjeru, tako i za pripremu i dokumentiranje provjere TSM-a u okviru TSM-audita. Vodič nije namijenjen predaji trećem licu, jer pojedinačni odgovori bez tačnih saznanja o pozadini i situaciji u preduzeću mogu dovesti do pogrešne interpretacije.

Poboljšanje tehničke sigurnosti s dobrovoljnom autoevaluacijom (samoanalizom), veća transparentnost strukture procesa, dokazi o jasnim odgovornostima, optimiziranje internih radnih procesa i procedura, dokumentiranje sigurnosti na radu i pravne sigurnosti po pitanjima odgovornosti, su samo neke od prednosti koje pruža konsekvantna implementacija sistema te TSM provjera od strane neovisnih eksperata. DVGW TSM potvrda dokumentira implementaciju ovih zahtjeva.

U međuvremenu se sistem TSM-a, pored opskrbe gasom i vodoprivrede, počeo primjenjivati i u sektoru električne energije, odvodnje, industrijske primjene gasa i biogasa.



Slika 1: Prikaz kompanija s potvrđenim TSM sistemom prema branšama (stanje april 2016)

DVGW S&C je ovlašten za organizaciju i provedbu TSM provjera za područja gasa, vode, električne energije, industrijske primjene gasa i biogasa, dok strukovna udruga DWA sama provodi provjere TSM za područje odvodnje.

2.1. Sistem TSM – primjena izvan granica Njemačke

Sistem TSM-a je također našao svoju primjenu i izvan granica SR Njemačke. U području vode za piće TSM sistem je implementiran u Republici Kini, gdje je uz učešće stručnjaka iz DVGW razvijen sistem TSM-a prilagođen domaćoj legislativi i tehničkoj regulativi. Slična suradnja je ostvarena i u Mađarskoj na području opskrbe gasom.

Kompanije u našem regionu, zahvaljujući regionalnom projektu „Harmonizacija zakonske i tehničke regulative za plinski sektor u zemljama jugoistočne Evrope“ imaju pristup kompletnoj DVGW tehničkoj regulativi na BHS jeziku. Tu mogućnost je prvo iskoristila kompanija KJKP Sarajevogas, koja je nakon duge i detaljne pripreme 2013.g. pristupila TSM provjeri.

Osim izuzeća područja obračuna gasa, zbog razlika u zakonodavstvu, zahtjevi provjere su bili isti kao i za sve njemačke kompanije. Nakon uspješno provedene prve provjere, Sarajevogas je proveo i nadzorni audit 2015. godine te nastavio kontinuirano raditi na unapređenju svog poslovanja i organizacije sukladno načelima TSM sistema. To, pored primjene važećih zakonskih propisa, uključuje redovnu edukaciju i obuku osoblja, primjenu tehničke regulative te unapređenje poslovanja i organizacije.

3. Iskustvo KJKP Sarajevogasa na uvođenju sistema TSM

KJKP Sarajevogas je preduzeće koje od samog početka aktivno učestvuje u realizaciji projekta „Harmonizacija zakonske i tehničke regulative za plinski sektor u zemljama jugoistočne Evrope“, na osnovu čega je obezbijeđen direktan pristup DVGW tehničkoj regulativi i know-how transferu DVGW stručnjaka uposlenicima Sarajevogasa. Tehnička pravila urađena u okviru Projekta su se u prvoj fazi primjenjivala u formi internih tehničkih



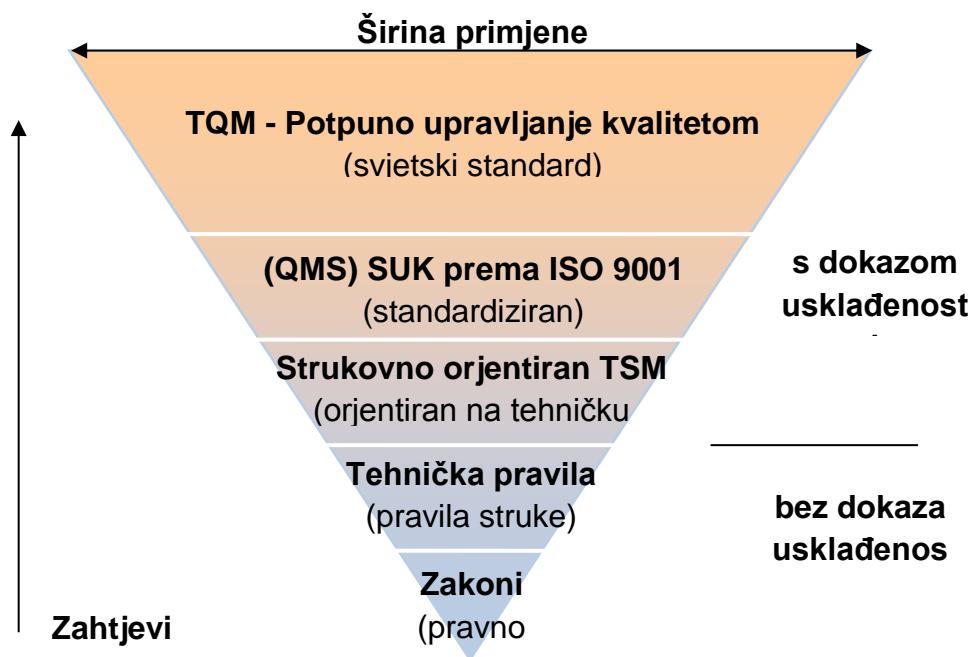
pravila, a donošenjem Uredbe o gasu Federacije BiH 2008.godine, stekli su se i formalni uslovi za primjenu tehničke regulative projekta. S obzirom da su Uredbom o gasu tehnička pravila (u prvoj fazi njih 89) proglašena s obavezom primjenom u Federaciji BiH, što je pružilo priliku kompaniji da unaprijedi svoju organizaciju i da i formalno pristupi uvođenju sistema TSM-a.

KJKP Sarajevogas je već imao uveden sistem upravljanja, tako da je upravljanje dokumentacijom bilo riješeno ranije uvedenim sistemom upravljanja kvalitetom i sistemom okolinskog upravljanja. Analizirani su zahtjevi TSM (DVGW G 1000) usmjereni na dokumentaciju koja se vodi u svrhu dokazivanja stručnog i profesionalnog izvršavanja zadataka i aktivnosti gasnog preduzeća. Prepoznat je poslovni problem koji se očitovao u neadekvatnoj povezanosti i integritiranosti dijelova sistema sigurnosti i povezanosti sa sistemom upravljanja kvalitetom i sistemom upravljanja okolišem u smislu podjele, paralelnosti i nepovezanosti u obavljanju i realizaciji procesa relevantnih za sistem sigurnosti.

U ostvarivanju misije Sarajevogasa kao društveno odgovornog preduzeća, analizirana je i uloga Menadžmenta tehničke sigurnosti (TSM) i Sistema upravljanja kvalitetom (SUK):

- obavezna primjena zakona i propisa je zajednička za oba sistema, s tim da je težište SUK na poštivanju zakona i propisa relevantnih za proizvod/uslugu, a TSM se poziva dodatno i na priznata pravila tehnike relevantna za sigurnost sistema
- zahtjevi Sistema upravljanja kvalitetom i Sistema upravljanja okolišem prema međunarodnim ISO standardima su općeniti i primjenjivi na sve vrste organizacija, dok su zahtjevi TSM-a specifični za određeni sektor (gas, voda, odvodnja, el. energija, biogas, industrijska primjena gasa...)
- TSM se temelji na tehničkom pravilu DVGW G 1000, koje definiše zahtjeve za gasne kompanije u pogledu organizacione strukture i organizacije procesa, kao i kvalificiranost osoblja u tehničkom sektoru
- zahtjev ISO 9001 je da se korektivne i preventivne mjere poduzimaju kako bi se eliminisali uzroci bilo koje stvarne ili potencijalne neusklađenosti, dok je u TSM težište na korektivnim i preventivnim mjerama vezanim za smetnje u radu gasnog sistema
- zahtjev ISO 9001 je da se dokumentacija vodi kako bi se dokazala usklađenost sa zahtjevima za proizvode/usluge, procese i sistem u cjelini, a TSM u svrhu dokazivanja stručnog i profesionalnog izvršavanja zadataka i aktivnosti
- ISO 9001 zahtijeva analizu podataka i stalno poboljšanje efektivnosti sistema, a TSM i vođenje statistike šteta u cilju uspostavljanja adekvatne strategije održavanja gasnog sistema.

Odnos TSM i SUK je vidljiv iz sljedeće sheme koja prikazuje različite nivoe upravljanja.



Slika 2: Različiti nivoi upravljanja

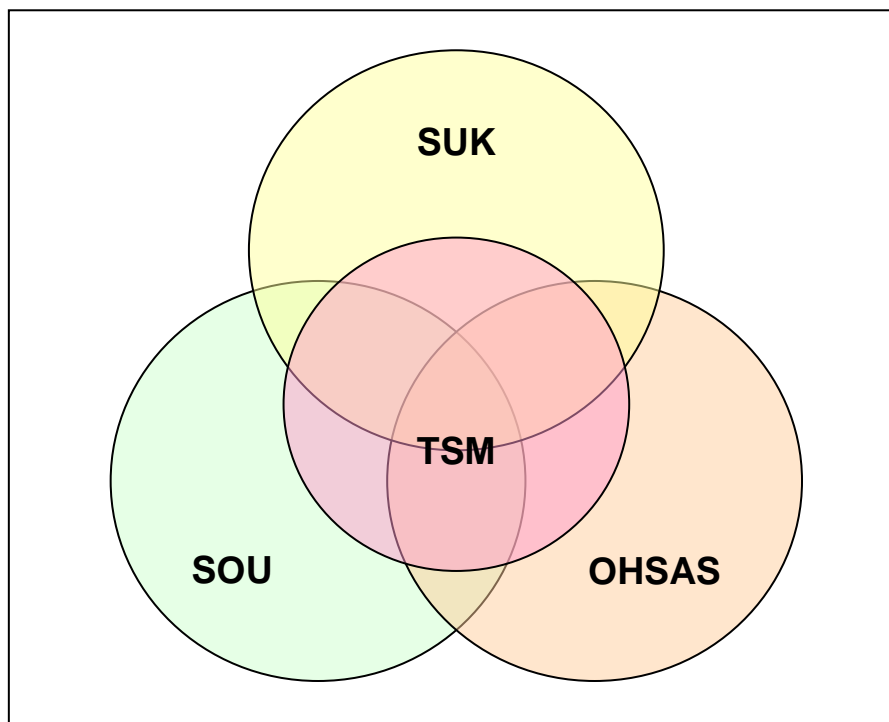
Pokretanjem i dosadašnjom realizacijom projekta TSM-a, KJKP Sarajevogas je imao sljedeće koristi:

- Poboljšanje sigurnosti gasnog sistema i distribucije gasa u cjelini
- Optimizaciju troškova održavanja
- Smanjenje broja smetnji u odnosu na složenost gasnog sistema
- Značajno poboljšanje sistema upravljanja ekonomsko - tehničkom dokumentacijom
- Sistemsku obuku za kompletno stručno osoblje
- Uspostavljenje planova redovnih treninga u skladu sa zahtjevima tehničkih pravila
- Identificiranje mjesta razgraničenja, ovlaštenja i odgovornosti
- Imenovanje odgovornih osoba

Kroz uvođenje sistema TSM, stečena su nova znanja, koje su rukovodioci službi i odjeljenja primijenili u izradi procedura, instrukcija i uputstva za svakodnevne poslove, ali i za eventuelne vanredne i hitne situacije. Tako je na osnovu TSM zahtijeva urađena:

1. revizija normativnih dokumenata,
2. revizija važećih dokumenata SUK/SOU, odnosno izrada novih dokumenata SUK/SOU.

Uvođenjem TSM izvršeno je i prilagođavanje integriranog sistema upravljanja Sarajevogasa na način da su kroz TSM povezane specifičnosti za sisteme upravljanja prema međunarodnim ISO standardima u distributivnom preduzeću.



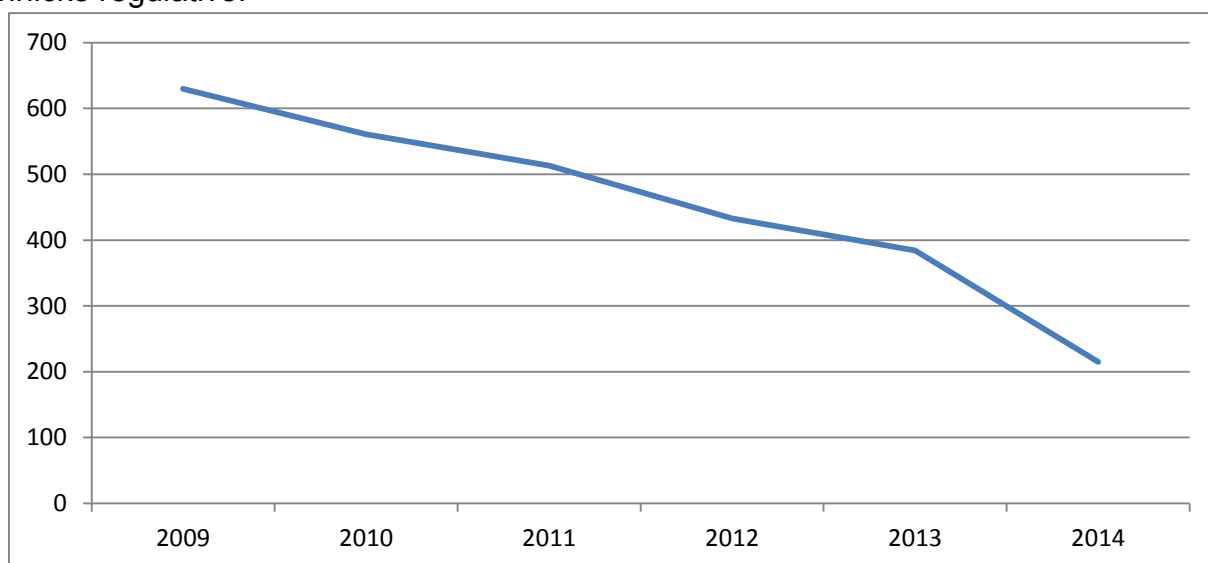
Slika 3: TSM - pečat specifičnosti za sisteme upravljanja

Uz pomoć TSM vodiča kompanije mogu izvršiti samoanalizu strukturne organizacije i organizacije toka, provjeriti efikasnost i kvalitet rada te otkriti vlastita slaba mjesta i deficite. Tehničko pravilo DVGW G 1000 definiše i zahtjeve za tehničko rukovodstvo i tehničko stručno osoblje te zahtjeva njihovo usavršavanje i edukaciju. Također je potrebno voditi evidenciju o provedenim edukacijama te uspostaviti sistem edukacije osoblja. Prateći TSM vodič pristupilo se analizi potrebnih kvalifikacija (utvrđenih u tehničkim pravilima) i analizi postojećih kvalifikacija zaposlenika. Na osnovu ove analize izrađen je plan prioriternih obuka i trogodišnji plan stručnog osposobljavanja i usavršavanja zaposlenika. Ovaj plan edukacije osoblja, omogućio je jednostavan pregled kvalifikacija zaposlenika, „kontrolu” izvršioca obuke i blagovremeno planiranje edukacija, kako s aspekta kadrovskih potreba, tako i sagledavanja postojeće infrastrukture, odnosno institucija koje mogu pružiti odgovarajuće usluge. Na osnovu plana edukacije, a u svrhu implementacije sistema tehničke sigurnosti, u proteklih 8 godina, preduzeće je značajno povećalo stručnu osposobljenost ljudskih resursa, i to:

- 5 inženjera je završilo dvogodišnju edukaciju za certificirane trenere iz oblasti distribucije i primjene gasa, u organizaciji GWI, DVGW i IGT,
- 40 inženjera je učestvovalo na radionicama iz oblasti distribucije i primjene gasa,
- 12 inženjera aktivno učestvuje u regionalnim radnim grupama na pripremi i obradi tehničke regulative za oblast distribucije i primjene gasa,
- 3 inženjera su položili ispit za autoriziranog eksperta za TRGI,
- 1 inženjer je završio obuku za poslove nadzora nad zavarivanjem,
- 120 uposlenika je prošlo obuku „Osnove gasne tehnike“,

- 115 zaposlenika su, u malim grupama (15-25 polaznika), uspješno završili obuke iz sljedećih oblasti:
 - ✓ izgradnja, pogon i održavanje distributivnih gasnih mreža i kućnih gasnih priključaka
 - ✓ izgradnja, pogon i održavanje postrojenja za regulaciju pritiska gasa i mjerenje potrošnje
 - ✓ odorizacija gasa
 - ✓ katodna zaštita
 - ✓ unutrašnje gasne instalacije
 - ✓ dežurna služba i
 - ✓ detekcija gasa
- za 120 zaposlenika se organiziraju godišnji seminari obnavljanja i provjere znanja za oblasti u kojima rade,
- svi zaposlenici prolaze godišnju obuku i provjeru znanja iz oblasti zaštite na radu i zaštite od požara i eksplozije.

Sve navedene obuke su organizirane u funkciji pravilne implementacije tehničke regulative čija primjena bitno utiče na sigurnost i poboljšanje uslova rada. Jedan od zahtjeva TSM i tehničke regulative je vođenje statistike smetnji na gasnom sistemu. KJKP Sarajevogas od 2009. godine vodi uredno statistiku svih smetnji na gasnom sistemu u skladu sa zahtjevima tehničke regulative.



Slika 4: Broj prijava i intervencija na gasnoj mreži KJKP Sarajevogas

Iz dijagrama se uočava pad broja intervencija na gasnoj mreži. Ista situacija je i na čitavom gasnom sistemu. Smanjenje broja intervencija za samu kompaniju je jako značajno, prije svega u pogledu podizanja tehničke sigurnosti gasnog sistema. Međutim, ni financijske uštede nisu zanemarljive, jer smanjenje broja intervencija dovodi do smanjenja troškova rada i uporabe materijala te troškova nabavke i skladištenja.

Integracijom elemenata sistema sigurnosti i spajanjem s već postojećim sistemima kvaliteta i zaštite okoliša, prepoznate su sljedeće dobiti za kompaniju:

- ✓ usklađivanje sa svim zakonskim propisima i pratećim standardima
- ✓ smanjenje rizika po pitanju sigurnosti na radu i zaštite zdravlja uposlenika
- ✓ podizanje svijesti uposlenika o značaju sigurnosti i zaštite na radu
- ✓ poboljšanje upravljanja rizicima i otkrivanja opasnosti
- ✓ bezbjednost i sigurnost u prijemu i isporuci gasa
- ✓ razvijanje saradnje i poboljšanje komunikacije s poslovnim partnerima
- ✓ poboljšanje timskog rada kroz komuniciranje na svim nivoima
- ✓ definisanje odgovornosti, profesionalnih i odlučivačkih kompetencija
- ✓ optimiranje procedura i procesa preduzeća

KJKP Sarajevogas će nastaviti s unapređenjem svog rada sukladno principima TSM te nastaviti rad na izradi tehničke regulative za distribuciju i primjenu gasa.

5. Zaključak

Zahvaljujući rezultatima rada projekta „Harmonizacija zakonske i tehničke regulative u gasnom sektoru zemalja jugoistočne Evrope“ i angažmanu radnih grupa, koordinacionog odbora i sekretarijata projekta (IGT Sarajevo) u proteklih 13 godina na raspolaganju je kompletna tehnička regulativa za gasnu infrastrukturu na BHS jeziku. Regulativa obuhvata preko 200 tehničkih pravila koja su prevedena, prerađena te nakon diskusije u radnim grupama usvojena od strane Koordinacionog odbora. Tehnička regulative je također harmonizirana s direktivama i standardima Europske unije. Informacije o pozitivnim efektima primjene tehničke regulative i provođenju mjera edukacije, kao i unapređenju sigurnosti gasnih sistema te pozitivnim finansijskim pokazateljima, stižu iz samih kompanija koje konsekvntno primjenjuju tehničku regulativu. Iskustvo KJKP Sarajevogas, kao i uostalom njemačkih kompanija, pokazuje da je uvođenje sistema upravljanja TSM u gasne kompanije i provođenje TSM provjere od strane neovisnih eksperata, korak dalje u poboljšanju rada kompanija i unapređenju tehničke sigurnosti. Bez značaja nisu ni ostvarene finansijske uštede.

6. Literatura

- [1] Tehničko pravilo DVGW G 1000 „Zahtjevi za kvalifikaciju i organizaciju preduzeća za pogon postrojenja za snabdjevanje gasom“
- [2] DVGW TSM Vodič, opći dio i dio specifičan za gas
- [3] Mr. sc. Glamoč, Nihada, Magistarski rad „Projektni menadžment – primjer upravljanja tehničkom sigurnošću u Sarajevogasu“
- [4] Köhler, Thomas, Technisches Sicherheitsmanagement (TSM) und ISO-zertifizierte Managementsysteme, DVGW ewp br. 10/2015
- [5] Pravilnik o preuzimanju i primjeni tehničkih propisa za oblast projektovanja, građenja, puštanja u pogon, eksploatacije i održavanja postrojenja i instalacija prirodnog gasa, Sl. novine FBiH br. 04/12
- [6] www.dvgw.de 27.08.2016.
- [7] www.igt.ba 27.08.2016.

Sigurna opskrba energijom ***Secure energy supply***

S. Franjić¹

Elektrotehnički fakultet u Osijeku, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: sinisa_franjic@net.hr

Sažetak:

Republika Hrvatska imat će pouzdan i održivi energetske sektor čiji će se razvoj temeljiti na iskorištavanju svih energetskih opcija za zadovoljavanje vlastitih energijskih potreba i za stvaranje dodatnih koristi za građane, a sve u skladu s načelima okolišne, gospodarske i društvene odgovornosti.

Strategija energetskog razvitka određuje smjernice za provedbu aktivnosti kojima će se ostvariti održiv, pouzdan i elastičan energetske sustav kroz strateško vodstvo, iskorištavanje tržišta za ostvarenje sigurne i cjenovno prihvatljive opskrbe energijom, obuzdavanje emisija stakleničkih plinova iz energetskog sektora, učinkovitiju uporabu energije te poticanje, razvoj i primjenu okolišno održivih energijskih tehnologija.

Cljučne riječi: energija, Hrvatska, tržište, Europska unija

Abstract:

The Republic of Croatia will have a reliable and sustainable energy sector, whose development will be based on the use of all energy options to meet its own energy needs, and to provide additional benefits for the citizens, all in accordance with the principles of environmental, economic and social responsibility.

Energy Strategy sets the guidelines for the implementation of activities that will achieve sustainable, reliable and resilient energy system through strategic leadership, exploiting market to achieve secure, affordable energy supply, curb greenhouse gas emissions from the energy sector, more efficient use of energy and to encourage the development and application of environmentally sustainable energy technologies.

Keywords: Energy, Croatia, Market, European Union

1. Uvod

U suvremenom globaliziranom gospodarstvu energija nesumnjivo ima strateški karakter, a u sklopu opskrbe energijom i osiguranja primarnih izvora energije, posebnu ulogu ima nafta, te od početka XXI. stoljeća, sve više i prirodni plin [1]. Posljednja dva desetljeća potrošnja prirodnog plina značajno raste, a prirodni plin, kao energent, poput nafte dobiva stratešku ulogu. Iako je nafta još uvijek dominantni energent u ukupnoj svjetskoj potrošnji, što se neće

promijeniti ni u sljedećih nekoliko desetljeća, predviđa se da će udio prirodnog plina u svjetskoj potrošnji energije do 2050. godine porasti sa sadašnjih 23 % na gotovo 45 %. Osiguranje opskrbe naftom i plinom temeljna je zadaća energetske politike svake zemlje. S obzirom na činjenicu da Hrvatska oko 70 % svojih potreba u primarnoj energiji podmiruje korištenjem tekućih i plinovitih goriva, iznimno je važno raščlanjivanje potreba, okolnosti i stanja dobave prirodnog plina kao i analiza sveukupne sigurnosti opskrbe prirodnim plinom kao pretpostavkom ukupne energetske sigurnosti Hrvatske.

Sigurnost opskrbe energijom traži kontinuirani razvoj energetskog sustava i pravodobne i svrsishodne investicije. Republika Hrvatska će stvarati poticajne uvjete za investicije u energetici smanjujući rizike za investitore. Strateške odrednice energetske politike Republike Hrvatske su:

- otvorenost prema svim energetske opcijama, bez zabrana ili favoriziranja pojedinih energetske tehnologija;
- stvaranje poticajnog zakonodavnog i regulatornog okvira za nove investicije u energetskom sektoru, ubrzavanje i pojednostavljenje administrativnih procedura pribavljanja dozvola i pravodobno usklađivanje dokumenata prostornog planiranja;
- iskorištavanje povoljnog geopolitičkog položaja za njezino profiliranje kao regionalnog energetske čvorišta;
- aktivno sudjelovanje u regionalnim inicijativama za poboljšanje sigurnosti opskrbe energijom kroz međudržavne sporazume i zajedničke investicije;
- poticanje pravnih i fizičkih osoba na učinkovito korištenje energijom i obnovljivim izvorima energije.

Sigurnost opskrbe energijom Republike Hrvatske treba se bitno unaprijediti [2]. Izazovi na koje treba usmjeriti posebnu pozornost su ovisnost o uvozu nafte, nedovoljna sigurnost opskrbe prirodnim plinom i nedovoljna sigurnost odnosno visoka uvozna ovisnost opskrbe električnom energijom. Sigurnost opskrbe energijom zajedničko je pitanje svih europskih država. Iako je svaka zemlja odgovorna za vlastitu sigurnost opskrbe, samo putem zajednički usmjerenih aktivnosti mogu se umanjiti posljedice koje donosi ovisnost o uvozu. Stoga će Republika Hrvatska djelovati s ciljem povećanja sigurnosti opskrbe vodeći računa o stavu Europske unije da je pitanje sigurnosti opskrbe zajednička briga svih članica. Učinkovito otklanjanje poremećaja na tržištu energije putem stvaranja obveznih rezervi, izgradnje skladišnih kapaciteta, diversifikacije dobavnih izvora i pravaca kao i solidarno djelovanje u kriznim uvjetima opredjeljenja su Strategije energetskog razvitka [3].

2. Iskorištavanje tržišta za ostvarenje sigurne i cjenovno prihvatljive opskrbe energijom

Energetski sektor pripada skupini infrastrukturnih djelatnosti, što znači da je temelj drugim proizvodnim i uslužnim djelatnostima [4]. Zbog njegove sveprisutnosti i „ugrađenosti“ u sve druge djelatnosti te velikog utjecaja ne samo na gospodarski rast i razvoj nego i na ukupni društveni razvitak čime se ostvaruje poseban društveni interes, energetski sektor se ubraja u strateške sektore gospodarstva. Većina dijelova energetskog sektora predstavljaju javno dobro, a to znači da u gospodarski i društveni sustav emitiraju različite pozitivne i negativne eksternalije, odnosno to uvijek pretpostavlja specifičnu ulogu države u pogledu razvoja,

funkcioniranja i različitih tipova regulacije. Suvremeni trendovi liberalizacije koja prodiere u sva područja ljudskog života, vrše pritisak na liberalizaciju proizvodnje, prometa i potrošnje energije svih oblika.

Temeljno načelo Strategije energetskeg razvitka jest i ostvarivanje potpuno otvorenog tržišta energije u Republici Hrvatskoj, reguliranog u području prirodnih monopola, kao dijela jedinstvenog regionalnog i europskog tržišta energije. Nekoliko je temeljnih polazišta za postizavanje tog cilja:

1. neovisna regulacija energetskeg sektora;
2. uloga Vlade Republike Hrvatske radi osiguranja funkcioniranja tržišta;
3. osiguranje obveznih zaliha nafte i naftnih derivata;
4. iskorištavanje mogućnosti za tranzit energije.

Prvo polazište je neovisna regulacija energetskeg sektora od interesa energetskeg subjekata i politike. Ogleda se u funkcioniranju energetskeg sektora na razvidnim načelima s kompetentnim i neovisnim regulatorom. Stvaranje kompetentnih, neovisnih nacionalnih regulatornih agencija prioriteta su energetske politike EU, pa tako i Republike Hrvatske.

Cijene energije treba u pravilu određivati otvoreno tržište [5]. Međutim, tržište može dobro funkcionirati samo u uvjetima dostatne ponude. Tržište energije ima eksterne učinke, poput sigurnosti opskrbe i utjecaja na okoliš. Tržište samo ne može udovoljiti tim zahtjevima pa će Vlada Republike Hrvatske preuzeti aktivnu ulogu u korektivnoj politici. Planiranjem, kao izvorom informacija, i pravodobnim aktivnostima Vlada Republike Hrvatske će osiguravati funkcioniranje tržišta i održavanje potrebne razine sigurnosti opskrbe energijom. Kod prirodnog plina, pružit će se potrebna potpora izgradnji terminala UPP, produženju aktualnog ugovora za dobavu prirodnog plina iz Ruske Federacije, osiguravanju domaće proizvodnje prirodnog plina mjerama vezanim uz istraživanje i eksploataciju mineralnih sirovina te povećanju podzemnih skladišnih kapaciteta prirodnog plina. Kod električne energije to će se odnositi na ohrabrivanje investitora uklanjanjem prepreka i smanjivanjem rizika pripreme i izgradnje elektrana.

Nafta će i nadalje imati vodeći udio u ukupnoj i neposrednoj potrošnji energije, a rast će i potrošnja prirodnog plina. Zato će Vlada Republike Hrvatske, u okviru svojih nadležnosti, osigurati obvezne zalihe nafte i naftnih derivata te nove dobavne pravce i podzemna skladišta prirodnog plina.

U području električne energije, prirodnog plina i nafte iskorištavat će se mogućnosti prijenosne infrastrukture i razvoj nadalje usmjeravati prema stvaranju uvjeta za tranzit energije, što će doprinijeti intenzivnijem povezivanju u energetske mreže i tržište Europske unije.

3. Obuzdavanje emisije stakleničkih plinova iz energetskeg sektora

Od početka 19. stoljeća pojavom prve industrijske revolucije i uvođenjem parnog stroja koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi neprekidno raste [6]. Poglavitito je ova pojava značajna u posljednjih 50 godina. Kada se govori o stakleničkim plinovima, prije svega se podrazumijeva ugljični dioksid (CO₂), metan (CH₄) i dušikovi oksidi (N₂O). Staklenički plinovi poglavito nastaju pretvorbom i korištenjem energije. Na ovaj način nastaje čak 85% ugljičnog dioksida. Staklenički plinovi imaju za posljedicu globalno zagrijavanje, pojavu

vremenskih neprilika u pojedinim područjima pa onda indirektno utječu i na ljudske živote i zdravlje, ekologiju, opskrbu vodom i usjeve. Da bi se usporio utjecaj globalnog zagrijavanja potrebno je smanjiti potrošnju energije čime se smanjuje i udio energije dobivene procesom izgaranja primarnog energenta, povećati učinkovitost pretvorbe energije, povećati kvalitetu goriva i tehnologiju pretvorbe radi smanjenja emisija (npr. rasplinjavanje ugljena) i koristiti tehnologije izdvajanja i pohrane emitiranih plinova, poglavito ugljičnog dioksida. U skladu s rečenim, sve je veća potreba za smanjenje štetnih emisija iz dimnih plinova koje direktno utječu na ekosustav (staklenički plinovi i kisele kiše).

Kako bi ostvarila svoje ciljeve u pogledu obuzdavanja emisija stakleničkih plinova, Republika Hrvatska će se priključiti europskoj shemi trgovanja emisijama stakleničkih plinova. Taj tržišni mehanizam doprinjet će transformaciji čitavog gospodarstva, a ne samo energetike, prema okolišno prihvatljivijim tehnološkim rješenjima. Cijene emisijskih jedinica bitno će utjecati na donošenje odluka o investicijama u energetske sektor, ali i omogućiti optimizaciju investicija u energetske objekte na jedinstvenom europskom prostoru. Posebne napore Vlada Republike Hrvatske će uložiti u sektoru prometa da bi se povećao udio okolišno povoljnijih energijskih oblika za pogon vozila kao što su biogoriva, stlačeni prirodni plin i električna energija.

4. Učinkovitija uporaba energije

Republika Hrvatska se energijom koristi manje učinkovito od većine zapadnoeuropskih zemalja. Trenutačno trošimo 16,5 % više primarne energije po jedinici BDP-a od prosjeka potrošnje u Europskoj uniji (EU27). Smanjivanje neposredne potrošnje energije za 10 % planira se do 2020. godine.

Vlada Republike Hrvatske poticat će promjene u strukturi korištenja energijom. Strategijom energetskega razvitka se postavlja cilj da se električna energija za potrebe grijanja prostora i pripremu potrošne tople vode zamijeni drugim energijskim oblicima: sunčevom energijom, biomasom, prirodnim plinom i ukapljenim naftnim plinom u područjima udaljenim od mreže prirodnog plina. Taj cilj se ne odnosi na uporabu električne energije za grijanje i pripremu potrošne tople vode korištenjem dizalica topline. U prijevozu poticat će se oni oblici koji smanjuju energijsku intenzivnost.

Energijske uštede mogu se promatrati i kao novi izvor energije pa će se, osim tržišnim cijenama energije, troškovno učinkovitim mjerama poticati energetske učinkovitost.

5. Obnovljivi izvori energije

Prirodni oblici energije koji se obnavljaju ne mogu se s vremenom istrošiti jer se neprestano obnavljaju (isparavanjem vode stvaraju se oblaci, a iz njih oborine koje se slijevaju u vodotoke i mora itd.) iako je moguće potpuno iskoristiti potencijale nekih prirodnih obnovljivih oblika energije [7]. To bi značilo da je u određenom vremenskom periodu ograničena samo količina energije, a njezino korištenje nije uz pretpostavku da se obnavljaju postrojenja za energetske iskorištavanje.

Svjedoci smo globalnog trenda u povećanju korištenja obnovljivih izvora energije. Potreba za tim povećanjem se javila iz različitih ekonomskih, ekoloških, geopolitičkih i drugih razloga. Resursi energije iz prirodnih izvora zahtijevaju dublje razumijevanje različitih prirodnih

fenomena kao npr. Sunčevog zračenja, strujanja zračnih struja, gibanje vodenih masa, itd. U kontekstu razmatranja obnovljivih izvora energije, Perčić [8] daje zanimljiv prikaz mogućih obnovljivih izvora energije koji proizlaze iz konteksta energije mora. Energija mora uz solarnu energiju, hidroenergiju, geotermalnu energiju i energiju vjetra predstavlja veliki neiskorišteni potencijal. Slabija iskorištenost energije mora u odnosu na druge, možda konvencionalnije obnovljive izvore energije, ima razlog u tome što je tehnologija potrebna da bi se energija mora iskoristila kompleksna u svakom svom aspektu; od planiranja, prikupljanja podataka o morskim strujama, valovima, izrade u nekim slučajevima kolosalnih uređaja, te njihova eksploatacija u najtežim uvjetima na pučini mora, itd. Zbog tih poteškoća ovaj obnovljivi izvor nije imao toliko nagli razvoj kao npr. sunčeva i energija vjetra u zadnjih nekoliko desetljeća. Upravo zbog toga energija mora u zadnje vrijeme uživa sve veći interes znanstvene zajednice i inženjerske struke, što je dokaz kako multidisciplinarnost drži ključ rješenju ovakvih tehničkih problema.

Općenito gledano, nekonvencionalni izvori imaju ogroman potencijal – što je poželjno svojstvo. Ipak, male hidroelektrane predstavljaju ograničeni potencijal, koga naprosto nema na znatnom dijelu ogromnih prostranstava globusa [9]. Biomase predstavljaju veliki ali ipak znatno manji potencijal od energije Sunčevog zračenja. Geotermalna energija ima pri današnjem načinu korištenja ograničeni potencijal, ali prikriveni potencijal je ogroman ako dođe do prihvatljivog korištenja topline Zemljine unutrašnjosti s velikih dubina.

Republika Hrvatska ima dobre prirodne mogućnosti za iskorištavanje obnovljivih izvora energije. Obnovljivi izvori energije su domaći izvor energije i njihova je uporaba sredstvo poboljšanja sigurnosti opskrbe energijom, poticaj razvoju domaće proizvodnje energetske opreme i usluga, te način ostvarenja ciljeva zaštite okoliša.

Republika Hrvatska će maksimalno poticati obnovljive izvore energije, ali uz prihvatljive društvene troškove njihove uporabe. Stoga se postavljaju ovi strateški ciljevi:

1. Republika Hrvatska će ispuniti obveze prema prijedlogu Direktive Europske unije o poticanju obnovljivih izvora energije o udjelu obnovljivih izvora energije, uključujući i velike hidroelektrane, u bruto neposrednoj potrošnji energije u iznosu od 20 %;
2. Republika Hrvatska će ispuniti obveze prema Direktivi Europske unije o udjelu obnovljivih izvora energije u neposrednoj potrošnji energije u prijevozu u 2020. godine u iznosu od 10 %;
3. Republika Hrvatska postavlja cilj da se udio proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije, uključujući velike hidroelektrane, u ukupnoj potrošnji električne energije u razdoblju do 2020. godine održava na razini 35 %.

6. Poticanje istraživanja, razvoja i primjene okolišno održivih energijskih tehnologija

Energijske i transportne tehnologije na svjetskoj razini se vrlo brzo razvijaju. Hrvatska mora osigurati vlastitu osposobljenost za primjenu takvih tehnologija čim one budu ekonomski isplative. U skladu s mogućnostima, Republika Hrvatska će povećavati ulaganja u obrazovanje, znanstveno-istraživačke projekte i razvoj te sustavno poticati međunarodnu suradnju na području održivih energetske tehnologije.

Cilj je te mjere razvoj i podizanje sposobnosti domaće industrije i usluga, usmjereno prema rješenjima visokih tehnologija. Vlada Republike Hrvatske će osigurati povezivanje energetske politike, industrijske politike i politike visokog obrazovanja i znanosti.

7. Zaključak

Republika Hrvatska će svoj energetski razvoj temeljiti na najboljim dostupnim, gospodarski opravdanim tehnologijama. Za prihvatanje najboljih tehnologija i iskustveno najbolje prakse drugih istraživačkih institucija potrebno je pravovremeno ulaganje u obrazovanje visokoobrazovanog stručnog kadra ali i kadrova na svim razinama obrazovanja. Nadalje, razvoj energetskog sektora zahtijeva i stručnjake različitih profila koji će biti školovani i osposobljeni za rad s novim tehnologijama. Zato će Vlada Republike Hrvatske podupirati razvoj strukovnih programa energetskih usmjerenja, ali i osigurati programe cjeloživotnog učenja vezano za različite aspekte energetskih sustava.

8. Literatura

- [1] Hrnčević, Lidia; Dekanić, Igor; Karasalihović Sedlar, Daria: "Analiza sigurnosti opskrbe prirodnim plinom u Republici Hrvatskoj", *Energija*, Zagreb, 57 (2008), br. 6., str. 600. - 609. **(rad u časopisu)**
- [2] Franjić, Siniša: "Croatian Strategy of Energy Development, European Union, Climate Change and the Environment Protection", *Journal of Energy and Power Sources*, Vol. 2, No. 7, July 2015., str. 268. - 273. **(rad u časopisu)**
- [3] Strategija energetskog razvitka – Narodne novine 130/2009.
- [4] Čavrak, Vladimir; Gelo, Tomislav; Pripuzić, Dominik: "Politika cijena u energetskom sektoru i utjecaj cijena energenata na gospodarski razvoj Republike Hrvatske", *Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu*, Godina 4., 2006., str. 45. - 67. **(rad u zborniku)**
- [5] Šimundić, Slavko; Franjić, Siniša: "Pravna regulativa u elektrotehnici i računarstvu", Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku – Elektrotehnički fakultet u Osijeku, Osijek, Hrvatska, 2015., str. 88. **(knjiga)**
- [6] Harambašić, Z.; Stojkov, M.; Hnatko, E.; Holik, M; Šljivac, D.; Medica, V.: "Tehnologije za pročišćavanje dimnih plinova", *Zbornik radova Plin 2013.*; Osijek, Slavonski Brod, Pécs, 2013., str. 219. - 228. **(rad u zborniku)**
- [7] Udovičić, Božo: «Energetika», Školska knjiga, Zagreb, 1993., str. 67. **(knjiga)**
- [8] Perčić, Marko: "Obnovljivi izvori energije u kontekstu morske tehnologije – sadašnjost i budući trendovi", *Pomorski zbornik*, Posebno izdanje, No. 1., Travanj 2016., str. 213. - 221. **(rad u zborniku)**
- [9] Marković, Dragan: "Procesna i energetska efikasnost", Univerzitet Singidunum, Beograd, 2010., str. 166. **(knjiga)**



Plinsko-turbinska elektrana Osijek u sustavu HEP d.d. *Osijek Gas turbine power plant in the system of HEP d.d.*

H. Glavaš^{1,3, *}, I. Petrović², M. Ivanović³

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

² HOPS Osijek, Osijek, Hrvatska

³ Panon institut za strateške studije, Osijek, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: hrvoje.glavas@etfos.hr

Sažetak

Nakon otkrića plinskog polja Bokšić Lug (1973. godine) u proces plinifikacije regije uključila se "Elektroslavonija" Osijek izgradnjom Plinsko-turbinske elektrane Osijek (2 x 25 MW). PTE Osijek je izgrađena tijekom 1975. godine, a nakon probnog pogona puštena je u rad 13. veljače 1976. godine. U radu se daje povijesni pregled za Plinsko-turbinsku elektranu Osijek; prikazuje se izgradnja PTE Osijek, njena tehnološka struktura i dogradnje te proizvodnje električne energije tijekom 40 godina.

Abstract

After the discovery of the gas field Bokšić Lug (1973) at Eastern Slavonia in the process of gasification of the region the "Elektroslavonija" Osijek Ltd also was including with construction of gas turbine power plant (2 x 25 MW) in Osijek. Power plant was built during 1975, and after the trial run was put into operation on February 13, 1976. The paper provides a historical overview of the gas turbine power plant in Osijek; shows its construction, technological upgrading and electricity production over 40 years.

Ključne riječi: Elektroslavonija“ Osijek, plinifikacija Slavonije, plinsko turbinska elektrana, proizvodnja električne energije

1. Plinsko-turbinska elektrana Osijek

Plinsko-turbinska elektrana Osijek (2x25 MW) je prvi proizvodni elektroenergetski objekt u elektroenergetskom sustavu RH na području slavonsko-baranjske regije.

1.1. Inicijative i razlozi za izgradnju

Za izgradnju Plinsko-turbinske elektrane Osijek (PTE) važna su dva događaja s početka 70-tih godina XX. stoljeća:

- a) Otkriće plinskog polja Bokšić Lug 1973. godine [5] [6]
- b) Elektroenergetska kriza u kojoj se našla SR Hrvatska krajem 1973.godine

- Bokšić Lug je naselje koje pripada općini Đurđenovac, nedaleko Našica u Osječko-baranjskoj županiji. Po popisu stanovništva iz 2011. godine broji 262 stanovnika [11]

- INA-„Naftaplin“ je - na temelju ankete industrijskih potrošača - izradila studiju "Problematika plinifikacije i istraživanje tržišta prirodnog plina na području slavonsko-baranjske makroregije" (I. i II. dio). Ova je studija pokazala da je najveća potrošnja supstituabilne energije u gradovima, sjedištima tadašnjih općina, a među njima posebice su se isticali Osijek i Valpovo s Belišćem, što je i odredilo smjerove gradnje prvih dionica magistralnih plinovoda. INA-„Naftaplin“ je studiju dostavila Privrednoj komori Slavonije i Baranje u Osijeku na razmatranje (i provedbu). No, zbog nedovoljne pripremljenosti potencijalnih potrošača na području regije za prihvata plina (vrijeme za izradu projekata i nabavu te izgradnju plinskih postrojenja kao i financijski problemi) ovaj se projekt u Slavoniji nije mogao brzo realizirati, [7].



Slika 1. Geografski položaj Bokšić Luga u RH [11]

Elektroenergetska kriza u kojoj se našla SR Hrvatska krajem 1973.godine dovela je do temeljitog sagledavanja prilika u elektroenergetskom sustavu SRH za period do 1977. godine te je Sabor SRH - kao hitno i prioritarno rješenje značajnih manjkova električne energije (kad u elektroenergetskim sistemima drugih republika nema viškova el. energije) donio odluku da se hitno izgrade četiri plinsko-turbinske elektrane (rok izgradnje 12 - 18 mjeseci). Tako je izvršen rebalans investicija za razdoblje 1971-1975. godine, a najbrže su završeni projekti za PTE Jertovec (70 MW) i PTE Osijek (2 x 25 MW), [7], [10].

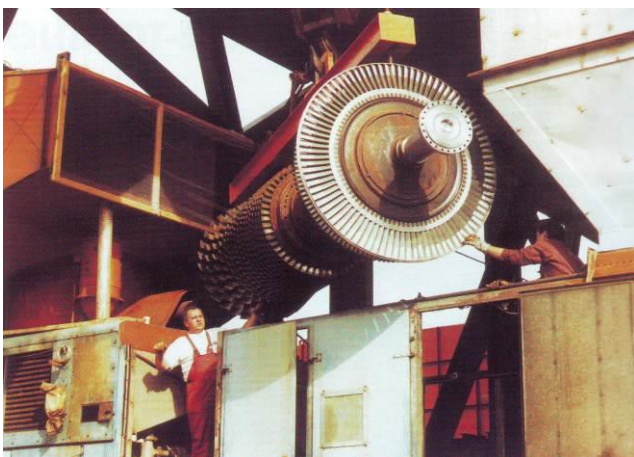
Tih se događaja prisjeća i Vladimir Tomić, dipl. ing., tada generalni direktor „Elektroslavonije“; „Investicijski program trebalo je napraviti u veoma kratkom roku, pa su ga izradili inženjeri iz „Elektroslavonije“ i to za snagu 2 x 25 MW. Zahvaljujući našoj brzini u Republički program ušla je plinska termoelektrana Osijek te smo pristupili realizaciji projekta. Nakon saborske odluke INA je pristupila izgradnji magistralnog plinovoda Beničanci–Osijek. Plinsku elektranu smo locirali na istočnom dijelu grada Osijeka tako da je plinovod prošao duž cijelog grada, što je kasnije omogućilo direktan priključak gradskih redukcijских stanica, uz minimalne troškove priključnih plinovoda. Moram napomenuti da plinska elektrana može osim plina koristiti i ekstra lako lož ulje, za što je izgrađen poseban rezervoar. Mislim da je još jedan podatak zanimljiv za čitatelja; pri izgradnji Plinske termoelektrane Osijek na jednu

turbinu smo postavili kotao na otpadnu toplinu (oko 500 °C) iz kojeg smo dopunski snabdijevali gradsku toplinsku mrežu, a uz minimalne troškove za toplinarstvo.“, [7]. Izgradnja PTE Osijek započinje u XII mjesecu 1974., slika 2, 3 i 4.



Slika 2.,3. i 4. Izgradnja PTE izvor [12] ,
 Faksimil napisa o PTE u listu „Elektroslavonija“ 1974. [1]

PTE je 12. II. 1976. godine - nakon uspješnog probnog roka - puštena u rad u okviru jugoslavenskog elektroenergetskog sustava. Ukupna ulaganja u izgradnju PTE — Osijek iznosila su 430 milijuna dinara. Na taj je način slavonska regija dobila prvi značajni elektroenergetski proizvodni objekt i izvor električne energije, s obzirom da je do tog razdoblja imala samo industrijske energane (Kombinat Borovo, SOUR „Đuro Đaković“, DI „Slavonija“, Kombinat Belišće i DIK Đurđenovac) koje nisu bile uključene u elektroenergetsku bilancu Hrvatske jer su proizvodile samo za potrebe vlastitih poduzeća, [5]. Projekt PTE potpisuje " Elektroprojekt" Zagreb, savjetodavnu podršku pružio je Institut za elektoprivredu – Zagreb, a radove su izveli "Tehnogradnja" Zagreb i "Đuro Đaković"- Slavonski Brod, [12].



Dovršena izgradnja PTE Osijek

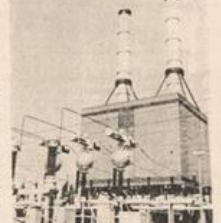
Objavljenim tehničkim pregledom i nakon toga otklanjanjem uočenih nedostataka, PTE Osijek će se pustiti u redovnu proizvodnju

AKO PROMATAMO VRIJEME OD POČETKA IZGRADNJE PLINSKO-TURBINSKE ELEKTRANE U OSIJEKU OD 27. XII 1974. GODINE, PA PUSTANJA U PROBNI RAD 12. II 1976. GODINE, I PUSTANJE U REDOVNU PROIZVODNJU PREMA PREDVIĐANJIMA U TOKU OKTOBRA MJESECA O. G., ONDA SLOBODNO MOŽEMO REČI, DA JE OVAJ VELIKI ZAHVAT IZ MALO PREKOČAKTIVJE PREDVIĐENOG VREMENA ZA IZGRADNJU USPIJEŠNO ZAVRŠEN.

Tako još danas graditelji svi od mehanizacije i radnika, koji obavljaju poslove montaže toplinskog dijela postrojenja mogu se slobodno konstatirati, da su radovi na električnom dijelu postrojenja potpuno dovršeni i spremni za objavljenim tehničkim pregledom, koji je objavljen u drugoj polovini ovoga mjeseca.

U razgovoru s Marjanom Raičkovićem, direktorom PTE Osijek, koji je u vrijeme probnog rada prvotako zavladao u najboljem redu uz otklanjanje uočenih nedostataka u radu. Prema njihovim riječima električni dio objekta, u koji spada izgradnja turbinskog dijela postrojenja i vrakopskog postrojenja, potpuno su dovršeni, i preostaju samo poslovi na uređenju okolnog terena i potpisivanju izvješće protokolne zakonite.

Od početka probnog rada, električna energija je proizvedena sa plinom kao pogonskim gorivom, kojega je u ljetnim mjesecima bilo dovoljno, radi male potrošnje ovog energetskog goriva od strane ostalih postrojenja. Međutim, zbog nedovoljnih količina plina u zimskim mjesecima, sigurno je da će osnovno pogonsko gorivo biti ekvivalentno ulje, za koje su se osnovni PTE izračunali tri velika re-



Izgradnja postrojenja PTE Osijek radova kao što je izgradnja kompletnog 110 kV vrakopskog postrojenja, cijela vanjske ravnice, kompletne parne snabdjevača i drugih poslova, obavili su radnici OOUR. Pomocno djelatnosti, što je već bilo priznato svojoj OOUR nalet področka — J.

STANJE RADOVA I PROBLEMATIKA IZGRADNJE PTE OSIJEK

Uskoro probni pogon PTE Osijek

Učeliko u Republičkom sekretarijatu za izdavanje građevinskih dozvola bude razumjevanja, dozvola za početak probnog pogona mogli bi dobiti do 20. siječnja

DA BI PLINSKI AGREGATI BILI SPREMNJI ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE POTREBNO JE DA SU OSTALI NIZI ZAVRŠENI I NIZNA POMOCNA POSTROJENJA. STANJE RADOVA I PROBLEMI VEZANI UZ TA POSTROJENJA SU SLJEDEĆI:

PLINSKO TRUBINSKI TREGRATI

Montaža i ispitivanja su završena. Za primjena plinovodnog goriva za zahvat »Se komisije trebalo je provesti tlačna proba na plinim instalacijama. Ista je napravljena 18. 12. 76. g. uz prisustvo nadležne inspekcije i time smatramo, da su zadovoljeni uvjeti za primjena osnovnog plina kao goriva.

INSTALACIJE ZA PLINOVITO GORIVO

Plinovod od Bokšić Luga je završen i 13. XII je izvršena tlačna proba i time ispitani i spremni za eksploataciju.

Montaža redukcione stanice je u toku i prema stanju radova realno je na očekivati, da će plin biti nalkašnje do kraja godine spreman za primenu.

Plinovod između redukcione stanice i turbine je naložen i ispitati. Za ispušne ni dio iznos filtera za plin, bez kojih se može ići u probni pogon, sva ostala oprema je pripremljena i treba obaviti samo tehničke formalnosti da se sva može predati na rad. Na kraju godine moguće je izvršiti sve radove.

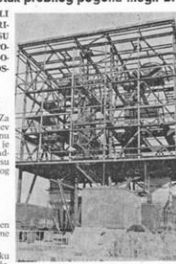
INSTALACIJE TEKUĆEG GORIVA

Instalacije na istakalitu, pumpnoj stanici i cjevovodima na području tankovne goriva su u završnoj fazi. Rezervoari su montirani i spremni za ispitivanje i antikorozivnu zaštitu. Međutim, zbog naknadnog zahtjeva nadležnih organa za proširenje obima protokolne zaštite, daljnji radovi su obustavljeni i očekuje se isporuka dodatne opreme. Kako je u međuvremenu došlo vremenski period ne isporuča dodatne opreme. Kako je u načelu za izvršiti antikorozivnu zaštitu do daljnjega ne treba očekivati mogućnost primjene tekućeg goriva.

Električna postrojenja

Električna postrojenja potrebna za proizvodnju električne energije su uglavnom završena.

Dovolja za sva blok transformatora snage 2x23 MVA, koji su tri i pol približno nemontirani na gradilištu konačno je dobivena. Nakon mnogo napora sva formalnosti vezane za svez transformatora su sređene i ispunjeni uvjeti za castriranje. Učeliko to dovolje vremenske prilike transformatori bi mogli biti montirani i ispitani do 18. siječnja. Do da-



PTE pred završetkom izgradnje

ishođenje potrebnih dozvola, a sa plinsko turbinski agregati na probni pogon, treba vratno očekivati do kraja siječnja.

POSTROJENJE

U okviru ovih postrojenja od u najskorije vrijeme isporuka i košta na otpisnu tojnu.

Stambenički kotlovi proizvodni Daković su isporučeni. Zgrada kalotinske se nije reketa zgraditi, potpuno završena tehnička dotu ja (nedostaje dio projekta električnog), pa nije zatražena građevinska vola.

Zgrada za kemijska priprema spremna za montažu opreme. Op najvećim dijelom na gradilištu, ali šteta u carinsko smetanje, jer c. je uvalila, da ova oprema spada i brojve, kako je deklarirano i pos. se može slobodno uvesti, nego tre i posebna uvodna dozvola. Ova je u toku.

Radovi na ovim postrojenjima biti završeni nalkašnje do slijede zone grijanja.

FINANCIJSKI DIO

Trudimo nema većih problema nanciranja izgradnje što se vrti okolnost i to inače udovoljeno ni kod izgradnje takovih objekata.

Isposrebljuje opreme i radova je zahvat za preokorpenje snopu nosa i isti se obrađuje. Tu treba i dosta potroška oko utrditranog iznosa, no svakako da više ni

Početkom 12. mjeseca Privredno Zagreb primila je za naplatu da nice na ime prvog amnuta za pos plinsko turbinski agregata. Tal tjeve Landsbacher iz Mainz su c. za to imamo upovornih osnova. Na stanje realizacije objekta. Se narednom periodu moramo sve i sređeti i biti spremni za izvršnje amnuta.

PRIPREME ZA ORGANIZIRANJE EKSPLOATACIJE ELEKTRAN

Poslovi oko organiziranja PTI pod nazivom Pogon proizvodnje i OOUR-a TE-TO su u toku. Organ shema je do sada djelomično p. s rukovodilcima centralne komu dana onime (rolatovaci plinskima) i jednim dijelom osobita m. je. Izobrtava ovih kadrova je Resipian i e. nastajali za rukovo bitu pogona. Od 1. I. 1976. očeku bi ovaj pogon moogu početi egzist organizaciona jedinica.

Zaključno se može konstatirati da izvršnje narednih isporuka i radova te

D. Radman

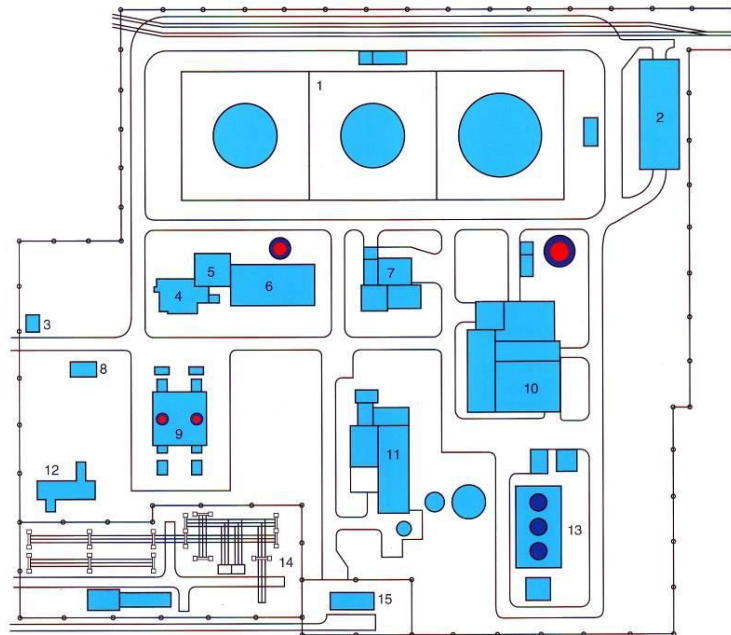
Slika 5., 6. i 7. Plinska turbina, [12];
Faksimil napisa o PTE u listu „Elektroslovanija“ 1975. [1]

Smještaj elektrane na prostoru Zelenog polja obuhvaća površinu od 125.822 m², a vidljiv je na slici 8.



Slika 8. Kompleks TE-TO Osijek, Izvor: [12]

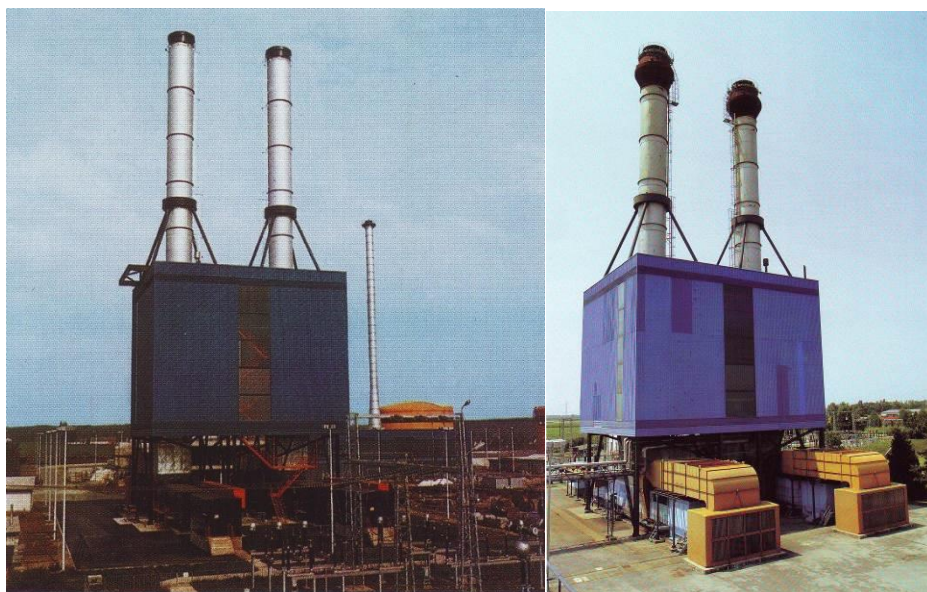
Područje na kojem se nalazi PTE sadrži više objekata kompleksa TE-TO Osijek. Na slici 9. numerirane su svi elementi toplane: 1 – gospodarstvo tekućih goriva, 2- skladište, 3- vratarnica, 4- društvene prostorije – radionica, 5- termička priprema vode, 6- steamblock kotlovnica, 7- strojarska radionica, 8- zgrada za vanjske izvođače, 9- PTE, 10- TE-TO glavni pogonski objekt 45 MW, 11- kemijska priprema vode, 12- sklonište, 13- rashladni tornjevi, 14- visokonaponsko postrojenje i 15- plinsko redukcijaska stanica.



Slika 9. Smještaj PTE na prostoru kompleksa TE-TO Osijek, Izvor: [12]

1.2. Tehničke karakteristike PTE

Osnovne tehničke karakteristike PTE prikazane na slici 10, najbolje opisuje tablica 1.

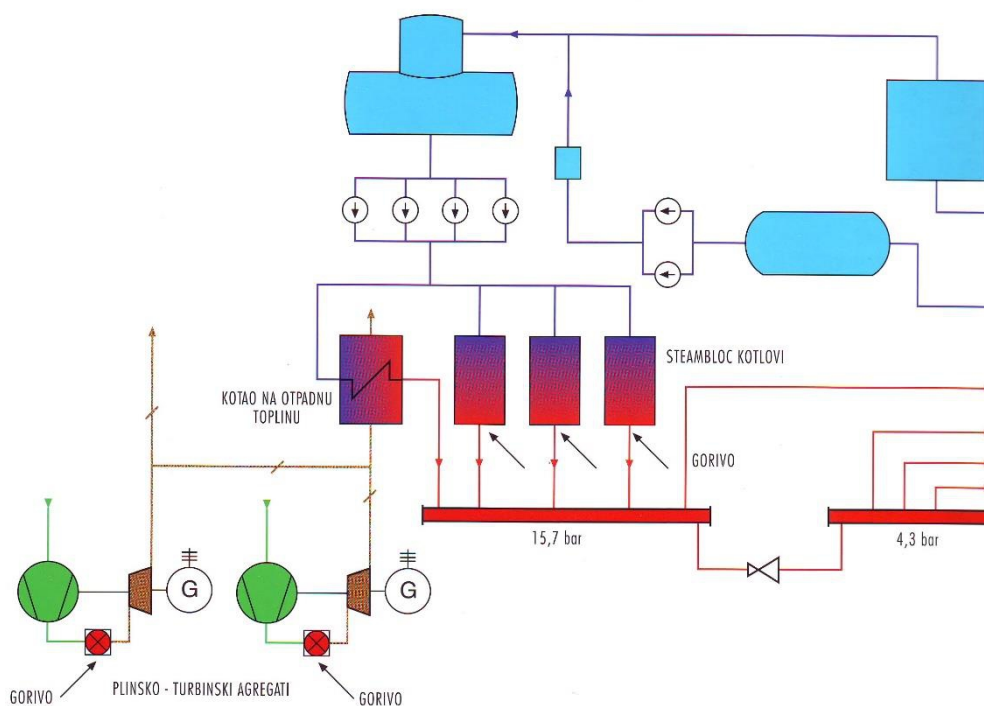


Slika 10. Plinsko-turbinska elektrana Osijek

Tablica 1. Osnovne tehničke karakteristike PTE, [12]

Plinska turbina	Proizvođač	AEG Kanis, Njemačka
	Nazivna snaga	pri 15°C 2x24 MW (vršna 2x25,6 MW)
	Broj okretaja	5100 min ⁻¹
	Vrsta goriva	Zemni plin /ekstra lako loživo ulje
Generator	Proizvođač	KONČAR Zagreb
	Nazivna snaga	2x25,6 MWe (2x32 MVA)
	Broj okretaja	3000 min ⁻¹
	Nazivni napon	10,5 kV
	Faktor snage	0,8
Transformator	Proizvođač	Volta Werke, Njemačka
	Nazivna snaga	28 MVA
	Prijenosni omjer	10,5/110 kV
Kotao na otpadnu toplinu	Proizvođač	Steinmüller, SR Njemačka
	Tip kotla	Prisilna optočna cirkulacija "LA MONT"
	Učin	56 t/h
	Parametri pare	19 bar/ 250 °C
	Parametri napojne vode	30 bar/125 °C

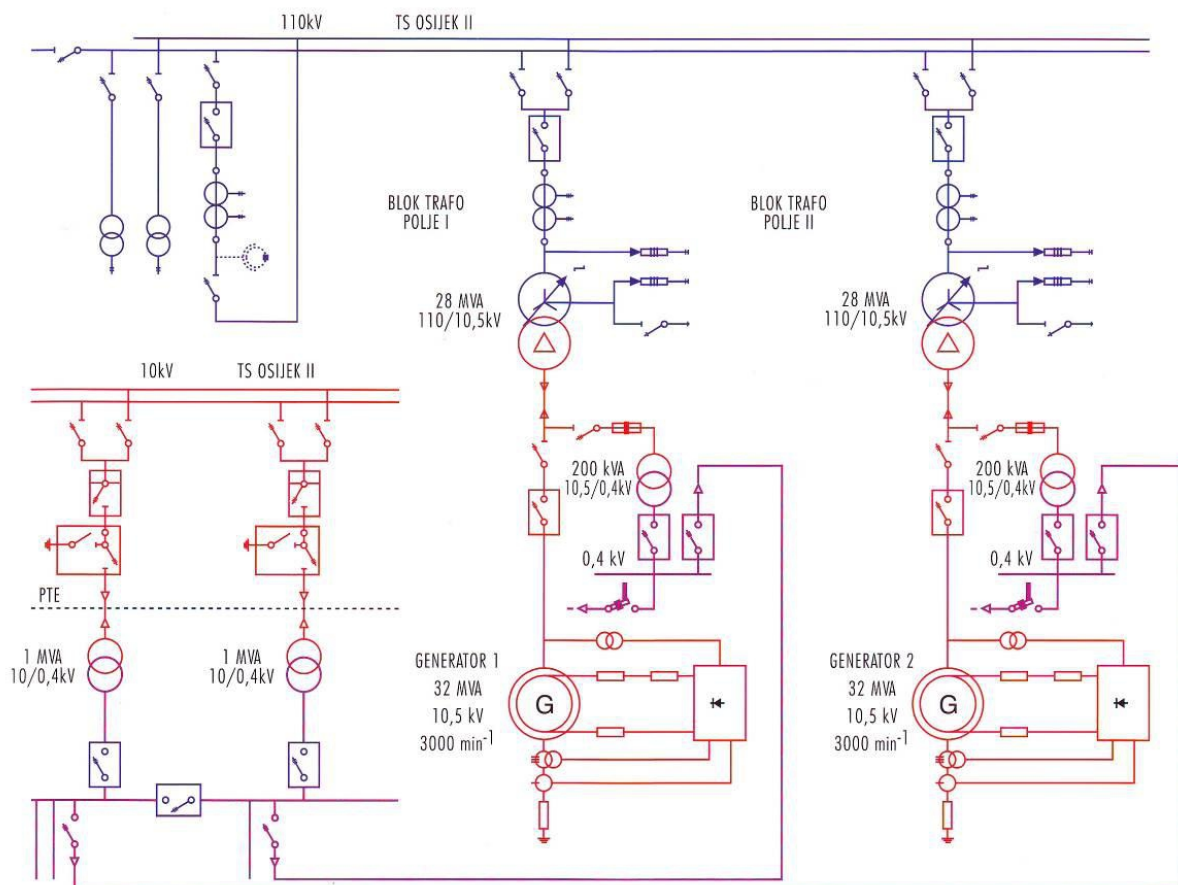
Blok prikaz toplinske sheme PTE opisan je na slici 11.



Slika 11. Toplinska shema plinsko-turbinska elektrana Osijek, Izvor: [12]

Bitno je napomenuti da je kotao na otpadnu toplinu naknadno ugrađen na agregat PTA-1 i nije bio predviđen u konstrukcijskom projektu PTE iz 1974. godine. Kotao na otpadnu toplinu (KNOT) iskorištava visoku temperaturu izlaznih plinova za proizvodnju pare. Temperatura

dimnih plinova ispred kotla je oko 480°C, a iza oko 180°C. Brzina vrtnje turbine je 5120 min⁻¹. Temperatura pred prvim stupnjem turbine je 943°C. Tehnički minimum 1 MW. Dimovodi turbine su spojeni, te je rad kotla moguć i uz rad PTA-2 (ali ne istovremeno oba agregata), [13]. Svaka turbina ima svoj ispust, a visina ispusta iznosi 60 m. Jednopolna električna shema prikazana je na slici 12.

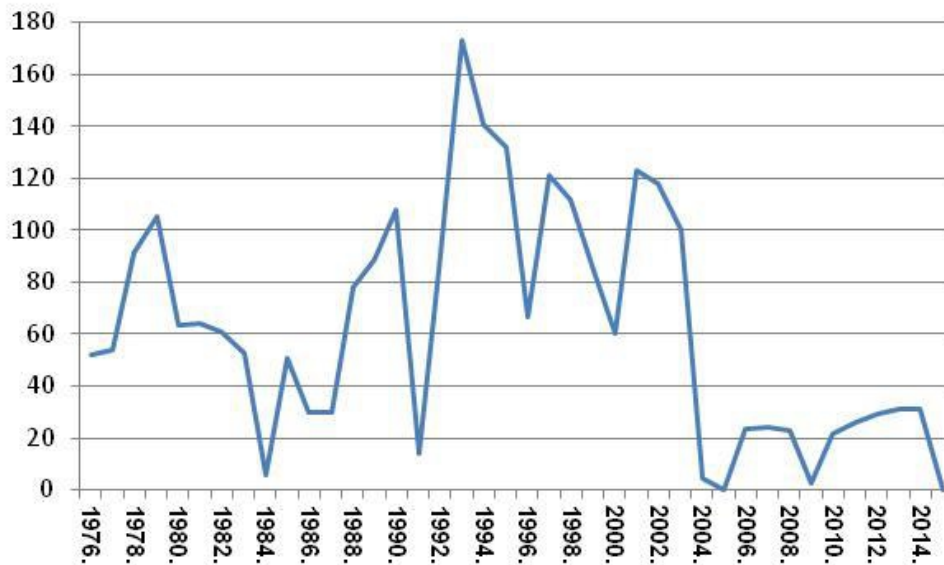


Slika 12. Jednopolna električna shema Plinsko-turbinske elektrane Osijek, Izvor: [12]

PTE za rad koristi isključivo prirodni plin preko mjerno-redukcijske stanice (MRS) s tlakom 17 bara te je neophodna redukcija na 12 bar pred sapnicama. Potrošnja plina pri nazivnoj snazi je oko 9500 m³/h. Kada bi se kao gorivo koristilo ekstra lako ulje bilo bi potrebno izvršiti dopremu goriva pumpama iz skladišta pod tlakom 4 bar pri čemu bi potrošnja pri nazivnoj snazi iznosila 7500 kg/h, [13].

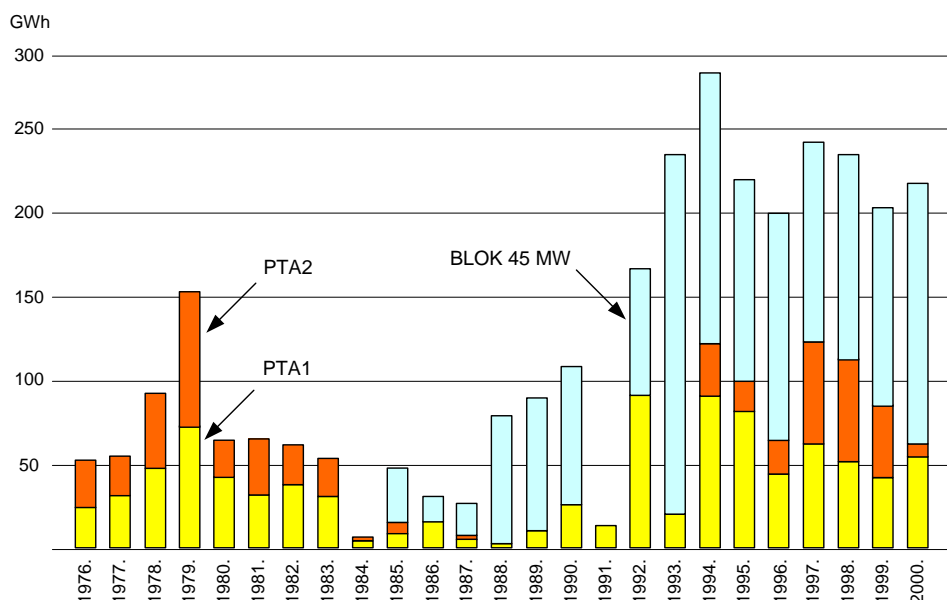
2. Proizvodnja električne energije u PTE Osijek

Već po svojoj interventnoj namjeni predviđeno je da PTE radi kao vršna elektrana od 1000 do 2000 sati godišnje s proizvodnjom od 50 GWh do 100 GWh godišnje, a u hidrološki nepovoljnim godinama prema potrebi i više. Tako je PTE tijekom svoga dosadašnjeg vijeka radila svih 40 godina i u tome je razdoblju proizvela ukupno 2488 GWh električne energije; graf 1.



Grafikon 1. Proizvodnja električne energije u PTE Osijek od 1976. do 2015. godine (GWh), Izvor: [4],[10]

Kako se vidi iz grafikona 1 – najveća je godišnja proizvodnja ostvarena 1993. godine (u vrijeme agresije na RH), a u dvije godine nije se uključivala u elektro-energetski sustav RH (EES) 2005. i 2015. godine, odnosno najmanja je proizvodnja (ispod 10 GWh) bila 1984.; 2004. i 2007. godine. Studija [13] pruža podatak o prosječnom radu do 1200 h od čega PT1 radi od 637 h odnosno PT2 365 h godišnje. KNOT rad do 1400 h godišnje, prosječno 956 h. Da doprinos pojedinih agregata proizvodnji električne energije nije podjednak vidljivo je iz slike 13.



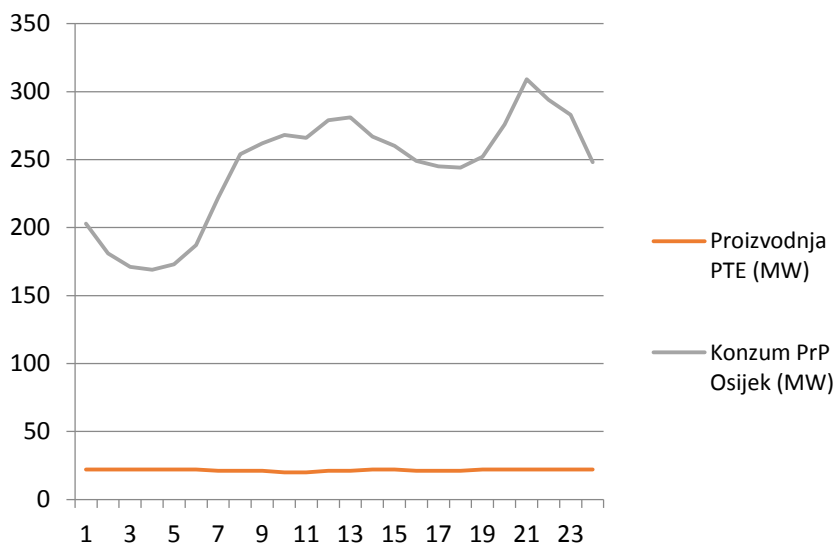
Slika 13. Proizvodnja električne energije iz pojedinih agregata TE-TO Osijek, Izvor: [12]

Dinamiku mjesečne proizvodnje PTE prikazuje tablica 1; ne može se utvrditi pravilnost uključivanja u EES – jer se u ovaj sustav uključuje prema potrebama interventne proizvodnje.

Tablica 1. Proizvodnja električne energije u PTE Osijek – po mjesecima (GWh), [4]

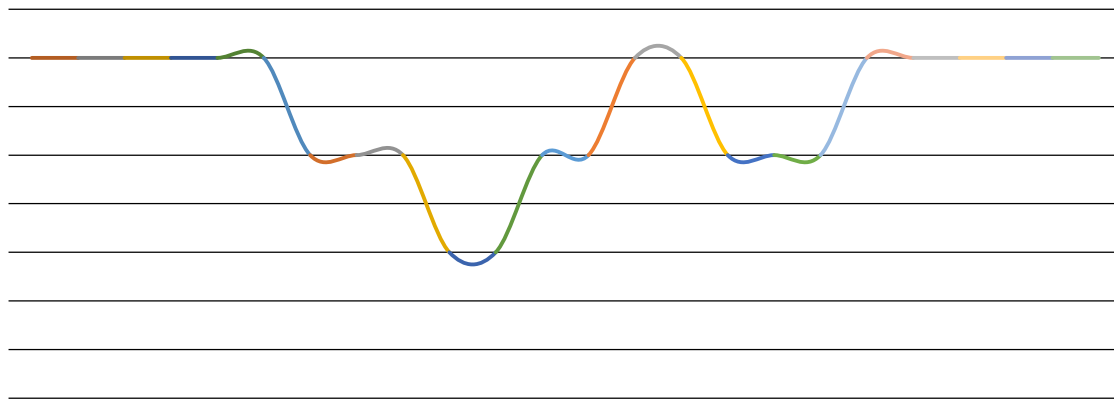
Mjesec	1990.	1991.	1992.	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.	1999.
1	17,7	0,42	10,88	10,54	13,46	12,73	0,51	1,04	8,55	0,00
2	15,9	0,13	13,89	14,20	10,85	7,62	0,00	0,46	12,65	0,00
3	15,1	0,04	11,28	11,99	9,29	2,94	0,08	0,27	7,47	0,08
4	9,3	0,03	6,29	12,58	8,63	18,08	3,30	1,14	0,05	0,04
5	0,2	0,05	12,30	12,11	8,22	16,58	6,55	14,38	4,02	12,68
6	0,0	0,02	11,39	12,11	6,95	13,32	13,00	2,23	12,58	13,56
7	0,0	0,00	9,98	10,01	7,91	14,96	13,42	20,90	13,26	11,65
8	0,0	0,06	11,26	11,45	13,21	14,67	12,68	26,79	20,06	10,38
9	12,2	0,00	3,14	18,99	17,43	13,32	13,47	26,34	19,05	12,20
10	12,9	0,00	0,20	18,36	13,39	14,08	3,04	14,44	11,68	9,50
11	8,5	2,44	0,48	19,54	15,38	3,25	0,07	6,45	2,09	8,64
12	15,6	11,05	0,03	21,22	16,19	0,01	0,32	6,72	0,26	5,56
Ukupno	107,5	14,2	91,1	173,1	140,9	131,6	66,4	121,2	111,7	84,3

Dnevni dijagram potrošnje Prijenosnog područja Osijek i udio PTE Osijek u podmiranju dnevnih potreba prikazani su slikom 14. Konzum se kreće od 169 MW sve do 309 MW a PTE u prosjeku podmiruje 8,8% ukupnih dnevnih potreba konzuma.



Slika 14. Proizvodnja električne energije u PTE Osijek i ukupan konzum PrP Osijek – po satima u karakterističnom danu

Proizvodnja električne energije iz PTE Osijek uobičajeno se kreće od 20 MW do 22 MW. Slika 15 prikazuje izlaznu snagu PTE Osijek u MW tijekom 24 sata.



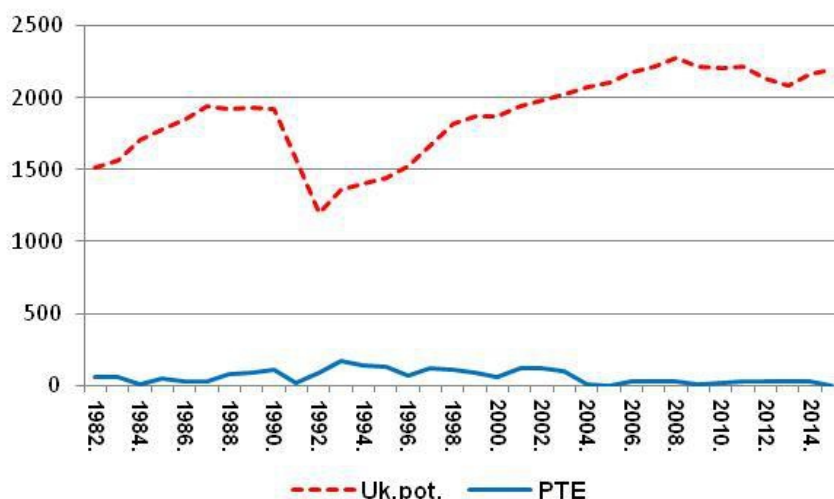
Slika 15. Proizvodnja PTE Osijek po satima u MW, u karakterističnom danu

3. Inženjerski timovi PTE Osijek

U proteklih 40 godina PTE je bila u stalnoj pogonskoj spremnosti i funkcionirala je vrlo dobro zahvaljujući inženjerskim timovima koju su bili zaposleni u kompleksu TE-TO Osijek. Na održavanju pogonske spremnosti PTE u prosjeku je bilo zaposleno 17 djelatnika; 7 inženjera i 10 tehničara koji su u tri smjene održavali pogonsku spremnost elektrane 24 sata dnevno.

4. Značaj PTE Osijek za područje istočne Hrvatske

PTE je vršna elektrana koja se uključuje u interventnim situacijama, a električnu energiju isporučuje u EES Republike Hrvatske. No, ipak se u ovom radu prikazuje (graf 2) razina odnosa potrošnje el. energije na području regije te proizvodnja PTE Osijek.



Grafikon 2. Isporučena el. en. na HOPS prijenosnom području Osijek

(uključuje operatere distribucijskih područja Osijek, Sl.Brod, Požega, Vinkovci i Virovitica te industrijske potrošače na tim područjima) i proizvodnja PTE Osijek od 1976. do 2015. godine (GWh), izvor [4]



Iako (teorijski) pokriva mali dio potrošnje električne energije na području istočne Hrvatske značaj PTE Osijek je veliki, jer u izvanrednim uvjetima njena je uloga vrlo važna, a što se pokazalo i u vrijeme Domovinskog rata (1991.-1995.) kada je zajedno s drugom osječkom elektranom TE-TO bila nositelj energetske opskrbe na ovom području.

5. Zaključak

Dva važna događaja dovela su do izgradnje PTE Osijek:

- a) Otkriće plinskog polja Bokšić Lug 1973. godine
- b) Elektroenergetska kriza u kojoj se našla SR Hrvatska krajem 1973.godine

Izgradnja PTE Osijek važna je iz više razloga:

- a) To je bio prvi proizvodni elektroenergetski objekt u elektroenergetskom sustavu Republike Hrvatske na području slavonsko-baranjske regije – što je u skladu s politikom dekoncentracije razmještaja proizvodnih objekata EES-a RH.
- b) U izvanrednim uvjetima njena je uloga vrlo važna, a što se pokazalo i u vrijeme Domovinskog rata (1991.-1995.) kada je zajedno s drugom osječkom elektranom (TE-TO) bila nositelj energetske opskrbe na ovom području.
- c) Ne treba zanemariti ni razvojnu društveno-ekonomsku i tehničko-tehnološki doprinos izgradnje i proizvodnje PTE na području slavonske regije; njena je izgradnja pridonijela i ekipiranju inženjerskih timova na ovom području.
- d) Na izradi investicijske studije, projektiranju, izvedbi radova tijekom gradnje bili su angažirani stručnjaci „Elektroslavonije“ što je, također, važna referenca za slavonsko-baranjsku regiju.

Vrlo je značajna dinamika izgradnje PTE; od Odluke Sabora SRH da je potrebno graditi nove proizvodne objekte (prosinac 1973.) preko izrade investicijske studije i projektiranja elektrane te njene izgradnje i puštanja u pogon protekle su samo 2 godine – što ilustrira društveno-političku i tehničku sposobnost tadašnjeg hrvatskog društva. Izgradnja PTE započinje u prosincu 1974. a 12. II 1976. je nakon uspješnog probnog rada puštena u rad u okviru jugoslavenskog elektroenergetskog sustava. PTE tijekom 40 godina proizvela je ukupno 2488 GWh električne energije. Stalnu pogonsku spremnosti PTE i nesmetano funkcioniranje možemo zahvaliti isključivo stručnom osoblju koje 24 h dnevno nadzire i brine o tehničkim sustavima.

6. Literatura

- [1] „Elektroslavonija“; list radne organizacije „Elektroslavonija“, godišta 1974.-1990.
- [2] „Elektroslavonija“; Plinsko turbinska elektrana Osijek; „Elektroslavonija“, Osijek, 1976.
- [3] „Elektroslavonija“; monografija, „Elektroslavonija 1926. – 1986“, Osijek, 1986.
- [4] HOPS d.o.o. Prijenosno područje Osijek; Godišnji izvještaj (1990.-2015.)
- [5] Ibrahimpasić, Ifet et al, Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Nafta, 31 (1980), str. 279-287.
- [6] INA – „Naftaplin“: INA – „Naftaplin“ 1952.-1982.; Zagreb, 1982.
- [7] Milan Ivanović i suradnici; „40 godina HEP Plina d.o.o. Osijek; 1975.-2015.“, ISBN ISBN 978-953-7973-14-8; HEP Plin Osijek, 2016.

-
- [8] Ivanović, Milan; Glavaš, Hrvoje: The Techno-Economical and Enviromental Results of Gasification in the Slavonia Region (Croatia); Acta Tehnica Corviniensis – Bulletin of Engineering, Tome IX [2016] Fascicule 1 [January – March]; ISSN: 2067 – 3809; pp 39 – 43
- [9] Monografija „Petnaest godina privrednog ravoja Slavonije i Baranje '1962.-1977.“; Privredna komora Slavonije i Baranje, Osijek,1978.
- [10] Monografija „Slavonija '85.“; Privredna komora Slavonije i Baranje, Osijek,1986.
- [11] https://hr.wikipedia.org/wiki/Bokšić_Lug
- [12] HEP TE-TO Osijek "25 godina Termoelektrana-toplana Osijek", Osijek, 2001.
- [13] HEP Proizvodnja d.o.o. - Tehničko-tehnološko rješenje usklađenja postojećih postrojenja TE-TO Osijek, Zagreb 2013

Tehnologija bušenja tla u cilju korištenja geotermalne energije

Core drilling technology aimed to obtain geothermal energy

M. Duspara^{1*}, D. Matjačić¹, D. Marić¹, M. Stoić², A. Pranić¹, I. Samardžić¹,
A. Stoić¹

¹Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

²Veleučilište u Slavanskom Brodu, Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: mduspara@sfsb.hr

Sažetak

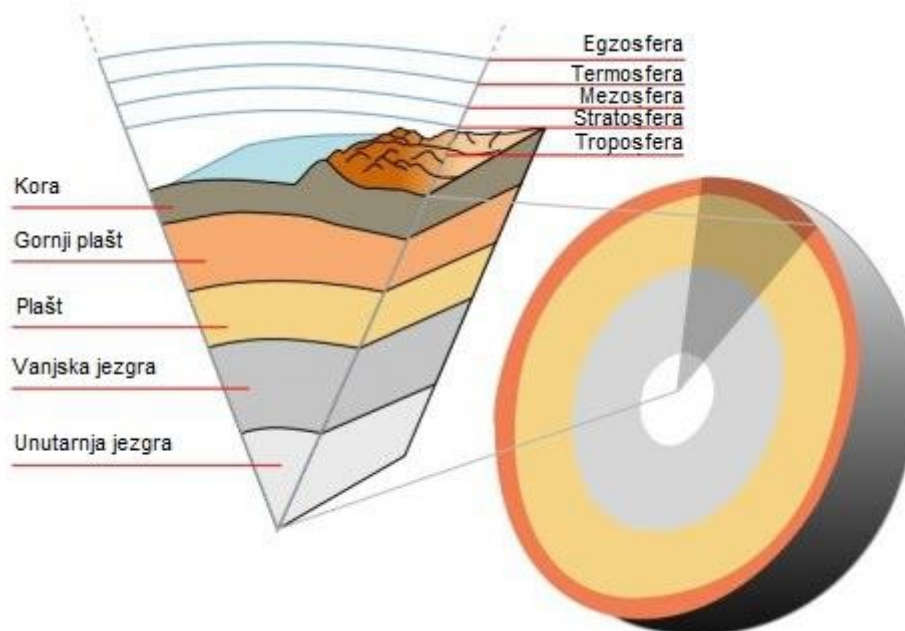
U radu je istražena i opisana tehnologija izrade bušotina i korištenja geotermalne energije (GTE). U prvom dijelu rada prikazana su mjesta gdje se nalazi GTE i koja su najpogodnija za iskorištavanje ove energije, te kako se kroz povijest koristila i za što se koristila. Namjera ovog rada je da se skrene pozornost na očuvanje okoliša i na prekomjernog iskorištavanje fosilnih goriva kao što su ugljen, nafta, plin. Zadatak je bio prikazati na koje sve načine možemo iskoristiti geotermalnu energiju, uvidjeti njezine prednosti i nedostatke, pa na osnovu toga zaključiti isplativost korištenja ove vrste energije. Da bi se istražila, a na kraju i koristila geotermalna energija potrebno je prvo provesti bušenje u tlu. U radu se prikazuje postupak bušenja tla, tehnologija korištenja svrdala i krana, te glavni dijelovi strojeva za bušenje. Prikazani su najčešći alati za bušenje, njihov omjer cijena, od kojih se materijala izrađuju i kako proces bušenja utječe na trošenje alata.

Ključne riječi: geotermalna energija, bušenje, zemljina kora, trošenje alata

1. Uvod

Riječ geotermalno dolazi od grčkih riječi geo (zemlja) i therme (toplina) i znači toplina zemlje, prema tome toplinska energija Zemlje naziva se još i geotermalna energija. Toplina u unutrašnjosti zemlje rezultat je formiranja planeta iz prašine i plinova prije više od četiri milijarde godina, a radioaktivno raspadanje elemenata u stijinama kontinuirano regenerira tu toplinu, zbog toga geotermalna energija spada u obnovljive izvore energije. Za prijenos topline iz unutrašnjosti na površinu služi voda ili para koja se obnavlja tako da se oborinska voda probija duboko po raspuklinama u Zemlju gdje se zagrijava i cirkulira natrag na površinu u obliku gejzira i vrućih izvora. Vanjski dio Zemlje, kora, čija je veličina zanemariva u odnosu na cijelu Zemlju, duboka je od 5 do 50 kilometara i sastavljena je od stijena. Ispod kore nalazi se plašt koji se proteže do dubine od 2900 kilometara i čini 70% volumena

zemlje, a sastoji se od spojeva bogatih željezom i magnezijem. Ispod svega toga nalazi se jezgra koja se sastoji od dva dijela: tekuće vanjske i krute unutarnje jezgre (slika 1.1). Zemlja je duboka otprilike 6378 kilometara i nitko točno ne zna što se nalazi u unutrašnjosti, sve navedeno su zapravo znanstvene pretpostavke izgleda unutrašnjosti planeta. Te pretpostavke temelje se na eksperimentima u uvjetima visokoga tlaka i velikih temperatura.



Slika 1. Struktura zemlje

Spuštanjem kroz koru Zemlje temperatura raste otprilike 17 °C do 30 °C po kilometru dubine (50 °F do 87 °F po milji dubine). Ispod kore nalazi se plašt koji se sastoji od djelomično rastopljenih stijena s temperaturom između 650 °C do 1250 °C (1200 °F do 2280 °F). Pretpostavljena temperatura jezgre Zemlje je oko 4000 °C do 7000 °C (7200 °F do 12600 °F). Budući da toplina uvijek prelazi s toplijih dijelova na hladnije, toplina iz unutrašnjosti Zemlje prenosi se prema površini i taj prijenos topline glavni je pokretač tektonskih ploča. Na mjestima gdje se spajaju tektonske ploče može doći do propuštanja magme u gornje slojeve pa se ta magma hladi i stvara novi sloj zemljine kore. Kada magma dođe do površine može stvoriti vulkane, ali većinom ostaje ispod površine te tvori ogromne bazene i tu se počinje hladiti, a taj proces može trajati od 5000 godina do milijun godina. Područja ispod kojih se nalaze ovakvi bazeni magme imaju visok temperaturni gradijent što znači da povećanjem dubine temperatura raste vrlo brzo pa su takva područja izuzetno pogodna za iskorištavanje geotermalne energije.

2. Potencijal geotermalne energije

Geotermalne energije ima 50000 puta više od sve energije koja se može dobiti od nafte i plina širom svijeta stoga je potencijal ove energije ogroman. Geotermalni resursi nalaze se na različitim dubinama, od plitkih površinskih do nekoliko kilometara dubokih rezervoara vruće vode i pare koja se može dovesti na površinu i iskoristiti. U prirodi se geotermalna energija najčešće pojavljuje u obliku vulkana, izvora vruće vode i gejzira. U nekim se

zemljama geotermalna energija koristi već tisućama godina npr. u toplicama odnosno rekreacijsko ljekovita kupanja. Danas se ova energija, osim u ljekovite svrhe, najčešće koristi za proizvodnju električne energije te grijanje kućanstava i industrijskih postrojenja. Geotermalna energija se može iskoristiti i u proizvodnji papira, pasterizaciji mlijeka, plivačkim bazenima, u procesu sušenja drveta i vune, planskom stočarstvu, te mnoge druge svrhe. Glavni nedostatak prilikom iskorištenja geotermalne energije je da nema puno mjesta na Zemlji koja su izuzetno pogodna za eksploataciju. Najpogodnija su područja na rubovima tektonskih ploča, tj. područja velike vulkanske i tektonske aktivnosti (slika 2). Geotermalna energija se najviše koristi na području takozvanog prstena vatre (eng. ring of fire), ali se u odnosu na 2005. godinu sve više iskorištava i na područjima koja su do sada smatrana lošima za korištenje tog oblika energije. To se najviše odnosi na europske države poput Francuske, Latvije, Njemačke i Velike Britanije koje su za razvoj geotermalne energije uvele razne poticaje koje smanjuju rizik od neuspjeha ovih projekata.

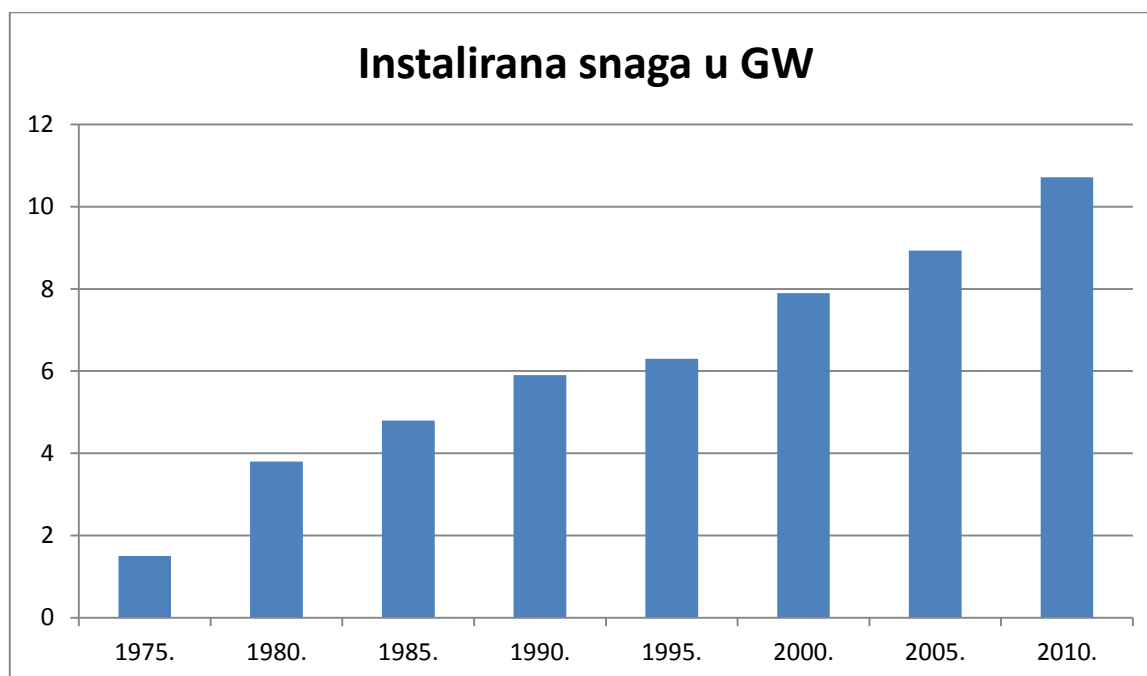


Slika 2. Najpogodnija područja za iskorištavanje geotermalne energije

2.1. Proizvodnja električne energije

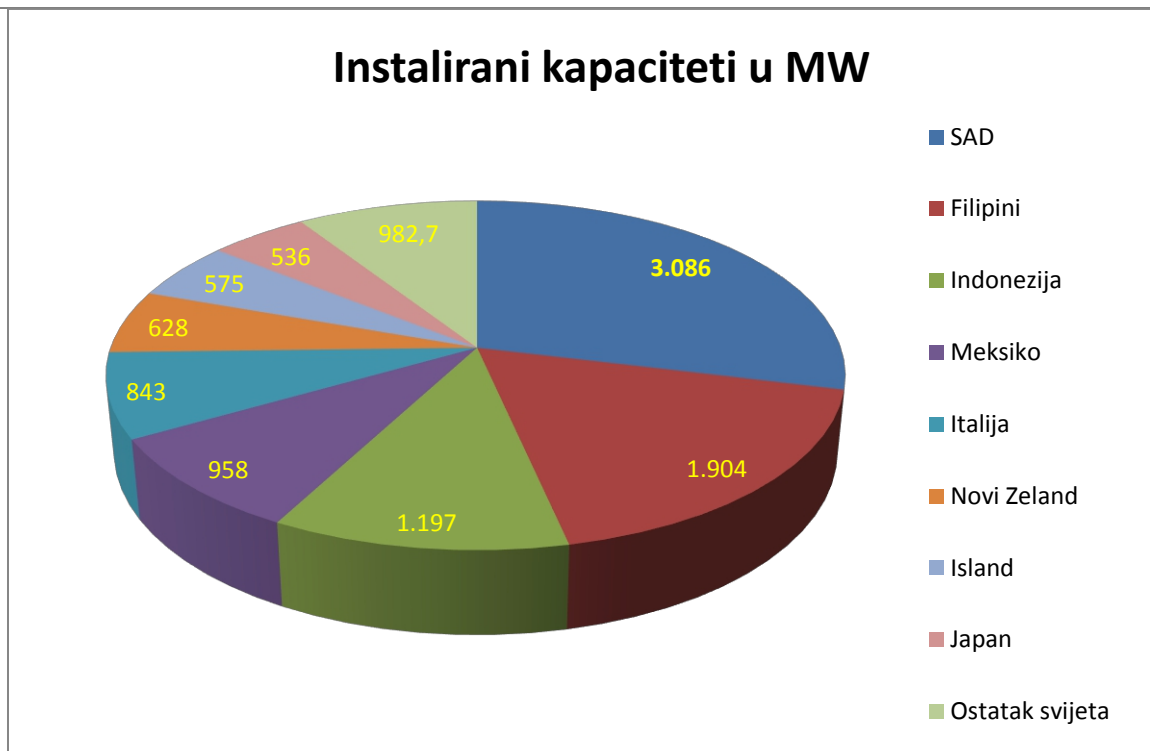
Jedan od najzanimljivijih oblika iskorištavanja geotermalne energije je proizvodnja električne energije. Koriste se vruća voda i para iz Zemlje za pokretanje generatora, samim time nema ispuštanja štetnih emisija plinova u atmosferu, ispušta se samo vodena para. Dodatna prednost je u tome što se takve elektrane mogu implementirati u najrazličitijim okruženjima, od farma, pustinja, šumskih područja itd. Prva primjena geotermalne energije za proizvodnju električne energije vezano je uz malo talijansko selo Larderello 1904. godine. Tamo se koristila para za pokretanje male turbine koja je napajala pet žarulja, a taj se eksperiment smatra prvom upotrebom geotermalne energije za proizvodnju električne energije. 1911. se tamo počela graditi prva geotermalna elektrana koja je završena 1913. i nazivna snaga joj

je bila 250 kW. To je bila jedina geotermalna elektrana u svijetu kroz gotovo pola stoljeća. Princip rada je jednostavan, hladna voda upumpava se na vruće granitne stijene koje se nalaze blizu površine, a van izlazi vruća para temperature iznad 200 °C i pod velikim pritiskom pa ta para onda pokreće generatore. Iako su sva postrojenja u Larderello-u uništena u drugom svjetskom ratu, postrojenja su ponovno izgrađena i proširena te se koriste još i danas. To postrojenje i danas električnom energijom napaja oko milijun domaćinstva. Godišnje proizvede gotovo 5000 GWh, što je oko 10% ukupne svjetske proizvodnje struje iz geotermalnih izvora. Iako je geotermalna energija obnovljivi izvor energije, tlak pare se u Larderello-u smanjio za 30% od 1950. Ukupni kapaciteti za proizvodnju geotermalne energije u svijetu 2010. godine su 10.715 MW, što je porast od 20% u odnosu na 2005. godinu kad je bilo instalirano ukupno 8.933 MW u 24 države (odnosi se na proizvodnju električne energije) (slika 3).



Slika 3. Instalirani kapaciteti geotermalnih elektrana po godinama u GW

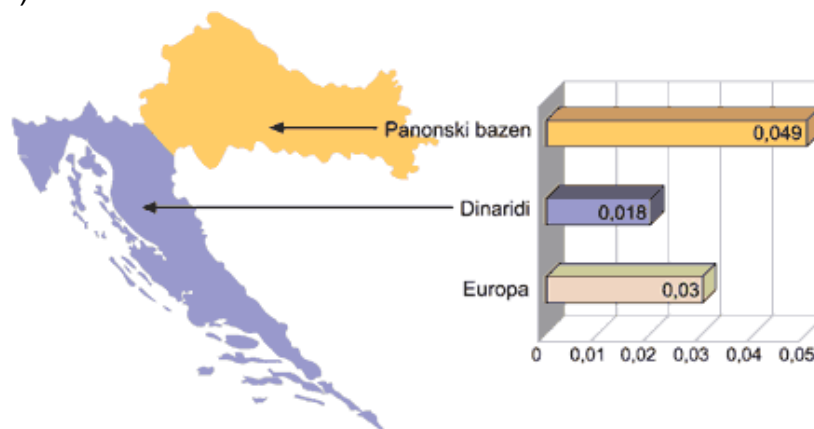
Najveći proizvođač električne energije iz geotermalnih izvora su i dalje Sjedinjene Američke Države s 3.086 MW instaliranih kapaciteta (slika 4).



Slika 4. Instalirani kapaciteti geotermalne električne energije za 2010. godinu po državama u MW

3. Geotermalna energija u hrvatskoj

Temperatura Zemljine površine najviše ovisi o zračenju sunca. Utjecaj tog zračenja opaža se u gornjim dijelovima kore do dubine 30 metara. Na toj dubini temperatura je stalna. Porast temperature s dubinom Zemlje naziva se geotermalni gradijent. Upravo je geotermalni gradijent jedan od prvih pokazatelja koji upućuje na potencijalno ležište. Karte geotermalnih gradijenta ukazuju na područja lokalnih anomalija. Srednja vrijednost geotermalnog gradijenta primjerice za Europu iznosi 0,03 °C/m, dok u Hrvatskoj postoje dva različita područja (slika 5).



Slika 5. Geotermalni gradijent Hrvatske

Geotermalni gradijent za područje Dinarida i Jadrana iznosi 0,015-0,025 °C/m. Na ovom području se ne mogu očekivati otkrića značajnih geotermalnih ležišta. Moguća su otkrića voda s temperaturama na površini prikladnim za rekreativne i balneološke namjene. Vode

takvih karakteristika su otkrivene u Istarskim Toplicama, Splitu, Omišu, Sinju i Dubrovniku. Geotermalni gradijent za panonski dio iznosi nešto više od 0,04 °C/m. Budući da je geotermalni gradijent na panonskom području znatno veći od europskog prosjeka na ovom području se može očekivati, pored već otkrivenih geotermalnih ležišta, pronalaženje novih geotermalnih ležišta. U Hrvatskoj postoji tradicija iskorištavanja geotermalne energije iz prirodnih izvora u medicinske svrhe i za kupanje. Brojne toplice koriste upravo geotermalnu energiju (Varaždinske, Daruvarske, Stubičke toplice, Lipik, Topusko itd.). Proizvodnja geotermalne vode za navedene toplice prije se vršila kroz prirodne izvore, dok se danas uz prirodni protok koristi geotermalna voda iz plitkih bušotina. Ukupno postoji 28 nalazišta, od koji je 18 u upotrebi. INA-Naftaplin je 70-ih godina prošlog stoljeća započela s istraživanjem rezervi nafte i plina na poljima u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Međutim, istražene bušotine pokazale su postojanje izvora tople vode (slika 6). Najviše istražena ležišta, a ujedno i ležišta s najvišom temperaturom geotermalno fluida su ležišta u blizini Koprivnice (Kutnjak-Lunjkovec) i Bjelovara (velika Ciglana). Geotermalne potencijale u Hrvatskoj možemo podijeliti u tri skupine, to su srednje temperaturni rezervoari temperature od 100 do 200 °C, niskotemperaturni rezervoari od 65 do 100 °C i geotermalne izvore temperature vode ispod 65 °C.



Slika 6. Geotermalna nalazišta u Hrvatskoj

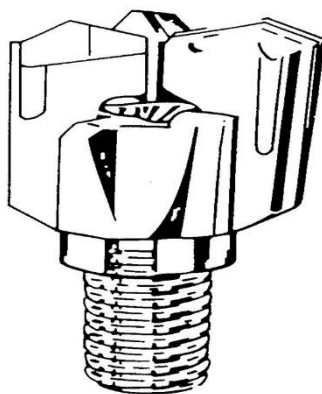
Trenutno postoje dva idejna projekt izgradnje geotermalne elektrane u Hrvatskoj, a to je u mjestu Draškovec u Međimurskoj županiji i velika Ciglana kod Bjelovara.

4. Razvoj tehnologije i alata za bušenje tla

Bušenje tla je proces bušenja rupe u zemlji koji je namijenjen za vađenje prirodnog resursa, kao što su podzemne vode, slana voda, prirodni plin, odnosno nafte, uz istovremeno ubrizgavanje tekućine s površine zemlje u spremnik ispod površine. Bušenje tla za

istraživanje prirode materijalnog podzemlja (na primjer, u potrazi za metalima ili mineralima) je najbolje opisati kao bušenje u cilju izrade bušotina.

Tipična geometrija vrha svrdla za bušenje tla prikazana je na slici 7



Slika 7. Tipični oblik vrha svrdla

Alati za bušenje tla se izrađuju od:

- Čelika
- Wolframovog karbida – tvrdog metala (slika 8)
- Prirodnog dijamanta (slika 9)
- Polikristalnog dijamanta (PCD) (slika 9)
- Abrazivnih zrna (slika 8)



Slika 8. Kruna izrađena od TM (lijevo) i od abrazivnih zrna (desno)

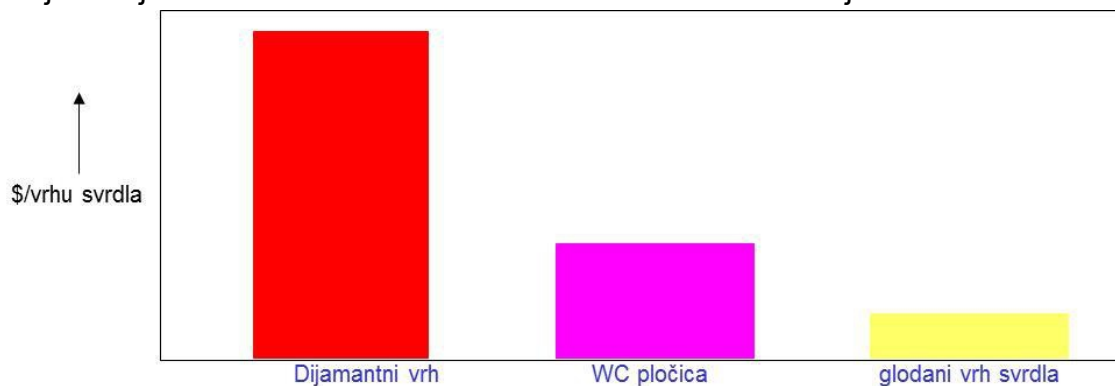
Svrdla za bušenje tla mogu biti fiksna ili izmjenjiva (umetci koji se navojno pričvršćuju na vrh svrdla). Fiksna svrdla mogu biti izrađena od dijamanta. Vrh svrdla sa umetcima (bits) može biti sa pločicama (na bazi Wolframa) ili rezne oštrice mogu biti glodane. Svrdla/kruna iz TM koriste se za bušenje mekih stijena, a osnova matrice je kobalt koji osigurava potrebnu otpornost na udarna opterećenja. Dijamantni rezni alati koriste se za srednje tvrde do tvrde materijale tla koji se buše. Mogu se izrađivati od prirodnog ili umjetnog dijamanta.



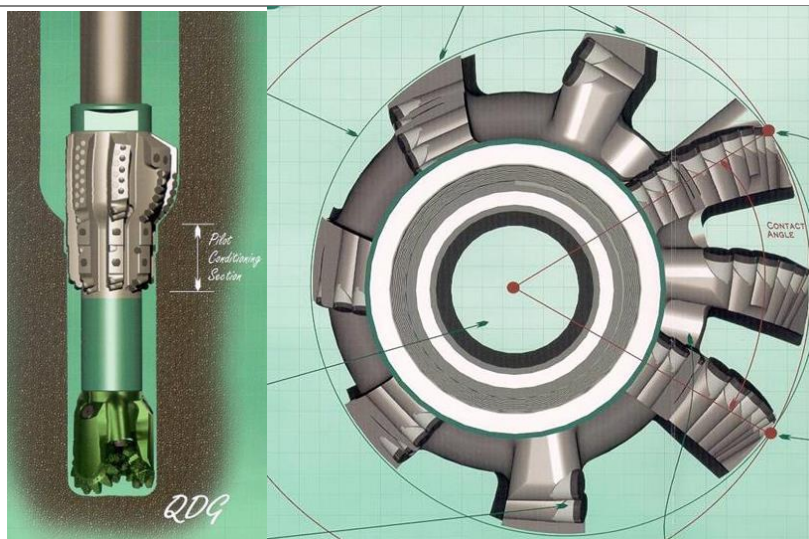
Slika 9. Kruna izrađena od prirodnog dijamanta (lijevo) i od PCD (desno)
Postoje tri tipa dijamantnih alata koji određuju upotrebu svrdla :

1. 2-5 karatni–dijamantni alati široke primjene za bušenje “mekog” tla – pješčana tla
2. 1/4-1 karatni–dijamanti koji se koriste za tla srednje tvrdoće i
3. 1/8-1/4 karatni – dijamanti koji se koriste za bušenje tvrdih tla i abrazivnih materijala.

Prirodni dijamanti se koriste za izradu svrdala do 150 mm i čija je dubina bušenja do 3 m/h. Odnos cijena dijamantnih svrdala i svrdala od TM i iz čelika dana je slikom 10.



Slika 10. Cijena svrdla za bušenje izrađenog iz različitih materijala
Svrdla se mogu raditi kao koncentrični (osno simetrični alati) i nesimetrični alati (slika 11 i slika 12).



Slika 11. Nesimetrični alati



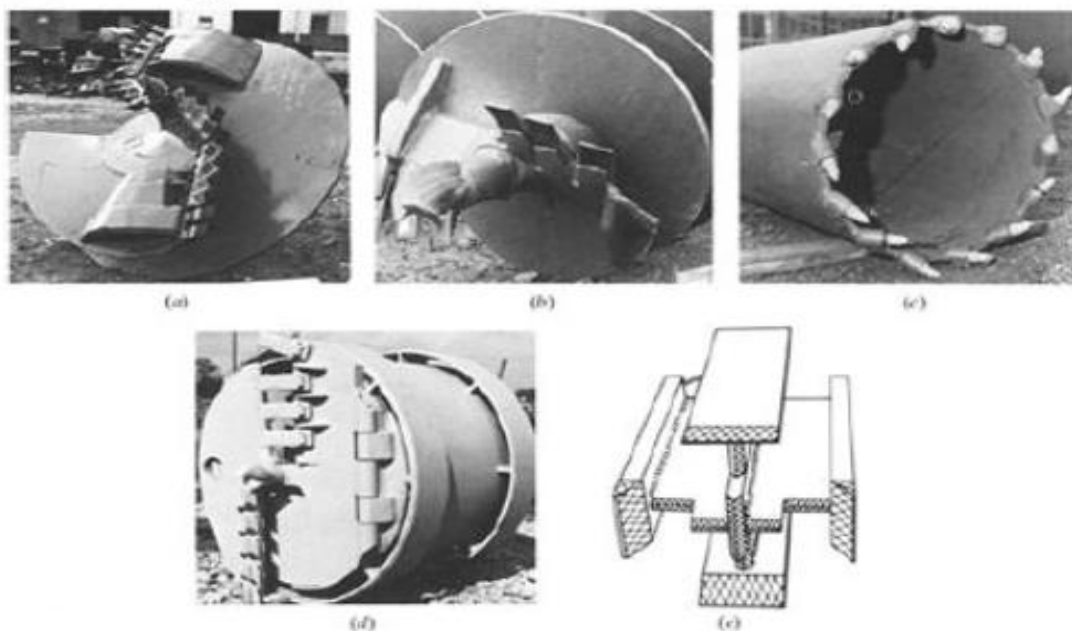
Slika 12. Vrh svrdla za bušenje tla (trostrani) (lijevo), Vrh svrdla za vertikalno (čeono) bušenje (desno)

Svrdo za bušenje tla sastoji se od bušne motke i vrha na kojem se nalaze rezne oštrice. Bušna motka se može produžavati ovisno o dubini rupe koja se buši i koristi se za prijenos rotacije na rezni dio svrdla. Vrh svrdla se na bušnu motku postavlja tehnikom mehaničkog stezanja pomoću nekoliko vijaka na obodu ili središnjeg vijka. Mehaničko stezanje omogućava izmjenu istrošenih svrdala. Bušna motka izrađuje se iz segmenata standardne duljine (najčešće je to 4 m) koji se navojno spajaju. Motke se izrađuju kao dvokomorne cijevi (slika 13). Količina fluida koji struji kroz bušnu motku je 10 do 100 l/min što ovisi o promjeru rupe koja se buši.



Slika 13. Bušna motka

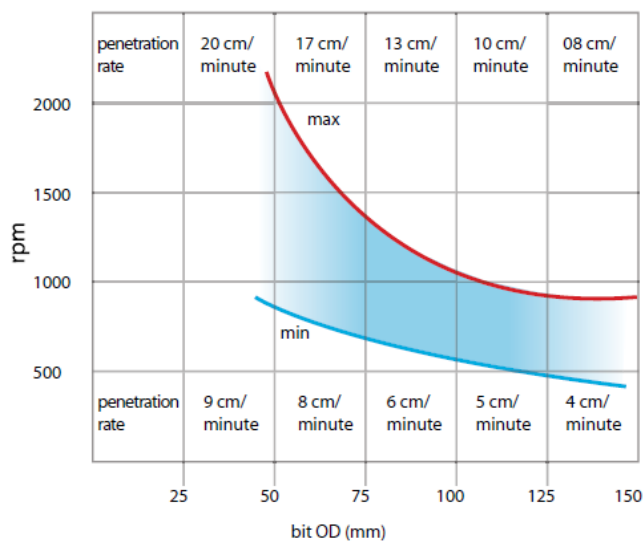
Posebnu grupu reznih svrdala za tlo predstavljaju svrdla za postavljanje pilota.
Na slici 14 prikazani su tipovi svrdala koji se koriste za sitnozrnata do krupnozrnata tla.



Slika 14. Svrdla za pilote

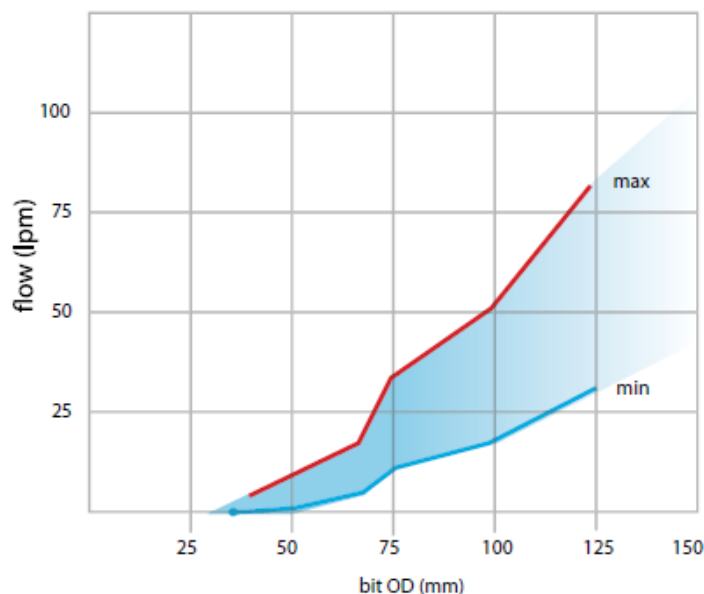
4.1 Tehnološki parametri bušenja tla

Brzina bušenja (slika 15) predstavlja važan tehnološki parametar koji određuje broj okretaja (rpm - eng. revolutions per minute) bušne motke/krune. Brzina na obodu svrdla/krune treba biti 3-5 m/s ili 180-200 m/min.



Slika 15. Brzina bušenja tla

Odabirom prevelike brzine i brzine prodiranja dovodi do prekomjernog zagrijavanja svrdla/krone što rezultira porastom temperature i do 900°C pri kojoj temperaturi se tijelo krune/svrdla počinje taliti. Sprečavanje pojave prekomjernog zagrijavanja ostvaruje se dovodom fluida u zonu rezanja. Protok fluida za ispiranje zone za bušenje ovisi o vanjskom (eng. OD - outerdiameter) promjeru svrdla (slika 16). Namjena fluida za ispiranje je kao i u obradi metala (hlađenje, ispiranje, podmazivanje).



Slika 16. Protok fluida za ispiranje

4.2 Trošenja alata

U toku bušenja dolazi do trošenja krune koje nastaje kao posljedica abrazivskog djelovanja na umetak od tvrdog metala. Trošenjem bušaće krune dolazi do smanjenja njene visine kao i promjera. Kada smanjenje visine, odnosno promjera dostigne određenu kritičnu vrijednost, dolazi do potpunog zatupljenja krune i bušenje više nije moguće.

Trošenje krune nastaje abrazivnim djelovanjem boka i čela bušotine za vrijeme udara i rotacije krune, tako da se izdvajaju slijedeće vrste trošenja:

- Čeono ili frontalno trošenje (slika 17)
- Obodno ili bočno trošenje (slika 18)



Slika 17. Čeono trošenje krune za bušenje tla

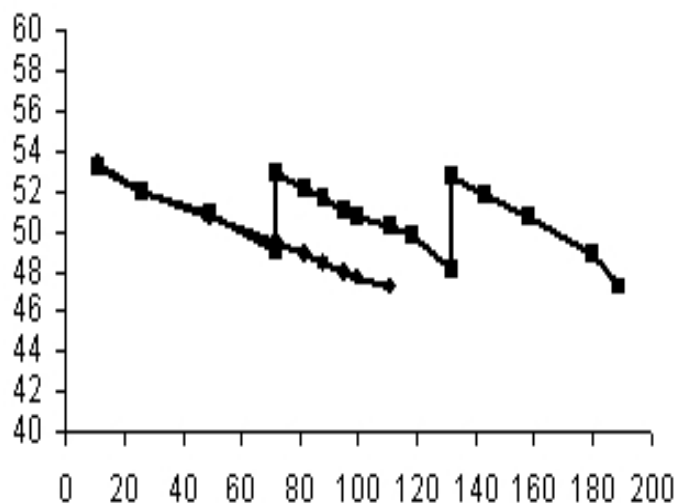


Slika 18. Obodno trošenje krune

Kod čeonog trošenja dolazi do trošenja vrha tvrdog metala, pri čemu dolazi do stvaranja ravne površine na vrhu umetka (zatupljenje). Uslijed ovog trošenja dolazi do smanjenja visina umetaka, a time i cijele krune. Čeono trošenje je izraženije pri bušenju tvrdih i čvrstih stijena.

Obodno trošenje nastaje uslijed trošenja umetaka od tvrdog metala na periferiji bušaće krune. Uslijed toga dolazi do smanjenja promjera krune, a kod velikih trošenja dolazi i do formiranja obrnutog (kontra) konusa vrha krune. Ovo je veoma izraženo kada se bušenje vrši u abrazivnoj stijeni sa velikim sadržajem kvarca. Pri tome je česta pojava loma i ispadanja pojedinih obodnih umetaka, uslijed čega kruna postaje neupotrebijiva.

Veličina čeonog trošenja krune, za veće promjere krune, ne smije preći 1/3 promjera umetka, nakon čega se mora vršiti oštrenje iste (slika 19).



Slika 19. Ovisnost brzine trošenja o duljini izbušene rupe

Na osnovu izvršene analize trošenja može se zaključiti slijedeće:

Analiza rezultata ukazuje na velike razlike između kruna koje su oštrene i kruna koje nisu oštrene u toku bušenja. Krune koje su oštrene ostvarile su za 70% veću dubinu bušenja od kruna koje nisu oštrene. Ovo ukazuje na neophodnost oštrenja bradavičastih kruna, jer se na taj način znatno povećava vijek kruna, što dovodi do smanjenja potrošnje istih i do smanjenja troškova bušenja, a time i ekonomičnije eksploatacije. Progresivno trošenje krune koje nastaje u toku bušenja dovodi do postepenog smanjenja brzine bušenja. Ako se oštrenje ne vrši, brzina bušenja se smanjuje sve dok trošenje ne dostigne takve vrijednosti da bušenje nije više moguće. Oštrenjem krune ishabani umeci od tvrdog metala ponovo dobivaju prvobitni oblik sfere, što pri nastavku bušenja omogućuje ostvarenje brzine bušenja kao i pri bušenju sa novom krunom. Oštrenje krune mora se vršiti redovno pri bušenju, shodno preporukama proizvođača. To podrazumijeva redovno praćenje stupnja istrošenosti umetaka od tvrdog metala u toku bušenja, kao i mjerenje promjene veličine umetaka pomoću odgovarajućih mjerila.

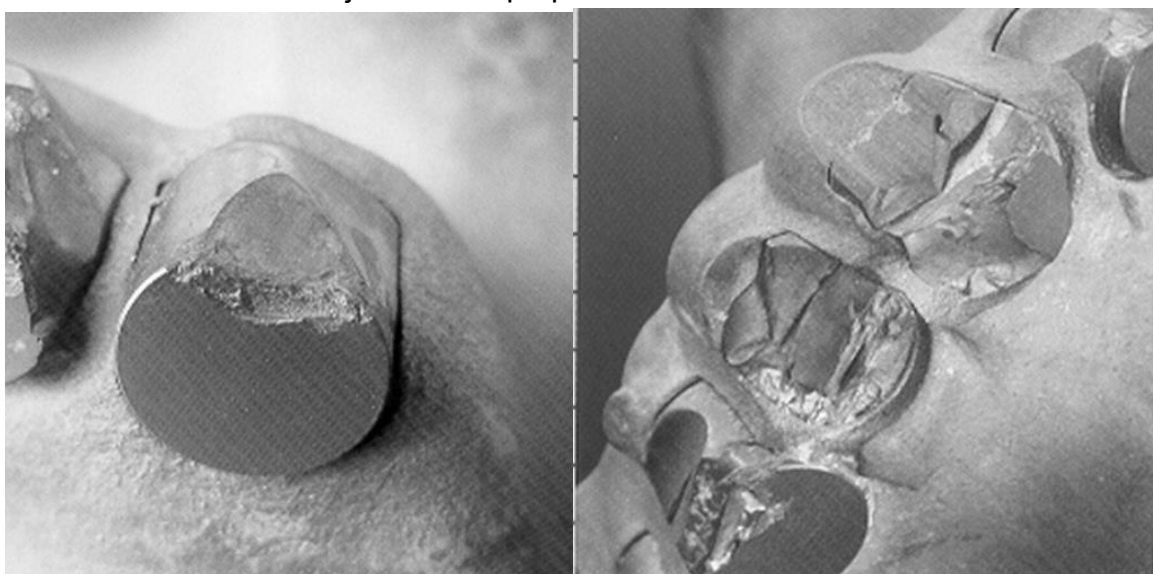
Neovisno o materijalu od kojeg su svrdla za bušenje tla izrađena, u procesu bušenja, rezne su oštrice izložene trošenju. Trošenje svrdala kao posljedica abrazivskog djelovanja tla može biti na reznoj oštrici ili mlaznici koja se koristi za ispiranje rezne zone.

Trošenje rezne oštrice može biti:

1. Normalno trošenje (slika 20) koje nastaje zbog dugotrajnog korištenja
2. Krzanje vrha svrdla (slika 21)
3. Lom rezne oštrice (slika 22 i slika 23)
4. Mikrokrzanje (slika 24)



Slika 20. Djelomično i potpuno istrošen trostrani umetak



Slika 21. Krzanje vrha rezne oštrice (cca 1/3 rezne oštrice je odlomljena)

Slika 22. Lom rezne oštrice (više od 1/3 rezne oštrice je odlomljeno od nosača)



Slika 23. Potpuni lom rezne oštrice

Slika 24. Mikrokrzanje

5. Zaključak

Na osnovu izvršene analize trošenja može se zaključiti slijedeće: Analiza rezultata ukazuje na velike razlike između kruna koje su oštrene i kruna koje nisu oštrene u toku bušenja. Krune koje su oštrene ostvarile su za 70% veću dubinu bušenja od kruna koje nisu oštrene. Ovo ukazuje na neophodnost oštrenja bradavičastih kruna, jer se na taj način znatno povećava vijek kruna, što dovodi do smanjenja potrošnje istih i do smanjenja troškova bušenja, a time i ekonomičnije eksploatacije. Progresivno trošenje krune koje nastaje u toku bušenja dovodi do postepenog smanjenja brzine bušenja. Ako se oštrenje ne vrši, brzina bušenja se smanjuje sve dok trošenje ne dostigne takve vrijednosti da bušenje nije više moguće. Oštrenjem krune ishabani umeci od tvrdog metala ponovo dobivaju prvobitni oblik sfere, što pri nastavku bušenja omogućuje ostvarenje brzine bušenja kao i pri bušenju sa novom krunom. Oštrenje kruna mora se vršiti redovno pri bušenju, shodno preporukama proizvođača. To podrazumijeva redovno praćenje stupnja istrošenosti umetaka od tvrdog metala u toku bušenja, kao i mjerenje promjene veličine umetaka pomoću odgovarajućih mjerila.

Neovisno o materijalu od kojeg su svrdla za bušenje tla izrađena, u procesu bušenja, rezne su oštrice izložene trošenju. Trošenje svrdala kao posljedica abrazijskog djelovanja tla može biti na reznoj oštrici ili mlaznici koja se koristi za ispiranje rezne zone.

6. Literatura

- [1] Geotermalna energija (Geothermal energy)
URL: http://www.izvorienergije.com/geotermalna_energija.html
- [2] Geotermalna energija – upotreba i princip rada
URL: http://www.izvorienergije.com/other/geotermalna_energija_upotreba_i_principi.html
- [3] Činjenice o geotermalnoj energiji
URL: http://www.izvorienergije.com/energija_cinjenice/cinjenice_geotermalna_energija.html
- [4] Značaj i vizija geotermalne energije u budućnosti
URL: <http://www.obnovljivi.com/geotermalna-energija/68-znacaj-i-vizija-geotermalne-energije-u-buducnosti?showall=1>
- [5] Geotermalna energija u Hrvatskoj
URL: http://hr.wikipedia.org/wiki/Geotermalna_energija_u_Hrvatskoj

Simulacija brzog pražnjenja plinske boce *Simulation of Rapid Discharge from a Gas Cylinder*

Z. Virag¹, A. Galović¹, M. Živić^{2,*}

¹Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

²Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: mzivic@sfsb.hr

Sažetak

U radu je razvijen matematički model brzog pražnjenja standardne plinske boce napunjene propanom. Matematički model je razvijen uz pretpostavku izentropskog istrujavanja plina iz boce kroz ugrađenu konvergentnu mlaznicu. U najužem (izlaznom) presjeku mlaznice može se ovisno o trenutnom tlaku u boci uspostaviti ili okolišni ili kritični tlak. Razvijeni model je integriran Runge-Kutta metodom četvrtog reda točnosti, a rezultati integracije uključuju vremensku promjenu temperature plina u boci i masenog protoka kroz mlaznicu te preostale količine plina u boci. Zaključuje se da kod vrlo brzog pražnjenja toplinski izolirane boce dolazi do prekida istrujavanja plina iz boce iako u njoj još ima plina. Do potpunog pražnjenja boce će doći u slučaju zagrijavanja plina, a vrijeme pražnjenja se smanjuje s povećanjem toplinskog toka.

Abstract

A model of rapid discharge from a conventional gas cylinder filled with propane is developed in the work. The isentropic flow of gas from the cylinder through a convergent nozzle into atmosphere was assumed. Depending on the vessel pressure, the pressure in the outlet cross-section of the nozzle can be either critical or environmental. The developed model is integrated using the fourth order Runge-Kutta method and the results of integration include the time change of the temperature of the gas in the cylinder and the mass flow through the nozzle and the remaining amount of the gas in the cylinder. It is concluded that in the case of rapid discharging of the insulated cylinder the gas flow from the cylinder stops when the vapor pressure falls at the atmospheric pressure, even though there is some gas in the cylinder. Complete cylinder discharging occurs when the gas is heated and the total discharge time reduces with the increase of the heat flux.

Ključne riječi: vrijeme pražnjenja, adijabatski i neadijabatski uvjeti, vremenska promjena temperature plina, vremenska promjena mase plina u boci



1. Uvod

Plinska boca sadrži ukapljeni naftni plin, najčešće smjesu propana i butana, pod tlakom i kao takva podliježe uvjetima sigurnosti koji su dani u propisima o posudama pod tlakom. Te se boce najčešće koriste u domaćinstvima i stoga je od velike važnosti ispravnost posude zajedno s njezinim priključcima na odgovarajuće trošilo. Nepoželjno (nekontrolirano) istjecanje plina iz posude može dovesti do eksplozije plina u prostoru, a što može imati za posljedicu ljudska stradanja i materijalnu štetu na objektu.

Stoga se, nakon havarije s bocom zbog curenja plina, najčešće prilazi istraživanju uzroka neželjenog curenja plina iz posude. Brzina istjecanja plina iz posude izravno utječe na vremensku promjenu temperature plina u posudi. Što je ta brzina veća, dolazit će do bržeg smanjena temperature plina u posudi, pa se pri dostatnoj brzini istjecanja plina iz posude, na njezinoj vanjskoj površini može pojaviti kondenzirana pa čak i smrznuta vlaga iz zraka u prostoru u kojem se nalazi boca. Pri brzom istjecanju plina iz posude pod tlakom, ako je posuda velika, temperatura fluida u posudi može biti tako niska da temperatura stijenke posude padne ispod temperature prijelaza iz žilavog u krhko područje, [1].

Sporo, kontinuirano istjecanje plina iz posuda pod tlakom, koje se javlja u normalnim radnim uvjetima, je istraženo i opisano u literaturi. Xia i ostali [2] su opisali polu empirijski model s konstantnim toplinskim ponorom u fluidu kako bi simulirali entalpijski gubitak nastao istjecanjem mase iz posude. Zhou i ostali [3] su postavili jednostavan model s istjecanjem mase i izveli njegovo analitičko rješenje, a u radu [4] Zhou raspravlja o razlikama između modela s toplinskim ponorom i modela s istjecanjem mase.

Haque i ostali [1] su izvršili analitičko i eksperimentalno istraživanje brzog pražnjenja velike posude i prikazali vremensku promjenu temperature fluida i temperature stijenke, kao i polje temperature zasićene pare unutar posude.

Cilj ovoga rada je analizirati brzinu pražnjenja standardne plinske boce, primjenom modela s koncentriranim parametrima u kojem se pretpostavlja ravnotežna promjena stanja u boci. Model će se riješiti numerički, a rješenje modela će dati brzinu promjene tlaka i temperature plina u boci i brzinu smanjenja mase plina u boci, odnosno ukupno vrijeme potpunog pražnjenja boce.

2. Matematički model i numerički postupak

Analizira se problem pražnjenja plinske boce, ukupnog volumena $V=24,7$ l, koja je u početnom trenutku ispunjena propanom, pri čemu kapljevita faza okolišnje temperature T_0 , zauzima volumen V_k i koja se prazni kroz potpuno otvoreni ventil površine otvora $A=15$ mm². Tijekom pražnjenja boce, temperatura i tlak u boci opadaju, te se kroz plašt boce izmjenjuje toplinski tok koji se modelira pomoću prosječnog koeficijenta prolaza topline k , u obliku $kA_p(T_0 - T)$, gdje je $A_p=0,48$ m² površina plašta boce kroz koji se izmjenjuje toplina, a T trenutna temperatura kapljevite i parovite faze propana u boci. Pretpostavlja se izentropsko strujanje idealnog plina (plinska konstanta $R=188,6$ J/(kg·K), omjer specifičnih toplinskih kapaciteta $\kappa=1,1$) kroz ventil u atmosferu gdje vlada tlak $p_a=101325$ Pa. Pretpostavlja se kvazistacionarni proces u boci, tj. da u svakom trenutku u boci vladaju ravnotežni uvjeti i da



je brzina parovite faze u boci zanemariva, pa je tlak p u boci jednoznačno definiran trenutnom temperaturom T . Maseni protok plina kroz ventil se računa po formuli:

$$q_m = \frac{w_m A}{V_m} \quad (1)$$

pri čemu su tlak, Machov broj i apsolutna temperatura u grlu mlaznice jednaki

$$\rho_m = \begin{cases} \rho_a & \text{za } \rho_a \geq \rho_{kr} \\ \rho_{kr} = \rho \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} & \text{za } \rho_a < \rho_{kr} \end{cases} \quad (2)$$

$$M = \sqrt{\frac{2}{\kappa - 1} \left[\left(\frac{p}{\rho_m} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} - 1 \right]} \quad (3)$$

$$T_m = \frac{T}{1 + \frac{\kappa - 1}{2} M^2} \quad (4)$$

a specifični volumen i brzina u grlu mlaznice su

$$V_m = \frac{RT_m}{\rho_m} \quad (5)$$

$$w_m = M \sqrt{\kappa RT_m} \quad (6)$$

Promjena stanja plina u boci definirana je zakonom očuvanja energije i mase, koji glase

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{V_k}{v'} u' + \frac{V - V_k}{v''} u'' \right] = -q_m h'' + \kappa A_p (T_0 - T) \quad (7)$$

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{V_k}{v'} + \frac{V - V_k}{v''} \right] = -q_m \quad (8)$$

gdje je t vrijeme, v' i v'' su specifični volumeni kapljevite i plinovite faze (tj. vrele kapljevite i suho zasićene pare), u' i u'' su specifične unutarnje energije tih dviju faza, a h'' specifična entalpija suho zasićene pare. S obzirom da su v' , v'' , u' i u'' funkcije temperature, a da je temperatura funkcija vremena primjenjuje se pravilo lančanog deriviranja

$$\frac{dv'}{dt} = \frac{dv'}{dT} \frac{dT}{dt}, \quad \frac{dv''}{dt} = \frac{dv''}{dT} \frac{dT}{dt}, \quad (9)$$

$$\frac{du'}{dt} = \frac{du'}{dT} \frac{dT}{dt}, \quad \frac{du''}{dt} = \frac{du''}{dT} \frac{dT}{dt}. \quad (10)$$

Tablica 1 prikazuje zavisnost tlaka zasićenja, specifičnih volumena i entalpija vrele kapljevite i suhozasićene pare propana od temperature.



Tablica 1. Podaci za propan (tlak zasićenja, specifični volumeni i entalpije za vrelu kapljevinu i suho zasićenu paru), [5].

$\theta=T-273,15$ °C	p bar	v' m ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg
-100	0,028885	0,001553	11,269	-23,551	456,88
-95	0,043638	0,001565	76,663	-13,303	462,67
-90	0,064256	0,001578	53,454	-2,990	468,49
-85	0,09242	0,001591	38,116	7,394	474,36
-80	0,1301	0,001605	27,740	17,851	480,26
-75	0,17958	0,001619	20,568	28,389	486,19
-70	0,24343	0,001633	15,513	39,010	492,15
-65	0,32453	0,001648	11,884	49,722	498,12
-60	0,42606	0,001663	0,92346	60,529	504,1
-55	0,55149	0,001678	0,72705	71,438	510,09
-50	0,70456	0,001694	0,57933	82,453	516,08
-45	0,88927	0,001711	0,46674	93,582	522,06
-40	11,099	0,001728	0,37985	104,83	528,03
-35	13,708	0,001745	0,31203	116,21	533,98
-30	16,768	0,001764	0,25851	127,71	539,91
-25	20,328	0,001783	0,21586	139,36	545,81
-20	24,436	0,001802	0,18155	151,16	551,67
-15	29,147	0,001823	0,15371	163,11	557,48
-10	34,512	0,001844	0,13092	175,23	563,23
-5	40,588	0,001867	0,11214	187,52	568,91
0	47,430	0,00189	0,096529	200	574,51
5	55,095	0,001915	0,083477	212,67	580,03
10	63,642	0,001942	0,072488	225,55	585,43
15	73,132	0,001969	0,063179	238,65	590,72
20	83,624	0,001999	0,055248	251,98	595,86
25	95,183	0,002031	0,04845	265,56	600,84
30	10,787	0,002064	0,042594	279,41	605,62
35	12,176	0,002101	0,03752	293,55	610,19
40	13,690	0,00214	0,033103	308	614,49
-42,085	1,01325	0,001721	0,41339	100,12	525,54
45	15,339	0,002183	0,029237	322,8	618,5
50	17,129	0,00223	0,025836	337,97	622,14
55	19,067	0,002282	0,022828	353,56	625,35
60	21,163	0,00234	0,020153	369,62	628,03
65	23,425	0,002406	0,017758	386,25	630,07
70	25,863	0,002483	0,015599	403,54	631,29
75	28,489	0,002573	0,013635	421,66	631,43
80	31,315	0,002683	0,011822	440,89	630,08
85	34,356	0,002827	0,010112	461,79	626,47
90	37,635	0,003038	0,008415	485,7	618,75
95	41,188	0,003488	0,006396	519,05	598,59
Kritično stanje: $T-273,15=96,7$ °C; $p=42,48$ bar; $v=0,004535$ m ³ /kg					
Referentno stanje: 0 °C ; $h'=200$ kJ/kg					

Unutarnja energija se računa iz izraza $u = h - pv$. Interpolacija je vršena na način da se kroz četiri okolne točke u odnosu na zadanu temperaturu povlači lokalno polinom trećeg stupnja, a također su derivacije du'/dT , du''/dT , dv'/dT i dv''/dT računane derivacijom toga lokalnog polinoma.

Uvrštavanjem izraza (9) i (10) u jednadžbe (7) i (8), uz zamjenu apsolutne temperature relativnom $\theta = T - 273,15$, one prelaze u oblike

$$\frac{dV_k}{dt} \underbrace{\left[\frac{u'}{v'} - \frac{u''}{v''} \right]}_{A_{11}} + \frac{d\theta}{dt} \underbrace{\left[\frac{V_k}{v'} \frac{du'}{dT} + \frac{V - V_k}{v''} \frac{du''}{dT} - \frac{V_k}{(v')^2} \frac{dv'}{dT} - \frac{V - V_k}{(v'')^2} \frac{dv''}{dT} \right]}_{A_{12}} = \underbrace{-q_m h'' + k A_p (\theta_0 - \theta)}_{B_1} \quad (11)$$

$$\frac{dV_k}{dt} \underbrace{\left[\frac{1}{v'} - \frac{1}{v''} \right]}_{A_{21}} + \frac{d\theta}{dt} \underbrace{\left[-\frac{V_k}{(v')^2} \frac{dv'}{dT} - \frac{V - V_k}{(v'')^2} \frac{dv''}{dT} \right]}_{A_{22}} = \underbrace{-q_m}_{B_2} \quad (12)$$

Uvažavajući oznake pojedinih članova u jednadžbama (11) i (12), one se mogu zapisati u eksplicitnom obliku po nepoznicama V_k i θ

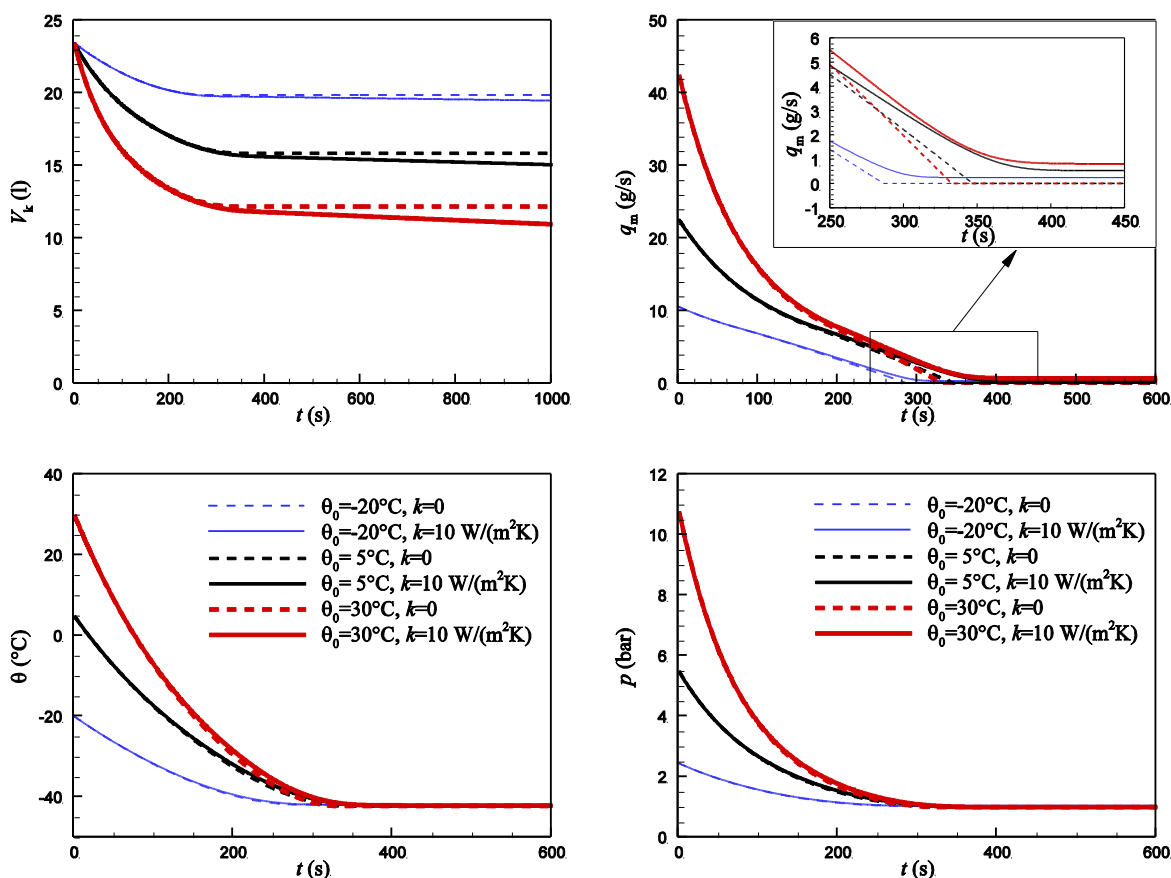
$$\frac{dV_k}{dt} = \frac{B_1 A_{22} - B_2 A_{12}}{A_{11} A_{22} - A_{21} A_{12}} \quad (13)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{B_2 A_{11} - B_1 A_{21}}{A_{11} A_{22} - A_{21} A_{12}} \quad (14)$$

Jednadžbe (13) i (14) se numerički integriraju u vremenu pomoću Runge-Kutta metode četvrtog reda točnosti, počevši od početnog trenutka ($t=0$), kada je $\theta = \theta_0$ i $V_k = V_{k0}$. Vremenski korak integracije je bio $\Delta t = 0,5$ s.

3. Rezultati i diskusija

Analizirat će se brzina pražnjenja plinske boce koja je napunjena kapljevitom fazom u iznosu 95 i 50% ukupnog volumena pri različitim temperaturama okoline ($\theta_0 = -20, 0$ i 30°C) pri koeficijentu prolaza topline $k=0$ (adijabatski proces) i $k=10$ W/(m²·K). Slika 1 prikazuje rezultate proračuna za početnu napunjenost boce od 95 % (početni volumen kapljevite faze propana $V_0=23,5$ l), za tri različite početne temperature, za slučaj sa i bez izmjene topline između propana i okoliša.



Slika 1. Rezultati proračuna za početnu napunjenost boce kapljevitom fazom propana u iznosu 95% ukupnog volumena boce. Dijagram lijevo gore prikazuje promjene volumena kapljevite faze propana u vremenu, dijagram desno gore promjenu masenog protoka propana kroz ventil. Vremenske promjena temperature i tlaka u boci su prikazane u dijagramima dolje lijevo i dolje desno. Crtkane linije označuju slučajeve adijabatskog procesa, a pune linije slučaj izmjene topline s okolinom uz koeficijent prolaza topline $k=10 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Slučajevi najviše početne temperature su označeni crvenim debelim linijama, a slučajevi najniže početne temperature tankim plavim linijama. Značenje krivulja je na svim dijagramima isto.

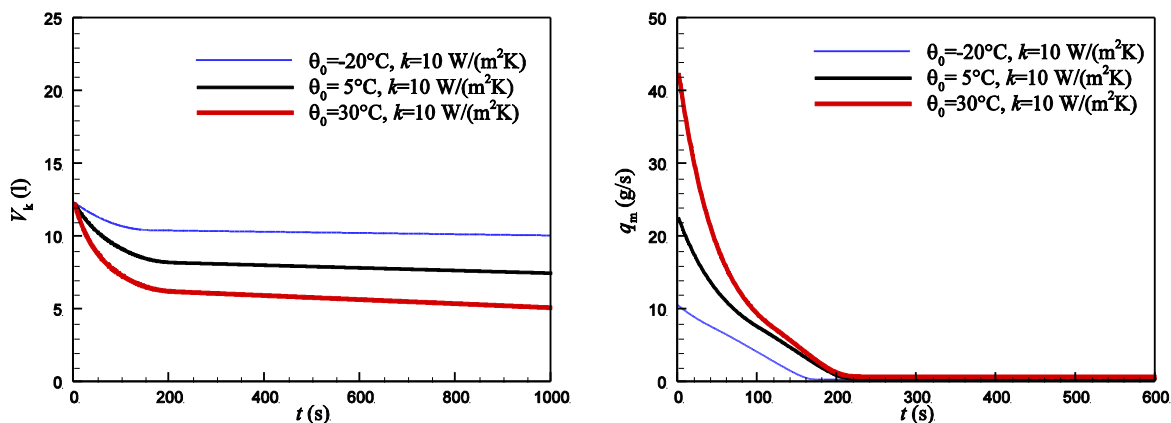
Iz slike 1 je očito da se pražnjenje boce odvija kroz dvije faze, početnog brzog pražnjenja, koja traje oko 350 do 380 s, ovisno o početnoj temperaturi, te naknadnog polaganog pražnjenja koje ovisi o brzini dovođenja topline propanu u boci i koje može trajati satima do potpunog ispražnjenja boce. U prvoj fazi, uslijed pražnjenja boce dolazi do naglog pada temperature i tlaka u boci, a kao posljedica pada tlaka i do smanjenja masenog protoka propana kroz ventil. U slučaju adijabatskog procesa (crtkane linije na slici 1), nakon što tlak u boci padne na atmosferski tlak dolazi do potpunog prekida strujanja, i stanje u boci se neće mijenjati ukoliko nema dovođenja topline izvana. Uz konstantni koeficijent prolaza topline, toplinski tok je također konstantan (s obzirom da je okolišna temperatura konstantna, te da ravnotežna temperatura propana također ostaje konstantna i pri atmosferskom tlaku iznosi oko -42°C). Uz konstantni toplinski, u drugoj fazi pražnjenja boce će se ustaliti konstantni maseni protok propana kroz ventil, a taj će protok biti veći, što je

toplinski tok jači. Tako bi za slučaj okolišne temperature od 30°C (temperaturna razlika koja definira toplinski tok je oko 72°C) maseni protok propana kroz ventil u drugoj fazi pražnjenja boce bio $q_{m2}= 0,81$ g/s, u slučaju okolišne temperature od 5°C $q_{m2}=0,53$ g/s, a za temperaturu -20°C $q_{m2}=0,248$ g/s (vidjeti detalj dijagrama gore desno na slici 1). Jasno je da će i početni tlak u boci ovisiti o početnoj temperaturi (pretpostavlja se da je boca u početnom trenutku bila u toplinskoj ravnoteži s okolišem), pa će pri višoj temperaturi biti i viši tlak u boci (vidjeti dijagram dolje desno na slici 1). Kod višeg početnog tlaka u boci, doći će i do većeg pražnjenja boce u prvoj fazi. Tako bi od početnog volumena kapljevite faze propana od 23,5 l, nakon prve faze pražnjenja ostalo $V_{k1}=12,2$ l u slučaju početne temperature od 30°C, $V_{k1}=15,9$ l u slučaju početne temperature od 5°C i $V_{k1}=19,8$ l u slučaju početne temperature od -20°C (vidjeti dijagram gore lijevo na slici 1). Vrijeme druge faze potrebno za potpuno pražnjenje boce može se procijeniti iz formule

$$t_2 = \frac{V_{k1}}{v'q_{m2}}, \quad (15)$$

gdje je $v' = 0,00172$ m³/kg specifični volumen kapljevite faze propana pri atmosferskom tlaku (vidjeti tablicu 1). Tako bi u slučaj početne temperature od 30°C to vrijeme iznosilo $t_2= 146$ min, u slučaj početne temperature od 5°C $t_2= 296$ min, a u slučaju početne temperature od -20°C $t_2= 774$ min.

Slika 2 prikazuje rezultate analogno gornjim dijagramima na slici 1, za slučaj početne napunjenosti posude 50% ukupnog unutarnjeg volumena boce. Rezultati su slični onima za napunjenost 95 % s jedinom razlikom da prva faza traje kraće, razmjerno smanjenju mase propana u boci.



Slika 2. Rezultati proračuna za početnu napunjenost boce kapljevitom fazom propana u iznosu 50% ukupnog volumena boce. Dijagram lijevo gore prikazuje promjene volumena kapljevite faze propana u vremenu, dijagram desno gore promjenu masenog protoka propana kroz ventil, sve za slučaj koeficijenta prolaza toplote $k=10$ W/(m²·K). Slučajevi najviše početne temperature su označeni crvenim debelim linijama, a slučajevi najniže početne temperature tankim plavim linijama.

Nakon završetka prve faze pražnjenja tlak u boci je neznatno veći od atmosferskoga, kao i u prethodnom slučaju, a maseni protoci kroz ventil u drugoj fazi pražnjenja su funkcija

toplinskog toka i jednaki su onima u prethodnom slučaju. Ukupno vrijeme potpunog pražnjenja boce je 78 min u slučaju početne temperature od 30°C, 154 min u slučaju početne temperature od 5°C, te 406,8 min u slučaju početne temperature od -20°C. Može se uzeti da je skraćenje ukupnog vremena pražnjenja boce razmjerno smanjenju početne mase propana u boci.

4. Zaključci

Pražnjenje plinske boce ispunjene propanom, nakon trenutnog otvaranja ventila odvija se u dvije faze. U prvoj fazi dolazi do naglog pada tlaka i temperature u boci, a kao rezultat toga do smanjenja masenog protoka kroz ventil. Količina propana koja isteče iz boce u toj prvoj fazi ovisi od početne temperature u boci (pri višoj početnoj temperaturi više će plina isteći iz boce u toj prvoj fazi). U drugoj fazi do istjecanja plina iz posude dolazi uslijed dovođenja topline propanu u boci, pri čemu veći toplinski tok uzrokuje veći maseni protok kroz ventil, tj. brže pražnjenje boce. Kad ne bi bilo dovođenja topline istjecanje plina iz boce bi prestalo nakon prve faze. Pri početnoj temperaturi od 30°C u prvoj fazi koja traje nekoliko minuta, isteče otprilike polovina sadržaja plina, a druga polovina isteče u drugoj fazi, koja traje preko dva sata. Kod početne temperature od -20°C, prva faza također traje nekoliko minuta i tijekom nje isteče svega 15-tak % početne mase plina, a ostatak isteče u drugoj fazi koja u slučaju početno pune boce traje preko 10 sati.

5. Literatura

- [1] Haque, A.; Richardson, S.; Saville, G.; Chamberlain, G. Rapid depressurization of pressure vessels // J. Loss Prev. Process Ind., 4(1990), 3; 4-7. (ISSN 0950-4230) **(rad u časopisu)**
- [2] Xia, J. L.; Smit, B. L.; Yadigaroglu, G. A simplified model for depressurization of gas-filled pressure vessels // Int. comm. heat mass transfer, 20(1993), 653-664. (ISSN 0735-1933) **(rad u časopisu)**
- [3] Zhou, Z.; Smith, B.; Yadigaroglu, G. A mathematical model and its analytical solution for slow depressurization of a gas-filled vessel // Journal of Engineering Mathematics, 31(1997), 1, 43-57. (ISSN 1573-2703) **(rad u časopisu)**
- [4] Zhou, Z. Thermal analysis of slow discharge from a pressurized natural gas storage tank // Applied Thermal Engineering, 17(1997), 11; 1099-1110. (ISSN 0140-6701) **(rad u časopisu)**
- [5] JANAF, Thermochemical tables, NSRDS-NBS-37, 1971.

Analiza ekonomske isplativosti HEP Osijek 1 FN elektrane od 30 kWp

The analysis of the economic profitability of HEP Osijek 1 FN power plant of 30 kWp

M. Opačak^{1*}

¹HEP-ODS d.o.o., Elektroslavonija Osijek, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: milan.opacak@gmail.com

Sažetak

Potrebe za proizvodnjom energije konstantno rastu u cijelom svijetu, Europi pa tako i u Hrvatskoj. Politika Europske unije potiče iskorištavanje svih vrsta obnovljivih izvora u smjeru proizvodnje energije iz istih. Sve analize pokazuju da se u obnovljive izvore ulaže kroz niz raznih financijskih poticaja duplo više nego u druge modele izvora. Proteklih desetak godina izrađen je veliki broj obnovljivih distribuiranih izvora. Besplatan i nepresušan izvor energije je sunčevo zračenje. Pretvaranjem te energije sunca u električnu, pomoću fotonaponskih sustava zadovoljavaju se uvjeti prema održivom razvoju, a da pri tome može biti financijski isplativo na način da se proizvedena električna energija proda po poticajnoj cijeni. Sve veća proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora potiče pametne mreže (engl. Smart Grid) za većom analizom, planiranjem i osmišljavanjem mrežne budućnosti kako bi mogli biti spremni za povećanu proizvodnju distribuirane energije. HEP d.d., HEP ESCO d.o.o. izgradila je i pustila u pogon dvije fotonaponske elektrane, koje su smještene na krovovima njihova dva objekta. U ovome radu prikazan je postupak procjene isplativosti izgradnje jednog takvog fotonaponskog sustava. Analizira se fotonaponska elektrana priključne snage 30 kW, a sastoji se od 120 fotonaponskih modula pojedinačne snage 250 W. Rad se osvrće na osnovne karakteristike spomenutih fotonaponskih sustava i pruža se opis čimbenika koji se razmatraju pri izboru i projektiranju sustava. U radu je napravljena tehno-ekonomska analiza na godišnjoj bazi prihoda FN sustava u periodu od dvije godine koliko je elektrana u pogonu. Prikazuje se da li je dobro predviđen povrat investicije, uspoređujući investiciju s procjenom prihoda i stvarnim prihodima elektrane. Također, u analizi je vidljiva i usporedba očekivane godišnje električne energije (kWh) elektrane i stvarno proizvedene električne energije.

Abstract

The need for energy production has been rising steadily throughout the world, including Europe and in Croatia. European Union policy encourages use of all types of renewable sources and energy production from mentioned sources. All analyzes show that investing in renewable energy sources through a variety of financial incentives are twice as much as in

other models of energy sources. The past decade has made a large number of distributed renewable energy sources. Free and inexhaustible source of energy is solar radiation. By converting this energy of sunlight into electricity using photovoltaic systems meet the requirements of sustainable development, and while doing that, it can be financially profitable, so that the electricity produced is sold at a stimulating price. The increasing production of electricity from renewable sources encourages smart grid for more analysis, planning and designing the network of the future in order to be ready for the increased production of the distributed energy. HEP d.d., HEP ESCO d.o.o. built and put into operation the two photovoltaic power plants, which are located on the roofs of their two buildings. In this research paper, the process of evaluating the viability of the construction of such a photovoltaic system is described. It analyzes the photovoltaic power plant connected power of 30 kW, consisting of 120 photovoltaic modules individual power of 250 W. The research paper deals with the basic characteristics of these photovoltaic systems and provides a description of the factors to be considered when selecting and designing the system. The research paper created a techno-economic analysis on an annual basis revenue PV system for a period of two years that the plant is in operation. It's shown whether is well planned return on investment, compared with an estimate of investment income and the actual income of the plant. Also, in analysis is visible comparison of expected annual electricity consumption (kWh) and actually produced power electricity.

Ključne riječi: fotonaponska elektrana, pametne mreže, obnovljivi izvori, tehno-ekonomska analiza, investicija elektrane, električna energija

1. Uvod

Potrebe za energijom rastu iz dana u dan, a svijet se s tom činjenicom sve više okreće ka proizvodnji iz obnovljivih izvora energije (OIE). Tendencije idu ka tome da se pokušava smanjiti i racionalizirati potrošnja energije koja se proizvodi iz fosilnih goriva (nafta, prirodni plin i ugljen), a maksimalno iskoristiti nepresušne izvore energije sunca, vjetra i vode [1]. Države EU odlučile su se kroz razne poticaje okrenuti prema zelenoj energiji i tehnologijama koje smanjuju štetne emisije. Proteklih godina dogodila se ekspanzija iskorištavanja energije sunčeve svjetlosti putem fotonaponskih (FN) elektrana, a proizvodnja energije se snažno povećala. Koncept naprednih mreža (smart grid) predviđa i planira proizvodnju, a ako dođe do povećanja energije u mreži sustav se uravnoteži tako da se višak energije uskladišti za kasniju isporuku [2]. Padom cijena fotonaponske opreme te dobrom politikom poticaja proizvodnje električne energije iz OIE (zagarantirani otkup i povlaštena cijena) i u Hrvatskoj je porasla izgradnja sunčanih elektrana pogotovo malih proizvođača tj. elektrane do 30 kWp. Porast izgradnje se prije svega objašnjava da se kroz proizvodnju mogu smanjiti računi za potrošenu električnu energiju ili u doglednom vremenu zaraditi prodajom energije ovisno o načinu rada elektrane, otočni ili mrežni rad. Pri izgradnji postrojenja potrebno je napraviti dobru tehno-ekonomsku analizu sustava koja bi sačinjavala analizu predviđanja proizvodnje kWh, odabir optimalnih solarnih modula i opreme, poziciju postavljanja modula te procjenu ulaganja i povrata investicije.

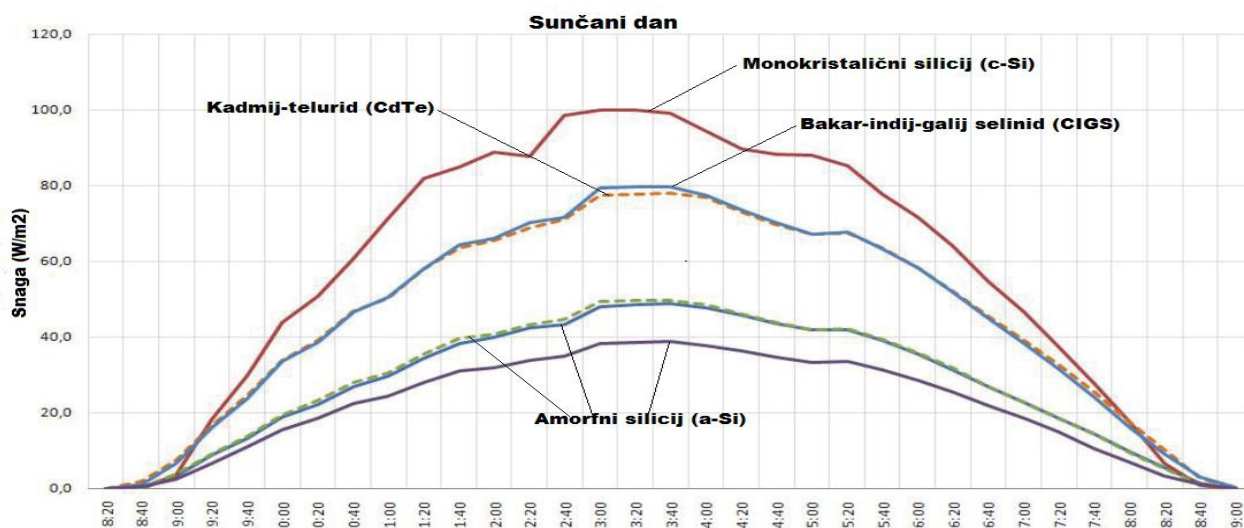
2. Osnovna oprema FN elektrane HEP Elektroslavonija Osijek 1

Fotonaponska elektrana sastoji se od niza elemenata koji zajedno čine solarnu elektranu mrežnog tipa. U ovom poglavlju opisane su detaljnije dvije najvažnije stavke FN elektrane Elektroslavonije HEP Osijek 1 (nadalje u tekstu: Osijek 1), a to su fotonaponski moduli i solarni izmjenjivač.

2.1. Fotonaponski moduli SV60-250 E

Fotonaponski moduli ili ploče sastoje se od niza malih serijski ili paralelno spojenih fotonaponskih ćelija. Sunčeva energija se putem tih ćelija direktno pretvara u istosmjernu električnu energiju. Ukupni iznos napona na izlazu iz modula proporcionalan je broju serijskih ćelija, dok je izlazna struja proporcionalna broju paralelno spojenih ćelija [3].

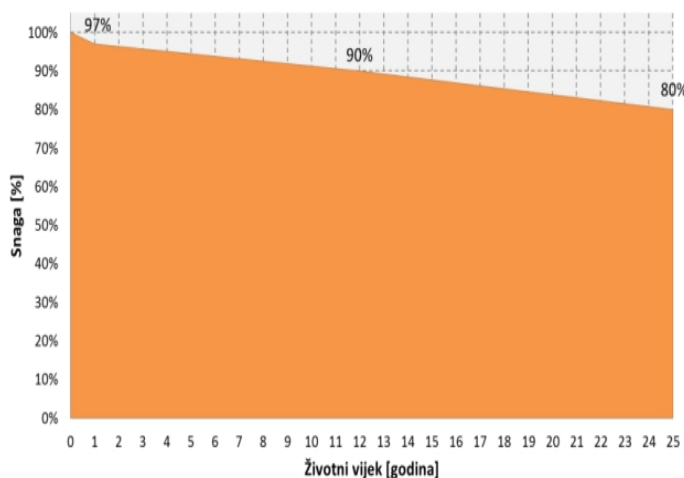
Postoje četiri generacije tehnologija sunčevih ćelija: monokristalni silicij, polikristalni silicij, tankoslojni moduli i hibridni koji je četvrta generacija. Ovdje se posebno osvrćemo na monokristalne silicijske module i oni se svrstavaju u prvu generaciju. Njihove općenito osnovne karakteristike su: učinkovitost ćelija od 16-22 %, učinkovitost modula 13-19,7 %, potrebno područje po kW ~7m². Na slici 1. vidi se proizvodnja električne energije s različitim tehnologijama modula, a primjetno je da su monokristalni silicijski moduli (crvena linija na grafu) u samom vrhu po proizvodnji [4].



Slika 1. Proizvodnja električne energije s različitim tehnologijama FN modula u Valenciji, Španjolska (slično kao, izvor ATERSA) [4]

Radi svojih dobrih karakteristika pri izgradnji elektrane Osijek 1 korišteni su spomenuti monokristalni silicijski fotonaponski moduli SV60-250 E Hrvatskog proizvođača Solvis. Proizvođač navodi da moduli SV60-250 E imaju stupanj korisnosti od 15,3 %, što je relativno visok stupanj. Najvažnija karakteristika modula je njegova snaga koja s godinama starosti modula ovisno o uvjetima opada. Jamstvo na ove module je 10 godina, a nakon toga perioda učinkovitost im opada na 90%, a nakon još 15 godina korištenja učinkovitost opada na 80 % [5]. Ovaj podatak jamstva je izuzetno bitan jer investitoru omogućuje nesmetanu i sigurnu proizvodnju električne energije, a samim tim i povrat investicije. Slika 2. prikazuje stupanj učinkovitosti modula koji opada u odnosu na broj godina korištenja dok slika 3.

prikazuje korišteni modul SV60-250 E. Tablica 1. daje prikaz tehničkih karakteristika koje su nam potrebne pri odabiru modula i izgradnji elektrane [6].



Slika 2. Pad učinkovitosti modula [5]



Slika 3. Modul SV60-250 E [6]

Tablica 1. Tehničke karakteristike fotonaponskog modula SV60-250 E

Fotonaponski modul SV60-250 E		
P_{MPP}	Vršna snaga	250 (W)
	Dozvoljeno odstupanje snage	-0/+4,9 (W)
I_{SC}	Struja kratkog spoja	8,65 (A)
U_{SC}	Napon praznog hoda	37,7 (V)
I_{MPP}	Nazivna struja	8,07 (A)
U_{MPP}	Nazivni napon	31,0 (V)
	Dimenzije (V x Š x D)	1663 x 998 x 35 (mm)
	Masa	21,5 (kg)
	Dozvoljeno odstupanje napona i struje	± 10 (%)
	Broj ćelija po modulu	60 komada
	Radna temperatura	-40 do +85 ($^{\circ}C$)
	Maksimalni napon sustava	1000 (V)

2.2. DC/AC izmjenjivač

Istosmjernu električnu energiju koja se dobije iz fotonaponskih modula treba pretvoriti u izmjeničnu kako bi se mogla prebaciti u elektroenergetsku mrežu. Za tu pretvorbu služi solarni „izmjenjivač“ tj. on istosmjerni napon pretvara u izmjenični napon koji mora biti reguliranog iznosa s određenom frekvencijom te drugim parametrima koji odgovaraju elektroenergetskoj mreži. Izmjenjivač prati sva stanja uključujući kvarove, smetnje, prenapone, frekvencije i ukoliko dođe do kvarova i promjena tih parametara izmjenjivač odmah odvoji elektrodistribucijsku mrežu od elektrane. Za fotonaponsku elektranu odabran je trofazni izmjenjivač Aurora Power-One TRIO-27.6-TL-OUTD-S2. Izmjenjivač je prema svim karakteristikama jedan od boljih na tržištu. Posjeduje dva neovisna ulaza za točke maksimalne snage (MPPT). Ima visok stupanj iskoristivosti od 98,2 %. Slika 4. prikazuje izmjenjivač Aurora spojen s FN elektranom koja mu predaje prikupljenu sunčevu energiju

koju obrađuje te predaje preko distributera u mrežu. Tablica 2. daje prikaz osnovnih tehničkih karakteristika izmjenjivača Aurora Power-One TRIO-27.6-TL-OUTD-S2 [7].



Slika 4. Izmjenjivač Aurora Power-One TRIO-27.6 spojen na FN sustav i mrežu

Tablica 2. Tehničke karakteristike izmjenjivača Aurora Power-One TRIO-27.6-TL-OUTD

Izmjenjivač Aurora Power-One TRIO-27.6-TL-OUTD-S2					
Ulazne veličine			Izlazne veličine		
Nominalna DC snaga	28600 V		AC nazivna snaga	27600 W	
Maksimalna DC snaga po MPPT	16000 W		Maksimalna AC snaga	30000 W	
Početni DC napon	360 V		Radno područje, Napon mreže	230/400 V	
Maksimalni DC napon	1000 V		Vrsta priključka	Trofazni 3 W	
Maksimalna DC struja	32 A		Frekvencija mreže	50 Hz	
Broj DC ulaza po MPPT	5		Maksimalni stupanj korisnosti	98,2 %	
Maksimalna DC snaga	31000 W		Europski stupanj korisnosti	98,0 %	
Raspon MPPT napona	500-800 V		Maksimalna izlazna struja	45 A	
Zaštita izmjenjivača					
Podnapon mreže	184 V	<0,2 s	Podfrekvencija mreže	47,5 Hz	<0,2 s
Prenapon mreže	264 V	<0,2 s	Nadfrekvencija mreže	51,5 Hz	<0,2 s

2.3. Ostala oprema solarne elektrane

Osim fotonaponskih ploča i izmjenjivača koji su najvažniji i najskuplji dijelovi, postoji još niz stavki od koji se sastoji kompletna elektrana. Nosiva konstrukcija za module je izuzetno važan dio, i ona mora biti čvrsta i kvalitetna (ojačani aluminij ili čelik) da bi izdržala sve klimatske uvjete i napore kroz minimalno 25 godina koliko je predviđen vijek trajanja. Tu su još DC razvod, AC razvod, ormar s osiguračima, zaštitni uređaji, kutija za izjednačavanje potencijala, solarni kabeli, kabeli i oprema za daljinsko očitavanje.



3. Fotonaponska elektrana HEP Elektroslavonija Osijek 1

3.1. Lokacija postavljanja fotonaponskih modula

FN elektrana Osijek 1 izrađena je 2014 godine. Elektrana je mrežnog tipa (engl.on-grid) tj. sva električna energija koja se proizvede predaje se u elektrodistribucijsku mrežu. Elektrana je izrađena isključivo za proizvodnju energije zbog financijske dobiti te je iz tog razloga spojena direktno na mrežu i nema mogućnost raditi u otočnom režimu, a proizvođač (HEP d.d.) ima drugi vod napajanja. Elektrana Osijek 1 nalazi se na ravnome krovu upravne zgrade Elektroslavonije na prostornoj površini od 600 m². Nosiva konstrukcija i dio postavljenih fotonaponskih ploča na krovu zgrade vidimo na slici 5.



Slika 5. Dio postavljenih FN modula na krovu upravne zgrade Elektroslavonije Osijek

Fotonaponska elektrana sastoji se od 120 modula snage 250 W koji su spojeni s izmjenjivačem. 120 modula je podijeljeno u 6 nizova (po 20 modula), a po tri niza je spojeno na svaki od dva ulaza izmjenjivača, to sve sumirano vidimo u tablici 3..

Tablica 3. Ukupno broj modula, ukupni broj nizova i ukupna snaga sustava

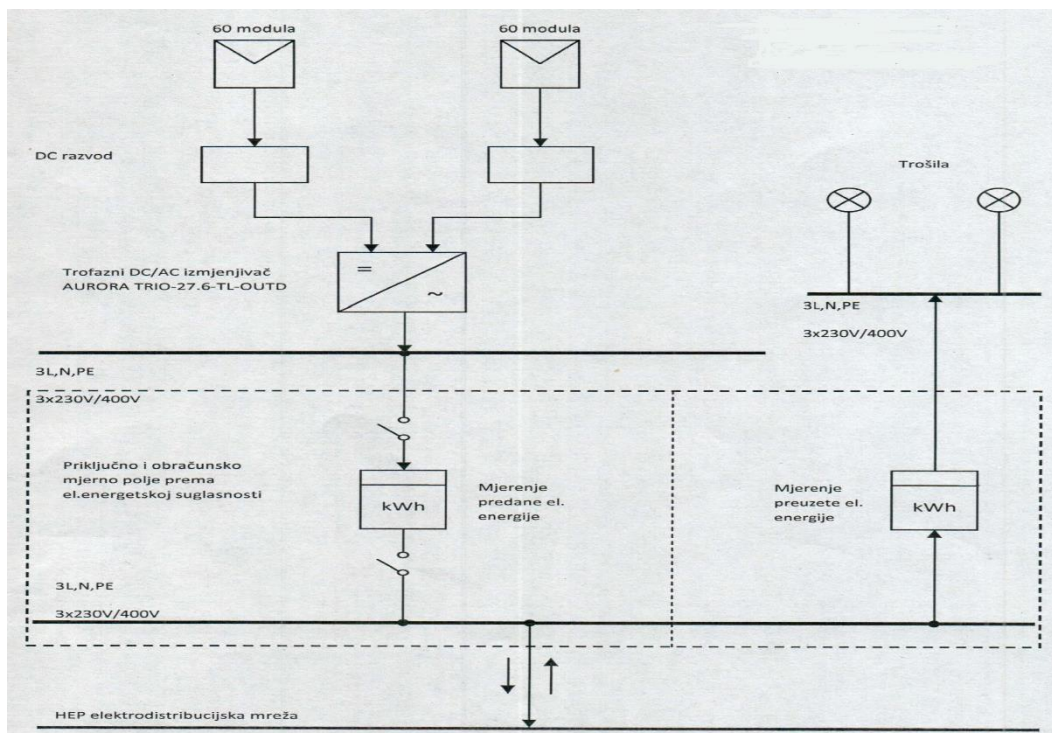
Inverter	Snaga modula (W)	Broj modula po nizu	Broj nizova	Ukupno modula	Ukupna snaga sustava P(W)
1	250	20	3	60	15.000
	250	20	3	60	15.000
			6	120	30.000

Da bi solarna elektrana bila što efikasnija u proizvodnji električne energije, mora se paziti na niz karakteristika koje sustavu omogućuju da bude što kvalitetniji i isplativiji. Prije svega potrebno je odabrati kvalitetnu lokaciju za postavljanje modula te dobra orijentacija i nagib modula kako bi zasjenjenje bilo što manje. Krov upravne zgrade gdje je postavljena elektrana je idealno mjesto za postavljanje takvog tipa elektrane. Sama konfiguracija zgrade uvelike odgovara jer posjeduje veliku ravnu površinu koja u svome okruženju nema primjetnih većih zasjenjenja. Fotonaponski moduli postavljeni su na južnoj strani zgrade pod

kutom od 25°. Dobivanje kuta i pozicije na koju će se moduli zakrenuti ovisi od podacima o intenzitetu sunčeva zračenja (dan, mjesec, godina) koji se dobiju preko programa PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) kad unesemo koordinate prostora (45°33'42" sjever; 18°41'8" istok) na kojem želimo postaviti module [8].

3.2. Shema spoja FN elektrane

Na slici 6. prikazana je shema spoja solarne elektrane Osijek 1, gdje vidimo dvije grupe po 60 modula sveukupne snage 30,00 kWp spojene preko DC razvoda na izmjenjivač, a izmjenjivač paralelno preko brojila predane električne energije s elektrodistribucijskom mrežom [8].

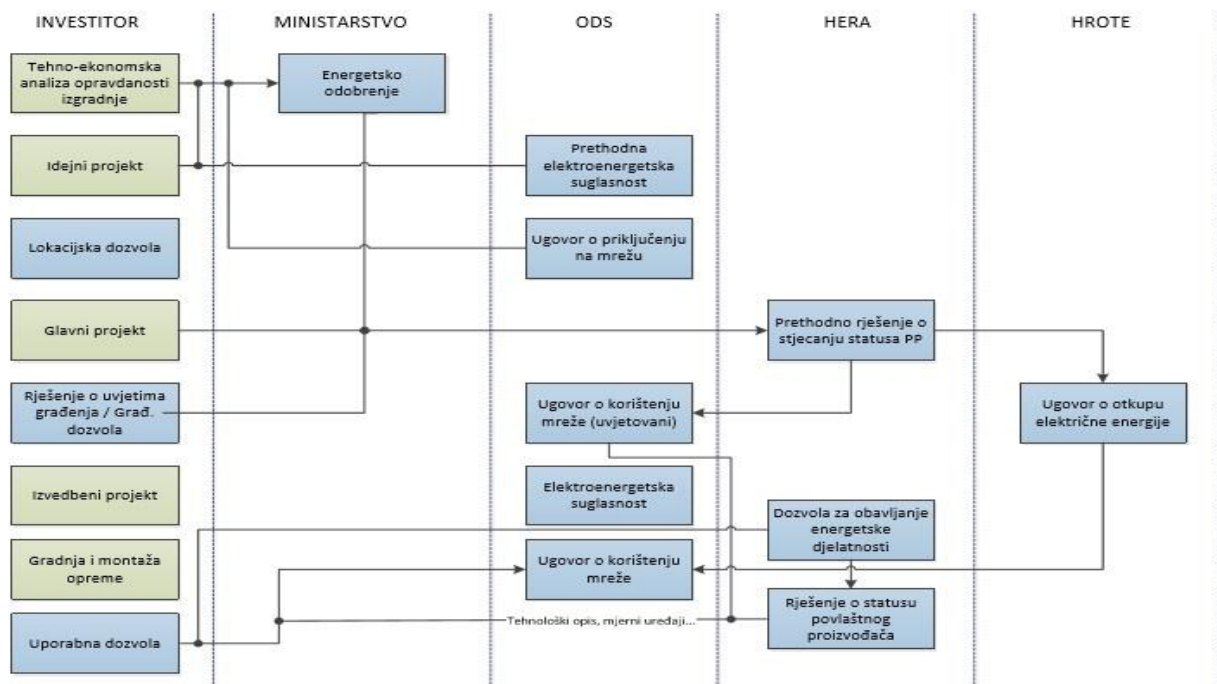


Slika 6. Blok shema fotonaponskog sustava 30 kW HEP Osijek 1[8]

4. Analiza dosadašnje isplativosti FN elektrane HEP Elektroslavonija Osijek 1

4.1. Ugovor o povlaštenom proizvođaču električne energije

Pravilnik o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije (NN 88/12) propisuje način na koji određeni pravni subjekt može prodavati električnu energiju proizvedenu u solarnoj elektrani po cijeni iz Tarifnog sustava za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN 63/2012) [9][10]. Proizvođač je sklopio ugovor o otkupu električne energije s Hrvatskim operatorom tržišta energije d.o.o. na period od 14 godina uz povlaštenu otkupnu cijenu 2,39 kn/kWh [11]. Prema indeksu realnog povećanja troškova života dolazilo je do korekcija otkupne cijene, a ona je iznosila u prethodnom periodu $\pm 0,02$ kn/kWh. Slika 7. prikazuje hodogram svih koraka koji su potrebni za dobivanje ugovora za povlaštenog proizvođača i preduvjeta za postavljanje solarne elektrane.

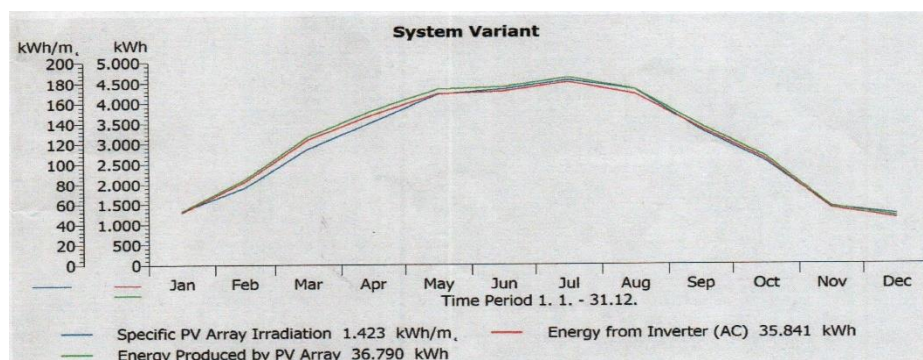


Slika 7. Procedura za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača [9]

Prethodno opisana solarna elektrana Osijek 1 puštena je u rad tj. u proizvodnju električne energije od sredine veljače 2014. godine i sad ima 29 radnih mjeseci. Kompletna investicija izrade elektrane iznosila je 422.793,45 kn (bez PDV-a). Proizvođač je investirao isključivo svoja sredstva pa tako da investicija nema kalkulacije opterećenja povrata kredita. Prije puštanja u rad napravljena je analiza procjene povrata investicije na temelju procjene godišnje proizvodnje kWh [8].

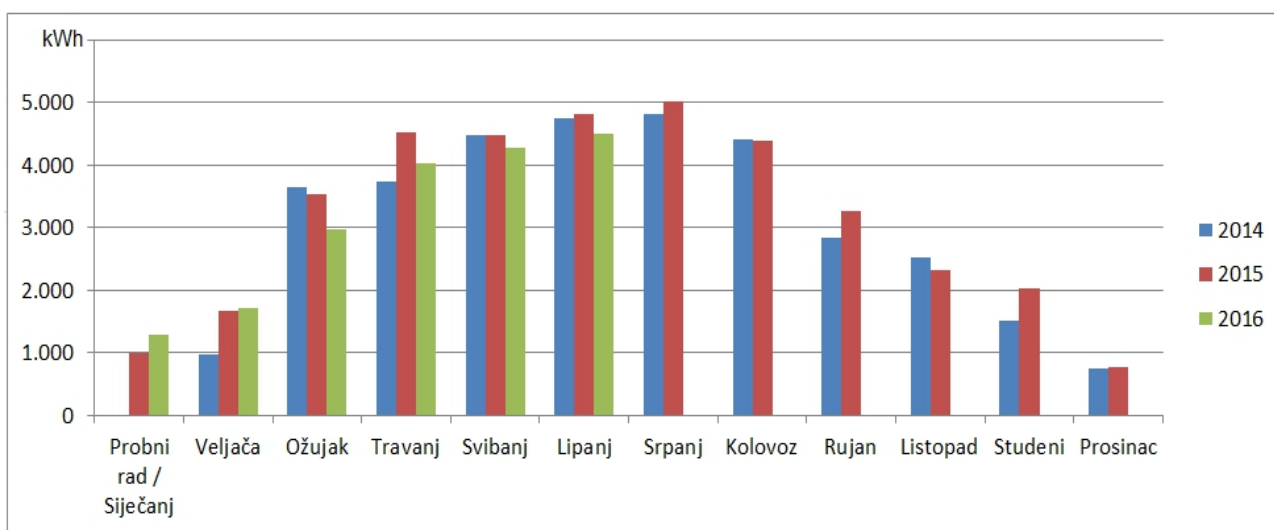
4.2. Simulacija i stvarna proizvodnja povrata investicije

U softveru za simulaciju učinkovitosti fotonaponskih sustava PV*SOL napravljena je programska simulacija rada elektrane, koja je pokazala da bi elektrana na bazi jedne godine preko izmjenjivača (inverter) trebala predati mreži 35.841 kWh. Na slici 8. može se vidjeti krivulja simulacije koja prikazuje procijenjenu proizvodnju za period od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine te ukupno predanu električnu energiju mreži [8].



Slika 8. Graf simulacije ukupno predane energije u mrežu za 2012. godinu [8]

Ono što se želi pokazati u ovome radu su odgovori na pitanja je li bila dobra procjena proizvodnje i vraća li se investicija u predviđenom vremenskom trajanju. S izmjenjivača uzeti su podaci za razdoblje od kad je elektrana zvanično počela isporučivati električnu energiju u mrežu te je napravljena jednostavna analiza. U tablici 4. vidi se proizvodnja na mjesečnoj bazi od sredine veljače 2014. do srpnja 2016. godine. Također je vidljiv podatak ukupne isporučene energije na bazi jedne godine. Podatak proizvodnje za 2014-u godinu je nešto manji jer se računa samo 10,5 mjeseci rada, a 1,5 mjesec je bio prilagodba i probni rad. Graf na slici 9. vizualno prikazuje proizvodnju elektrane, a može se vidjeti i koji je mjesec imao više zasjenjenja (kiša, oblaci) u odnosu na proteklu godinu.



Slika 9. Graf proizvodnje električne energije za 2014., 2015. i 2016. godinu

Tablica 4. Podaci proizvodnje s izmjenjivača za 2014., 2015. i 2016. godinu

Godina rada elektrane	2014	2015	2016	Ukupna mjesečna proizvodnja (kW)
Probni rad / Siječanj	590 (probni rad)	1.006	1.277	2.283
Veljača	963	1.670	1.724	4.357
Ožujak	3.640	3.532	2.969	10.141
Travanj	3.745	4.531	4.039	12.315
Svibanj	4.470	4.484	4.270	13.224
Lipanj	4.743	4.812	4.509	14.064
Srpanj	4.814	5.017	0	9.831
Kolovoz	4.408	4.391	0	8.799
Rujan	2.843	3.275	0	6.118
Listopad	2.532	2.326	0	4.858
Studeni	1.503	2.019	0	3.522
Prosinac	754	766	0	1.520
Ukupno proizvedena električna energija (kW)	34.415	37.829	18.788	91.032

4.3. Analiza isplativosti elektrane

Ukupna investicija izrade = 422.793,45 kn (bez PDV-a).

Energija koju je izmjenjivač predao mreži

$$P_{simul.}(AC) = 35.841 \text{ kWh}$$

Korekcija fiksne tarifne stavke

$$C_{tot} = 2,39 \text{ kn/kWh}$$

Zarada po godini

$$Z_{simul.} = P_s(AC) \times C_{tot} = 85.659,99 \text{ kn/god}$$

Zarada po godini nakon 10 godina zbog pada efikasnosti fotonaponskog modula

$$Z_{simul.90\%} = Z_s - Z_{s10\%} = 77.093,99 \text{ kn/god}$$

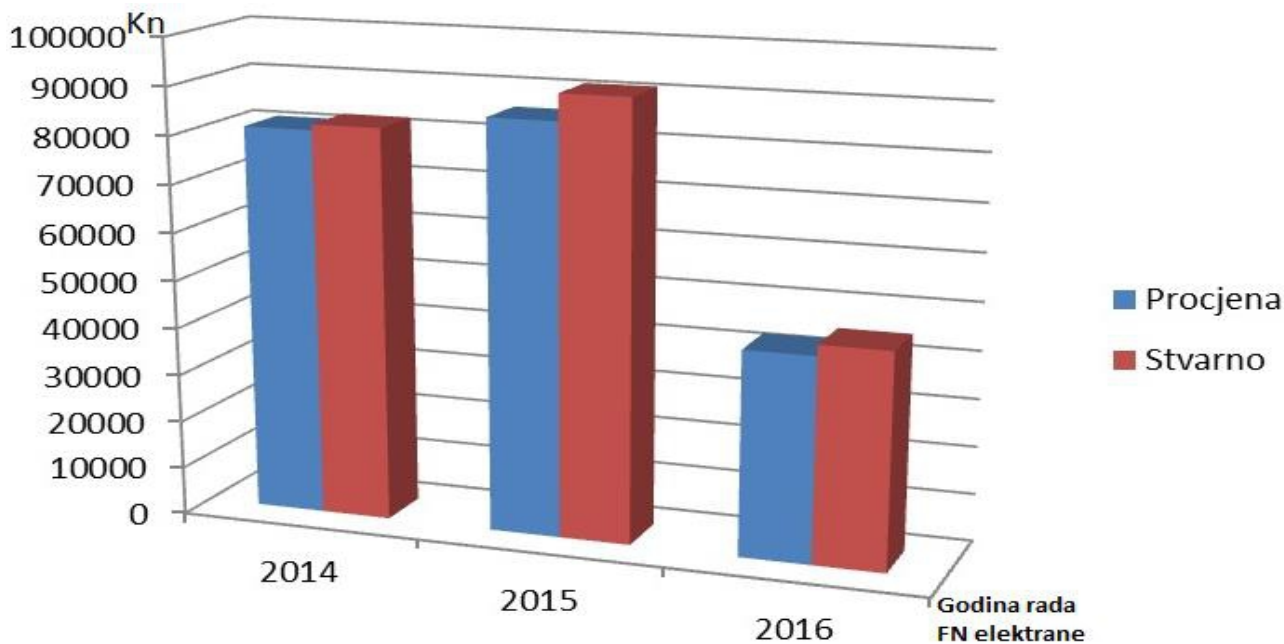
Povrat investicije (procjena) = 4 godine i 11 mjeseci.

Prema procjeni broja proizvedenih kWh/god izračunata je moguća zarada koja je pokazala da bi povrat investicije bio postignut za nešto više od 4 godine i 11 mjeseci. Tablica 5. prikazuje ekonomsku analizu zarade elektrane u procijenjenom i stvarnom prinosu za povlaštenih 14 godina isporuke, s prikazom povrata investicije i kapitalnom dobiti.

Tablica 5. Procjenjen tok prihoda uspoređen s stvarnom zaradom elektrane

Sunčana elektrana 30 kWp HEP Osijek 1	Investicija elektrane	Procjena zarade	Tok prihoda procjena	Stvarna zarada	Razlika procjene i stvarne zarade
Godina rada 1	-422.793,45	81.048,48	-341.744,97	82.251,85	1203,37
Godina rada 2	0	85.659,99	-256.084,98	91.167,89	5507,9
Godina rada 3	0	85.659,99	-170.424,99	45.091,20	2261,2
Godina rada 4	0	85.659,99	-84.765,00	0	0
Godina rada 5	0	85.659,99	894,99	0	0
Godina rada 6	0	85.659,99	86.554,98	0	0
Godina rada 7	0	85.659,99	172.214,97	0	0
Godina rada 8	0	85.659,99	257.874,96	0	0
Godina rada 9	0	85.659,99	343.534,95	0	0
Godina rada 10	0	85.659,99	429.194,94	0	0
Godina rada 11	0	77.093,99	506.288,93	0	0
Godina rada 12	0	77.093,99	583.382,92	0	0
Godina rada 13	0	77.093,99	660.476,91	0	0
Godina rada 14	0	77.093,99	737.570,90	0	0
	- 422.793,45	1160364,35	737.570,90	218510,94	8972,47

Uspoređujući procijenjenu zaradu sa stvarnom zaradom u proteklih 28,5 mjeseci primjećuje se da je stvarna zarada veća za 4,28% od procijenjene. Ako se nastavi proizvodnja na ovom prosjeku koji se ostvaruje u proteklom razdoblju od početka rada elektrane, povrat investicije trebao bi se ubrzati za 4 mjeseca. Slika 10. prikazuje usporedbu procjene i stvarne zarade za promatrane godine.



Slika 10. Usporedba procijenjene i stvarne zarade FN elektrane Osijek 1

5. Zaključak

U članku je prikazana ocjena likvidnosti investicije u proteklom razdoblju kroz financijski tok novca. Napravljena je usporedba procjene proizvodnje električne energije dobivene simuliranjem s podacima stvarne proizvodnje koji su skinuti sa DC/AC izmjenjivača. Simulacija je prikazala da bi se investicija kroz tok novca trebala da se vratiti u roku od 4 godine i 11 mjeseci. Analiziranjem podataka skinutih s izmjenjivača uočava se da je u svim promatranim ciklusima tj. vremenskim periodima za 2014., 2015. i 6 mjeseci 2016.-e proizvodnja električne energije bila veća i približno jednaka u odnosu na podatke simulacije. Ukupna zarada elektrane od početka rada povećala se za 4,28% i s time se povrat investicije smanjuje na 4 godine i 7 mjeseci. Zaključuje se da je simulacija prije izrade bila relativno dobra, a da je investicija HEP-a d.d. u elektranu Elektroslavonija Osijek 1 u potpunosti opravdana s poboljšanim vremenskim periodom povrata. S ovim povećanim prosjekom proizvodnje električne struje, nakon povrata investicije ostatak povlaštenog otkupa donijeti će u konačnici veću kapitalnu dobit. Kvalitetnim održavanjem elektrane prije svega fotonaponskih ploča i izmjenjivača moguće je poboljšati proizvodnju i produžiti vijek trajanja sustava. Također treba napomenuti, da ista elektrana radi u otočnom sustav tj. da proizvodi električnu energiju koja bi služila za smanjenje troškova potrošnje električne energije, upravna zgrada koja ima izuzetno puno potrošača mogla bi ugrubo smanjiti račune preko 40%, te bi investicija također bila opravdana.

6. Literatura

- [1] Karavidović, Damir. Pogon mreže i distribuiranih izvora, Osijek, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2012.
- [2] Škrlec, Davor. Masovna implementacija naprednih mreža za nekoliko godina postaje obaveza u EU, (intervju mjeseca - članak) <http://www.energetika-net.com/specijali/intervju-mjeseca/masovna-implementacija-naprednih-mreza-za-nekoliko-godina-postaje-obaveza-u-eu-16173>
- [3] Pehar, Tihomir. Smjernice za izradu projektne dokumentacije fotonaponskog sustava spojenog na elektroenergetsku mrežu, Diplomski rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva Zagreb, 2009.
- [4] PVTRIN - Instaliranje fotonaponskih sustava - Praktične smjernice za instalatere, Energetski institut Hrvoje Požar Zagreb, <http://pvtrin.eu/assets/media/PDF/Publications/Informational%20Material/Installing%20PV-Practical%20guide/67.pdf>
- [5] SOLVIS – Fotonaponski moduli– jamstveni list rev. 6, Varaždin 15.12.2015. <http://www.solvis.hr/wp-content/uploads/2016/02/SOLVIS-Jamstvo-HRV-10god-linearna-snaga.pdf>
- [6] SOLVIS – Fotonaponski moduli– MODEL SV60 E, Varaždin 2015. <http://www.solvis.hr/wp-content/uploads/2013/05/LQSOLVIS-DS-HR-SV60E-20121118.pdf>
- [7] Power One – Aurora TRIO-20.0-TL/TRIO-27.6-TL, General specifications outdoor models; <http://file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/Aurora4.pdf>
- [8] Lončar, Zlatko. Fotonaponski sustav Elektroslavonija Osijek „Glavni projekt“, Fotonapon, sječanj 2014. – Interni dokumenti HEP ESCO d.o.o, (HEP d.d.)
- [9] Šljivac, Damir; Vukobratović Marko; Stojkov Marinko; Nakomčić, Branka, Klaić, Zvonimir; Marić, Predrag. Tehničke i ekonomske karakteristike bioplinske elektrane i utjecaj na elektroenergetsku mrežu // 11. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi/ 4. Međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi/ Šljivac, Damir (ur.). (ISSN: 1849-0638). Slavonski Brod : Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 25-27.09.2013. Osijek (rad u zborniku)
- [10] HROTE – Hrvatski operater tržišta energije d.o.o., Godišnji izvještaj o sustavu poticanja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije u Republici Hrvatskoj za 2014. Godinu, Zagreb, ožujak 2015. http://files.hrote.hr/files/PDF/OIEIK/GI_2014_HROTE_OIEiK_web.pdf
- [11] Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije, (NN 63/12) http://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_06_63_1508.html
- [12] Priručnik za investitore/nositelje projekta sunčanih elektrana instalirane električne snage veće od 10 kW do uključivo 30 kW. https://issuu.com/solarna-energija/docs/procedura_za_solarne_elektrane_od_10_do_30_kw/1

Razvoj plinifikacije na distributivnom području tvrtke Brod-plin d.o.o. Slavonski Brod

Development of gasification in distribution area of Brod-plin Ltd, Slavonski Brod

D. Bukvić¹, M. Stojkov², K. Hornung², A. Čikić², Z. Živić¹

¹ Brod-plin d.o.o., Slavonski Brod, Hrvatska

² Strojarški fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: mstojkov@sfsb.hr

Sažetak

U radu se opisuje povijesni razvoj plinifikacije na distributivnom području tvrtke Brod-plin d.o.o. Slavonski Brod od svojih početaka do danas. Prate se kvantitativni pokazatelji razvoja mreže, broja kupaca i pojedinih oblika potrošnje.

Abstract

A historical overview of the gasification development in distribution area of Brod-plin Ltd Slavonski Brod from its beginning till today, is described in the paper. Here, quantitative marks of the gas-pipe network development, number of consumers and analyse of natural gas consumption of typical applications are followed.

Ključne riječi: Brod-plin d.o.o., prirodni plin, plinifikacija regije, distribucija prirodnog plina

1. Osnivanje tvrtke Brod-plin d.o.o. Slavonski Brod

Tvrtka Brod-plin osnovana je 1995. Prve godine je u tvrtki radilo 5 ljudi. Kako je tvrtka rasla po prodaji plina tako je rastao i broj zaposlenih (tablica 1). Broj zaposlenih povećava se 2003. godine kada tvrtka preuzima djelatnost distribucije prirodnog plina od tvrtke Toplina d.o.o. Broj djelatnika se značajnije povećava i 2006.-2008. zbog preuzimanja djelatnosti proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom kada Brod-plin preuzima dio djelatnika iz dotadašnje tvrtke koja se bavila tom uslugom. Sukladno navedenom a zbog povećanja djelatnosti, mijenjala se i organizacijska struktura, [1].

Tablica 1. Broj zaposlenih u tvrtki Brod-plin

Godina	Broj zaposlenih	Godina	Broj zaposlenih
1995.	5	2010.	46
2000.	7	2015.	49
2005.	19	2016.	50

Počeci plinifikacije grada Slavenskog Broda počinju 1982. godine kada je plinificirana tvrtka Đuro Đaković. Iste godine izgradio se i čelični plinovod koji je opskrbljivao kupce (toplane 4 × 2,5 MW) u Naselju Franjo Sertić odnosno današnje Naselje Andrija Hebrang. Daljnja plinifikacija Slavenskog Broda odvijala se od 1995.-2000. godine osnutkom tvrtke Brod-plin d.o.o. dok je distribuciju prirodnog plina vršila tvrtka Toplina d.o.o.. Zbog konkurentne cijene plina plinifikacija Slavenskog Broda tekla je vrlo dobro. Tijekom plinske godine 2003./2004. zbog poteškoća u poslovanju dotadašnje tvrtke koja se bavila distribucijom prirodnog plina, Brod-plin d.o.o. preuzima i distribuciju prirodnog plina za područje dijela bivše općine Slavonski Brod [1].

Proces plinifikacije Slavenskog Broda i okolnih općina opisuju podaci o izgradnji plinovodne mreže, broju mjerno-redukcijskih stanica i broju potrošača (tablice 2, 3 i 4.). U nastavku je tablično prikazan intenzitet građenja plinske mreže na području distributivnog područja Brod-plin po godinama.

Tablica 2. Izgrađena distribucijska plinovodna mreža u SB (km), [1] i [2]

Godina	Izgrađeno mreže	Godina	Izgrađeno mreže
1982.	7,0	2005.	8,0
1995.	12,5	2006.	12,9
1996.	29,8	2007.	25,9
1997.	30,0	2008.	52,7
1998.	41,6	2009.	3,5
1999.	49,6	2010.	1,0
2000.	8,0	2011.	7,0
2001.	4,3	2012.	6,9
2002.	15,0	2013.	7,6
2003.	7,5	2014.	6,2
2004.	41,0	2015.	2,9

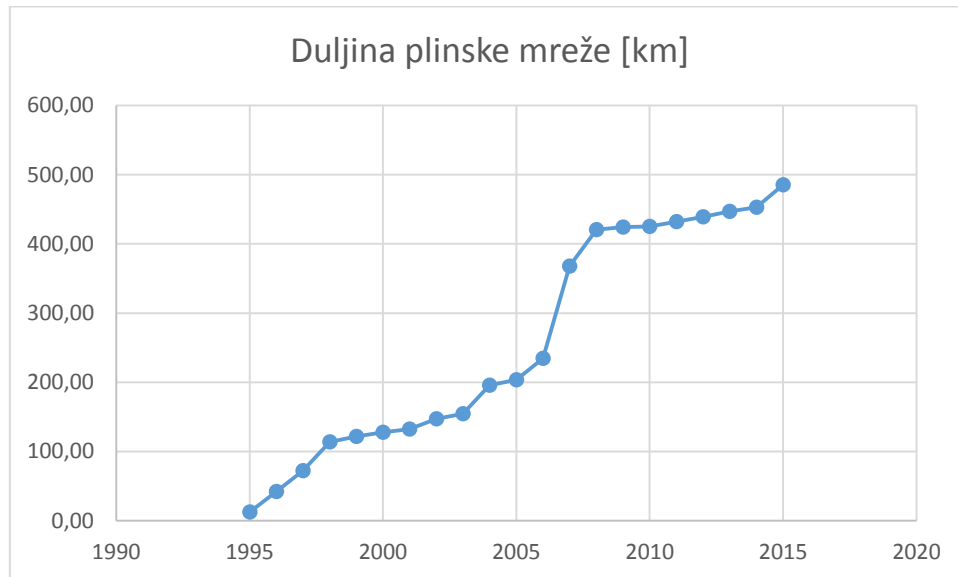
U tablici je prikazana dinamika gradnje plinske mreže u vlasništvu Brod-plina, ukupno je izgrađeno 330,5 km plinske mreže.

Tijekom poslovanje Brod-plin kupio je od jedinica lokalne uprave (općina) dodatnih 62,7 km plinske mreže dok sukladno koncesijskom ugovoru distribuira prirodni plin na dodatnih 92,0 km.

Ukupna duljina plinovoda kojim Brod-plin raspolaže u ovom trenutku iznosi 485,2 km .

Opskrba je koncipirana na VT plinovodu kojim se preko plinske redukcione stanice tlak isporučuje na 3 bara i ulazi u distributivni sustav pojedinog grada/općine. Struktura plinovoda po nazivnom tlaku iznosi kako je navedeno, [1] i [2]:

- Niski tlak : 48 km
- Srednji tlak : 414 km
- Visoki tlak : 23 km



Slika 1. Duljina distribucijskih plinovoda u tvrtki Brod-plin

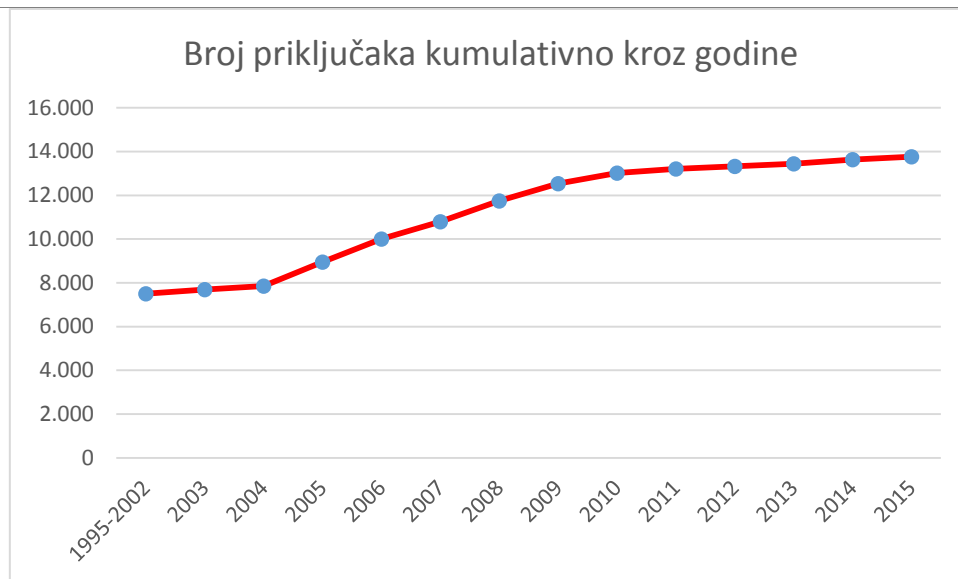
Tablica 3. Mjerno-redukcijske stanice na području tvrtke Brod-plin (komada)

Godina	Broj PMRS	Godina	Broj PMRS
1982	1	2000	3
1995	2	2015	3

Uz postojeće tri PMRS-e (PMRS Slavonski Brod, PMRS Strizivojna Vrpolje, PMRS Donji Andrijevc), 2017. godine trebala bi se pustiti u pogon PMRS-a u mjestu Batrina / općina Lužani koja bi trebala opskrbljivati 3 općine zapadno od grada Slavanskog Broda.

Tablica 4. Broj potrošača prirodnog plina u Slavanskom Brodu

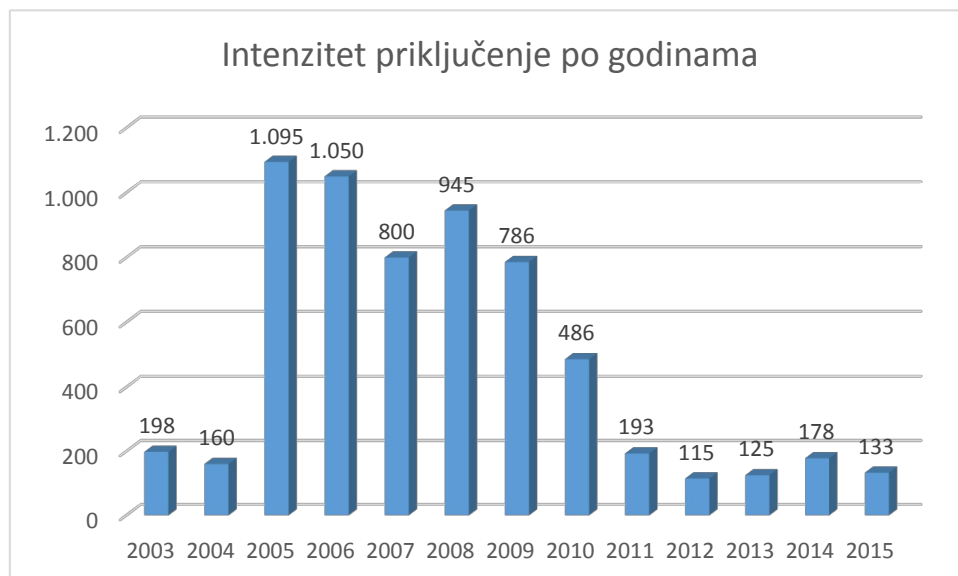
Godina	Broj potrošača	Godina	Broj potrošača
1995. – 2002.	7.500	2009.	12.534
2003.	7.698	2010.	13.020
2004.	7.858	2011.	13.213
2005.	8.953	2012.	13.328
2006.	10.003	2013.	13.453
2007.	10.803	2014.	13.631
2008.	11.748	2015.	13.764



Slika 2. Broj potrošača prirodnog plina u distribucijskom području Brod-plina [2]

Broj potrošača prirodnog plina u Slavonskom Brodu i pripadajućim općinama rastao je iznimno brzo, kako broj kućanstava tako i poslovnih korisnika. Priključivanje novih korisnika potrošača ovisilo je prvenstveno o proširenju i izgradnji distribucijske plinske mreže za opskrbu prirodnog plina.

Broj priključenih korisnika na distribucijsku mrežu Brod-plina bitno se povećao u periodu 2005.-2010. godina sukladno dobivenoj koncesiji kao i značajnijoj izgradnji plinske mreže u tom periodu, dok se nakon 2010. zbog ekonomske krize smanjuje broj novih potrošača u industriji i uslužnom sektoru; ista je pojava zabilježena i na razini Hrvatske [3] i [4]; slika 2 i 3.



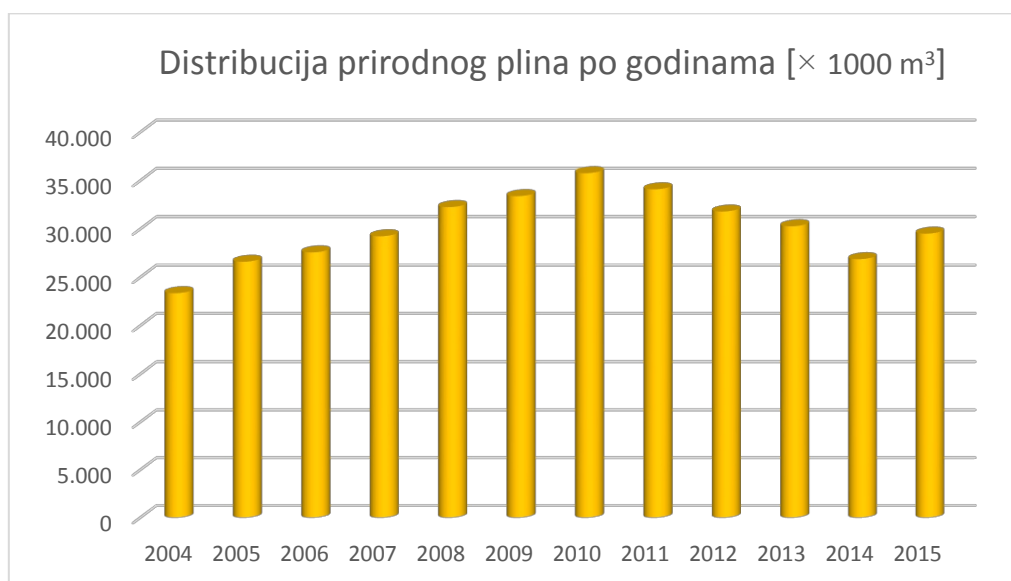
Slika 3. Broj novih potrošača prirodnog plina u distribucijskom području Brod-plina [2]

Potrošnja plina u distribucijskoj mreži tvrtke Brod-plin tijekom proteklih godina je prikazana u tablici 5.

Tablica 5. Isporučene količine prirodnog plina od strane tvrtke Brod-plin na distributivnom području Brod-plina d.o.o. (m³), [1] i [2]

Godina	Isporučene količine prirodnog plina [× 1000 m ³]	Godina	Isporučene količine prirodnog plina [× 1000 m ³]
2004.	23.363	2010.	35.773
2005.	26.615	2011.	34.106
2006.	27.584	2012.	31.806
2007.	29.249	2013.	30.282
2008.	32.266	2014.	26.880
2009.	33.395	2015.	29.520

Potrošnja prirodnog plina na distribucijskom području tvrtke Brod-plin zbog ekonomske krize opada u industriji nakon 2010. godine, a u sektoru kućanstava od 2011. godine. Pad potrošnje prirodnog plina (distribucije) korespondira sa potrošnjom plina i u drugim krajevima RH, gdje se tih godina također smanjuje potrošnja plina, slika 4, [1] i [2].



Slika 4. Potrošnja prirodnog plina na distribucijskom području tvrtke Brod-plin (m³)

2. Tvrтка Brod-plin danas - distributivno i opskrbno područje

Brod-plin-je društvo s ograničenom odgovornošću, za izgradnju plinske mreže, prijenos i distribuciju zemnog plina na bivšoj općini Slavonski Brod. U 100%-tnom je vlasništvu grada Slavanskog Broda, i djeluje kao jedna od 9 gradskih tvrtki. Tvrтка Brod-plin je osnovana 11. svibnja 1995. godine.

Glavni predmet poslovanja društva su :

- distribucija i opskrba prirodnim plinom kao i
- proizvodnja, distribucija i opskrba toplinskom energijom.

2.1. Distribucija prirodnim plinom, [1] i [2]

Distribucijsku i opskrbnu djelatnost „Brod-plin“ obavlja na području grada Slavanskog Broda i 11 općina. Građevinsko područje sastoji se od 1 grada i 61 naseljenog mjesta sa ukupno 95.177 stanovnika. Ukupna površina distribucijskog područja prostire se na 743,14 km² sa 29.367 kućanstava. Tvrтка plinom opskrbljuje 13.764 korisnika, od toga 12.889 u sektoru javnih usluga (kućanstva) te 875 kupaca u sektoru industrije, javnih institucija i usluga (pravne osobe).

Popis gradova i općina u kojima Brod-plin trenutno distribuira prirodni plin temeljem koncesijskog ugovora: Grad Slavonski Brod i sljedeće općine: Podcrkavlje, Bukovlje, Gundinci, Sibinj, Brodski Stupnik, Gornja Vrba, Klakar, Vrpolje, Velika Kapanica, Oriovac i Bebrina.

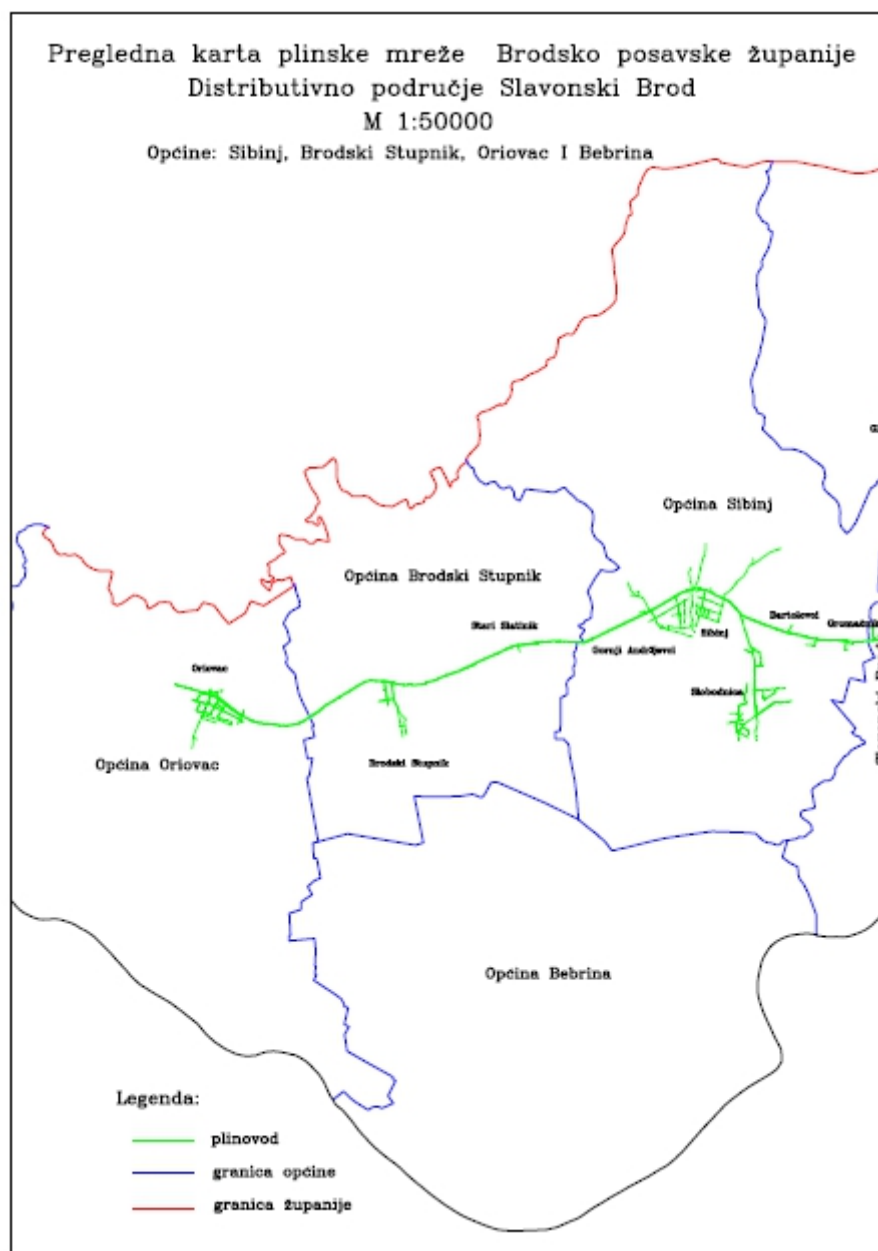
Tehničke značajke:

Distributivni sustav opskrbljuje prirodnim plinom jedan grad i jedanaest (11) općina. Koncipiran je na principu transportnih čeličnih plinovoda nazivnog tlaka 6 bara i distributivnih PE plinovoda nazivnog tlaka 3 bara i 0,1 bar. Plin se preuzima na dvije lokacije pri nazivnom tlaku 3 bara jer konzum još ne zahtjeva više tlakove.

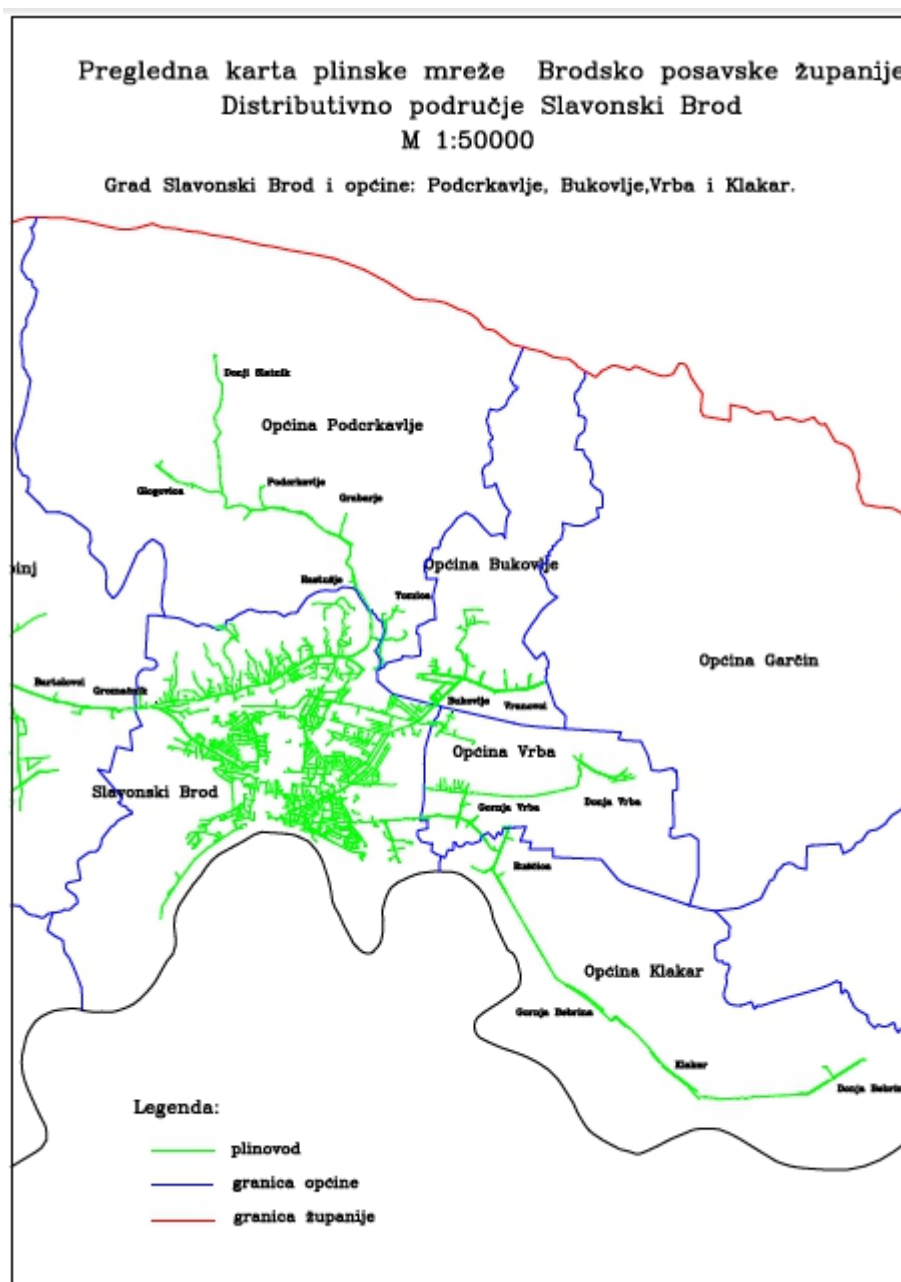
U centru grada SB je tlak opskrbe 100 mbar koji dobivamo putem redukcijskih postaja, dok je plinska distributivna mreža na periferiji grada i u svim općinama nazivnog tlaka 3 bara. Sustav je počeo egzistirati negdje 1983. god. (Đuro Đaković i 6 kotlovnica), a za široku potrošnju građana otvorena je mogućnost postupnog priključenja na sustav tek od 1995. godine.

U nastavku su grafički dani prikazi distributivnog područja Brod-plina podijeljeni u tri geografske cjeline :

- općine zapadno od grada SB : Sibinj, Brodski Stupnik, Oriovac i Bebrina
- grad Slavonski Brod i općine Bukovlje, Podcrkavlje, Gornja Vrba i Klakar
- općine istočno od grada SB : Vrpolje, Velika Kapanica i Gundinci



Slika 5. Distributivno područje Brod-plina – „zapad“
Općine Sibinj, Brodski Stupnik, Oriovac i Bebrina



Slika 6. Distributivno područje Brod-plina – „centar“
Grad Slavonski Brod i općine Podcrkavlje, Bukovlje, Vrba i Klakar



Slika 7. Distributivno područje Brod-plina – „istok“
Općine: Vrpolje, Velika Kopanica i Gundinci



Planovi razvoja plinoopskrbne infrastrukture:

Za plinsku mrežu općine Bebrina koja se sastoji od 6 naselja u postupku je ishođenje građevinske dozvole, te bi tijekom 2017. godine počela izgradnja plinske mreže u toj općini. Predviđena dužina plinske mreže je 34.000 km. Općina Bebrina ima oko 1.000 domaćinstava.

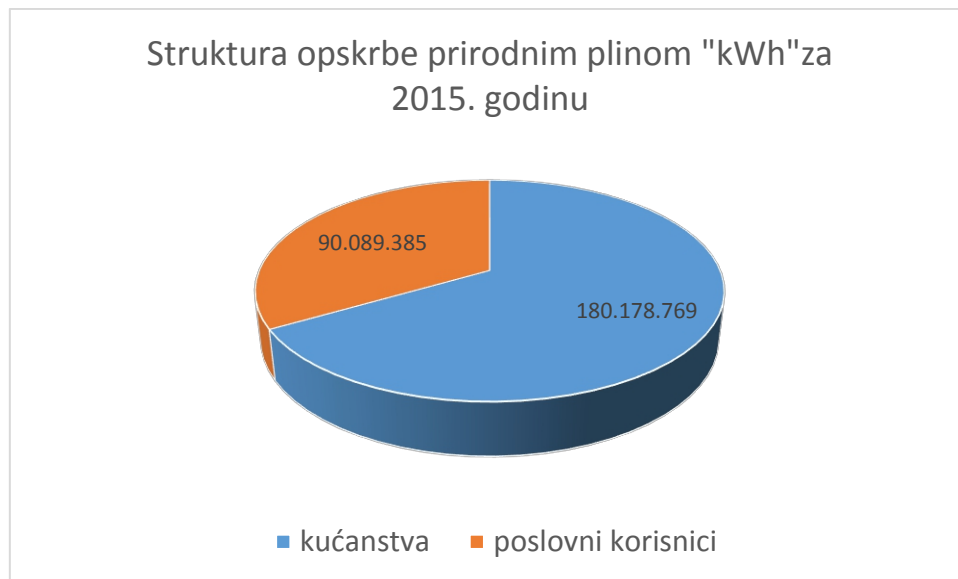
Za općine Oprisavci i Slavonski Šamac Brodsko-posavska županija nije još raspisala koncesijski ugovor. Navedene općine nalaze se na distributivnom području Slavenskog Broda, a studijom i idejnim projektom opskrbe prirodnim plinom za predviđene općine definirani su slijedeći podaci:

U općini Oprisavci predviđena dužina plinske mreže je 40.000 km za oko 1.000 domaćinstava dok je u općini Slavonski Šamac predviđena dužina plinske mreže 37.000 km za oko 1.300 domaćinstava.

2.2. Opskrba prirodnim plinom

Brod-plin je u 2015. godini isporučio 270.268.154 kWh prirodnog plina za 13.679 krajnjeg potrošača od kojih se većina nalazi na području distributivnog područja Brod-plina dok se 4 kupca (Nova Gradiška) nalaze na distributivnom području distributera Plin projekt.

Strukture potrošnje prirodnog plina 2/3 odnose se na kućanstva dok se 1/3 isporučenih ukupnih godišnjih količina odnosi na pravne osobe.



Slika 8. Struktura opskrbe prirodnim plinom u tvrtki Brod-plin za 2015. godinu

2.3 Djelatnost proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom

Javni sustav grijanja, pokrivenost njime i njegove karakteristike, [1] i [2]:

Brod- plin obavlja djelatnost opskrbe toplinskom energijom temeljem koncesijskog ugovora sa gradom Slavonskim Brodom. Na opskrbnom području toplinskom energijom Brod-plin ima 3.767 korisnika. Toplinarstvo u Slavonskom Brodu sastoji se od 21 kotlovnice. Ukupno instalirana snaga svih kotlovnica iznosi 34,7 MW.

Sukladno zakonu o tržištu toplinske energije toplinski sustavi podijeljeni su u tri osnovne skupine

- CTS (centralni toplinski sustav) – 1 kotlovnica
- ZTS (zatvoreni toplinski sustav) – 2 kotlovnice
- STS (samostalni toplinski sustav) – 18 kotlovnica

Javnim sustavom grijanja pokriven je centar grada odnosno sve kotlovnice locirane su isključivo u stambenim naseljima grada Slavonskog Broda.

Ukupna instalirana snaga iznosi 34,7 MW s tim da su najveći sustavi kotlovnice Slavonija 1 i 2 sa ukupno 10,5 MW instalirane snage, naselje Mikrorajon ukupno 3,26 MW, naselje Kralj Tomislav 3,96 MW kao i kotlovnice (7 komada) Naselja Andrija Hebrang nazivne snage 1,1 MW – 2,4 MW.

Na svim kotlovnicama od 2012. godine se koristi kao energent prirodni plin te se na godišnjoj razini potroši (2015.) 4.494.000 m³ prirodnog plina.

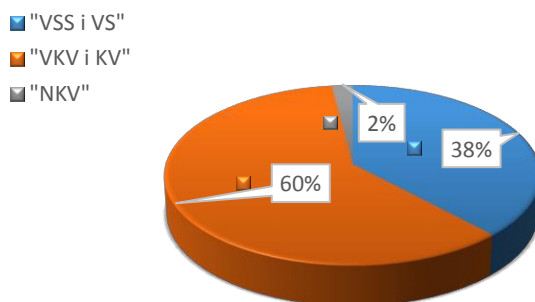
Isporuka toplinske energije na godišnjoj razini iznosi 35.810.350 kWh.

3. Zaposleni

Broj zaposlenih u „Brod-plin“-u je u razdoblju 2001. - 2015. kontinuirano se povećavao tako da je trenutno u tvrtki Brod-plin zaposleno 50 osoba (2016.) i to u djelatnosti distribucije prirodnog plina 29 djelatnika, u djelatnosti opskrbe prirodnim plinom 7 djelatnika i u djelatnosti proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom imamo 14 djelatnika. Kvalifikacijska struktura zaposlenih je vrlo kvalitetna; pogotovo u djelatnostima distribucije i opskrbe prirodnim plinom što je prikazano u tablici ispod. Od ukupnog broja zaposlenih tvrtka ima zaposleno 19 zaposlenika s visokom stručnom spremom.

Tablica 6. Broj zaposlenih u tvrtki Brod-plin

Ukupno zaposlenih	50
Stručna sprema	
„VSS i VS“	19
„VKV i KV“	30
„NKV“	1

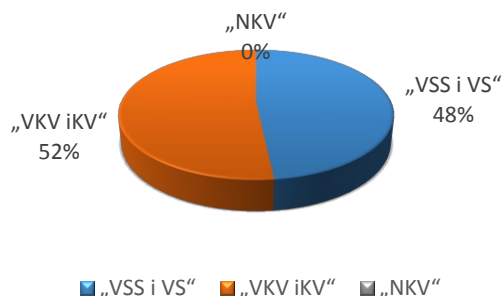


Slika 9. Struktura zaposlih u tvrtki Brod-plin za 2015. godinu

Od ukupnog broja zaposlenih u djelatnosti distribucije prirodnim plinom ima 29 zaposlenih, tablica 7. i slika 10.

Stručna sprema	
„VSS i VS“	14
„VKV i KV“	15
„NKV“	0

Tablica 7. Broj zaposlenih u djelatnosti distribucije prirodnim plinom tvrtke Brod-plin

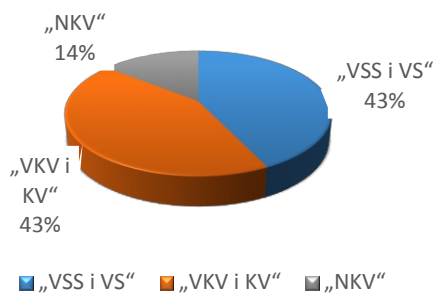


Slika 10. Struktura zaposlenih u djelatnosti distribucije prirodnog plina u tvrtki Brod-plin za 2015. godinu

Djelatnost opskrbe prirodnim plinom tvrtke Brod –plin – 7 zaposlenih.

Tablica 8. Broj zaposlenih u djelatnosti opskrbe prirodnim plinom tvrtke Brod-plin

Stručna sprema	
„VSS i VS“	3
„VKV i KV“	3
„NKV“	1

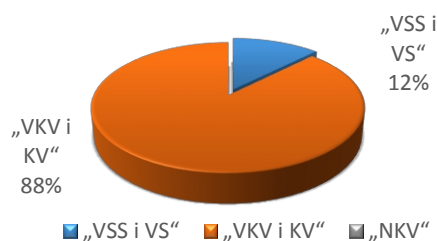


Slika 11. Struktura zaposlenih u djelatnosti opskrbe prirodnog plina u tvrtki Brod-plin za 2015. godinu

Djelatnost proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom

Tablica 9. Broj zaposlenih u djelatnosti proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom tvrtke Brod-plin

Stručna sprema	
„VSS i VS“	2
„VKV i KV“	12
„NKV“	0



Slika 12. Struktura zaposlenih u djelatnosti proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom tvrtke Brod-plin



4. Certifikati

ISO 9001:2008



2007. godine Brod-plin je nakon provedenog certifikacijskog audita dobio certifikat ISO 9001 za sustav upravljanja prema EN ISO 9001 : 2008. Certifikacija je provedena prema TUV CERT postupcima za auditiranje i certificiranje nakon čega je potvrđeno da Brod-plin d.o.o. primjenjuje sustav upravljanja u skladu s gore navedenom normom za slijedeći opis djelatnosti:

- Distribucija i opskrba prirodnog plina
- Proizvodnja, distribucija i opskrba toplinskom energijom.

ISO 50001



Kako bi dokazali svoju opredijeljenost racionalnom gospodarenju energijom, 2015. godine tvrtka je certificirana i po ISO normi 50001 čime smo postali jedna od prvih energetske firmi u RH koja posjeduje prestižni certifikat.

5. Zaključak

Na temelju gore navedenog može se zaključiti:

- a) Korištenje prirodnog plina u Slavonskom Brodu započelo je plinifikacijom tvrtke Đuro Đaković (1982.) kao i plinifikacijom 7 kotlovnica Naselja Andrija Hebrang sa cca 1.200 korisnika (1982.-1986. godine);
- b) Značajni doprinosi Brod-plina u procesu plinifikacije dijela Brodsko posavske županije (općina Slavonski Brod) nakon preuzimanja djelatnosti distribucije te dobivanja koncesije izgrađeno je i dobiveno u koncesiju ukupno 330,4 km od ukupno 485 km kojima trenutno upravlja Brod-plin d.o.o. (koncesija).
- c) Tijekom proteklih 20 godina izgradnjom glavnih distribucijskih plinovoda Brod-plin je omogućio velikom broju potrošača u svim kategorijama (kućanstva, industrija, usluge, poljoprivreda, javni sektor, kotlovnice) potrošnju prirodnog plina i povećanje energetske učinkovitosti kao i smanjenje emisije štetnih plinova u okoliš.
- d) Brod-plin je posebnu pažnju tijekom proteklog razdoblja pridavao razvoju tehnologije za kontrolu i nadzor te upravljanje distribucijske mreže dok je u djelatnosti toplinarstva rekonstruirao ukupno 40 MW proizvodnih postrojenja sa loživog ulja na prirodni plin.

e) Posebno treba naglasiti suradnju tvrtke Brod-plin sa znanstvenim institucijama i tvrtkama koje rade na automatizaciji i razvoju daljinskog mjerenja, nadzora i analize podataka.

Na kraju nije nebitno naglasiti da su troškovi distribucije (distributivna naknada) prirodnog plina kontinuirano među najnižim u republici Hrvatskoj.

Navedeni niski troškovi rezultat su kontinuiranog smanjenjem troškova poslovanja kao i poboljšanja poslovnih procesa temeljem čega je svojim kupcima omogućio najpovoljnije cijene energenta u RH (osim toplinske energije tvrtke HEP Toplinarstvo).

6. Literatura

- [1] Završna godišnja izvješća tvrtke Brod-plin d.o.o. Slavonski Brod
- [2] Plinsko gospodarstvo Hrvatske 2003. - 2015. Hrvatska stručna udruga za plin, Zagreb, (www.hsup.hr/)
- [3] Ivanović, Milan: Efikasnost korištenja energije, ISBN 953-6032-02-3, Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, 1991.
- [4] Zbornici radova znanstvenog skupa PLIN ' 2003. - 2012.; HEP Plin d.o.o. Osijek i Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu

Pročišćavanje otpadnih voda tekstilne industrije uporabom filtra od kationizirane celuloze

Textile waste water purifying using a cationized cotton filter

A. Tarbuk¹, B. Vojnović¹, A. Sutlović^{1*}

¹Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: ana.sutlovic@tff.hr

Sažetak

U radu je opisano istraživanje mogućnosti primjene filtra iz kationiziranog pamuka u svrhu pročišćavanja otpadnih voda tekstilne industrije. Proces kationiziranja pamuka proveden je epihalohidrinom tijekom mercerizacije. Ovako obrađeni materijal koristio bi se prvenstveno za pročišćavanje otpadnih voda bojadisaonica tj. za uklanjanje bojila iz otpadnih voda. Obzirom na očekivanu funkciju filtra ispitivana su elektrokinetička svojstva kationiziranog pamuka bitna za adsorpciju bojila. Za navedenu primjenu moguće je koristiti otpadni celulozni materijal što istraživanju daje dodatnu ekološku vrijednost.

Abstract

In this paper the research of possible application of filter from cationized cotton for textile industry wastewater treatment has been described. The process of cotton cationization was carried out with an epihalohydrin during mercerization. Such material should be used primarily for dyehouse waste water treatment for dyestuff removal. Considering the expected function of the filter, as significant for dyestuff adsorption, the cotton electrokinetic properties were investigated. As for this purpose waste cellulosic materials can be used, the additional ecological value of this investigation is present.

Ključne riječi: otpadne vode, tekstilna industrija, kationizirani pamuk, bojila

1. Uvod

Industrija oplemenjivanja tekstila ubraja se među najveće potrošače i onečišćivače vode. U industrijski razvijenim zemljama, u odnosu na ukupnu potrošnju vode u industriji, 3 % se troši u tekstilnoj industriji i to većinom pri oplemenjivanju tekstila. Obzirom na sve veću svjetsku proizvodnju vlakana, zabrinjava činjenica da se u oplemenjivanju tekstila troši od 5 do 300 l vode po kilogramu materijala [1].

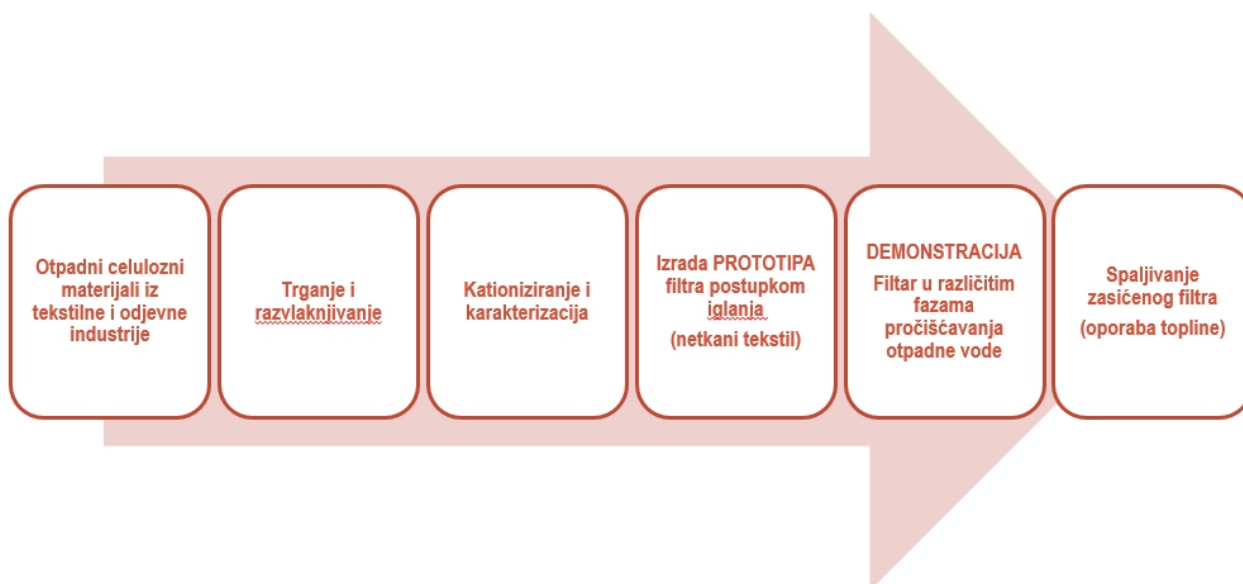
Sadržaj otpadnih voda nakon procesa bojadisanja je vrlo složen. Otpadne vode bojadisaonica sadrže bojila različitih kemijskih konstitucija, ali i mnoge druge spojeve: dispergatore, egalizatore, keriere, elektrolit, kiseline, alkalije, metalne ione, otpadna vlakna

i dr. Obzirom na heterogenost sastava voda, postojeći sustavi za pročišćavanje otpadnih voda tekstilne industrije teško zadovoljavaju sve strože zahtjeve na kvalitetu vode [1].

U ovom radu prikazana je mogućnost pročišćavanja otpadnih voda uporabom filtra iz otpadnog tekstilnog celuloznog materijala koji bi se nakon kationiziranja tijekom mercerizacije mogao primijeniti u sustavima za pročišćavanje otpadne vode tekstilne industrije. Kationiziranje, kao modifikacija celuloznih materijala aminima i kvaternim amonijevim solima, blokira negativne hidroksilne (–OH) skupine, daje pozitivan naboj površine vlaknu u neutralnim i alkalnim vodenim otopinama [2-5].

2. Izrada prototipa filtra od kationiziranog celuloznog materijala

Osnovna ideja izrade filtra od kationiziranog celuloznog materijala temelji se na ispitivanju mogućnosti primjene otpadnog celuloznog materijala iz tekstilne i odjevne industrije za pročišćavanje otpadnih voda s ciljem da otpadni celulozni materijali postanu nova sirovina (sl. 1).



Slika 1. Shematski prikaz metodike izrade i primjene filtra od otpadnog celuloznog materijala

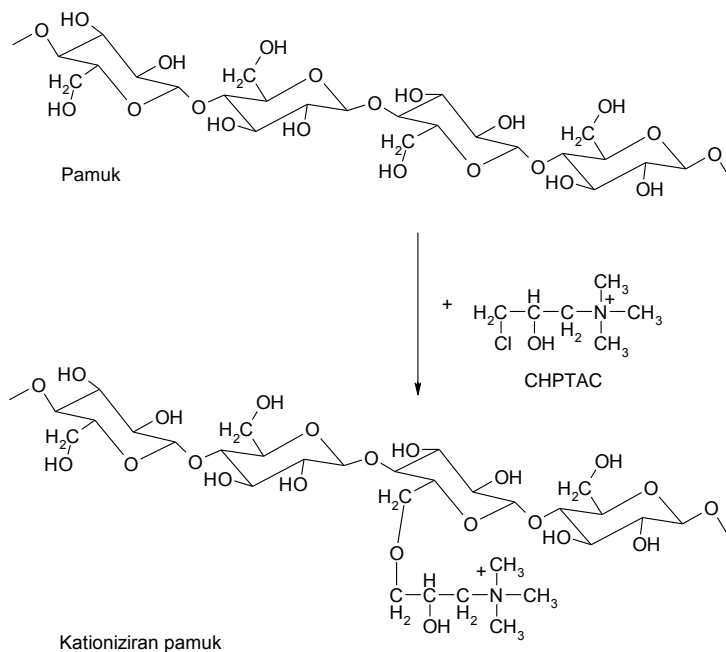
Filter izrađen od otpadnog celuloznog tekstilnog materijala modificiran postupkom kationiziranja ima dvije osnovne funkcije:

1. zadržavanje otpadnih vlakanca koja začepljuju pumpe i membrane i
2. adsorpcija anionskih sredstava koja opterećuju otpadne vode tekstilne industrije.

3. Svojstva kationiziranog celuloznog materijala

Kationiziranjem pamučnog materijala tijekom mercerizacije primjenom kratkolančanih kationskih sredstava nastaje celulozni materijal unaprijeđenih svojstava. Ovaj materijal zadržava sve učinke mercerizacije uz značajno bolja adsorpcijska svojstva anionskih sredstava kao posljedicu promjene površinskog naboja.

U ovom istraživanju kationiziranje celuloznih materijala provedeno je 3-kloro-2-hidroksipropil-trimetil amonijevim kloridom (CHPTAC). Reakcija celuloze s kvarternom amonijevom skupinom 3-kloro-2-hidroksipropil-trimetil amonijevog klorida zahtijeva alkalne uvjete i odvija se stupnjevito, na što utječu vrijeme, temperatura i pH, te uvjetuju njen tijek (sl. 2).



Slika 2. Kationiziranje celuloze pamuka

Tijekom mercerizacije tj. obrade celuloznog materijala u koncentriranoj lužini (16-24 %) dolazi do promjene kristalne rešetke celuloze I u celulozu II pri čemu se mijenja omjer kristalnih i amorfnih područja u vlaknu, dolazi do povećanja prekidne sile vlakna, povećanja adsorptivnosti i povećanja sjaja. U procesu kationiziranja pamuka u prvom stupnju 3-kloro-2-hidroksipropil-trimetil amonijev klorid prelazi u aktivni epoksidni oblik, 2,3-epoksipropil-trimetil amonijev klorid (EPTAC). Nepoželjna strana reakcije je što može doći do hidrolize epoksida u nereaktivni 2,3-dihidroksi derivat. Potom dolazi do umrežavanja epoksida sa celulozom, a rezultat je modificirani materijal pozitivnog naboja. Njihovu primjenu u naknadnoj obradi razvili su Hauser i sur. 1990.-ih za poboljšanje bojadisanja i tiska, dok su Grancarić, Tarbuk i sur. razvili tehnološki postupak primjene navedenih spojeva tijekom mercerizacije. Preliminarna istraživanja laboratorijskih sustava pokazala su da kationiziranjem pamuka kationskim sredstvima tijekom mercerizacije nastaje novi materijal koji zadržava sva povoljna svojstva merceriziranog pamuka uz promjenu naboja celuloze pamuka. Pokazalo da se u kationiziranju tijekom mercerizacije CHPTAC veže u strukturu vlakna i ne otpušta u okoliš; dok ona postaju reaktivnija i povećava se afinitet prema anionskim sredstvima (tenzidi, bojila i polielektroliti) jer se osim reaktivne 6 –OH skupine celuloze postiže vezanje i na 3 –OH skupini i to ne samo vodikovim vezama i van der Waalsovima silama kao kod merceriziranog pamuka, već i ionskom vezom. Uočeno je da se ovom modifikacijom u čistim sustavima u potpunosti mijenja sustav bojilo-celuloza i tenzid-

celuloza jer ih adsorbira u velikim količinama. Ovi rezultati su *ukazali na potencijalnu mogućnost ekološkog zbrinjavanja otpadnih anionskih sredstava* [2-5].

4. Rezultati preliminarnih istraživanja i prijedlog primjene filtra

Svojstva ovako obrađenog materijala ispitivana su u laboratorijskim uvjetima primjenom supstantivnog bojila Direct Red 3 i reaktivnog bojila Reactive Blue 235.

Za Direct Red 3 prikazano je (sl. 3.):

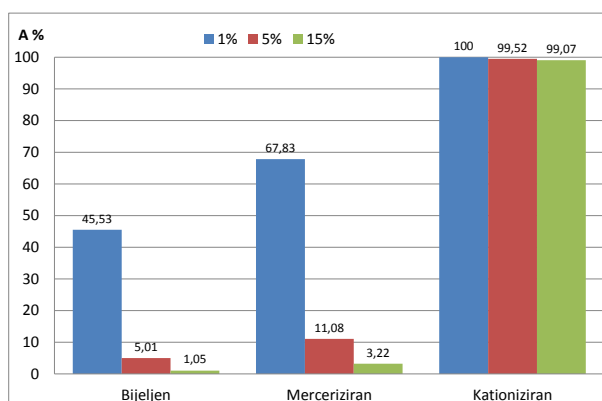
1. bojadisanje merceriziranog i kationiziranog pamuka supstantivnim bojilom Direct Red 3 u gradijentu koncentracija 0.1, 1, 2, 3, 5 i 15 % obzirom na masu materijala i
2. korištenje kationiziranog pamuka kao filtra za pročišćavanje otpadne obojane vode tj. za filtra koji adsorbira bojila iz otpadne vode.



a. kupelj nakon bojadisanja merceriziranog pamuka



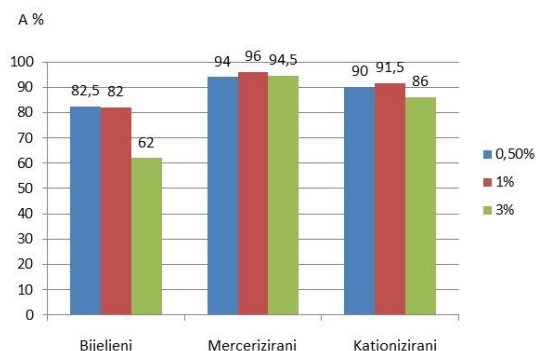
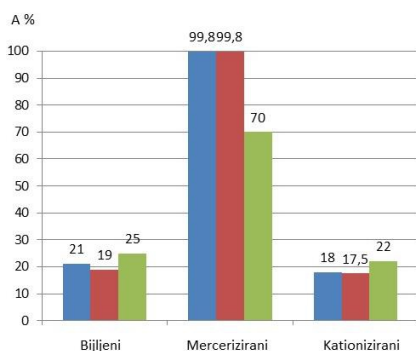
b. kupelj nakon bojadisanja/pročišćavanja kationiziranim pamukom



c. iscrpljenje bojila na pamuku

Slika 3. Bojadisanje bijeljenog, merceriziranog i kationiziranog pamuka s upstantivnim bojilom Direct Red 3

Pamučni tekstilni materijali u vodenoj kupelji imaju negativan naboj te je tijekom procesa bojadisanja anionskim supstantivnim bojilima nužno dodavati elektrolit (NaCl) kako bi došlo do vezivanja bojila za vlakno. Međutim, dodatak natrijeva klorida dodatno opterećuje vode jer po završetku procesa bojadisanja zaostaje u kupelji. Sa slike 4 za reaktivno bojilo Reactive Blue 235 uočava se da se bojadisanjem kationiziranog pamuka može izostaviti dodatak elektrolita.



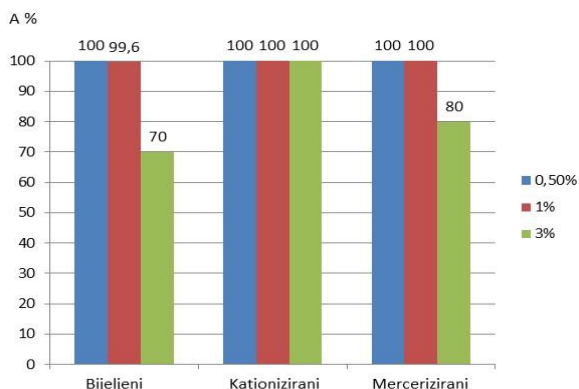
a. iscrpljenje

b. bojadisanje uz dodatak NaCl

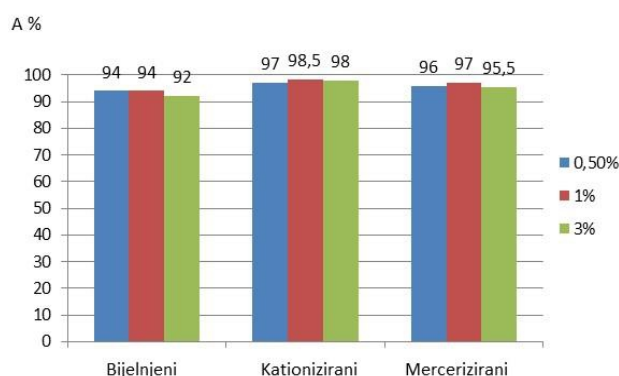
c. bojadisanje bez dodatka NaCl

Slika 4. Iscrpljenje bojila Reactive Blue 235 tijekom procesa bojadisanja različito predobrađenih pamučnih materijala

Osim toga kationizirani pamučni materijali mogu se uspješno koristiti u procesu pročišćavanja otpadnih voda jer dobro vežu negativno nabijene spojeve. Na slici 5 prikazana je mogućnost pročišćavanje prethodno prikazanih kupelji nakon bojadisanja filtrom od kationiziranog pamuka te se uočava da je postignut iznimno visok stupanj uklanjanja bojila.



a. otpadna voda sa NaCl



b. otpadna voda bez NaCl

Slika 5. Uklanjanje bojila Reactive Blue 235 iz kupelji uporabom filtra od kationizirane celuloze

5. Zaključak

Dokazano je da se predobrada pamuka kationiziranjem s ciljem povećanja iscrpljenja bojila u procesu bojadisanja može se koristiti samo za postizanje dubokih tonova jer se pri niskim koncentracijama bojila u potpunosti iscrpljuje što rezultira nejednolikim obojenjem. Međutim, potvrđena je mogućnost proizvodnje filtara njihovim kationiziranjem tijekom mercerizacije. Kao sirovina, kationizirani pamuk se za pročišćavanje otpadnih voda nakon

bojadanja pokazao vrlo učinkovit čime se stavlja naglasak na recikliranje (2nd life cycle) celuloznih materijala koji predstavljaju tehnološki otpad u proizvodnji tekstila i odjeće.

6. Literatura

- [1] Višić, K., Vojnović, B., Pušić, T. Problematika zbrinjavanja i pročišćavanja otpadnih voda - zakonski propisi, *Tekstil* **64** (2015), 3-4; 109-121, ISSN 0492-5882
- [2] Hauser, P.J. & Tabba, A.H. Improving the Environmental and Economic Aspects of Dyeing Cotton, *Coloration Technology*. **117** (2001) 5, pp. 282-288, ISSN 0557-9325
- [3] Grancarić, A.M., Tarbuk, A. & Dekanić, T. Electropositive Cotton. *Tekstil*. **53** (2004) 2, pp. 47-51, ISSN 0492-5882
- [4] Tarbuk, A., Grancarić A.M. & Leskovac M. Novel cotton cellulose by cationisation during mercerisation - Part 2: Interface phenomena. *Cellulose*. **21** (2014) 3, pp. 2089-2099, ISSN 0969-0239
- [5] Tarbuk A, Grancarić A.M. & Leskovac M. Novel cotton cellulose by cationization during the mercerization – Part 1: Chemical and morphological changes. *Cellulose*. **21** (2014) 3, pp. 2167-2179, ISSN 0969-0239

ZAHVALA

Autorice zahvaljuju Sveučilištu u Zagrebu na kratkoročnoj financijskoj potpori TP5/16: *Primjena kationiziranih celuloznih materijala*, 2016.



RFID u industriji nafte i plina *RFID in Oil and Gas Industry*

M. Čičak^{1*}, G. Zeba¹

¹ Strojarški fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: mcicak@sfsb.hr

Sažetak

Primjenom RFID (radio frekvencijska identifikacija) tehnologije i integracijom u postojeće sustave poduzeća možemo bitno unaprijediti poslovni proces i postići značajne rezultate na smanjenju ukupnih troškova poslovanja kao i pregled nad poslovanjem u realnom vremenu. Industrija za proizvodnju nafte i plina zahtijeva nadzorne procese, popravke, održavanja i visoku razinu sigurnosti. U ovom radu biti će opisana primjena RFID tehnologije u industriji nafte i plina. Koristeći kombinaciju RFID oznaka, senzora i softvera, proizvođači nafte i plina u realnom vremenu mogu dobiti podatke o radu opreme i uvjetima sigurnosti, kao i upozorenja operatera prije nego dođe do kvara.

Abstract

Applying RFID (radio frequency identification) technology and integration into existing systems companies can significantly improve business processes and achieve significant results in reducing total operating costs as well as an overview of the business in real time. Industry for the production of oil and gas requires control processes, repairs, maintenance and high level of security. This paper will describe the application of RFID technology in the oil and gas industry. Using a combination of RFID tags, sensors and software, manufacturers of oil and gas in real time can get information of accuracy equipments and the safety and alert operators before a fault occurs.

Ključne riječi: radio frekvencijska identifikacija, RFID tehnologija, industrija nafte i plina

1. Uvod

Radio frekvencijska identifikacija (RFID), nije nova tehnologija, ali je tehnologija budućnosti i danas nema područja ljudske djelatnosti u kojem se ne koristi. Procjenjuje se da svaka osoba kraj sebe ima dnevno barem 4 RFID koda, (npr. ključ od automobila, mobilni telefon, tramvajska karta, bankovna kartica, vozačka dozvola, putovnica).

Svaki treći mobitel u svijetu ima ugrađen bez kontaktni NFC (eng. Near Field Communication) za potrebe plaćanja. U eri interneta, industriji 4. generacije i IoT (eng. Internet of Things), RFID ima značajan i neizbježan doprinos. [1].

Daljnji razvoj računalstva ide izvan područja tradicionalne radne površine (eng. desktop). U paradigmi Internet stvari (Internet of Things - IoT), mnogi predmeti koji nas okružuju nalaziti

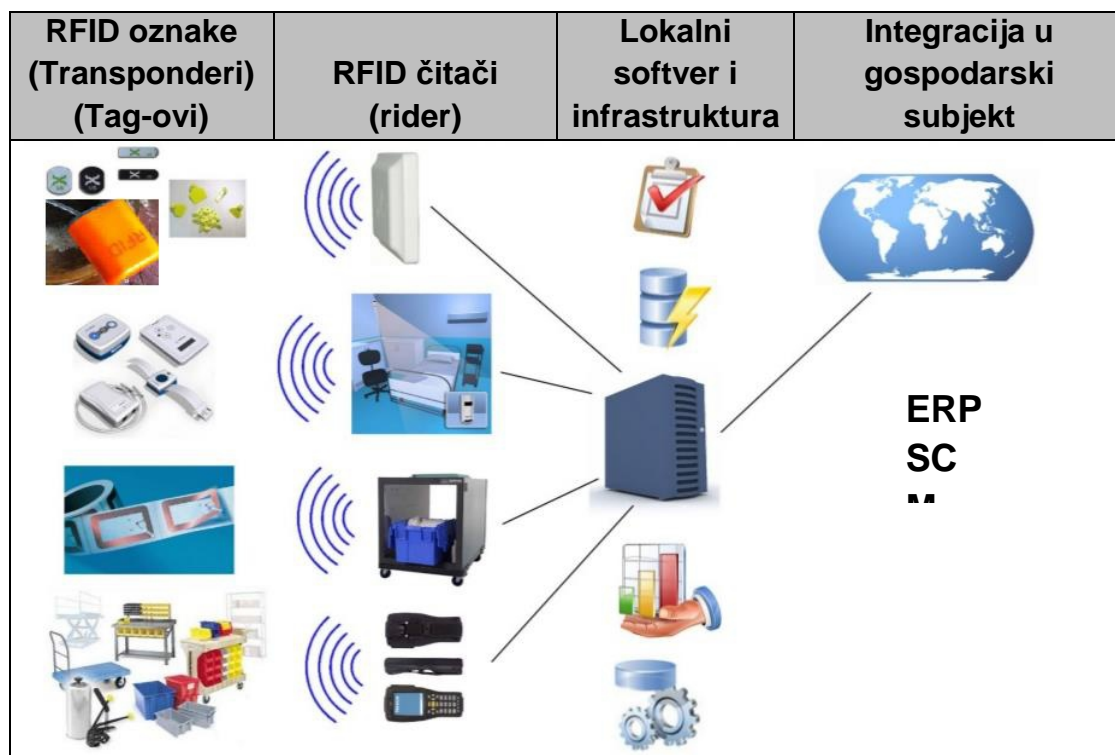
će se na mreži u jednom ili drugom obliku. Radio-frekvencijska identifikacija (Radio-frequency identification - RFID) i tehnologije mrežnih senzora omogućit će nam realizaciju ovog izazova, u kojemu su informacijski i komunikacijski sustavi neprimjetno ugrađeni u okolinu koja nas okružuje.

RFID tehnologija omogućava prepoznavanje predmeta bez kontaktno, radio valovima, koristeći svoju memoriju za mogućnost promjene podataka, a bez potrebe za ljudskom intervencijom u identifikaciji. Idealna je za primjene kod kojih je potrebna sigurna identifikacija, te dugotrajnost i izuzetna otpornost identifikatora na razne utjecaje okoline, a bez izravne vidljivosti.

2. RFID sustav

Tehnologija radio frekvencijske identifikacije (RFID – Radio Frequency IDentification) postoji već desetljećima a koristi se za stotine različitih primjena, od alarmnih uređaja, automatskih naplata cestarina (ENC) pa sve do najsloženijih primjena. Što su uređaji složeniji to sadrže više funkcija i najčešće su povezani sa računalima i/ili mrežama, a frekvencije koje se koriste sežu od 100kHz pa sve do 10GHz [2].

Arhitektura RFID tehnologije prikazana na slici 1. sadrži dvije osnovne komponente: RFID čitač (rider) i RFID oznaku, (transponder, tag).



Slika 1. Funkcioniranje RFID sustava

Pod pojmom RFID čitač podrazumijeva se uređaj koji ima funkciju dobavljanja informacija zapisanih u RFID oznaci. Radio frekvencijska komunikacija temelji se na stvaranju elektromagnetskih valova u odašiljačima i njihovom otkrivanju na udaljenom prijemu. Postoji nekoliko metoda identifikacije objekata, no najčešća je pohranjivanje identifikacijskog serijskog broja ili neke druge informacije na mikročip koji zajedno s antenom

čini RFID oznaku. Oznaka komunicira s čitačem putem radio signala, jednosmjerno ili dvosmjerno, a čitač je povezan s računalom ili računalnom mrežom na kojemu se nalazi baza podataka. Jednostavna identifikacijska pohranjena na RFID oznaci u bazi je povezana s informacijama o označenom proizvodu.

Velika raznolikost RFID sustava omogućuje izrazito velik broj primjena, koji s vremenom i tehnološkim napretkom sve brže raste. Ugrađivanje RFID oznaka u doslovno sve što okružuje ljude, od donjeg rublja, preko vlakova i automobila do kućnih ljubimaca pa i u same ljude, obećava brojne pogodnosti i nove mogućnosti lagodnijeg i efikasnijeg obavljanja svih svakodnevnih poslova.

2.1. RFID oznake (transponderi)

Dvije osnovne komponente RFID oznaka su mikročip i antena koji su najčešće zaliveni u kućište otporno na utjecaj okoline. Mikročip sadrži radio prijamnik, radio modulator za slanje odgovora čitaču, upravljačku logiku, memoriju i sustav za upravljanje napajanjem. RFID oznake se dijele :

- prema načinu napajanja, (pasivne, djelomično aktivne i aktivne),
- prema mogućnostima programiranja, (transponderi koje je moguće samo čitati, transponderi koji omogućuju jednostruko programiranje i transponderi s mogućnošću višestrukog programiranja) ,
- prema korištenim frekvencijama, (niske frekvencije (oko 125 kHz), visoke frekvencije (13.56 MHz), ultravisoke frekvencije (UHF – 860 do 960 MHz), i mikrovalne frekvencije (2.45 GHz),
- prema fizičkoj izvedbi, (RFID etikete, RFID naljepnice, RFID tiskane pločice).

Mnoge aktivne RFID oznake upotrebljavaju se na udaljenostima do nekoliko stotina metara i imaju životni vijek baterije do 10 godina. U aktivne RFID oznake moguće je ugraditi razne senzore. Osim s temperaturnim sensorima, RFID oznake su do sada integrirane i sa sensorima vlažnosti, vibracija, svijetla i radijacije.

Aktivne RFID oznake mogu sadržavati veće memorije od pasivnih te postoje izvedbe koje mogu pamtit i podatke primljene s čitača.

2.2. RFID čitači

RFID čitači se razlikuju po složenosti, ovisno o vrsti RFID oznake s kojima čitač radi i o korištenim frekvencijama. Njihov je zadatak komunikacija s RFID oznakama i prijenos podataka do računala gdje se obavlja daljnja obradba. Sastoje se od antene za razmjenu podataka sa RFID oznakom i upravljačkog uređaja koji obrađuje podatke i komunicira s računalom. Razne tehnike se i dalje razvijaju kako bi se poboljšao postupak očitavanja, pa tako neki čitači mogu registrirati više RFID oznaka istovremeno. RFID čitači su najčešće stalno aktivni, konstantno odašiljući energiju radio signalom u potrazi za RFID oznakama

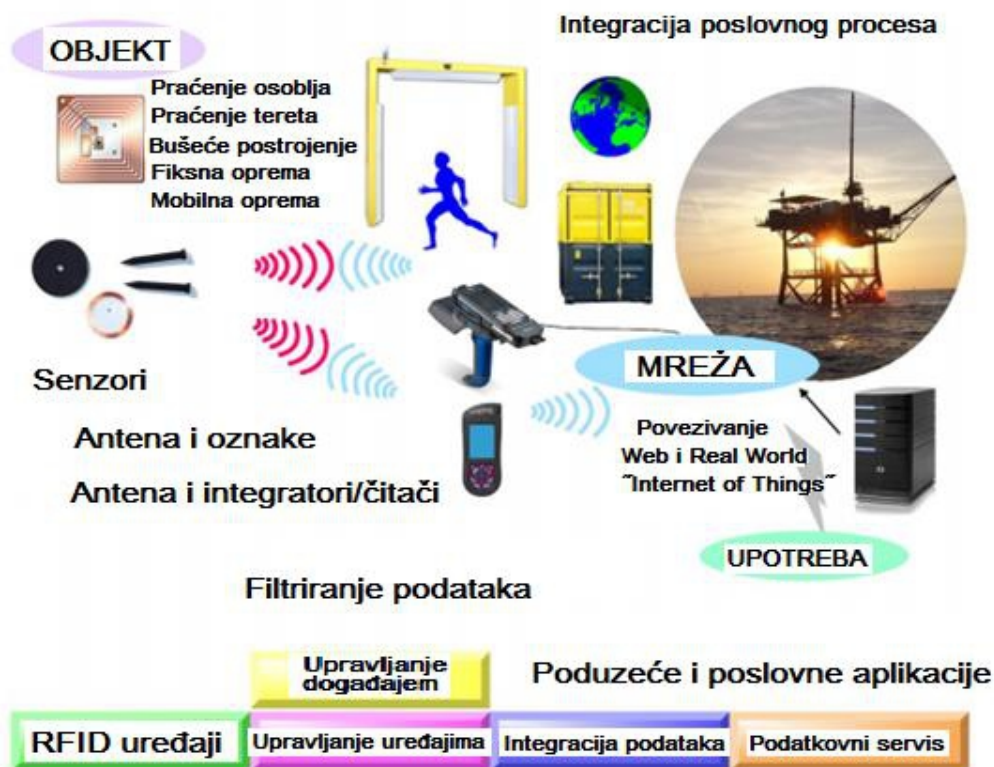
koje su im ušle u domet. Kod nekih primjena ovo je nepotrebno, a ako se radi o baterijski napajanim uređajima može biti i nepoželjno sa stajališta štednje energije. Radi toga je neke čitače moguće postaviti da odašilju radio impulse kao odgovor na vanjski podražaj.

2.3. Pozadinsko računalo

Većina RFID oznaka odašilje samo svoju identifikacijsku oznaku, npr. 96-bitni broj. Nakon očitavanja takvog broja čitač ga šalje računalu s kojim je povezan. Postupak koji se s identifikacijskim brojem RFID oznake provodi na računalu ovisi o namjeni RFID sustava. Ako se radi o sustavu za kontrolu pristupa, računalo provjerava nalazi li se očitani broj na listi brojeva kojima je dozvoljen pristup određenim vratima ili području. U slučaju da je broj prisutan na listi, računalo može pokrenuti postupak otključavanja vrata ili neku drugu zahtijevanu akciju.

3. Primjena RFID tehnologije u industriji nafte i plina

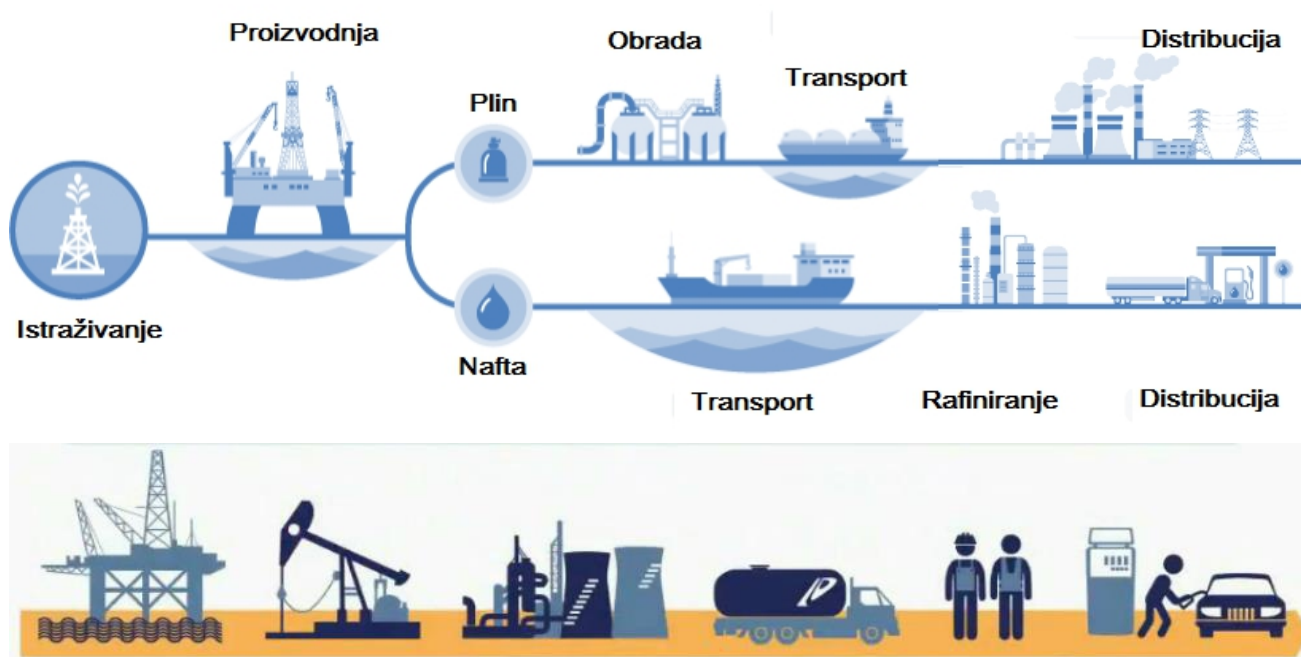
Industrija nafte i plina suočava se s brojnim izazovima u pogledu rizika i usklađenosti na području proizvodnje, održavanja, revizije i praćenja imovine. Ključne komponente RFID sustava su instalirane u teškim uvjetima rada. RFID oznake trebaju biti pouzdane nakon izlaganja toplini, vibraciji, fizičkom ubrzanju, pritisku i kemijskoj izloženosti tijekom procesa bušenja te se ugrađuju na mjesta koja imaju manje šanse za oštećenjem. U ovom području koriste se RFID oznake sa integriranim sensorima temperature, vlage, tlaka, napreznja, akceleracije, protoka i slično. RFID sustav u industriji nafte i plina prikazan je na slici 2.



Slika 2. RFID sustav – industrija nafte i plina [3]

Sustav se koristi se u svim fazama proizvodnje za praćenje osoblja, procesnog postrojenja, cjevovoda različitih veličina i oblika na naftnom polju, za pronalaženje i prepoznavanje predmeta i osoblja radi sigurnosti, učinkovitosti i izbjegavanja kašnjenja u proizvodnji ili čak ukupne obustave rada radi nepouzdanosti opreme. Važno je poduzeti potrebne mjere radi sprječavanja incidenata i usklađivanja sa sigurnosnim propisima. Potrebno je pratiti kretanje kroz prostor i držati nadzor nad potencijalno opasnom opremom i visokim vrijednostima imovine.

Industrija nafte i plina je industrija sa mnogim rizičnim operacijama a pravovremena isporuka proizvoda kroz složene i visoke vrijednosti opskrbnog lanca ključni je faktor uspjeha. Ova industrija ima mnoge faze u svom opskrbnom lancu prikazane na slici 3.



Slika 3. Opskrbni lanac u industriji nafte i plina

Tijekom faza opskrbnog lanca (eksploatacija i bušenje, transport sirovine, rafiniranje, transport proizvoda i maloprodaja), milijuni sredstava se koriste i premještaju s jednog mjesta na drugo s puno ljudske interakcije i uključivanja velikih strojeva.

RFID sustavi se koriste u svim fazama opskrbnog lanca od istraživanja i bušenja do isporuke [4]. Informacije prikupljane i izmjenjivane u pojedinim fazama donose velike koristi u poslovanju.

Tablica 1. prikazuje četiri ključne domene industrije nafte i plina koje koriste RFID tehnologiju za identifikaciju.

Tablica 1. Područja korištenja RFID tehnologije u industriji nafte i plina [5]

Domena	Primjena
Radne operacije (istraživanje/proizvodnja, bušotine)	procjena duljine bušilice ispravnost bušačkih cijevi zaštitne cijevi spremište gradilišta
Sigurnost i zaštita	pronalaženje i spašavanje obavezan kontrolni popis opreme praćenje osoblja otkrivanje neovlaštenog osoblja prebrojavanje zaposlenika otkrivanje ozlijeđenog radnika učestalost incidenata
Identifikacija nadzora imovine	identifikacija opreme identifikacija nedostupnih cijevi, spojnice i sl. podmorske primjene održavanje praćenje tijeka rada informacije o kritičnim mjestima
Administracija	identifikacija praćenje radnog vremena osoblja prijava aktivnosti parkiralište postrojenja praćenje dokumentacije praćenje vozila

3.1 Istraživanje/proizvodnja

RFID oznake na procesnoj opremi bušotine, bušačim cijevima ažuriraju podatke stanja (temperatura, brzina protoka, naprezanje, pH, sastav blata i dr.) i pohranjuju zapise. Tijekom istraživanja i bušenja, glava za bušenje ide sve dublje i dublje te se okomito dodaju cijevi za bušenje. RFID oznake su pričvršćene na svaku cijev a RFID čitači na bušećim ogrlicama vode dnevnik (radnu knjigu) broja umetnutih cijevi radi praćenja dubine bušotine. RFID čitači pristupaju važnim informacijama pojedinih cijevi svaki put kada se komad za bušenje spušta niz bušotinu. Zapisi se mogu dalje koristiti za procjenu uspjeha uspoređujući ga s povijesnim podacima dostupnim iz dnevnika pregleda cijevi. Ovakav pristup sprječava korištenje cijevi koje su na rubu ispravnosti a ujedno održava sigurnost na potrebnoj razini.

Cijevi i elementi postrojenja za bušenje na površini korištenoj za spremanje opreme i/ili proizvoda su označene s RFID oznakama koje sadrže podatke kao što su identifikacijski broj cijevi, starost, dužina, broj korištenja za bušenje, itd. Prije ponovnog korištenja objekta RFID čitači pristupaju ovim informacijama.

3.2 Sigurnost i zaštita

Na platformama postoji niz obvezne sigurnosne opreme za osoblje a automatizirani popis prosljeđuju RFID oznake. Kada osoblje prolazi kroz vrata opremljena RFID čitačem, automatski se vrši provjera obavezne sigurnosne opreme. RFID čitači su instalirani u cijelom objektu i prilikom kretanja osobe sa RFID oznakom RFID čitači ugrađeni u objekt prijavljuju njegovo mjesto i vrijeme.

Kamere instalirane u postrojenje zajedno s identifikacijom objekta prepoznaju osobe u objektu. Ako je u pogonu osoba bez oznake, sustav će podići alarm i/ili obavijestiti zainteresirane vlasti. RFID oznake se koriste u kombinaciji s drugim sensorima kako bi se postigla višestruka primjena. U slučaju havarije obavlja se prozivka radi identifikacije osoblja. RFID čitači mogu otkriti sve osobe koje su u lokaliziranom području. Osobe koje nisu stigle mogu biti identificirane i lokalizirane.

3.3 Identifikacija imovine

Pronalaženje prave cijevi u polju i osiguranje specifikacije koja se temelji na vanjskom promjeru, debljini stjenke, vrsti čelika, težini, duljini i vrsti spajanja čest je scenarij u industriji nafte i plina, a pogreške mogu koštati više od novca. RFID sustav može identificirati cjevovode, spojnice i drugu opremu koja se koristi u nepovoljnim okruženjima, (utjecaj korozije, abrazije, hrđe), dok RFID oznake mogu biti zavarene, montirane pomoću epoksida ili pričvršćene pojasevima na cjevovode i drugu opremu. Radnici se koriste RFID čitačima kako bi ih identificirali.

Podvodni cjevovodi kroz koje prolazi nafta zahtijevaju redovite preglede. Mahovina, alge, hrđa i drugi čimbenici onemogućuju utvrđivanje dijelove cjevovoda za inspekciju. RFID oznake priključene na podvodne dijelove cjevovoda za identifikaciju ronioce usmjeravaju i koriste podvodne RFID čitače za identifikaciju cjevovoda. Spremanje zemljopisnog položaja cjevovoda u svojoj RFID sustav je korisno za održavanje. Ponekad zbog dinamike ili drugih geoloških opasnosti, cjevovodi na morskom dnu imaju tendenciju pomicanja i kada ronilac traži i identificira segmente cjevovoda, lokacije se ažuriraju na RFID oznake.

Oprema koja se koristi za bušenje nafte, istraživanje i prijevoz prolazi kroz zahtjevan i agresivan okoliš, te zahtjeva održavanje. Sva oprema koja zahtjeva održavanje je označena s RFID oznakama. Baza podataka je održavana i indeksirana pomoću RFID oznake na opremi u radionici koja sadrži sve dnevne održavanja za opremu. Kataloški broj, broj prethodnog ciklusa održavanja, povijest održavanje, ispravnost opreme, datum dolaska, datum servisa, tehničke karakteristike, datum otpreme, itd. sve se čuva u bazi podataka. Kad oprema stiže u radionicu, povijest opreme se može dohvatiti pomoću baze podataka i njegove RFID oznake. Faza u kojoj je oprema tijekom ciklusa održavanja može biti određena samo čitajući RFID oznaku. Osim identifikacije i ostale informacije mogu biti pohranjene na RFID oznake, poput bitnih informacija koje moraju pročitati RFID čitači na licu mjesta, gdje nije dostupno povezivanje baza podataka. Na primjer, u dvorištu gradilišta, radnik može provjeriti statistiku ispravnosti prije korištenja cijevi.

3.4 Administracija

Identifikacija je obavezna i svaka osoba na objektu nosi RFID oznaku. Samo osobe s ovlaštenim oznakama mogu ulaziti na pojedine lokacije unutar postrojenja. Zaposlenici



imaju RFID oznake za pristup sadržajima. Kad oznaka prolazi kroz ulazno-izlazna vrata, bilježi mu se vrijeme ulaska i izlaska. Svaka kritična aktivnost se prijavljuje pomoću korisničkog ID-a i vremena.

Prijevoz na bazi RFID oznaka se koristi za bežičnu kontrolu pristupa na ulaznim i izlaznim točkama parkirališta što pomaže u automatskoj autorizaciji prijave vremena ulaska i izlaska. Ručni RFID čitač integriran u PDA može čitati RFID oznake u dokumentima u prilogu što automatizira inventar dokumenta i njegovo praćenje. RFID pomoću radne površine sustava za upravljanje dokumentima, osigurava povijest izdavanja dokumenta u samome dokumentu. Time se poboljšava vidljivosti inventara te smanjenje pogrešno dokumentiranje. Platforma RFID-zasnovana na sustavu lokacija u realnom vremenu (eng. RTLS-real-time location system) osigurava potpuno integrirano rješenje koje uključuje softver i hardver. RTLS se koristi za automatsko prepoznavanje i praćenje položaja objekata ili ljudi u stvarnom vremenu, obično unutar jedne zgrade ili drugog sadržajnog područja.

Ostale koristi od RFID-a u industriji nafte i plina su praćenje željeznice, automobila, cisterni, bežičnih mjerača protoka, vijaka za spojnice, teretnih spremnika, itd. Oni su također korišteni za kontrolu utovara na plovila, emisije opasnih očitavanja, upravljanje skelama i pametnim sensorima u rafinerijama i proizvodnim postrojenjima. RFID oznaka komunicira s čitačem putem bežične RF veze i ima 16 znamenkasti alfa numerički broj koji se ne može zamijeniti - nema ljudske pogreške. RFID čitači mogu pronaći i pročitati RFID oznake čak i kada su pokrivene blatom ili bojom.

4. Prednosti, izazovi i rizici RFID sustava u industriji nafte i plina

RFID sustav pronalazi primjenu u gotovo svakom dijelu industriji nafte i plina. Mnoge RFID oznake i čitači su pogodni za korištenje u opasnim i ekstremnim uvjetima tipičnim za platforme, rafinerije i petrokemijska postrojenja. RFID oznake se mogu koristiti za identificiranje navojnih spojeva, praćenje tankera i osoblja. U rafinerijama se mogu koristiti za snimanje podataka o sigurnosti radi smanjenja tlaka u velikim posudama, cjevovodima i procesnoj opremi. RFID oznake mogu se ugraditi u ventile i spojnice posude ili cjevovoda, što inženjerima omogućuje nadzor, kontrolu i vođenje evidencije o kritičnim točkama postrojenja. Podaci se mogu prenijeti putem Wi-Fi ili spajanjem RFID čitača na računalo. Rafinerije imaju zakonsku obavezu testirati svaki sigurnosni ventil i operativno to potvrditi. RFID sustav smanjuje vrijeme trajanja sigurnosnih provjera i vrijeme stajanja postrojenja. Korištenjem ove tehnologije, vrijeme potrebno za testiranje ili popravak sigurnosnog ventila može se smanjiti više od 50% u odnosu na tradicionalne ručne metode.

Pristup dnevniku procesne opreme povećava pouzdanost uređaja i unapređuje proces održavanja opreme uz mogućnost brzog pružanje informacija potrebnih za upravljanje opremom. Prekidi rada mogu se smanjiti, jer se osiguravaju popravci samo kada je to potrebno. Operateri i krajnji korisnici mogu pregledavati povijest održavanja opreme sa web sučelja ili direktno sa RFID čitača, ovisno o sustavu. Time se eliminiraju papirnata izvješća i vrijeme potrebno za unos podataka o trenutnim održavanjima.



Unatoč brojnim prednostima, postoje i faktori koji ometaju usvajanje RFID sustava. Operativno okruženje ove industrije je metal što izaziva smetnje zbog metalnih dijelova i drugih uređaja što može utjecati na kvalitetu komunikacije.

Za nove korisnike, RFID sustav izgleda skupo jer uključuje cijenu oznake, čitača i potrebne IT infrastrukture, što je skuplje od barkodova i ručnog rješenja. Korisnici novu tehnologiju vide kao trošak, a ne kao investiranje u nove vrijednosti, jer na pravi način provedeni projekti donose korist i brzi povrat ulaganja.

Čitač prenosi podatke na zahtjev, koje prikuplja, filtrira i obrađuje što znači da se novi softver mora integrirati u postojeće sustave, koji mogu uzrokovati izazove za tvrtke IT infrastrukture. Nema uspostavljenog jedinstvenog standarda za RFID hardver i softver u industriji nafte i plina. Prisutni su fizički izazovi u obliku smetnji za RFID oznake i oznake moraju izdržati visoke temperature, visoke tlakove, koroziju i slično.

Potrošnja energije je glavni faktor kada je u pitanju uvođenje milijunskih RFID oznaka, čitača i senzora u cijelom okruženju. Nadopunjavanje baterija će biti težak zadatak kada se koriste milijuni aktivnih RFID oznaka. Dodavanje više mogućnosti na oznakama, kao što su senzori i više informacija povećava potrošnju energije. Rješenja za taj problem uključuju projektiranje učinkovitih komunikacijskih protokola i korištenje obnovljivih izvora energije. U većini slučajeva prednosti RFID sustava uključuju prikupljanje podataka u realnom vremenu, brzi pregled i iskorištavanje stečenih spoznaja za osiguranje učinkovitosti koja dugoročno smanjuju ukupnu složenost i troškove. Potpuno usvajanje RFID sustava u industriji nafte i plina ima mnoge izazove koje treba riješiti i rješavati.

5. Zaključak

Mogućnosti RFID tehnologije u budućnosti su velike i gotovo je nemoguće naći područje u kojem se ne bi mogao implementirati neki oblik RFID-a. U poslovnim procesima istovremeno olakšava i unapređuje poslovanje i time dugoročno donosi brojne uštede. Industrija nafte i plina ima koristi od napretka RFID sustava jer osim primarne funkcije u identifikaciji proizvoda, donosi i druge koristi, poput zaštite proizvoda, manjih radnih troškova, optimiziranja radnih operacija, povećanja sigurnosti osoblja, smanjenja rizika od gubitka opreme na gradilištu, bolji nadzor nad imovinom ili pak omogućuje praćenje temperaturnih uvjeta u kojima se proizvod nalazi na svom putu kroz opskrbni lanac. RFID mikročip, može sadržavati gotovo sve informacije važne proizvođaču i krajnjem korisniku. Najvažnija prednost RFID tehnologije je mogućnost da računalni sustav može razmjenjivati informacije s proizvedenom robom, alatom, strojevima, transportnim vozilima i kontejnerima bez ikakve ljudske intervencije i bez potrebe da čitač i označeni proizvod budu u optičkoj vidljivosti radi očitavanja. U kombinaciji sa vremenskim, temperaturnim i drugim sensorima, RFID predstavlja nezamislivo bogatstvo novih tehnologija.

6. Literatura

- [1] Bituh, V. Ja trgovac, Veljko Bituh – Selmet (intervju), 2015.
<http://www.jatrgovac.com/2015/04/veljko-bituh-selmet/> (13. travnja 2016.)
- [2] V. Daniel, Albert Puglia, Mike Puglia. RFID: A Guide To Radio Frequency Identification, Hoboken, US, Wiley, 2007. (ISBN: 978-0-470-10764-5)

-
- [3] Norwegian Oil and Gas Association. Guideline No. 112: Recommended guidelines for deployment of Radio Frequency Identification (RFID) in the oil and gas industry
Norwegian Oil and Gas Association, 2010,
<http://www.norskoljeoggass.no/no/Publikasjoner/Retningslinjer/> (20.06.2016)
- [4] Steve Levis. A Basic Introduction to RFID Technology and its uses in the Supply Chain, 2004. <http://nw.automation.wesco.com/sites/default/files/Introduction%20to%20RFID%20-%20White%20Paper.pdf> (20.06.2016)
- [5] Emad Felemban, Adil A. Sheikh. RFID for Oil and Gas Industry: Applications and Challenges, International Journal of Engineering and Innovative Tecgnlogy Volume 3, Issue 5, November 2013, pp 80-85



Analiza rada nadnaponske zaštite u polju kompenzacije na distribucijskom području Elektroslavonije

Capacitor bank overvoltage protection analysis in the distribution area of Elektroslavonija

S. Kaluđer^{1*}

¹ HEP-ODS, Elektroslavonija Osijek, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: slaven.kaluder@hep.hr

Sažetak

U polju kompenzacije najviše se ističe nadnaponska i balansna zaštita. Razni tipovi kvarova dovode do aktiviranja određenih zaštita u polju kompenzacije. Prilikom pojave kvara snimljene su prijelazne pojave u polju kompenzacije u TS 110/35/10 kV Našice pomoću snimača kavra SPCR 8CZ7 na 35 kV sabirnicama. Cilj ovog rada je utvrditi dali je nadnaponska zaštita djelovala u skladu s podešenim parametrima te isključila polje kompenzacije sa 35 kV sabirnica. Dobiveni rezultati jasno potvrđuju pravilan rad nadnaponske zaštite.

Abstract

In the compensation feeder the most notable is overvoltage and balancing protection. Different types of faults leading to the activation of specific protection in the compensation feeder. The measurements were made in 110/35/10 kV Našice using fault recorder SPCR 8CZ7 in the compensation feeder on 35 kV buses. The aim of this work is to determine whether protection is operated in accordance with threshold parameters and detach compensations feeder from 35 kV bus. The results clearly confirm the correct operation of relay protection and transients in accordance with the theory.

Ključne riječi: zaštita, kompenzacija jalove energije, nadnaponska zaštita, kondenzatorska baterija

1. Uvod

Polja kompenzacije nisu prisutna u svim postrojenjima već samo u onima u kojima je potrebna kompenzacija jalove energije. Kompenzaciju jalove energije [1] na 35 kV sabirnicama se nalazi u TS 110/35/10 kV Našice. Kondenzatorska baterija je u vanjskoj montaži te je s dva kabela po fazi povezana sa samom ćelijom. Snaga koju daju kondenzatorske baterije u TS 110/35/10 kV Našice je $Q = 4,05 \text{ MVAr}$, a napon koji vlada u tom trenutku na sabirnicama 37,8 kV. Postavljene su i zavojnice neposredno nakon



kondenzatorskih baterija. U poljima kompenzacije postavljeni su obuhvatni strujni mjerni transformatori prijenosnog omjera 150/5, a ujedno su postavljeni i jenofazni strujni mjerni transformatori koji zajedno čine slog prijenosnog omjera 2x75/5/5 u spoju 150/5. Zbog iznimne važnosti polja kompenzacije u TS Našice 110/35/10 kV štite se odgovarajućim zaštitama. Od zaštita se posebno ističu balansna, nadnaponska, zemljospojna i podstrujna. Pojavom bilo kojeg kvara zaštita bi trebala isključiti polje kompenzacije od ostatka postrojenja u skladu sa podešenjem zaštite [2]. U polju kompenzacije u TS 110/35/10 kV Našice došlo je do prorade nadnaponske zaštite usljed kvara koji se dogodio na vanjskom djelu kondenzatorskih baterija. Kod pojave dolazi do poremećaja naponskih i strujnih prilika tako da ćemo snimit prijelazne pojave pri određenom kvaru koje je pobudio nadnaponsku zaštitu i ustanoviti dali je zaštita djelovala u skladu sa podešenim parametrima. Snimanje prijelaznih pojava će biti obavljeno pomoću snimača kvara SPCR 8C27 [3].

2. Vrste zaštita u polju kompenzacije

Kondenzatorske baterije koje se priključuju na srednje-naponsku ili prijenosnu mrežu služe za kompenzaciju jalove energije, stabilizaciju napona i filtriranje. Kondenzatorska jedinica za priključak na 35 kV mrežu izvedena je kao dvopolna. Jedinice se postavljaju u 3-4 etaže te su predviđene za vanjsku montažu. Povezivanje baterija ovisi o naponu i snazi, a najčešći spoj je u zvijezdu ili dvije polu zvijezde. Polja kompenzacije se štite da bi se smanjile štetne posljedice koje bi nastale uslijed kvarova. Kvarove na kondenzatorskim baterijama možemo podijeliti na: kvarove unutar kondenzatorskih baterija, kvarove na više jedinica i kvarove na vanjskoj opremi. Zaštita u polju kompenzacije: nadstrujna zaštita, kratkospojna zaštita, zemljospojna zaštita, zaštita od nesimetrije, nadnaponska zaštita i podnaponska zaštita. Zaštitu kod prva dva slučaja određujemo prilikom projektiranja baterija, a trećem slučaju kvarovi se pojavljuju kao međufazni kratki spojevi ili kao kvarovi prema zemlji i eliminiraju se zaštitom od vanjskih kvarova. Kvarovi u poljima kompenzacije i nisu tako rijetki kao što se misli na prvi pogled, dosta su zastupljeni unutrašnji kvarovi kod baterija kojima je uzrok kvara loša ili nekvalitetna izvedba u samoj tvornici. Kvarovi na vanjskoj opremi koja je ograđena ogradom se i dalje pojavljuju povremeno, a uzrok većine takvih kvarova su životinje i ptice. Kondenzatorske baterije štite se s unutrašnjim i vanjskim osiguračima. Vanjski osigurači štite cijelu jedinicu, a unutrašnji štite svaki element zasebno. Sprečavaju da se primarni kvarovi prošire na ispravne dijelove, odnosno jedinice i unište ih.

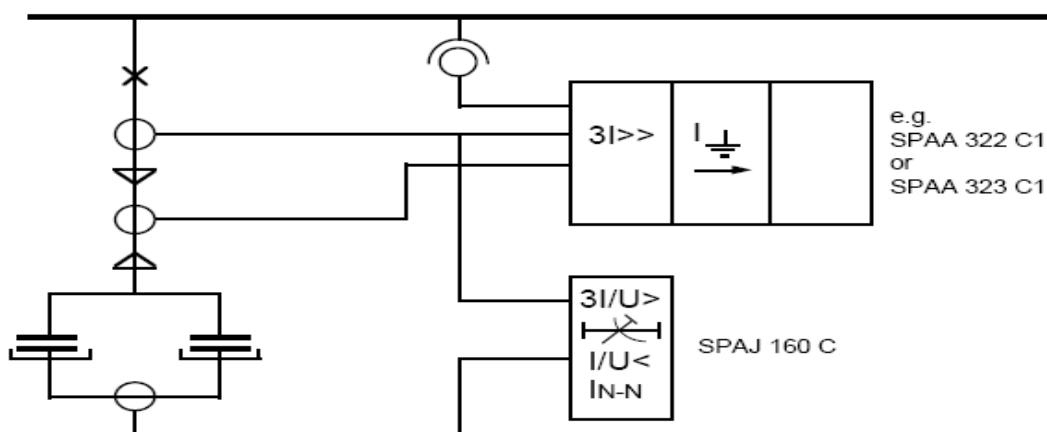
2.1 Nadnaponska zaštita

Povišeni napon kod kondenzatorski baterija uzrokovani su atmosferskim pražnjenjima, komutacijskim prenaponima kod uklapanja i isklapanja baterije te oscilacijama napona u mreži. Zaštita od atmosferskih prenapona izvodi se na klasičan način odvodnicima prenapona. Komutacijski prenaponi su uglavnom ispod $2 U_n$ (napona mreže), a mogu vrlo rijetko doseći vrijednosti $2,5 U_n$. Baterije su dimenzionirane za te prenapone pa posebna zaštita nije potrebna. Komutacijski prenaponi se sprečavaju efikasno zaštitom od brzog uklopa. Trajni povišeni naponu u mreži javljaju se kod niskih opterećenja kad su promjene napona takve da ih nije moguće sniziti s postojećom regulacijom. Nazivni napon baterije je

obično 5 – 10 % viši od napona mreže. Baterija može bez posljedica izdržati $1,1 U_n$. Baterija se mora štititi od povišenja napona iznad granice $1,21 U_n$ jer to utječe na skraćenje životne dobi. Baterija se štiti nadnaponskim relejima. Podešenje se odabire na $1,2 U_n$, a ponekad se izvodi zaštita sa dva stupnja gdje se prvi stupanj podešava na $1,1 U_n$ i $t = 10$ s. Drugi stupanj se podešava na $1,3 U_n$ i $t = 3$ s.

3. Zaštitni releji u polju kompenzacije

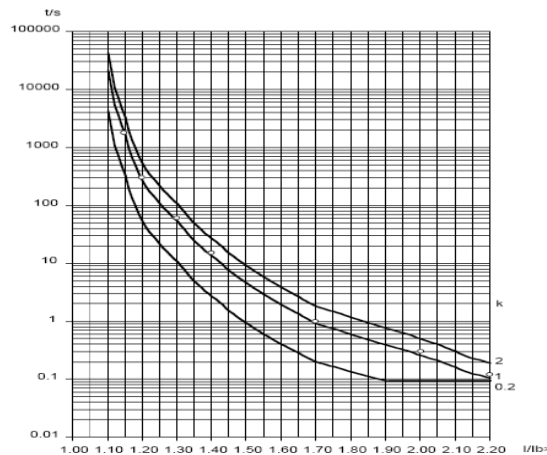
Glavno područje primjene releja SPAJ 160C [4] da štiti kondenzatorske baterije koje služe za kompenzaciju jalove energije i filtriranje harmonika. Kondenzatorske baterije se obično štite od preopterećenja koja se javljaju zbog viših harmonika i od prenapona koji se javljaju zbog unutrašnjih kvarova. Zaštita od ponovnog uključanja nabijene kondenzatorske baterije na mrežu također postoji. Zaštitni relej SPAJ 160C mjeri fazne struje svih triju faza. Relej mjeri još balansnu struju koja se može pojaviti u samoj kondenzatorskoj bateriji. Balansna struja je vektorska razlika pri sumiranju vektora struje jedne polu – zvijezde s vektorima struja druge polu-zvijezde. Struje dobivamo preko SMT –a koji se nalazi u spoju između dvije zvijezde. Relej je multifunkcionalan i u njemu se nalazi zaštita od preopterećenja, balansna zaštita i podstrujna zaštita.



Slika 1. Zaštita kondenzatorske baterije u spoju dvostruka zvijezda s mjerenjem struje u sve tri faze.

Nadnaponska zaštita je zapravo zaštita od propterećenja [4]. Mjeri vršne vrijednosti uključujući harmonike do trinaestog niza. Nadnaponska zaštita posjeduje dva stupnja. Prvi stupanj je alarm, a drugi stupanj isključenje. Stupanj isključenja se bazira na inverznoj karakteristici ANSI/IEEE C37.99 i IEC 871-1 slika 2. Gradijent krivulje tj. k-faktor se određuje u rasponu 0.2-2.0. Alarm ima konstantnu karakteristiku. Moguće je podešenje struje i vremena. Postoji korekcijski faktor koji se služi da smanji razliku između mjerene i podešene vrijednosti. Moguće je struju iz SMT –a množiti sa faktorom 0.4 – 1.4. Podstrujna zaštita radi sa konstantnom karakteristikom koja služi za zaštitu od preniskih struja u kondenzatorskim baterijama. Kada struje u sve tri faze padnu ispod podešene vrijednosti i podešenog

vremena dolazi do prorade releja. U istom trenutku zajedno s proradom zaštite aktivira se funkcija za ponovno uključenje nakon isteka podešenog vremena.



Slika 2. ANSI inverzna karakteristika

Podešenja zaštite u polju kompenzacije u TS 110/35/10 kV Našice prikazuje tablica 1.

Tablica 1. Podešenje zaštite u polju kompenzacije 35 kV (4.05 MVar) TS 110/35/10 kV Našice

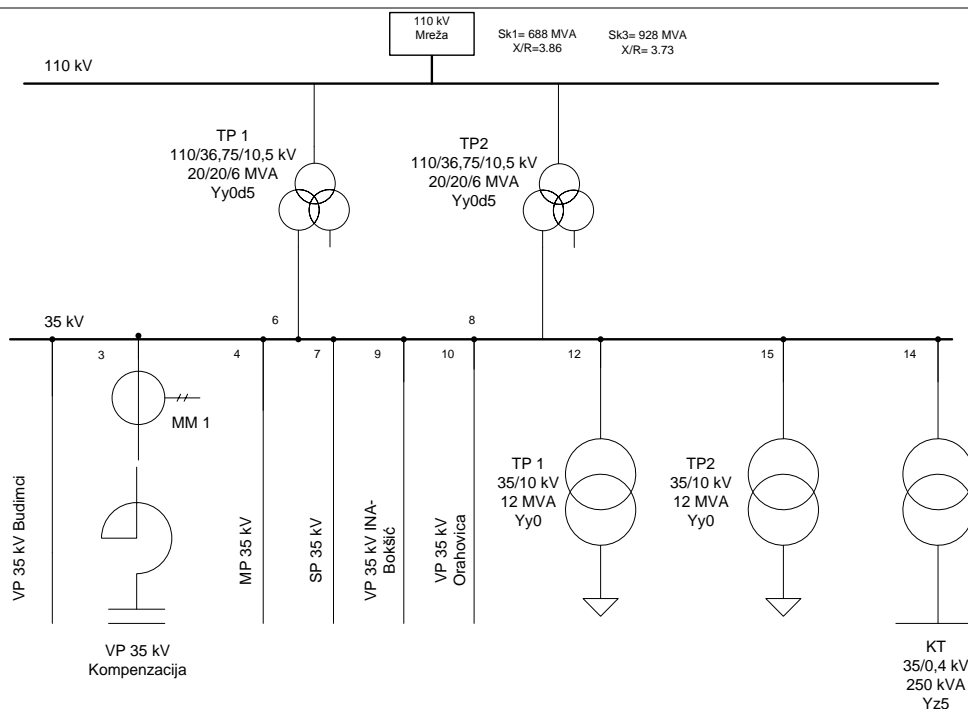
Relej	Sekundarno podešenje			Primarno podešenje	
SPAJ 160 C	$I_a > (\%)$	105	$k = 1.0$	$I_a \geq 69 \text{ A}$	$t \geq 1 \text{ min}$
	$I_b > / I_n$	0.88	$k = 0.2$	$I_b \geq 66 \text{ A}$	$t_b = f(I)$

SPAJ 160C

- Nadnaponska zaštita dva stupnja: I_a – alarm, strujno neovisna karakteristika
 I_b – isključenje, inverzna karakteristika

4. Mjerenja

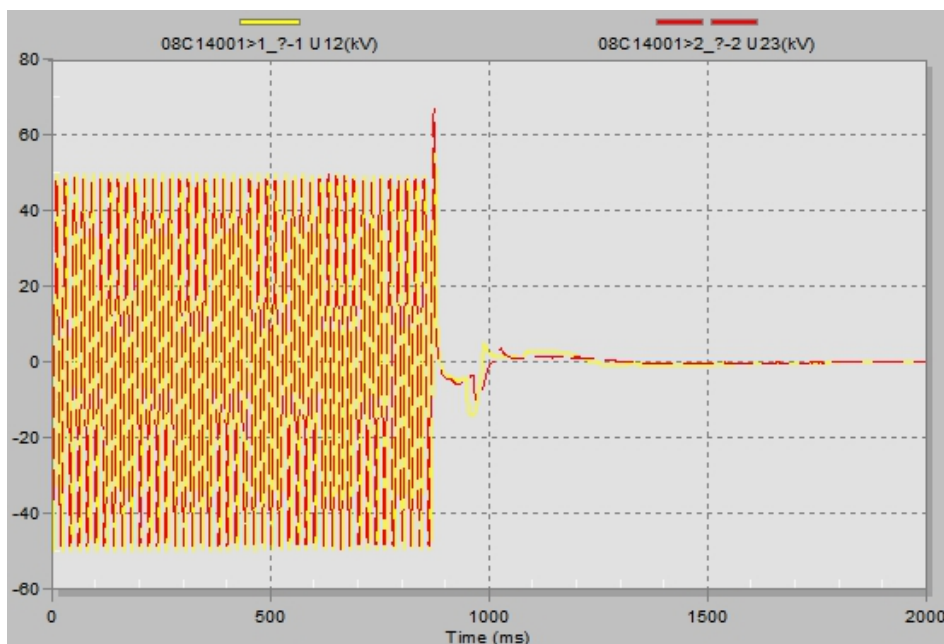
Cilj mjerenja bio je snimiti oscilografe napona i struja u trenutku prorade nadnaponske zaštite u TS 110/35/10 kV Našice. Mjerenja su provedena u slučaju pojave kvara prilikom čega polja kompenzacije su bila uključena. Za mjerenje je korišten snimač kvara SPCR 8CZ7 koji se nalaze u sklopu sa zaštitnim numeričkim relejima SPAJ 160C i SPAA 341C [5]. Snimač poremećaja SPCR 8CZ7 snima tri linijska napona, tri fazne struje, nulti napon (U_0) i nultu struju (I_0) [6]. Snimač poremećaja SPCR 8CZ7 služi za potvrđivanje ispravnog rada zaštite na srednje naponskoj razini i analizu određenih problema u elektroenergetskom sustavu. Snimač poremećaja SPCR 8CZ7 i numerički releji SPAJ 160C i SPAA 341C koriste iste vrijednosti napona i struja. Pri prekoračenju podešenih vrijednosti napona i struja kad numerički relej proradi dolazi do uključanja SPCR 8CZ7 koji snima vrijednosti napona i struja. Snimanje može biti periodički podešeno, a može se i manuelno uključiti u bilo kojem trenutku. Rezultati mjerenja oscilografa tijekom aktiviranja nadnaponske zaštite u TS 110/35/10 kV Našice u polju kompenzacije na 35 kV sabirnicama.



Slika 3. Sklopno stanje za vrijeme mjerenja u TS 110/35/10 kV Našice

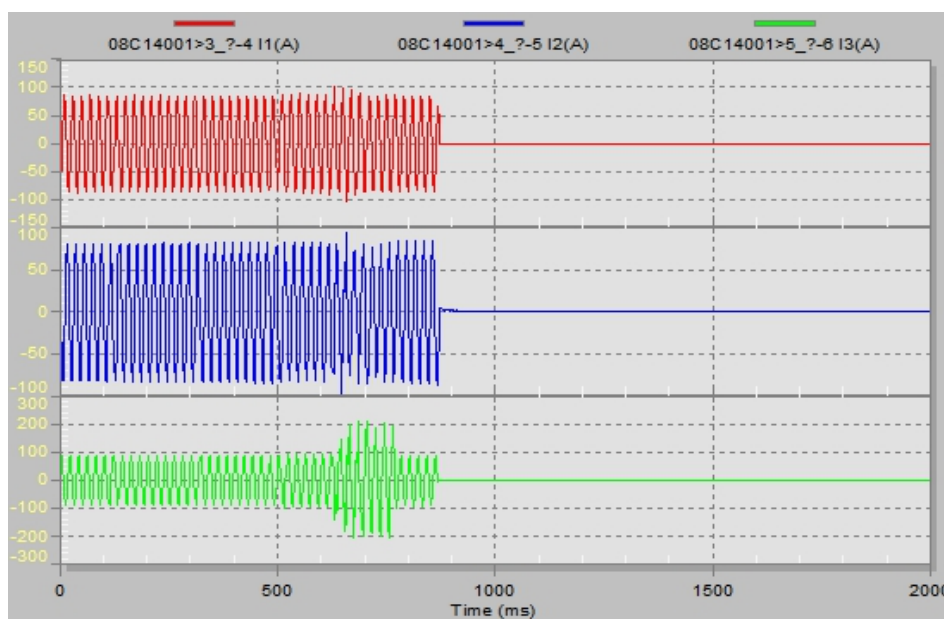
Nadnaponska zaštita je u biti nadstrujna zaštita jer se vrijednost napona izračuna iz struje koristeći Ohmov zakon (1). Pri porastu struje raste i napon ako je reaktancija konstantna. Uređaj SPAJ 160C zabilježio je vrijednost do $I_{13} = 125A = 1.67I_n$ slika 5. Pogledajmo inverznu karakteristiku na slici 2 za $k=0.2$ gdje možemo očitati da je vrijednost isključenja za tu struju približno $t=0.3$ s. Da bi bili sigurni kad je poremećaj nastupio pogledajmo sliku 6 gdje se vide nulti napon U_0 i nulta struja I_0 . Početak poremećaja je smješten u 500 ms što samo znači da uređaj snima 500 ms prije poremećaja, a to se vrijeme može i promijeniti. Iz tog grafikona vidimo da je poremećaj startao pri 500 ms, a završava negdje preko 800 ms što odgovara vrijednosti s karakteristike od $t=0.3$ s slika 2. Snimili smo dva linijska napona U_{12} i U_{23} slika 4 kod kojih se primjećuje skok prilikom isključenja. Struje I_{11} i I_{12} ostale su u domeni nazivne, čak nešto ispod nje, dok je struja I_{13} skočila na vrijednost $1.67I_n$ slika 5.

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{CU}{t} = \frac{U}{R} \quad (1)$$



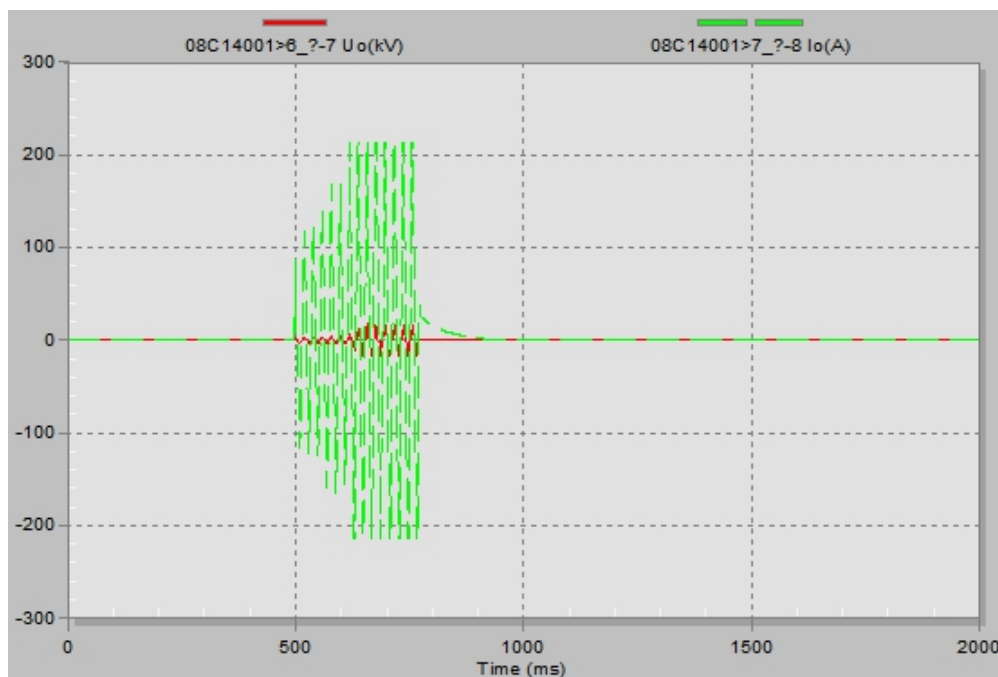
Slika 4. Linijski naponi U_{12} i U_{23}

Fazne struje prikazane su jedna ispod druge slika 5.



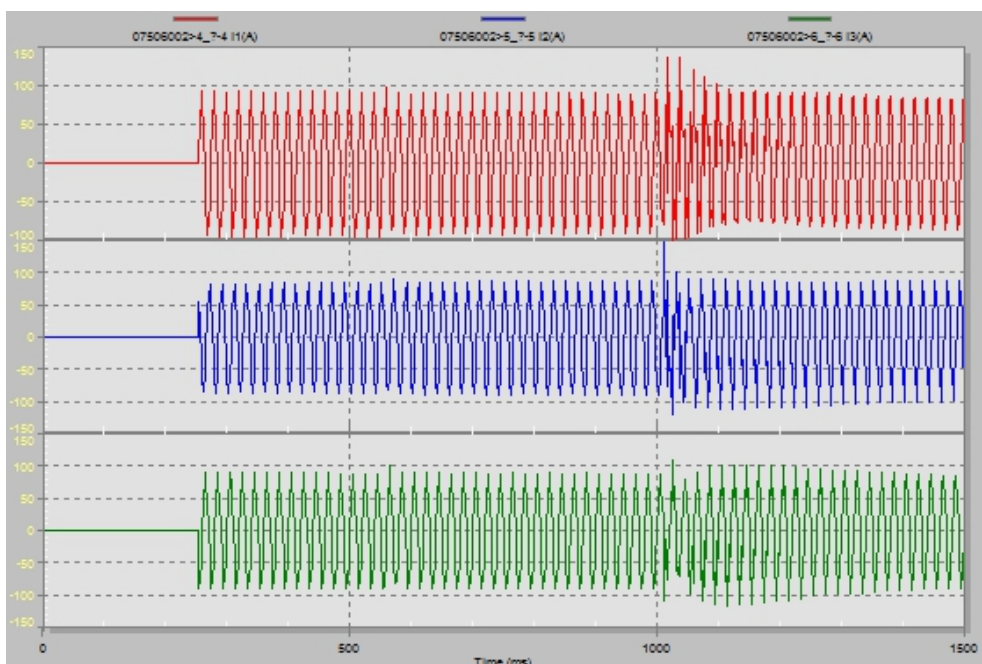
Slika 5. Fazne struje I_1 , I_2 i I_3

Iz slike 6 vidimo da se pojavila nesimetrija struje i napona.



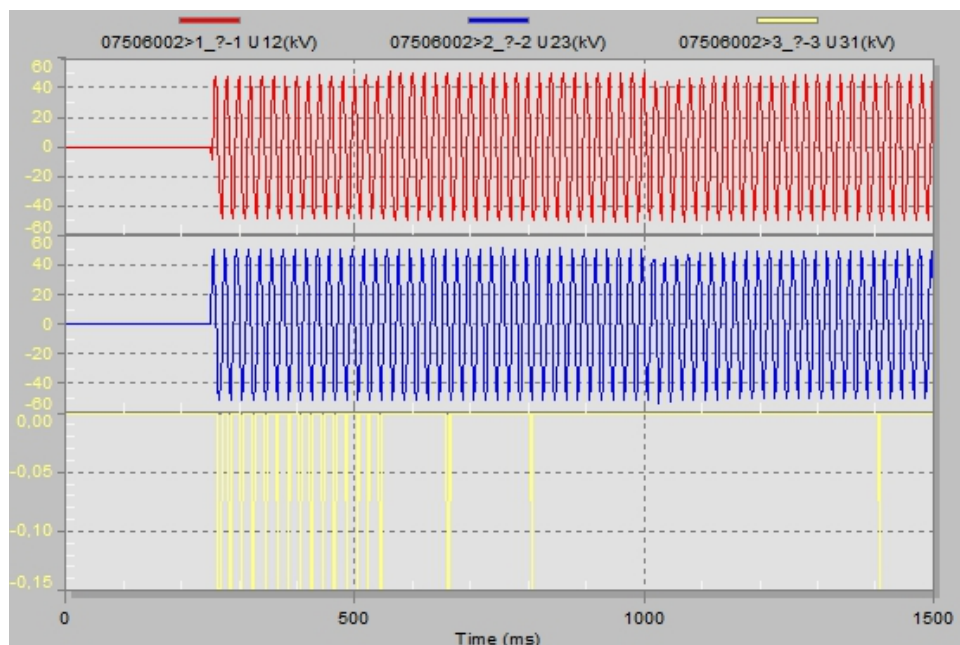
Slika 6. Nulti napon U_0 i nulta struja I_0

Puštanje kondenzatorske baterije pod napon nakon uklanjanja kvara tri fazne struje prikazane su slikom 7.



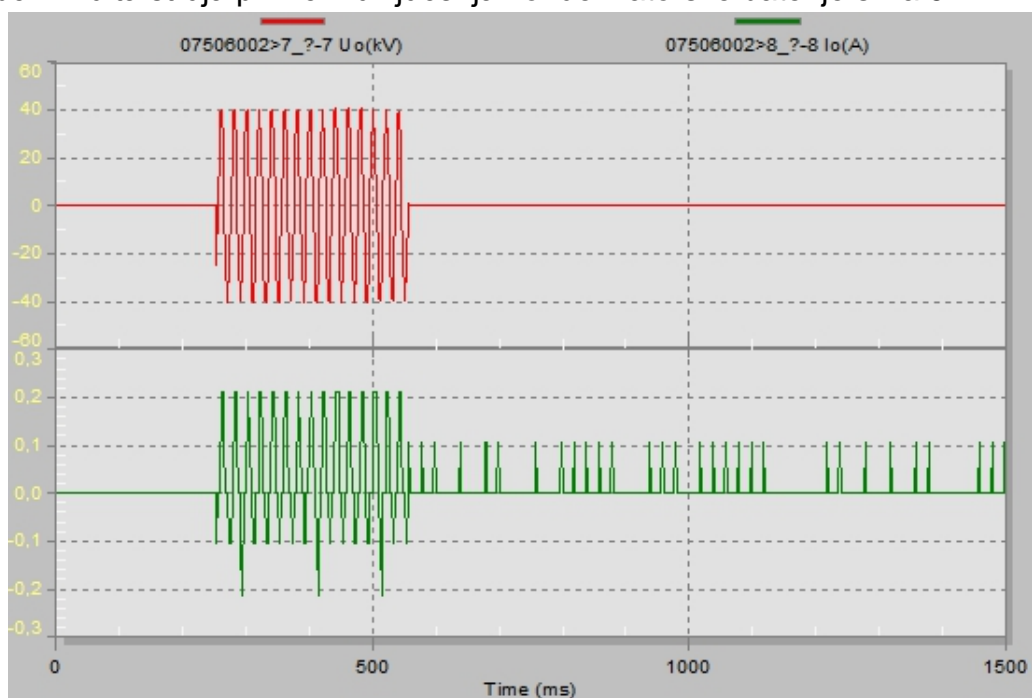
Slika 7. Tri fazne struje u trenutku uklopa kondenzatorske baterije

Linijski naponi prilikom uključanja kondenzatorske baterije prikazani su slika 8.



Slika 8. Linijski naponi

Nulti napon i nulta struja prilikom uključivanja kondenzatorske baterije slika 9.



Slika 9. Nulti napon U_0 i nulta struja I_0

6. Zaključak

Dobiveni rezultati tijekom prorade relejne zaštite u poljima kompenzacije važni su za analiziranje rada relejne zaštite tj. da se provjeri dali je zaštita djelovala u skladu s postavljenim parametrima. Iz prezentiranog se vidi kako je nadnaponska zaštita djelovala u skladu s parametrima. Fizikalno je primjetno kako prilikom isklapanja kondenzatorske

baterije dolazi do skoka napona, a kod uklapanja do porasta oscilacija struje što je u skladu s teorijskom razmatranjima.

7. Literatura

- [1]. Kuzle, I.,: Regulacija napona i kompenzacija jalove snage u EES-u, ETFOS, Zagreb, 2010.
- [2]. Walter, M.,: Relejna zaštita, Školska knjiga Zagreb, 1954
- [3]. SPCR 8CZ7: Upute za uporabu .
- [4]. SPAJ 160C: Upute za uporabu.
- [5]. SPAA 341C: Upute za uporabu.
- [6]. HEP – ODS d.o.o. Elektroslavonija Osijek, Odjel za mjerenje i zaštitu, podaci.

Vrste neuronskih mreža za dijagnozu kvara u elektroenergetskom sustavu

Neural network classes for fault diagnosis in power system

S. Kaluđer^{1*}

¹ HEP-ODS, Elektroslavonija Osijek, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: slaven.kaluder@hep.hr

Sažetak

Kvar u elektroenergetskom sustavu aktivira sustav zaštite koja izolira dionicu u kvaru, a informaciju o djelovanju zaštite (alarme) prosljeđuje u dispečerski centar. Lavina alarma koja se pojavljuje u kratkom vremenu može zbuniti operatera i navesti ga na pogrešku. Točno dijagnosticiranje kvara na bazi alarma je bitno kako bi se mreža vratila što prije u početno stanje. Automatske metode za dijagnozu kvara su podijeljene na analitičke i metode umjetne inteligencije. Analitičke metode se neće posebno razmatrati jer nam je glavni fokus usmjeren na metode umjetne inteligencije. Metode umjetne inteligencije za dijagnozu kvara obuhvaćaju ekspertne sustave, neuronske mreže, fuzzy logiku/skupove i evolucijske algoritme. Budući kako su neki sustavi otišli u stvarnu primjenu razlikovat ćemo on-line i off-line sustave za dijagnozu kvara pomoću neuronskih mreža. U ovom radu prikazan je pregled vrsta neuronskih mreža koje se koriste za dijagnozu kvara u elektroenergetskom sustavu. Također prikazani su i programski paket koji su korišteni za realizaciju neuronskih mreža.

Abstract

A failure in the power system activates the protection system that isolates faulty section and forwards information on the activities of protection (alarms) in the dispatch center. The avalanche of alarms that occurs in a short period of time can confuse the operator and cause missoperation. Accurate fault diagnosis based on alarms is essential for bringing back network to its original state as soon as possible. Automatic methods for fault diagnosis are divided into analytic and artificial intelligence methods. Analytical methods will not be discussed because it is the main focus directed to methods of artificial intelligence. Artificial intelligence methods for fault diagnosis include expert systems, neural networks, fuzzy logic / sets and evolutionary algorithms. Given that some of the systems went to the actual implementation will differ on-line and off-line systems for fault diagnosis using neural networks. This paper presents an overview of the neural network classes that are used for the fault diagnosis in the power system. Also shown are the software packages that were used for the realization of neural networks.

Ključne riječi: dijagnoza kvara, neuronske mreže, umjetna inteligencija, procesiranje alarma.

1. Uvod

Elektroenergetski sustavi (EES) diljem svijeta postaju sve veći i složeniji, a njihov je rad na granicama mogućnosti. Neprekinuta isporuka električne energije važan je čimbenik koji utječe na niz događaja i odnosa u samom društvu. Česti raspadi EES-a doveli su do značajnih šteta financijske prirode zbog neisporučene električne energije dok se ne uspostavi normalno stanje i tužbe kupaca električne energije za nastalu štetu zbog ne isporuke električne energije. Raspad EES-a 1977. godine u New Yorku bio je povod masovnim pljačkama, razbojstvima, neredima te izazvao ogromnu financijsku štetu [1]. Također situacija na Otoku tri milje 1979. godine prouzročila je veliku ekološku katastrofu. Nakon tih događaja koji imaju zajednički uzrok (nesnalaženje operatera za vrijeme kriznih situacija) nešto je trebalo poduzeti kako bi se takve situacije smanjile na najmanju moguću mjeru. Te su katastrofe iznjedrile ideju o automatiziranju i sustavnijoj obradi informacija na bazi kojih operateri donose odluke. Priroda problema te vrste je dijagnostička, a opći izraz je dijagnoza kvara [2] što podrazumijeva pronalazak: kvarova releja, kvarova prekidača, kvarova telemetrije i identifikaciju (lokaciju) kvara. Pojavom nekoliko stotina alarma u kratkom vremenskom periodu situacija se komplicira i vrlo je teško pronaći dionicu i uzrok kvara što onemogućava reakciju samog operatera kako bi uspostavio početno uklopno stanje u mreži, te ga može navesti na pogrešku. Zbog takvih situacija pribjegavamo primjeni metodama za analiziranje alarma. Kako bi se pomoglo operaterima u odlučivanju i postavljanju dijagnoze razvijaju se automatizirani sustavi za dijagnozu kvara i pomoć pri odlučivanju. Prvenstveno se razvijaju off-line sustavi (faza 1) za dijagnozu kvara koji služe za [3]: dijagnozu kvara prilikom zastoja računalnog sustava za nadzor i upravljanje, trening operatera, potvrdu koncepta i istraživanje. Razvoj on-line sustava (faza 2) za dijagnozu kvara koji se nazivaju i procesorima alarma razvijaju se iz off-line sustava (faza 1) [4]. Umjetna inteligencija (UI) se pokazala izrazito uspješna u rješavanju problema dijagnoze u odnosu na tradicionalne numeričke metode (ne postoji zadovoljavajući numerički algoritam) [3]. Među metodama umjetne inteligencije koje se bave rješavanjem problema dijagnoze kvara najviše uspjeha je pokazao ekspertni sustav (ES) koji je otišao u on-line primjenu. Međutim neuronske mreže (NM) posjeduju određenu dozu fleksibilnosti te mogu koristiti informacije dobivene sa snimača kvara u vidu napona i struja što nije slučaj kod ES. Također treba istaknuti kako su se NM razvile iz ES te njihovu laku prilagodljivost novim situacijama.

2. OFF-line primjena

Bretas A. S. i Hadjsaid N. predstavili su sustav za dijagnozu kvara u distributivnoj mreži pomoću NM (Multy layer perceptron), a za ulazne informacije koristili su valni oblik struje [5]. Brito N. S. D. i drugi predstavili su metodu pomoću NM (Multy layer perceptron) za klasifikaciju i dijagnozu kvara na prijenosnoj mreži Brazila [6]. Budući kako su digitalni snimači kvara (engl. digital fault recorders, DFR) rijetki, a sami kvarovi su rijetki događaji za ulazne podatke se koriste valni oblici struje i napona dobiveni simulacijom u ATP/EMTP [6].

Butler K. L. i Momoh J. A. predstavili su metodu za dijagnozu kvara pomoću NM (Feed forward) prilikom lučnih kvarova [7]. Skup ulaznih podataka je dobiven iz valnih oblika struje [7]. Butler K. L. i Momoh J. A. predstavili su metodu za klasifikaciju i detekciju lučnih kvarova u distributivnoj mreži pomoću NM (feed forward) [8]. Za ulazne podatke su koristili valni oblik struje [8]. Butler K. L. i drugi predstavili su novu metodu pomoću NM (feed forward) za dijagnozu kvara u distributivnim mrežama s naglaskom na problem detekcije lučnog kvara (ili visokomskog) [9]. Butler K. L. i Momoh J. A. predstavili su metodu za dijagnozu kvara pomoću NM (feed forward) u distributivnoj mreži s naglaskom na problem lučnog kvara [10]. Za ulazne podatke u NM korišteni su valni oblici tri fazne struje i nulta [10]. Butler K. L. i Momoh J. A. objavljuju gotovo isti rad [11] u odnosu na [10] godinu dana poslije. Cardoso G. i drugi predstavili su sustav za pomoć pri odlučivanju u DC sa zadatkom određivanja sekcija u kvaru pomoću NM (Multy layer perceptron) [12] u prijenosnoj mreži. Kao ulazne podatke koriste statuse releja i prekidača [12]. Chawla G. i drugi predstavili su novi model NM (feed forward) u odnosu na standardne NM (Feed forward) za modeliranje zaštita transformatora, dalekovoda i generatora [13]. Za ulazne podatke koriste struje i napone dobivene simulacijom pomoću programa EMTDC/PSCAD [13]. Cheon S. W. i drugi predstavili su model NM (feed forward) za dijagnozu kvara rashladnog sustava u reaktoru [14]. Crowther W. J. predstavio je generalne smjernice za razvoj dijagnostičkih sustava na bazi NM (feed forward) za tehničke sustave [15]. Flauzino R. A. i drugi predstavili su sustav za identifikaciju i klasifikaciju visoko omskih kvarova u distributivnoj mreži pomoću NM (Multy layer perceptron) [16]. Kao ulazne podatke koristi napone i struje u vremenskoj i frekvencijskoj domeni dobivene simulacijom u programu ATP/EMTP [16]. Flauzino R. A. i drugi predstavili su sustav za identifikaciju i klasifikaciju kvarova u distributivnim mrežama pomoću kao kombinaciju statističkih alata i NM (Multy layer perceptron) [17]. Za ulazne podatke su koristili valne oblike napona i struja dobivenih simulacijom pomoću programa ATP/EMTP [17]. Flores A. i drugi predstavili su metodu za dijagnozu kvara u prijenosnoj mreži pomoću NM (feed forward) [18]. Za ulazne podatke koriste stanja releja i prekidača te na osnovi njih kreiraju bazu znanja i treniraju NM [18]. Francois B. predstavio je rad u kojem se obrađuju NM (multy layer feed forward) kao primjenu u EES-u [19]. Gonzalez J. P. N. i drugi koristili su vjerojatnosnu NM (feed forward) za dijagnozu kvara u EES-u [20]. Kao ulazni podaci koriste se povijesnim podacima napona [20]. Grosspietsch K. E. predstavljaju rad u kojem naglašavaju obećavajuća područja primjene NM u EES-u kao dijagnozu kvara i interpretaciju senzorskih podataka [21]. Hessine M. B. i drugi predstavili su sustav za detekciju i klasifikaciju kvara na prijenosnoj mreži pomoću NM(feed forward) [22]. Kao ulazne podatke koristili su napone i struje (I_0 i U_0 također) [22]. Karimi M. i drugi predstavili su novu metodu za klasifikaciju kvarova u prijenosnoj mreži pomoću NM (SOMNN, samo organizirajućih mapa) [23]. Kao ulazne podatke koristili su simetrične komponente napona i struja [23]. Zadeh H. K. predstavio je novu metodu pomoću NM(multy layer perceptron Feed forward) za klasifikaciju kvarova na prijenosnoj mreži [24]. Kao ulazne podatke koristi otpore sve tri faze, pozitivnu, negativnu i nultu komponentu struje [24]. Kirkland L. V. i Wright R. G. predstavili su primjenu NM (feed forward) na generalno problem testiranja i dijagnoze u strujnim krugovima [25]. Kao ulazne podatke su koristili signale sa senzora [25]. Korbicz J. i drugi predstavili su NM (feed forward s dinamičkim neuronima) za dijagnozu kvara u

dinamičkim sustavima [26]. Lazim F. B. i drugi predstavili su metodu NM (feed forward) za dijagnozu kvara (identifikaciju) u prijenosnoj mreži na problemu simetričnih i nesimetričnih kvarova [27]. Ulazni podaci su struje i naponi [27]. Li K. K. i drugi predstavili su metodu NM (Feed forward, 3 sloja) za lokaciju kvara u EES-u [28]. Kao ulazne podatke koriste djelatnu i jalovu snagu dobivenu simulacijom i djelatni i jalovi otpor dobiven mjerenjem iz terminala ili releja [28]. Yajie Li.; i drugi predstavili su generalan prikaz metoda za dijagnozu kvara u distributivnoj mreži s distribuiranom proizvodnjom na bazi matrica, usporedbe indikatora i inteligentne metode [29]. Liu Q.; i drugi predstavili generalan prikaz primjena inteligentnih metoda u EES-u [30]. Lu C. N.; i drugi predstavili su sustav za dijagnozu kvara i restauraciju koji koristi NM(feed forward), a za ulazne podatke koristi pozive kupaca koji su ostali bez el. en. te na taj način utvrđuje mjesto kvara [31]. Ma M.; i drugi predstavili su istraživačke trendove u području dijagnoze kvara u EES-u [32]. Trendovi obuhvaćaju inteligentne tehnike, a posebice hibridne inteligentne metode za donošenje odluka i multi inteligentni algoritmi [32]. Momoh J. A.; i drugi predstavili su rad koji raspravlja o temeljima upotrebe inteligentnih sustava u svemirskoj i elektro industriji u području dijagnoze kvara [33]. Navaro V.; i drugi predstavili su sustav za dijagnozu kvara u EES-u koji koristi NM (feed forward) [34]. Za ulazne podatke koristi alarme (statuse releja i prekidača), a na izlazu NM su kvarovi u sustavu [34]. Prakash M i drugi predstavili su pregled inteligentnih tehnika za dijagnozu kvara u distributivnoj mreži [35]. Quingle P i drugi predstavili su poboljšanu metodu NM (feed forward, 4 sloja) za dijagnozu kvara (detekciju kvara) u distributivnoj mreži [36]. Kao ulazni podaci se koriste nulte struje [36]. Koristi se rough set redukcija (metoda za izvlačenje znanja iz informacija koju je predstavio Z. Pawlek 1982. godine) za formiranje ulaznog skupa podataka [36]. Program za realizaciju NM se ne navodi [36]. Rodrigues M. A. P. i drugi predstavlja uvod u dijagnozu kvara pomoću NM [37]. Rodriguez C i drugi predstavljaju strategiju rješavanja dijagnoze kvara kao funkcionalnu modularnost kao paralelnu strukturu koja uspješno rješava takvu vrstu problema [38]. Silva A P A (at. al) predstavili su metodu za lokaciju kvara pomoću NM (Kohonen) u trafostanicama [39]. Za ulazne podatke koriste statuse releja i prekidača (21 povjesni slučaj) na osnovnoj topologiji [39]. Swarup K S i drugi predstavili su rad za dijagnozu i detekciju kvara u EES-u pomoću NN (feed forward) na osnovi problema klasifikacije (pattern classification ili pattern recognition-drugi naziv) [40]. Ulazni podaci su statusi releja i prekidača, dok se program za implementaciju ne spominje [40]. Upendar J i drugi predstavili su rad za klasifikaciju kvarova u EES-u pomoću NM (feed forward) [41]. Za predprocesiranje koristili su se diskretnom wavelet transformacijom (DWT) kako bi se izvukle važne osobine iz strujnog signala te tako ih koristili kao ulazne podatke u NM [41]. Kao ulazne podatke se koriste tri struje, realizacija je u programu MATLAB [41]. Vazquez E. i drugi predstavili su metodu za detekciju kvara u EES-u pomoću NM (feed forward) te problem detekcije kvara vide kao klasifikacijski (pattern classification) [42]. Ulazni podaci u NM su struje [42]. Wanderlay M A i drugi predstavili su metodu NN (multy layer perceptron) za detekciju komponenti u kvaru [43]. Problem procesiranja alarma je prikazan kao klasifikacijski (pattern recognition problem) [43]. Ulazni podaci su alarmi (statusi releja i prekidača), dok se program za realizaciju ne spominje [43]. Wang X. R. i drugi predstavili su pristup pomoću NM za klasifikaciju kvarova u prijenosnoj mreži [44]. Uspoređuju dvije različite topologije (feed forward i Kohonen) [44]. Ulazni podaci su naponi i struje dobiveni

simulacijom u programu EMTP [44]. Wang F. predstavio je pristup dijagnozi kvara pomoću NM (Multy layer feed forward) [45]. Problem dijagnoze kvara definira kao klasifikacijski (pattern classification) [45]. Ulazni podaci su mu statusi releja i prekidača [45]. Xu I i drugi predstavili su pristup za dijagnozu kvara u distributivnoj mreži koristeći logističku regresiju i NM (Feed forward) kao metode [46]. Ulazni podaci su dobiveni iz povjesnih podataka iz koji se izvlače vjerojatnost (o uzroku kvara, životinja, stablo ili ostalo) [46]. Xu I i drugi potpuno identična suština rada kao [46] samo je podignuto na višu razinu [47]. Zhang J. i He Z. Y. predstavili su metodu za dijagnozu kvara pomoću NM (feed forward) [48]. Sustav obavlja detekciju, identifikaciju, klasifikaciju i lokaciju kvara [48]. Kao ulazne podatke NM koriste se naponi i struje, ali i statusi releja i prekidača [48]. Zhou G. Z. predstavio je pristup za dijagnozu kvara pomoću NM (multy layer feed forward) [49]. Pristup pomoću distribuirane strategije za velike sustave, jedna NM za jednu TS [49]. Ziolkowski V. i drugi predstavili su sustav za automatsku identifikaciju kvara pomoću NM (multy layer perceptron) [50]. Kao ulazni podaci u NM su korišteni naponi i struje dobiveni iz stanica, ali zbog nedostatnosti su dopunjeni podacima dobiveni simulacijom u EMTP/ATP [50].

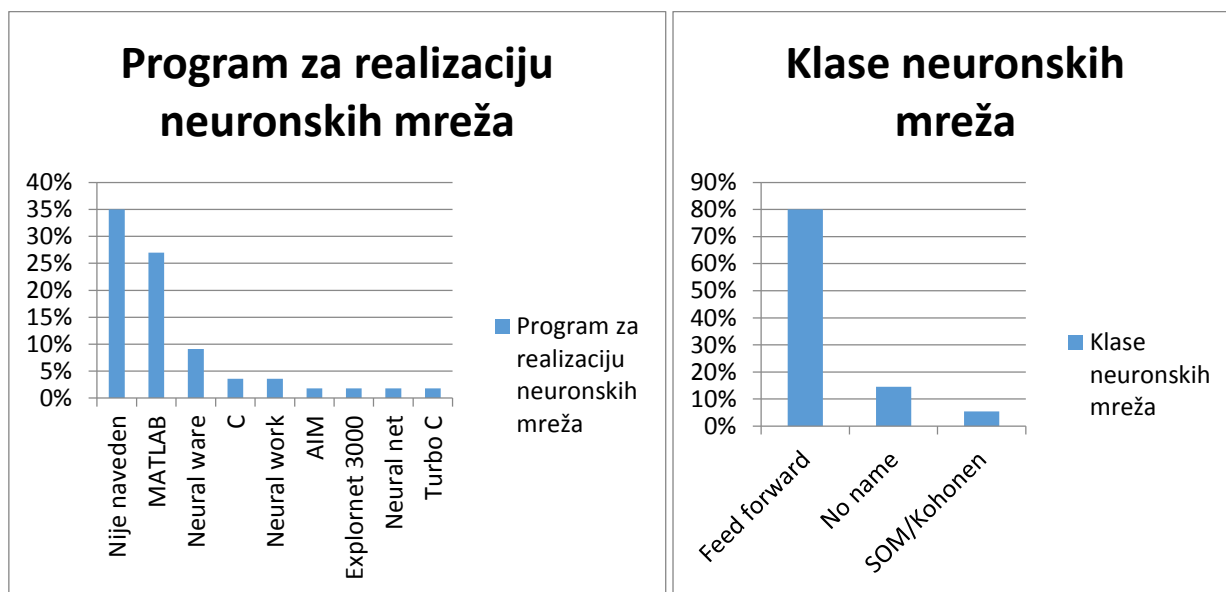
3. ON-line primjena

Bernieri A. (et. Al.) predstavili metodu neuronskih mreža (feed forward) u on-line primjeni za dijagnozu i detekciju s generalnim pogledom na razna područja primjene poput elektroenergetskog sustava, kemijskih postrojenja, nuklearnih postrojenja i svemirskog programa [51]. Huang Y. C. predstavio je komparativnu usporedbu dviju metoda za dijagnozu kvara u EES-u koja se može primijeniti on-line [52]. Komparira abduktivne zaključujuće metode s NM(Feed forward) [52]. Kao ulazne podatke koristi statuse releja i prekidača, a realizaciju obavlja u programu AIM [52]. Negnevitsky M. i Pavlovsky V. predstavili su on-line sustav za identifikaciju kvara sustava zaštite (kvara releja i prekidača, neispravnog rada) pomoću NM(feed forward) [53]. Rad stavlja fokus dijagnozu kvara na bazi lažnih i izgubljenih alarma, a za ulazne podatke koristi statuse releja i prekidača [53]. Rodrigez C i drugi predstavili su modularni pristup pomoću NM (feed forward) za dijagnozu kvara u EES-u [54]. Modularnost je bazirana striktno na funkcionalnom kriteriju umjesto topološkog [54]. Kao ulazni podaci koriste se alarmi (statusi releja i prekidača) [54]. Rodriguez C i drugi predstavili su modularni pristup pomoću NM (feed forward perceptron, 3 sloja) za dijagnozu kvara u EES-u [55]. Rad je povezan s radom [54]. Za ulazne podatke se koriste alarmi (statusi releja i prekidača) [55]. Rodriguez C i drugi predstavili su objedinjenu strategiju modularne izvedbe na bazi funkcionalnog kriterija korištenje NM (3 sloja perceptron) za dijagnozu kvara u prijenosnoj mreži [56]. Navodi se kako je taj način organiziranja NM odlična priprema za on-line sustav [56]. Safty S M i drugi predstavili su NM (multy layer feed forward) za on-line detekciju kvarova [57]. Kao ulazni podaci korišteni su struje i naponi prvo dobiveni simulacijom pomoću programa (PSCAD/EMTDC), a onda korištenjem stvarnih podataka dobivenih iz releja (na mjestu releja) [57]. Swarup K S i drugi predstavili su rad na bazi NM (3 layer feed forward) za dijagnozu kvara u EES-u [58]. Odlično objašnjavaju prijelaz u području dijagnoze kvara od ES ka NM [58]. Razvoj sustava prema on-line primjeni [58]. Yang H. T. i drugi predstavili su pristup za dijagnozu kvara u EES-u koji

stablo odluke pretvara u NM (multy layer feed forward) [59]. Problem dijagnoze se vidi kao pattern recognition, a ulazni podaci su statusi releja i prekidača [59].

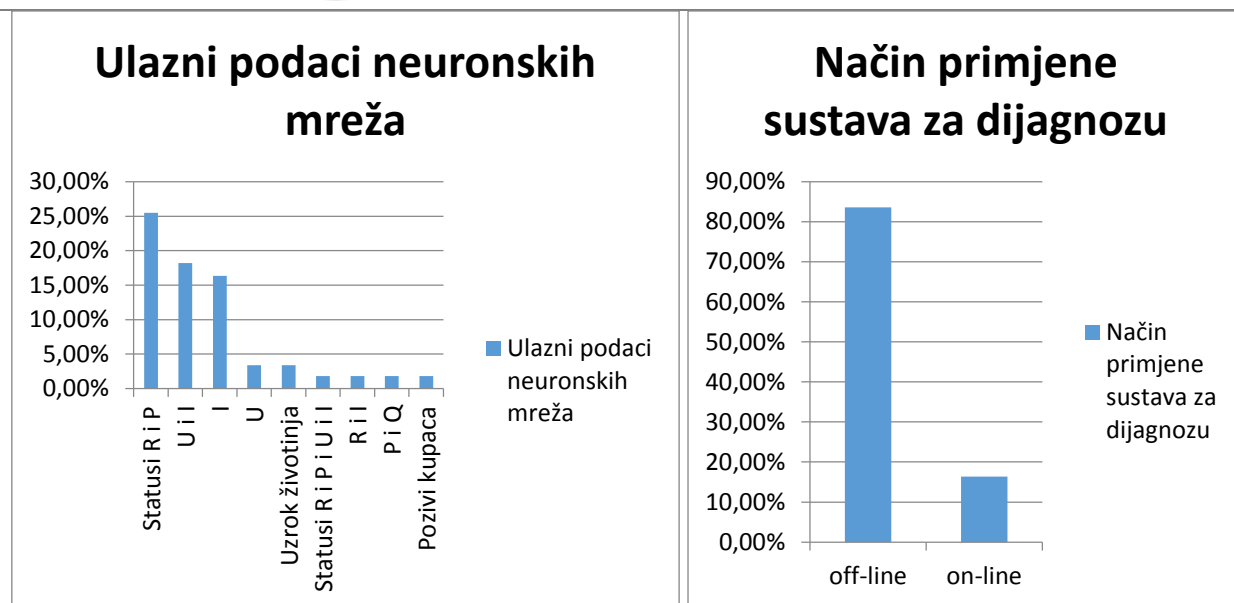
4. Rezultati

Programi za realizaciju neuronski mreža za problem dijagnoze kvara u EES-u su prikazani na slici 1. U najvećem broju radova nije naveden program za realizaciju neuronskih mreža, a potom slijede programi od najviše zastupljenog prema najmanje. Klase neuronskih mreža su prikazane na slici 2 te se može istaći kako se iz određenog broja radova ne može utvrditi o kojoj je klasi riječ. Također lako se vidi kako se koriste samo dvije klase, a to je klasična feed forward NM i Kohonen.



Slika 1. Programi za realizaciju neuronskih mreža i klase neuronskih mreža

Korišteni ulazni podaci za NM su prikazani na slici 3. Iz slike se vidi kako najčešće korišteni ulazni podaci su statusi releja i prekidača. Način primjene sustava za dijagnozu kvara u EES-u je prikazan na slici 4 s koje se vidi da je većina razvijenih sustava off-line te da ih je zapravo jako malo u on-line primjeni.



Slika 3. Ulazni podaci i način primjene neuronskih mreža

5. Zaključak

Prikazan je pregled problematike dijagnoze kvara u EES-u pomoću neuronskih mreža. Iz rezultata istraživanja se može zaključiti kako programskih paketa za realizaciju problema ima mnogo te kako je najzastupljeniji MATLAB, ali samo u vidu rasprostranjenosti u akademskoj zajednici te nisu naveden čak nikakve prednosti u vidu korištenja tog programa. Međutim spominju se problemi kod MATLABA u obliku pouzdanosti i brzine prilikom dijagnoze kvara. Za problem dijagnoze kvara u EES-u najprimjenjivnije NM su kalsa feed forward i Kohonen. Ulazni podaci su brojni i ovise najčešće o tipu opreme koji se nalazi u EES-u te se vidi kako su najviše korišteni statusi releja i prekidača. Može se zaključiti kako je samo nekoliko sustava otišlo u on-line primjenu u fazi testiranja, a dok su ostali sustavi još u off-line izvedbi.

6. Literatura

- [1]. Adibi M. M., Power system restoration, IEEE Press, New York, 2000.
- [2]. Sekine Y., Akimoto Y., Kungui M., Fukui C., Fukui S., Fault diagnosis of power systems, Proceedings of the IEEE, Vol. 80, No. 5, pp. 673-683, 1992.
- [3]. Wollenberg B. F., Sakaguchi T., Artificial intelligence in power system operations, Proceedings of the IEEE, Vol. 75, No. 12, pp. 1678-1685, 1987.
- [4]. Talkudar S. N., Cardozo E., Leao L. V., Toast: The power system operator's assistant, IEEE Computer magazines, Vol. 19, No. 7, pp. 53-60, 1986.
- [5]. Bretas, Arturo Suman; Hadjsaid, Nouredine. Fault diagnosis in deregulated distribution system using an artificial neural network // IEEE, 2001, 821-823.
- [6]. Brito, N S D, at. al. Transmission line model influence on fault diagnosis // IEEE, 2004, 412-417.
- [7]. Butler, Karen L; Momoh, James A. Robust features selection scheme for fault diagnosis in a electric power distribution system // IEEE, 1993, 209-213.

-
- [8]. Butler, Karen L; Momoh, James A. Detection and classification of line faults on power distribution systems using neural networks // IEEE, 1993, 368-371.
- [9]. Butler, Karen L; Momoh, James A; Sobajic D J. Field studies using neural-net-based approach for fault diagnosis in distribution networks // IEE, 144(1997), 5, 429-436.
- [10]. Butler, Karen L; Momoh, James A. A neural net based approach for fault diagnosis in distribution networks // IEEE, 1998, 353-356.
- [11]. Butler, Karen L; Momoh, James A. A neural net based approach for fault diagnosis in distribution networks // IEEE, 2000, 1275-1278.
- [12]. Cardosos Ghendy; at. al. Application of neural-network modules to electric power system fault section estimation // IEEE, 19(2004), 3, 1034-1041.
- [13]. Chawla, Gaganpreet; Sachdev Mohinder S; Ramakrishna G. Artificial neural network applications for power system protection // IEEE, 2005, 1954-1957.
- [14]. Cheon, Se Woo; at. al. Application of neural networks to multiple alarm processing and diagnosis in nuclear power plants // IEEE, 40(1993), 1, 11-20.
- [15]. Crowther, W J. Fault diagnosis of engineering systems using neural networks: a practical approach // IEE, 1996, 1-7.
- [16]. Flauzino R A; Ziolkowski, V; Silva, I N. Using neural network techniques for identification of high-impedances faults in distribution systems // IEEE, 2006, 1-5.
- [17]. Flauzino R A; Ziolkowski, V; Silva, I N. Hybrid intelligent architecture for fault identification in power distribution system // IEEE, 2009, 1-6.
- [18]. Flores A; i drugi. New formulation through artificial neural networks in diagnosis of faults in power systems.-A modular approach // IEEE, 2008, 411-416.
- [19]. Francois B. Neural networks: New tool sin power systems? // IEEE, 1996, 645-648.
- [20]. Gonzalez J. P. N.; i drugi. Multiple fault diagnosis in electrical power systems with probabilistic neural networks // IEEE, 2008, 71-81.
- [21]. Grosspietsch K. E. Neural nets // IEEE, 1994, 84.
- [22]. Hessine M. B.; i drugi. Fault detection and classification approaches in transmission lines using artificial neural networks // IEEE, 2014, 515-519.
- [23]. Karimi M.; i drugi. Classification of power system faults using ANN classifiers //IEEE, 2010, 505-508.
- [24]. Zadeh K. H. Artificial neural network approach to fault classification for double circuit transmission lines // IEEE, 2004, 859-862.
- [25]. Kirkland L V; Wright R G. Using neural networks to solve testing problems // IEEE, 1996, 298-302.
- [26]. Korbicz J. i drugi. Network of dynamic neuron sin fault diagnosis // IEEE, 1998, 1862-1867.
- [27]. Lazim F. B. i drugi. Application of ANN to power system fault analysis // IEEE, 2002, 269-273.
- [28]. Li K. K. i drugi. Application of artificial neural network infault location technique // IEEE, 2000, 226-231.
- [29]. Yajie Li.; i drugi. Survey and development on fault diagnosis in distribution network with distributed generators // IEEE, 2011, 13-17.
- [30]. Liu Q.; i drugi. The application of intelligent control technology in power systems // IEEE, 2014, 2034-2038.
- [31]. Lu C. N.; i drugi. An artificial neural networks based trouble call analysis // IEEE, 9(1994), 3, 1663-1668.
- [32]. Ma M.; i drugi. China's reasrch status quo and development trend of power grid fault diagnosis // IEEE, 2010, 1-4.
-

-
- [33]. Momoh J. A.; i drugi. An evaluation of intelligent systems for fault diagnosis // IEEE, 1994, 413-418.
 - [34]. Navaro V.; i drugi. Artificial neural networks for power system diagnosis // IEEE, 1994, 3738-3743.
 - [35]. Prakash M; Pradhan S; Roy S. Soft computing techniques for fault detection in power distribution systems: A Review // IEEE, 2014, 1-6.
 - [36]. Quingle P; Xinyun L; Min Z. Improved neural network based on rough set and application in fault line detection for distribution network // IEEE, 2010, 3784-3788.
 - [37]. Rodrigues M A P; i drugi. Fault diagnosis in electrical power systems using artificial neural networks // IEEE, 1999, 130.
 - [38]. Rodriguez C; i drugi. Introducing parallelism in power system diagnosis // IEEE, 1994, 85-92.
 - [39]. Silva A P A i drugi. Neural networks for fault location in substations // IEEE, 11(1996), 1, 234-239.
 - [40]. Swarup K S; i drugi. Fault detection and diagnosis of power systems using artificial neural networks // IEEE, 1991, 102-106.
 - [41]. Upendar J; i drugi. ANN based power system fault classification // IEEE, 2008, 1-6.
 - [42]. Vasquez E; i drugi. Neural network approach to fault detection in electric power systems // IEEE, 1996, 2090-2095.
 - [43]. Wanderley M A; i drugi. Fault location in substations using artificial neural networks // IEEE, 2005, 1-6.
 - [44]. Wang X R; i drugi. Neural network approach to power transmission line fault classification // IEEE, 1997, 1737-1740.
 - [45]. Wang F. Fault diagnosis for power systems based on neural networks // IEEE, 2011, 352-355.
 - [46]. Xu Le; i drugi. Comparison of logistic regression and artificial neural networks on power distribution systems fault cause identification // IEEE, 2005, 1-4.
 - [47]. Xu Le; i drugi. Power distribution systems fault cause identification using logistic regression and artificial neural network // IEEE, 2005, 163-168.
 - [48]. Zhang J; He Z Y. Distribution system fault diagnosis scheme based on multiple information sources // IEEE, 2009, 1-4.
 - [49]. Zhou G Z;. A neural network approach to fault diagnosis for power systems // IEEE, 1993, 885-888.
 - [50]. Ziolkowski V; i drugi. Automatic identification of faults in power systems using neural network technique // IEEE, 2007, 813-818.
 - [51]. Bernieri, Anderea; Betta, Giovanni; Ligouri; Consolatina. On-line fault detection and diagnosis obtained by implementing neural algorithms on digital signal processor // IEEE, 45(1996), 5, 894-899.
 - [52]. Huang Yann. Chang. Abductiv reasoning network based diagnosis system for fault section estimation in power systems // IEEE, 17(2002), 2, 369-374.
 - [53]. Negnevitsky M; Pavlovsky V. Neural networks approach to online identification of multiple failures of protection systems // 20(2005), 2, 588-594.
 - [54]. Rodriguez C; i drugi. A modular approach to the design of neural networks for fault diagnosis in power systems // IEEE, 1992, 16-23.
 - [55]. Rodriguez C; i drugi. Fast and reliable fault analysis in complex power systems // IEEE, 1993, 14-19.
 - [56]. Rodriguez C; i drugi. A modular neural network approach to fault diagnosis // IEEE, 7(1996), 2, 326-340.
-

-
- [57]. Safty S M; i drugi. On-line fault detection of transmission line using artificial neural network // IEEE, 2004, 1629-1632.
- [58]. Swarup K S; i drugi. Power system fault diagnosis using artificial neural networks // IEEE, 1990, 81-85.
- [59]. Yang H T; i drugi. Power system distributed on-line fault section estimation using decision tree based neural nets approach // IEEE, 10(1995), 1, 540-546

Položaj Republike Hrvatske u okviru fleksibilnih mehanizama Kyoto protokola

The position of the Republic of Croatia under the flexible mechanisms of the Kyoto Protocol

D. Tumara^{1*}, I. Sutlović², P. Raos³

¹Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

²Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

³Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: dtumara990@gmail.com

Sažetak

Rad sadrži pregled zakonodavnog okvira vezanog uz fleksibilne mehanizme u sklopu Kyoto protokola. Definirana je uloga Mehanizma zajedničke provedbe (Joint Implementation Mechanism, JIM), Mehanizma čistog razvoja (Clean Development Mechanism, CDM) i Mehanizma trgovanja kvotama emisije (International Emission Trading, IET) u ispunjenju obveza Kyoto protokola te smanjenju ukupnih emisija. Definiran je položaj Republike Hrvatske u okviru fleksibilnih mehanizama. Napravljena je analiza utjecaja primjene Mehanizma zajedničke provedbe i Mehanizma čistog razvoja na jednostavnije ispunjenje obveza Republike Hrvatske prema Kyoto protokolu.

Ključne riječi: Kyoto protokol, staklenički plinovi, fleksibilni mehanizmi, Republika Hrvatska

Abstract

This paper contains an overview of the legislative framework related to the flexible mechanisms as a part of the Kyoto Protocol. The role of the Joint Implementation Mechanism, JI, Clean Development Mechanism, CDM and International Emission Trading, IET in fulfillment of the obligations under the Kyoto Protocol and in decreasing overall emissions is defined. The position of the Republic of Croatia in the context of flexible mechanisms is also explained. An analysis of the impact of the application of the Joint Implementation Mechanism and the Clean Development Mechanism in fulfillment of obligations under the Kyoto Protocol is made.

Key words: Kyoto protocol, greenhouse gasses, flexible mechanisms, Republic of Croatia



1. Uvod

Klimatske promjene su u zadnjih nekoliko desetljeća jedan od glavnih predmeta brojnih znanstvenih istraživanja. Klimatske promjene se najviše zapažaju mjerenjem promjena temperature, količine i raspodjele oborina, mjerenjem promjena razine mora, promjenama u vodnim resursima, ekosustavima i biološkoj raznolikosti, poljoprivredi, šumarstvu... Navedene promjene rezultiraju povećanom učestalosti ekstremnih meteoroloških prilika te znatnim ekonomskim štetama. Opći zaključak velikog broj provedenih istraživanja je da su klimatske promjene izazvane emisijom stakleničkih plinova koji su antropogenog porijekla. Kako bi se procijenio stvarni utjecaj emisija stakleničkih plinova na klimatske promjene, 1988. godine su Svjetska meteorološka organizacija (*World Meteorological Organization, WMO*) te Program za zaštitu okoliša Ujedinjenih naroda (*United Nations Environment Programme, UNEP*) osnovali Međuvladino tijelo za klimatske promjene (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*).

Međuvladino tijelo za klimatske promjene danas predstavlja temeljnu organizaciju Ujedinjenih naroda koja se bavi pitanjima klimatskih promjena uzrokovanih emisijom stakleničkih plinova. Glavni stav Međuvladinog tijela za klimatske promjene je da je potrebno smanjiti ukupne emisije stakleničkih plinova u atmosferu. U tu svrhu je 11. prosinca 1999. u gradu Kyotu u Japanu prihvaćen Protokol iz Kyota koji je stupio na snagu 16. veljače 2005. ratifikacijom od strane 55 država koje čine najmanje 55 % zagađivača. Plinovi koji su obuhvaćeni Protokolom su: ugljikov dioksid (CO₂), metan (CH₄), didušikov oksid (N₂O), fluorirani ugljikovodici (HFC-i), perfluorirani ugljikovodici (PFC-i) i sumporov heksafluorid (SF₆).

Jedan od instrumenata smanjenja emisija u okviru Protokola iz Kyota su fleksibilni mehanizmi. Definirana su tri fleksibilna mehanizma kako bi se omogućilo jednostavnije ispunjenje obaveza smanjenja emisija državama potpisnicama Protokola iz Kyota. To su Mehanizam zajedničke provedbe (Joint Implementation Mechanism, JIM), Mehanizam čistog razvoja (Clean Development Mechanism, CDM) i Mehanizam međunarodnog trgovanja emisijama (International Emission Trading, IET).

2. Položaj Republike Hrvatske u okviru Protokola iz Kyota

Republika Hrvatska je potpisala Protokol iz Kyota 11. ožujka 1999. godine kao 78. potpisnica. Protokol je ratificiran u Hrvatskom saboru 27. travnja 2007. godine [1]. Republika Hrvatska je ratifikacijom Protokola postala stranka Priloga I. Prilog I obuhvaća 41 stranku: sve europske države, Rusku Federaciju i Bjelorusiju te izvaneuropske države, članice Organizacije za ekonomsku suradnju i razvoj (Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD) koju čine Sjedinjene Američke Države, Kanada, Australija, Novi Zeland te Japan. Stranke navedene u Prilogu I dužne su provoditi politiku i mjere protiv klimatskih promjena s ciljem smanjenja vlastitih emisija stakleničkih plinova kao primjer ostalim strankama. Proces ratifikacije je potrajao zbog zahtjeva koji je uputila Republika Hrvatska Tajništvu Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC) kojim se traži promjena bazne godine na temelju koje se računa razina dopuštenih emisija stakleničkih plinova. Za baznu godinu je prihvaćena 1990. godina i prema emisijama iz te godine je određen ciljani iznos emisija za 2012. godinu. Na temelju bazne godine se vrše

izračuni o dopuštenim količinama emisije i o razini obveze smanjenja emisije koju svaka zemlja mora preuzeti na sebe. Prema prvotnom načinu izračuna referentnih razina emisija, Republika Hrvatska bi vrlo brzo premašila razinu dopuštenih emisija što bi pogubno utjecalo na društveno-gospodarski razvoj. Na 11. zasjedanju Konferencije Stranaka (COP11) u Montrealu, Republici Hrvatskoj je dopušten drugačiji način izračuna emisija. Dopuštena je određena fleksibilnost pri izračunu referentnih emisija stakleničkih plinova iz energetskih izvora, prometa i poljoprivrednih aktivnosti. Na taj način omogućene su veće referentne razine emisija stakleničkih plinova što se opravdava ratnim stanjem u Hrvatskoj početkom devedesetih godina pri čemu je došlo do zaustavljanja rada mnogih industrijskih pogona i znatno manje potrošnje električne energije.

Za praćenje, izračun i izvještavanje o emisijama stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj je zaduženo Ministarstvo zaštite okoliša i prirode te Agencija za zaštitu okoliša. Izvori podataka koji se koriste pri izradi izvješća su državne institucije poput ministarstava, zavoda za statistiku, instituta, ali i individualni stacionarni izvori emisija.

Ulaskom u Europsku uniju, Republika Hrvatska je preuzela zakonodavstvo Europske unije, tako i zakonodavstvo vezano uz Protokol iz Kyota. Krajem 2008. godine usvojen je energetsko-klimatski paket koji uključuje niz odluka, zakonskih obveza i direktiva, poznatih kao "Ciljevi 20-20-20". Na taj način su donesene jasne i precizne mjere s ciljem smanjenja emisija stakleničkih plinova i posredno, očuvanja planeta. Ciljevi predstavljaju smanjenje emisija država članica za 20 % u odnosu na količinu emisija stakleničkih plinova iz 1990. godine, povećanje udjela obnovljivih izvora energije za 20 % te povećanje energetske učinkovitosti za 20 % do 2020. godine.

2.1. Kretanja emisija stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj

Najviše emisija stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj potječe iz sektora energetike. U 2012. godini sektor energetike prednjačio je s 71,6 % ukupnih emisija stakleničkih plinova ispred sektora poljoprivrede s 12,7 %, industrijskih procesa s 10,8 %, upravljanja otpadom 4,3 % i uporabe otapala i ostalih proizvoda s 0,6 % ukupnih emisija stakleničkih plinova. Struktura porijekla emisija je gotovo nepromjenjiva u vremenskom razdoblju između 1990. i 2012. godine.

U vremenskom razdoblju između 2008. i 2012. godine u Republici Hrvatskoj je zabilježen pad emisija stakleničkih plinova. Emisija stakleničkih plinova je 2012. godine iznosila 26,4 milijuna tona CO₂ ekvivalenata što je 17,3 % manje u odnosu na emisije iz 1990. godine. U odnosu na 1995. godinu zabilježen je pad od 20 %. Navedeni podaci ukazuju na odvajanje gospodarskog rasta od emisija stakleničkih plinova, ali se uz primjenu mjera energetske učinkovitosti te korištenje obnovljivih izvora energije ne smije zanemariti utjecaj gospodarske krize na količinu emisije stakleničkih plinova [2].

3. Fleksibilni mehanizmi Protokola iz Kyota

Protokol iz Kyota sastoji se od 28 članaka u kojima se definiraju odredbe, načini i postupci u svrhu ostvarenja propisanih smanjenja emisija, metodologiju izračuna i metode prikazivanja emisija te način praćenja ostvarenja zadanih ciljeva.

Člancima 3.10 – 3.13 uveden je sustav dozvola (kvota, prava) emisije (Emission Allowance) ili jedinica emisije (Emission unit). Na taj se način vrši provjera ispunjenja preuzetih obveza. Prema tome, stranke iz Priloga I Konvencije UNFCCC-a preuzimaju određenu dodijeljenu količinu jedinica emisije (Assigned Amount Units, AAU). Stranke imaju mogućnost same raspolagati i preraspodijeliti dodijeljene jedinice emisije, s tim da moraju kreirati bazu podataka nazvanu nacionalni registar (national registry). U slučaju kada stranka ostvari svoje ciljeve smanjenja, odnosno, kada je količina emisije stakleničkih plinova manja od maksimalne dopuštene, tada nema problema. No, u slučaju kada su stvarne emisije stranke veće od dodijeljene količine, tada se primjenjuju fleksibilni mehanizmi. Postoje tri fleksibilna mehanizma koji su definirani kako bi se strankama iz Priloga I omogućilo jednostavnije ispunjenje vlastitih obveza. Dije se na Mehanizam zajedničke provedbe (Joint Implementation Mechanism, JIM), Mehanizam čistog razvoja (Clean Development Mechanism, CDM) i Mehanizam međunarodnog trgovanja emisijama (International Emission Trading, IET). Mehanizam zajedničke provedbe i Mehanizam trgovanja kvotama emisije vrijede između dviju stranki iz Priloga I, a Mehanizam čistog razvoja vrijedi za bilo koju stranku iz Priloga I i bilo koju stranku koja ne pripada Prilogu I Konvencije [3]. Mehanizmi omogućuju veću učinkovitost smanjenja emisija s obzirom na uložena sredstva jer je uobičajena praksa industrijaliziranih zemalja da ulažu u smanjenje emisija u manje razvijenim zemljama pri čemu za isti iznos smanjenja emisija moraju uložiti manja financijska sredstva nego za isti iznos smanjenja emisija u vlastitom dvorištu. Na taj se način oslobađaju od vlastitih nacionalnih obveza, što dovodi do problema jer zemlje koje su najrazvijenije, a ujedno imaju i najveće emisije stakleničkih plinova, ne smanjuju svoje emisije.

Mehanizam zajedničke provedbe omogućuje industrijski razvijenim zemljama suradnju na postizanju ciljanoga smanjenja emisija na način kojim će kompenzirati potraživanja i dugovanja. Odnosi se na stranke koje pripadaju Prilogu I koje imaju kvantificiranu obvezu smanjenja emisije. Mehanizam pruža mogućnost suradnje s ciljem smanjenja emisija, tako da neka stranka iz Priloga I može provoditi projekt smanjenja emisije na teritoriju neke druge države iz Priloga I. Na taj način se dopušta državama koje financiraju projekt, ograničavanje emisija preko zarađenih jedinica smanjena emisije (Emission Reduction Units, ERU) koje se mogu koristiti pri izvršenju cilja smanjenja emisija prema obvezama Kyoto protokola, a države domaćini imaju koristi od novih ulaganja, novih tehnologija te smanjenih količina emisija.

Mehanizam čistog razvoja omogućuje tijelima državne uprave i privatnim organizacijama u industrijaliziranim zemljama primjenu projekata za smanjenje emisija u zemljama u razvoju, radi postizanja utvrđenih ciljeva u svezi s tim smanjenjem; oni koji ulažu u takve projekte ostvaruju prava u obliku ovjerenih smanjenja emisija (Certified Emission Reduction, CER). Sličan je Mehanizmu zajedničke provedbe, razlikuje su u tome što je definiran za suradnju između stranke koja je unutar Priloga I i stranke koja je izvan Priloga I, dok je Mehanizam zajedničke provedbe definiran za suradnju dvije stranke koje se nalaze unutar Priloga I. Mehanizam trgovine kvotama emisije omogućuje industrijaliziranoj zemlji prodaju drugoj državi viškova kvota stečenih na temelju smanjenja vlastitih emisija s obzirom na preuzete obveze smanjenja emisije [4]. Kupovanje kvota je moguće samo između stranaka unutar Priloga I. Na taj način države koje imaju manju emisiju stakleničkih plinova u odnosu na

količinu koja im je odobrena, mogu prodati višak jedinica emisije drugim strankama koje vlastiti odobreni iznos premašuju. Problem predstavlja to što gotovo sve države iz Priloga I premašuju vlastite odobrene ciljane vrijednosti emisije. Pojedina zemlja može i povećati emisije stakleničkih plinova, ali upotrebom mehanizama Kyoto protokola to povećanje može nadoknaditi tj. anulirati ostvarivanjem (JI ili CDM) ili kupnjom (IET) emisijskih dozvola u ili od neke druge zemlje, koja je uspjela ostvariti manje emisije od zadanih obvezama smanjenja. U Tablici 1 nalazi se usporedba objašnjenih fleksibilnih mehanizama Kyoto protokola.

Tablica 1. Usporedba fleksibilnih mehanizama Kyoto protokola [5]

MEHANIZAM	JEDINICA	SUDIONICI	OGRANIČENJA	POHRANJIVANJE U BANKU
Međunarodna trgovina emisijama	- Dodijeljena jedinica smanjenja emisija (<i>Assigned Amount Unit AAU</i>)	- Zemlje iz Priloga I Kyoto protokola - Pravna tijela	Nema ograničenja između zemalja iz Priloga I Kyoto protokola. Rad sa CER, AAU i RU.	Neograničeno
Mehanizam zajedničke provedbe	- Jedinica smanjenja emisija (<i>Emission Reduction Unit, ERU</i>)	- Zemlje iz Priloga I Kyoto protokola - Pravna tijela	Nema ograničenja između zemalja iz Priloga I Kyoto protokola.	Može se pohraniti 2,5% od ukupnih zadanih sniženja za zemlje iz Priloga I Kyoto protokola.
Mehanizam čistog razvoja	- Potvrđene jedinice smanjenja emisija (<i>Certified Emission Reduction, CER</i>)	- Zemlje iz Priloga I Kyoto protokola i zemlje koje nisu navedene u Prilogu I - Pravna tijela	Nema ograničenja između zemalja iz Priloga I Kyoto protokola CER ostvarene putem ponora ugljika su ograničene na 1%/god u razdoblju od 5 god.	Može se pohraniti 2,5% od ukupnih zadanih sniženja za zemlje iz Priloga I Kyoto protokola.

4. Primjena fleksibilnih mehanizama

Nakon što je Republika Hrvatska u prvom vremenskom razdoblju obveze smanjenja emisija između 2008. i 2012. godine uspjela ispuniti obveze smanjenja emisija stakleničkih plinova na temelju vlastitih mjera, očekuje se da se u drugom vremenskom razdoblju obveznog smanjenje emisija između 2013. i 2020. godine neće moći ispuniti bez primjene fleksibilnih mehanizama.



Kako bi neka zemlja potpisnica Kyoto protokola koja ima obveze smanjenja emisija (Prilog I Kyoto protokola) mogla primijeniti neki od navedenih fleksibilnih mehanizama ona mora zadovoljiti sljedeće uvjete [6]:

- mora ratificirati Kyoto protokol,
- mora imati dodijeljene zadane kvote smanjenja emisija stakleničkih plinova (Prilog I Kyoto Protokola) izračunate prema članku 3, točki 7 i 8 Kyoto protokola,
- mora imati uspostavljen Nacionalni sustav za procjenu emisija stakleničkih plinova i kao i Nacionalni sustav za procjenu uklanjanja ugljika putem ponora na teritoriju svoje zemlje (čl. 5, točka 1 Kyoto protokola),
- mora imati uspostavljen Nacionalni registar za bilježenje i praćenje izdavanja i transakcija dozvola za emisije ostvarenih putem fleksibilnih mehanizama Kyoto protokola (ERU, CER i AAU), kao i dozvola ostvarenih putem ponora (RU) te o tome mora podnositi godišnja izvješća Tajništvu COP i
- mora Tajništvu COP, što je ujedno i obveza proizašla iz UNFCCC, podnositi godišnja Nacionalna izvješća o emisijama stakleničkim plinovima i o količinama ugljika uklonjenim iz atmosfere putem ponora.

Republika Hrvatska zadovoljava navedene uvjete te je od 1. siječnja 2013. godine uključena je u sustav trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova. Kako bi se dodatno pojačala aktivnost u okviru fleksibilnih mehanizama, Direktivom 2004/101/EC (tzv. Linking direktiva), uspostavljena je veza između IET mehanizma i projekata provedenih u sklopu JI i CDM mehanizama. Na taj način svako smanjenje emisije koje se postigne realizacijom JI (eng. Emission Reduction Units - ERU) ili CDM (eng. Certified Emission Reduction - CER) projekta znači dodjelu iste količine emisijskih dozvola. Ovim principom se potiče priključivanje gospodarskih subjekata u provedbu takvih projekata i omogućuje sudionicima tržišta zadovoljenje propisanih razina emisije uz najniži trošak. Prednost je to što se na ovaj način potiče i prijenos znanja i tehnologije između zemalja.

Priznavanje ERU i CDM jedinica kao ekvivalenta pravima na emisiju u praksi se provodi na način da operator koji ima u posjedu ERU i CER jedinice preda zahtjev da administrator nacionalnog registra:

- a) prebaci naznačeni broj ERU i CER jedinica za navedenu godinu iz korisničkog računa operatora na račun stranke u nacionalnom registru stakleničkih plinova,
- b) unese broj prebačenih ERU ili CER jedinica u odgovarajući odjeljak tablice predanih prava na emisiju (engl. surrendered allowance table) namijenjene za predaju prava na emisiju od strane dotičnog operatera u određenoj godini [7].

Projekti se mogu odnositi na:

- obnovljive izvore energije, kao što su: vjetar, sunce, geotermalna energija, biomasa i hidroenergija,

- Povećanje energetske efikasnosti,
- Poboljšanje transporta,
- Smanjivanje emisije metana, npr. s deponija otpada ili iz rudnika ugljena,
- Zamjenu fosilnih goriva sa gorivima koja imaju manju emisiju CO₂ po jedinici energije.

U Tablici 2 nalazi se postupak provedbe projekta u okviru fleksibilnih mehanizama.

Tablica 2. Postupak provedbe projekta u okviru fleksibilnih mehanizama

Identifikacija	Identifikacija potencijalnih projekata
Projektna ideja (PIN)	Tema projekta
Projektni dokument (PDD)	Opis projekta, trajanje, metodologija procjene sadašnjeg stanja i smanjenja emisije, plan praćenja projekta, procjena utjecaja na okoliš, zainteresirane strane
Potvrda procesa	Potvrda nadležnog tijela država sudionika u projektu
Validacija projekta	Imenovanje DOE (eng. <i>Designated Operational Entity</i>), operativno tijelo čiji je zadatak provjeriti zadovoljava li projekt sve uvjete, provjera prethodnih koraka i odobrenje projektnih aktivnosti
Registracija projekta	Zahtjev Izvršnom odboru za registracijom projekta, sadrži odobrenje zemalja sudionica te zahtjev za namjeru korištenja CER/ERU jedinica
Monitoring	Praćenje smanjenja emisija tijekom kreditiranja projekta
Verifikacija/Certifikacija	Izveštaj i potvrda podataka o smanjenju emisije od strane neovisne verifikacijske kuće.
Emisijske jedinice	Završni dio projekta, izdavanje CER/ERU jedinica

4.1. Mehanizam čistog razvoja (CDM)

Republika Hrvatska ima mogućnost sudjelovanja u CDM projektima. Zemlja domaćin projekta mora biti zemlja u razvoju koja ne podliježe ograničenju emisija. Kao primjer se mogu uzeti susjedne države Republike Hrvatske: Bosna i Hercegovina, Srbija, Albanija, Makedonija. Realizacijom projekta bi se ostvarile emisijske uštede u zemlji domaćinu u obliku CER jedinica koji bi se prebacivali na račun zemlje ulagača (RH). Time bi ukupne emisije u emisijskom sustavu rasle i moglo bi se neizravno utjecati na smanjenje emisija i zadovoljenje emisijske kvote RH.



U nastavku je dan hipotetski CDM projekt suradnje Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Radi se o tvornici dušične kiseline GIKIL ukupnog kapaciteta proizvodnje dušične kiseline od 178 t HNO₃/dan uslijed čega ima emisiju snažnog stakleničkog plina N₂O. Procijenjeno je da po 1 t HNO₃ emitira 7 kg CO₂e. Ugradnjom katalizatora tijekom proizvodnje, emisija N₂O će biti smanjena za 85 %. Procijenjeno ulaganje za izgradnju katalizatora iznosi 1 800 000 € [8].

U nastavku je dan pregled proračuna koliko bi bilo smanjenje emisija tijekom dogovorenog vremenskog trajanja CDM projekta od 10 godina s tim da tvornica radi 350 dana godišnje.

Ukupna emisija ugljikova dioksida tijekom jedne godine prije ugradnje katalizatora:

$$7 \text{ kg N}_2\text{O/t HNO}_3 * 178 \text{ t HNO}_3 * 350 \text{ dana} * 310 \text{ GWP}_{\text{N}_2\text{O}} = 135 191 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Ukupna emisija ugljikova dioksida tijekom jedne godine nakon ugradnje katalizatora koji smanjuju emisije za 85 %:

$$7 \text{ kg N}_2\text{O/t HNO}_3 * 178 \text{ t HNO}_3 * 350 \text{ dana} * 310 \text{ GWP}_{\text{N}_2\text{O}} * (1 - 0,85) = 20 278 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Smanjenje ukupnih emisija ugljikova dioksida tijekom jedne godine nakon ugradnje katalizatora koji smanjuju emisije za 85 %:

$$135 191 \text{ t CO}_2\text{e} - 20 278 \text{ t CO}_2\text{e} = 114 913 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Cijena prebačenih CER jedinica u EU ETS sustavu trgovanja iznosi 4,67 €/t CO₂e (20.7.2016). Prema tome, smanjenjem emisija bi se otvorila mogućnost korištenja tih potvrđenih jedinice smanjenja emisija (CER) za podmirenje obveza smanjena emisija zemlje ulagača, odnosno Republike Hrvatske. U slučaju da Republika Hrvatska ne uspije ispuniti obvezu smanjenja emisija prema Protokolu iz Kyota te da mora platiti količinu emisija od 114 913 t CO₂e to će iznositi 536 643 € tijekom jedne godine.

$$114 913 \text{ t CO}_2\text{e} * 4,67 \text{ €/t CO}_2\text{e} = 536 643 \text{ €}$$

Ako se napravi proračun za dogovoreno vremensko trajanje CDM projekta od 10 godina tada će ukupno smanjenje emisija iznositi 1 149 130 t CO₂e, a ukupna financijska korist od toga smanjenja za Republiku Hrvatsku može iznositi 5 366 430 €. Ako to usporedimo s početnim ulaganjem od 1 800 000 €, tada bi zarada zemlje ulagača, Republike Hrvatske mogla iznositi 3 566 430 €. Uz financijsku korist i pomoći pri podmirenju obveze smanjenja emisija zemlje ulagača, zemlja domaćin, Bosna i Hercegovina bi imala korist uslijed smanjenja onečišćenja okoliša te uvođenja nove tehnologije u obliku katalizatora.

4.2. Mehanizam zajedničke provedbe (JI)

Kod JI projekata i zemlja domaćin i zemlja ulagač podliježu ograničenju emisija, odnosno imaju obveze smanjenja emisija te stoga zbroj kvota emisija mora ostati isti. U ovom slučaju



se smanjenje emisije u obliku ERU jedinica (engl. *Emission Reduction Units*) prebacuje s računa zemlje domaćina na račun zemlje ulagača. Na taj način se kvote emisije zemlje domaćina smanjuju, a za isti iznos se povećavaju kvote emisija zemlje ulagača. Time zemlja ulagač olakšava ispunjenje obveza smanjenja emisija, a zemlja domaćin ima koristi od stranih investicija i prijenosa novih tehnologija.

U nastavku je dan hipotetski JI projekt suradnje Republike Hrvatske i države koja će imati koristi od povećanja kvota emisija putem ERU jedinica, Njemačke. Radi se o izgradnji hidroelektrane s instaliranom snagom od 10 MW i očekivanom godišnjom proizvodnjom električne energije od 45 GWh/god. Pretpostavka je da će se izgradnjom hidroelektrane i proizvodnjom električne energije smanjiti proizvodnja električne energije koristeći neobnovljivi izvor energije, ugljen. Za Republiku Hrvatsku emisija ugljikova dioksida po jedinici proizvedene energije za ugljen iznosi 0,918 t CO_{2e}/MWh. Prema tome, izgradnjom hidroelektrane bi se umjesto neobnovljivog izvora energije koristio obnovljivi izvor energije. Vrijednost projekta procjenjuje se na 8 000 000 €. Vremensko trajanje JI projekta iznosi 15 godina.

Ukupna emisija ugljikova dioksida tijekom jedne godine pri proizvodnji 45 GWh električne energije ugljenom:

$$45 \text{ GWh/god} * 918 \text{ t CO}_2\text{e/GWh} = 41\,310 \text{ t CO}_2\text{e/god}$$

Smanjenje ukupna emisije ugljikova dioksida tijekom trajanja JI projekta od 15 godina pri proizvodnji 45 GWh električne energije u hidroelektrani:

$$41\,310 \text{ t CO}_2\text{e/god} * 15 \text{ god} = 619\,650 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Na ovaj način bi Njemačka ulaganjem u hidroelektranu u Republici Hrvatskoj ostvarila povećanje kvota emisija za 41 310 t CO_{2e}/god u vremenskom periodu od 15 godina što bi joj pomoglo u podmirivanju obveza kvota emisija u sklopu Kyoto protokola. U isto vrijeme, Republika Hrvatska bi imala koristi od smanjenja onečišćenja okoliša te nove hidroelektrane kojom bi mogla proizvoditi više električne energije čijom bi prodajom vratila veliki dio uloženi sredstava.

5. Zaključak

Fleksibilni mehanizmi predstavljaju jedan od instrumenata ispunjenja obveza smanjenja emisija stakleničkih plinova. Iako u svijetu trenutno postoji više od 8000 CDM projekata i preko 750 JI projekata može se reći kako Republika Hrvatska ne koristi prednosti fleksibilnih mehanizama jer do sad na području Republike Hrvatske nije registriran niti jedan CDM i JI projekt. Jedan od razloga nekorištenja fleksibilnih mehanizama je to što se prijašnja politika vodila idejom da potencijalno smanjenje emisija ostvareno provođenjem JI projekata ne trebamo prodavati drugim državama jer će trebati nama za ispunjenje obveza smanjenja emisija. Iz današnje perspektiva politika je bila pogrešna zbog laganog ispunjenja smanjena emisija zahvaljujući padu gospodarske aktivnosti izazvanom gospodarskom krizom.

Korištenjem JI projekata Republika Hrvatska je mogla imati znatne koristi pri čemu bi lakše prebrodila krizu. Pad gospodarske aktivnosti je izazvao smanjenje emisija stakleničkih plinova što je omogućilo ispunjenje obveza smanjenja emisija u prvom vremenskom razdoblju između 2008. i 2012. godine. U drugom vremenskom razdoblju između 2013. i 2020. godine postoje daljnje obveze smanjenja emisija koje se neće moći ispuniti ako se nastavi gospodarski rast bez upotrebe fleksibilnih mehanizama. U uvjetima kada postoje poteškoće sa ispunjavanjem obveza smanjenja emisija, pogodno je koristiti CDM projekte. Još jedna prednost korištenja CDM projekata je to, što je puno teže dokazati da bez JI projekta ne bi došlo do smanjenja emisija. Kako do sad u Republici Hrvatskoj nije proveden nijedan CDM i JI projekt, postoje poteškoće što se tiče zakonske regulative te osposobljenosti stručnih kadrova za njihovu provedbu što će u budućnosti otežati primjenu fleksibilnih mehanizama u svrhu ispunjenja obveza smanjenja emisija u okviru Protokola iz Kyota.

6. Literatura

- [1] Hrvatski sabor. Kyotski protokol uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime. Narodne novine 05/07.2007.
- [2] Ministarstvo zaštite okoliša i prirode. Nacrt prijedloga zakona o potvrđivanju izmjene iz Dohe Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime, s nacrtom konačnog prijedloga zakona. 2015.
- [3] Ministarstvo zaštite okoliša i prirode. Fleksibilni mehanizmi. 2015.
- [4] Dominis, Ž. Posljedice stupanja na Snagu Protokola iz Kyota. Naše more. 53(3-4),125-139. 2006.
- [5] Hrnčević. L. Analiza provedbe Kyoto protokola na naftnu industriju i poslovanje naftne tvrtke. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Zagreb. 2008.
- [6] Okvirna konvencija o klimatskim promjenama Ujedinjenih naroda. URL: <http://unfccc.int> (18. 07. 2016.)
- [7] Lipoščak M. Primjena Europske sheme trgovanja emisijama stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj. EKONERG – Institut za energetiku i zaštitu okoliša d.o.o.
- [8] GIKIL. Mehanizam čistog razvoja. Projektna dokumentacija (CDM PPD). 2006.

Skripta način rada DC izvora fotonaponskog emulatora *Script mode of DC source photovoltaic emulator*

D. Pelin^{1*}, M. Opačak^{2*}

¹Elektrotehnički fakultet u Osijeku, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska
²HEP-ODS d.o.o., Elektroslavonija Osijek, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: pelin@etfos.hr; milan.opacak@gmail.com

Sažetak

Padom cijena fotonaponske opreme na tržištu, porasla je ugradnja fotonaponskih sustava pogotovo u Slavoniji i Dalmaciji. Zbog toga dolazi do potrebe učinkovitog ispitivanja opreme te optimalnog odabira opreme pri projektiranju fotonaponskih (FN) sustava. Emulator fotonaponskih sustava služi za procjenu proizvodnje električne energije fotonaponskih sustava s obzirom na odabir broja i načina spajanja fotonaponskih modula po stringu i/ili tehnologije izrade fotonaponskih modula. Ovaj rad opisuje primjenu istosmjernih programabilnih izvora, njihove karakteristike, tehničke podatke te postojeće načine rada koji se koriste pri radu s jednim stvarnim FN emulatorom. Radom se posebno obrađuje jedan od načina rada izvora tj. Skripta način rada (upravljanje pomoću memorijske kartice) s pomoću kojeg se znatno smanjuje potrebno vrijeme emulacije.

Abstract

Decreasing market prices of photovoltaic equipment caused increasing installation of photovoltaic systems, especially in Slavonia and Dalmatia. Consequently with installation growth there is need of equipment effective interrogation and optimal equipment selection used to design photovoltaic systems. Photovoltaic system emulator is used to estimate electricity production of photovoltaic systems regarding to the selection and number of modes for connecting photovoltaic modules and/or production technology of photovoltaic modules. In this paper is described application of programmable DC sources, their characteristics, specifications, and present modes that are used in a real PV emulator. One of the source modes i.e. "Script mode" (managing by using a memory card) which significantly reduce required emulation time is specifically processed in this paper.

Ključne riječi: FN emulator, emulacija, programabilni izvor, skripta način rada, ograničenja

1. Uvod

Elektroenergetski sustav do prethodnih godina bio je većinom centraliziran na proizvodnju energije od jednog strateškog proizvođača, što se značajno i brzo mijenja proteklih godina pojavom pametnih mreža (engl. smart grid), tj. decentraliziranom proizvodnjom iz obnovljivih izvora (OIE). Jedni od najčešće korištenih sustava za proizvodnju električne energije iz OIE

u pametnim mrežama su fotonaponski sustavi. Potražnja i ugradnja fotonaponskih modula je u velikoj ekspanziji diljem cijelog svijeta pa tako i u Hrvatskoj [1]. Tržište zahtjeva što kvalitetnije i brže načine za emuliranje fotonaponskih sustava. Oprema koja se koristi za emuliranje rada fotonaponskih modula su FN emulatori čiji je sastavni dio programabilni istosmjerni izvor. Prednosti fotonaponskog emulatora očituju se u njegovoj maloj dimenziji jer zauzima malo prostora u odnosu na stvarni robusni fotonaponski sustav. Nadalje, klimatski uvjeti nemaju utjecaj na rad jer je sustav mobilan i prilagodljiv za svako mjesto, te je naravno prihvatljiva cijena.

Postoji niz proizvođača u svijetu koji proizvode istosmjerne programabilne izvore kao što su ET System, Energy System Group, Magna-Power Electronics, itd.. Kod programabilnih izvora potrebno je dobro poznavati njihove mogućnosti, primjenu, osnovne karakteristike, tehničke podatke, itd. Programabilni izvori mogu raditi u različitim načinima rada (UI, UIP, UIR, PVsim i Skripta). Posebno je izdvojen Skripta način rada (upravljanje pomoću memorijske kartice). Skripta način rada omogućuje da se pomoću unaprijed definiranih naredbi posloženih u programskom kodu tj. skripti pomoću memorijske kartice, pokreću programabilni izvori, te se može upravljati prema potrebama emulacije. Skripta način rada ima svoje prednosti i nedostatke koji se moraju dobro poznavati i analizirati. Postoje određeni uvjeti pri pisanju skripte što ovaj način rada stavlja u ograničavajući položaj. U ovom radu date su tehničke karakteristike programabilnog izvora koji se koristi u jednom odabranom fotonaponskom emulatoru. Detaljno su opisani načini rada takvog izvora pri čemu je posebno odabran Skripta način rada. Pokazano je kako se unatoč vremenskim ograničenjima pisanja skripte za upravljanje programabilnih izvora u smislu trajanja vremena emulacije, Skripta načinom rada može emulirati jedna odabrana fotonaponska elektrana na bazi jednog odabranog dana.

2. Karakteristike programabilnih izvora

2.1. Osnovne karakteristike

U odabranom fotonaponskom emulatoru koriste se dva istosmjerna programabilna izvora LAB/HP 101000 proizvođača ET SYSTEM. Istosmjerni programabilni izvori služe za pretvorbu izmjenične električne energije koju preuzimaju iz mreže u istosmjernu električnu energiju čije karakteristike odgovaraju karakteristikama fotonaponskih modula ili stringova. Istosmjerni programabilni izvori mogu raditi u paralelnom i serijskom načinu rada. Kad izvori rade u paralelnom načinu rada emulira se niz fotonaponskih modula napona do 1000 V, te nazivne struje do 20 A. Ako izvori rade u serijskom načinu rada, onda se mogu emulirati stringovi napona do 2000 V i nazivne struje od 10 A. Također, programabilni istosmjerni izvori mogu raditi u master/slave načinu što omogućava spajanje više izvora u paralelu ili seriju, a na taj način može se povećavati izlazna struja ili napon tj. upravljanjem jednim izvorom automatski se upravlja djelovanjem i drugih izvora.

2.2. Tehnički podaci

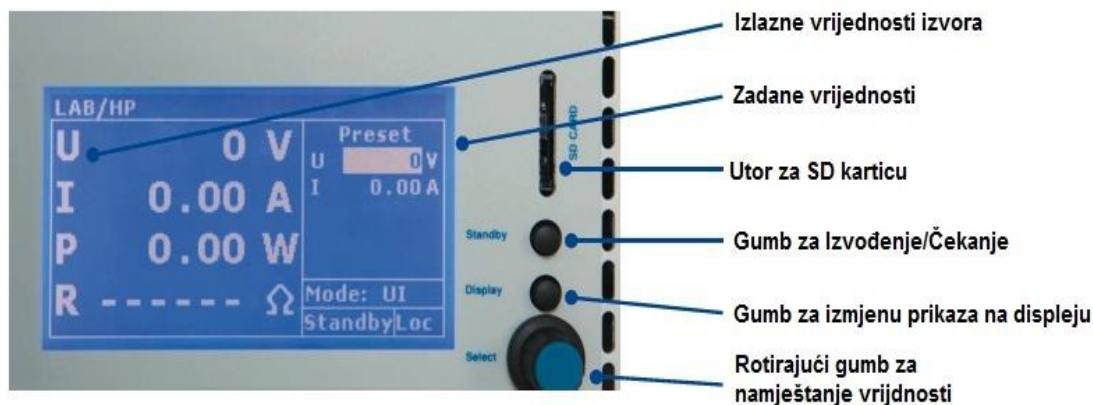
U tablici 1. prikazane su glavne tehničke karakteristike istosmjernog programabilnog izvora LAB/HP 101000.

Tablica 1. Tehničke karakteristike izvora HP/LAB 101000

Tehničke karakteristike	
Snaga	10000 W
Maksimalni napon izvora	do 1000 V
Maksimalna struja izvora	do 10 A
Ulazna frekvencija	47-63 Hz
Ulazno naponsko područje	230 VAC / 3x208 VAC / 3x480 VAC +- 10%
Spoj na izmjeničnu mrežu	Trofazan
Prenaponska zaštita	0 - 120 % Vmax
Zaštita strujnog kruga	OC/OV/OT/OP
Upravljanje i nadgledanje izlaza	Prednja upravljačka ploča i opcijski analogno 0-+5 V/+10 V izolirano / Digitalno 12 bita: RS232, RS485, IEE488, LAN, USB, SD kartica
Izolacija	3000 V
Dimenzije izvora	19" x 3 HE x 620 mm
Radna temperatura	0 - 50°C

2.3. Upravljačka ploča izvora

Na upravljačkoj ploči programabilnog izvora nalazi se plavi LCD zaslon, na kojemu se ispisuju trenutni parametri koji se dobivaju ili koji se unose u izvor kao zadani parametri. Zaslom je podijeljen na tri dijela od kojih svaki ispisuje zasebnu cjelinu naredbi ili podataka. Na slici 1. lijevi dio zaslona (LAB/HP) prikazuje trenutne vrijednosti napona i struja te pomoću njih izračunava snagu i otpor.



Slika 1. Zaslom programabilnog izvora LAB/HP 101000

U tablici 2. je dan detaljan opis oznaka koje se mogu pojaviti na zaslonu. Gornji desni dio zaslona (Preset) prikazuje vrijednosti koje se zadaju izvoru. U donjem desnom kutu vidljiv je aktualan način upravljanja izvorom, aktualan način rada izvora i zadani način rada (mode).

Tablica 2. Oznake i njihovo značenje na zaslonu programabilnog izvora

DESNI I LIJEVI DIO ZASLONA			DONJI DESNI DIO ZASLONA		
RB	OZNAKA	OPIS	RB	OZNAKA	OPIS
1.	U	Izlani napon	1.	Loc	Upravljanje preko prednje upravljačke ploče
2.	I	Izlazna struja	2.	Scr	Upravljanje preko memorijske kartice
3.	P	Izlazna snaga (samo za UIP način rada)	3.	AI	Upravljanje preko analognog sučelja
4.	Ri	Serijski otpor (samo za UIP način rada)	4.	Ram	Upravljanje preko sučelja
5.	Ump	MPP napon (za PVsim način rada)	5.	LLO	Upravljanje preko sučelja, prednja upravljačka ploča je zaključana
6.	Imp	MPP struja (za PVsim način rada)			
DONJI DESNI (GORNJI) DIO ZASLONA			DONJI DESNI (LIJEVI) DIO ZASLONA		
RB	OZNAKA	OPIS MODA	RB	OZNAKA	OPIS
1.	UI	Naponsko i strujno ograničenje	1.	Standbay	Stanje čekanja
2.	UIP	Naponsko i strujno ograničenje i ograničenje prema snazi	2.	U-Limit	Način rada s obzirom na granični napon
3.	UIR	Naponsko i strujno ograničenje, simulirani unutarnji otpor	3.	I-Limit	Način rada s obzirom na graničnu struju
4.	PVsim	Simulacija fotonaponske karakteristike	4.	P-Limit	Način rada s obzirom na graničnu snagu
5.	User	Simulacija korisnički definirane UI karakteristike			

Na slici 1. vidljiva je oznaka „Standby“ što znači da je uređaj u stanju čekanja ili u stanju izvođenja naredbe. Taj prikaz povezan je s funkcijskom tipkom čekanje/izvođenje koja se nalazi neposredno pored zaslona. Pored „Standby“ se nalazi oznaka „Loc“ (upravljanje preko prednje upravljačke ploče) koja može biti Scr, AI, Rem i LLO. Te oznake prikazuju aktualni način upravljanja izvorom, a njihovo značenje vidljivo je u tablici 2. Također, u desnom donjem uglu iznad standby nalazi se prikaz „Mode“ koji prikazuje u kojem trenutnom stanju radi izvor.

2.4. Načini rada programabilnog izvora LB/HP 101000

Istosmjerni programabilni izvor LAB/HP 101000 ima 5 načina rada [2-3]:

- **UI način rada** (naponsko i strujno ograničenje)
Kod UI načina rada napon i struja su zadane vrijednosti te se direktno prenose do regulatora (switch mode regulator).
- **UIP način rada** (naponsko i strujno ograničenje prema određenoj snazi)
To je UI način rada s prilagodljivim ograničenjima, gdje se na regulator izravno prenose zadane vrijednosti napona i struje.
- **UIR način rada** (naponsko i strujno ograničenje sa simuliranim promjenjivim otporom)

U UIR načinu rada vrijednost napona koja je zadana regulira se simuliranjem napajanja s promjenjivim unutarnjim otpornikom, a granična vrijednost struje se izravno prenosi do regulatora.

- **PVsim način rada** (simulacija fotonaponske karakteristike)
Kod PVsim načina rada, izvor daje mogućnost simulacije U-I karakteristike fotonaponskog modula. Da bi se simulirala karakteristika potrebno je poznavati struju kratkog spoja I, napon praznog hoda modula U. Potrebno je još poznavati vrijednosti struje I_{mpp} i napona U_{mpp} pri maksimalnoj snazi modula.
- **Skripta način rada** (upravljanje isprogramiranim kodom pomoću SD memori. kartice)
Skripta način rada je model rada kada se izvorom upravlja preko memorijske kartice. Prethodno napisani kod se prenosi pomoću SD kartice na izvor i tako upravlja njime. Kad je uređaj upravljan na Skripta način rada u donjem desnom uglu zaslona se pojavljuje oznaka „Scr“.

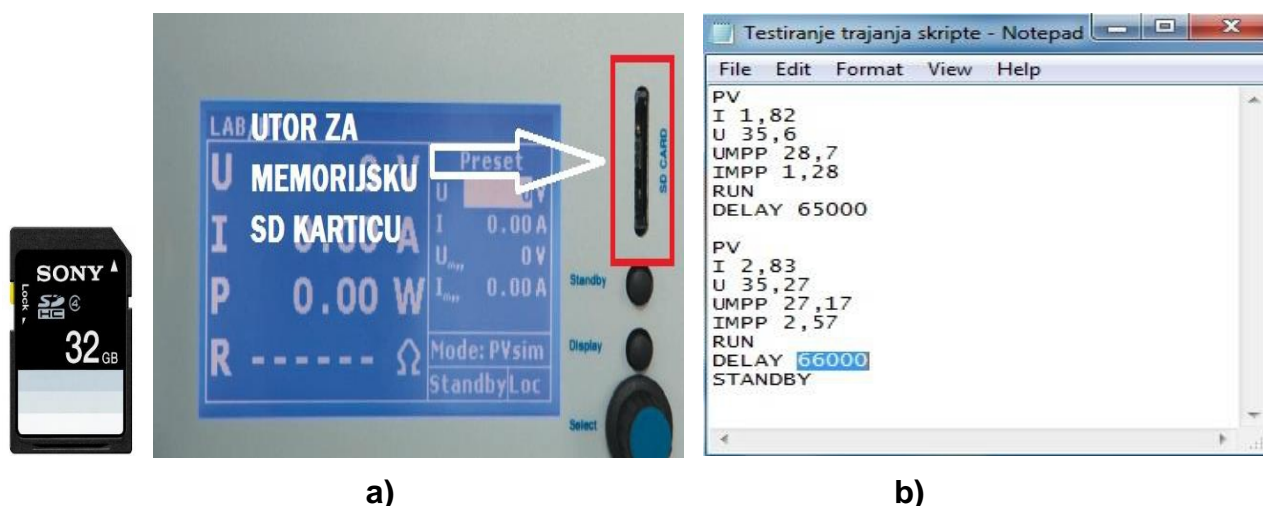
3. Skripta način rada

Za upravljanje istosmjernih programabilnih izvora koristi se Skripta način rada. Postoje definirane naredbe koje posložene u dokumentu, koji se naziva skripta, te čine upravljački kod za programabilni istosmjerni izvor tj. izvorom se upravlja u točno određenim trenucima. Zato su definirane naredbe (tablica 3.) koje se koriste u Skripta načinu rada programabilnih izvora.

Tablica 3. Naredbe Skripta načina rada

Naredba u skripti	Parametar	Objašnjenje naredbe
DELAY	Ms	Odgađanje zadane naredbe
I	I(A)	Zadana izlazna struja
I_{mpp}	I(A)	Zadana struja MPP-a kod PV simulacije rada
LOOP		Vraćanje petlje
P_{max}	P(W)	Zadavanje granične snage za UIP mod-a
PV		PVsim način rada programabilnog izvora
RI	R(Ω)	Zadani unutarnji otpor kod UIR načina rada
RUN		Isključuje standbay način rada i pokreće Skripta način rada
STANDBY		Čekanje
U	U(V)	Zadani izlazni napon
UI		UI način rada programabilnog izvora
UIP		UIP način rada programabilnog izvora
UIR		UIR način rada programabilnog izvora
U_{mpp}	U(V)	Zadavanje napona MPP-a kod PV simulacije rada
USER		Valna UI karakteristika
WAVE		Početak programiranja UI karakteristike
- WAVE		Završetak programiranja UI karakteristike
; ili #		iskazivanje komentara

Radi se o programskom kodu u obliku tekstualnog dokumenta izrađenom u programu Notepad za Windows operativni sustav ili u Geditu za Linux sustav. Takva datoteka se preko memorijske kartice (SD-kartice) prenosi u programabilni izvor koji učitava sadržaj skripte [4]. Postoji niz naredbi koje se koriste za pisanje skripte i vidljive su u tablici 3. Prije početka pisanja tj. kreiranja skripte potrebno je odrediti jedan od pet prethodno nabrojanih načina rada (UI, UIP, UIR, PVsim i Script). Uz osnovne parametre koje je potrebno unijeti u skriptu, nužne su i naredbe RUN, DELAY i STANDBY. RUN označava početak naredbe, a DELAY označava trajanje jedne naredbe u skripti. Vremensko trajanje jedne naredbe u skriptu načinu rada iskazuje se u milisekundama (ms). Da bi se započeta radnja u skripti izvršila do kraja, potrebno je postaviti na završetak naredbu STANDBY. S njom se radnja završava i može se pokrenuti nova. Tu se nameće problem maksimalnog vremena trajanja jedne naredbe u skripti. Slika 2. a) prikazuje primjer SD kartice te utora na programabilnom izvoru u koji se umeće kartica sa skriptom.



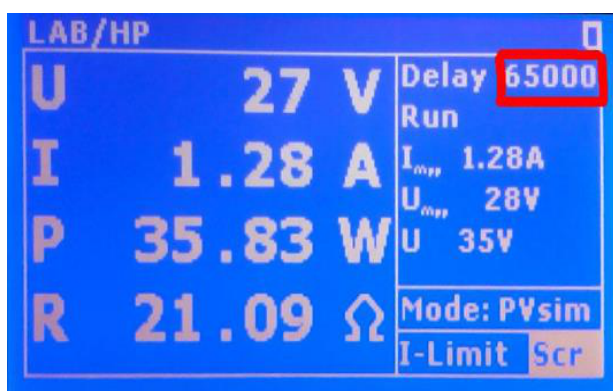
Slika 2. a) SD kartica i utor na izvoru za umetanje b) Skripta napisana za testiranje vremenskog ograničenja naredbe

4. Testiranje skripti i emulacija pomoću skripta načina rada

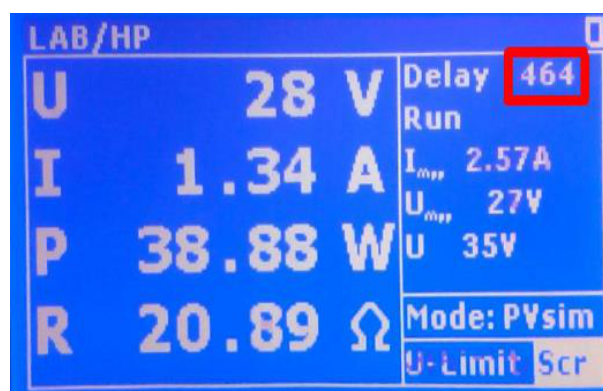
4.1. Testiranje skripte

Za testiranje maksimalnog vremena trajanja jedne naredbe koristi se PVsim način rada. Utvrđeno je da je maksimalno vrijeme trajanja jedne naredbe 65000 ms. Da bi istestirali vrijeme trajanje jedne naredbe napravljena je skripta u PVsim načinu rada s dvije naredbe kojom je upravljani istosmjerni izvor HP/LAB 101000 opterećen otporom od 20 Ω , slika 2. b). Prva i druga naredba razlikuju se u vremenskom trajanju, gdje je prva postavljena na maksimalnih 65000 ms, a druga naredba na 66000 ms. Podaci u skripti za prvu naredbu: jakost struje kratkog spoja $I = 1.82$ A, napon praznog hoda $U = 35.6$ V, napon pri maksimalnoj snazi $UMPP = 28.7$ V, struja pri maksimalnoj snazi $IMPP = 1.28$ A i DELAY 65000. Podaci u skripti za drugu naredbu: $I = 2.83$ A, $U = 35.27$ V, $UMPP = 27.17$ V, $IMPP = 2.57$ A, DELAY 66000. Izvršavanje obje naredbe vidljive su na zaslonu programabilnog izvora LAB/HP 101000. Prva naredba prikazana na slici 4a prikazuje da je istosmjerni programabilni izvor potpuno izvršio naredbu u zadanom vremenu od 65000 ms [4].

Druga naredba prikazana na slici 4b. prekoračila je maksimalno vrijeme i izvor nakon toga vrši rekalkulaciju vremenskog trajanja tj. pomoću algoritma postavlja se novo vrijeme za izvršenje zadane naredbe. Stoga se na displeju umjesto 66000 ms prikazuje vrijeme od 464 ms. Dakle izvor nije odradio postavljeno vrijeme, čime je pokazano jedno od ograničenja izvora. U slučaju da dođe do prekoračenja pri unošenju vremenskog intervala, izvor to neće registrirati kao pogrešku, već će nastaviti izvršavati naredbe sa skraćenim vremenom u odnosu na zadano. Ovo vrijeme uz određeni maksimalni broj naredbi od 35 koje se mogu napisati u jednoj skripti [4], određuju vremenski period za koji se može odraditi emulacija. Dakle nešto manje od 35 minuta je maksimalni vremenski period za koji se može odraditi emulacija na ovaj način. To je nedovoljno za bilo koju ozbiljnu emulaciju. Zato sa skripta načinom rada treba raditi tzv. pametnu-brzu emulaciju [5].



a)



b)

Slika 4a i 4b. Prikaz na zaslonu programabilnog izvora za prvu i drugu naredbu

4.2. Pametna - brza emulacija s pomoću Skripta načina rada

Pomoću Skripta načina rada izvršena je emulacija za fotonaponsku elektranu ETFOS1. Fotonaponska elektrana ETFOS1 nalazi se na krovu Elektrotehničkog fakulteta u Osijeku, a sastoji se od 40 fotonaponskih modula dvije različite tehnologije, monokristalne BISOL BMO 250 i polikristalne BMU 250 spojene u dva stringa (po 20 modula), spojenih u seriju zasebno na centralni izmjenjivač. Za emulaciju elektrane u prethodno opisani programabilni izvor unose se podaci navedenih fotonaponskih modula, a izvor s tim podacima oponaša strujno naponske karakteristike stringa. Pomoću pametne-brze emulacije ubrzava se vremenski postupak emulacije, s obzirom na postojeće vremenske intervale mjerenja (tablica 4.) emulacija treba trajati oko 9 sati (od 7:19 do 15:51), što je poprilično zahtjevno. Za emulaciju u ovome radu uzeti su podaci proizvodnje električne energije s izmjenjivača KACO Powador 12.0 TL3 INT, elektrane ETFOS1 za kišni dan (20.11.2015) svakih 30 minuta.

Tablica 4. Preuzete veličine fotonaponskih nizova dobivene iz KACO izmjenjivača

Vrijeme [h]	Uoc1 [V]	Isc1 [A]	Umpp1 [V]	Impp1 [A]	Uoc2 [V]	Isc2 [A]	Umpp2 [V]	Impp2 [A]
7:19	659	0,102	470,6	0,08	600	0,166	472,9	0,13
7:49	659,6	0,37	474,6	0,29	602	0,434	477	0,34
8:19	659,8	1,537	553,8	1,38	643	0,626	623,4	0,49
8:49	658,9	1,188	611,2	0,93	643,7	1,136	627,3	0,89
9:19	659,5	3,242	632,3	2,91	670,7	2,145	648,7	1,88
9:50	658,7	2,763	617,9	2,48	668,5	2,807	635,1	2,46
10:20	658,5	3,064	612,5	2,75	660,1	3,138	624,1	2,75
10:50	659,1	2,674	595,6	2,4	659	2,704	610,5	2,37
11:20	658,8	2,897	599,6	2,6	659,5	2,807	620,3	2,46
11:50	658,6	2,852	591,8	2,56	660,5	2,213	632,6	1,94
12:20	658,75	2,618	598,5	2,35	672	2,168	650,9	1,9
12:50	659,05	2,406	604,9	2,16	659,2	1,711	629,2	1,5
13:20	668,7	1,251	641,7	0,98	658,6	1,226	615,3	0,96
13:50	659,8	0,919	613,4	0,72	650	0,958	601,7	0,75
14:20	658,65	1,06	590,8	0,83	653	1,06	604,7	0,83
14:51	658,6	0,677	591,7	0,53	652,8	0,741	589,8	0,58
15:21	658,9	0,434	475,9	0,34	652,5	0,434	536,2	0,34
15:51	658,5	0,038	474,6	0,03	602	0,217	477	0,17

U tablici 4. navedeni su glavni parametri strujno-naponske karakteristike fotonaponskih modula: U_{oc} -napon otvorenog kruga;

I_{sc} -struja kratkog spoja;

U_{mpp} -napon maksimalne snage;

I_{mpp} -struja maksimalne snage;

Već je prije utvrđeno da je vremensko ograničenje u Skripta načinu rada oko 35 minuta. Da bi se smanjilo vrijeme emulacije na ispod 35 minuta napravljene su dvije skripte, za svaki modul po jedna, prema strujno-naponskim karakteristikama iz tablice 4., te je postavljeno vrijeme izvršavanje jedne naredbe na 60 sekundi tj. na jednu minutu. Time pametna-brza emulacija traje 18 minuta, umjesto očekivanih 9 sati. Prije samog pokretanja skripte izračunava se stvarna proizvodnja električne energije za svaki vremenski interval prema podacima iz tablice 4. [5-6], te proizvodnja pojedinog stringa (tehnologije) prema sljedećoj formuli:

$$W_{ni} = U_{MPPni} \cdot I_{MPPni} \cdot \Delta t \cdot \eta \quad (1)$$

gdje je:

W_{ni} – energija jednog stringa u određenom vremenskom intervalu

I_{MPPni} – struja maksimalne snage niza pri određenom vremenskom intervalu

U_{MPPni} – napon maksimalne snage niza pri određenom vremenskom intervalu

n – redni broj niza

Δt – trajanje jednog vremenskog intervala (30 min)

η – stupanj djelovanja izmjenjivača (0,984) [3]

U tablici 5. (bijeke kolone 2, 3 i 4) prikazana je izračunata električna energija za svaki string i ukupna proizvedena električna energija za odabrani dan. Izračunato je 14,73 kWh.

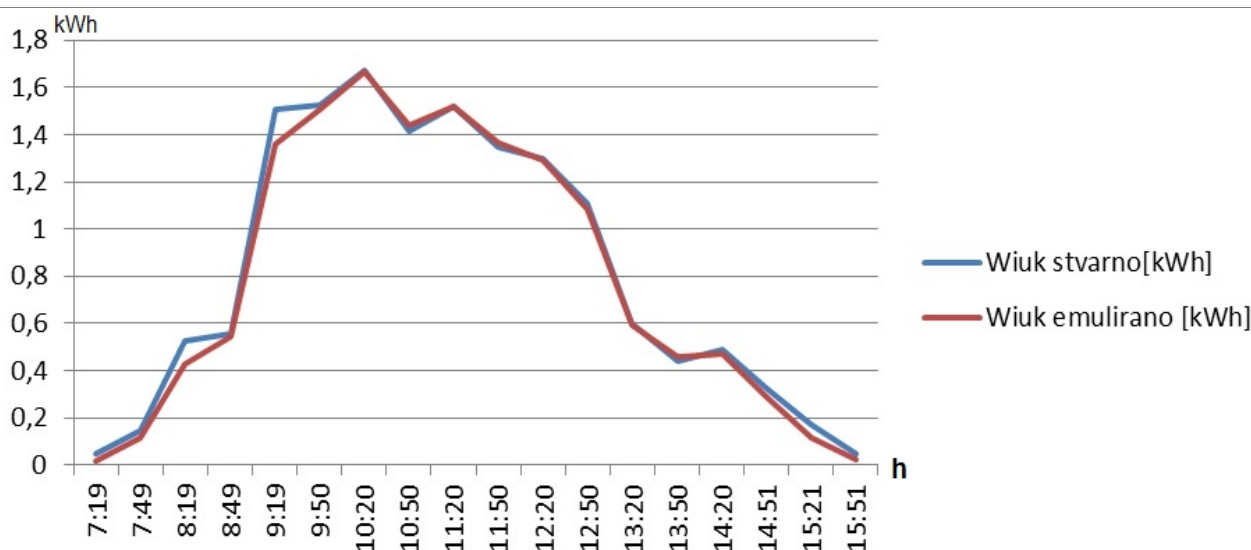
Kada se skripte napišu i testiraju, one se pomoću memorijskih SD kartica prenose u programabilne izvore, kako je to opisano u prethodnom poglavlju. Emulacija započinje istovremenim aktiviranjem tipaka „Standby“ na oba izvora. Za vrijeme emulacije istosmjerni programabilni izvori odrađuju zadane strujno-naponske karakteristike za svaku naredbu, te radnu točku postavljaju u položaj maksimalne izlazne snage. Kad se završi emulacija tj. kad se odrade sve naredbe s izmjenjivača fotonaponskog emulatore preuzimaju se podaci koji su izmjereni za vrijeme emulacije. Preuzeti podaci s izmjenjivača emulatore su u vremenskom intervalu od jedne minute kako je postavljeno naredbama skripte te ih je potrebno skalirati na vrijeme od 30 minuta. Izračun emulirane električne energije odrađen je preko izraza:

$$W_{ni} = U_{MPPni} \cdot I_{MPPni} \cdot \frac{\Delta t_i \cdot 30}{1000 \cdot 60} \cdot \eta \quad (2)$$

Tablica 5. Izračunata električna energija prema podacima izmjenjivača s elektrane ETFOS1 i izmjenjivača fotonaponskog emulatore pri emulaciji

Kolona	1	2	3	4	5	6
Vrijeme [h]	Wi1 [kWh]	Wi2 [kWh]	Wiuk [kWh]	Wi1 [kWh] (Emulirano)	Wi2 [kWh] (Emulirano)	Wiuk [kWh] (Emulirano)
7:19	0,019	0,030	0,049	0,006	0,011	0,017
7:49	0,068	0,080	0,148	0,04	0,073	0,113
8:19	0,376	0,150	0,526	0,301	0,125	0,426
8:49	0,280	0,275	0,554	0,288	0,258	0,546
9:19	0,905	0,600	1,505	0,799	0,562	1,361
9:50	0,754	0,769	1,523	0,754	0,755	1,509
10:20	0,829	0,844	1,673	0,809	0,859	1,668
10:50	0,703	0,712	1,415	0,705	0,733	1,438
11:20	0,767	0,751	1,518	0,769	0,752	1,521
11:50	0,745	0,604	1,349	0,767	0,601	1,368
12:20	0,692	0,608	1,300	0,706	0,589	1,295
12:50	0,643	0,464	1,107	0,624	0,457	1,081
13:20	0,309	0,291	0,600	0,282	0,314	0,596
13:50	0,217	0,222	0,439	0,206	0,252	0,458
14:20	0,241	0,247	0,488	0,214	0,258	0,472
14:51	0,154	0,168	0,323	0,112	0,172	0,284
15:21	0,080	0,090	0,169	0,035	0,08	0,115
15:51	0,007	0,040	0,047	0,000	0,022	0,022
	Wuk =14,734 kWh			Wukemul. =14,29 kWh		

Ukupna emulirana električna energija za oba stringa iznosi 14,29 kWh za odabrani dan, tablica. 5 (plave kolone 5, 6 i 7). Usporedbom izračunate električne energije s fotonaponske elektrane ETFOS1 s emuliranom električnom energijom uočava se odstupanje izračunatih električnih energija u iznosu od 0,44 kWh ili 3 % što je tehnički prihvatljivo. Na slici 5. grafički je prikazana usporedba ovih energija za odabrani dan. Iz ovakvih prikaza može se analizirati proizvodnja i ponašanje različitih tehnologija u ovisnosti o klimatskim uvjetima na tjednoj ili mjesečnoj bazi [7].



Slika 5. Dijagram usporedbe proizvodnje Wiuk stvarnog i Wiuk emuliranog

5. Zaključak

Ispitivanja pojedinih fotonaponskih sustava praktički su otežana zbog niza faktora kao što su robusnost sustava, vremenske prilike i visoke cijene ispitivanja. Programabilni istosmjerni izvor je uređaj koji oponaša karakteristike fotonaponskih modula. U radu su stoga dane karakteristike i specifičnosti programabilnog istosmjernog izvora LAB/HP 101000 koji se koristi u odabranom fotonaponskom emulatoru.

Poseban osvrt u ovom radu je dan Skripta načinu rada. Navedena su ograničenja pri pisanju skripti za upravljanje s programabilnim izvorom. Iz provedenih testiranja se može zaključiti da izvor može odraditi naredbe u skripti u vremenskom trajanju jedne naredbe od maksimalno 65000 ms, a da je maksimalni broj naredbi koje se mogu napisati u jednoj skripti 35. To određuje maksimalno vrijeme emulacije od oko 35 minuta.

Dan je primjer emulacije za jedan kišni dan, gdje su uzeti podaci s izmjenjivača fotonaponske elektrane. Pomoću tih podataka provedena je pametna-brza emulacija koristeći Skripta način rada, tako da je trajanje jedne naredbe u skripti postavljeno na 60 sekundi. Na taj je način odrađena emulacija i izračunata proizvedena električna energija na dnevnoj bazi. Napravljena je usporedba ukupno proizvedene električne energije i proizvedene emulirane električne energije. Usporedba je pokazala da postoji tehničko prihvatljivo odstupanje izlazne snage u iznosu od 0,44 kWh ili 3 % za odabrani dan.

U daljnjem radu ispitat će se odstupanja električnih energija za više odabranih dana u mjesecu, pri čemu u obzir treba uzeti ne samo sunčane i kišne dane, već i oblačne dane kada je dinamika promjene sunčevog zračenja mnogo veća i manje predvidiva. Također potrebno je ugraditi električno brojilo u fotonaponski emulator kako bi podaci dobiveni emulacijom bili vjerodostojniji.



6. Literatura

- [1] SMART GRIDS – Napredne elektroenergetske mreže; dostupna na URL: http://www.zelenazona.hr/home/wps/wcm/connect/zelenazona/gospodarstvo/zelene_tehnologije/smart-grids-napredne-elektroenergetske-mreze
- [2] Feher, Igor; Pelin, Denis. “Tehničke upute, testiranja i instalacija istosmjernih programabilnih izvora oznake LAB/HP 101000 proizvođača ET SYSTEM.”, 2014; dostupno na URL: <http://regphosys.eu/en/filebrowser/download/1812>,
- [3] ET-SYSTEM. Operation Modes LAB/XX; dostupno na URL: http://www.et-system.de/fileadmin/migrated/content_uploads/Betriebsmodi-LAB-XX_1305_en.pdf
- [4] Doboviček, Nenad; Pelin, Denis. Mogućnost istosmjernog programabilnog izvora System LAB/HP 101000 kao dijela PV emulatora u skriptu načinu rada. Osijek: Elektrotehnički fakultet Osijek, 2015. (Diplomski rad)
- [5] Pelin, Denis; Opačak Milan. Smart-fast emulation of the photovoltaic system, International Conference on Smart Systems and Technologies 2016 (SST 2016), IEEE Region 8, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, 2016.
- [6] Rapčan, Vjekoslav; Pelin, Denis. Mjerenja na fotonaponskom emulatoru. Osijek: Elektrotehnički fakultet Osijek, 2015. (Diplomski rad)
- [7] Pelin Denis; Šljivac, Damir; Topić, Danijel; Varju, Viktor; “Utjecaj fotonaponskih sustava na regiju”, IDRResearch kft./Publikon Kiado Pecs, Pecs, Hungary, 2014.

Razvoj plinifikacije u Vukovarsko-srijemskoj županiji *Development of gasification in the Vukovar-Srijem County*

M. Ivanović¹, K. Hornung^{2, 3}

¹ Panon institut za strateške studije, Osijek, Hrvatska

² Srednja škola Valpovo, Valpovo, Hrvatska

³ Strojarški fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

Autor za korespondenciju_E-pošta: milanivanovi4@gmail.com

Sažetak

U radu se daje povijesni pregled početka plinifikacije na području Vukovarsko-srijemske županije te prikazuje osnivanje i razvoj te poslovanje dva lokalna distributera prirodnog plina - Plinara istočne Slavonije d.o.o. Vinkovci i Prvog plinarskog društva d.o.o. Vukovar - koji su provodili proces plinifikacije na ovom dijelu slavonske regije. prikazuje se izgradnja plinovoda, broj potrošača i potrošnja prirodnog plina.

Ključne riječi: Plinara istočne Slavonije Vinkovci / plinifikacija Slavonije / Prvo plinarsko društvo Vukovar / Vukovarsko-Srijemska županija

Abstract

The paper provides a historical review of the origins of gasification in the Vukovar-Srijem county and shows the creation and development of this business two local natural gas distributor in Eastern Slavonia in area Vinkovci and Vukovar, which implemented the process of gasification in this part of Slavonia region. Shows the construction of a pipeline, the number of consumers and consumption of natural gas.

Keywords: Plinara istočne Slavonije Vinkovci / gasification of Slavonia / Prvo plinarsko društvo Vukovar / Vukovar-Srijem County

1. Uvodne napomene

Područje Vukovarsko-srijemske županije je uključeno u plinski sustav Republike Hrvatske s gotovo 20-tak godina zakašnjenja u odnosu na osječko područje i ostali dio regije Slavonija i Baranja. Zato je potreban poseban uvod u kojem se u kratkim crtama daju bitni elementi rečenoga razdoblja.

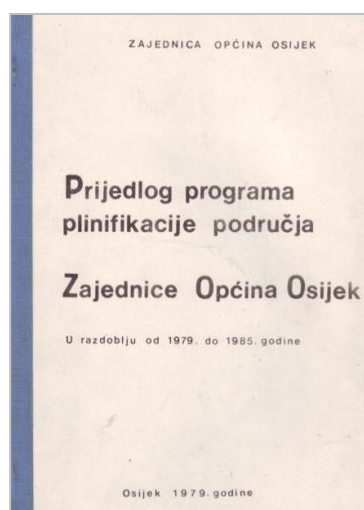
1.1. Program plinifikacije slavonsko-baranjske regije

Nakon otkrića plinskog polja Bokšić Lug (1973. godine) na području slavonske regije u proces plinifikacije uključila se "Elektroslavonija" Osijek: a) izgradnjom plinsko-turbinske elektrane (PTE) u Osijeku i b) vođenjem poslova plinifikacije na regionalnoj razini. "Elek-troslavonija"



je 3.8.1974. godine uputila u (tadašnjih) 14 općina u sastavu Zajednice općina Osijek (ZOO) ponudu za nositelja plinifikacije. Tu je ponudu 1974. godine prihvatilo šest općina, 1975. godine četiri općine i 1976. godine još dvije općine, dok se općine Vinkovci i Slavonski Brod nisu očitovale. U "Elektroslavoniji" su izradili studije plinifikacije za općine na čijem su području 1975. godine gradili magistralni plinovodi prema Osijeku). Prirodni plin doveden je u Osijek koncem 1975. godine do lokacije PTE na Zelenom polju. [1]

Iako su studije plinifikacije za pojedine općine bile izrađene daljnji tijek događaja odvijao se u vrlo složenim okolnostima. Naime, prirodni plin se na području slavonske regije (ZOO) nije u to vrijeme mogao trošiti zbog nepripremljenosti potrošača te je 1975. g. završena izgradnja tri magistralna plinovoda: Bokšić - Donji Miholjac (21 km) i Donji Miholjac – Budrovec (95 km) kao spojni plinovodi prema postojećim velikim potrošačima (Zagreb i okolica) te plinovod Donji Miholjac – Osijek (52 km). [12]



Slika 1. Naslovnica „Programa plinifikacije“ [5]

Izvršno vijeće ZOO na sjednici 4.11. 1976. g. donosi odluku da je "u cilju daljnega razvoja plinifikacije Slavonije potrebno izraditi jedinstveni Program plinifikacije, čiji nositelji trebaju biti „Elektroslavonija“ Osijek i INA-„Naftaplin“ Zagreb" [13]. Uz objašnjenje da nema dovoljnih količina plina za plinifikaciju cijele regije i da su njihovi stručni potencijali preopterećeni, zbog izvršenja vlastitih zadataka, INA-„Naftaplin“ odbila je suradnju na izradi Programa plinifikacije područja ZOO. Stoga su, uz obavljanje tekućih poslova, ovaj Program izradili stručnjaci "Elektroslavonije" 1978. godine. Program je analizirao problematiku uvođenja prirodnog plina u 25 većih naselja u regiji i potvrdio da u prvoj fazi plinifikacije prioritet trebaju imati općinski centri, jer se u ostalih 11 snimljenih mjesta trošilo samo 4,2% supstituabilne energije korištene u Slavoniji. Program je, također, predlagao da se u interesu plinifikacije Slavonije, nakon gradnje Jugoslavenskog naftovoda, postojeći naftovod od Opatovca do Rušćice (Slavonski Brod) u vlasništvu INA-e pre-tvori u magistralni plinovod. [5]

Program plinifikacije prihvatile su skupštine svih 14 općina kao i Skupština Zajednice općina Osijek te stručnjaci INA-„Naftaplina“, jer je uvažavao sve njihove dogovore s pojedinim općinama na čijem su se području nalazila naftna i plinska polja.



Naziv općine	Organ koji je donio odluku	Datum	Broj
1. Beli Manastir	Skupšt. općine	30.05.1979.	S-331/1-1979.
2. Donji Miholjac	Odluka nije donijeta		
3. Đakovo	Skupšt. općine	19.07.1979.	01/1-2320/1-1979.
4. Našice	" "	06.07.1979.	01-2005/1-1979.
5. Nova Gradiška	Izvršno vijeće	10.04.1979.	0-04-1077/1-1979.
6. Orahovica	Odluka nije donijeta		
7. Osijek	Izvršno vijeće	14.08.1979.	05-532/1-1979.
8. Pod. Slatina	Vijeće udr.rada	09.01.1980.	01-279/1-1980.
9. Slavonski Brod	Izvršno vijeće	18.04.1979.	I/2-7459/1-1979.
10. Slav. Požega	Skupšt. općine	01.07.1979.	I/3-10158/1-1979.
	Općin. skupšt.	09.05.1979.	01-2779/1-1979.
	Izvršno vijeće	11.04.1979.	01-2268/1
11. Valpovo	Skupšt. općine	11.05.1979.	01-408/1-1979.
12. Vinkovci	Izvršno vijeće	24.12.1979.	10-3620/1-1979.
13. Vukovar	" "	06.11.1979.	01-4944/1-1979.
14. Županja	Skupšt. općine	15.05.1979.	01-178/1-1979.

Slika 2. Pregled odluka općina o usvajanju „Programa plinifikacije“ (1980.) [5]

Nakon prihvaćanja Programa načinjen je Društveni dogovor o razvoju plinske mreže na području ZOO u razdoblju 1980.-1985. godine koji nikad nije potpisan; naime - nije se mogla dogovoriti financijska konstrukcija za njegovu realizaciju, pogotovo nakon što je INA-„Naftaplin“ odbila njegovo potpisivanje uz obrazloženje „da - iako je Program tehnički dobro postavljen - njegova realizacija u navedenom petogodišnjem razdoblju zbog ograničenih količina plina nije moguća“. Nepotpisivanje Društvenog dogovora praktično je značilo odustajanje od jedinstvene plinifikacije regije i nastavak mukotrpnog dogovaranja sa svakom općinom pojedinačno.[9] [12]

Sretna je okolnost bila da "Elektroslavonija" i općine koje su se nalazile uz trasu izgrađenih magistralnih plinovoda, nisu čekali potpisivanje Društvenog dogovora; tako je u trenutku kada je postalo jasno da od jedinstvenog pristupa plinifikaciji regije neće biti ništa - "Elektroslavonija" je već distribuirala plin na području tadašnjih šest općina: Donji Miholjac, Osijek, Našice, Podravska Slatina, Slavonska Požega i Valpovo. [12]

Od ukupno 14 općina istočne Hrvatske u 1991. godini plin se koristi na području de-vet općina, a neplinificirane su ostale općine Beli Manastir, Đakovo, Nova Gradiška, Vukovar i Županja. No, u tom razdoblju (1977.- 1991.) „Elektroslavonski“ OOUR „Distri-bucija plina“ intenzivno je radio na pripremnim radovima za dovođenje plina na nova područja;

a) za općinu Nova Gradiška snimljena je struktura potrošnje energije te projiciran potencijalni plinski konzum,

b) za općine Beli Manastir, Đakovo i Županja napravljena su idejna rješenja priključenja na plinski sustav i raspleta plinovodne mreže u općinskim centrima s troškovnicima,



c) za općinu Vukovar izrađen je izvedbeni projekt glavnog distribucijskog plinovoda.*

1.2. Počeci korištenja prirodnog plina na području Vinkovaca

Puštanje u eksploataciju naftno-plinskih polja Ilača, Đeletovci i Privlaka omogućilo je tijekom 1984. godine izgradnju plinovoda do Vinkovaca gdje su kaptažni plin s ovih polja trošili IGM „Dilj“ (od 1986.), PIK Vinkovci (od 1987.) i Drvna industrija Spačva, Vinkovci (od 1989.). Potrošnja plina u razdoblju 1986. – 1991. prikazana je u tablici 1. No, ova količina plina nije mogla podmiriti ni godišnje potrebe „Dilja“ pa se plinska mreža do 1991. nije širila do ostalih potrošača u Vinkovcima.

Tablica 1. Prirodni plin na području općine Vinkovci u razdoblju 1986.-1991. Izvor: [12]

Opis	JM	1986.	1987.	1988.	1989.	1990.	1991.
Plinovodi	km	10,8	10,8	10,8	15,8	15,8	15,8
Broj potrošača		1	2	2	2	4	6
Potrošnja plina	10 ³ m ³	8.021	14.014	17.130	20.998	18.822	12.033

* Ovdje treba naglasiti da je upravna zgrada „Distribucije plina“ osječke „Elektroslavonije“ u više je navrata bila metom granatiranja, a najteže je pogođena 14. rujna 1991. godine, kada su potpuno izgorjele tri prostorije, a šest susjednih bilo je toliko oštećeno da nisu bile za uporabu; uništen je i dio arhivske i tekuće dokumentacije, između ostalog i svi primjerci Glavnog projekta mreže grada Vukovara. Detaljnije u lit [12]

2. Razvoj plinifikacije na području vukovarsko-srijemske županije

Distribuciju prirodnog plina u širokoj potrošnji na području Vukovarsko-srijemske županije započeo Vinkovački vodovod 1993. godine plinifikacijom prognaničkog naselja Blace, zatim je slijedila plinifikacija općine Andrijaševci i grada Vinkovci. Radi povećanja obima posla naručena je od Energetskog instituta "Hrvoje Požar" iz Zagreba analiza gospodarske opravdanosti organiziranja društva za distribuciju plina na razini Županije. Analizom je utvrđen potencijal potrošnje prirodnog plina u domaćinstvima i gospodarstvu te je prognozirana dinamika porasta potrošnje na ovom području. Tako je 1. prosinca 1999. osnovano poduzeće za distribuciju plina "Plinara istočne Slavonije" d.o.o. (PIS) Vinkovci sa sjedištem u prostoru poduzeća Vinkovački vodovod, a od 1.5.2000. godine PIS d.o.o. djeluje na novoj lokaciji u Vinkovcima. [14]

2.1. Razvoj potrošnje prirodnog plina do 2000. godine

Izgradnju plinske mreže i distribuciju prirodnog plina do 1993. do 2000. godine obavljao je Vinkovački vodovod; u tablicama 2. – 4. prikazuje se razvoj potrošnje prirodnog plina na području Vinkovaca.

Tablica 2. Plinovodi na području Vukovarsko-srijemske Županije u razdoblju 1993.-1999. (km)

1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.	1999.
...	564	715	732	927

Izvor: [8]

Tablica 3. Broj potrošača prirodnog plina na području Vukovarsko-srijemske županije u razdoblju 1993.-1999. godine

Sektor potrošnje	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.	1999.
Kućanstva	6.420	8.945	10.436	11.485
Ustanove	277	292	324	429
Industrija	8	9	18	11
Ukupno	6.705	9.246	10.778	11.925

Izvor: [8]

Tablica 4. Potrošnja prirodnog plina na području Vukovarsko-srijemske županije u razdoblju 1993.-1999. (10^3m^3)

Sektor potrošnje	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.	1999.
Široka potrošnja	16.220	25.789	...	27.115
Industrija	4.005	3.052	...	3.854
Ukupno	20.225	28.841	...	30.969

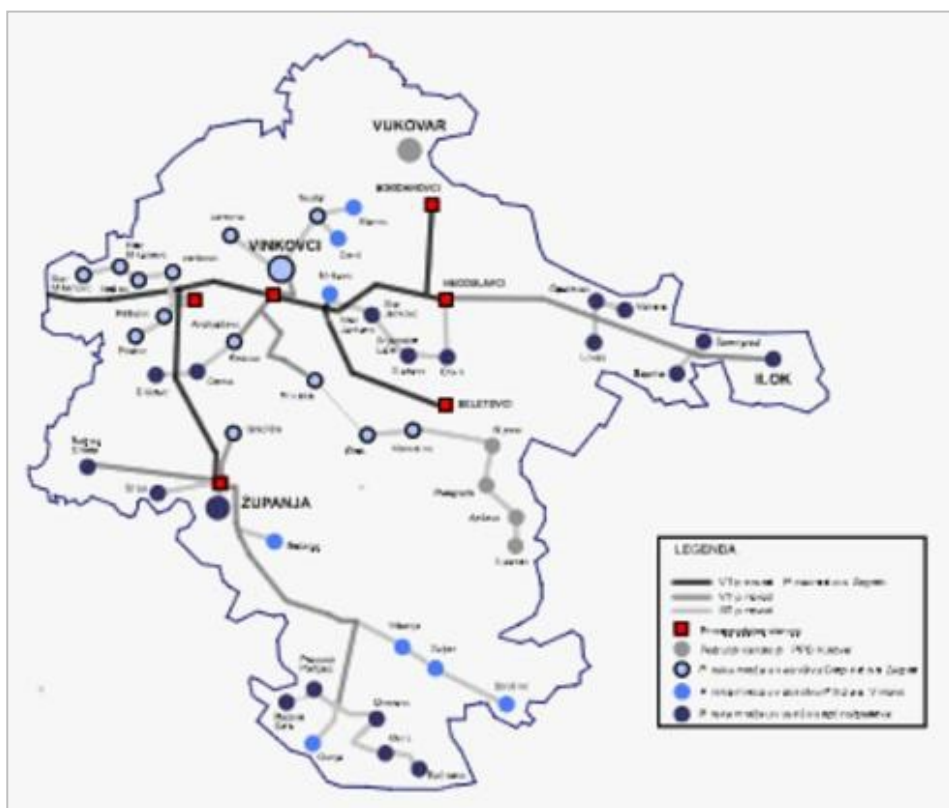
Izvor: [8]

2.2. Razvoj potrošnje prirodnog plina u razdoblju od 2000. do 2015. godine

Distribuciju i opskrbu plinom u ovom razdoblju provode dva distributera: (a) Plinara istočne Slavonije d.o.o. Vinkovci (PIS) i (b) Prvo plinarsko društvo d.o.o. Vukovar (PPD).

Plinara istočne Slavonije d.o.o. Vinkovci

Distribucijsko područje PIS-a (slika 3.) obuhvaća gradove Vinkovci, Otok, Ilok i Županja te 44 naselja na području Vukovarsko srijemske županije: Andrijaševci, Rokovci, Ivankovo, Retkovci, Prkovci, Jarmina, Komletinci, Privlaka, Stari Jankovci, Novi Jankovci, Orolik, Slakovci, Srijemske Laze, Stari Mikanovci, Novi Mikanovci, Cerna, Šiškovci, Vođinci, Mohovo, Šarengard, Bapska, Lovas, Opatovac, Štitar, Babina Greda, Gradište, Bošnjaci, Posavski Podgajci, Rajevo Selo, Gunja, Drenovci, Vrbanja, Đurići, Soljani, Račinovci, Strošinci. [14]



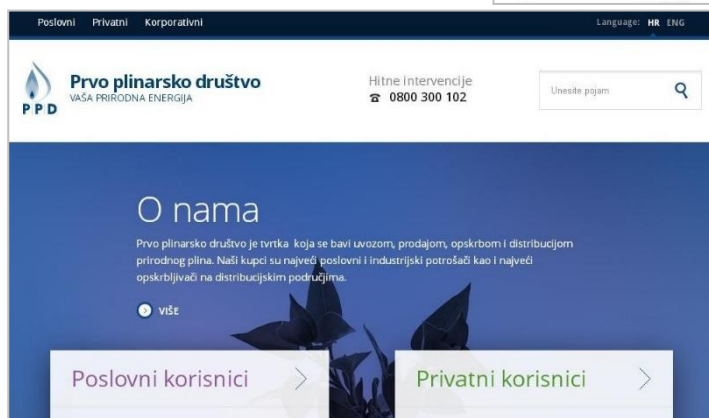
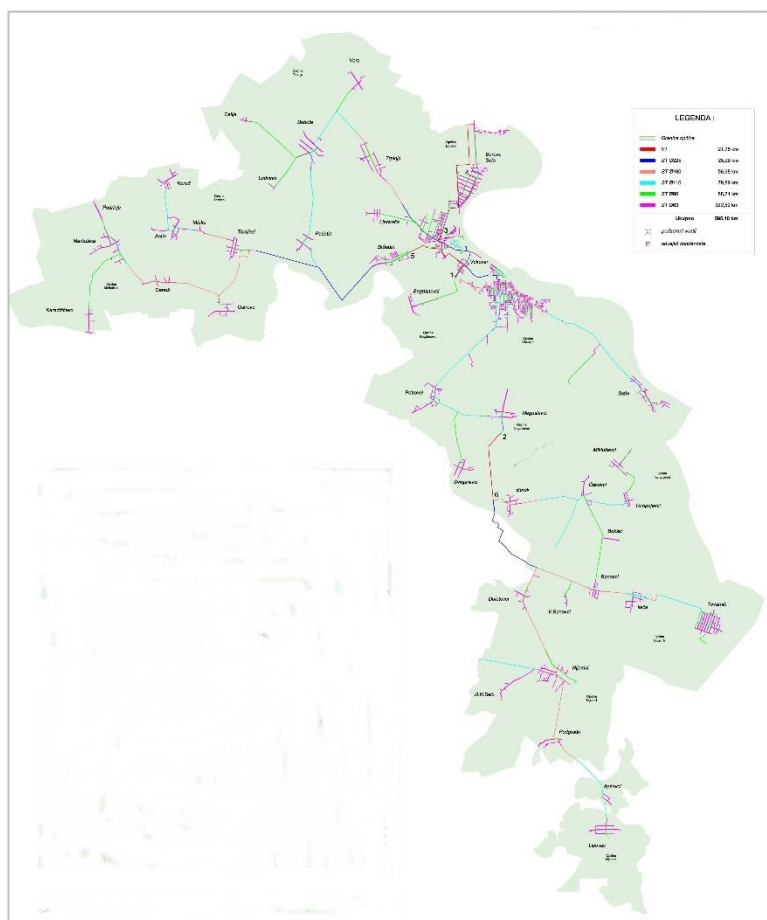
Slika 3.
Karta distribucijskog područja Plinare istočne Slavonije d.o.o. Vinkovci [14]

Slika 4.
Početna stranica Internet portala Plinare istočne Slavonije d.o.o. Vinkovci [14]
(<http://www.pis.com.hr/>)

Prvo plinarsko društvo d.o.o. Vukovar

Prvo plinarsko društvo d.o.o. Vukovar (PPD) osnovano je 2001. godine suradnjom domaćih i stranih investitora. Tvrtka se bavi uvozom, prodajom, opskrbom i distribucijom prirodnog plina. PPD d.o.o. je tvrtka u privatnom hrvatskom vlasništvu koja djeluje kao operator distribucijskog sustava prirodnog plina na području sjeveroistočnog dijela Vukovarsko-srijemske županije gdje upravlja vlastitom distributivnom mrežom i opskrbljuje prirodnim plinom preko 10.000 krajnjih korisnika te kao veleprodajni opskrbljivač prirodnim plinom ima značajnu ulogu na tržištu plina Republike Hrvatske. Distribucijsko područje PPD-a obuhvaća slijedeće općine i naselja:

- Grad Vukovar (Grad Vukovar, Sotin, Lipovača)
- Općina Bogdanovci (Bogdanovci, Petrovci, Svinjarevci)
- Općina Trpinja (Trpinja, Bršadin, Bobota, Vera, Pačetin, Ludvinci, Čelije)
- Općina Tordinci (Tordinci, Antin, Korođ, Mlaka)
- Općina Markušica (Markušica, Gaboš, Ostrovo, Karadžičevo)
- Općina Borovo selo (Borovo selo)
- Općina Negoslavci (Negoslavci)
- Općina Tompojevci (Tompojevci, Čakovci, Berak, Mikluševci, Bokšić)
- Općina Tovarnik (Tovarnik, Ilača, Banovci)
- Općina Nijemci (Nijemci, Đeletovci, Donje Novo Selo, Podgrađe, Vinkovački Banovci, Apševci, Lipovac) [15]

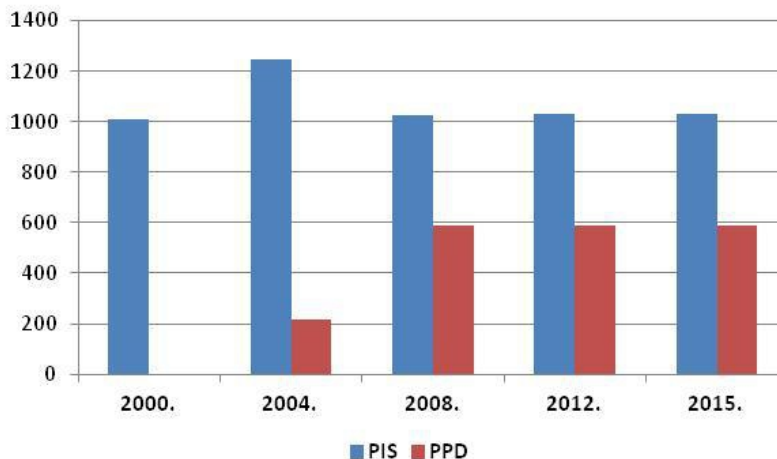


Slika 5.
Karta distribucijskog područja Prvog plinarskog društva d.o.o. Vukovar [15]

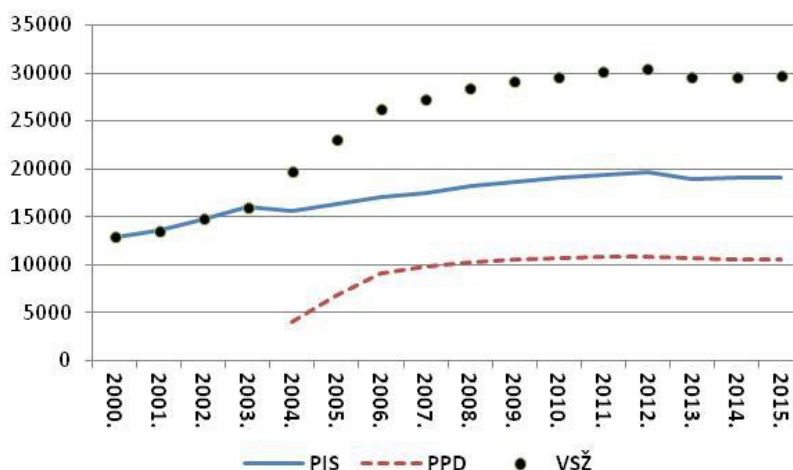
Slika 6.
Početna stranica Internet portala Prvog plinarskog društva d.o.o. Vukovar [15]
(<http://www.ppd.hr/>)

Slikama 7. – 13. prikazani su osnovni elementi razvoja plinifikacije na području Vukovarsko-srijemske županije; duljina distribucijskih plinovoda, broj potrošača i potrošnja prirodnog plina putem operatara distribucijskog sustava PIS d.o.o. Vinkovci i PPD d.o.o. Vukovar.

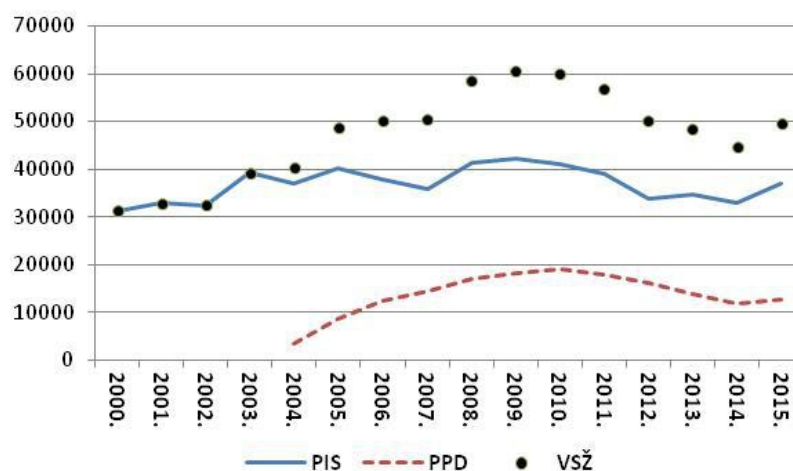
Slika 7.
Distribucijski plinovodi PIS
d.o.o. Vinkovci i PPD d.o.o.
Vukovar (km) [8]



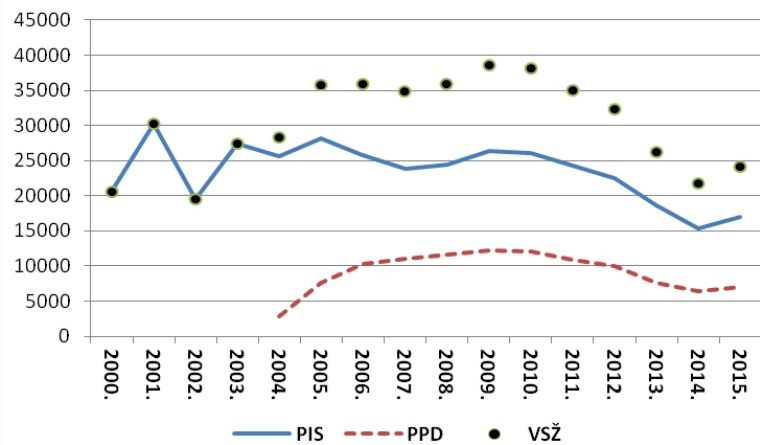
Slika 8.
Broj potrošača prirodnog plina
na području Vukovarsko-
srijemske županije [8]



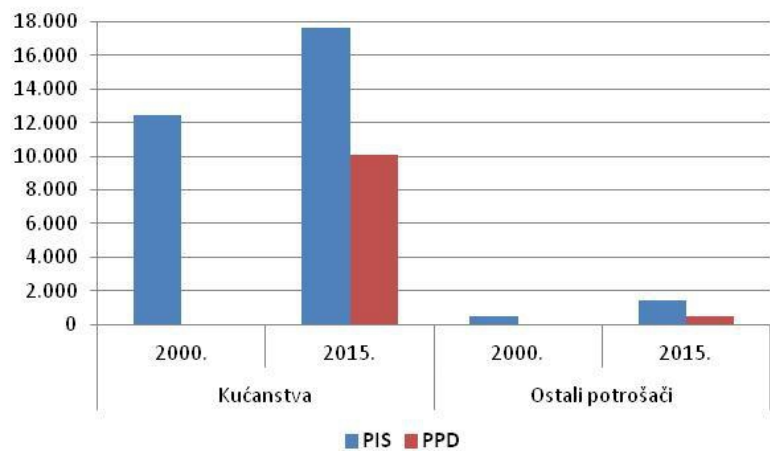
Slika 9.
Potrošnja prirodnog plina na
području Vukovarsko-
srijemske županije (10³m³) [8]



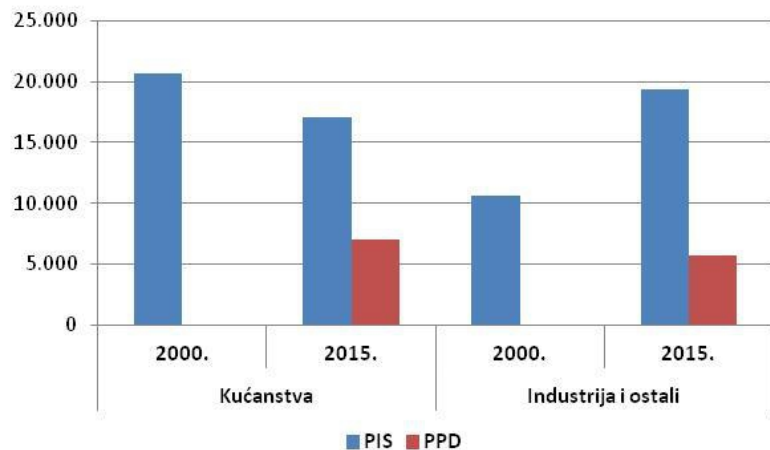
Slika 10.
Potrošnja prirodnog plina u kućanstvima na području Vukovarsko-srijemske županije (10^3m^3) [8]



Slika 11.
Broj potrošača prirodnog plina u kućanstvima i ostaloj potrošnji na području Vukovarsko-srijemske županije [8]



Slika 12.
Potrošnja prirodnog plina u kućanstvima i industriji na području Vukovarsko-srijemske županije (10^3m^3) [8]



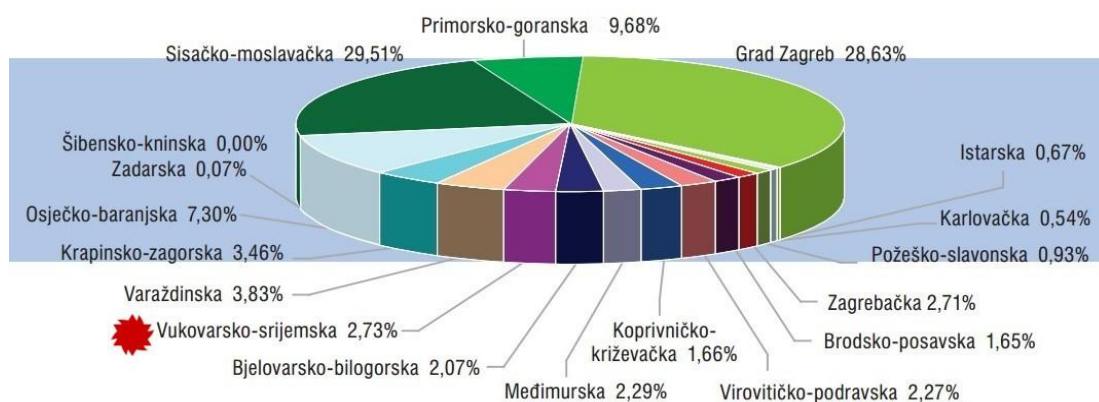
Slika 13.
Potrošnja prirodnog plina na distribucijskom području PIS – usporedba 2013./2014. – 2014./2015. plinske godine (m^3) [14]

Prema distribuiranim količinama prirodnog plina u 2014. g. PIS d.o.o. Vinkovci je na 6 mjestu, a PPD d.o.o. Vukovar je na 16 mjestu operatera distribucijskog sustava u Republici Hrvatskoj (tablica 5), a Vukovarsko-srijemska županija je zastupljena s 2,3% u transportiranim količinama prirodnog plina 2014. godine u Republici Hrvatskoj (slika 14.).

Tablica 5.

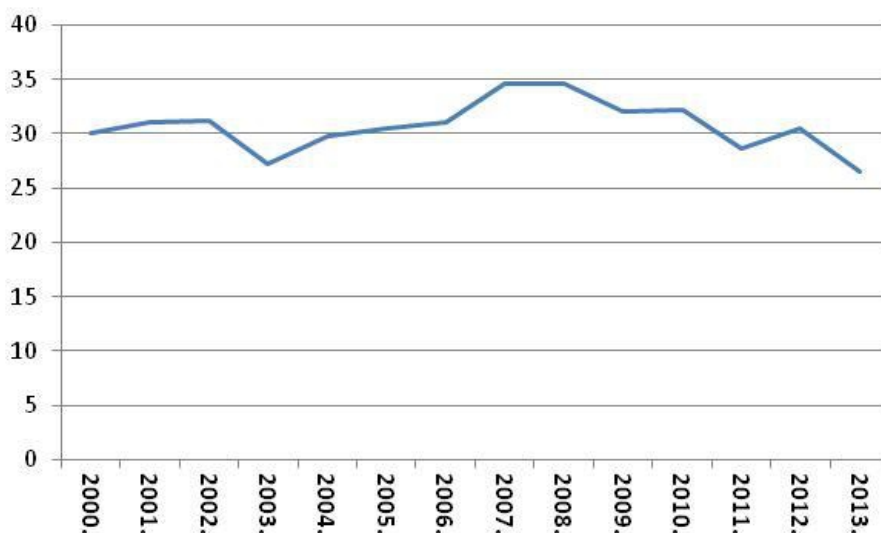
Rang lista distributera prirodnog pina u RH za 2014. godinu (10⁶ m³) [3]

DISTRIBUCIJA PRIRODNOG PLINA		NATURAL GAS DISTRIBUTION	
1.	Gradska plinara Zagreb d.o.o., Zagreb	365 485	37,20%
2.	HEP Plin d.o.o., Osijek	119 372	12,15%
3.	Termoplin d.d., Varaždin	80 462	8,19%
4.	Međimurje - plin d.o.o., Čakovec	43 754	4,45%
5.	Montcogim - plinara d.o.o., Sveta Nedjelja	34 155	3,48%
6.	Plinara istočne Slavonije d.o.o., Vinkovci	33 318	3,39%
7.	Koprivnica plin - distribucija plina d.o.o., Koprivnica	32 851	3,34%
8.	Brod - plin d.o.o., Slavonski Brod	27 258	2,77%
9.	Elektrometal - distribucija plina d.o.o., Bjelovar	22 280	2,27%
10.	Zagorski metalac d.o.o., Zabok	21 936	2,23%
11.	Energo d.o.o. Rijeka	20 546	2,09%
12.	Plinara d.o.o. Pula	16 102	1,64%
13.	Plin - projekt d.o.o., Nova Gradiška	12 945	1,32%
14.	Plin VTC d.o.o., Virovitica	12 883	1,31%
15.	Darkom distribucija plina d.o.o., Daruvar	12 162	1,24%
16.	Prvo plinarsko društvo d.o.o., Vukovar	11 748	1,20%
17.	Energometan d.o.o., Samobor	11 563	1,18%
18.	Moslavina plin d.o.o., Kutina	11 370	1,16%
19.	Plin Vrbovec d.o.o., Vrbovec	11 090	1,13%
20.	Dukom plin d.o.o., Dugo Selo	10 969	1,12%



Slika 14. Transportirane količine prirodnog plina 2014. g. u Republici Hrvatskoj po županijama [3]

Treba naglasiti da na području Vukovarsko-srijemske županije osim potrošnje putem operatora distribucijskog sustava prirodni plin koriste još 3 industrijska poduzeća (industrija građevinskog materijala „Dilj“ d.o.o. Vinkovci, Spačva d.d. Vinkovci i Sladorana d.d. Županja) koja plin preuzimaju na magistralnoj mreži INA. Ova je potrošnja prikazana slikom 15;



Slika 15. Potrošnja prirodnog plina direktnih potrošača na području Vukovarsko-srijemske županije (10⁶ m³) [12]

3. Zaključak

Područje Vukovarsko-srijemske županije je uključeno u plinski sustav Republike Hrvatske s gotovo 20-tak godina zakašnjenja u odnosu na osječko područje i ostali dio regije Slavonija i Baranja. Stručnjaci "Elektroslavonije" izradili su 1978. godine „Program plinifikacije područja ZO Osijek“ (slavonsko-baranjska regija) za razdoblje 1980.-1985. koji su prihvatile skupštine svih tadašnjih 14 općina, no Program nije realiziran zbog nedovoljnih količina plina.

- Pronalaskom i puštanjem u eksploataciju naftno-plinskih polja Ilača, Đeletovci i Privlaka (1984.) omogućena je potrošnja kaptaznog plina s ovih polja kod tri industrijska potrošača na području Vinkovaca (od 1986. godine).

- Distribuciju prirodnog plina u širokoj potrošnji na području Vukovarsko-srijemske županije započeo je Vinkovački vodovod 1993. godine plinifikacijom prognaničkog naselja Blace, a nakon toga slijedi plinifikacija općine Andrijaševci i grada Vinkovci. Radi povećanja obima posla 1.12.1999. godine osnovano je posebno poduzeće za distribuciju plina "Plinara istočne Slavonije" d.o.o. Vinkovci koje u narednom razdoblju nastavlja poslove plinifikacije i distribucije prirodnog plina na područje gradova Vinkovci, Otok, Ilok i Županja te susjednih 44 naselja na području Vukovarsko-srijemske županije.

- Na području Vukovara osnovano je 2001. godine Prvo plinarsko društvo d.o.o. Vukovar koje u narednom razdoblju obavlja poslove plinifikacije i distribucije prirodnog plina na područje grada Vukovara i devet općina sjeveroistočnog dijela županije s 37 naselja.

- Godine 2015 na području županije u funkciji je 1.621 km distribucijskih plinovoda kojim se prirodni plin distribuira u preko 27.700 kućanstava (što je 45,3 % od ukupnog broja kućanstava) te za 1.932 industrijska, poduzetnička i komunalna potrošača.
- Najveća potrošnja prirodnog plina na području županije ostvarena je 2009. godine kada je utrošeno 60,5 milijuna m³ plina. U kasnijim godinama – zbog ekonomske krize – ova potrošnja opada i posljednjih nekoliko godina kreće se oko 50 milijuna m³.
- Osim korištenja prirodnog plina putem operatora distribucijskog sustava na području Vukovarsko-srijemske županije prirodni plin koriste još i 3 industrijska poduzeća koja plin preuzimaju na magistralnoj mreži INA. U proteklih 15-tak godina njihova se potrošnja kreće u razini 30-tak milijuna m³ prirodnog plina godišnje.
- Prema distribuiranim količinama prirodnog plina u 2014. g. PIS d.o.o. Vinkovci je na 6 mjestu, PPD d.o.o. Vukovar je na 16 mjestu operatora distribucijskog sustava u Republici Hrvatskoj, a Vukovarsko-srijemska županija je zastupljena s 2,3% u transportiranim količinama prirodnog plina 2014. godine u Republici Hrvatskoj.

4. Literatura

- [1] Baličević, Ivan; Budimir, Jovo; Ivanović, Milan: Stanje i problemi energetike u Slavoniji i Baranji, Privreda, 8/1981. Osijek
- [2] Baličević, Ivan: Opskrba prirodnim plinom istočne Hrvatske za vrijeme i nakon rata; II. forum „Dan energije u Hrvatskoj“, Zagreb, 12. 12. 1992.
- [3] Energetski institut Hrvoje Požar: Energija u Hrvatskoj - godišnji energetski pregled za 2005.; 2010. i 2013. godinu; Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb
- [4] Grupa autora: Monografija „Slavonija '85.“; Privredna komora Slavonije i Baranje, Osijek, 1986.
- [5] Grupa autora: Program plinifikacije područja ZO Osijek u razdoblju 1979.- 1985. godine, „Elektroslavonija“, Osijek, 1979
- [6] Grupa autora: INA Naftaplin - 1952.-1982. INA Naftaplin, Zagreb, 1982.
- [7] GUP Grada Vinkovaca, Službeni glasnik Grada Vinkovaca broj 06/2006.
- [8] HSUP: Plinsko gospodarstvo Hrvatske '1998. (...) '2015. Hrvatska stručna udruga za plin, Zagreb, (www.hsuh.hr/)
- [9] Ivanović, Milan: Efikasnost korištenja energije, ISBN 953-6032-02-3, Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, 1991.
- [10] Ivanović Milan: Znanost i regionalna energetika - Istraživanja o razvoju energetike i korištenju energije u Slavoniji. ISBN 953-6032-502-3; Elektrotehnički fakultet Osijek, 2006.
- [11] Ivanović, Milan; Glavaš, Hrvoje; Tonković, Zlatko; Energetska učinkovitost potrošnje prirodnog plina u industriji Slavonsko baranjske regije; PLIN 2012. Zbornik radova
- [12] Ivanović Milan: 40 godina HEP Plina d.o.o. Osijek, Monografija , ISBN 978-953-7973-14-8; HEP Plin Osijek, 2016. godine;
- [13] Službeni glasnik ZOO; br. 5/76
- [14] <http://www.pis.com.hr/>
- [15] <http://www.ppd.hr/>

Oblikovanje metala deformiranjem – koeficijent trenja μ i faktor trenja m

Friction in metal forming – the coefficient of friction μ and the factor of friction m

B. Grizelj^{1*}, B. Bandić¹

¹Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: bgrizelj@sfsb.hr

Abstract

Friction is sometimes helpful. For example, high friction on the punch surface helps increase reductions in deep drawing and ironing. In a few instances it has to have at least some small value, as in rolling where it assures entry of the workpiece into the roll gap and helps maintain rolling without skidding of the workpiece. However, in most instances friction is preferably reduced to zero by the introduction of a lubricant.

In the vast majority of metalworking processes the workpiece is deformed by means of a contacting die. The pressure required for deformation generates a normal stress to the die surface, and movement of the workpiece relative to the die surface generates a shear stress at the interface. Thus a classical tribological situation arises, with friction at the die-workpiece interface, and with potential for wear of both die and workpiece materials. Mitigation of these effects then calls for the introduction of a lubricant. In contrast to nonmetalworking situations, deformation of the workpiece results in a sometimes very substantial enlargement of surface areas. Thus new, fresh metal surfaces are exposed, and the lubricant must protect not only the old but also the new surfaces. The success or failure of such lubrication has important consequences on the quality of the issuing product, and also on pressures, forces, energy requirements, and often the very possibility of plastic deformation itself. For these reasons, the field of friction, lubrication, and wear (tribology) in metalworking has been the subject of many investigations.

Keywords: friction, the coefficient of friction, the factor of friction

1. Introduction

Factors entering the tribology of metalworking are numerous, and their interactions are exceedingly complex.

Friction is the resistance to motion encountered when one body slides over another. In metalworking processes it arises from sliding of the workpiece against the die. The die-workpiece interface Fig. 1 (on the macro scale) [1] to [4].

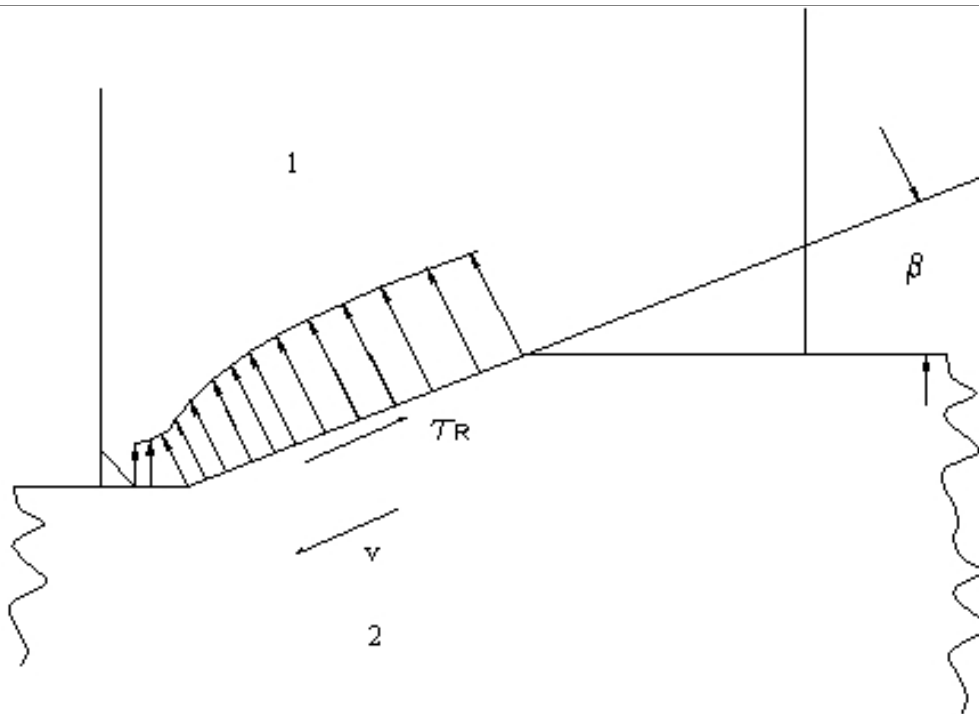


Fig.1 Die (1)-workpiece (2) interface – on the macro scale

The die-workpiece interface Fig.2 (on the micro scale).

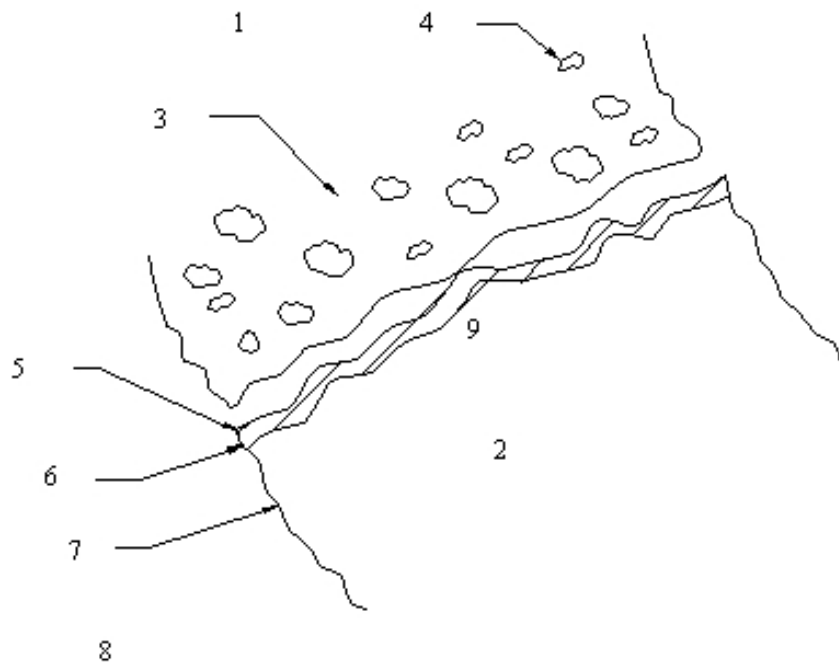


Fig. 2 Die (1)-workpiece (2) interface – on the micro scale, 3-matrix, 4-hard phase, 5-adsorbed film, 6-reaction (oxide) film, 7-surface layer, 8-disturbed enriched/depleted, 9-bulk

2. Mathematical representation of friction

For purposes of predicting interface pressures, deforming forces, and energy requirements, the magnitude of τ_{fr} must be known. However, analysis is usually made simpler if the effect of friction is expressed by some nondimensional parameter. To date, two such parameters have found wide acceptance.

Following Coulomb's classical definition, the coefficient of friction μ is simply the ratio of frictional force to normal force, or of frictional stress to normal stress (die pressure) Fig. 3

$$\mu = \frac{F_R}{F_n} = \frac{\tau_R}{p} = \frac{\tau_R}{\sigma_n} \quad (1)$$

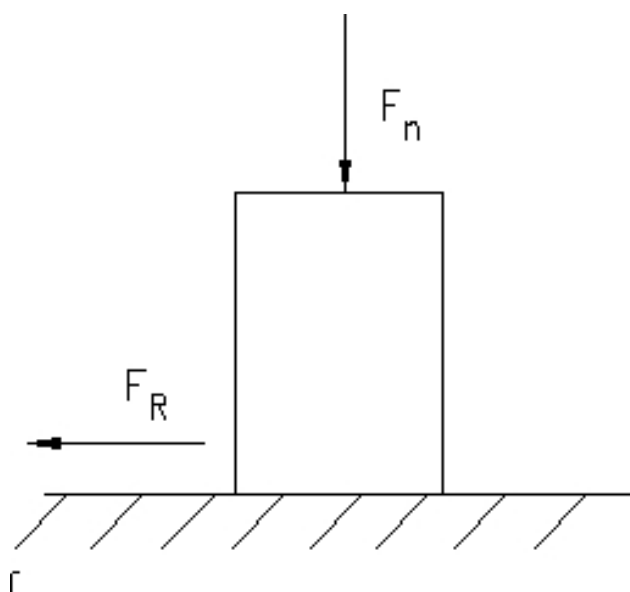


Fig. 3 Variation F_R from F_n

It is possible that τ_R increases linearly with σ_n , and then μ may reach any constant value Fig. 4.

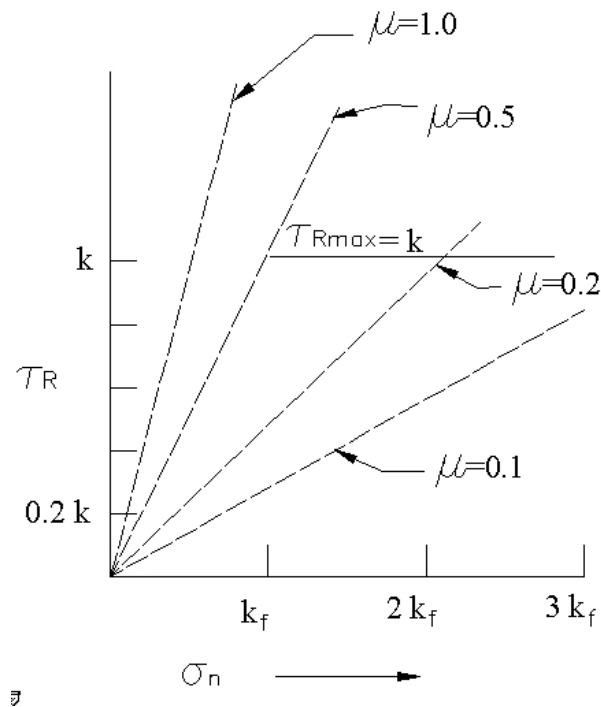


Fig. 4 Variation τ_R from σ_n for different μ

This is the case, for example, in the blankholder zone of a deep-drawing operation. However, μ cannot rise indefinitely because sticking friction sets in when $\mu \cdot \sigma_n \geq k$. In many bulk deformation processes $\sigma_n \gg k$, and because k remains constant, the calculated μ actually drops Fig. 5.

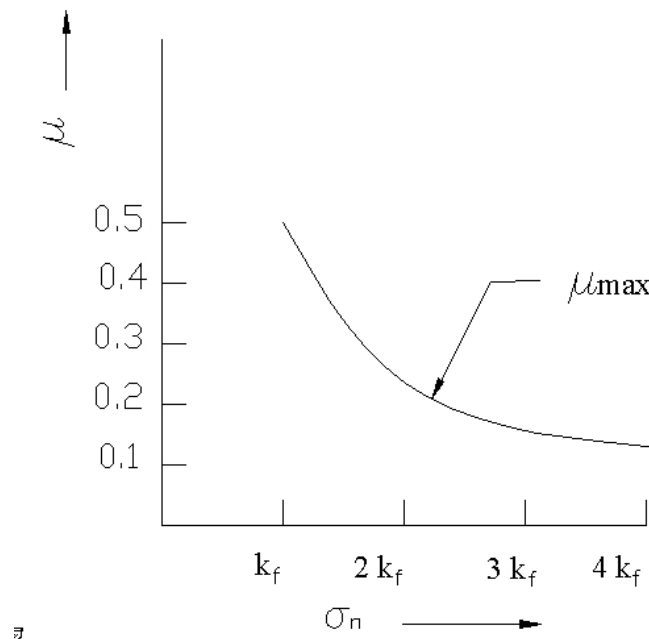


Fig. 5 Variation μ from σ_n

The maximum value μ_{\max} is obtained from yield criteria of pure shear Fig 6.

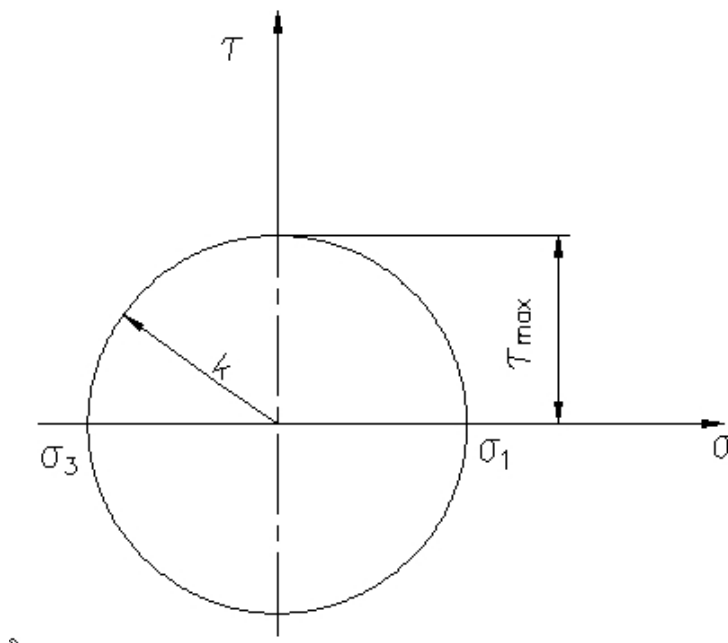


Fig. 6 Mohr's circle for pure shear

Here

$$\begin{aligned}\sigma_3 &= -\sigma_1 \\ \sigma_2 &= 0\end{aligned}$$

According to the shear-stress criterion, one obtains

$$\begin{aligned}\sigma_1 - \sigma_3 &= k_f \\ \sigma_3 &= -\sigma_1 \\ \sigma_1 - (-\sigma_1) &= k_f \\ 2\sigma_1 &= k_f \\ \sigma_1 &= 0,5 k_f \\ \tau_{\max} = \sigma_1 &= 0,5 k_f\end{aligned}$$

$$\mu_{\max} = \frac{\tau_{\max}}{k_f} = \frac{0,5 k_f}{k_f} = 0,5 \quad (2)$$

while the von Mises criterion yields

$$\begin{aligned}(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 &= 2k_f^2 \\ \sigma_3 = -\sigma_1 \text{ and } \sigma_2 = 0 &\Rightarrow\end{aligned}$$

$$(\sigma_1 - 0)^2 + (0 - \sigma_1)^2 + [\sigma_1 - (-\sigma_1)]^2 = 2k_f^2$$

$$6\sigma_1^2 = 2k_f^2$$

$$\sigma_1 = \frac{k_f}{\sqrt{3}} = 0,577 k_f$$

$$\tau_{\max} = \sigma_1 = 0,577 k_f$$

$$\mu_{\max} = \frac{\tau_{\max}}{k_f} = \frac{0,577k_f}{k_f} = 0,577 \quad (3)$$

Light is the shift Fig. 7 then Fig. 8.

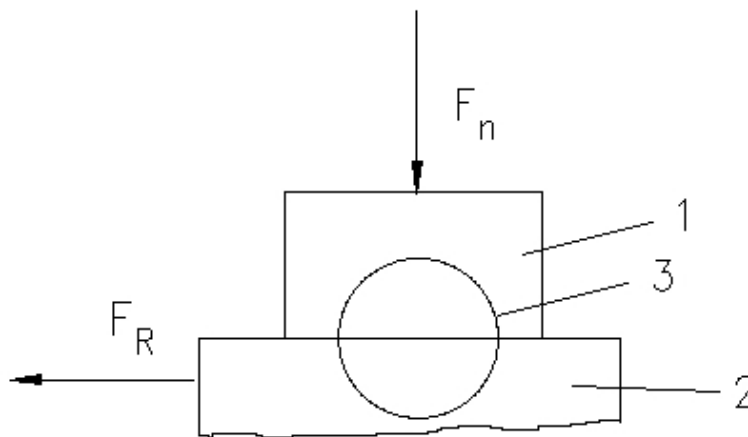


Fig. 7 Friction, 1-Die, 2-workpiece, 3-increased

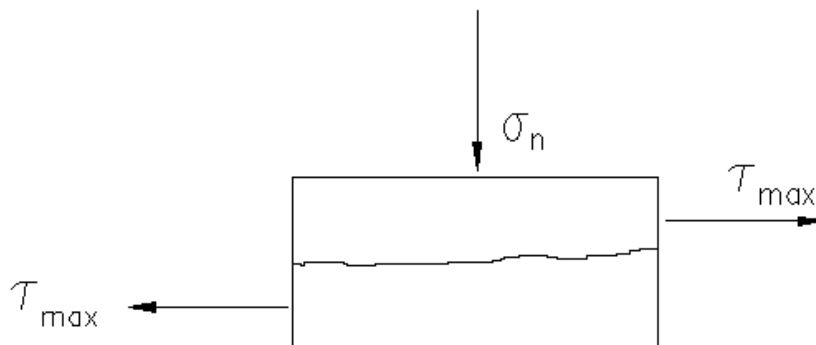


Fig. 8 Pure shear

Since $k \cong 0,5k_f$ (or $0,577k_f$ according to von Mises), it is sometimes said that $\mu_{\max} = 0,5$, but this is true only when $\sigma_n = k_f$. It is much more accurate to say that the coefficient of friction becomes meaningless when $\mu\sigma_n \geq k$ since there is no relative sliding at the interface. The

possible misinterpretation of μ has led to the introduction of the frictional shear factor m defined as

$$\tau_i = \tau_R = mk \quad (4)$$

$$0 \leq m \leq 1 \quad (5)$$

Since τ_R is now linked to a workpiece material property k which is a priori known (rather than to σ_n which must be calculated), the use of m greatly simplifies calculations, especially those based on upper-bound theory or numerical techniques.

3 Bowden – Tabor Theory

Fig. 9 shows a friction pair.

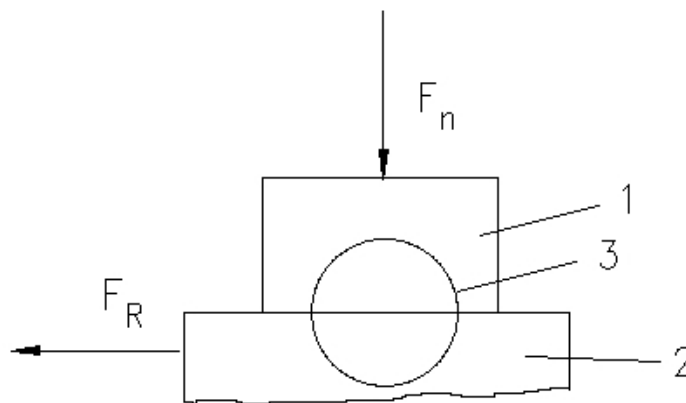


Fig. 9 Friction pair, 1-Die, 2-workpiece, 3-increased

Bowden – Tabor theory differs:

1. Cold forming and
2. Hot forming.

3.1 Bowden – Tabor Theory for cold forming

It selected the image Fig. 9 (3) it increases; it gets the friction model cold forming, which is shown in Fig. 10

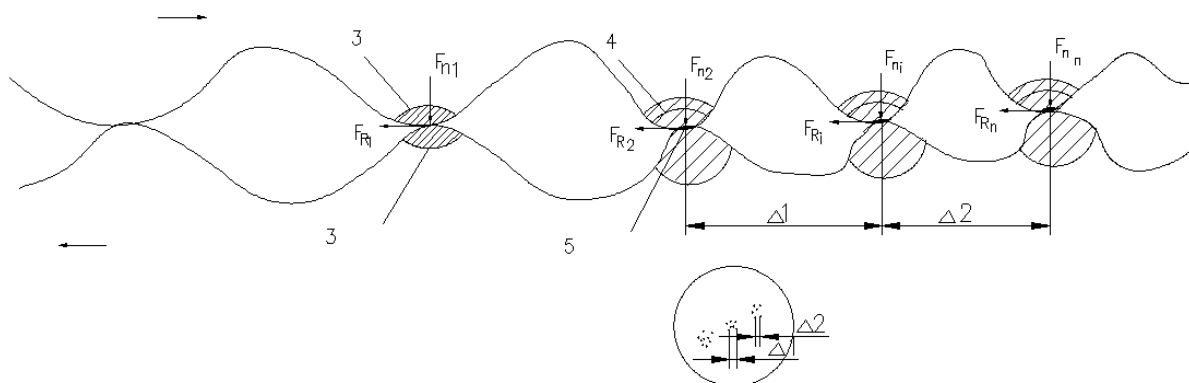


Fig. 10 Friction model for cold forming [1-4]

$$\Delta 1 = \Delta 2 \Rightarrow \mu = \text{const.}$$

$$\Delta 1 \neq \Delta 2 \Rightarrow \mu = \text{not const.}$$

It is important this model shown in Fig. 10, that the two bodies are in contact only at certain locations where the tool touches the projection with the projection of the workpiece. The encountered in forming forces are 2000 to 3000 MPa and he distributed to some stochastic present contacts bulges. This creates the local pressures at these points very large with overlays clean metal surfaces in places like contact, and there is a local cold welding parts tools and the workpiece. In order to make the make the material flow between the two bodies (tool and workpiece) must be a relative movement, which means that it must be the local change of the cold welding Disconnect.

Breakthrough will inevitably on tool wear and workpiece. To the frictional contact between the pair declined, thereby reducing the frictional force is necessary to lubricate Fig. 11.

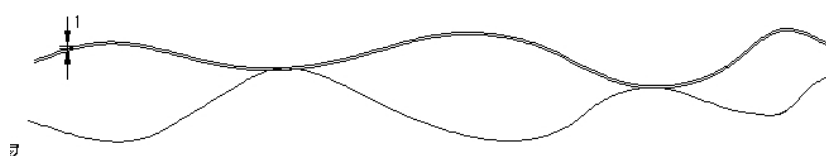


Fig. 11 Lubrication of the friction pair, 1-lubractor

Number of local cold welds depends on the lubrication and friction μ in the cold metal forming, when good lubrication is 0,05-0,1.

Lubricants:

MoS₂
graphite
emulsion
PbS
fats
soap.

3.2 Bowden – Tabor Theory for hot forming

It selected the image Fig.9 (3) it increases; it gets the friction model hot forming, which is shown in Fig. 12

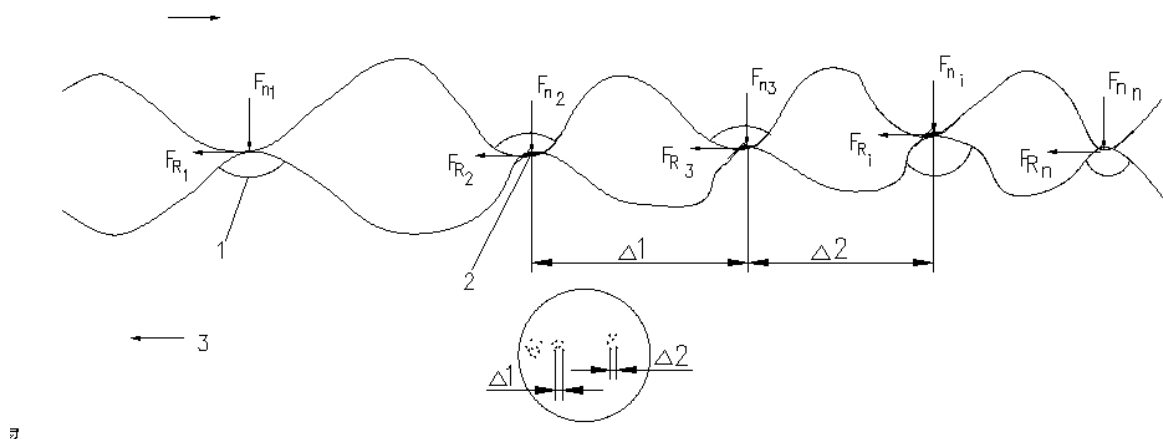


Fig. 12 Friction model for hot forming [1-4]

$$\Delta 1 = \Delta 2 \Rightarrow \mu = \text{const.}$$

$$\Delta 1 \neq \Delta 2 \Rightarrow \mu = \text{not const.}$$

It is important this model shown in Fig. 12, that the two bodies are in contact only at certain locations where the tool touches the projection with the projection of the workpiece, and he distributed to some stochastic present contacts bulges. This creates the local pressures at these points very large with overlays clean metal surfaces in places like contact, and there is a local hot welding parts tools and the workpiece. In order to make the make the material flow between the two bodies (tool and workpiece) must be a relative movement, which means that it must be the local change of the hot welding Disconnect.

Number of local hot welds depends on the lubrication and friction μ in the hot metal forming, when good lubrication is 0,1 1-0,3.

Lubricants:

MoS₂
Graphite.

Fig. 13 shows the lamellar structure of the graphite and in Fig. 14 the dependence of the friction μ from stress.

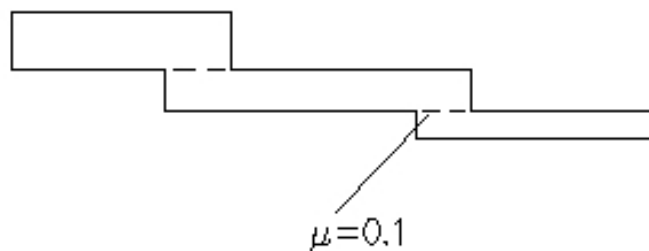


Fig. 13 Lamellar structure of the graphite

Since the graphite is composed of a lamellar structure, wherein said start with low force to a lubrication with the graphite $\mu = 0$.

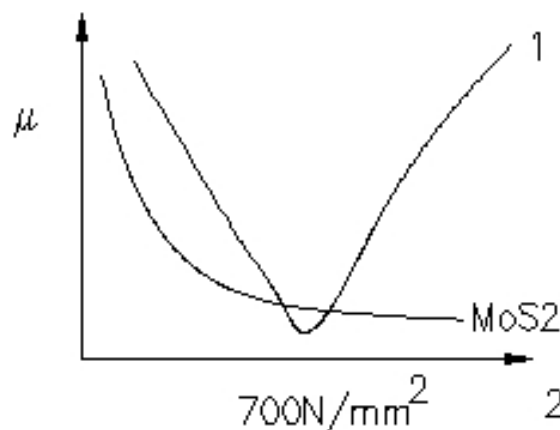


Fig. 14 Depending friction of the stress (1-graphite, 2-stress)

4. Conclusion

Friction is sometimes helpful. For example, high friction on the punch surface helps increase reductions in deep drawing and ironing. In a few instances it has to have at least some small value, as in rolling where it assures entry of the workpiece into the roll gap and helps maintain rolling without skidding of the workpiece. However, in most instances friction is preferably reduced to zero by the introduction of a lubricant.

5. Reference

- [1] Grizelj, Branko. Oblikovanje metala deformiranjem. Slavonski Brod: Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2002. (ISBN 953-6048-21-3
- [2] Lange, Kurt. Umformtechnik Bd. 1-4. Berlin/Heiderberg/New York/Tokio: Spring-Verlag, 1984-1993.
- [3] Lange, Kurt.: Lehrbuch der Umformtechnik Bd. 1-3 Berlin/Heidelberg/New York: Spring-Verlag, 1972-1975.
- [4] Lange, Kurt.: Handbook of metal forming. McGraw-Hill, 1985.

Primjena cirkularne ekonomije *The use of circular economy*

To. Grizelj^{1*}, J. Hrnjica Bajramović², Ti. Grizelj³

¹ITG Wärmetechnik GmbH, Wien, Austria

²GRIZELJ d.o.o., Nikole Šopa 46, 71 000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

³ITG d.o.o. Sarajevo, Bosna i Hercegovina

*Autor za korespondenciju. E-mail: itg@itgwien.com

Sažetak

Cirkularna (kružna) ekonomija je socio-ekonomski sistem koji predstavlja šansu da se zemlje članice EU okrenu višim ekološkim standardima i time smanje utjecaj ekonomskih aktivnosti na neodrživo izrabljivanje prirodnih resursa te na ispuštanje ugljičnog dioksida u atmosferu.

Cirkularna ekonomija ima zadatak da se bavi već postojećim otpadom, tako što selekcijom i reciklažom istog izdvaja one komponente koje su upotrebljive odnosno neupotrebljive, te kao takve treba i da budu tretirane uz ekonomsku profitabilnost ali i ekološku prihvatljivost. Također, bi se trebala baviti odbačenim otpadom koji predstavlja resurs i obnovljivi izvor energije. Na ovaj način bi se regulisalo pitanje okoliša, otvaranje novih radnih mjesta, kroz implementaciju novih suvremenih tehnologija, što bi trebalo da smanji stopu nezaposlenosti. Cirkularna ekonomija je metoda kojom se otpad posmatra kao resurs, reciklant, energent, repromaterijal, obnovljivi izvor energije, novac u konačnici kojim se dostiže održivi razvoj.

Ključne riječi: cirkularna ekonomija, ekološki, otpad, resurs.

Abstract

Circular economy is a socio-economic system that provides a chance for the EU member states turned to higher environmental standards and thereby reduce the impact of economic activities on the unsustainable exploitation of natural resources and the release of carbon dioxide into the atmosphere.

Circular economy has the task of dealing with existing waste, such as selection and recycling of the same distinguished components that are usable or unusable, and as such should also be treated with the economic efficiency or effectiveness and environmental acceptability.

Also, should deal with discarded waste that represents the enterprise resources and renewable energy source. This would regulate the issue of the environment, job creation, through the implementation of new modern technologies, which should reduce the unemployment rate. Circular economy is a method by which waste is seen as a resource, recyclables, energy, raw materials, renewable source of energy, money ultimately of reaching sustainable development.

Keywords: circular economy, environmental, waste, resource.

1. Uvod

Cirkularna (kružna) ekonomija je novi trend koji osigurava da proizvod bude u potrebi što je moguće duže. U biti gospodarstvo se zasniva na resursima, proizvodnji, korištenju proizvoda i odlaganju neiskorištene materije. Danas tokom globalne krize teži se ka maksimalnom iskorištenju resursa, odnosno obnavljanju resursa ili re-upotrebi. Cilj je da se smanji stvaranje otpada, te da se postigne što veća ekonomska profitabilnost proizvoda od samog resursa do finalne upotrebe.

Cirkularnom ekonomijom postiže se mnogostruka vrijednost, kao što je:

- Smanjenje otpada
- Zaštita Prirode i okoliša
- Smanjena upotreba neobnovljivih resursa
- Povećana upotreba obnovljivih resursa
- Veća iskoristivost resursa
- Višenamjenska iskoristivost resursa
- Konkurentnost i kurentnost proizvoda.



Slika 1. Slikovit prikaz sistema cirkularne ekonomije

Na slici 1. slikovito je prikazan sistem funkcionisanja cirkularne ekonomije, koja pruža mogućnost ostvarivanja ekoloških standarda i smanjenja uticaja ekonomskih aktivnosti na neodrživo izrabljivanje prirodnih resursa.

U suštini cirkularna ekonomija ima za cilj da postojeći otpad, selekcijom, re-upotrebom i reciklažom, jasno odvoji upotreblijive i neupotreblijive materije, te da se otpad u najvećoj mogućoj mjeri iskoristi kao obnovljivi izvor energije što će doprinjeti poboljšanju ekoloških standarda, energetske efikasnosti ali i održivom razvoju.

2. Smisao cirkularne (kružne) ekonomije

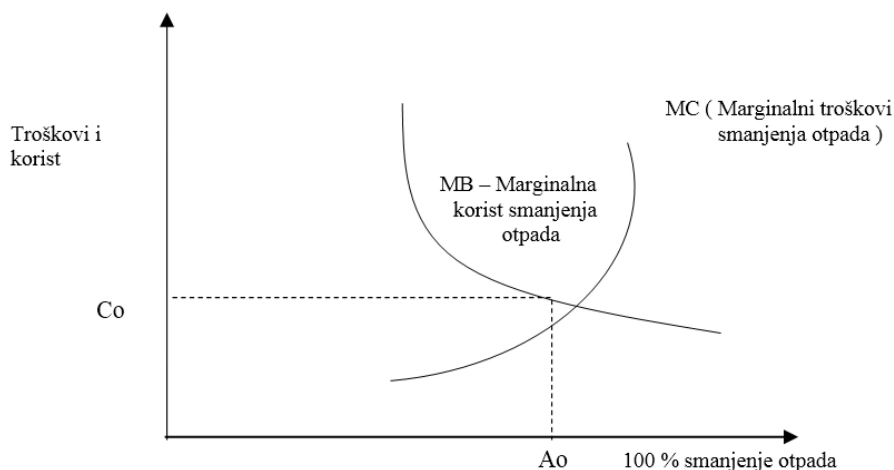
Gospodarstvo bazirano na principima cirkularne ekonomije održivo je te se u najvećoj mogućoj mjeri znatno potenciraju obnovljivi izvori za dostizanje ekonomski isplativih proizvoda ali uz očuvanje ekoloških standarda.

Gospodarski rast svakako treba pratiti i potrošnja resursa, kao i sam tok proizvodnje, jer su česti primjeri tvornica u kojima se za dobijanje finalnog proizvoda 80 % resursa baca odnosno smatra se neupotrebljivim. Takav način postupanja, odnosno gospodarenja dovodi do krize, odnosno napetosti koju stvara geopolitika zbog rizika od nestabilnih cijana prouzrokovanih neodrživim gospodarenjem resursa.

Utrošak energetske potencijala zahtjeva strateško planiranje i za korištenje prilikom primarne proizvodnje, ali i tokom recikliranja, odnosno uspostavljanja kružnog toka gospodarenja. Zamjenske sirovine također je neophodno razmotriti u cilju gospodarskog rasta i ekonomske opravdanosti.

Implementaciju novih naprednih tehnologija, najboljih raspoloživih tehnologija i najboljeg raspoložive prakse/iskustva, svakako je neophodno razmotriti prilikom korištenja resursa i strateškog planiranja tehnološkog odabira opreme i načina rada za dobijanje finalnog proizvoda.

Svako djelovanje pojedinca ili društva može da izazove pozitivan ili negativan ishod. Ukoliko se za pozitivan ne dobija naknada ili, ukoliko ne postoji društvena ili novčana vrsta sankcije ukoliko se radi o negativnom djelovanju, to se definiše kao nastanak eksternalija. Treba istaći da je nemoguće potpuno iskorijeniti ovaj problem, jer manje količine otpada su posljedica manjeg obima proizvodnje. Po tom principu, situacija bez otpada bi značila nulti obim proizvodnje, što bi svakako bilo kontraproduktivno. Dakle, određene količine otpada moraju nastati. Okolinska politika se trudi da te količine budu što više iskorištene. U biti osnovni ekonomski cilj potrošača industrijskih proizvoda maksimiziranje određene koristi, dok je kod industrijskih proizvođača cilj maksimiziranje profita. Ta dva pojma bi trebala da budu usklađena (slika 1.). Problem nastaje onog trenutka kada je situacija na tržištu definisana na način da ekonomski optimum nije isto što i okolinski optimum [3].



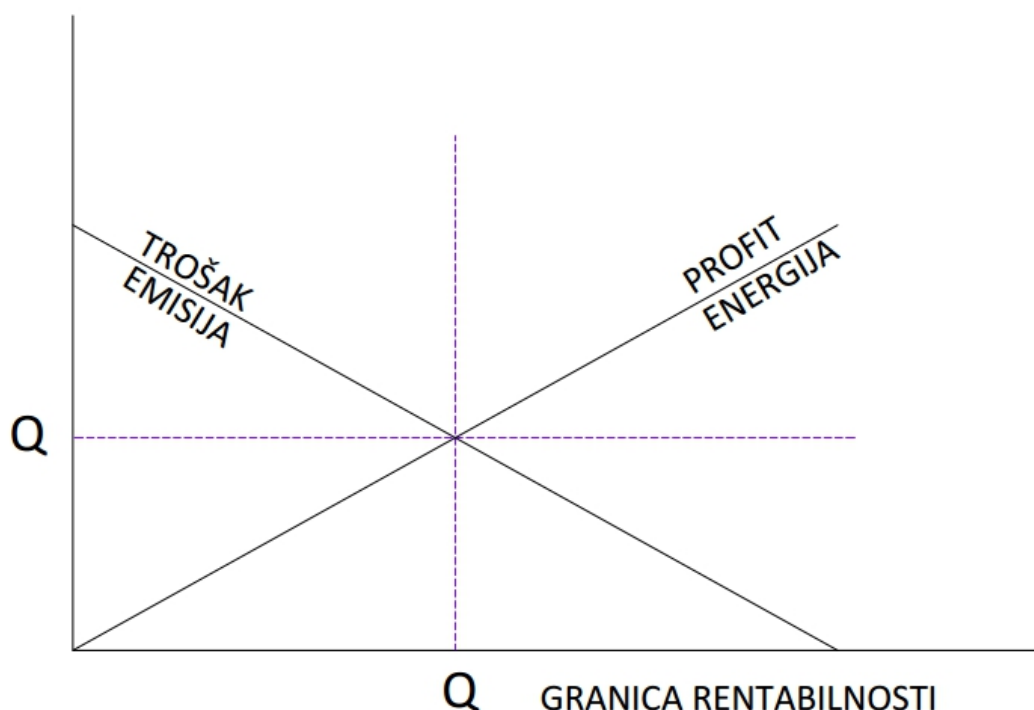
Slika 2. Troškovi i koristi smanjenja otpada [3]

Cirkularna ekonomija odnosi se na industrijsku ekonomiju, nastoji iskoristavati obnovljive izvore energije (OIE), smanjuje i nastoji eliminisati upotrebu kemikalija i stvaranje otpada. Važan faktor u cirkularnoj ekonomiji je i ekonomsko upravljanje otpadom, koje ima značajnu ulogu u otvaranju novih radnih mjesta i kreiranju zelenih tehnologija [3,4].

Cirkularna ekonomija je idealan primjer regulacije zdravije životne sredine, iskorištavanja otpada kao resursa i smanjenje stope nezaposlenosti prilikom implementacije ovog procesa.

Cirkularna ekonomija bazira se na zadovoljenju nekoliko osnovnih aspekata:

- Dizajn proizvoda „bez otpada“
- Dostići kvalitet proizvoda kroz različitost materijala
- Korištenje energije iz obnovljivih izvora energije
- Razmišljati o „sistemu“
- Otpad je resurs



Slika 3. Dijagram cirkularne ekonomije

Jasan prikaz cirkularne ekonomije prikazan je na slici 3., gdje je iskazana granica rentabilnosti, sa prikazom krivulja koje se odnose na trošak (emisije) i profit (energija). Marginalni graničnik pokazuje rentabilnost, odnosno opravdanost investicije (processa) kroz odnos troška i profita.

3. Primjer primjene cirkularne ekonomije

U smislu alternativnih opcija rješavanja društvene i ekološke krize s kojom se civilizacija suočava, model cirkularne ekonomije, je snažan reformistički način u tehničko – tehnološkom smislu pokušaj smanjivanja protoka materijala i energije u ekonomiji.

Za odvijanje života/življenja na Zemlji kontinuirano se koristi voda, bilo da je u smislu ljudskih fizioloških potreba, bilo da je u domaćinstvu, a enorme količine se koriste u industriji. Ono što nastaje nakon korištenja jeste otpadna voda koja se usmjerava na dalje tretiranje.

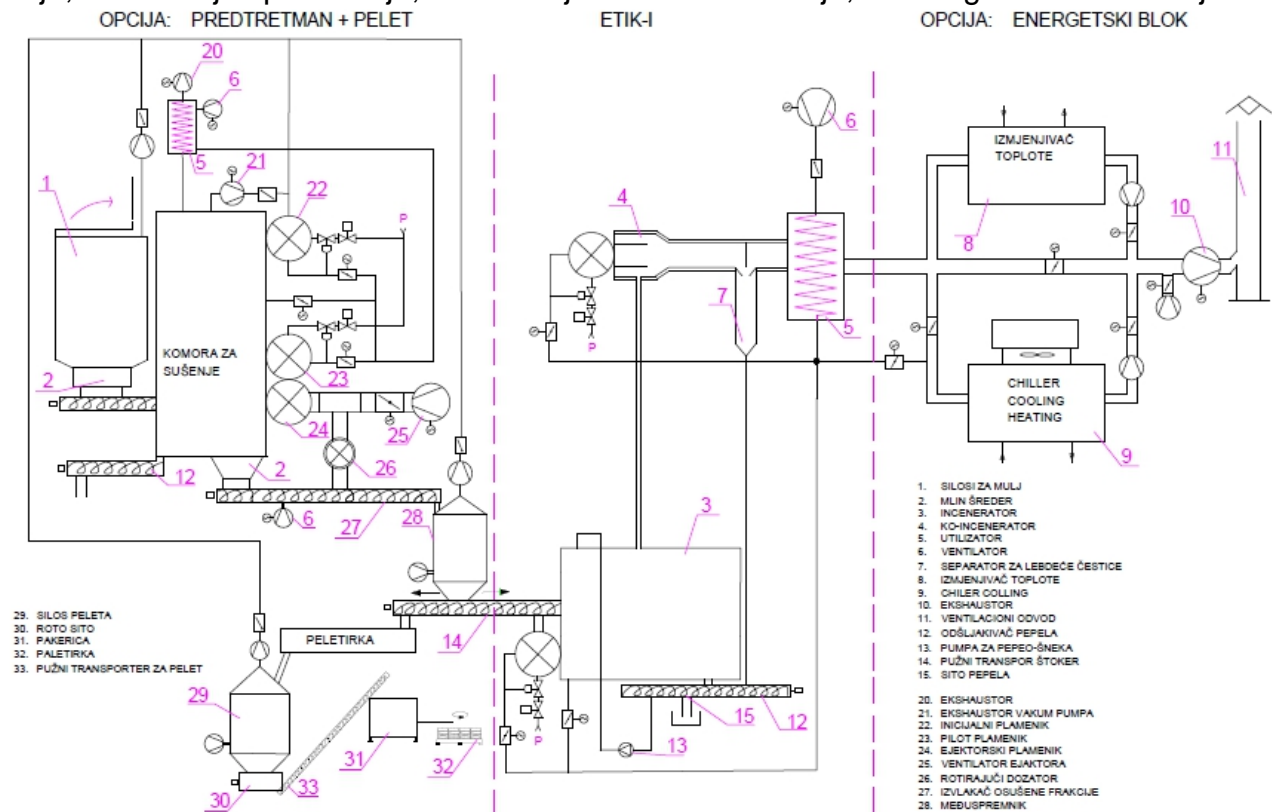
Na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) tretira se otpadna voda nakon čega se kao otpadna materija izdvaja mulj.

Trenutno, procentualno najveći broj postrojenja ovu materiju lageruju/deponuju. Međutim mulj se efikasno može koristiti kao resurs u više opcija.

Kroz program ENERGETIS^{ITG} razvijeno je procesno-tehničko rješenje kojim se mulj može koristiti kao:

- Fertilizator za oplemenjivanje tla za hortikulturu
- Kao peletirani energent
- Energetski resurs za CHC, CHCP i poligeneraciju
- Kao građevinska frakcija za građevinsku galanteriju
- Kao nasipni materijal

Na slici 4. prikazano je idejno projektno rješenje za korištenje otpadnog mulja kao resursa. Predstavljeno rješenje podrazumijeva prihvatanje mulja, dehidraciju, korištenje bioplina iz mulja, sterilizaciju i peletiranje, incineraciju sa ko-incineraciju, te energetsku valorizaciju.



Slika 4. Shema procesne opreme za tretman mulja sa UPOV

Mulj nakon izdvajanja sa UPOV je materija sa stupnjem vlage oko 60 – 75 %, koja se mora svesti na vlagu od 10 – 20 % ovisno od namjene korištenja.

Dehidrirani mulj ukoliko se sterilise može se koristiti kao oplemenjivač tla za hortikulturu. Preporuka je da se pletira radi lakše manipulacije.

Osim toga peletirani mulj se može koristiti i kao energent, što ovisi od analize mulja kao ulazne materije i analize dehidriranog mulja.

Osim toga prikazano rješenje na slici 4. podrazumijava i incineraciju sa ko-incineracijom mulja, koja se odvija pri visokim temperaturama. U incineraciji postižu se temperature > 860 °C, dok u ko – incineraciji postižu se temperature > 1100 °C, uz retenciju emisija polutanata duže od 2 sekunde, kako bi emisije bile bez boje, okusa i mirisa.

Nakon incineracije nastaje eko inertni pepeo koji se kao resurs može koristiti za potrebe nasipa na autocestama ili kao nasipni materijal na deponijama koje se saniraju i kultivišu.

Osim toga ovaj vid pepela ISSA se može posmatrati kao građevinska frakcija, npr. za izradu građevinske galanterije: ivičnjaka, cijevi betonskih ploča i.t.d.

I finalno još jedna vrlo bitna mogućnost jeste termovalorizacija, CHP, CHCP. Odnosno oprema za kogeneraciju i trigeneraciju, kojima se proizvodi toplinska, rashladna pa i električna energija.

Navedene mogućnosti ukazuju na mogućnost korištenja „otpadnog mulja“ u cilju zadovoljenja cirkularne ekonomije.

4. Zaključak

Cirkularna ekonomija je novi trend prepoznat u cilju iskorištenja obnovljivih izvora energije za dostizanje održivog razvoja, kroz proizvodnju sa nultim otpadom, odnosno najvećom mogućom mjerom iskorištenja otpadne materije.

Primjena novih materijala, recikliranih materijala, resursa iz otpada, odnosno repromaterijala dostiže se ekonomska profitabilnost ali uz ekološku prihvatljivost proizvodnje i potenciranje energetske efikasnosti.

Cirkularna ekonomija je idealan primjer regulacije zdravije životne sredine, iskorištavanja otpada kao resursa i smanjenje stope nezaposlenosti prilikom implementacije ovog procesa.

5. Literatura

- [1] Projektna dokumentacija firme GRIZELJ Sarajevo (2010 – 2016)
- [2] Projektna dokumentacija firme ITG d.o.o. Sarajevo (2010 – 2016)
- [3] T. Grizelj, A. Vujičić, J. Hrnjica Bajramović, Cirkularna ekonomija u naprednim tehnologijama, 2. Internacionalna konferencija NT – 2015, Mostar, 2015
- [4] www.zelenipartner.eu

Ekološki, energetske i ekonomske aspekte u tretmanu mulja kao obnovljivi izvor energije

Environmental, energy and economic aspects in the treatment of sludge as renewable energy

J. Hrnjica Bajramović^{1*}, To. Grizelj², Te. Grizelj³

¹GRIZELJ d.o.o., Nikole Šopa 46, 71 000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

²ITG Wärmetechnik GmbH, Wien, Austria

³ITG d.o.o. Sarajevo, Bosna i Hercegovina

*Autor za korespondenciju. E-mail: jasmina@grizelj.com

Sažetak

Infrastrukturalna izgradnja često je vrlo zahtjevna, međutim često apsurdna, jer se većina stvari planira i radi retroaktivno. Sad su aktualne izgradnje i sanacije vodovodnih i kanalizacionih mreža i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV). Ono što bi trebalo uvijek uz UPOV planirati jeste tretman/korištenje mulja kao inherentan proces. Međutim, za to se financijska sredstva najčešće ne planiraju, jer rješenje za tretman mulja predviđa uvijek odlaganje/deponiranje. Zanimljivo je da zakonski okvir dopušta odlaganje otpada, u ovom slučaju mulja, do 2017. godine, kada treba uslijediti zabrana odlaganja. I šta poslije?

Na koji način planirati zbrinjavanje mulja koji nije ekološki prihvatljiv nakon izdvajanje sa UPOV?

U radu će biti prikazana nova Know how napredna, superiorna, modularna, sofisticirana tehnologija, za termički tretman mulja i iskorištenje u vidu energije, energetske rinfuze i/ili eko sterilni pelet kao fertilizator tla, ekološki prihvatljiva, energetske efikasna, ekonomski profitabilna i održiva.

Ključne riječi: procijedni mulj, termički tretman, UPOV.

Abstract

Infrastructure construction is often very demanding, but often absurd, because most of the things are plan and work retroactively. Now are actual construction and rehabilitation of water supply and sewerage networks and wastewater treatment plant (WWTP). Always should be with WWTP plan treatment/use of sludge as an inherent process. But finance usually are not planned for this, because the solution for sludge treatment provides always dumping / disposal. It is interesting that the legal framework allows waste disposal, in this case the mud, until 2017, when the ban should be made promptly. And what next?

How to plan the disposal of sludge which is not environmentally friendly after separation from the WWTP?



The paper will present new know-how advanced, superior, modular, sophisticated technology for thermal treatment of sludge and utilization as energy, energy bulk and / or eco pellets as fertilizer soil, environmentally friendly, energy efficient, economically profitable and sustainable.

Keywords: leachate sludge, thermal treatment, WWTP.

1. Uvod

Bez obzira na način, mjesto i količinu nastanka, otpad najčešće predstavlja problem u okviru bilo kojeg tehnološkog procesa. Iako postoje naučno – istraživački argumenti i činjenice koje ukazuju na iskoristivost otpada kao resursa, repromaterijala, energenta ili sirovine, nije zaživjelo globalno iskorištenje ovog materijala. Cirkularna ekonomija se bazira na principima, primjerima, dokazima i mogućnostima koje pokazuju način i mogućnost iskorištenja otpada kao obnovljivog izvora u smislu ekonomske profitabilnosti ali kroz ekološku prihvatljivost. Problematična vrsta otpada danas je i mulj koji nastaje na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV). Nije bitno da li se radi o UPOV za komunalne vode ili industrijske vode, otpadna materija je mulj koji najčešće ostaje netretiran, nego odložen. Obrada/zbrinjavanje mulja bi trebao biti neodvojiv element pročišćavanja otpadnih voda, te iz tog razloga troškovi obrade i zbrinjavanja mulja su inherentni trošak pročišćavanja otpadnih voda. U vremenu naprednih, suvremenih, modularnih i sofisticiranih tehnologija mulj ne bi trebao biti neiskorištena materija, odnosno trebalo bi se zanemariti odlaganje mulja, jer se time stvara ekonomski trošak ali i ekološka opasnost. Izbor postupka obrade/zbrinjavanja mulja ovisi prvenstveno o njegovim karakteristikama, odnosno od količine kao i od koncentracija suspendiranih čestica i nezanemarivih toksičnih materija. Dosadašnja rješenja odlaganja mulja morala su predviđati i obradu prije odlaganja što je u biti apsurd postupanja sa otpadnim muljem, jer na taj način trošak se povećava, količine se povećavaju, mulj ne biva iskorišten, i dalje ostaje u okolišu, a zbog pasivizacije gubi značajnu energetska vrijednost. Dosadašnji zastarjeli način sušenja mulja na otvorenom podrazumijeva širenje neugodnog mirisa, smrada u okruženje, potencijalnu mogućnost kontaminacije zraka, vode, tla pa u konačnici i hrane. Doprinos emisijama su svakako i prirodni uslovi, te tako vjetar utiče na širenje neugodnih mirisa, izloženost suncu dodatno pojačava intenzitet neugodnih mirisa (isparavanje), dok kiša i snijeg utiču na smanjenje SM (suhe materije), utiču na dodatno procjeđivanje i ponovnu aktivaciju stabilizirane materije [10].

2. Karakteristike mulja

Jednostavna podjela mulja nastalog na UPOV je:

- mulj nastao na postrojenjima za pročišćavanje komunalnih voda,
- mulj nastao na postrojenjima za pročišćavanje industrijskih voda.

Jedna od osnovnih karakteristika bitna za odabir tretmana mulja je i procenat vlažnosti odnosno suhe tvari u mulju, te s tim u vezi mulj može biti: tekući sa 1 – 10 % ST, vlažni sa 10 – 30 % ST, kruti sa 30 – 90 % ST, osušeni sa > 90 % ST.

Dnevne količine suhe tvari (ST) mulja po ekvivalentnom stanovniku (ES), prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Količine ST mulja po ES

Proizvodnja i svojstva mulja	
Količina suhe tvari mulja u ovisnosti o načinu pročišćavanja otpadnih voda	
Način pročišćavanja	Dnevna količina suhe tvari mulja po ES (g ST/ES)
Prethodno taloženje	40-60
Prethodni fizikalno-kemijski	55-80
Biološki mulj iz naknadnog taložnika – srednje opterećenje mulja	25-40
Biološki mulj iz naknadnog taložnika – nisko opterećenje mulja	15-25
Mulj iz prethodnog i naknadnog taložnika biološkog čišćenja	Zbroj mulja iz prethodnog i naknadnog taložnika
Anaerobno stabilizirani – mezofilni postupak	25-50
Aerobno stabilizirani – termofilni postupak	50-60

Mulj je vrlo hranjiva materija koja se može koristiti kao fertilizator tla, a hranjiva vrijednost bitnih elemenata iskazana je u tablici 2.

Tablica 2. Sadržaj hranjivih tvari u mulju

Sadržaj hranjivih tvari u mulju			
Element	% od suhe tvari		
Dušik	3-7		
Fosfor	2-7		
Kalij	< 1,5		
Usporedba hranjivih tvari (%) u mineralnim gnojivima i mulju			
Proizvod	Dušik	Fosfor	Kalij
Mineralno gnojivo	5	10	10
Suhe tvari stabiliziranog mulja	3,3	2,3	0,3

Da bi se mulj koristio kao fertilizator za oplemenjivanje tla neophodno je da isti bude fizički, hemijski i mikrobiološki prihvatljiv, odnosno da ima dovoljno makro i mikro elemenata koji će djelovati kao oplemenjivači, a da nema mikroorganizama koji će narušiti rast i razvoj biljaka.

Mulj se može koristiti i kao energent obzirom da ima izuzetno visoku toplinsku vrijednost. Prikaz toplinske vrijednosti iskazan je kroz rezultate analiza koje su izvršene za svježiu i dehidriranu frakciju. Dehidracija mulja vršena je u pilot postrojenju DEIKI, firem GRIZELJ d.o.o. Sarajevo, Bosna i Hercegovina. Rezultati su prikazani u tabelicama 3 i 4 [1,2].

Tablica 3. Analize energetske vrijednosti svježeg mulja

VRSTE ANALIZE	JEDINICE	SA DOSTAVNOM VLAGOM	BEZ VLAGI
Ukupna vlaga	% m/m	76,86	-
Pepeo	% m/m	6,23	26,92
Sagoriva materija	% m/m	16,91	73,08
Isparljive materije	% m/m	16,90	73,03
Koks	% m/m	6,24	26,97
Cfix	% m/m	0,01	0,04
Gornja toplotna vrijednost	KJ/kg	3,260	14,090
Donja toplotna vrijednost	KJ/kg	1,184	12,757
Sumpor ukupni	% m/m	-	-
Sumpor u pepelu	% m/m	-	-

Tablica 4. Analize energetske vrijednosti dehidriranog mulja

VRSTE ANALIZE	JEDINICE	SA DOSTAVNOM VLAGOM	BEZ VLAGI
Ukupna vlaga	% m/m	10,00	-
Pepeo	% m/m	24,96	27,73
Sagoriva materija	% m/m	65,04	72,27
Isparljive materije	% m/m	67,71	75,23
Koks	% m/m	-	-
Cfix	% m/m	-	-
Gornja toplotna vrijednost	KJ/kg	13,063	14,514
Donja toplotna vrijednost	KJ/kg	11,762	13,324
Sumpor ukupni	% m/m	-	-
Sumpor u pepelu	% m/m	-	-

Kada je u pitanju analiza energetske vrijednosti mulja, urađene su analize svježe i dehidrirane materije. Rezultati koji su dobiveni pokazuju da je gornja toplinska vrijednost svježe materije 3,26 KJ/kg, a donja 1,18 KJ/kg, dok je kod dehidrirane frakcije znatno povećana i iznosi za gornju 13,06 KJ/kg, a donja 11,76 KJ/kg. Takavav rezultat jasan je pokazatelj o vrijednosti mulja kao energenta kada se termički obradi do nivoa kvalitetne i efektne dehidracije [1,2].



3. Mulj kao obnovljivi izvor energije

Mulj iako je otpadna materija dalje se može koristiti kao resurs, repromaterijal, energent, neophodno ga je posmatrati kao obnovljivi izvor. Analizirajući nova tehničko – tehnološka dostignuća jasno je podjeljeno korištenje/zbrinjavanje mulja. Jednostavna podjela može se prikazati kroz upotrebu finalnog produkta, na primjer:

1. upotreba mulja u poljoprivredne svrhe, odnosno fertilizator za tlo za namjene kao što je hortikultura, šumarstvo ... ,
2. upotreba mulja kao fertilizator tla u kulturama za ishranu ljudi i životinja,
3. upotreba mulja kao energenta,
4. upotreba mulja kao građevinska frakcija.

Dio koji se odnosio na odlaganje na kontrolisana odlagališta za mulj, lagune i sl. pa i na nekontrolisana odlagališta, definitivno više nije i ne bi trebao biti aktuelan, nego bi trebao biti promatran kao zastarjelo rješenje, koje će od 2017. godine biti i pravno isključeno na osnovu zakonske regulative [10]. Kada je u pitanju upotreba mulja kao fertilizatora tla preporuka je da se mulj tretira na način da se zadovolje određeni parametri kao što su [1,2]:

- sadržaj teških metala u mulju i poljoprivrednom tlu na kojem se koristi,
- sadržaj organskih tvari u mulju,
- sadržaj patogenih mikroorganizama,
- vrsta tla i namjena,
- količinu suhe tvari mulja koja se smije u jednoj godini aplicirati na poljoprivredno tlo.

Preporuka je da se mulj dehidrira i sterilize, te peletira kako bi bio pogodan kao fertilizator za tlo, i zbog ekološko – ekonomske opravdanosti, ali i zbog sanitarno – higijenske ispravnosti. Kada je u pitanju donja/gornja toplinska moć dehidriranog mulja postojeći rezultati pokazuju da se radi o 12,5 – 14,5 KJ/kg, te je idealan kao energent. Dehidriran mulj može se peletirati ili pakovati kao energetska rinfuza i koristiti u namjenskim kotlovima kao energent.

Proces korištenja mulja kao energenta moguć je procesom incineracije, uz ko – incineraciju radi sigurnosti efikasnog rada i funkcionalnosti tretmana. Postupak korektno termičke obrade incineracijom mulja odvija se na temperaturama > 860 °C, a ko – incineracija pri temperaturama > 1100 °C uz obaveznu retenciju od minimalno 2 sekunde.

Incineracija i ko-incineracija se može predvidjeti u kogenerativnom ili trigenerativnom postrojenju, te se iz mulja kao resursa može dobiti energija (toplinska, rashladna i električna) Nakon incineracije i ko-incineracije mulja ostaje pepeo koji se može koristiti u građevinskoj galanteriji ili kao nasipni materijal. Pepeo se može koristiti npr. u betonskoj industriji, opekarskoj industriji, za potrebe izgradnje autocesta, građevinske galanterije i kao nasipni materijal npr. u sanaciji i revitalizaciji odlagališta.

5. Primjer ekološkog, energetskeg i ekonomskog bilansa mulja kao obnovljivog izvora energije

Primjer ekološkog, energetskeg i ekonomskog bilansa za mulj kao obnovljivi izvor energije bit će prikazan za količinu mulja cca 2000 m³/a sa 25 % suhe tvari. Odabrani tretman mulja je termički proces, za dobijanje energije, energetske rinfuze i fertilizatora za tlo.

Trenutno nakon UPOV mulj se najčešće izdvaja, te se radi stabilizacija i deponiranje.



S tim u vezi primjer ekonomskog i ekološkog aspekta prikazan je u nastavku kroz bilans.

Ekonomski aspekt metode odvajanja, stabilizacije i deponiranja:

➤ **Stabilizacija - pasivizacija sa vapnom**

Solidifikacija – pasivizacija vapnom

10,00 €/m³ - cijena utroška kreča

➤ **Utovar i prevoz**

Prevoz i utovar izdvojenog mulja na deponiju

3,00 €/t – cijena (srednja vrijednost) za utovar i prevoz

➤ **Deponiranje**

Naknada za odlaganje mulja na

21,85 €/t – cijena koja se plaća firmi Komunalac d.o.o. za odlaganje na deponiji

➤ **Ekološka taksa - kaznena (30,00 €/t – 100,00 €/t) u EU**

*eko taksa za odlaganje mulja u EU, ovisno od zemlje do zemlje 30 – 120,00 €/m³

Posmatrajući postojeće stanje zbrinjavanje mulja deponiranjem (cca 2000 m³/a) se ne može prihvatiti kao efikasan sistem, obzirom da postoji samo rashodovna strana, odnosno trošak deponiranja na nivou godine u iznosu cca 178.766,00 €/a.

Ekološki aspekt metode odvajanja, stabilizacije i deponiranja:

Osim toga treba biti jasno da se odlaganjem vrši kontaminacija zraka, vode i tla, obzirom na isparavanje, procjeđivanje i druge vidove respršivanja mikroorganizama iz mulja kao i kontaminaciju teškim metalima koji se u određenim koncentracijama nalaze u mulju.

Planiranje korištenja mulja kao đubriva, odnosno fertilizatora tla, bez predtretmana također nije prihvatljivo obzirom da se moraju pratiti koncentracije teških metala u mulju, koncentracije metala koje se eventualno već nalaze na zemljištu gdje se planira koristiti kao đubrivo, te koliko je to ukupno godišnje opterećenje.

Osim toga upitni su i mikroorganizmi koji se nalaze u mulju i koji direktnom fertilizacijom mogu ugroziti rast i razvoj kultura koje se nalaze u zemlji i direktno na zemlji.

Ekonomski aspekt metode termičke obrade:

➤ **Energija**

2000 m³/a x 25 % suhe tvari = 500 m³/a x 0,780 t/m³ = 390 t/a

390 t/a x 1000 kg = 390.000 kg/a x 5 kW/kg* =

1.950.000 kWh x 0,10 €/kW** =

195.000,00 €/a

*kalorična vrijednost osušenog mulja

**cijena toplinske energije



Troškovi (dehidracije - sušenja)

-energent plin	10,00 €/t
-struja	1,50 €/t
-radna snaga bruto 1 x 1.500,00 € mjesečno x 12 mjeseci	
18.000,00 €/a : 390 t/a	46,15 €/t
-održavanje	5,00 €/t
	<hr/>
	62,65 €/t

390 t/a x 62,65 €/t = 24.433,50 €/a

Bilans

195.000,00 €/a

- 24.433,50 €/a

170.566,50 €/a

➤ Energetska rinfuza

Troškovi

-energent plin	25,00 €/t
-struja	5,00 €/t
-radna snaga bruto 1 x 1.500,00 € mjesečno x 12 mjeseci =	
18.000,00 €/a : 390 t/a	46,15 €/t
-održavanje	5,00 €/t
	<hr/>
	81,15 €/t

390 t/a x 81,15 €/t = 31.648,50 €/a

Bilans

195.000,00 €/a

- 24.433,50 €/a

- 31.648,50 €/a

138.918,00 €/a

➤ **Eko sterilni pelet za fertilizaciju tla** (na bazi dostavljenog laboratorijskog nalaza)

$$2000 \text{ m}^3/\text{a} \times 25 \% = 500 \text{ m}^3/\text{a} \times 0,780 \text{ t/m}^3 = 390 \text{ t/a}$$

$$390 \text{ t/a} \times 300,00 \text{ €/t} = 117.000,00 \text{ €/a}$$

Troškovi

-energent zemni plin	25,00 €/t
-struja (peletirka)	8,00 €/t
-radna snaga bruto 3 x 1.500,00 € mjesečno x 12 mjeseci =	
54.000,00 €/a : 390 t/a =	140,00 €/t
-održavanje	5,00 €/t
	178,00 €/t

$$390 \text{ t/a} \times 178,00 \text{ €/t} = 69.420,00 \text{ €/a}$$

Bilans

117.000,00 €/a

- 69.420,00 €/a

47.580,00 €/a

Kroz ekonomski aspekt iskazan je i ekološki te energetske aspekt, a najjednostavniji prikaz je uporednim pregledom tretmana mulja odlaganjem i termičkim tretmanom mulja, što je prikazano kroz tablice 5 i 6.

Tablica 5. Stabilizacija i deponiranje mulja

BILANS			
Vrsta	PRIHOD €/a	RASHOD €/a	PROFIT €/a
Stabilizacija – pasivizacija vapnom	0	20.000,00	0
Utovar i prevoz	0	4.680,00	0
Deponiranje	0	34.086,00	0
Ekološka taksa - kaznena	0	120.000,00	0
UKUPNO	0	178.766,00	0

Tablica 6. Termički tretman mulja

BILANS			
Vrsta	PRIHOD €/a	RASHOD €/a	PROFIT €/a
Energija	195.000,00	24.433,50	170.566,50
Eko sterilni pelet-fertilizator za tlo	117.000,00	69.420,00	47.580,00
Energetska rinfuza	195.000,00	24.433,50	138.918,00
		31.648,50	

Tabelarni prikaz bilansa postojećeg i projektiranog stanja prilikom deponiranja i termičkog tretmana mulja, ukazuje na prihodovne i rashodovne strane, koje utiču na profit, a kao rezultat vidljivo je da deponiranje ekonomski nije opravdano, jer postoji samo rashodovna strana koja okvirno u ukupnom iznosu iznosi 178.766,00 €/a. Ekonomski gledano, a što se nadograđuje i sa ekološkim i energetske aspekta termički tretmana mulja posjeduje i prihodovne i rashodovne pravce, međutim ističe se profitabilnost koja nikako nije zanemariva. Proizvodnja peleta kao fertilizatora za tlo i energetske rinfuze kao i energije osigurava profit, koji definitivno nije zanemariv, a vrlo je impozantan u odnosu na postojeće troškove.

6. Zaključak

Posmatrajući ekološki, energetske i ekonomski aspekt, tretman mulja neophodno je planirati kao inherentan proces uz UPOV. Planirani proces neophodno je svakako da bude u skladu sa domicilnim i inozemnim (EU) zakonodavnim okvirom, koji neće poskupljivati odvodnju, te će imati karakter samoodrživosti. Zadovoljenje ekoloških, energetske i ekonomskih aspekata direktno utiče i na socijalni aspekt koji ne smije biti zanemaren.

Korištenje mulja kao OIE pruža mogućnost korištenja mulja kao fertilizatora tla, energenta, građevinskog materijala, što se je u radu kroz bilansno stanje prikazano kao održiv koncept.

7. Literatura

- [1] Tehničko – tehnološka dokumentacija firme GRIZELJ d.o.o. Sarajevo (2013 – 2015).
- [2] Tehničko – tehnološka dokumentacija firme ITG d.o.o. Sarajevo (2013 – 2015).
- [3] Vouk, D., Malus, D., Tedeschi, S. (2011). Muljevi s komunalnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, GRAĐEVINAR, 63 (4).
- [4] Tomić R., (2014), Druge metode stabilizacije muljeva i obezvodnjavanje, WaterWorkshop 2014, Novi Sad.
- [5] Karlović E., (2010), Muljevi od prečišćavanja otpadnih komunalnih voda – legislative, korišćenje i tretman muljeva, WaterWorkshop 2010, Novi Sad.
- [6] Ivanković M., (2012), Odvodnjavanje i sušenje mulja dobijenog preradom otpadnih voda, Tehnologijada, Lepenski vir.

-
- [7] Vouk, D., Malus, D., Tedeschi, S., (2012). Problematika Dispozicije Mulja s Uređaja za Pročišćavanje Otpadnih Voda. Gospodarenje otpadom Varaždin 2012., Varaždin.
- [8] Weisbuch, B., Seyfried, C.F., (1997). Utilization of sewage sludge ashes in the brick and tile industry. Water. Sci. Technol. 36 (11).
- [9] Jamshidi, A., Mehrdadi, N., Jamshidi, M., (2011). Application of sewage dry sludge as fine aggregate in concrete. J. Envir. Stud. 37 (59).
- [10] H.B. Jasmina, G. Tomislav, Termički tretman mulja sa PPOV, Časopis Agencije za vodno područje rijeke Save, sarajevo, Voda i mi, br. 92, 2016.

Energetska učinkovitost u radu recirkulacijskih fontana *Energy efficiency in the work of circular fountain*

Ti. Grizelj¹, To. Grizelj^{2,*}, Te. Grizelj³, H. Šahinović¹

¹ITG d.o.o. Sarajevo, Bosna i Hercegovina

²ITG Wärmetechnik GmbH, Wien, Austria

³GRIZELJ d.o.o., Nikole Šopa 46, 71 000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

*Autor za korespondenciju. E-mail: grizelj@grizelj.com

Sažetak

Fontane svakodnevno uljepšavaju različite prizore i sve više se radi na učinkovitosti rada i unapređenja fontana. Nove napredne, savremene fontane, danas uz luminaciju svjetla, muzike, različitosti vodenih efekata i harmonizaciju očaravaju enterijere i eksterijere uz male troškove. Recirkulacijske fontane su pravo umjetničko djelo energetske efikasno a i ekonomski opravdano kroz svoj rad. Prikaz nekoliko tehničkih rješenja recirkulatornih fontana, energetske efikasne, bit će opisano i slikovito prikazano kroz rad, primjer harmonizacije vodoskoka na fontanama sa svjetlosnim efektima, led rasvjetom, frekventnom regulacijom impelera u pumpi, uz potrebne amortizacije, centralne i upravljačke jedinice fontana, pumpi, sistema za dopunjavanje i filtriranje.

Ključne riječi: fontane, napredne tehnologije, recirkulatorne fontane

Abstract

Fountains daily adorn the various scenes and more is working on efficiency and improve the fountain. New advanced, modern fountains, today with luminance lights, music, diversity of aquatic effects and harmonization enchant interiors and exteriors at low cost. Recircular fountains are a work of art energy efficient and economically viable through their work. A few technical solutions of recirculation fountain, energy efficient, will be described and vividly illustrated through work, for example harmonization of the fountain on the fountains with lighting effects, LED lighting, the frequency regulation impeller in the pump, necessary depreciation, the central control unit and fountains, pumps, systems replenishment and filtering.

Keywords: fountains, advanced technology, recirculation fountains

1. Uvod

Fontane, vodopadi, vodoskoci, vještačka jezera, su ideje koje plijene pažnju eksterijerima ali i u enterijerima. Fontane su projektirana rješenja za čiji rad je neophodna električna energija i voda. Vrijeme je ulaganja u tehnološki naprednu opremu sa što većim stupnjem učinkovitosti a što manjim utroškom energenata ili medija.

S tim u vezi sve više se ulaže i u unapređenje fontana, te se veliki značaj pridaje cirkularnim fontanama.

Osim arhitektonskog i građevinskog segmenta, za fontane od velikog značaja je projektiranje strojarskog i elektro dijela koji je u konačnici osnova za efikasan i korektan rad fontane. Osnovni moduli za projektiranje i gradnju su: zapremina, protok, sistem za dopunjavanje i održavanje nivoa vode, kapacitet dizni, pumpe, razdjelnici, filtriranje, rasvjeta, elektro upravljanje, automatizacija i potrošnja električne energije [3].

Fontane prema mjestu izvedbe dijele se na:

- fontane smještene u enterijeru
- fontane smještene u eksterijeru

Prema vrsti izvedbe fontane mogu biti:

- vodoscoci
- vodopadi
- umjetna vrtna jezera
- mini fontane
- ribnjaci

Danas napredna oprema omogućava da fontana budu plesne, zvučne, svjetlosne... Iluminacija boja, vodenih efekata, zvučnih muzičkih efekata odaju sliku očaravajućeg enterijera ili eksterijera smještenog na jednom mjestu. Aplikacije vode mogu biti:

- jedva primjetno strujanje (bare ili manja jezercica)
- strujanje vode u obliku protoka ili izvora
- višestupanjska fontana sa raznovrsnim vodenim efektima
- žuboreći vodopadi
- u obliku prozirnog zvona ili sfere.

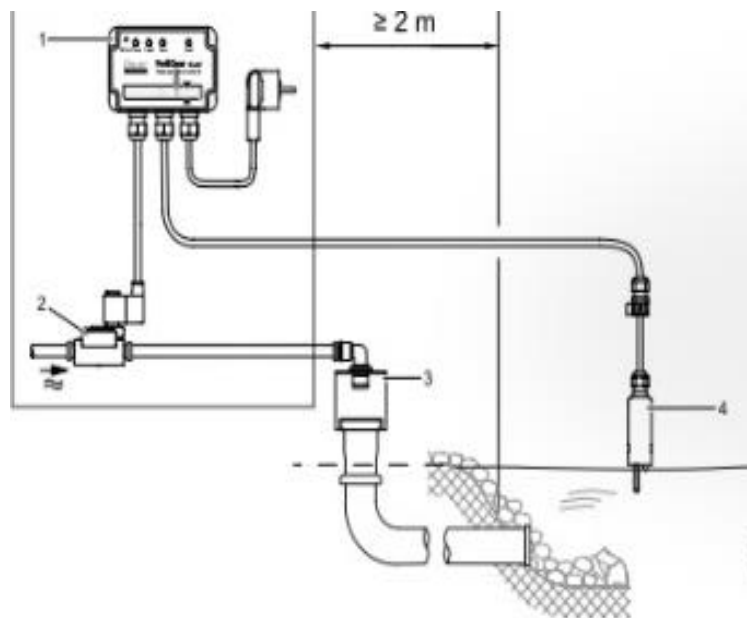
2. Recirkulacija vode u fontanama

Smisao recirkulacionih fontana jeste kruženje iste vode, radi efikasnijeg rada i ekonomske opravdanosti kontinuiranog rada fontana. Fontane sa recirkulacijom imaju mogućnost rada i tokom zime, uz kontinuirano održavanje. Trošak vode koji je nemonovan u navedenim fontanama jeste dio vode koji ispari, te dio vode koji se prelije.

Poznato je da životinje (ptice, mačke, psi) vrlo često piju vodu sa fontana, a ljeti djeca i ljudi osvježavaju, te je bitno da se u fontanama ne koriste opasne kemikalije koje bi mogle narušiti zdravstveno stanje životinja.

Recirkulacione fontane moraju imati instaliranu opremu za dopunjavanje vode, obzirom da pumpe i mlaznice moraju imati stalno određeni nivo vode koji je neophodan za korektan rad. Sistem za dopunjavanje i pražnjenje vode je potrebno dimenzionirati na osnovu stvarnih potrebnih količina vode za određenu zapreminu vode u fontani.

Na cjevovod vodovodnog priključka potrebno je ugraditi elektromagnetni ventil za automatsko dopunjavanje vode, koji je povezan sa nivo sondom i nivo relejima u upravljačkom ormaru fontane kako je prikazano na slici 1 [1,2,3].



Slika 1. Povezivanje elektromagnetnog ventila, nivo sonde i upravljačkog ormara

Suvremene recirkulacione fontane mogu raditi tokom cijele godine bez utroška električne energije za zagrijavanje vode, na način da se izgradi vještačka podzemna kaverna u kojoj se vrši razmjena topline od zemlje i time se zagrijava voda do temperature koja je dovoljna za rad fontane tokom zime.

3. Pumpe i mlaznice

Kako se teži što efikasnijem dizajniranju, projektiranju i izgradnji opreme i finalno kompletne fontane vremenom se u fontane komponuje oprema koja ne zahtjeva velike građevinske radove koji su ranije ovaj dizajn opterećivali i vizuelno ali i ekonomski.

Stari modeli fontana najčešće su iziskivali napore i troškove kod projektiranja i pravljenja šahtova u koje se smještala određena oprema kao što su pumpe, te je za iste neophodno predvidjeti veličinu šahta, pravilan nagib i veličinu, zatim protukišne poklopce, ventilaciju šahta kao i odvod u slučaju eventualnih poplava i dr.

Danas su aktuelne potopne pumpe koje se smještaju u bazen fontane a usis vode smješten je na samoj pumpi uz dodatni filter na pumpi kao zaštita za pumpu. Na slici 2. prikazana je takozvana inteligentna potopna pumpa na kojoj je smješten frekventni regulator i za koju osim napajanja električnom energijom nije potrebna dodatna komunikacija sa elektro upravljačkim ormarom i automatikom. Inteligentne pumpe direktno su povezane na mlaznicu a vodeni efekti stvaraju se promjenom frekvencije pumpe [3].



Slika 2. Pumpa Varionaut 365

Na ovaj način projektovana je i izgrađena fontana GGM u Zenici. U centralnom dijelu fontane smještena je Crown mlaznica na koju je povezana potopna pumpa smještena u samoj fontani. Potopna pumpa i RGB reflektori na mlaznici su DMX komunikacijom povezani na Wecs automatiku. Anemometar koji je smješten uz rub fontane na visini od 4 metra, također povezan na Wecs automatiku, mjeri brzinu vjeta i preko Wecs automatike smanjuje mlaz na Crown mlaznici, slika 4. Pored upravljanja i zaštite Wecs automatika nudi i programiranje rada fontane prema zahtjevima Investitora. Fontana GGM u Zenici programirana je na više različitih programa koji se razlikuju u visini mlaza i boji mlaza [3].



Slika 3. Fontana GGM u Zenici



Slika 4. Anemometar

Anemometar omogućava i vršenje kaskadne regulacije nivoa aplikacije, tj. kada nema vjetra visina vodene aplikacije doseže do 5 metara, a kada je brzina vjetra 1 m/s, reguliše se visina na 3 metra, ili ako je brzina vjetra 2 m/s, onda se visina vodene aplikacije spušta na 1 metar, ukoliko je brzina vjetra više od 3 m/s automacki se gasi pumpa, a sve s ciljem da se voda ne rasipa i da se zaštite prolaznici i učesnici u prometu od prskanja vode.

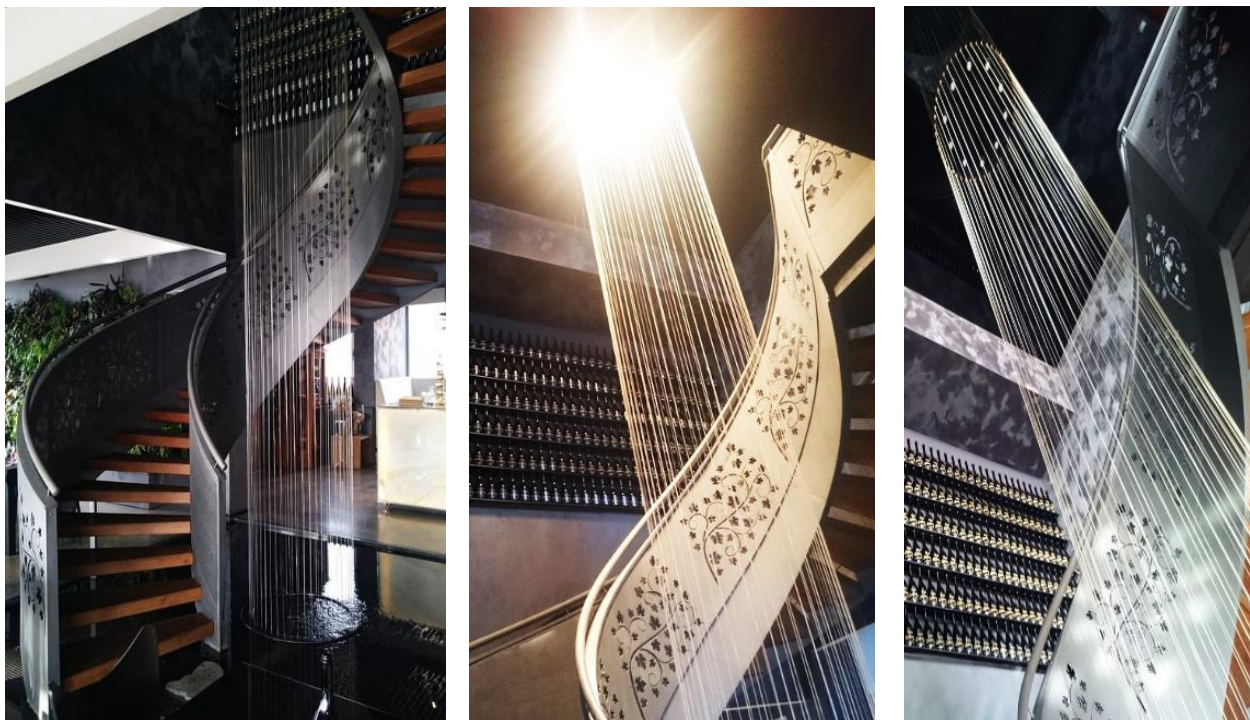
Osim toga energetska efikasnost se može iskazati i primjerom regulacije tokom noćnih sati, kada se aplikacije reduciraju kako bi se zadovoljava energetska učinkovitost.

Mlaznice su jedan od najbitnijih i najvidljivijih segmenata fontane koje se razlikuju po izgledu vodenog mlaza kao i protoka vode. Nove generacije mlaznica, prikazane na slici 5., mogu biti različitih oblika, dimenzija, namjena, te se prema tome zovu: rotirajuće, njihajuće, vulkan, pjenušac, konusne, sfera, kruna, kometa i sl. [1,2,3].



Slika 5. Mlaznice

Za enterijere se pažljivo biraju mlaznice zbog eventualnog prskanja, žamora, žubora ili velike frekvencije buke. Tako su npr. u Vinariji Vukoje postavljene vodene niti, prikazane na sl. 6. koje enterijer čine idiličnim, a ne predstavljaju problem za posjetioce [1,2,3].



Slika 6. Vodene niti u Vinariji Vukoja

4. Frekventna regulacija

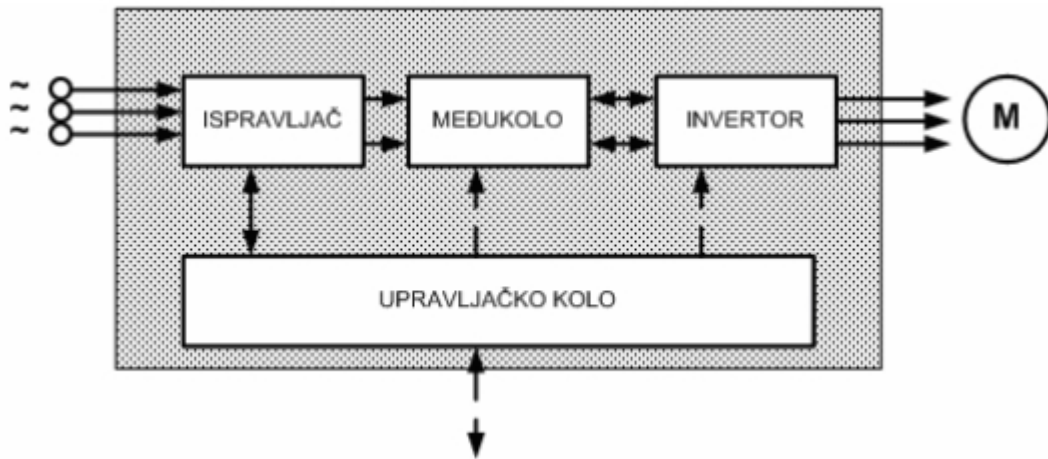
Postizanje energetski efikasnog/učinkovitog rada u fontanama omogućeno je instaliranjem frekventnih regulatora. Korištenje frekventnog regulatora na fontanama doprinosi:

- uštedi energije
- jednostavnom podešavanju brzine u procesu
- lakšem, sigurnijem i jednostavnijem startovanju i zaustavljanju pumpi
- jednostavno ubrzavanje i usporavanje
- izbjegavanje naprezanja i naglih udara u mehaničkim sklopovima.

Frekventni regulatori su elektronski uređaji koji omogućavaju upravljanje brzinom trofaznih asinhronih motora pretvarajući ulazni mrežni napon i frekvenciju, koji su fiksirane vrednosti, u promenljive veličine.

Na slici 7. je prikazana interna struktura frekventnog regulatora. Ispravljač pretvara mrežni AC napon u pulsirajući DC napon. Međukolo stabilizuje ovaj DC napon i stavlja ga na raspolaganje inverteru. Invertor generiše frekvenciju napona na motoru (DC napon ponovo pretvara u kontrolisani AC napon). Upravljačko kolo prima i šalje signale iz ispravljača,

međukola i invertora. To je mikroprocesorski sistem koji na osnovu svojih algoritama upravljanja definiše pobudu za motor kako bi se dobio željeni odziv [5].



Slika 7. Interna struktura frekventnog regulatora

Neke od prednosti korištenja frekventnog regulatora su:

- Ušteda energije je pogotovo u današnje vreme jedan od prioriternih zahtjeva.
- Podešavanje brzine u procesu proizvodnje pruža brojne prednosti u pogledu povećanja produktivnosti, smanjenja troškova održavanja, itd.
- Broj startovanja i zaustavljanja stroja može se punom kontrolom brzine drastično smanjiti.
- Uz smanjenje troškova održavanja, poboljšava se radno okruženje.



Slika 7. M400 – frekventni regulatori

Na fontani GGM Zenica korišten je M400 – frekventni regulatori sa ugrađenim PLC-om od Contol Techniques, kao na slici 7, kojim je reguliran broj obrtaja na motoru, regulacijom frekvencije od 30 Hz do 50 Hz radi vizuelnog efekta vodenih aplikacija, čime se također postigla značajna ušteda energije.

5. Rasvjeta

Druga mogućnost za postizanje energetske efikasnosti/učinkovitog rada je korištenje energetske efikasne /učinkovite rasvjete. Svaka fontana koja je obogaćena rasvjetnim efektima neizmjereno je ocharavajuća, međutim zbog ekonomske opravdanosti vrlo bitno je predvidjeti energetske efikasne/učinkovite rasvjete.

Rasvjeta fontane se danas izvodi LED diodama koje troše 3-8 puta manje električne energije uz isti nivo rasvjetne moći. Najnovije LED RGB diode imaju mogućnost promjene boje u do 256 nijansi čime se ostvaruje ugođaj za oko u ambijentu. LED RGB diode imaju 3 osnovne boje R-red, G-green, B-blue uz kombinaciju bijele boje. Na osnovu zadanih boja a preko odgovarajuće automatike za izradu programa (primjerice automatika Wecs korištena na fontani GGM Zenica) zadane boje se mješaju i do 256 nijansi koje je moguće preko programa uskladiti i sa vodenim mlazom kao i muzičkoj podlozi. LED RGB diode su sastavni dio muzičkih plesnih fontana. Na slici 8. je prikazana fontana ispred Sportske dvorane na Grbavici, Sarajevo za koju je Investitor pored svakodnevnih iluminacija zahtijevao i promjenu boje za vrijeme fudbalskih mečeva na stadionu Grbavica i sportskoj dvorani Grbavica. Sportska dvorana i stadion Grbavica pripadaju sportskom klubu čije su boje plavo-bijela, tako da ova pametna fontana u vrijeme sportskih mečeva ovog kluba mijenja plavo-bijele nijanse [3].

6. Zaključak

Uljepšavanje enterijera ili eksterijera fontanama koje mogu biti kombinacija vodenih aplikacija, svjetlosnih iluminacija i zvučnih efekata, danas je usavršeno do stupnja postizanja značajne energetske efikasnosti/učinkovitosti koji doprinosi ekonomskoj opravdanosti. Instaliranje frekventne regulacije, korektan odabir pumpi i mlaznica, te rasvjete doprinosi cjelokupnoj energetske efikasnosti/učinkovitosti u recirkulacionim fontanama.

7. Literatura

- [1] Projektna dokumentacija firme GRIZELJ Sarajevo (2010 – 2016).
- [2] Projektna dokumentacija firme ITG d.o.o. Sarajevo (2010 – 2016).
- [3] G. Tomislav, Š. Hajra, G. Tin, Primjena energetske efikasnosti u recirkulacionim fontanama, 3. Internacionalna konferencija „NT – 2006“, Mostar, 2016.
- [4] <http://fontane.ba/>
- [5] <http://www.momentum-automation.com/>



Utjecaj klime, Sunčevog zračenja i ekonomske situacije na potrošnju prirodnog plina

Climatic, solar radiation and economic conditions influences in the consumption of natural gas

K. Hornung^{1,2*}, M. Stojkov^{2*}, M. Hornung³, A. Čikić²

¹ Srednja škola Valpovo, Valpovo, Hrvatska

² Strojarški fakultet u Slavanskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

³ Erste&Steiermärkische Bank d.d., Zagreb

*Autori za korespondenciju. E-mail: krunoslav.hornung@os.htnet.hr; marinko.stojkov@sfsb.hr

Sažetak

U članku je riječ o nekoliko čimbenika koji utječu na potrošnju prirodnog plina. Na neke od njih može se utjecati u većoj ili manjoj mjeri, uvažavajući pri tome spoznaje čijom se primjenom može lakše i sigurnije planirati i trošiti dostupna energija.

Utjecaj klime značajan je kod potrošnje energije. I u vremenskim periodima s niskom i u periodima s visokom vanjskom temperaturom, troši se određena količina energije za zagrijavanje ili za hlađenje prostora u kojemu ljudi borave. Također, hidrološka situacija mijenja se iz godine u godinu pa je korištenje hidroenergije uvjetovano raspoloživim hidrološkim potencijalom, što posredno utječe na uvoz energije.

Ekonomska situacija uvelike utječe na odabir energenta koji se troši. Tako se u sektoru opće potrošnje (kućanstva), osobito izvan većih gradova, sve više prelazi na drvo kao energent (klasično zagrijavanja prostora drvima) unatoč dostupnoj postojećoj mreži prirodnog plina. Količina raspoložive Sunčeve energije koja se može iskoristiti kao dodatni energent je vrlo velika a o čovjekovim potrebama ovisi kada i koliko će se koristiti. Energija Sunca kao obnovljivi izvor energije (OIE), može povećati energetske održivosti sustava te može poboljšati sigurnost dobave energije na način da se smanji ovisnost o uvozu energije i energetskih sirovina. Bolje iskorištavanje OIE doprinosi produženju trajanja rezervi primarnih energetskih izvora kako kod nas, tako i u svijetu.

Abstract

The paper deals with a number of factors affecting the consumption of natural gas. Influence of specific factors varies with a greater or lesser extent, respecting the cognition of the application with which can be easier and safer to plan and spend the available energy. The influence of climate is significant in energy consumption. Whether periods of low or high ambient temperature are analyzed, a certain amount of energy for heating or cooling of

indoor spaces where people live and work is needed. Also, the hydrological situation changes from year to year so the use of hydropower is conditioned by available hydrological potential, which directly affects the import of energy. The economic situation greatly affects the choice of energy that is consumed. So in other sectors (households), especially outside the larger cities, energy sources are increasingly switching to wood (classic space heating with wood) despite available existing natural gas network

The amount of available solar energy which can be used as an additional energy source is very large and it depends on mankind needs to define when and how it is used. Solar energy as a renewable energy source (RES), can increase energy sustainability of the system and can improve the security of energy supply in a way to reduce dependence on energy imports and energy resources. Better exploitation of renewable energy contributes to the extension of the duration of primary energy reserves in our country and generally in the world.

Ključne riječi: Sučeva energija, obnovljivi izvori energije, ciklična pojavnost, klimatske promjene

Key words: Solar energy, renewable energy sources, the cyclical incidence, climate changes

1. Uvod

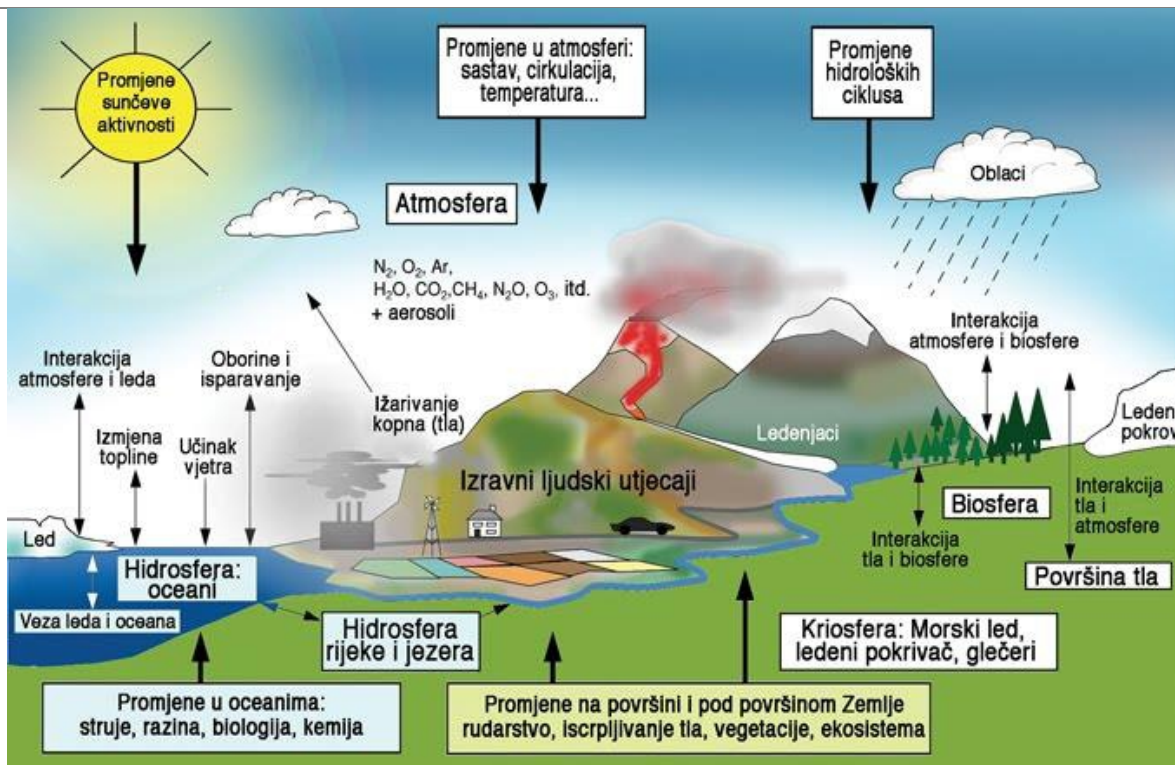
Razvoj neke zemlje, usko je vezan uz razvoj tehnologije, proizvodnje, ekonomije i sl., a prvenstveno uz potrošnju određenih oblika energije (iz vlastitih ili uvoznih izvora)., Zasnih se godina učinkovitost korištenja energije i emisije onečišćujućih tvari u atmosferu sve detaljnije prati i iskazuje preko indeksa energetske učinkovitosti – ODEX. Jednostavno rečeno, energetska učinkovitost znači potrošiti manju količinu energenata za obavljanje istog rada: npr. rasvjeta, grijanje, hlađenje, transport, pokretanje strojeva za proizvodnju određenih proizvoda, itd. s jedne strane i smanjiti emisije štetnih tvari u atmosferu, tlo i vodu s druge strane, a što je opet ujedno najjeftiniji i najbrži način postizanja ciljeva održivog razvoja.

Energetska učinkovitost, praćena preko određenih pokazatelja, od velike je važnosti za ciljeve i politiku u zemljama Europske unije, kako u području energetike, tako i u području zaštite okoliša.

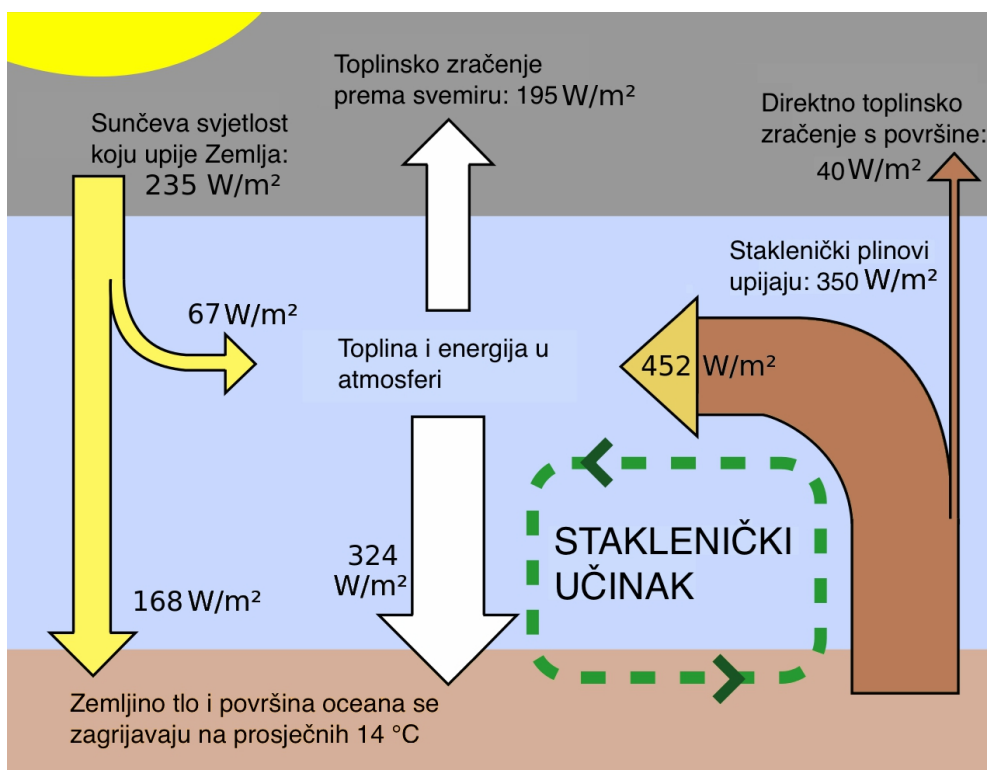
Dosadašnjim čovjekovim odnosom prema prirodi, stvoreni su vrlo teški problemi, koji se moraju rješavati nekim novim, ekološkim pristupom. Potrebno je čim prije pronaći odgovarajući model kojim bi se osigurao brižniji i odgovorniji odnos prema prirodi.

Optimalno korištenje prirodnih resursa zahtijeva promjenu životnih navika i uvjeta modernog društva, ponovnu procjenu ekonomskih sektora ili radne prakse upotrebom znanosti, novih tehnologija, racionalno korištenje energije (zelene tehnologije, obnovljiva energija), te prilagodbu životnih stilova usmjerenu k očuvanju prirodnih resursa [1].

Na slici 1. jasno se vide prirodni i antropogeni utjecaji na okolinu, a samim time i na klimu, dok je na slici 2. prikazana raspodjela sunčeve energije u atmosferi i na površini Zemlje [2].



Slika 1. Primjeri prirodnih i antropogenih čimbenika koji utječu na klimu [2]

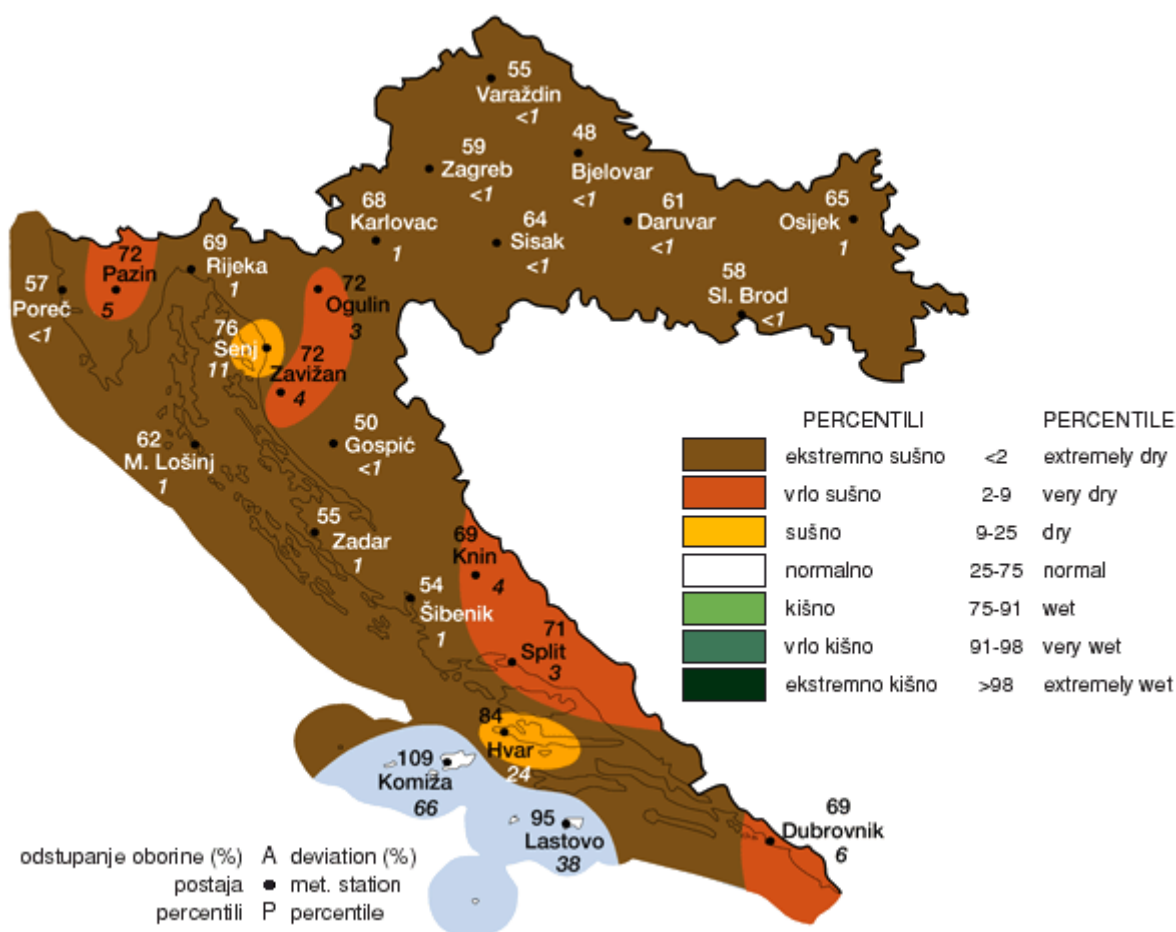


Slika 2. Sunčevo zračenje u atmosferi i na površini Zemlje [2]

2. Proizvodnja i potrošnja energije u Hrvatskoj

Potrošnja energije u Hrvatskoj znatno brže raste od proizvodnje pa je RH primorana uvoziti određene količine energije. Tijekom godina, proizvodnja i potrošnja primarne energije u Hrvatskoj se mijenjala ovisno o više čimbenika, a naročito su veliki utjecaj na proizvodnju i potrošnju energije imali klima i klimatski utjecaji.

Kod proizvodnje primarne energije, veliki utjecaj ima hidrološka situacija. Tako npr. 2010. godine, prema analizi višegodišnjeg prosjeka oborinskih prilika, u cijeloj Hrvatskoj bilo je oborina više od prosjeka. Iduće dvije godine, analiza oborina pokazuje vrijednosti manje od prosjeka, kao što je vidljivo na slici 3., a 2013. godina pokazuje opet vrijednosti iznad prosjeka.



Slika 3. Odstupanje količina oborina u 2011. godini [3]

Koliko je važan podatak o hidrološkoj situaciji, govori činjenica da proizvodni kapaciteti električne energije za potrebe Republike Hrvatske, a koji se odnose na hidroelektrane, iznose oko 52 % ukupnih proizvodnih kapaciteta električne energije. Još više dolazi do izražaja utjecaj hidrologije, pogledom na slike 4. i 5., gdje je prikazana proizvodnja primarne

energije u razdoblju od 2008. do 2013. godine. Sušne godine iz tog razdoblja (2011. i 2012.) imaju primjetan utjecaj na smanjenje u proizvodnji primarne energije.

	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2013./12.	2008.-13.
	PJ						%	
Ogrjevno drvo i biomasa Fuel Wood and Biomass	17,01	17,97	19,96	26,74	29,17	29,62	1,5	11,7
Sirova nafta Crude Oil	35,42	33,07	30,69	28,37	25,62	25,71	0,4	-6,2
Prirodni plin Natural Gas	94,05	93,50	93,88	85,02	69,19	63,11	-8,8	-7,7
Vodne snage Hydro Power	50,19	65,77	79,71	42,59	45,45	78,88	73,6	9,5
Toplinska energija Heat	1,25	1,48	1,76	1,68	1,71	1,74	1,5	6,8
Obnovljivi izvori Renewables	1,01	1,30	2,63	2,97	5,66	7,70	36,1	50,0
UKUPNO TOTAL	198,93	213,09	228,62	187,36	176,79	206,76	17,0	0,8

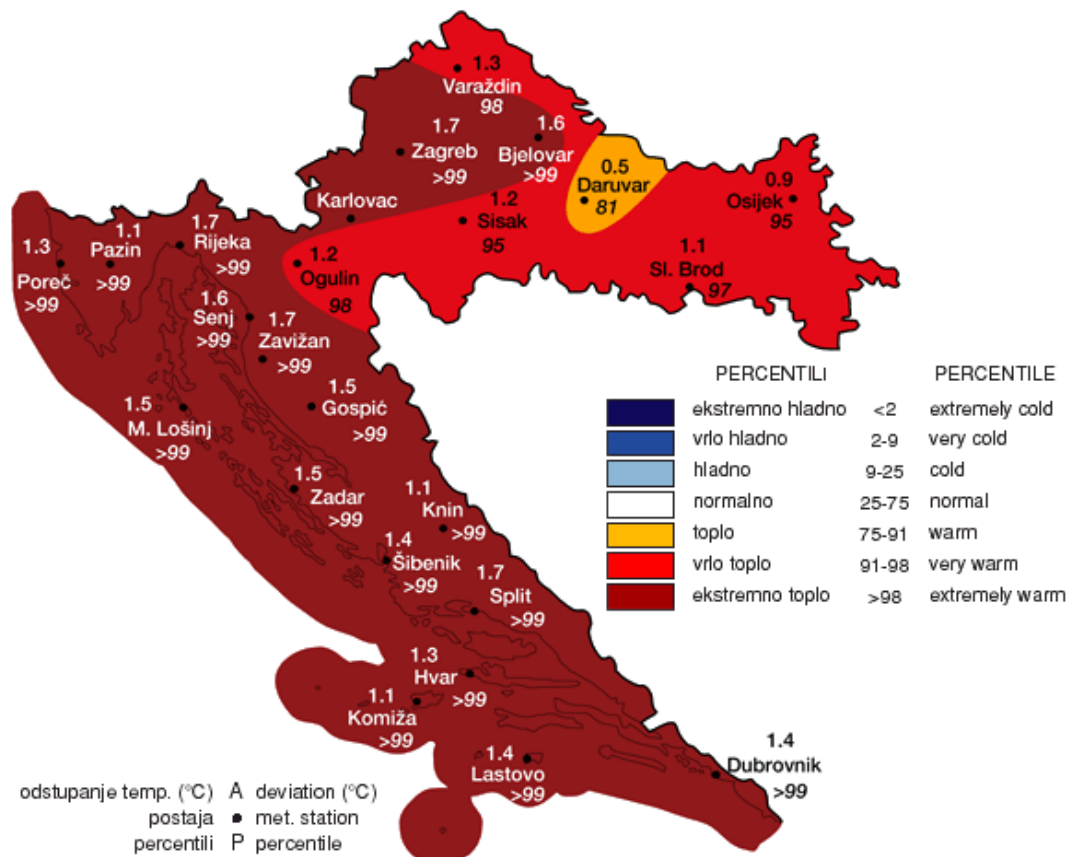
Slika 4. Proizvodnja primarne energije u RH [4]



Slika 5. Vlastita opskrbljenost primarnom energijom u RH [4]

S druge strane, odstupanje srednje temperature zraka od višegodišnjeg prosjeka uglavnom je u plusu i kreće se od 0,5°C do 1,7°C, kao što se vidi na slici 6, [3]. Ako se pogledaju prosječne temperature zimi, one se kreću oko višegodišnjeg prosjeka dok su s druge strane,

prosječne ljetne temperature su značajno povećane. Kao posljedica takvog stanja, može se očekivati veća upotreba uređaja za klimatizaciju.

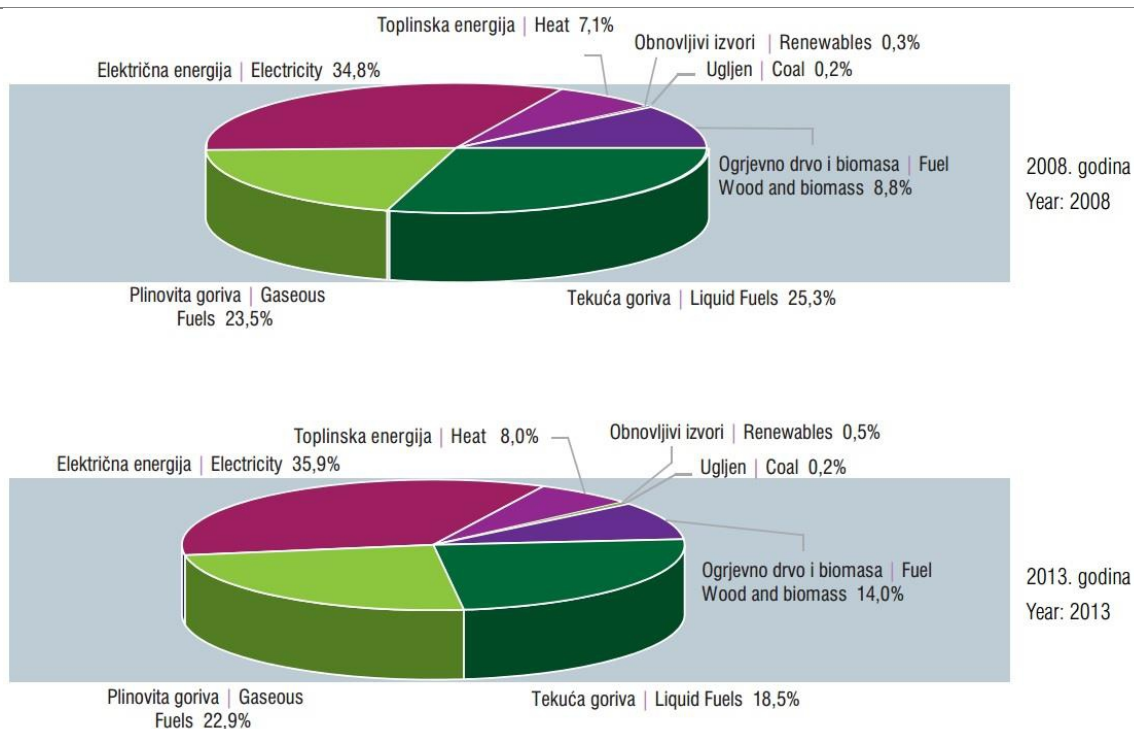


Slika 6. Odstupanje srednje temperature zraka u 2011. godini [3]

Pokrivenost potrošnje primarne energije s energijom iz domaćih izvora, zadnjih se godina stalno kreće oko 50 %, a oscilacije se jednim dijelom mogu pripisati utjecaju klime. Da bi se nadoknadio manjak energije dobiven iz hidroelektrana, potrebno je povećati rad termoelektrana (koje koriste prirodni plin) ili povećati uvoz određenog oblika energije.

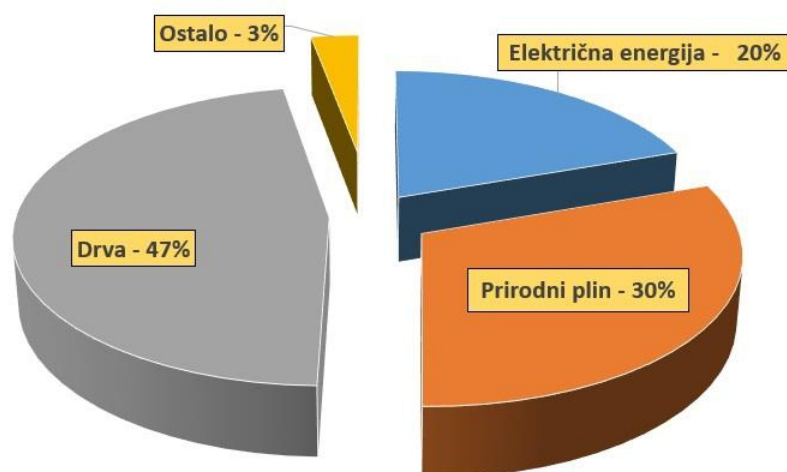
3. Ekonomski utjecaji na potrošnju energije u Slavoniji i Baranji (RH)

Ekonomska kriza koja je zadnjih godina pogodila Europu, utjecala je i na stanje u Republici Hrvatskoj. Energetska politika EU oslanja se na održivost, sigurnost opskrbe, liberalizaciju tržišta, održivi razvoj te je definirala određena pravila ponašanja zemalja do 2020., 2030. i 2050. godine. Tako se npr., ulaskom u EU, Republika Hrvatska obvezala ograničiti povećanje emisije stakleničkih plinova tako da bi se omogućio daljnji industrijski razvoj uz iste emisije odnosno bez dodatnih opterećenja okoliša. Međutim, određeno smanjenje industrijskih aktivnosti i gospodarska kriza utjecali su na smanjenje emisije CO₂ i potrošnju energije. Industrijska aktivnost posredno utječe i na potrošnju energije u sektoru opće potrošnje (kućanstva) koji pokazuje pad, uzrokovan razvojem mjera energetske učinkovitosti, ali i ekonomskom krizom, kao što je vidljivo na slici 7, [4].



Slika 7. Udjeli oblika energije u općoj potrošnji energije [4]

Kao što je vidljivo, u razdoblju od 2008. do 2013., potrošnja energije u sektoru opće potrošnje bilježi porast jedino u dijelu obnovljivih izvora (0,3% na 0,5%) te ogrjevnog drveta i biomase (8,8% na 14%), dok ostali oblici energije bilježe pad [4]. Prilog tome su i rezultati ankete provedene među učenicima završnih razreda osnovne škole i učenicima različitih usmjerenja srednje škole na slici 8 [6].



Slika 8. Vrste energenata korišteni za zagrijavanje kuće / stana [6]

Podaci pokazuju, bez obzira na mogućnost korištenja prirodnog plina, da veliki broj kućanstava opet koristi ogrjevno drvo. U dosta kućanstava postoji mogućnost kombiniranja s prirodnim plinom, ali zbog visoke cijene troška, ipak više koriste drva. Proizlazi da bez obzira na energetske politiku EU i porast broja potrošača, ekonomska kriza u RH mijenja određena pravila ponašanja u potrošnji energije te se uočava pad potrošnje plina [5,6].

4. Sunčeva energija

Struktura potrošnje pojedinih vrsta energenata u općoj potrošnji mijenja se iz godine u godinu, ovisno o više utjecajnih parametara. Ovisno o situaciji, povećanje udjela pojedinih energenata može utjecati na smanjenje udjela drugih. Tako je npr. 2011. i 2012. godine zbog loših hidroloških uvjeta smanjena proizvodnja energije upotrebom vodene snage, što se odrazilo na većem uvozu drugih oblika energije (npr. prirodni plin).

S obzirom da kućanstva predstavljaju dio koji troši značajnu količinu energije, proizlazi da svaka, pa i minimalna ušteda, kumulativno može značajno utjecati na potrošnju energenata. Kao primjer, može se uzeti neki objekt koji koristi prirodni plin za dobivanje potrošne tople vode (PTV) i zagrijavanje prostora putem centralnog grijanja. Korištenjem Sunčeve energije za dobivanje PTV i / ili podršku grijanju uz optimalan sustav za zagrijavanje, moguće je tijekom određenog vremenskog razdoblja ostvariti određenu uštedu prirodnog plina.

Sunce na našim geografskim širinama daje količinu toplinske energije, koja je uz optimalan sustav, količinski puno veća, nego što iznose energetske potrebe. U biti, nije potrebno koristiti prirodni plin u kućanstvima, već se isti može usmjeriti k industrijskim potrošačima.

Isto tako, proizvodnja električne energije putem fotonaponskih kolektora, može na isti način utjecati na potrošnju prirodnog plina koji se koristi za proizvodnju električne energije [7].

5. Zaključak

Kao i niz godina do sada, proizvodnja i potrošnja energije u Republici Hrvatskoj pokazuju određeni nerazmjer, odnosno i nadalje se više energije potroši nego što se proizvede. Postoji više uzroka za takvo stanje, s tim da se na neke može utjecati energetske učinkovito (smanjenje potrošnje energenata kroz racionalno korištenje energije), dok se na druge ne može (klima, ekonomska situacija).

„Energetski učinkovito“ ne znači štednja, već uporaba manje količine energije za obavljanje istog posla / proizvodnje, a to podrazumijeva nova tehnička rješenja i nove tehnologije, bolje obrazovanje i nova radna mjesta.

Korištenje OIE može smanjiti ovisnost o drugim izvorima energije (iz uvoza). Sunčeva energija jest pogodna za korištenje na obiteljskim kućama i sl. objektima. Nije nužna velika instalirana snaga, važniji je veliki broj malih jedinica, čija kumulativna snaga može značajno utjecati na energetske bilancu RH.

6. Literatura

[1] Hornung, Krunoslav; Stojkov, Marinko; Hnatko, Emil; Hornung, Maja. Kako saznajemo i koliko znamo o energiji, prirodnom plinu i obnovljivim izvorima energije? Zbornik radova : Plin 2015; 13. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi; 6. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi.

[2]

https://www.google.hr/search?q=klima+zemlje&biw=1920&bih=962&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwie9KzY567NAhWEPxoKHa98AOQQsAQILw#imgdii=5_u4UjBTnefzHM%3A%3B5_u4UjBTnefzHM%3A%3Br7uw3OK_uVtFgM%3A&imgrc=5_u4UjBTnefzHM%3A (17.06.2016.)

[3] Državni hidrometeorološki zavod, klima i klimatske promjene. http://klima.hr/klima.php?id=klimatske_promjene (13.06.2016.)

[4] Godišnji energetske pregled - Energija u Hrvatskoj 2013, Ministarstvo gospodarstva RH <http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2015/02/Energija2013.pdf> (10.05.2015.)

[5] Ivanović M.; Glavaš H.; Tonković Z. Korištenje obnovljivih izvora energije i plinski konzum u regiji Slavonija i Baranja. Zbornik radova : Plin 2013; 11. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi; 4. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi.

[6] Anketa provedena među učenicima u školama – Valpovo, Požega, Zagreb

[7] Hornung, Krunoslav; Hnatko, Emil; Stojkov, Marinko; Kljajin, Milan. Natural gas savings using solar heating. // Tehnicki vjesnik/Technical Gazette, 17, 4(2010), 475-480, (ISSN 1330-3651)

40 godina HEP-Plina d.o.o. Osijek 40 years of the HEP Plin Ltd. Osijek

Z. Tonković¹, M. Ivanović²

¹ HEP Plin d.o.o. Osijek, Hrvatska

² PANON - institut za strateške studije, Osijek, Hrvatska

Autor za korespondenciju. E-mail: zlatko.tonkovic@hep.hr

Sažetak

U radu se daje povijesni osvrt na tradiciju korištenja plina u Osijeku te kraći pregled osnivanja i razvoja HEP-Plina d.o.o. Osijek u proteklih 40 godina; prikazuje se izgradnja plinovoda i širenje distribucijskog područja, broj zaposlenih u tvrtki te rezultati poslovanja. Posebno se analizira položaj tvrtke HEP-Plin na rang listi 400 najvećih poduzeća u Republici Hrvatskoj.

Ključne riječi: 400 najvećih hrvatskih poduzeća / HEP Plin d.o.o. / plinovodi/ / prirodni plin

Abstract

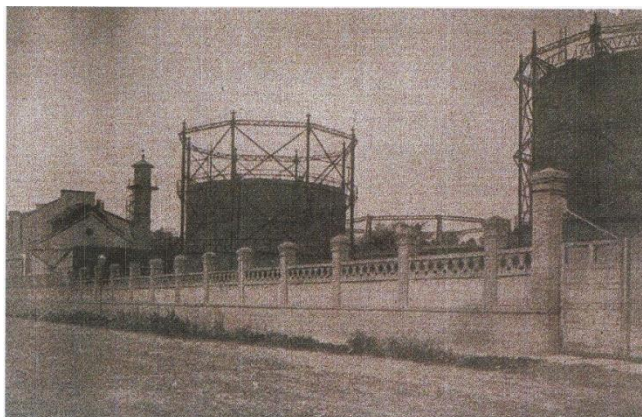
The paper provides a historical overview of the tradition of using gas in Osijek and a brief survey of the establishment and development of HEP Gas Ltd. Osijek in the past 40 years; shows the construction of a pipeline and the expansion of distribution areas, the number of employees in the company and results of business. In particular, we analyze the position of the company HEP Gas in the ranking of 400 largest companies in Croatia.

Keywords: 400 biggest Croatian companies / HEP Gas Ltd. / Pipelines / natural gas /

1. Tradicija korištenja plina u Osijeku

1.1. Gradski plin

U Osijeku je Gradsko vijeće zaključilo 27. srpnja 1883. godine da se u gradu postavi javna plinska rasvjeta; do tada su (od 1719. Godine) ulice u Tvrđi osvjetljavane fenjerima s lojanicama, a kasnije s petrolejskim svjetilkama. Ugovor o koncesiji za plinsku rasvjetu s tvrtkom *Imperial Continental Gas Association* iz Londona potpisan je 31. prosinca 1883. godine, a koncesionar se obvezao sagraditi plinaru i sustav rasvjete ma gradski plin u roku od dvije godine. Radovi su po nacrtima poznatog plinarskog inženjera Edwarda Drorya (1844.–1904.) iz Njemačke započeli 15. ožujka 1884. godine i već 11. prosinca iste godine rasvijetljene su ulice Osijeka po prvi puta plinskim svjetlom. □1□□2□



Slika 1 Postrojenja osječke Plinare (nasuprot Glavnog željezničkog kolodvora u Osijeku; snimak iz 1950.)

Potrošnja gradskog plina u Osijeku je u stalnom porastu sve do Prvog svjetskog rata; 1915. godine iznosila je 1,8 mil. m³, no tijekom rata – zbog otežanog snabdijevanja ugljenom i nedovoljne proizvodnje - potrošnja je pala na 900.000 m³. Najveću godišnju proizvodnju od oko 2 mil. m³ Plinara Osijek do-segnula je 1926. godine, dakle – neposredno prije uvođenja električne rasvjete. I nakon uvođenja električne javne rasvjete Plinara i dalje proizvodi plin koji se koristi u kućanstvima kao energent (kuhanje i grijanje) i u gospodarstvu - za pogon plinskih motora (86 strojeva ukupne snage 445 KS) - s godišnjom po-trošnjom od približno 350.000 m³ plina. □2□

Plinara u Osijeku posluje i nakon II. svjetskog rata; prebrodila je i ekonomsku blokadu Jugoslavije (1948.) kada je bila prisiljena koristiti domaći (nekvalitetni) ugljen. Godine 1950. gradski plin koristi 1.150 potrošača – kućanstva (kuhanje, grijanje), Bolnica i obrtnici te industrijska poduzeća – OLT, „Litokarton“, „Štampa“, Tvornica koža i Tvornica sapuna. Kako objavljuje „Glas Slavonije“ „postoji veliki interes za korištenje plina (preko pet tisuća potencijalnih korisnika), ali se novi potrošači ne mogu priključiti zbog nedostatka plinomjera i plinovodnih cijevi“. □3□
Zbog nedostatnog održavanja i zanemarenih rekonstrukcija nekih dionica mreže te dotrajalosti tehnički već zastarjelog postrojenja za proizvodnju plina - unatoč potražnji za plinom privrednih poduzeća) Plinara je prestala s proizvodnjom 1.5.1965. godine, a 80 km plinovoda napunjeno je vodom. □4□

Slavonski Brod

Plinara u Brodu na Savi puštena je u rad 1904. godine; gradski plin je služio za javnu rasvjetu, a 1934. proizvedeno je 86.000 m³ plina. U II. svjetskom ratu Plinara je oštećena u bombardiranju, a nakon rata pokušaj njezinog puštanja u pogon završio je eksplozijom postrojenja te je pogon zatvoren.

Vukovar

U Vukovaru je 1905. g. utemeljena Vukovarska tvornica d.d. - tada najveća kudeljara u ovom dijelu Europe (190 radnika, 120 vagona kudjelje godišnje.). Glavni dioničar Hungaria-Hanfabrik d.d. iz Vrbasa 1907. g. dobiva od Gradskog zastupstva Vukovara koncesiju za isporuku struje – koja se proizvodila parnim strojevima loženim otpacima iz prerade konoplje. Tako Vukovar od 19.12. 1909. g. ima električnu rasvjetu.

Vinkovci

Vinkovačka Plinara puštena je u rad 1919.g. Korištenje gradskog plina za javnu rasvjetu i kućanstva je u porastu do 1929. godine - kada je uvedena električna javna rasvjeta. Plinara radi do 28. 11.1938. godine kada je zatvorena.

Požega

U Požegi se krajem XIX. stoljeća koristi acetilenska rasvjeta ulica do 1912. godine kada je uvedena električna. [2]

1.2. Ukapljeni naftni plin

Ukapljeni naftni plin u širokoj se potrošnji na području tadašnje općine Osijek počeo organizirati koristiti 1965. godine, kada je otvoreno stovarište za prodaju UNP u Osijeku (na Čepinskoj cesti) u okviru RO INA „Trgovina“ Zagreb. Te je godine potrošnja iznosila 300 tona. Uslijed brzog rasta potrošnje u svim sektorima korištenja (industrija, kućanstva, obrt i usluge te promet) 1979. godine je izgrađena i puštena u rad punionica UNP - za plinske boce (10 i 35 kg) kamp-boce (2, 3 i 5 kg), i automobile - s odgovarajućim rezervoarskim prostorom na Brijestu, gdje je bilo sjedište Radne jedinice "Trgovina plinom - Osijek" u sastavu radne organizacije INA-„Trgovina“. U gradu je Osijeku krajem 1980-tih postojalo sedam prodajnih mjesta, a prodaja je organizirana i u naseljima: Aljmaš, Čepin, Dalj, Dopsin, Erdut, Ernestinovo, Josipovac, Laslovo, Sarvaš i Tenja. □6□

RJ "Trgovina plinom - Osijek" raspolagala je s rezervoarima zapremine 480 m³ (cca 220 tona UNP) – namijenjen širokoj potrošnji za općinu Osijek te još 9 tadašnjih općina na području ZO Osijek (B Manastir, Đakovo, D. Mihaljac, Našice, Orahovica, Podravska

Slatina, Valpovo, Vinkovci i Vukovar). Rezervoari su postojali i u industrijskim poduzećima OLT - TLK Brijest (400 m³) i u Tvor-nici kruha i kekša "Sloboda" (180 m³). Ovi su rezervoari mogli pokriti potrošnju UNP na istočnom području regije za razdoblje od 10 dana. Slično stovarište UNP-a bilo je izgrađeno i u Slavonskom Brodu - koje je plinom snabdjevalo potrošače u Novoj Gradišci, Sl. Brodu, Sl. Požegi i Županji. Kasnijim promjenama u organizaciji INA trgovine područje 14 općina bilo je podijeljeno u tri sektora koji su UNP-om snabdijevani iz tri centra: Osijek, Sl. Brod i Vinkovci. □5□ U slavonsko-baranjskoj regiji UNP se 1980-tih godina najviše koristi u kućanstvima i obrtu te uslužnim djelatnostima (restorani i sl.), a manje u industriji (oko 15% od ukupne potrošnje).

Tablica 1.

Potrošnja ukapljenog naftnog plina na području
Zajednice općina Osijek 1976.-1980. (tona)

Godina	Široka potrošnja	Industrija	Ukupno
1976.	6.316	6.659	12.975
1977.	7.318	8.901	16.219
1978.	8.751	10.547	19.298
1979.	10.527	10.698	21.225
1980.	11.460	12.570	23.850

Izvor: INA-Plin Osijek i INA-Plin Sl. Brod; prema □6□

Napomena: Podaci nisu potpuni, jer uključuju samo prodaju INA-Plina, a na području ZO Osijek UNP prodaju i drugi proizvođači („Jugopterol“, „Naftagas“ i „Energopetrol“) pa je potrošnja bila veća za 10-tak posto.

1.3. Prirodni plin

Nakon višegodišnjih istraživanja „Naftaplina“ 1968. godine pronađeno je naftno-plinsko polje Beničanci (Donji Miholjac); nakon probne proizvodnje (1970. i 1971.) tijekom 1972. godine počinje intenzivna eksploatacija. Već 1973. proizvedeno je 593 tisuća tona sirove nafte i 57,6 milijuna m³ naftnog (tzv. kaptaznog) plina. Pored Beničanaca - u to vrijeme – pozitivna nalazišta nafte u Slavoniji utvrđena su i na lokacijama Ladislavci, Kućanci i Obod. Naftno polje Beničanci otvoreno je s 67 bušotina i tada je bilo najveće naftno polje u Jugoslaviji. Na polju Obod izbušeno je 15, a na polju Ladislavci 9 bušotina. Sredinom 1973. godine pronađeno je čisto plinsko polje Bokšić Lug; površine 51 km², na dubini od 1.500 do 1.900 m. Ovo je polje pušteno u proizvodnju koncem 1974. godine provizornim spajanjem na magistralni plinovod prema Podravskoj Slatini i Zagrebu. Dobiveni je plin iznimno čist; preko 97% metana i ispod 1% ugljik dioksida, a ostalo su laki i teški ugljikovodici. □7□□8□

Prvi potrošač prirodnog plina u Slavoniji bila je IGM „Slavonija“ u Našicama, koja od 1972. godine koristi naftni (kaptazni) plin s naftnog polja Beničanci. Na ovaj izvor koncem 1975. priključen je i Kombinat „Belišće“, tako da su (u to vrijeme) proizvodnja i potrošnja plina s ovog izvora bili uravnoteženi. Koncem 1975. na čisti prirodni plin priključena je ci-glana „Graditelj“ Sladojevci (P. Slatina), koja se nalazi uz magistralni plinovod Bokšić – Zagreb. Plinsko turbinska elektrana u Osijeku troši prirodni plin od veljače 1976. □2□



2. Osnivanje i razvoj HEP Plina d.o.o. Osijek

Na poticaj Savjeta za energetiku Privredne komore Slavonije i Baranje u Osijeku Radnički savjet "Elektroslavonije" donio je - na sjednici 25. srpnja 1974. godine - odluku da se

"Elektroslavonija" prihvati poslova organizatora i nositelja plinifikacije Slavonije i Baranje "kao najprikladnija radna organizacija za obavljanje te djelatnosti." □1□

"Elektroslavonija" je već 3.8.1974. godine uputila u 14 općina u sastavu Zajednice općina Osijek (ZOO) ponudu za nositelja plinifikacije. Tu je ponudu prihvatilo 1974. g. šest općina, 1975. g. četiri općine i 1976. godine još dvije općine, dok se općine Vinkovci i Slavonski Brod nisu očitovale. Sretna je okolnost bila da su se u ovaj proces, ponekad i uz dodatna stručna objašnjenja i uvje-ravanja, uključile sve općine u podravskom dijelu Slavonije, tako da su se spremni radovi mogli nesmetano i pravodobno obavljati. U "Elektroslavoniji" su odmah prišli izradi studija plinifikacije za općine na čijem su području 1975. g. gradili magistralni plinovodi. Studije su omogućile izradu Programa plinifikacija za tekuće srednjoročno razdoblje za svaku općinu pojedinačno, te izbor najpo-voljnijih dionica, koje je bilo ekonomski oprav-dano graditi. Za takve dionice žurno se radila i projektna dokumentacija.

Po imenovanju za nositelja poslova plinifikacije na području Slavonije i Baranje - u ljeto 1975. godine pri Odjelu za razvoj Termoelektrana-Toplana Osijek (tadašnji OOUR "Elektroslavonije") na poslovima plinifikacije zaposlena su tri diplomirana inženjera strojarstva. Krajem godine bilo je 7 zaposlenika, u 1976. broj zaposlenih bio je 17, a kako se, kasnije, povećavao obujam poslova - povećavao se broj zaposlenika te prilagođavala organizacijska struktura i ekonomsko-pravni status.

Slika 2.

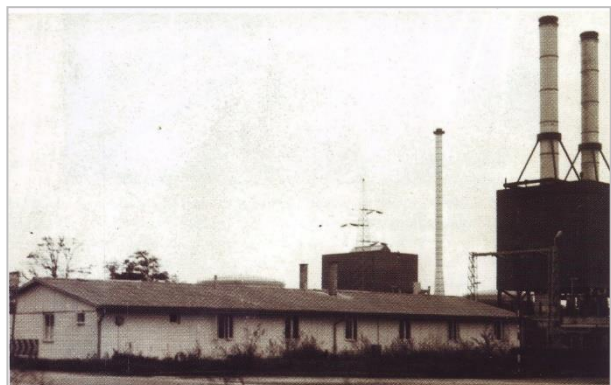
Prvi uredi u kojima je planiran i vođen proces plinifikacije regije bili su smješteni u baraci u neposrednoj blizini PTE na Zelenom Polju.

Tijekom naredne tri godine aktivnosti na plinifikaciji regije obavljani su u okviru Odjela za razvoj TE-TO. Budući da su se poslovi u ovom sektoru ubrzano razvijali i širili po

"Elektroslavonija" u plinifikaciji

Elektrificiranost naselja u Slavoniji i Baranji bila je sredinom 50-tih godina prošlog stoljeća naglašeno niska; 1956. godine u regiji je samo 11% naselja bilo elektrificirano. Projektiranje, proizvodnja komponenata, montaža, puštanje u pogon i održavanje mreže, kao i prodaja električne energije bilo je u nadležnosti „Elektroslavonije“ koja je u slijedećih 30 godina ostvarila 100%-tnu elektrifikaciju naselja u regiji. U sedamdesetim godinama aktivnosti na širokoj elektrifikaciji su smanjene, a istodobno započinje izgradnja magistralnog plinovoda do Osijeka za plinsko-turbinsku elektranu. Te dvije okolnosti su, po prirodi ekonomske logike i tehnologije poslovanja, nametnule novu razvojnu politiku u „Elektroslavoniji“; tako se - uz električnu energiju - opskrba kućanstava, industrije i ostalih potrošača prirodnim plinom razvija kao nova djelatnost.

Projektiranje plinskih distribucijskih mreža analogno je projektiranju kabelskih električnih mreža. Situacije u gradskim i mjesnim ulicama „kopirane“ su za potrebe plinifikacije. Zemljani radovi, polaganje i montaža plinovoda slični su polaganju i montaži električnih kabela, dakako - uz usvajanje novih vještina postojećih radnika pod nadzorom osposobljenih majstora, dovedenih sa strane. Mehanizacija za kopanje rovova – identična. Očitavanje brojila, obrada potrošnje, izdavanje računa i naplata od potrošača mogla se odvijati zajednički za plin i električnu. Katalozi potrošača, nastali u razdoblju elektrifikacije samo su dopunjavani podacima za plin. Konačno, razvojni planovi za dogradnju plinskih i električnih mreža najlakše su se mogli usklađivati ako je to sve bilo „pod jednom kapom“; jer - električnu mrežu treba drugačije (slabije) dimenzionirati, ako se priprema potrošne tople vode, kuhanje i grijanje obavljaju korištenjem plina. Ne treba naglašavati da je sva administrativna infrastruktura – uključujući radni prostor – rješavana zajednički i (u prvo vrijeme) u postojećim prostorima. [5]



obujmu, složenosti i teritoriji rastao je broj zaposlenika, a ukazale se i potreba za određenom autonomijom u organizaciji poslovanja i donošenju odluka. Stoga je - prema odluci Radničkog savjeta TE-TO – dana 1. siječnja 1979. godine osnovana Radna jedinica (pogon) „Distribucija plina“, a za upravitelja je imenovan Ivan Baličević, dipl. ing. stroj. □1□

2.1. Utemeljenje OOUR-a „Distribucija plina“

Usporedo s razvojem djelatnosti i rastom konzuma – a uvažavajući usvojeni „Pro-gram plinifikacije do 1985. godine“ - Koordinacijska komisija za usuglašavanje organizacije poslovanja u "Elektroslavoniji" Osijek je, na osnovi elaborata o društveno-ekonomskoj opravdanosti organiziranja posebne pravne osobe za poslove distribucije plina, zaključila da postoji potreba organizacijskog i pravnog osamostaljivanja poslova u području distribucije plina; o tome je održan i referendum (15.10.1980.) zaposlenika TE-TO kojim je podržan taj zaključak. Tako je dana 15. prosinca 1980. godine konstituiran OOUR "Distribucija plina" Osijek (kao samostalno poslovna pravna osoba u okviru Radne organizacije „Elektroslavonija“ Osijek); prvi predsjednik Radničkog savjeta bio je Petar Đapić, ing. stroj. a za vršitelja dužnosti direktora (do izbora inokosnog poslovnog tijela) imenovan je Ivan Baličević, dipl. ing. stroj. Sjedište tvrtke "Distribucija plina" tada je (1981. godine) premješteno u drugi montažni objekt poslovne zone „Elektroslavonije“ na Zelenom polju – izvan kruga PTE Osijek. □1□

Nakon isteka mandata Ivana Baličevića Radnički je savjet 29. lipnja 1981. godine za direktora „Distribucije plina“ imenovao Zdravka Fadljevića, dipl. oec. na mandat od četiri godine te ponovo, još jednom, za razdoblje 1985.-1989. godine. U to je vrijeme "Distribucija plina" imala 8 organizacijskih jedinica: Zajednički poslovi; Odsjek kadrovskih i općih poslova, Ekonomsko-financijski i komercijalni odsjek, Tehnička operativa, Energetsko-tehnički odsjek, Pogonsko područje Osijek, Pogonsko područje Sl. Požega, Pogonsko područje Našice s rajonskim centrima u D. Miholjcu i P.Slatini. □9□

Brzi razvoj plinifikacije u regiji utjecao je i na porast broja zaposlenih; tab 35:

Tablica 2.

Broj zaposlenih u „Distribuciji plina“ Osijek od 1975. do 1990. godine

Godina	Broj zaposlenih	Godina	Broj zaposlenih
1975.	7	1983.	60
1976.	17	1984.	65
1977.	20	1985.	71
1978.	24	1986.	73
1979.	27	1987.	75
1980.	30	1988.	81
1981.	49	1989.	93
1982.	56	1990.	103

Izvor: □9□

Razvojem djelatnosti i proširenjem poslova na veliki broj općina Slavonije prostori tvrtke u kojima se radilo (montažni objekt na Zelenom polju) postali su premali i neprikladni za poslovanje pa je kupljena i uređena zgrada u ulici Cara Hadrijana u koji je 1. listopada 1989. godine tvrtka preselila. Tako je djelatnicima osiguran poslovni prostor za normalan rad, a ujedno je znatno olakšana komunikacija s korisnicima usluga tvrtke (poduzetci i građani).

Slika 3.

Upravna zgrada „Distribucije plina“ u Osijeku (prosinac 1989.)



2.2. Organizacija u razdoblju 1990. - 1999.
Sabor Republike Hrvatske 26. srpnja 1990. godine usvojio je Zakon o elektroprivredi. Tim je zakonom osnovano Javno poduzeće

Hrvatska elektroprivreda (HEP) sa sjedištem u Zagrebu. U sastav novog javnog poduzeća uključene su sve elektroprivredne radne organizacije iz RH, Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske (ZEOH) i In-terna banka ZEOH-a; tako je i Radna organizacija "Elektroslavonija" Osijek uključena u novo poduzeće. U skladu s novom organizacijom RO "Elektroslavonija" Osijek sa svim OOUR-ima i radnom zajednicom od 7. 8.1990. godine posluje kao dio javnog poduzeća Hrvatska elektroprivreda pod nazivom: Hrvatska elektroprivreda - Proizvodnja, prijenos i distribucija Osijek u okviru koje djeluje i Pogon plin Osijek (bivši OOUR "Distribucija plina" Osijek).

Donošenjem Statuta i Pravilnika o organizaciji HEP-a (23.2.1991.) uvedena je nova organizacija Hrvatske elektroprivrede kojom se bivša "Elektroslavonija" Osijek, preoblikuje u 11 odvojenih organizacijskih jedinica, a djelatnost distribucije plina postala je dio Direkcije za distribuciju - Distribucijsko područje "Elektroslavonija" Osijek, koje se sastoji od tri pogona: dva za distribuciju električne energije (Osijek i Našice), te Pogon distribucije plina Osijek s pogonskim uredima Osijek, Našice, Požega, Donji Miholjac, Valpovo i Slatina.

I u ovom je razdoblju razvoj plinifikacije u regiji utjecao je na porast broja za-poslenih (tab 36)

Tablica 3

Broj zaposlenih u HEP d.d. Pogon plin Osijek od 1991. do 2000. godine

Godina	Br.zaposlenih	Godina	Br.zaposlenih
1991.	94	1996.	119
1992.	96	1997.	117
1993.	100	1998.	118
1994.	111	1999.	117
1995.	114	2000.	119

Izvor: □9□

2.3. Organizacija u razdoblju 2000. - 2015.

Restrukturiranje poslovnog sustava HEP-a u području djelatnosti distribucije prirodnog plina odnosilo se samo na distribucijsko područje - DP "Elektroslavonija" Osijek. Programom restrukturiranja predviđeno je da se ovu djelatnost elektroprivredne tvrtke HEP d.d. organizira izdvojeno iz djelatnosti opskrbe i distribucije električne energije. Tako je Pogon za distribuciju plina - Programom restrukturiranja poslovnog sustava HEP-a (usvojen po Nadzornom odboru HEP-a 31.10.2000.), te Odlukom o promjeni organizacijskog ustroja HEP-a 28.12.2000. statusno je preoblikovan HEP d.d. u HEP Grupu s više ovisnih ili

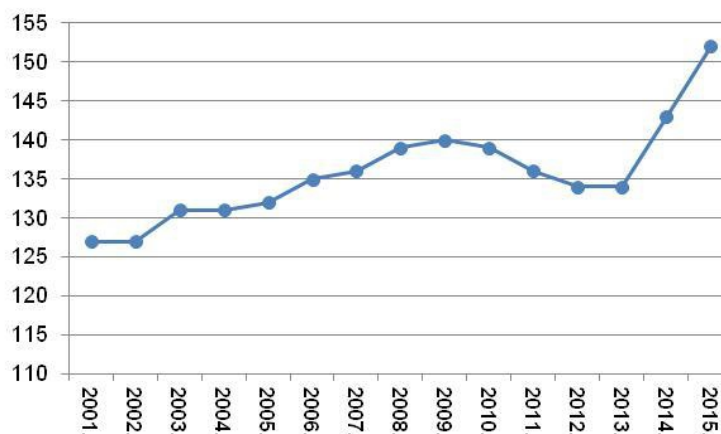
povezanih društava među kojima je i Pogon za distribuciju plina Osijek. Slijedom Programa o restrukturiranju Uprava HEP-a je donijela odluku da se za područje djelatnosti distribucije i opskrbe prirodnim plinom osniva društvo s ograničenom odgovornošću HEP-Plin d.o.o. Osijek. Društvo od 2000. g. posluje pod nazivom: HEP-Plin d.o.o. sjedište Osijek, a bilo je registrirano za sljedeće djelatnosti, prema nacionalnoj klasifikaciji,

- poslovi istraživanja i razvoja plinskog sustava,
- energetske inženjering i savjetnički poslovi,
- građenje plinske mreže i priključaka,
- distribucija prirodnog plina

Broj zaposlenih u HEP Plinu je u razdoblju 2001.- 2015. povećan za 10 posto (slika 4), a kvalifikacijska struktura zaposlenih je vrlo kvalitetna; tvrtka ima zaposlena 4 magistra i doktora znanosti i 35 zaposlenika s visokom i višom stručnom spremom;

Slika 4.

Broj zaposlenih u HEP Plinu d.o.o. Osijek od 2001.-2015. □9□



3. Rezultati poslovanja

Od svojeg utemeljenja („Distribucija plina“ Osijek) do danas HEP Plin - se u osnovnoj djelatnosti bavi izgradnjom plinovoda i distribucijom prirodnog

plina na području (tada) većeg dijela (Zajednice općina Osijek) regije Slavonije i Baranje. Te se privredne djelatnosti ubrajaju u infrastrukturne i kao takve imaju ekonomske posebnosti prema kojima se u nizu bitnih detalja – od horizonta investicija, cijene eksploatacije i fiksnih troškova do formiranja prodajnih cijena – uvelike razlikuju od uobičajenih poduzetničkih ili tzv. klasičnih industrijskih djelatnosti. □10□ U proteklih je 40 godina niz važnih događaja i procesa objektivno određivalo uvjete poslovanja što je umnogome utjecalo na rezultate rada zaposlenika i poslovanje tvrtke; to su prije svega političke promjene, ekonomske i energetske krize, inflacija, ratna agresija na Hrvatsku, procesi postsocijalističke tranzicije i preoblikovanje energetske sektora u zemlji, česte promjene zakonskih regulacija i liberalizacija tržišta. Prema tim kriterijima tvrtka („Distribucija plina“ kasnije) HEP Plin d.o.o. je u svojem poslovanju prošla kroz četiri različita razdoblja i razvila se u jednu od vodećih poduzeća opskrbe i distribucije prirodnog plina u Hrvatskoj.

U našim prethodnim radovima □11□□12□□13□□14□ analizirali smo i opisali razvoj potrošnje prirodnog plina, broj i strukturu potrošača na distribucijskom području HEP Plina, a ovom prilikom ukazuje se na investicije u plinovodnu mrežu i razvoj distribucijskog područja – gdje HEP Plin bilježi vrlo dobre rezultate; tab 4, slika 5. i 6.

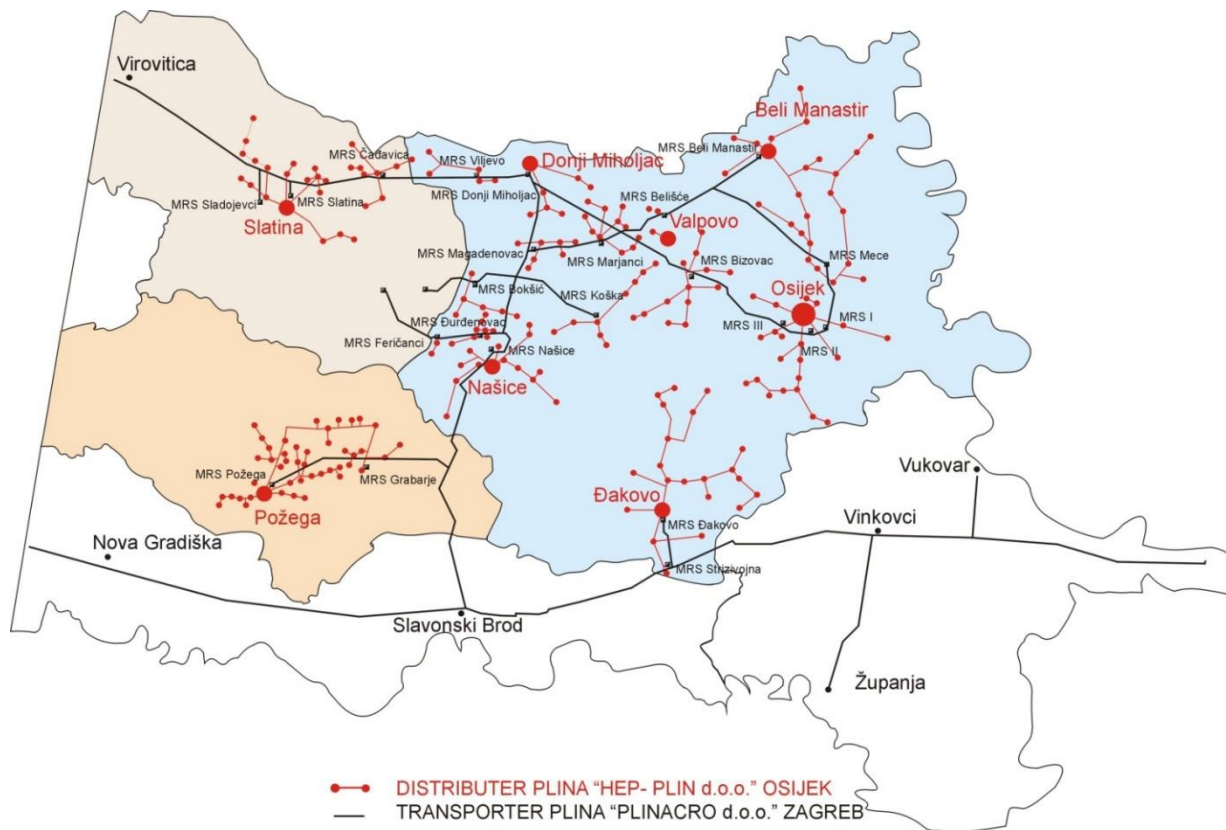
Tablica 4

Distribucijsko i opskrbeno područje HEP Plina – stanje 2014. godine

R b	Županija	Građ. područje		Broj naselja		Mrež a (km)	Broj kućanstava		%
		Ukupn o km ²	Plinofi c.	Ukupn o	Plinofi c		Ukupno	Kupac a	
1.	Osječko-baranjska	307	250	221	165	2.06	100.58	58.79	5
2.	Požeško-slavonska	55	31	136	47	5	6*	4	8
3.	Virovitičko-podravska	38	32	44	29	209	6.278	3.166	5
4.	Ukupno HEP-Plin	400	313	401	241	2.61	120.08	69.25	5
						1	8	5	8

Izvor: □9□

*/ U Osijeku je preko 10.000 kućanstava priključen je na CTS što treba uzeti u obzir kod razmatranja postotka plinificiranosti kućanstava

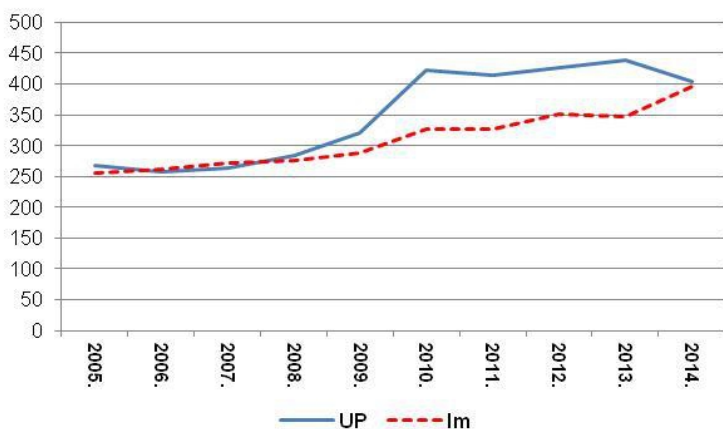
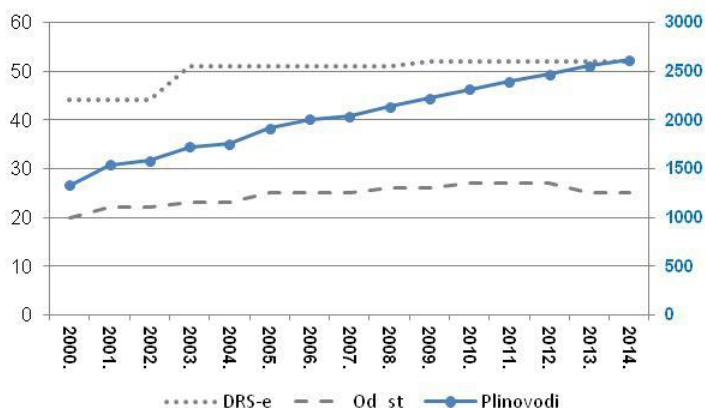


Slika 5.

Distribucijsko područje i plinski sustav HEP Plina Osijek

Duljina plinovoda HEP Plina u ovom razdoblju povećana je od 1.330 km u 2000. g. na 2.611 km u 2014. godini, broj DRS-a s 44 na 52 i odorizacijskih stanica s 20 na 25; (slika 6.). Ove su investicijske aktivnosti pridonijele povećanju ukupnog prihoda (UP) - sa 197,9 mil. kn u 2002. godini na 438.6 mil. kn u 2013. godini, odnosno 404.9 mil. kn u 2014. godini - kao i imovine tvrtke (Im) – slika 7.

Slika 6.
 Stanje ukupne distribucijske mreže
 HEP Plina 2000.-2014. □9□



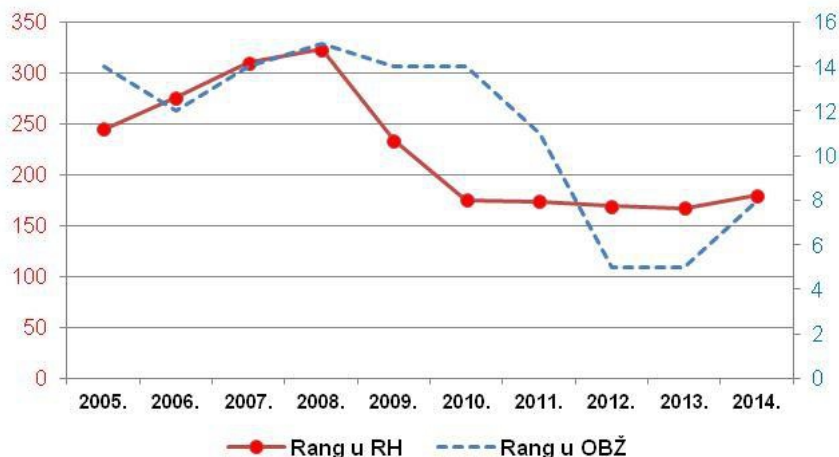
Slika 7.
 Poslovni rezultati
 HEP Plina od
 2005. – 2014. godine
 (mil. kn) □9□

3.1. HEP Plin na listi najvećih poduzeća u Hrvatskoj
 Poslovni tjednik „Privredni vjesnik“, Zagreb pokrenuo je 1994. godine publikaciju „400 najvećih hrvatskih tvrtki u kojoj se, po ugledu na slična

izdanja u razvijenim zemljama, izrađuju godišnje rang liste najvećih poduzeća. U suradnji s financijskom agencijom FINA ove su rang liste načinjene na temelju ostvarenog ukupnog prihoda, dobiti, broja zaposlenih, angažiranog kapitala, imovine poduzeća te koeficijenta profitabilnosti. □15□

HEP Plin je 2005. godine - prema ukupnom prihodu - bio na 245 mjestu liste naj-većih tvrtki u Hrvatskoj; u naredne je tri godine plasman bio nešto lošiji, ali od 2010. godine HEP Plin stalno je među prvih 200 najvećih poduzeća u RH (2014. = 188. mjesto); slika 8. i tab. 5;

Slika 8.
 HEP Plin na rang listi najvećih poduzeća u Hrvatskoj i Osječko-baranjskoj županiji 2005. – 2014. godine □15□
 Kada se rangiraju tvrtke iz energetskog sektora u Hrvatskoj – HEP Plin je svih promatranih godina među prvih 15 poduzeća; 2007.=14 mjesto (tab 5.). Na listi najvećih poduzeća na



području Osječko-baranjske županije HEP plin je od 2010. među deset najvećih tvrtki (2014. = 8 mjesto); tab 6.

Tablica 5.

HEP Plin na listi najvećih poduzeća u energetskom sektoru RH 2007. □15□

UK. PRIHODU				
2011.	2010.	2009.		
169	157	162	JADRANSKI NAFTOVOD DD	ZAGREB
170	145	154	HRVATSKA LUTRIJA D.O.O.	ZAGREB
171	170	175	INOVINE D D ZA TRGOVINU	ZAGREB
172	183	191	RADIN GRAFIKA D.O.O.	SVETA NEDJELJA
173	300	592	HARBURG-FREUDENBERGER BELIŠĆE D.O.O.	BELIŠĆE
174	206	271	YTRES D.O.O.	DONJI KNEGINEC
175	172	188	DANICA, MESNA INDUSTRIJA D.O.O.	KOPRIVNICA
176	186	196	ALSTOM HRVATSKA D.O.O.	KARLOVAC
177	144	110	INSTITUT IGH DD	ZAGREB
178	174	216	PROJEKTGRADNJA D.D.	GORNJA VRBA
179	178	157	GRAĐA D.D.	ZAGREB
180	150	190	KRKA-FARMA D.O.O.	ZAGREB
181	169	234	HEP PLIN D.O.O.	OSIJEK

Tablica 6.

HEP Plin na listi najvećih poduzeća u Osječko-baranjskoj županiji (2014.) □15□

RANG PREMA UKUPNOM PRIHODU			
rang	naziv tvrtke	mjesto	ukupni prihod
1	BELJE D.D.	DARDA	1.952.438.800
2	ŽITO D.O.O.	OSIJEK	1.483.641.600
3	OSIJEK-KOTEKS D.D.	OSIJEK	728.680.700
4	SAPONIA D.D.	OSIJEK	698.236.900
5	HARBURG-FREUDENBERGER BELIŠĆE D.O.O.	BELIŠĆE	614.729.800
6	DUROPACK BELIŠĆE D.O.O.	BELIŠĆE	544.816.900
7	TVORNICA ŠEĆERA OSIJEK D.O.O.	OSIJEK	486.250.000
8	HEP-PLIN D.O.O.	OSIJEK	404.954.700
9	NAŠICECEMENT D.D.	NAŠICE	397.420.400
10	GRADNJA D.O.O. OSIJEK	OSIJEK	387.003.700
11	MEGGLE HRVATSKA D.O.O.	OSIJEK	353.545.700
12	OSATINA GRUPA D.O.O.	SEMELJCI	314.488.900

4. Zaključak

U zaključku ovih razmatranja može se konstatirati;

- Na području Osijeka i drugih velikih slavonskih gradova postoji tradicija korištenja gradskog plina preko 130 godina i ukapljenog naftnog plina preko 60 godina.
- Prirodni plin se u Osijeku i na području Slavonije koristi nakon otkrića naftnih i plinskih polja u slavonsko-baranjskoj regiji krajem 60-tih i početkom 70-tih godina 20. stoljeća.
- „Osječka „Elektroslavonija“ se uključila u proces plinifikacije regije neposredno nakon otkrića plinskog polja Bokšić lug (1973.); iz ovih je aktivnosti nastalo poduzeće koje danas posluje pod imenom HEP Plin d.o.o. Osijek

- HEP Plin d.o.o. Osijek u proteklih 40 godina – unatoč nizu objektivnih nepovoljnosti – postigao odlične poslovne rezultate. Za taj uspjeh zaslužno je više stotina zaposlenika - više generacija inženjera, ekonomista, pravnika, tehničara i montera.
- U izrazito nepovoljnim uvjetima poslovanja – posebno u proteklih desetak godina - HEP Plin izrastao je u respektabilno poduzeće u energetsom sektoru Hrvatske.

5. Literatura

- [1] „Elektroslavonija“ (red. Đuro Šovagović): Monografija „25 ljeta distribucije prirodnog plina 1975.-2000.“; „Elektroslavonija“ Osijek, 2000.
- [2] Ivanović Milan i suradnici: 40 godina HEP Plina d.o.o. Osijek, Monografija , ISBN 978-953-7973-14-8; HEP Plin Osijek, 2016. godine;
- [3] Glas Slavonije, dnevni list, Osijek, 26.10.1950.
- [4] Glas Slavonije, dnevni list, Osijek, 18.10.1963.
- 5□ Kalea, Marijan: Temelj objedinjavanju distribucije prirodnog plina i distribucije električne energije; rukopis, kolovoz 2015.
- [6] Maras Darko: Analiza temeljnih činilaca tržišta naftnog plina u SFRJ do 1980 godine; Magistarski rad, Ekonomski fakultet Osijek 1982.
- 7□ Gjetvaj, Ivan; Kolbah, Slobodan; Putniković, Arso i Batušić, Vladimir: Plinska polja SR Hrvatske, Nafta, Vol 37 (1986) broj 10, str. 477- 493
- [8] Ibrahimpašić, Ifet et all, Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Nafta, 31 (1980), str. 279-287.
- 9□ HEP PLIN d.o.o. Osijek
- [10] Ivanović, Milan ;Glavaš, Hrvoje: Marinko Stojkov: „Povijest industrije Slavonije i Baranje“ – knjiga 2 „Razvoj energetike“ (rukopis; naklada u pripremi), Panon institut Osijek, 2016.
- 11□ Ivanović, Milan; Tonković, Zlatko; Glavaš, Hrvoje; Energetska učinkovitost potrošnje prirodnog plina u kućanstvima Osječko baranjske županije; PLIN ' 2011. Zbornik radova
- 12□ Ivanović, Milan; Glavaš, Hrvoje; Tonković, Zlatko; Energetska učinkovitost potrošnje prirodnog plina u industriji Slavonsko baranjske regije; PLIN ' 2012. Zbornik radova
- [13] Ivanović, Milan; Tonković, Zlatko; Korištenje prirodnog plina u Slavoniji i Baranji od 1972. do 2014. godine; PLIN ' 2015; Osijek, 26- 28.10.2015. Zbornik, 66–75 str.
- [14] Tonković, Zlatko; Ivanović, Milan; Razvoj plinifikacije i doprinosi energetske stabilnosti u slavonskoj regiji - 40 godina HEP Plina, Osijek, (http://plin.hep.hr/plin/publikacije/Nasih_40_ljeta)
- [15] <http://issuu.com/nestar/docs/400naj> 2005 (...) 2014.

Mogućnosti primjene suvremenih strategija održavanja za složene tehničke sustave

Application possibilities of contemporary maintenance strategies for complex technical systems

D. Vidaković^{1*}, H. Glavaš², K. Pavelić¹

¹Građevinski fakultet, Sveučilište J.J. Strossmayera, Osijek, Hrvatska

²Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, S.J.J.S., Osijek, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: dvidak@gfos.hr

Sažetak

Održavanje je izuzetno važno zbog velikog utjecaja na rizike (tj. sigurnost) i ukupne troškove funkcioniranja tehničkih sustava. U radu su pojašnjeni ciljevi održavanja i dane su glavne karakteristike novijih strategija održavanja, pogodnih za velike, složene tehničke sustave (kao što su postrojenja za proizvodnju, prijenos i distribuciju el. energije, plina, vode i dr.), te preporuke za njihovu praktičnu implementaciju. Navedeni su kriteriji koje treba zadovoljavati metodologija održavanja i predložen je algoritam koji se može koristiti kod izbora optimalne metodologije za konkretni sustav.

Abstract

Maintenance is very important because it has a large impact on risk (ie. safety) and total cost of technical systems functionality. The paper explained the objectives of maintaining and main characteristics of new maintenance strategy. New strategy is suitable for large, complex technical systems (such as plants for the production, transmission and distribution of electricity, gas, water, etc.). Furthermore recommendations for practical implementation is given. Specified criteria put in front of maintenance methodology and selection of algorithm for the specific system is proposed.

Keywords: maintenance, technical systems, the effectiveness, risks, costs

1. Uvod - zahtjevi za održavanje tehničkih sustava

Tržište je u EU sve otvorenije, a kupci traže što veći kvalitet proizvoda i usluga i što niže cijene. To od tvrtki zahtjeva maksimalnu konkurentnost koja se postiže efikasnošću u svim oblastima poslovanja. Izborom i provođenjem optimalne strategije održavanja može se povećati kvalitet poslovanja i pouzdanost, te smanjiti ukupne troškove kroz maksimalno iskorištenje raspoloživih resursa. No, da bi se postiglo visoku efikasnost postrojenja i osiguralo prihvatljivu razinu rizika potreban je pristup koji se razlikuje od tradicionalnog koncepta održavanja [1].



Ekonomsku efektivnost čini efektivnost sustava i svi troškovi njegovog ciklusa. Općenito, efektivnost tehničkog sustava proizlazi iz njegove pouzdanosti (koliko može da radi u određenim uvjetima okoline), tj. vjerojatnosti rada bez otkaza (kako je predviđeno) tijekom projektiranog vremena, raspoloživosti ili gotovosti (obrnuto proporcionalne od vremena potrebnog za aktivno održavanje i vremena čekanja, najčešće za rezervne dijelove), tj. vjerojatnosti da će u bilo kojem trenutku biti u stanju da obavlja svoje funkcije ili da se uključi u rad i funkcionalne pogodnosti, tj. stupnja zadovoljavanja funkcionalnih zahtjeva. Funkcionalna pogodnost je određena projektiranjem i konstrukcijom sustava, dok su pouzdanost i raspoloživost slučajne funkcije na koje utječe održavanje. U pravilu tvrtke na otvorenom tržištu daju prednost pouzdanosti u odnosu na raspoloživost [2]. Pouzdanost sustava proizlazi iz njihove strukture i pouzdanosti njegovih elemenata koja najviše ovisi o aktivnostima održavanja. Vjerojatnost otkaza smanjuje se češćim aktivnostima preventivnog održavanja, ali tako rastu direktni troškovi održavanja. Vremenski intervali održavanja često su preporučeni u specifikacijama proizvođača i definirani internim pravilnicima, a negdje čak zadani zakonskim propisima. Nekada intervali ovise i o zahtjevima koji nisu direktno u svezi održavanja, kao što su rad hijerarhijski nadređenog sustava, osiguranje proizvodnje u željenom razdoblju, izbjegavanje remonta tijekom određenog vremenskog razdoblja itd. [3]. U nekim slučajevima aktivnosti održavanja obavljaju se i češće nego je propisano, kao npr. kada radnici koriste situaciju da je neki dio sustava već iz drugih razloga isključen iz rada ili se već nalaze na nekoj izdvojenoj lokaciji sustava zbog drugih zadataka. Međutim, treba voditi računa da pojačana frekvencija aktivnosti preventivnog održavanja ne dovede do nepotrebnih troškova koji ne odgovaraju povećanju pouzdanosti samih elemenata i sustava u cjelini [4].

Obzirom na veliki značaj održavanja za troškove funkcioniranja sustava tijekom cijelog uporabnog vijeka, kao i na samo trajanje vijeka uporabe, način održavanja i njegove troškova treba definirati već prilikom projektiranja tehničkog sustava, kada je moguć najveći utjecaj na njegove cjeloživotne troškove. Pogodnost održavanja su svojstva tehničkog sustava koja se odnose na obavljanje svih potrebnih aktivnosti održavanja (npr. standardizacija, unifikacija, modularnost, alati i oprema, manipulativnost, dijagnostika i dr.) i predstavlja vjerojatnost da će se potrebne aktivnosti održavanja u određenim uvjetima obaviti do određenog vremena. Da bi se aktivnosti preventivnog održavanja provodile na odgovarajući način neophodno je planiranje ugraditi u funkcioniranje tehničkog sustava.

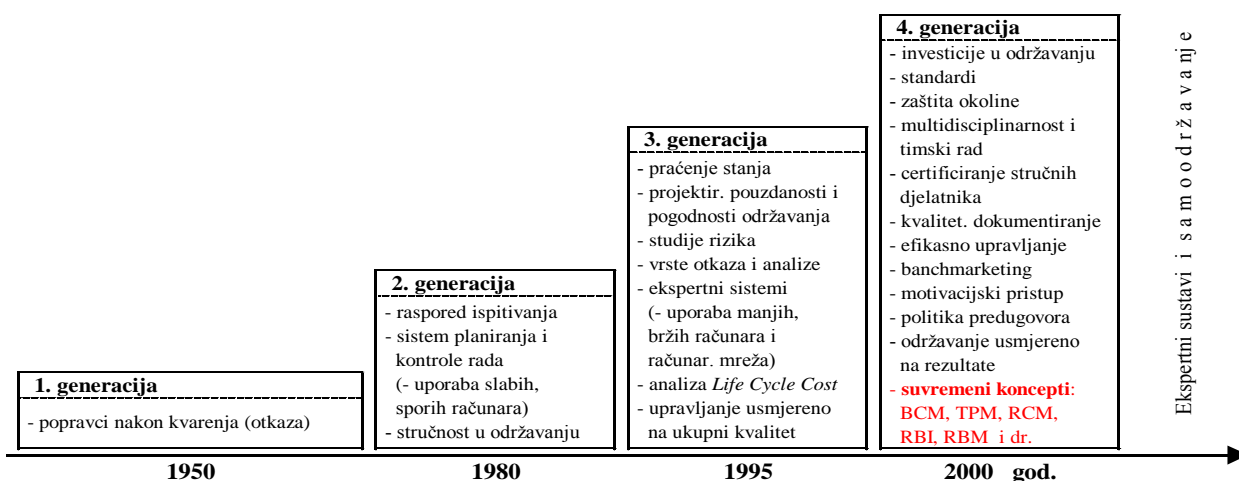
2. Tradicionalno i suvremeno održavanje

2.1. Razvoj koncepata održavanja

Održavanje određenog tehničkog sustava uvijek se može realizirati na više, u osnovi, različitih načina (prema koncepciji, organizaciji i tehnologiji) i s više varijantnih rješenja koja se razlikuju u nizu detalja. Pod strategijom ili koncepcijom sustava održavanja podrazumijeva se princip donošenja odluka o vremenu u kome treba da se provode aktivnosti održavanja. Tehnološki aspekt se odnosi na vrstu i način izvođenja aktivnosti održavanja, a organizacija određuje strukturu sustava održavanja, nadležnosti, odnose i koordinaciju između pojedinih razina na kojima se provode aktivnosti održavanje [5].

Dugo vremena održavanje je bilo isključivo korektivno. Tradicionalno održavanje je u najvećoj mjeri reaktivno, tj. aktivnosti su mu diktirane kvarovima koji su se dogodili za vrijeme rada sustava (*Breakdown Maintenance*). Tradicionalnim se smatra i preventivno djelovanje ako je primarno usmjereno na neposredne i kratkoročne ciljeve. Zbog toga dolazi do dugotrajnijih, neplaniranih zastoja (čekanja) i prekomjernog oštećivanja, pa je ukupni trošak održavanja velik, a pouzdanost niska. U tradicionalnim tvrtkama na održavanje se gleda kao na trošak koji se lako može reducirati u pogledu ukupnog poslovanja, naročito kratkoročno [5]. Kada se nakon Drugog svjetskog rata održavanje u tvrtkama formiralo kao pomoćna služba (na niskoj organizacijskoj razini i većinom bez visokoobrazovanih djelatnika) na održavanje se još gledalo kao na "privjesak" proizvodnje. Od 50-tih godina 20. st. razvija se znanstveni pristup održavanju, što je rezultiralo uvođenjem prvih velikih programa preventivnog održavanja. Preventivno održavanje može biti prema definiranom vremenskom planu ili na osnovu subjektivno (osjetilima) ili objektivno (mjerenjem) utvrđenog stanja elemenata sustava.

Suvremeni pristupi održavanju usmjereni su na pouzdanost i unaprjeđenje sustava. Podrazumjevaju holistički pristup, dugoročno predviđanje, planiranje i definiranje potrebnih aktivnosti održavanja kako bi se otklonili uzroci kvarova. Zato je, u pravilu, kod složenih tehničkih sustava kod kojih su primjenjeni odgovarajući suvremeni koncepti održavanja broj otkaza znatno manji, efikasnost poslovanja, pouzdanost i kvaliteteta proizvoda/usluga veća, uporabni vijek duži, a troškovi manji od onih koji su održavani na tradicionalni način. Novije strategije održavanja, tzv. 4. generacija, nastale su na osnovu prethodnih, ali se bitno razlikuju odnosom prema ukupnim troškovima, pouzdanosti i riziku, te pretpostavljaju veću povezanost između projektiranja i funkcioniranja opreme, te puno više koriste informatičke tehnologije. Grubi prikaz razvoja održavanja po generacijama prikazuje sl. 1.



Slika 1. Razvoj pristupa održavanju tehničkih sustava tijekom vremena (prema [6] i [7])

Budući razvoj održavanja vezan je uz tehnološki napredak (npr. 3D printera, dronova, mikroelektronike, informatike), pa se uskoro predviđaju inteligentni tehnološki sustavi s autodijagnostikom i samoodržavanjem. Samoodržavanje je najviša razina održavanja, a

može se odvijati u potpuno automatiziranim sustavima gdje je to planirano u fazi njihovog projektiranja. U principu koristi se više ekspertnih sustava koji daju naloge robotiziranoj tehnološkoj liniji sastavljenoj od lako zamjenjivih modula. Oni rade prema određenim pravilima, postavljajući pitanja i dajući odgovore na osnovu analize rezultata dijagnostičkih mjerenja, uz pomoć Računalom podržanog upravljanja održavanja (*Computerized Maintenance Management Systems – CMMS*), i s vremenom se dograđuju i usavršavaju.

2.2. Karakteristike suvremenih strategija održavanja

Prema recentnoj literaturi s područja održavanja sastavljena je tablica 1 s osnovnim karakteristikama i praktičnom primjenom suvremenih strategija održavanja.

Tablica 1. Osnovne karakteristike i područje primjene suvremenih strategija održavanja (prema [3], [5], [6] [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14])

Osnovne karakteristike	Prednosti i nedostaci	Primjena
Održavanje prema stvarnom stanju (<i>Condition Based Maintenance – CBM</i>)		
Stanje elemenata sustava prati se i analizira kroz učestale ili kontinuirane preglede i dijagnostička ispitivanja, tj. sustav monitoringa (može biti bez prekida rada, tj. <i>on-line</i> ili uz prekid rada, tj. <i>off-line</i>). Tako se raspolaže s podacima u stvarnom vremenu i problemi se detektiraju prije nego dođe do otkaza. Kada podaci mjerenja (npr. vibracija, temperature ili dr.) pokažu da se stanje promijenilo i da je prijedena propisana granica (stanje je kritično), poduzimaju se mjere da se element vrati u prihvatljivo pogonsko stanje.	Povećava se raspoloživost i pouzdanost i smanjuju se troškovi održavanja. Manje je aktivnosti održavanja i manja je mogućnost ljudske greške. Potreban je odgovarajući sustav upravljanja i dostupni podatci. Povećane su aktivnosti na analizi podataka, ali ne postoji metodologija ocjene povećanih aktivnosti. Veliki su troškovi ugradbe komponenti za monitoring, a i taj sustav treba provjeravati i održavati. Zbog postupaka koji se obavljaju samo kad se za to ukaže potreba ne mogu se planirati troškovi održavanja te su oni neravnomjerno raspoređeni.	Primjenjuje se za značajne komponente sustava (motore, pumpe, generatore, kompresore itd.) i za značajne sustave kod kojih je ovakvo održavanje isplativo. Pogodno je npr. za energetsko-procesnu industriju.
Održavanje fokusirano na ponašanje (<i>Performance Focused Maintenance – PFM</i>)		
Sveobuhvatna strategija koja integrira poslovni i tehnološki pristup održavanju. Aktivnosti održavanja su u skladu sa stvarnim stanjem. Obavlja se monitoring stanja, dijagnostička ispitivanja, korektivno i preventivno održavanje, prediktivne aktivnosti, predviđanje, te pronalaženje skrivenih kvarova. Ima intervale optimalizacije.	Postiže se povećana pouzdanost i raspoloživost opreme i sustava, te su smanjeni troškovi tijekom uporabe. Neophodno je kvalitetno prikupljanje i čuvanje podataka. Zahtjeva razumjevanje procesa starenja i mehanizma nastanka kvarova.	Primjenjuje se za značajne sustave kod kojih je ovakvo održavanje isplativo. (npr. za elektroenergetske sustave)
Održavanje u skaldu s Upravljanjem kontinuitetom poslovanja (<i>Business Continuity Management – BCM</i>)		
Obuhvaća širok spektar postupaka za osiguranje kontinuiteta poslovanja, s čime se jača otpornost tvrtke. Za to je važna procjena postojećih rizika od neželjenih događaja (kvarova na proizvod. strojevima i informac. opremi, ali i prekida napajanja el. energ, krađa, požara, prirodne sile i dr.) i analiza njihovih posljedica (računaju se	Procedure su efikasne, logične i realtivno jednostavne.	Može se primjeniti u organizacijama svih veličina. Danas je često vezano za postizanje informacijske

<p>potencijalni financijski gubici). Potrebno je prepoznavanje procesa ključnih za poslovanje koji se ne smiju prekinuti ili se barem moraju nastaviti u prihvatljivom roku nakon otkaza u radu.</p>		<p>sigurnosti i primjenjuje se tamo gdje je ona jako važna za poslovanje (banke, zračne luke, telekomunikacije, elektroprivreda itd.)</p> <p>U nekim državama je za određena područja BCM zakonom propisan</p>
<p>Integrirano produktivno održavanje (Total Productive Maintenance – TPM)</p>		
<p>Održavanje je decentralizirano – uključeni su svi zaposleni (u prvom redu rukovatelji opremom) i nužna je suradnja svih razina uprave. Autonomno održavanje odvija se kroz svakodnevne aktivnosti i elimiraju se neučinkovite aktivnosti. Primjenjuje se preventivno, prediktivno i održavanje prema stanju. Održavanje je produktivno jer se maksimalizira iskorištenje tehn. sustava uklanjanjem raznih direktnih i indirektnih gubitaka. Teži se stalnom unaprjeđenju.</p>	<p>Prvi efekti primjene primjetni su već nakon 6 mjeseci. Zastoji se skraćuju 20 - 30%, pa i preko 50%. Investicije u TPM se vraćaju za najmanje 3 puta. (Prema nekim praćenjima najveća poboljšanja su u prve 3 god. implementacije, nakon čega uspješnost sporije raste.)</p> <p>Potrebna je veća spoznaja o prirodi kvarova. Neophodna je cjeloživotna obuka svih zaposlenika i promjena načina razmišljanja na svim razinama. Za potpunu primjenu treba više godina.</p>	<p>Pogodno za složene, heterogene sustave. Koriste ga najveće svjetske kompanije u proizvodnoj industriji (gdje su velike serije), ali i druge djelatnosti.</p>
<p>Održavanje orijentirano na pouzdanost (Reliability Centered Maintenance – RCM)</p>		
<p>Potrebno je detaljno proučavanje stanja sustava u radu i pri otkazu na osnovu čega se usklađuju aktivnosti održavanja sa stvarnim potrebama. Tijekom vremena stalno se prema pokazateljima pouzdanosti predviđa pojava otkaza i rade prognoze budućih stanja sustava. Na osnovu toga odlučuje se o aktivnostima održavanja radi spriječavanja otkaza, odnosno neplaniranih zastoja, dodatnih troškova i havarija. Kombinira se korektivno i preventivno održavanje i održavanje prema stanju. Postepeno (ciklično) se dolazi do optimalnog načina održavanja.</p>	<p>U raznim slučajevima dovodi kod održavanja do smanjenja radnih sati 20 - 30%, materijala do 64% i povećanja raspoloživosti opreme do 15%. Investicije u RCM se vraćaju za 3 - 6 mj. Procedure za primjenu su relativno komplicirane, neophodna je informatička podrška i implementacija traje 3 - 6 god. Nema postavljenih vremenskih intervala održavanja i nema dnevnog rasporeda zadataka.</p> <p>Ograničene su mogućnosti za primjenu kod sustava u uporabi, a puno je pogodnije za one kod kojih se planira ovakvo održavanje već pri projektiranju.</p>	<p>Najpogodnije za složene tehničke sustave s visokom tehnološkom razinom (gdje je indikacija kvarova u pravilu s instrumentima ugrađenim u sustav, pogotovo ako nemaju dominantni način otkaza). Ima smisla za sustave gdje troškovi RCM-a ne prelaze troškove periodičnog preventivnog održavanja.</p> <p>Primjenjuje se u avioindustriji, mornarici, proizvodnji, prijenosu i distribuciji el. energije, raznim industrijama, ali npr. i u zdravstvu. U nekim državama je primjena definirana zakonskim propisima i direktivama.</p>
<p>Inspekcijski pregledi prema riziku (Risk Based Inspection – RBI) i održavanje u skladu s Upravljanjem prema riziku (Risk Based Maintenance – RBM), RIMAP (Risk Based Inspection and Maintenance Procedures) i srodne metodologije</p>		

<p>Multidisciplinarni pristup kojim se dolazi do optimalnog rješenja za održavanje. Inspekcijski pregledi i druge aktivnosti održavanja obavljaju se razmjerno riziku od kvara na pojedinim elementima. Mišljenje je da se kvantitativnim, a ne kvalitativnim pristupom postiže kompleksniji opis rizika koji postoji na postrojenju. Prave se scenariji razvoja udesa i posljedica, te se analizira kakva mogu biti negativna djelovanja. Izrađuje se lista prioriteta za aktivnosti održavanja koje se biraju prema poziciji u matrici rizika (rizik se određuje kao umnožak vjerojatnosti i težine posljedica kvara). Rizici se s vremenom mijenjaju, pa se s tim mijenjaju i prioriteti za održavanje.</p>	<p>Dovodi do ušteda, jer u većini tehničkih sustava postoji relativno mali broj elemenata s velikim i jako velikim rizikom koji zahtjevaju skupo održavanje. Povećava se pouzdanost funkcioniranja sustava i sigurnost ljudi i okoline. Zahtjeva suradnju eksperata za različita područja i zahtjeva odgovarajući informatičku podršku.</p>	<p>Primjenjuje se na pojedinim element. ili podsustavima, u pravilu najskupljim i najvažnijim (npr. turbinama, reaktorima, tankovima, posudama pod tlakom, cjevovodima i drugim komponentama koje imaju curenje kao dominantan način otkaza), npr. kod petrokemijske industrije, nuklearnih elektrana, nekih procesnih postrojenja i dr. Može se primijeniti i kod nekih građevina (luka, sustava vododbrane, čelič. konstrukcija itd.)</p>
--	---	---

Kao odgovor na probleme primjene suvremenih strategija održavanja (prvenstveno RCM) razvijene su i različite "ubrzanе startegije" kao varijante poznatih metodologija (npr. *Streamlined Reliability Centered Maintenance*), s manjim zahtjevima za ulazne podatke i vrijeme implementacije. Izmjenjene metode u pravilu koriste generičku analizu koja podrazumjeva slično (isto) održavanje za slične (iste) strojeve i unificiranje naziva za radnje [14]. Tako primjerice, europski projekt MACRO (*Maintenance Cost Risk Optimization*) predlaže rješenje koje se može primijeniti u energetsom sektoru, željeznici, crnoj metalurgiji i drugdje.

3. Izbor najpogodnije strategije održavanja

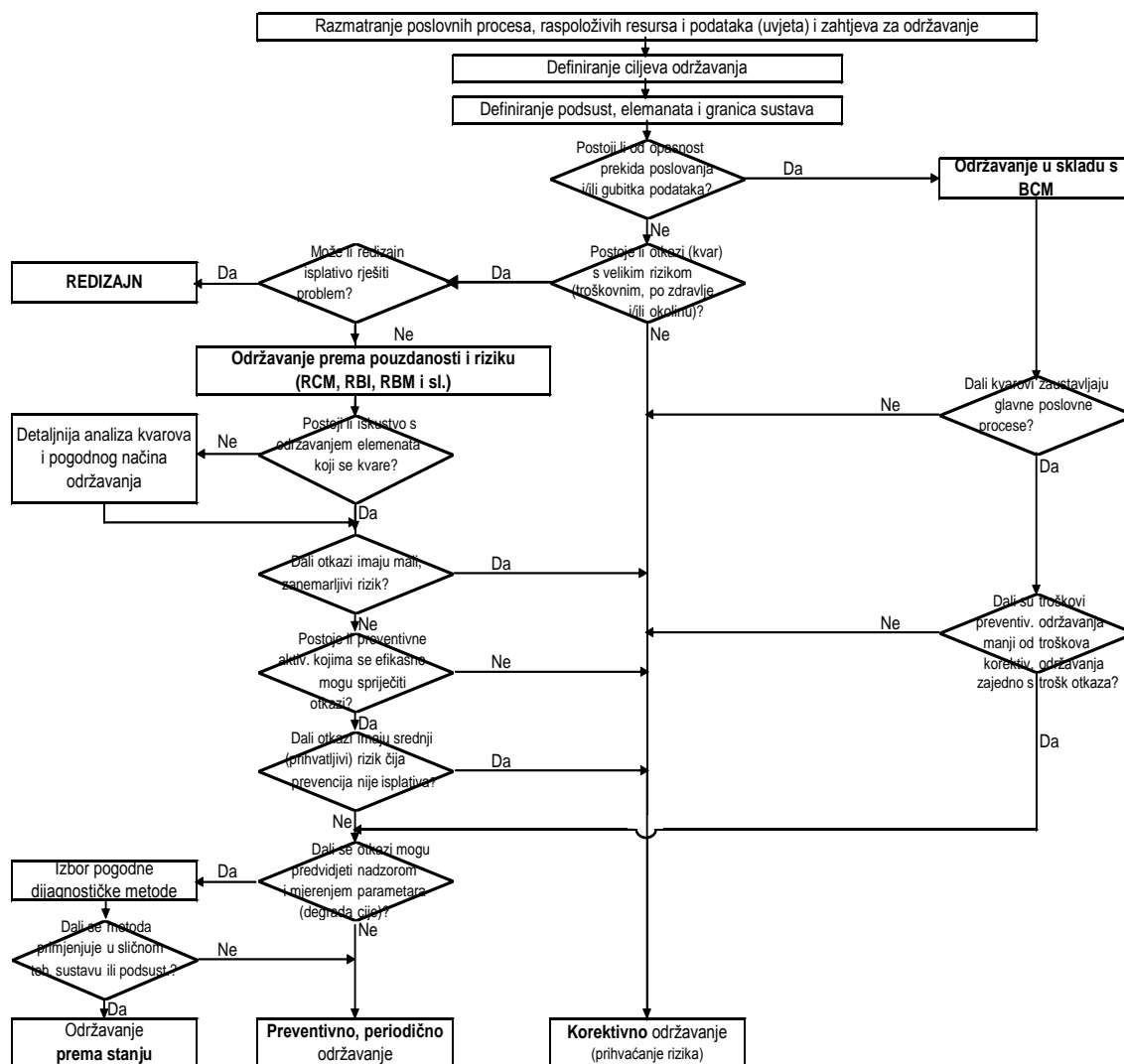
Posljednih godina sve više se teži svjetskoj klasi proizvodnje i svjetskoj klasi upravljanja održavanjem (*World Class Maintenance Management*). Zato se traže novi pristupi održavanju, ali u težnji da se izbjegnu početni neuspjesi i promašaji, koji uvijek prate značajne preokrete, nastoji se iznaći strateški okvir koji će obuhvatiti i objediniti novonastala unapređenja i usavršavanja u skladnu cjelinu, kako bi se na taj način pažljivo razmotrilo i primijenilo one koje će za tvrtke biti najbolji [5]. Svaki složeni tehnički sustav trebalo bi posebno analizirati da se odredi koja mu je optimalna strategija održavanja. Potrebno razmatranje iziskuje logično zaključivanje, s uzimanjem u obzir predviđenih primarnih i sekundarnih funkcija sustava, zahtjeva za kvalitetu proizvoda/usluga, konstruktivnih i radnih ograničenja, postojećih mjera zaštite, degradacije, sigurnosnih opasnosti i ekonomskih aspekata pojedinih metodologija održavanja [7].

Prije izbora startegije održavanja potrebno je definirati željene ciljeve koji moraju biti SMART (*Simple* – jednostavni, *Measurable* – mjerljivi, *Achievable* – dostižni, *Reliable* – pouzdani i *Time specific* – vremenski određeni). Glavni cilj održavanja uobičajno je maksimalna raspoloživost sredstava za rad uz što niže troškove, a podciljevi mogu biti: sprječavanje otkaza, otklanjanje slabih mjesta, skraćivanje vremena za popravke, produženje uporabnog vijeka, smanjivanje troškova i materijala i inovacije u održavanju. Pri određivanju ciljeva održavanja treba imati u vidu propise, zahtjeve za pouzdanost i raspoloživost opreme,

važnost pojedine opreme, uzroke oštećenja i otkaza, te posljedice njihovog nastupanja, raspoložive ljudske resurse i financijska sredstva. Veličina troškova održavanja gotovo redovito je kriterij s najvećom težinom za izbor metodologije održavanja.

Izabrani način održavanja treba biti prilagođen tehničkom sustavu i tvrtki obzirom na uvjete postojećeg stanja (resurse, postojeća iskustva, lokaciju, kakarakteristike rada, zahtjeve proizvodnje, plasman proizvoda i usluga itd.) i u skladu s dugoročnim ciljevima i politikom tvrtke. Treba uzeti u obzir specifične zahtjeve koje pojedine djelatnosti stavljaju pred održavanje, kao što je minimaliziranje gubitaka u prijenosu i što manje neplaniranih isključenja kod sustava za opskrbu el. energijom, plinom, toplinom i vodom ili snižavanje rizika od zagađenja i drugih loših djelovanja na okolinu i ljude npr. kod naftne industrije ili nuklearnih elektrana i termoelektrana.

Uzimajući u obzir prednosti i nedostatke strategija održavanja i njihovu primjenjivost na konkretni tehnički sustav, optimalna metodologija može se dobiti i kombiniranjem više njih [3]. Na slici 2 je predložen algoritam za orijentacijski izbor odgovarajućeg načina održavanja.



Slika 2. Algoritam izbora primjerenog načina održavanja tehničkih sustava

4. Provođenje nove strategije održavanja

Nakon izbora strategije mora se definirati sve tehnološke procese održavanja. Problem može biti što dostupna literatura dobro opisuje osnovne ideje pojedinih koncepcija održavanja, ali same procedure uglavnom nisu detaljnije obrađene ili su prilagođene uvjetima i ograničenjima određenog sustava.

Za uvođenje nove strategije održavanja, osim neophodnog vremena, podataka i financijskih sredstava (što je povezano), uvijek treba stvoriti organizacijsku klimu koja će mobilizirati sve ključne ljudske resurse. Strategija mora biti shvaćena i podržana od najvišeg rukovodstva, ali i od drugih učesnika održavanja. Za prijelaz od reaktivnog na proaktivan način razmišljanja i potrebne promjene tradicionalne organizacijske kulture u tvrtki (motivacijski mehanizmi, karakteristike ponašanja, sustav vrijednosti zaposlenih, administrativne procedure, prijenos i obrada informacija itd.) mora se računati da je potrebno 5 do 8 godina [12]. Zapravo kvalitet obavljenih aktivnosti održavanja više ovisi o promjeni ponašanja za to zaduženih djelatnika nego o materijalnim ulaganjima [12].

Računalni sustav za upravljanje održavanjem nije posebna strategija, ali je neophodan za provođenje suvremenih strategija održavanja. Za planiranje, pripremu, praćenje i analizu uspješnosti procesa održavanja, kako bi se osigurala bolja raspoloživost i protok informacija te veća razina automatizacije, potreban je odgovarajući informacijski sustav (IS). Sustavi koji se najčešće koriste za podršku s upravljanjem održavanjem složenih tehničkih sustava, tj. fizičkom imovinom, poznati su pod nazivom *Enterprise Asset Management*. Kvalitetan IS za operativno upravljanje održavanjem mora omogućavati formiranje evidencije objekata održavanja, evidenciju stanja održanih tehničkih sustava/podsustava s klasifikacijom kritičnosti objekata i opreme za odvijanje poslovnih procesa, evidenciju i analizu kvarova (s razlogom nastanka), planiranje, evidenciju i praćenje izvršenja aktivnosti održavanja i za to potrebnog budžeta, generiranje radnih naloga (osnovnih dokumenata u djelatnosti održavanja), upravljanje radnicima, materijalima, alatima i drugom opremom za održavanje, definiranje potrebnih mjera zaštite na radu kod provođenja određenih aktivnosti održavanja, kreiranje, ažuriranje i arhiviranje sve dokumentacije održavanja u e-obliku, izvještavanje i analizu ključnih pokazatelja učinkovitosti sustava održavanja, te korištenje IS na mobilnim uređajima [15].

Pravilnim korištenjem softverskih rješenja prilagođenih strategijama održavanja mogu se postići unaprjeđenja u organizaciji i upravljanju te tako ostvariti uštede, naročito glede raspoloživosti opreme i racionalizacije zaliha i nabave roba, usluga i radova. Primjena IS za održavanje u svijetu raste već dugi niz godina, a korist je najizraženija u djelatnostima kod kojih je održavanje ključno za poslovne procese i gdje je raspoloživost tehničkih sustava presudna za odvijanje proizvodnje i pružanje usluga (npr. u proizvodnji, preradi, transportu i distribuciji nafte i plina, proizvodnji, prijenosu i distribuciji el. i toplinske energije, vodoopskrbi, odvodnji, priklupljanju i odvozu otpada i drugim komunalnim djelatnostima, telekomunikacijama i dr.) [15].

Kako je za potpunu implementaciju složenih metodologija održavanja u tvrtke potrebno više godina (ovisi o njihovom stupnju razvoja), sustav održavanja se u pravilu usavršava kroz nekoliko faza, a osnovicu daje CMMS [12].

Svaku primijenjenu metodologiju održavanja treba provjeriti prema postignutim rezultatima. Uobičajeni pokazatelji uspješnosti održavanja, koji se ocjenjuju na skali od 1 do 10, su: ne smije biti više od 25% neplaniranih troškova, planske aktivnosti bi trebale biti do 95 %, plansko angažiranje treba biti oko 70 % raspoloživih resursa, dnevno raspoloživi kapaciteti moraju biti angažirani 100 %, obrt zaliha rezervnih dijelova treba biti 3,0 do 3,5; postotak traženih zahtjeva za rezervne dijelove prema trenutno zadovoljenim trebao bi biti 97 %, organizacijska cjelina koja se bavi upravljanjem i planiranjem ne treba biti vezana za izvršni dio organizacije, planiranje se obavlja prije raspoređivanja poslova (na one koji ih mogu izvršiti), postoji algoritam za određivanje prioriteta aktivnosti, planirane aktivnosti se izvršavaju na vrijeme, postoji preventivno održavanje koje se provodi kada je jeftinije od korektivnog i većinom bez zaustavljanja rada strojeva i sustava, preventivne aktivnosti održavanja izvršavaju se 100 %, baza tehničkih podataka je 95 % ažurna i točna, korisnici učestvuju u provedbi radnji koje omogućavaju stvaranje osnovnih uvjeta za rad opreme (postoji "njega opreme"), postoji posebna organizacijska cjelina koja se bavi s RCM, TPM, metodama analize rizika, optimalizacijom i drugim naprednim tehnikama i koja je direktno odgovorna glavnom menadžeru [3], [12], [16]. (U kompanijama na Zapadu prosječna ocjena je između 4 i 5, a rijetke imaju ocjenu 7 [16].) Osim ovih, moguće je ocjenjivanje i na osnovu drugih pokazatelja, koji obvezno trebaju biti prilagođeni sustavu koji se održava, kao i druge metode ocjenjivanja (npr. kroz izračun ukupne efikasnosti opreme – *Overall Equipment Effectiveness* [9], [17]).

5. Zaključak

Strategija održavanja ključni je čimbenik koji utječe na efikasnost sustava održavanja i raspoloživost opreme [12]. Kod složenih tehničkih sustava svakako treba uzeti u razmatranje poznate suvremene koncepte održavanja, kao i njihove kombinacije. Odluka o izboru strategije održavanja ima dugoročni značaj, jer će se primjenjivati dugi niz godina, uz eventualne, potrebne prilagodbe i usavršavanja. Zbog primjenjivosti to treba biti u što ranijoj fazi razvoja sustava (kada se projektira).

Kako su promjene stanja tehničkih sustava zavisna od uvjeta uporabe i slučajnog karaktera, za razmatranje sustava održavanja potreban je sustavni pristup. Da bi strategija održavanja omogućila maksimalnu efikasnost postrojenja mora uzeti u obzir cjelokupni sustav, zajedno sa zaposlenicima i okruženjem, te kontinuirano primjenjivati mjere za otklanjanje svih gubitaka, čime se proces održavanja stalno poboljšava.

Za donošenje pravilnih i pravovremenih odluka u procesima održavanja bitno je primijeniti IS koji odgovara specifičnim zahtjevima djelatnosti sustava, tj. tvrtke, i zahtjevima strategije održavanja.

6. Literatura

- [1] Milosavljević, Pedja; Rall, Klaus. Six Sigma Concept in the Maintenance Process of Tehnical Systems // *Mehanical Engineering*, 3(2005), 1, s. 93-108. (ISSN 0354-2025)
- [2] Komazec, Stefan; Todorović, Ivan; Jaško, Ondrej. Model za planiranje preventivnog održavanja elemenata sistema za prenos električne energije // *Zbornik radova XV naučno stručnog skupa Održavanje mašina i opreme 2015 / Vasić, Branko (ur.)*. (ISBN 978-86-84231-39-2). Beograd-Budva : Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, 18-26.06.2015. s. 409-419.
- [3] 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)
- [4] Lapa, Celso Marcelo; Pereira, Claudio Marcelo; de Barros, Marcio Paes. A model for preventive maintenance planning by genetic algorithms based in cost and reliability / *Reliability Engineering & System Safety*, 91(2006), 2, s. 233-240. (ISSN 0951-8320)
- [5] Milekić, Mile. Pristupi koji doprinose poboljšanju održavanja nastali u proizvodnji transportnih sredstava, // *Zbornik radova 3. Konferencije "Održavanje 2014"* Zenica s. 91-96., www.odrzavanje.unze.ba/zbornici/2014/012-O14-049.pdf, Pristup 15.06.2016.
- [6] Study of existing RCM approaches in different industries – Tehnical Report. Paris/Madrid : Universidad Politecnica, Madrid, 2000.
- [7] Vidaković, Držislav. Koncepti održavanja tehničkih sustava temeljeni na analizi rizika od otkaza // *Zbornik radova 25. Međunarodnog znanstveno stručnog skupa Organizacija i tehnologija održavanja / Lacković, Zlatko (ur.)*. (ISBN 978-953-7973-13-1). Osijek : Društvo održavatelja Osijek i Albert naklada Osijek, 22.04.2016. s. 111-122.
- [8] Siddiqui, Atiq, Waliullah; Ben-Daya, Mohamed. Handbook of Maintenance Management and Engineering, Chapter 16 – Reliability Centered Maintenance. London: Springer-Verlag, 2009. (ISBN 978-1-84882-471-3)
- [9] Ahuja, P. S. Handbook of Maintenance Management and Engineering, Chapter 17 – Total Productive Maintenance. London: Springer-Verlag, 2009. (ISBN 978-1-84882-471-3)
- [10] Epler, Igor, J. Models of Tehnical System Maintenance management // *Military Tehnical Courier*, LXI(2013), 1; s. 178-195. (ISSN 1330-3651)
- [11] Klarin, Milivoj; Misita, Mirjana; Spasojević-Brkić, Vesna. Actual Maintenance Management Tendencies – Risk Based Maintenance // *Tehnička dijagnostika* (2008)3, s. 17-22. (ISSN 1451-1975)
- [12] Tomas, Vinko; Šegulja, Ivica; Čišić, Dragan. Mogućnosti i problemi primjene suvremenih strategija održavanja u pomorstvu // *Pomorstvo*, 19(2005); s. 29-41. (ISSN 1332-0718)
- [13] Selvik, Jon, Tommeras.; Scarf, Philip; Aven, Terje. An Extended Methodology for Risk Based Inspection Planning // *RT&A*, 20(2011), 2, s. 115-126.
- [14] Aleksić, Marinko. Standardizacija i razvoj RCM metodologije // *Zbornik radova XXXI naučno stručnog skupa Održavanje mašina i opreme 2006 / Vasić, Branko (ur.)*. (ISBN 86-84231-10-4). Beograd i Budva : Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, 15-16.06.2006. i 20-23.06.2006. s. 25-36.

-
- [15] Brckan, Krešimir; Ivanček, Tomislav. Upravljanje održavanjem uz podršku suvremenog Asset Management informacijskog sustava // *Održavanje i eksploatacija*, 16 (2016), 1. s. 11-13. (ISSN 1330-6197)
- [16] Idhammar, Christer. What constitutes world-class reliability and maintenance, Idcon Inc., www.idcon.com/resource-library/articles/best-practices/571-world-class-1.html, Pristup 15.06.2016.
- [17] Vujović, Lazo; Šćepanović, Spasoje; Vujović, Jakša. Analiza efikasnosti modela razvojnog održavanja termoelektričnih objekata // *Zbornik radova XV naučno stručnog skupa Održavanje mašina i opreme 2015* / Vasić, Branko (ur.). (ISBN 978-86-84231-39-2). Beograd-Budva : Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, 18-26.06.2015. s. 204-210.

Utjecaj spremnika topline na učinkovitost i ekonomičnost toplifikacijskog sustava niskoakumulativnih objekata

The Influence of a Heat Tank on the Efficiency and Cost- Effectiveness of District Heating Systems of Low- Accumulation Objects

A. Čikić^{1*}, M. Stojkov¹, Z. Janković¹, R. Končić¹

¹Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku,
Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. e-mail: acikic@vtsbj.hr

Sažetak:

Za savladavanje maksimalnih toplinskih gubitaka te optimalnog odnosa brzine grijanja i sprječavanja naglog hlađenja unutar tehnološki prihvatljivog vremenskog intervala potrebna je usklađenost male termofizikalne karakteristike objekta s racionalnim sustavom grijanja. Akumulacijsko – kompenzacijskim spremnikom topline ublažava ili otklanja se nagla unutarnja promjena temperature zraka i održava se toplinska i hidraulička ravnoteža između izvora topline i sekundarnog ogrjevnog kruga (potrošača). Temeljem rezultata kontinuiranih eksperimentalnih mjerenja analiziran je doprinos spremnika topline na učinkovitost i ekonomičnost niskoakumulativnog objekta zatvorene površine 1,5 ha pri cjelogodišnjem uzgoju povrća. Prikazan je utjecaj veličine spremnika topline na moguću minimalnu nazivnu toplinsku snagu termoenergetskog postrojenja s pogonom na biomasu u promatranom klimatskom području. Primjena rezultata doprinosi optimalnom dimenzioniranju i oblikovanju akumulacijskih spremnika topline te racionalnijem projektiranju termoenergetskih postrojenja.

Ključne riječi: niskoakumulativni objekt, spremnik topline, termoenergetsko postrojenje, biomasa, učinkovitost, ekonomičnost.

Abstract:

For handling the maximum heat loss and achieving an optimal relation between the heating rate and the prevention of rapid cooling within a technologically acceptable time interval, balance is required between the low thermophysical characteristic of the object and a rational heating system. Accumulation-compensation heat tank serves the purpose of reducing or removing sudden internal changes in air temperature and maintaining the thermal and hydraulic balance between the heat source and a secondary heating circle



(consumer). Based on the results of continual experimental measurements, the contribution of the heat tank to the efficiency and cost-effectiveness of a low-accumulation object with the closed surface amounting to 1.5 ha was analyzed from the aspect of year-round vegetable growing. The paper presents the influence of the heat tank size on the possible minimum nominal thermal power of a thermal power plant powered by biomass in the observed climate area. The application of results contributes to optimal dimensioning and design of accumulation heat tanks and a more rational design of thermal power plants.

Key words: low-accumulation object, heat tank, thermal power plant, biomass, efficiency, cost-effectiveness.

1. Uvod

Mala vremenska konstanta i termofizikalna karakteristika ($\lambda \cdot c \cdot \rho$) niskoakumulativnih objekata izrazito povećavaju osjetljivost unutarnje temperature zraka u zoni uzgoja agro kultura na vanjske, naročito nagle, mikroklimatske promjene. Obrnuto proporcionalna brzina grijanja i hlađenja objekta značajno smanjuje učinkovitost toplifikacijskog sustava i ekonomičnost proizvodnje. Veoma nepovoljan odnos količina ogrjevnog medija utječe na sporije zagrijavanje vode u sekundarnom ($\Delta \vartheta \leq 10 \text{ }^\circ\text{C}$) u odnosu na primarni ($\Delta \vartheta = 17 - 20 \text{ }^\circ\text{C}$) krug. Mala vremenska konstanta (akumulirana toplota / gubitak topline) utječe na toplinsku reakciju plastenika i učinkovitost toplifikacijskog sustava. Kod prestanka grijanja i naglih vanjskih mikroklimatskih promjena pad unutarnje temperature u bio zoni iznosi od 3 – 7 °C u kratkom vremenskom intervalu, a ponovno zagrijavanje i postizanje namještene vrijednosti unutarnje temperature zraka traje znatno duže. Potrebna je veća brzina odziva i spremnost termoenergetskog sustava za dostizanje, održavanje i stabilnost unutarnjih različitih temperatura zraka u zonama grijanja. Pomoću akumulacijsko – kompenzacijskog spremnika topline ublažava ili otklanja se nagla unutarnja promjena temperature zraka i održava se toplinska i hidraulička ravnoteža između izvora topline i sekundarnog ogrjevnog kruga (potrošača). Porastom vanjske temperature zraka i isključivanjem sustava grijanja višak toplinske energije sekundarnog sustava (velika masa vode) akumulira se u spremniku bez prekomjernog rasta temperature tople vode u primarnom krugu i/ili djelomičnog otvaranja krovne ventilacije plastenika. Korištenjem termoenergetskih postrojenja s pogonom na biomasu smanjeni su toplinski gubici inercije pokretanja do radne temperature ogrjevnog medija i zaustavljanja postrojenja akumulacijom proizvedene i/ili ostatne raspoložive toplinske energije [1, 2, 3]. Na tri niskoakumulativna objekta (P1, P2 i P3) korisne uzgojne površine $P = 15000 \text{ m}^2$ smješteni u različitim geografskim područjima s kontinentalnom klimom provedena su istraživanja utjecaja veličine akumulacijskog spremnika topline na stabilnost toplifikacijskog sustava s toplovodnim termoenergetskim postrojenjem i pogonom na biomasu različite nazivne toplinske snage. Istraživanje je provedeno u cilju kvantificiranja vrijednosti i doprinosa ekonomičnom dimenzioniranju akumulacijskog spremnika topline.

2. Objekt i metoda istraživanja

Između primarnog i sekundarnog toplinskog kruga grijanja ugrađen je valjkasti vertikalni izolirani spremnik topline ukupnog volumena, u objektu P1 $V_1 \approx 115 \text{ m}^3$, u objektu P2 $V_2 \approx 50 \text{ m}^3$ i objektu P3 $V_3 \approx 80 \text{ m}^3$. Pri razlici unutarnje temperature zraka u zoni uzgoja biljaka ($\vartheta_u = 18 \text{ }^\circ\text{C}$) i vanjske temperature zraka ($\vartheta_a = -16 \text{ }^\circ\text{C}$) toplinska snaga za grijanje svakog objekta iznosi oko $Q_{p,n} = 2500 \text{ kW}$. Nazivna toplinska snaga termoenergetskih postrojenja za grijanje objekta P2 iznosi $Q_{n2} = 2500 \text{ kW}$ i objekta P3 $Q_{n3} = 2000 \text{ kW}$ pri temperaturnom režimu rada tople vode $90/70 \text{ }^\circ\text{C}$. Toplinska snaga termoenergetskog postrojenja objekta P1 iznosi $Q_{n1} = 1500 \text{ kW}$ pri temperaturnom režimu rada tople vode $105/80 \text{ }^\circ\text{C}$. U objektima se promjena unutarnje dnevne i noćne temperature zraka u zoni uzgoja biljaka kretala u rasponu od $\vartheta_u \approx 22 - 14 \text{ }^\circ\text{C}$. Pri razlici temperature ogrjevnog medija $\Delta\vartheta_{v2,3} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\vartheta_{sv1} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$, $\vartheta_{sv2} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$) akumulirana toplinska energija u spremniku topline V_2 iznosi $Q_{st2} \approx 2000 \text{ kWh}$ i spremniku topline V_3 $Q_{st3} \approx 3200 \text{ kWh}$. U spremniku topline V_1 akumulirana toplinska energija pri razlici temperature ogrjevnog medija $\Delta\vartheta_{v1} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\vartheta_{sv1} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, $\vartheta_{sv2} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$) iznosi $Q_{st1} \approx 5900 \text{ kWh}$ [4, 6]. Opremu za mjerenje termotehničkih parametara tijekom dnevnih intervala grijanja činili su: mjerne sonde, sabirno – komunikacijski sklop, odgovarajuća ožičenja, te središnji sustav za prijam i obradu mjerenih signala. Sustavom automatske regulacije i upravljanja kontinuirano su sa promjenjivim režimom rada održavane podešene vrijednosti tehnoloških i mikroklimatskih parametara u objektima povezani s pogonskim uređajima termotehničkih i tehnoloških instalacija i postrojenja [5]. Vanjske mikroklimatske promjene registrirane su internom meteorološkom stanicom svakog objekta P1, P2 i P3 (vanjska temperatura zraka ϑ_a , relativna vlaga zraka φ_a , brzina vjetera w). Maksimalni temperaturni režim rada tople vode u sekundarnom krugu dovoda toplinske energije u objekte P1, P2 i P3 je $\vartheta_{vf}/\vartheta_{vr} = 80/70 \text{ }^\circ\text{C}$. Sukladno promjenama toplinskog opterećenja mijenja se temperatura tople vode u polaznom i povratnom vodu grijanja [$Q_{p,n,x} = f(\Delta\vartheta_{v,n,x})$; $m_{v,n} = \text{konst.}$]. Prosječna temperatura tople vode izražava se pomoću jednadžbe [6]:

$$\vartheta_{v,m} = \vartheta_u + \left(\frac{\vartheta_{vf} + \vartheta_{vr}}{2} - \vartheta_u \right) \cdot \left[\frac{\vartheta_u - \vartheta_a}{(\vartheta_u - \vartheta_a)_{nz}} \right]^{0,752} \text{ }^\circ\text{C}, \quad (1)$$

pri čemu su:

$\vartheta_{v,m}$ - prosječna temperatura tople vode u cjevovodima dovoda toplinske energije, $^\circ\text{C}$

ϑ_u - prosječna unutarnja temperatura zraka u zoni uzgoja biljaka + $18 \text{ }^\circ\text{C}$

ϑ_a - vanjska projektna temperatura zraka - $18 \text{ }^\circ\text{C}$

$\Delta\vartheta_{v,n,fr}$ - maksimalna razlika temperature vode u polaznom i povratnom vodu kod nazivnog toplinskog opterećenja = $10 \text{ }^\circ\text{C}$

$(\vartheta_u - \vartheta_a)_{nz}$ - nazivna razlika temperature zraka = $36 \text{ }^\circ\text{C}$.

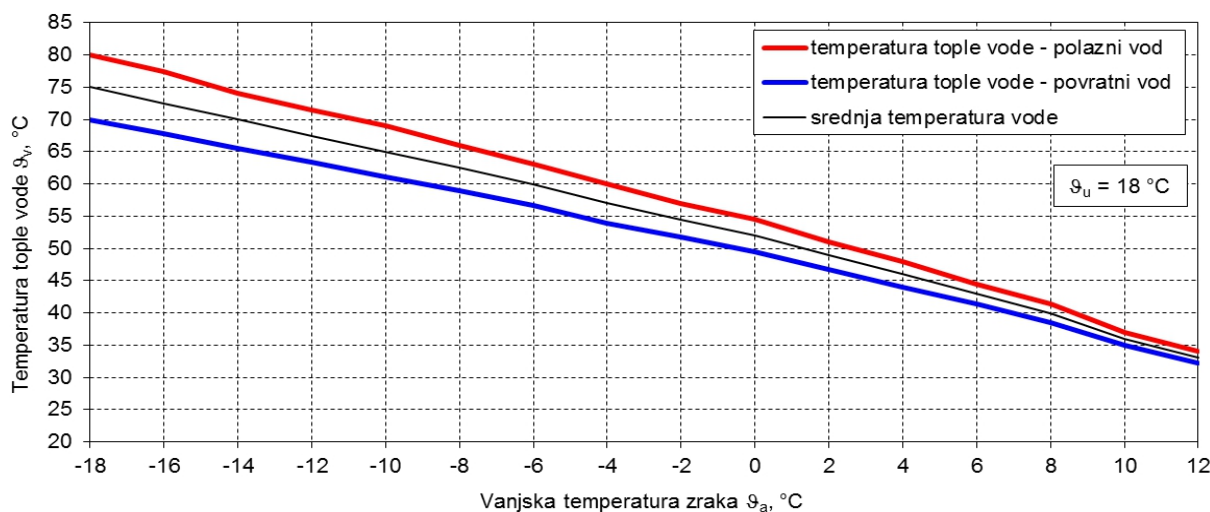
Promjena temperature vode u polaznom vodu $\vartheta_{vf,n,x}$ izražava se pomoću relacije [5]:

$$\vartheta_{vf,n,x} = \vartheta_{v,m} + \frac{\Delta\vartheta_{v,n,fr}}{2} \cdot \frac{\vartheta_u - \vartheta_a}{(\vartheta_u - \vartheta_a)_{nz}} \text{ }^\circ\text{C} \quad (2)$$

a u povratnom vodu $\vartheta_{vr,n,x}$ prema jednadžbi [5]:

$$\vartheta_{vr,n,x} = \vartheta_{v,m} - \frac{\Delta \vartheta_{v,n,fr}}{2} \cdot \frac{\vartheta_u - \vartheta_a}{(\vartheta_u - \vartheta_a)_{nz}} \quad ^\circ\text{C}. \quad (3)$$

Pomoću uronjenih osjetnika na glavnom toplovodu dovoda toplinske energije u svaki objekt registrirana je temperatura ogrjevnog medija u polaznom $\vartheta_{vf,n,x}$ i povratnom $\vartheta_{vr,n,x}$ vodu. Promjene temperature tople vode $\vartheta_{v,m}$, $\vartheta_{vf,n,x}$ i $\vartheta_{vr,n,x}$ u sekundarnom krugu dovoda toplinske energije u grijane objekte dijagramski su prikazane na slici 1. Pri približno jednakim vanjskim mikroklimatskim uvjetima ($\varphi_a = 40\%$ do 80% i brzina vjetra oko $w = 1,5 - 3,5$ m/s) za objekte P1, P2 i P3 i promjenu vanjske temperature zraka tijekom 24 sata izmjerene su vrijednosti termotehničkih parametara i utvrđena je potrošnja toplinske energije svakog objekta $Q_{p,n}$, toplinsko opterećenje termoenergetskog postrojenja $Q_{k,n}$ i ukupno raspoloživa toplinska energija $Q_{r,n}$. Za svaki objekt provedena su mjerenja za dva karakteristična dnevna intervala u sezoni grijanja. Prvi dnevni interval pri nižim vanjskim temperaturama zraka („hladniji“ period) najčešće učestalosti oko $2,5 - 4\%$ od ukupne sezone grijanja i drugi dnevni interval pri višim vanjskim temperaturama zraka („topliji“ period) očekivane učestalosti oko $25 - 40\%$ od ukupne sezone grijanja. Prosječni stupanj iskoristivosti termoenergetskog postrojenja i toplifikacijskog sustava iznosi oko $\eta \approx 0,8$.



Slika 1. ϑ_v ($\vartheta_{v,m}$, $\vartheta_{vf,n,x}$, $\vartheta_{vr,n,x}$) = f (ϑ_a); $\vartheta_u = 18^\circ\text{C}$

Akumulirana toplinska snaga Q_{st} u svakom od spremnika V_1 , V_2 i V_3 utvrđena je prema izrazu:

$$Q_{st,n} = V_n \cdot \rho_{v,sr} \cdot c_{pv,sr} \cdot (\vartheta_{sv1,n} - \vartheta_{sv2,n}) \quad \text{W}, \quad n = 1 \text{ do } 3 \quad (4)$$

pri čemu su:

V_n – volumen vode, m^3 , ϑ_{sv} - temperatura vode u spremniku, $^\circ\text{C}$,

$$\rho_{v,sr} = \rho_{v,sr} \left(\frac{\vartheta_{sv1,n} + \vartheta_{sv2,n}}{2} \right) \quad \text{kg/m}^3, \quad c_{pv,sr} = c_{pv,sr} \left(\frac{\vartheta_{sv1,n} + \vartheta_{sv2,n}}{2} \right) \quad \text{W/kg,K.}$$

Potrošena količina toplinske energije u svakom satu tijekom dnevnog intervala grijanja u objektima P1, P2 i P3 utvrđena je prema jednadžbi:

$$Q_{p,n,x} = m_{v,n} \cdot c_{pv,sr,x} \cdot (\vartheta_{vf,n,x} - \vartheta_{vr,n,x}) \quad \text{kWh}, \quad n = 1 \text{ do } 3, \quad x = 1 \text{ do } 24. \quad (5)$$

Prosječna donja ogrjevna vrijednost biomase nasipne gustoće oko $\rho_{bm} = 385 \text{ kg/m}^3$ iznosila je oko $H_d = 3,1 \text{ kWh/kg}$ pri vlažnosti između 25 % do 40 %. Korisni volumen pogonskog cilindričnog spremnika biomase termoenergetskog postrojenja objekta P1 iznosi $V_{bm1} = 27 \text{ m}^3$, objekta P2 $V_{bm2} = 40 \text{ m}^3$ i objekta P3 $V_{bm3} = 45 \text{ m}^3$. Sukladno potrošnji svaki spremnik se dopunjavao novom količinom biomase u rasponu između minimalne i maksimalne razine u spremniku. Potrošena količina biomase za svako termoenergetsko postrojenje posebno utvrđena je prema relaciji:

$$m_{bm,n,x} = \frac{D_n^2 \cdot \pi \cdot h_{n,x} \cdot \rho_{bm}}{4} \quad \text{kg}, \quad n = 1 \text{ do } 3, \quad x = 1 \text{ do } 24 \quad (6)$$

pri čemu su:

D_n – promjer cilindričnog spremnika biomase, m

$h_{n,x}$ – promijenjena visina biomase u spremniku tijekom jednog sata (potrošena sječka), m.

Proizvedena toplinska energija u termoenergetskom postrojenju objekata P1, P2 i P3 u svakom satu dnevnog intervala grijanja procijenjena je prema relaciji:

$$Q_{k,n,x} = m_{bm,n,x} \cdot H_d \cdot \eta \quad \text{kWh}, \quad n = 1 \text{ do } 3, \quad x = 1 \text{ do } 24. \quad (7)$$

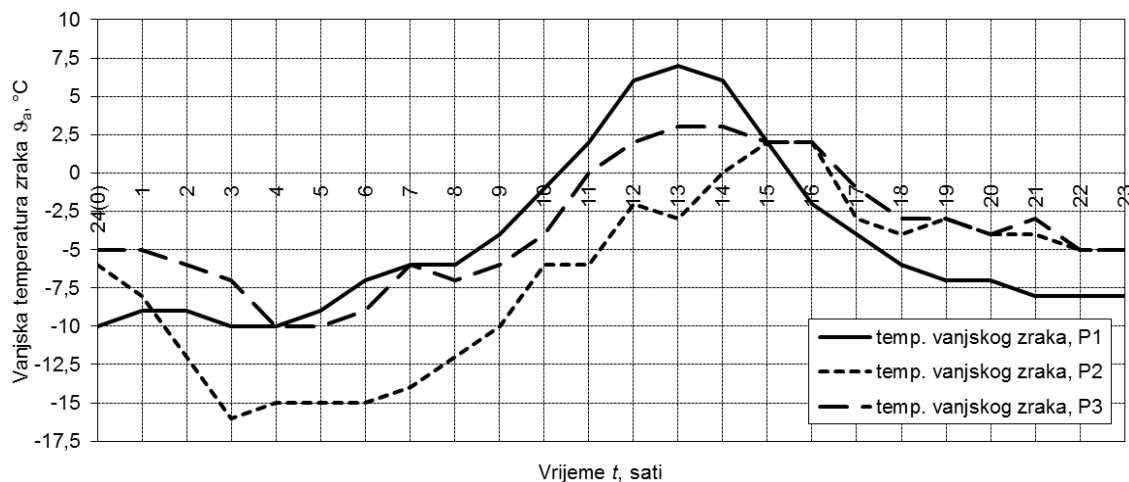
Utvrđena je količina raspoložive toplinske energije prema jednadžbi:

$$Q_{r,n,x} = (Q_{st,n,x} - Q_{p,n,x}) + Q_{k,n,x} \quad \text{kWh}, \quad n = 1 \text{ do } 3, \quad x = 1 \text{ do } 24, \quad (8)$$

uz postizanje maksimalno moguće temperature vode ϑ_{sv1} u spremnicima topline V_1 , V_2 i V_3 . Promjenjiva polazna temperatura vode $\vartheta_{sv,n,x}$ u spremnicima topline kretala se između $\vartheta_{sv1,n} \geq \vartheta_{sv,n,x} \geq \vartheta_{vf,n,x}$.

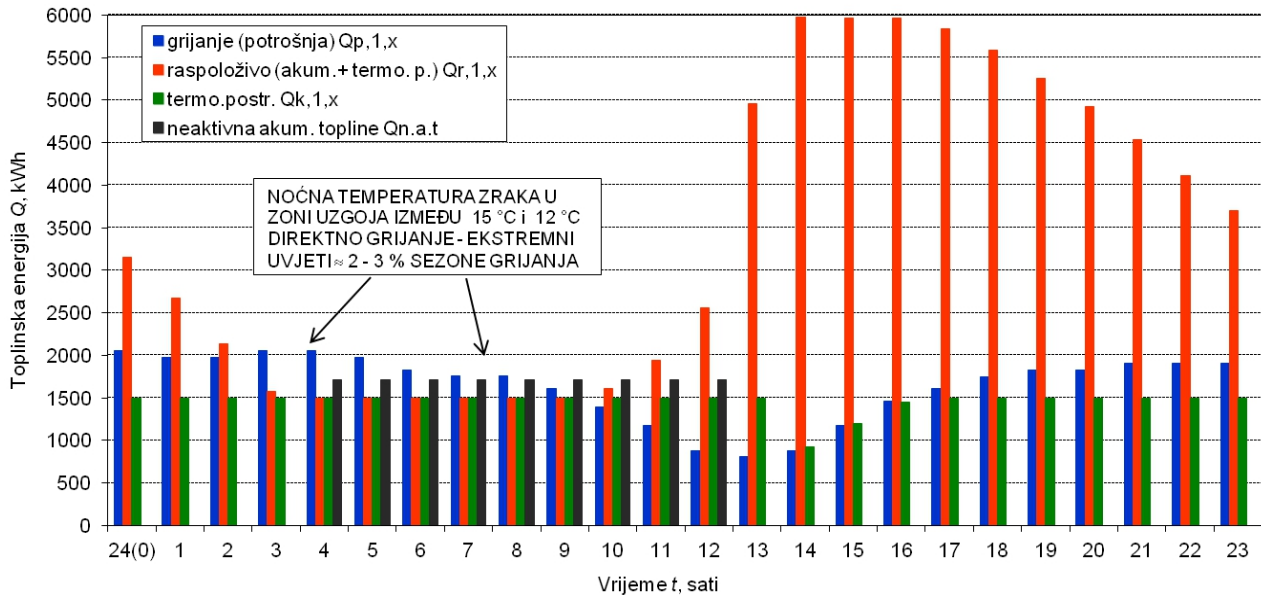
3. Rezultati mjerenja

Na slici 2. prikazana je promjena vanjske temperature zraka tijekom 24 sata na lokacijama objekata P1, P2 i P3 pri nižim vanjskim temperaturama zraka u „hladnijem“ periodu sezone grijanja.

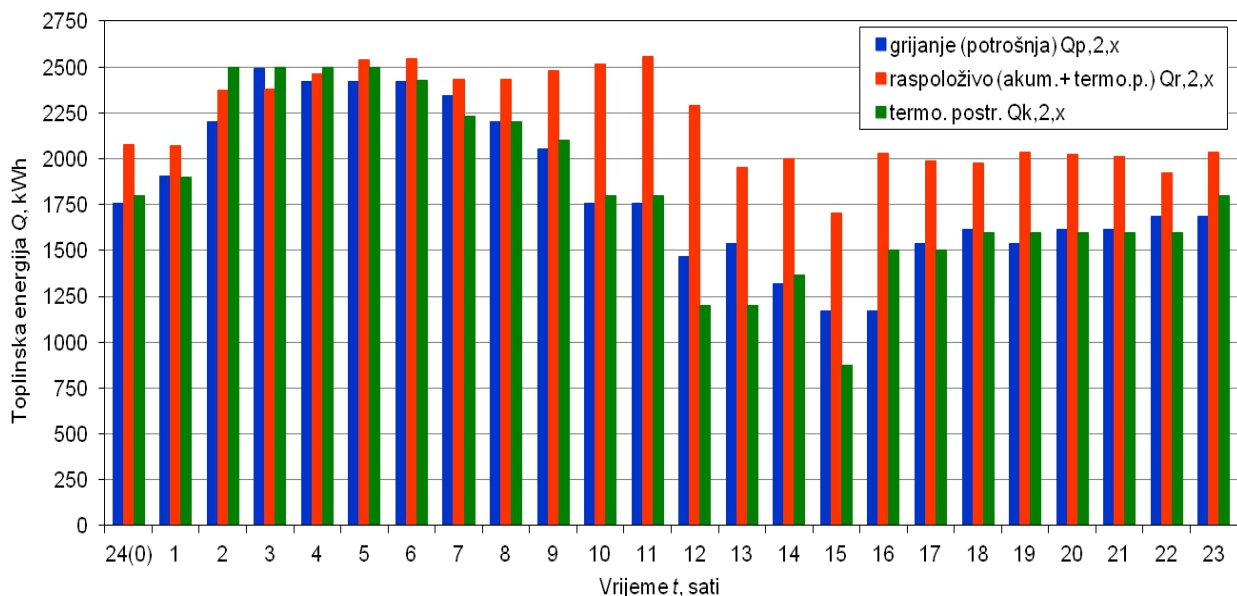


Slika 2. Dnevna promjena vanjske temperature zraka („hladniji“ period sezone grijanja)

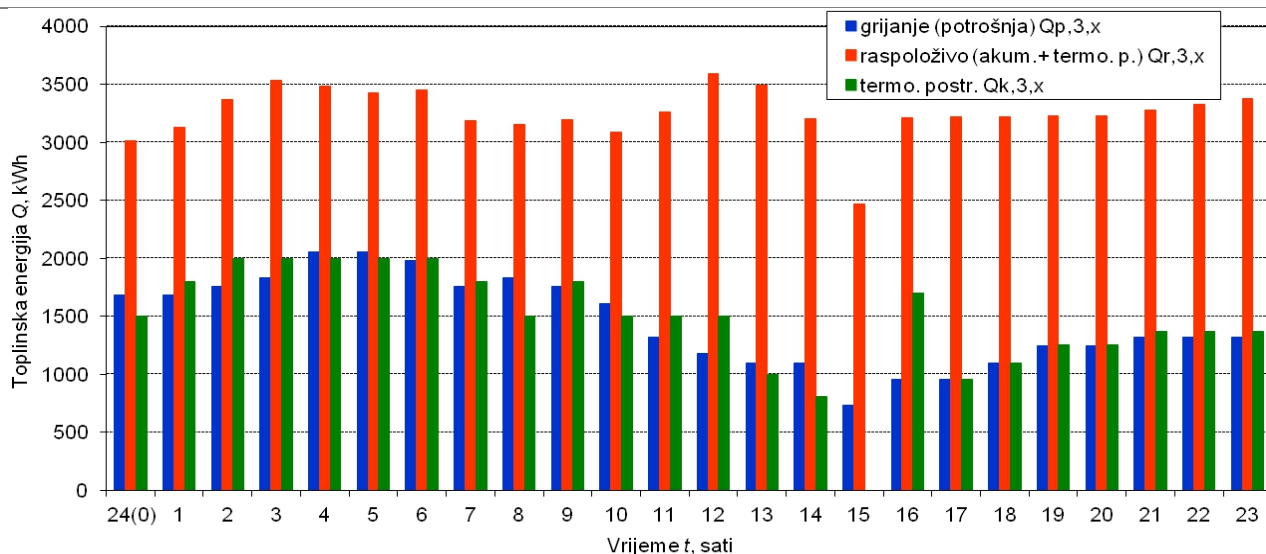
Sukladno promjenama vanjske temperature zraka tijekom 24 sata i toplinskog opterećenja pojedinih objekata s termoenergetskim postrojenjima različite nazivne toplinske snage, na slikama 3., 4. i 5. dijagramski su prikazani proizvodnja i potrošnja toplinske energije sa doprinosom spremnika topline stabilnosti grijanja i sinkronizaciji pretvorbe i potrošnje toplinske energije.



Slika 3. Proizvodnja, potrošnja i akumulacija toplinske energije, „hladniji“ period, objekt P1

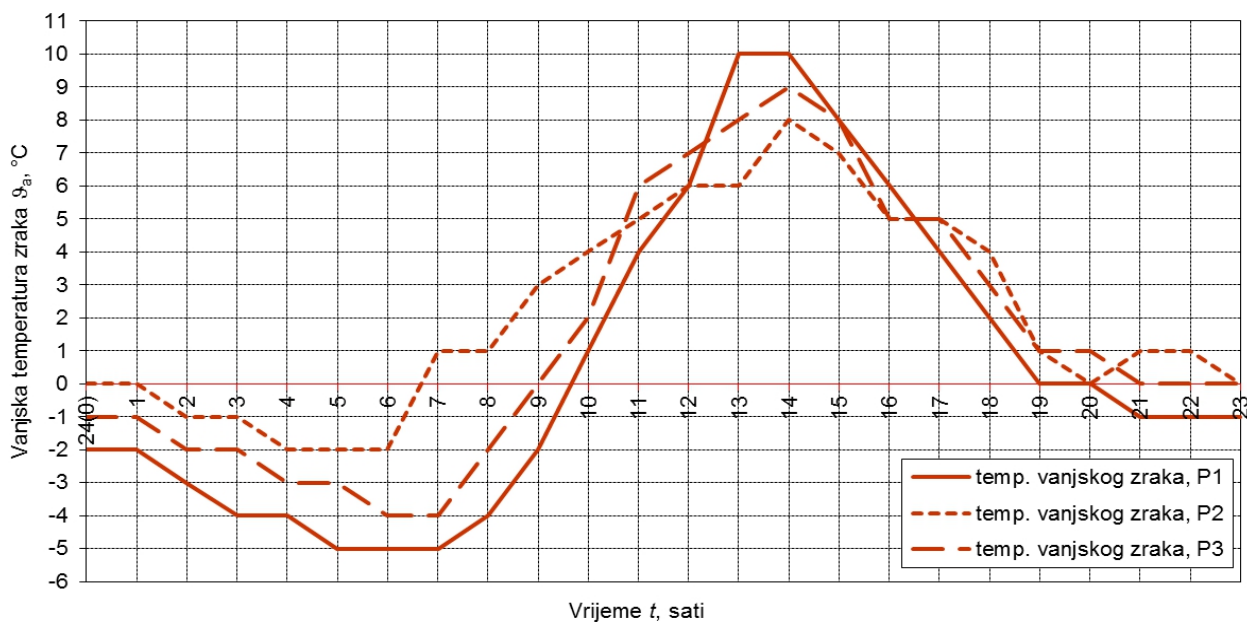


Slika 4. Proizvodnja, potrošnja i akumulacija toplinske energije, „hladniji“ period, objekt P2



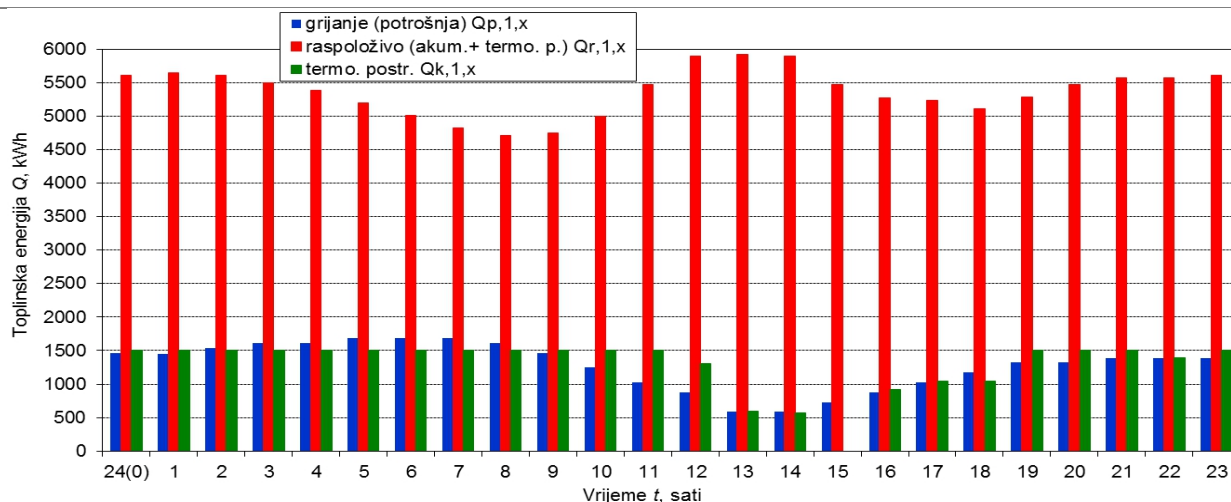
Slika 5. Proizvodnja, potrošnja i akumulacija toplinske energije, „hladniji“ period, objekt P3

Izmjerene vrijednosti temperature vanjskog zraka tijekom 24 sata koje se učestalije pojavljuju tijekom sezone grijanja (25 – 40 %, „topliji“ period)) na lokacijama niskoakumulativnih objekata P1, P2 i P3 dijagramski su prikazane na slici 6.

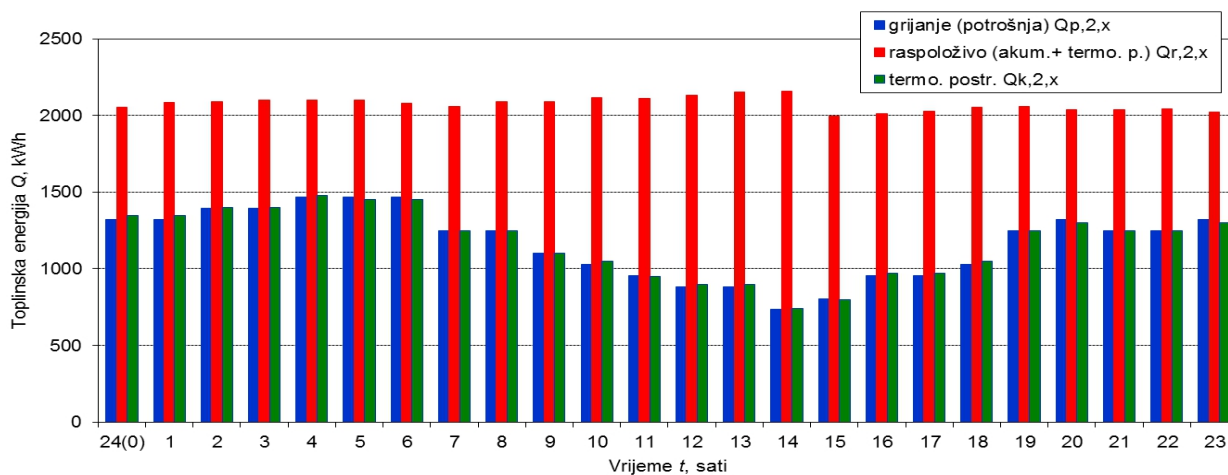


Slika 6. Dnevna promjena vanjske temperature zraka („topliji“ - učestaliji period sezone grijanja)

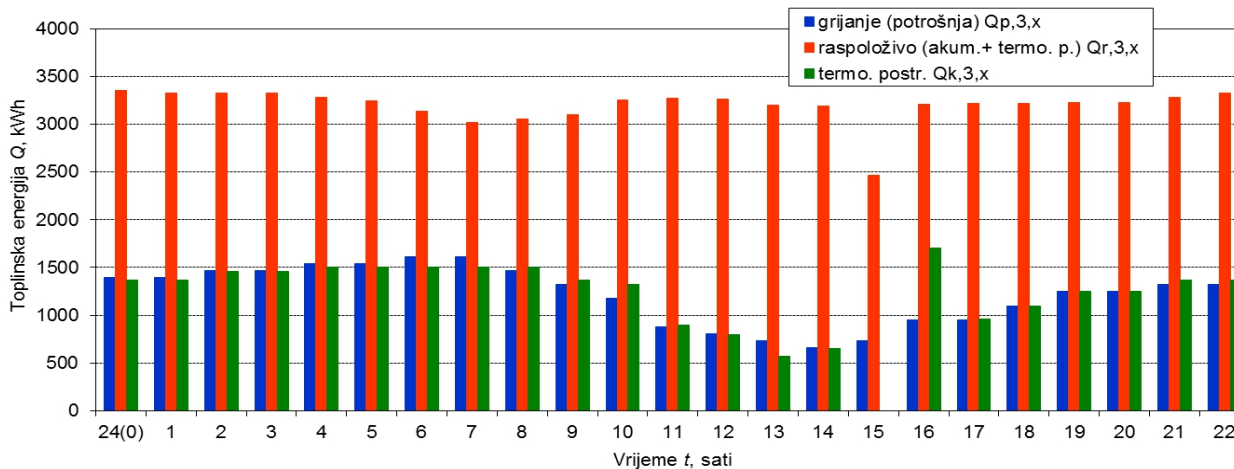
Sukladno promjenama vanjske temperature zraka (slika 6., „topliji“ period) na slikama 7., 8. i 9. dijagramski su prikazani potrošnja toplinske energije, raspoloživa akumulirana i proizvedena toplinska energija te proizvedena toplinska energija kod promjenjivog opterećenja grijanja niskoakumulativnih objekata P1, P2 i P3.



Slika 7. Proizvodnja, potrošnja i akumulacija toplinske energije, „topliji“ period, objekt P1



Slika 8. Proizvodnja, potrošnja i akumulacija toplinske energije, „topliji“ period, objekt P2



Slika 9. Proizvodnja, potrošnja i akumulacija toplinske energije, „topliji“ period, objekt P3

4. Analiza rezultata

Pri nižim promjenjivim vanjskim temperaturama zraka („hladniji“ period) polazna temperatura ogrjevnog medija grijanja objekata P1, P2 i P3 kretala se između 48 – 75 °C. Temperatura tople vode u akumulacijskom spremniku topline V_2 i V_3 kretala se između 70 – 90 °C, a u spremniku topline V_1 u rasponu od oko 48 °C do 100 °C. U objektu P1 termoenergetsko postrojenje je manje toplinske snage za 60 % ($Q_{n,1} = 1500$ kW) od potrebne nazivne toplinske snage grijanja. Pri maksimalnom radu termoenergetskog postrojenja 4 sata u spremnik topline $V_1 = 115$ m³ akumulira se oko 5900 kWh toplinske energije do maksimalne temperature vode $\vartheta_{sv1} = 100$ °C. Zbog duljeg trajanja postizanja maksimalne akumulacije i veće potrošnje toplinske energije za grijanje objekta u noćnom režimu rada zapažen je pad unutarnje temperature zraka na 12 – 15 °C pri maksimalnom radu termoenergetskog postrojenja. Pri tomu je polazna temperatura ogrjevnog medija $\vartheta_{vf,1,x} \geq 65$ °C i u tom intervalu je nekorisna akumulirana toplinska energija u spremniku temperature vode ispod 65 °C. Pri istom nazivnom toplinskom opterećenju i nazivnoj toplinskoj snazi termoenergetskog postrojenja objekta P2 spremnik topline $V_2 = 50$ m³ ($Q_{st2} = 2000$ kW) doprinosi stabilnosti rada toplifikacijskog sustava bez oscilacija unutarnje temperature zraka, ali značajnije ne utječe na manju potrošnju pogonskog goriva.

Akumulacijskim spremnikom topline $V_3 = 80$ m³ ($Q_{st3} = 3200$ kW) postiže se stabilnost rada toplifikacijskog sustava iako je nazivna snaga termoenergetskog postrojenja za 20 % manja od nazivnog toplinskog opterećenja grijanja objekta P3. Odnos korisne akumulirane toplinske energije ($\Delta\vartheta_{v,3} = 35$ °C, $\vartheta_{sv1} = 90$ °C, $\vartheta_{sv2} = 55$ °C) i nazivnog toplinskog učinka termoenergetskog postrojenja je 1,6. Pogon termoenergetskog postrojenja pri maksimalnoj toplinskoj snazi trajao je oko 21 % od dnevnog trajanja grijanja. Prosječna toplinska snaga iznosila je oko 75 % od nazivne toplinske snage termoenergetskog postrojenja. Postignuta je stabilnost akumulirane toplinske energije ($\Delta\vartheta_{v,3} = 35$ °C, $\vartheta_{sv1} = 90$ °C, $\vartheta_{sv2} = 70$ °C) uz održavanje namještene unutarnje temperature zraka u objektu P3. Potrošnja pogonskog goriva (biomase) je za oko 7 – 10 % manja u odnosu na objekte P1 i P2.

Pri višim promjenjivim vanjskim temperaturama zraka („topliji“ period) polazna temperatura ogrjevnog medija grijanja objekata P1, P2 i P3 kretala se između 40 – 62 °C. Temperatura tople vode u akumulacijskom spremniku topline V_2 kretala se između 64 – 90 °C, u spremniku topline V_3 između 72 – 90 °C, a u spremniku topline V_1 u rasponu od oko 79 °C do 98 °C. Pri radu termoenergetskog postrojenja različite nazivne toplinske snage u dnevnom intervalu grijanja u objektima P1, P2 i P3 postignuta je stabilna akumulacija toplinske energije i namještena unutarnja temperatura zraka svih zona grijanja u objektima. Prosječna toplinska snaga iznosila je oko 90 % u objektu P1, oko 50 % u objektu P2 i oko 60 % u objektu P3 od nazivne toplinske snage termoenergetskih postrojenja. Izražena je visoka akumulacija toplinske energije u odnosu na toplinsko opterećenje grijanja pri trenutnim mikroklimatskim uvjetima. U spremniku V_1 ostvareno je oko 25 – 28 % više akumulirane toplinske energije, u spremniku V_2 oko 12 %, a u spremniku V_3 oko 30 %. U „toplijem“ periodu potrebno je snižavanje temperature vode ϑ_{sv1} u spremnicima topline što doprinosi smanjenju potrošnje pogonskog goriva (biomase) i manjoj učestalosti pokretanja i zaustavljanja termoenergetskih postrojenja. Kod izraženijih promjena vanjske temperature

zraka (u „hladnijem“ periodu) stabilnost toplifikacijskog sustava se postiže u objektima P2 i P3. Pri tomu je potrošnja biomase za pogon termoenergetskih postrojenja u objektu P3 manja u odnosu na P2.

5. Zaključak

Provedena su istraživanja doprinosa spremnika topline različitog volumena za različitu nazivnu toplinsku snagu termoenergetskog postrojenja kod promjenjivih mikroklimatskih i zadanih tehnoloških uvjeta intenzivnog uzgoja agro kultura u niskoakumulativnim objektima svaki zatvorene površine 1,5 ha (P1, P2 i P3) približno istih tehničkih karakteristika. Prikazan je utjecaj veličine spremnika topline na moguću minimalnu nazivnu toplinsku snagu termoenergetskog postrojenja s pogonom na biomasu u promatranom klimatskom području. Kvantificirane su vrijednosti potrošnje, proizvodnje i raspoložive toplinske energije za dnevne intervale u „hladnijem“ i „toplijem“ periodu od ukupne sezone grijanja. Odnosi nazivne (instalirane) toplinske snage termoenergetskih postrojenja Q_n i nazivnog toplinskog opterećenja objekata Q_p su: za objekt P1 $Q_{n1}/Q_{p1} = 0,6$, objekt P2 $Q_{n2}/Q_{p2} = 1$ i objekt P3 $Q_{n3}/Q_{p3} = 0,8$. Odnos moguće akumulacije toplinske energije i maksimalnog toplinskog učinka termoenergetskog postrojenja za objekt P1 je $Q_{st1}/Q_{n1} \approx 3,9$, objekt P2 $Q_{st2}/Q_{n2} \approx 0,8$ i objekt P3 $Q_{st3}/Q_{n3} \approx 1,6$. Istaknut je značaj odnosa veličine spremnika i maksimalne akumulacije toplinske energije u odnosu na instaliranu toplinsku snagu termoenergetskog postrojenja. Primjena rezultata doprinosi ekonomičnom dimenzioniranju akumulacijskih spremnika topline i toplovodnih termoenergetskih postrojenja s pogonom na biomasu za racionalnu toplifikaciju niskoakumulativnih objekata.

6. Literatura

- [1] Energy Conservation for Commercial Greenhouse, ISBN: 0 – 9358 17 – 74 – 3, 84 pages, New York, 2003.
- [2] Greenhouse Engineering, ISBN: 0 – 9358 17 – 57 32, 212 pages, New York, 2005.
- [3] Nelson, P.V., Greenhouse Operation and Management, 6th Edition, ISBN: 0 – 13 – 010577 – 5, 692 pages, New York, 2006.
- [4] Sokolov, J., J.; Toplifikacija i toplinske mreže, Građevinska knjiga, Beograd, 1985.
- [5] Computerized Environmental Control in Greenhouse, ISBN: 90 – 75627 – 01 – 07, 264 pages, London, 2005.
- [6] Kulić, E.; Principi projektiranja sistema grijanja, Smeits, Beograd, 1990.

Korozijska postojanost kompenzatora u cjevovodu ***Corrosion stability of the compensator in the pipeline***

S. Aračić^{1*}, T. Šolić¹, I. Tomljenović²

¹Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

²Spiroflex d.o.o., Ruščica, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: saracic@sfsb.hr

Sažetak

U radu je opisana tehnologija pripreme površine u izradi kompenzatora koji se ugrađuju u cjevovode. Analizirani su problemi izbora materijala, tehnologija zavarivanja i ugradnja kompenzatora. Kompenzatori služe za prihvaćanje pomaka produljenja ili skupljanja u smjeru osi i kao takvi imaju široku primjenu u izradi cjevovodnih sustava. Zbog raznih okolnosti i eksploatacijskih utjecaja, potrebno je voditi dosta pažnje o izboru konstrukcijskih materijala i tehnologiji izrade kako bi se izbjegla pojava nastanka korozije. U radu su prikazana korozijska oštećenja u eksploataciji kompenzatora izrađenih od dvaju istorodnih materijala spojenih zavarom. Ispitana su korozijska svojstva konstrukcijskih materijala u agresivnim medijima (vlažna i slana komora). Prikazani su rezultati provedenih ispitivanja u agresivnim sredinama i dane su smjernice za izbjegavanje korozijskih oštećenja.

Ključne riječi: kompenzator, korozija zavora, cjevovod

Abstract

This paper describes the technology of surface preparation in making compensator installed in pipelines. There are analyzed the problems of choice of materials, welding and intallation of expansion joints. Compensators are used for acceptance of extension or contraction displacement in the axial direction, and as such are widely used in a piping system. Due to various circumstances and the impact of exploitation, it is necessary to keep a lot of attention on the choice of structural materials and production technology in order to avoid the occurrence of corrosion. The paper presents the corrosion damage in service expansion joint made of two homogeneous materials connected with welding technology. There are studied the corrosion properties of construction materials in aggressive media (moist and salt chamber). The results of tests carried out in harsh environments and are given guidelines to prevent corrosion damage.

Keywords: compensator, corrosion of the weld, the pipeline



1. Uvod

Kompenzator je dio cjevovoda koji služi za kompenzaciju dimenzionalnih promjena u cjevovodu, izazvanih najčešće promjenama temperature (okoliša i/ili protočnog medija) i/ili tlaka. Kompenzatori se upotrebljavaju u petrokemijskim postrojenjima, ložnom i ventilacijskom sistemu, na brodovima, u avionskim sistemima za gorivo i klimatizaciju, na ispušnim cijevima, u tvornicama, elektranama, praonicama rublja, mljekarama, lokalnim toplanama, gdje god su cijevi podvrgnute kretanju pod utjecajem temperature, tlaka ili fizičke sile. [1]

Kompenzatori se u cjevovode ugrađuju tehnikom zavarivanja. Zavarivanje je spajanje dvaju ili više, istorodnih ili raznorodnih materijala, taljenjem ili pritiskom, sa ili bez dodavanja dodatnog materijala, na način da se dobije homogen zavaren spoj (zavareni spoj bez grešaka sa zahtjevanim mehaničkim i ostalim svojstvima) [2].

Ispitani su utjecaji kvalitete različitih tehnologija čišćenja spoja u području zavara na pojavu korozije u agresivnoj sredini. Korozija je spontani heterogeni proces u kojemu kao reaktanti sudjeluju konstrukcijski materijal, odnosno barem jedna njegova faza ili komponenta okoline, koja je najčešće tekuća, ali također može biti plinovita ili čvrsta. Ovaj proces će teći samo ako između spomenutih reaktanata postoji afinitet kojim se kvantitativno izražava težnja tvari da međusobno spontano reagiraju. [3]

2. Eksperimentalni dio

U radu su ispitani utjecaji agresivnih sredina (vlažne i slane komore) na ispitne uzorke. Ispitni uzorci izrađeni su od W.Nr. 1.4541 (AISI 321). Materijali su spojeni TIG postupkom na automatskom stroju za uzdužno zavarivanje limova.

Plan pokusa zamišljen je i izveden slijedećim redoslijedom:

- a) priprema uzoraka
- b) zavarivanje uzoraka
- c) označavanje uzoraka
- d) čišćenje površine zavarenog spoja
- e) mjerenje hrapavosti površine
- f) ispitivanje u vlažnoj komori
- g) ispitivanje u slanoj komori
- h) analiza rezultata ispitivanja

2.1 Tehnički podaci o materijalu

Ispitni uzorci izrađeni su od lima W.Nr. 1.4541 (AISI 321). To je osnovni materijal za proizvodnju kompenzatora i u principu zadovoljava zahtjeve za široku primjenu, npr. koristi se u sustavima tehnike grijanja i hlađenja. Ovaj materijal sadrži titan koji služi kao stabilizirajući element, daje otpornost na interkristalnu koroziju.[4]

Tablica 1. Kemijski sastav materijala

%C	%Mn	%Si	%P	%S	%Cr	%Ni	%M o	%Ti	%N b	%N	%C u
0,02 8	0,86 0	0,64 0	0,02 9	0,00 1	17,17 0	9,10 0		0,25 0		0,01 4	

2.2 Priprema uzoraka

Ispitni uzorci rezani su iz gore navedenog lima debljine 3 mm. Izrezivanje ispitnih uzoraka provedeno je na hidrauličkim CNC škarama za rezanje lima. Dimenzija ispitnih uzoraka su 30x150 mm, koji se po dva komada spajaju u jedan zavareni sklop. Dakle, zavareni sklop za ispitivanje u agresivnim uvjetima ima dimenzije 60x150 mm.

2.3 Zavarivanje uzoraka

Ispitni uzorci zavareni su TIG postupkom. Zavarivanje navedenim postupkom se obavlja netaljivom elektrodom u zaštiti inertnog plina, a provedeno je na automatskom stroju za uzdužno zavarivanje limova. Kao izvor struje korišten Fronius TRANS TIG 2200. Parametri zavarivanja dani su u slijedećoj tablici.

Tablica 2. Parametri zavarivanja

Parametar	Iznos
Struja zavarivanja	28 A
Brzina zavarivanja	400 mm/min
Razmak između gornjih letvi	2,1 mm
Širina utora na donjoj letvi	1,3 mm
Promjer Wolfram elektrode	1,6 mm
Protok argona na gorioniku	7 l/min
Protok argona u donjoj letvi	9 l/min

2.4 Označavanje uzoraka

Ispitni uzorci svrstani su u pet grupa podijeljenih po metodama čišćenja površine koja je primjenjena za pojedinu grupu uzoraka. Označavanje je obavljeno laserom za označavanje dijelova, a oznake se nalaze u gornjem lijevom kutu zavarenih sklopova, odnosno ispitnih uzoraka.

Tablica 3. Oznake ispitnih uzoraka s obzirom na metodu čišćenja

Metoda čišćenja	Oznaka (broj) uzorka
Neočišćeni uzorci	1
Uzorci očišćeni brusnom četkom	2
Uzorci očišćeni brusnom četkom za ugljični čelik	3
Uzroci očišćeni kemijskim postupkom	4
Uzorci očišćeni elektrokemijskim postupkom	5



2.5 Čišćenje površine zavarenog spoja na uzorku

Površine ispitnih uzoraka u područjima zavara čišćene su gore navedenim metodama, a za svaku pojedinačnu metodu čišćenja površine korištena su tri ispitna uzorka.

2.5.1 Neočišćeni uzorci

Tri ispitna uzorka iz grupe ispitnih uzoraka pod brojem 1 ostavljena su neočišćenja te služe kao referenti uzorci sa kojima će se vršiti usporedba pojavnosti korozije nakon izlaganja agresivnoj sredini, a u ovisnosti o ostalim tehnologijama čišćenja.



Slika 1. Neočišćeni uzorak

2.5.2 Uzorci očišćeni brusnom četkom te brusnom četkom za ugljični čelik

Uzorci iz grupa 2 i 3 čišćeni su mehaničkom metodom pomoću brusnih četki postavljeni u steznu glavu elektromotora. Razlog korištenja brusne četke koja je korištena za čišćenje dijelova od ugljičnog čelika je analiza utjecaja četki koje nisu korištene samo za obradu na nehrđajućim čelicima.



Slika 2. Brušenje ispitnog uzorka pomoću brusne četke



2.5.3 Uzorci očišćeni kemijskim postupkom

Uzorci iz grupe 4 očišćeni su kemijskim postupkom. Pri provođenju postupka korišteno je kemijsko sredstvo „Inno RockOFF“ proizvođača Oxylus d.o.o. namijenjeno čišćenju površina nehrđajućih čelika. Postupak se provodi tako što se kemikalija pomoći kista nanosi na željeno mjesto djelovanja te se prije ispiranja vodom ostavlja 30 minuta u takvom stanju.



Slika 3. Kemijsko čišćenje ispitnog uzorka

2.5.4 Uzorci očišćeni elektrokemijskim postupkom

Čišćenje uzoraka iz skupine 5 provedeno je pomoću stroja za elektropoliranje „MagicCleaner“, tvrtke Fronius. Postupak se provodi tako što se uzorci čiste pomoću elektrode na kojoj se nalazi specijalna tkanina za čišćenje. Kroz tkaninu se na radni komad dobavlja tekućina za čišćenje. Nakon provedbe postupka elektropoliranja, uzorke je potrebno temeljito isprati vodom kako bi se uklonili ostaci tekućine za čišćenje.



Slika 4. Postupak elektrokemijskog čišćenja uzorka

2.6 Ispitivanje hrapavosti površine

Nakon provedbe postupaka čišćenja zavara izmjerena je hrapavost na navedenom području. U skladu sa očekivanim znatna pomjena hrapavosti vidljiva je na uzorcima koji su čišćeni mehaničkim postupcima pomoću brusnih četki, dok na ostalim uzorcima i tehnologijama čišćenja nije došlo do velikih odstupanja u vidu hrapavosti. Za mjerenje hrapavosti površine korišten je uređaj Mitutoyo „SJ-210“, a rezultati navedenih mjerenja prikazani su u slijedećoj tablici.



Slika 5. Mjerenje hrapavostu uređajem Mitutoyo „SJ-210“





Tablica 4. Rezultati mjerenja hrapavosti površine

Uzorak		Hrapavost površine, R_a
1	1.1	0,530
	1.2	0,699
	1.3	0,552
2	2.1	1,110
	2.2	1,302
	2.3	1,383
3	3.1	1,089
	3.2	1,416
	3.3	1,337
4	4.1	0,582
	4.2	0,512
	4.3	0,631
5	5.1	0,497
	5.2	0,489
	5.3	0,540

2.7 Ispitivanje u komori

Nakon što su uzorci pripremljeni, zavareni, obrađeni i slikani izloženi su agresivnim sredinama u okviru vlažne i slane komore. Uzroci su prvo stavljani u atmosferu vlažne komore u trajanju od 96 sati. Nakon vađenja iz vlažne komore, na većini uzoraka nije došlo do pojave korozije dok se samo na nekima ona jasno vidjela. Nakon ponovnog dokumentiranja stanja ispitnih uzoraka, isti su stavljani u atmosferu slane komore slijedećih 120 sati. Nakon vađenja iz slane komore na većini uzoraka je vidljiva jasna pojava korozije. Stanje uzoraka prije izlaganja agresivnoj atmosferi te nakon vlažne i slane komore prikazano je na slijedećim slikama u okviru tablice.

Tablica 5. Stanje uzoraka prije i nakon izlaganja agresivnim sredinama

Ispitni uzorci nakon vlažne komore	Ispitni uzorci nakon slane komore
 <p data-bbox="215 1120 790 1198">Slika 6. Ispitni uzorak 1.2 nakon vlažne komore</p>	 <p data-bbox="869 1120 1524 1198">Slika 7. Ispitni uzorak 1.2 nakon slane komore</p>
 <p data-bbox="215 1590 790 1657">Slika 8. Ispitni uzorak 2.3 nakon vlažne komore</p>	 <p data-bbox="869 1590 1524 1657">Slika 9. Ispitni uzorak 2.3 nakon slane komore</p>



Slika 10. Ispitni uzorak 3.2 nakon vlažne komore



Slika 11. Ispitni uzorak 3.2 nakon slane komore



Slika 12. Ispitni uzorak 4.2 nakon vlažne komore



Slika 13. Ispitni uzorak 4.2 nakon slane komore



Slika 14. Ispitni uzorak 5.1 nakon vlažne komore



Slika 15. Ispitni uzorak 5.1 nakon slane komore

2.8 Analiza rezultata ispitivanja

Vizualnim pregledima ispitnih uzoraka nakon izlaganja agresivnim sredinama vlažne i slane komore vidljiva su značajna korozivna oštećenja. Korozija je nastala na uzorcima pod brojevima 1,2 i 3, odnosno uzorcima koji nisu čišćeni, uzorcima čišćenim brusnom četkom te uzorcima čišćenim brudnom četkom za ugljični čelik. Od gore tri navede grupe izražavanja je pojava korozije kod uzoraka koji su podvrgnuti mehaničkim obradama, s time da su najveća korozivna oštećenja nastala na onim uzorcima koji su obrađivani brusnim četkama za ugljični čelik. Razlog tome su zaostale čestice ugljičnog čelika.

3. Zaključak

Kompenzatori su izrađeni od nehrđajućeg čelika čija se korozijska postojanost temelji na postojanju tankog pasivnog sloja kromova oksida. Budući da su pojedini ispitni uzorci obrađivani mehaničkom metodom brušenjem, narušena je homogenost i postojanost navedenog sloja te se na njima korozija pojavila u najvećoj mjeri. Kako se na ispitnim uzrocima obrađenima kemijskom i elektrokemijskom metodom čišćenja nije pojavila korozija nakon izlaganja agresivnoj sredini, možemo zaključiti da obrada brušenjem nikako nije prihvatljiva kao jedini način obrade, nego da se može koristiti samo kao preobrada prije kemijskog ili elektrokemijskog postupka čišćenja.

4. Literatura

- [1] Pavić, Josip; Samardžić, Ivan; Starčević, Marko: *Zavarivanje pozicija tankostijenih kompenzatora automatskim TIG postupkom*, Zbornik radova Specijalni postupci i proizvodi u tehnici zavarivanja/ Samardžić, Ivan (ur.) – Slavonski Brod: Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2003., 2. Međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje Specijalni postupci i proizvodi u tehnici zavarivanja, Slavonski Brod, Hrvatska, 19.-21.11.2003., 9 str.
- [2] Samardžić, Ivan i suradnici: *Analiza tehnološkiosti zavarenih konstrukcija*, [digitalni udžbenik uz potporu Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske]
URL: http://www.sfsb.unios.hr/kth/zavar/sto_zavar.html (05.07.2016.)
- [3] Esih, Ivan; Dugi, Zvonimir: *Tehnologija zaštite od korozije*, Zagreb, Školska knjiga, 1990., 239. str.
- [4] Spiroflex d.o.o., Ruščica, Hrvatska: *Materijali za kompenzatore*
URL: <http://www.spiroflex.hr/materijali-za-mjehove-kompenzatore> (07.07.2016.)



Organizacija visoko-distribuirane DBMS baze podataka operatora plinskog sustava u cloud okruženju i integracija u sustav kompanija energetskeg sektora *The organization of highly-distributed DBMS database for gas system operator and integration with Cloud Database for Energy sector*

J. Dizdarević^{1,*}

¹ KJKP Sarajevogas d.o.o., 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

*Autor za korespondenciju. E-mail: jasminad@sarajevogas.ba

Sažetak

Već duži niz godina postoje težnje da se podrži kolaborativan rad kompanija komunalnog i energetskeg sektora, ali se tek pojavom *cloud computing* tehnološke platforme i konceptualnog modela širom otvaraju vrata za implementaciju ovakvih ideja i težnji. Ovo faktički znači tranziciju u napredniji poslovni model baziran na *cloud* servisnoj platformi čime se otvaraju mogućnosti za kreiranje konvergentnih javnih i ostalih komunalnih servisa. Time bi se doprinijelo povećanom zadovoljstvu vlastitih korisnika, partnera i ostalih klijenata koji bi se koristili implementiranim *cloud* servisima. Osim poboljšane usluge i općenito komunikacije sa eksternim klijentima doprinijelo bi se ostvarenju većeg profita te postizanju kompetitivne prednosti na tržištu zahvaljujući prije svega funkcionalnijim i bolje integrisanim internim, poslovnim funkcijama i procesima.

Iz trenutno dostupnih *cloud* implementacijskih modela, kao adekvatan model za kompanije komunalnog i energetskeg sektora biće razmotren hibridni (eng. *hybrid*) model, kao veoma efikasno, fleksibilno i cjelovito rješenje koje sa sobom donosi brojne benefite, ali i neka moguća ograničenja te potencijalne rizike. Ovakvo rješenje je prihvatljivo sa više različitih aspekata, a naročito ekonomskog, funkcionalnog i sigurnosnog. Hibridni model na nižem nivou obuhvata privatna i javna *cloud* rješenja, a na višem - u okviru predloženog rješenja - čini segment grupacijskog (eng. *community*) *cloud* okruženja kompanija javnog sektora. Ovo grupacijsko *cloud* okruženje ustvari predstavlja integrisanu arhitekturu formiranu na bazi viška kapaciteta, te bi obuhvatilo javna poduzeća, koja bi se na ovaj način međusobno ispomagala raspoloživim računarskim resursima.

Odmah po uspostavi zajedničkog, *cloud* okruženja, kao logičan nastavak aktivnosti nameće se izgradnja i uspostava zajedničkog modela podataka ili konsolidovanog DBMS rješenja za kompanije komunalnog i energetskeg sektora. Tu se sada postavlja ključno pitanje organizacije i upravljanja ovakvim kompleksnim i visoko-distribuiranim okruženjem? Naročito sa aspekta upravljanja sustavima transakcijskih baza podataka i očuvanja

sigurnosti, konzistencije te ostalih zahtjeva na transakcije i podatke čitavog sustava. Treba imati u vidu da konsolidacijom različitih kolekcija i baza podataka komunalnih poduzeća dolazi do logičke koherencije i združivanja energetske resursa čije će praćenje i upravljanje sada biti znatno pojednostavljeno i olakšano. Posebno je interesantno objedinjavanje podataka o potrošnji različitih vidova energenata, obračunu i naplati potrošene energije na bazi jedinstvene uplatnice ili računa za sva javna komunalna poduzeća. Tako bi se stvorile mogućnosti za kreiranje novog, konvergentnog servisa objedinjene naplate komunalnih usluga sa primarnim ciljem ekonomične i efikasne obrade zajedničkih podataka o komunalnim uslugama i proizvodima odnosno objedinjenoj naplati istih. To bi napravilo pravi preokret u dosadašnjem sustavu obračuna i naplate komunalija, a čitav je niz koristi i mogućnosti koje ovakav konvergentni servis javnih poduzeća može da ponudi. Za javna poduzeća to bi značilo i velike uštede, a za krajnje korisnike povećano zadovoljstvo pojednostavljenim procedurama obračuna i naplate potrošene energije. Sve to bi, u konačnici, dovelo do povećanja energetske efikasnosti (EE) na više razina, i kroz ugradnju preporučenih EE mjera i europskih standarda u konvergentne servise javnih komunalnih poduzeća.

Ključne riječi: računarstvo u oblaku, distribuirane baze podataka, konvergentni servisi, upravljanje energetske sustavima, energetska efikasnost i EE mjere.

Abstract

For many years, there are attempts to support collaborative work of the utility companies and the energy sector, but only with the emergence of cloud computing technology platform and conceptual model wide open door for the implementation of these ideas and aspirations. This actually means a transition to more advanced business model based on a cloud service platform which opens possibilities for convergent public and other municipal services. This would contribute to increased satisfaction of their own customers, partners and other clients to use the implemented cloud services. In addition to improved services and general communication with external clients contribute to the realization of higher profits and achieve competitive advantages in the market primarily due to more functional and better integrated internal, business functions and processes.

From currently available cloud deployment models, as adequate model for the utility companies and the energy sector will be considered a hybrid model, as a very efficient, flexible and comprehensive solution that brings many benefits, but also some possible limitations and potential risks. This solution is acceptable to the various aspects, especially economic, functional and security. The hybrid model at a lower level includes private and public cloud solutions, and a higher - under the proposed solution - is a segment of group (or community) cloud environment of companies of the public sector. This community cloud environment, in fact represents an integrated architecture formed on the basis of excess capacity, and would include public companies, which would in this way mutually support each other with the available computing resources.



Immediately after establishment of a common cloud environment as a logical continuation of the activities imposes the construction and establishment of a common data model or consolidated DBMS solution for companies of utility and energy sector. There is now the key question of the organization and management of this complex and highly distributed environment? Especially in terms of management systems, transaction databases and preserving safety, maintaining consistency and other demands on the transactions and data of the whole system.

It should be noted that the consolidation of the various collection and databases of utility companies come up with a logical coherence and aggregation of energy resources which monitoring and managing would now be greatly simplified and facilitated. Especially interesting is the integration of data on consumption of different types of energy sources, the calculation and collection of consumed energy on the basis of a single slip or invoice for all public utilities. This would create opportunities for the creation of a new, convergent services of integrated utility core data collections with primary goal of economical and efficient processing of common data on utility services and products, and so integrated billing processes. That would make a real breakthrough in the current system of billing and collection of utility data and a whole range of benefits and opportunities that this convergent service of public companies can offer. For public companies this would mean significant savings, and for end-users increased satisfaction through simplified procedures, calculation and collection of consumed energy. All this, in turn, lead to a higher energy efficiency (EE) on multiple levels, and the implementation of the recommended EE measures and European standards in convergent services of public utilities.

Keywords: cloud computing, distributed database, convergent services, management of energy systems, energy efficiency and EE measures.

1. Uvod

Posljednju deceniju razvoj informacionih tehnologija obilježava pojava inovativne *cloud computing* tehnološke platforme koja je zašla u gotovo sva područja poslovnog svijeta i napravila pravi preokret u osnovnim postavkama konvencionalnog poslovnog modela koncipiranog i izgrađenog na vlastitoj infrastrukturi odnosno računarskim, skladišnim i ostalim kapacitetima uključujući standardne sustave podrške. Ova napredna tehnološka platforma je nastala kao rezultat potrebe za povećanjem IT kapaciteta i otvaranjem novih mogućnosti na postojećim infrastrukturama bez investiranja u nova sredstva ili kadrove.

Sa uvođenjem *cloud computinga* u poslovanje dolazi robustniji poslovni model u čijem je fokusu servis na zahtijev (eng. *on demand service*), uvijek dostupan i korišten u skladu sa realnim potrebama organizacije. Iznajmljivanjem IT kapaciteta na zahtijev, u realnom vremenu, ostvaruju se brojne uštede i dugoročno osigurava povrat uložениh investicija. Dalje, korisnici *cloud* usluga plaćaju iste po stvarnoj potrošnji (eng. *pay-per-use*) odnosno u obimu i vremenu u kojem su ih koristili. Samouslužna (eng. *self-service*) priroda *cloud computinga* organizacijama omogućuje stvaranje odgovarajućeg i elastičnog okruženja, koje se povećava i smanjuje u zavisnosti od poslovnih potreba, mogućnosti ali i ciljanih performansi. Koncept iznajmljivanja se sada, praktično, širi na čitavu paletu IT resursa,

počevši od infrastrukture, platforme, pa sve do samih aplikacija, podataka, informacija i znanja. Upravo iz pomenutih razloga *cloud computing* je veoma pogodna i isplativa tehnologija za uvođenje i implementaciju u okviru javnih komunalnih poduzeća.

2. Servisna orijentacija *cloud* platforme

Usvojivši *cloud* tehnologiju, poduzeća ulaze u sferu tržišno-orijentisanog računarstva gdje se opskrba IT resursima i servisima odvija dinamički, kroz virtuelno tržište, u skladu sa stvarnim poslovnim potrebama. Na taj način, menadžment poduzeća može se fokusirati na upravljanje ključnim poslovnim procesima i ciljevima koji osiguravaju povrat investicija i ostvarenje finansijske dobiti, umjesto na prateće procese i aktivnosti poput nabavke i održavanja infrastrukture, opreme, licenciranja, nadogradnji itd.

Cloud computing uključuje različite vrste servisa koje može ponuditi i isporučiti. Ipak, prepoznate su tri osnovne vrste servisa odnosno najčešće korištena modela, a to su (NIST, 2012): infrastruktura kao servis (eng. *Infrastructure-as-a-Service, IaaS*), platforma kao servis (eng. *Platform-as-a-Service, PaaS*), i softver kao servis (eng. *Software-as-a-Service, SaaS*). Svaki od ovih modela razlikuje se od klasičnog, tradicionalnog IT modela po opsegu, skalabilnosti, raspoloživosti i ostalim karakteristikama servisa koje obuhvata. Tako provider oblaka ima u svojoj ponudi čitavu paletu različitih servisa, počevši od mogućnosti stavljanja na raspolaganje različitih fizičkih i virtuelnih resursa iz velikih bazena (eng. *pool*) u okviru data centara, mogućnosti skladištenja podataka i iznajmljivanja računarskih, mrežnih i ostalih kapaciteta, zatim mogućnosti korištenja različitih razvojnih platformi i alata, upravljanja konfiguracijskim postavkama.. do mogućnosti iznajmljivanja samih softverskih aplikacija i rješenja bilo za razvoj novih aplikacija ili samo radi eksploatacije istih. Imajući ovako široku ponudu različitih servisa i kapaciteta na raspolaganju, provider servisa može obezbijediti ne samo izolirane resurse, aplikacije i podatke, nego i mješavinu različitih servisa ili dijelova servisa, u skladu sa zahtjevima i potrebama klijenata. Dakle, servisne implementacije su u najvećem mogućem stepenu prilagođene stvarnim potrebama korisnika servisa u oblaku, a omogućavaju i buduće nadgradnje do ispunjenja novih i kontinuirano rastućih korisničkih potreba.

3. Uvođenje *cloud computinga* u poslovanje javnih poduzeća

Moguće su različite implementacije *cloud* platforme u javnom sektoru, ipak, veoma prihvatljivo rješenje sa različitih aspekata, naročito ekonomskog, funkcionalnog i sigurnosnog, obuhvata izgradnju zajedničkog (eng. *community*) i hibridnih (eng. *hybrid*) računarskih oblaka. Zajednički, gupacijski oblak predstavlja integrisanu arhitekturu formiranu na bazi viška kapaciteta, te bi obuhvatio javna poduzeća, koja bi se na ovaj način međusobno ispomagala raspoloživim računarskim resursima. Hibridni oblaci bi funkcionisali kao samostalne jedinice, formirane za pojedina javna poduzeća i bazirani na vlastitoj infrastrukturi poduzeća i, eventualno, dijelovima javnog oblaka provider servisa, ili bi pak obuhvatali više privatnih oblaka različitih javnih poduzeća - ukoliko su zahtjevi na sigurnost većeg reda. Ipak, važno je naglasiti da korištenju servisa i resursa javnog oblaka, kompanije treba da priđu sa naročitim oprezom imajući u vidu činjenicu da ovakva implementacija oblaka nudi najniži nivo sigurnosti sustava. Korištenje javnih oblaka je zgodno u situacijama privremene potrebe za određenim resursima ili softverom te na taj način nije potrebno plaćati nikakvu naknadu ili licence za isti.



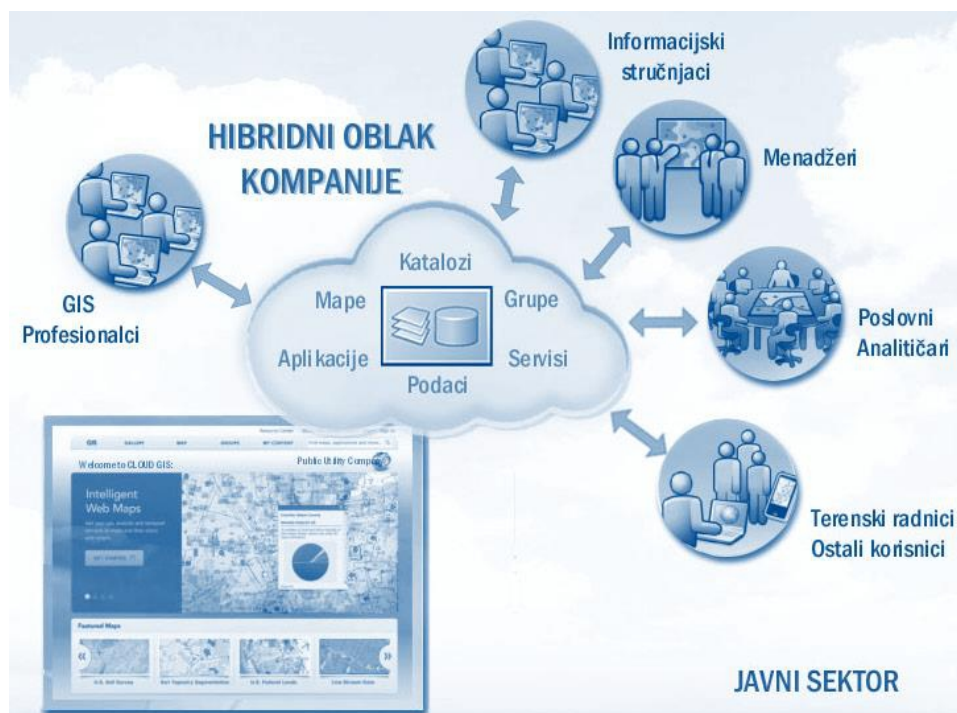
Slika 1. Prijedlog implementacije *cloud computinga* u javnom sektoru

Dakle, u predloženom rješenju veoma su zastupljene, a možda i najinteresantnije, hibridne implementacije oblaka za javna poduzeća. Hibridni oblaci, po svojoj koncepciji, kombiniraju javne i privatne modele oblaka, ili pak samo privatne modele, a moguće su i druge kombinacije implementacija a time i različite kombinacije infrastrukture, platformi i servisa koje ovakve mješavine različitih implementacija mogu da ponude.

Korištenjem arhitekture hibridnog oblaka, kompanije zadržavaju kontrolu nad vlastitom infrastrukturom i resursima, smještenim u privatnom oblaku kompanije, ali po potrebi ili u situacijama poput vršnih opterećenja i drugih specifičnih zahtjeva, mogu proširiti privatni oblak resursima javnog oblaka. Na taj način, hibridni oblak pruža elastično okruženje, te omogućava ispunjenje poslovnih zahtjeva i potreba i van okvira kompanije.

4. Koncept nove poslovne platforme i DBMS modela baziranog na hibridnom oblaku za javno poduzeće

U nastavku rada biti će izložen koncept unaprijeđenog poslovnog i visoko-distribuiranog DBMS modela odnosno vizija nove arhitekture čitavog sustava, baziranog na hibridnom oblaku, za javno poduzeće. Pri tome je u obzir uzeto postojeće tj. zatečeno stanje IT sustava/infrastrukture posmatranog javnog poduzeća, kao i poslovne potrebe te ciljevi i koristi koje se žele ostvariti primjenom *cloud computing* tehnologije i novog poslovnog modela. Također, u obzir su uzete i potrebe i želje krajnjih korisnika u pogledu dostupnosti i isporuke određenih korisnih servisa, aplikacija i podataka. Navedene su i moguće primjene *cloud computinga* u različitim segmentima poslovanja poduzeća, te benefiti koji se takvom primjenom ostvaruju. Čitav izloženi koncept ima naglašenu 'GIS orijentaciju', s obzirom da se zatečeno stanje 'zamišljenog' javnog poduzeća i IT sustava bazira na korištenju i aplikaciji GIS tehnologije. Imajući u vidu da su već uložena značajna sredstva u vlastitu postojeću infrastrukturu, sustave i tehnologiju, predloženi koncept i rješenje za 'zamišljeno' javno poduzeće će u svojoj osnovi sadržavati odnosno obuhvatiti postojeće GIS sustavno rješenje. Također, razmotriće se i dodatne vrijednosti i skrivene mogućnosti koji se otvaraju primjenom novog poslovnog modela i tehnološke platforme u javnom poduzeću.



Slika 2. Koncept arhitekture sustava baziranog na oblaku – javni sektor (Critigen, 2013)

U većini javnih poduzeća, primjena GIS tehnologije je već značajno uzela maha i ostvarila pravi polet u korištenju na svim razinama poduzeća, upravo zbog jednostavnosti i širokih mogućnosti koje ova tehnologija nudi. Primjena GIS-a u javnim poduzećima ide u korak i prati globalne trendove i tendencije za uvezivanjem različitih sustava, objekata, podataka ili nekih drugih subjekata sa lokacijskom komponentom ili prostornom dimenzijom.



U većini javnih poduzeća, proces konsolidacije aplikacija i sustava, te integracije poslovnih podataka sa prostornim podacima je već u toku ili završen, tako da većina organizacija posjeduje Centralnu bazu svih poslovnih i prostornih podataka odnosno Integralno sustavno rješenje. Stoga bi primjena *cloud computing* tehnologije u javnom poduzeću, sa tehnološkog, ekonomskog ali i ostalih aspekata poslovanja, trebala ići u pravcu poboljšanja, rasta i razvoja već postojećih, implementiranih sustava. Dakle, cilj je sačuvati vrijednost postojećih IT sustava, resursa i uspostavljene infrastrukture poduzeća, a zatim unaprijediti sustavne, tehnološke, poslovne, ekonomske i druge ugrađene korporacijske modele kako bi se otvorile nove mogućnosti i perspektive te omogućilo kontinuirano dodavanje novih vrijednosti sustavu.

Poseban aspekt predstavlja upravljanje složenim sustavom transakcijskih baza podataka u okviru ovako koncipiranog grupacijskog oblaka odnosno *cloud* okruženja za javni komunalni sektor. Za uspostavljanje *cloud* DBMS-a javnog sektora najprije je neophodno implementirati integrisani, zajednički podatkovni model a zatim definisati unutarnje i vanjske granice modela kao i podjelu uloga te odgovornosti. Nakon toga slijedi uspostava upravljačkog sustava (eng. *governance*) tj. mehanizma za upravljanje ključnim svojstvima zajedničke transakcijske baze. To podrazumjeva očuvanje ACID pravila (eng. *Availability, Consistency, Isolation, Durability*) visoko-distribuirane DBMS baze podataka za javne kompanije u *cloud* okruženju, što predstavlja pravi izazov za administratore sustava. Kako bi se postigli i očuvali željeni nivoi konzistencije ili točnosti podataka, potrebno je čitavu bazu podataka organizovati po principu drvo-strukture uz implementaciju naprednih algoritama u samom korjenskom čvoru (eng. *root*) ili glavnom DBMS kontrolom serveru čitave drvo-strukture. Time bi se osiguralo očuvanje ACID pravila zajedničke, transakcijske DBMS baze podataka uz poštivanje osnovnih postavki Grupacijskog oblaka za kompanije javnog komunalnog sektora.

S druge strane, predložena tehnološka platforma bi pokazala svoju izrazitu prilagodljivost i prednost u odnosu na tradicionalni IT model prilikom brzog i efikasnog rješavanja pitanja nabavke nove IT infrastrukture ili servisa. Tekođer, aplikacije i podaci koji se žele staviti na raspolaganje široj javnosti, a odnose se uglavnom na različite GIS primjene kao što je npr. servis digitalnog katastra podzemnih i nadzemnih mrežnih instalacija javnih poduzeća (elektro, plinska, vodovodna, kanalizaciona i ostale mreže), terenski modeli (karte različitih razmjera, orto-foto, satelitski snimci..), infrastrukturni objekti (postojenja, armature, ventili..), mjerni uređaji i ostali senzori, mjerna mjesta, priključci, potrošači, adresni modeli (opštine, mjesne zajednice, ulice, kućni brojevi i dr.), objekti, zgrade.. slike i ostala multimedija, prebacivanjem i smještanjem u ovaj Grupacijski oblak bi se učinili dostupnim za korištenje širokom auditoriju. Na ovaj način bi 'djeljivi' podaci javnih poduzeća bili objedinjeni na jednom mjestu što bi rezultiralo formiranjem zajedničkog, korisničkog GIS Centra na oblaku, koji bi bio od velike koristi za lokalnu zajednicu. Novo sustavno rješenje i tehnološka platforma bi omogućila pristup različitim profilima klijenata, počevši od samih uposlenika javnih poduzeća: GIS profesionalaca, IT informacijskih stručnjaka, menadžera, poslovnih analitičara, terenskih radnika i običnih korisnika; zatim zainteresiranim organizacijama, partnerima i institucijama, i konačno široj javnosti.

5. Konvergentni oblak i servisi

Osim pojedinačnih sustava, aplikacija i servisa, korisnicima *cloud* servisa bi se mogle ponuditi i mješavine aplikacija (eng. *mashup*), heterogenih izvora podataka, mapa, zbirke karata, različitih GIS slojeva itd. Ove vrste aplikacija bi bile namijenjene ciljanim grupama korisnika, koji imaju specifične potrebe za određenim aplikacijama ili podacima.

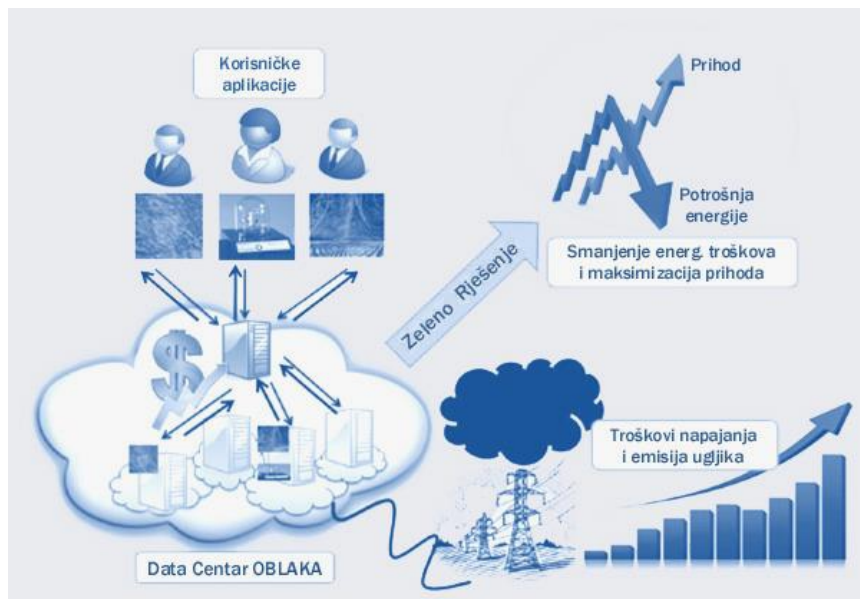
Osnovna namjera i težnja kreiranja ovakvih simbioza različitih IT sustava, aplikacija i izvora podataka, jeste stvoriti moderne i efikasne javne konvergentne servise koji će što bolje odgovarati potrebama korisnika. Danas, kriterij konvergencije uključuje i podržava udruživanje ili uparivanje gotovo svega što se može združiti ili upariti tj. uz minimum ispunjenja zahtjeva na srodnost participirajućih entiteta i servisa. Da bi se razvojni inženjeri i projektanti sustava mogli snaći u čitavoj ovoj mreži različitih rješenja i aplikacija, te da bi ostvarili korist i postigli krajnji cilj razvoja novih aplikativnih rješenja, u prvom planu treba da im budu potrebe i zahtjevi krajnjih korisnika.

Zamisli i nastojanja da se podrži kolaborativan rad javnih poduzeća su postojale i prethodnih godina, ali pojavom *cloud computinga* širom se otvaraju vrata za implementaciju ovakvih ideja i težnji. One su išle u pravcu objedinjavanja baza podataka javnih (komunalnih) poduzeća sa podacima o potrošnji različitih vidova energije, obračunu i naplati potrošene energije na bazi jedinstvene uplatnice ili računa za sva javna komunalna poduzeća. Tako bi se, sada, formirao novi, konvergentni servis objedinjene naplate komunalnih usluga sa primarnim ciljem ekonomične i efikasne obrade zajedničkih podataka o komunalnim uslugama i proizvodima odnosno objedinjenoj naplati istih. Osim toga, korisnici bi putem ovog konvergentnog servisa javnih poduzeća na oblaku, mogli pratiti potrošnju ukupne energije ili pojedinih energenata (voda, struja, plin...), vršiti analitiku po različitim osnovama, praviti kalkulacije za uštede, praviti rezervacije energije, pretplatiti se na nove energetske pakete sa posebnim popustima, online plaćati naknadu za potrošene količine energije, itd. Servis bi bio stalno dostupan za korisnike i pristup bi bio podržan za različite klijentske platforme. To bi napravilo pravi preokret u dosadašnjem sustavu obračuna i naplate komunalija, a čitav je niz koristi i mogućnosti koje ovakav konvergentni servis javnih poduzeća može da ponudi. Za javna poduzeća to bi značilo velike uštede, a za krajnje korisnike povećano zadovoljstvo pojednostavljenim procedurama obračuna i naplate potrošene energije. Sve to bi, u konačnici, dovelo do povećanja energetske efikasnosti (EE) na više razina, i kroz ugradnju preporučenih EE mjera i europskih standarda u konvergentne servise javnih (komunalnih) poduzeća.

6. Energetska efikasnost i *cloud computing*

U dizajnu zajedničkog, grupacijskog oblaka komunalnih poduzeća, posebno je povesti računa i o energetskej efikasnosti tako predloženog sustavnog rješenja. Naime, oblaci zahtijevaju visoku potrošnju energije za svoj rad što rezultira ne samo visokim operativnim troškovima, nego dovodi i do visoke emisije ugljičnog dioksida, što nije ekološki opravdano. Gartner procjenjuje da ICT industrija ostvaruje oko 2% od ukupne globalne emisije CO₂, što je ekvivalentno zrakoplovnoj industriji. Prema izvještaju od strane Europske unije, potrebno je smanjenje ukupne emisije CO₂ u volumenu 15% -30% do 2020. godine kako bi globalni

porast temperature pao za 20°C. Dakle, potrebna su energetska efikasna *cloud* rješenja da bi se minimalizirao utjecaj *clouda* na okoliš.

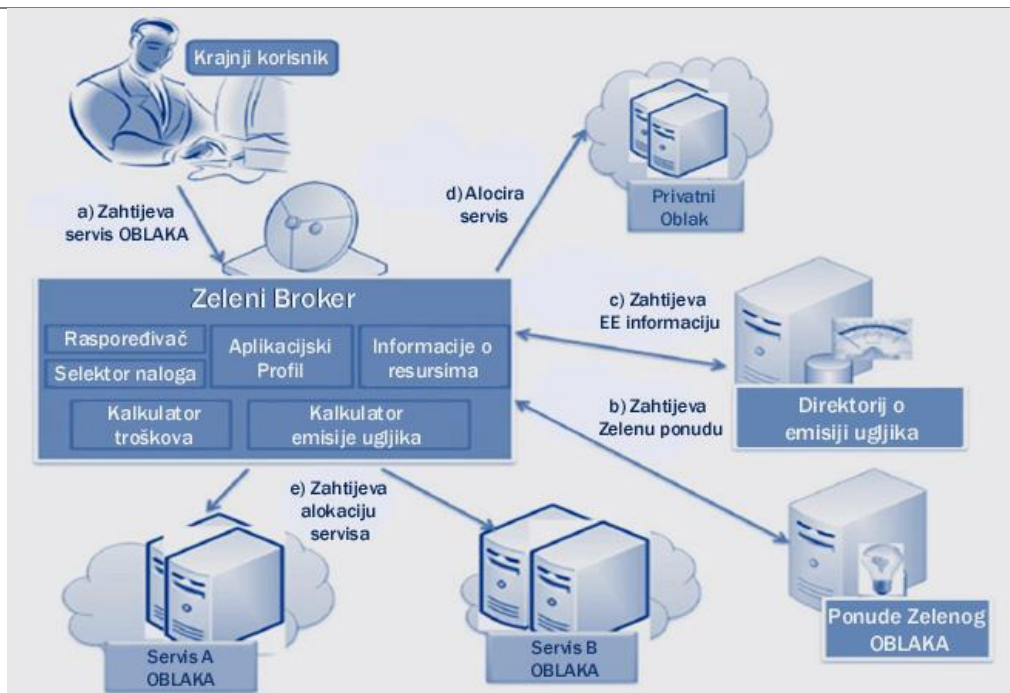


Slika 3. Energetska efikasnost i *cloud computing* (Saurabh, Buyya, 2012)

Prvi faktor koji doprinosi potrošnji energije zavisi od korištenih aplikacija oblaka. Naime, potrošnja energije je izravno proporcionalna “aplikacijskom profilu” (CPU i memorijskim zahtjevima potrebnim za izvršenje aplikacije). Energetska neefikasnost u izvršenju aplikativnih zahtjeva proizlazi iz njihovog neodgovarajućeg dizajna i implementacije. Dalje, veoma je važno da se provajderi servisa oblaka strogo pridržavaju SLA (eng. *Service Level Agreement*) sporazuma sa svojim klijentima, kako bi se osigurala određena definisana razina kvaliteta *cloud* servisa i raspoloživost istih. Također, potrebno je istražiti odnose te pronaći optimalno rješenje između korištenih *cloud* komponenti, QoS i potrošnje energije.

7. Arhitektura „Zelenog oblaka“

U dizajnu energetska efikasnog *cloud computing* rješenja posebno je sagledati kompletnu sliku tj. arhitekturu “Zelenog oblaka” odnosno ne bazirati se samo na pojedinačnim EE komponentama oblaka, efikasnim sa aspekta postignutih performansi i utroška energije. Na slici 4 je prikazana konceptualna organizacija servisa arhitekture “Zelenog oblaka” čija je osnovna namjena da se smanji utrošak energije a time i emisija ugljika, te na taj način postigne optimalno, zeleno EE rješenje grupacijskog oblaka, za javni sektor.



Slika 4. Organizacija servisa „Zelenog oblaka“ (Saurabh, Buyya, 2012)

U arhitekturi 'Zelenog oblaka', korisnici podnose svoje zahtjeve za servisima oblaka kroz novi middleware tzv. "Zeleni Broker" koji vrši selekciju top zelenog (EE) provajdera servisa oblaka koji će opslužiti korisnički zahtjev. Provajderi servisa oblaka mogu registrovati svoje servise u obliku "zelenih" ponuda u javni servisni katalog. Dalje, Zeleni Broker dobiva aktuelni status energetske parametara za korištenje različitih *cloud* servisa provajdera iz direktorija o emisiji ugljika. Ovaj direktorij sadržava sve podatke vezano za energetske efikasnost *cloud* servisa. Nakon proračuna emisije ugljika za sve ponuđene servise iz javnog kataloga, Zeleni Broker bira najbolju zelenu ponudu i kupuje ovaj paket *cloud* servisa u ime korisnika. Na taj način, Zeleni Broker igra ključnu ulogu u praćenju i selekciji servisa "Zelenog Oblaka" na osnovu QoS zahtjeva korisnika.

8. Zaključak

Uvođenje *cloud computing* poslovnog modela i tehnološke platforme organizacijama donosi brojne benefite i prednosti u odnosu na tradicionalni IT model. U osnovi ovog novog i naprednog modela leži servis na zahtjev, uvijek dostupan i korišten u skladu sa realnim potrebama organizacije. Iznajmljivanjem IT kapaciteta na zahtjev i u realnom vremenu, ostvaruju se brojne uštede i dugoročno osigurava povrat uloženi investicija. Samouslužna priroda *cloud computinga* organizacijama omogućuje stvaranje odgovarajućeg i elastičnog okruženja, koje se povećava i smanjuje u zavisnosti od poslovnih potreba, mogućnosti ali i ciljanih performansi. S obzirom da računarstvo u oblaku predstavlja IT platformu budućnosti, poduzeća javnog sektora bi u svoje korporativne strategije trebala ugraditi implementaciju *cloud* platformi i tranziciju u napredniji poslovni model koji bi im otvorio brojne mogućnosti za kreiranje konvergentnih javnih i ostalih "zelenih" servisa, što bi doprinijelo povećanom

zadovoljstvu vlastitih korisnika, partnera i ostalih klijenata, kao i ostvarenju profita te postizanju kompetitivne prednosti na tržištu.

9. Literatura

- [1] Saurabh, Kumar Garg; Buyya, Rajkumar. „*Green Cloud computing and Environmental Sustainability*”, The University of Melbourne, Australia, 2012
- [2] Florschütz, Matej. „*Mogućnosti uporabe cloud tehnologije u poslovanju*”, Ekonomski fakultet u Osijeku, 2011
- [3] Nacionalni CERT. „*Cloud computing NCERT-PUBDOC-2010-03-293*“, www.cert.hr
- [4] ITCandor. „*The Comparative Benefits Of Private, Public and Hybrid Clouds*“, <http://www.itcandor.com/2010/11/>
- [5] Critigen. „*ArcGIS Online FastTrack*“, <http://www.critigen.com/solutions/arcgis-online-fasttrack>

**Particioniranje transakcijske DBMS cloud baze
podataka operatora plinskog sustava
korištenjem naprednih tehnika i algoritama**
***Partitioning of transactional DBMS cloud database
for the gas system operator
using advanced techniques and algorithms***

J. Dizdarević^{1,*}

¹KJKP Sarajevogas d.o.o., 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

*Autor za korespondenciju. E-mail: jasminad@sarajevogas.ba

Sažetak

Obzirom da napredni pravci razvoja informaciono-komunikacionih tehnologija i rješenja u okviru energetskeg sektora i šire, idu u pravcu formiranja zajedničkih *cloud* okruženja i visoko-distribuiranih baza podataka, to će se u ovom radu razmotriti neki od relevantnih faktora upravljanja ovakvih složenim i zahtjevnim okruženjima. Jedan od najznačajnijih aspekata upravljanja transakcijskom DBMS bazom podataka za operatora plinskog sustava u okviru *cloud* okruženja predstavlja upravo očuvanje njene konzistentnosti i sigurnosti, uz naravno očuvanje osnovnih karakteristika *cloud* okruženja. To znači da se nikako ne smiju narušiti osnovne karakteristike *cloud* okruženja i sustava kao što su elastičnost, dostupnost i brz odziv na korisnički zahtjev, dok se nastoje osigurati ključna svojstva transakcijske baze predstavljena tzv. ACID pravilima (eng. *Availability, Consistency, Isolation, Durability*). Kako bi se zadovoljili svi postavljeni zahtjevi na *cloud* okruženja i transakcijske baze podataka, u praksi se pokazuje da je neophodno primijeniti neke od naprednih tehnika replikacije *cloud* sustava u kombinaciji sa tehnikama particioniranja odnosno fragmentiranja transakcijske DBMS baze podataka. Samo na pravilan način odabrane i primijenjene ove tehnike mogu osigurati elastičnost i brz odziv *cloud* DBMS rješenja, uz istovremeno očuvanje točnosti i sigurnosti podataka uspostavljene transakcijske baze.

Danas su aktualne različite tehnike replikacije *cloud* okruženja, i sve se mogu uglavnom svrstati u tri kategorije: klasična, kvorum i moderne drvo-bazirane replikacije. Ove posljednje se veoma dobro dopunjuju sa istovjetnim, strukturnim tehnikama particioniranja transakcijske DBMS baze podataka, koje značajno smanjuju obim podataka koji se prenosi između pojedinačnih replika *cloud* okruženja kako bi se očuvala ACID svojstva oformljenog DBMS-a.

Za operatora plinskog sustava, vlastiti *cloud* DBMS koji koegzistira sa ostalim bazama podataka kompanija energetskeg i komunalnog sektora donosi višestruke benefite i ima veliki značaj. Osim što bi ovakva zajednička platforma donijele finansijske uštede u pogledu

nabavke novih i potrebnih informacioni i serverskih resursa, ista otvara vrata inovacijskim aktivnostima IT sektora u ovim kompanijama. Lansiranjem različitih, konvergetnih servisa na *cloud* platformi kompanija javnog sektora postiglo bi se povećano zadovoljstvo potrošača i svih profila korisnika ovih servisa.

U radu su razmotrene neke od najnaprednijih tehnika particioniranja *cloud* transakcijske baze podataka za operatora plinskog sustava, koje uključuju Modificirani Dijkstra i Primov algoritam, TBC drvo konzistencije ali se razmatraju i druge mogućnosti. Naime, pokazalo se da za očuvanje krucijalnih svojstava transakcijske baze podatka i *cloud* okruženja primarnu ulogu igra struktura sadržanih (virtuelnih) podatkovnih jedinica ili entiteta, bilo da se radi o server replikama ili fragmentima DBMS-a koji mogu sadržavati tablice ili grupe tablica, grupe redaka ili kolona, po različitim osnovama. Uspostavom drvo-strukture particionirane DBMS baze podataka u okviru *cloud* okruženja za operatora plinskog sustava postiže se zacrtani cilj očuvanja primarnih karakteristika *cloud* sustava i isporuke optimiziranih *cloud* DBMS rješenja u okviru web aplikacija.

Particioniranjem *cloud* DB okruženja, također, podržava se elastičnost predloženog *clouda* rješenja za javni sektor, te tako pomaže stvaranje odgovarajućeg i elastičnog *cloud* hibridnog okruženja za participirajuće kompanije, pri čemu se ovo okruženje prilagođava u realnom vremenu poslovnim potrebama, mogućnostima i tako ispunjava ciljne faktore performansi čitavog sustava.

Ključne riječi: računarstvo u oblaku, distribuirane baze podataka, particioniranje transakcijske baze podataka, replikacija, Dijkstrin algoritam.

Abstract

Since the advanced development directions of information and communication technologies and solutions in the energy sector and beyond, lead to the formation of common cloud environment and highly-distributed database, this paper consider some of the relevant factors for management of such complex and demanding environments. One of the most important aspects of managing transactional DBMS database for the gas system operator in the cloud environment is precisely the maintenance of its consistency and security, with of course the preservation of the basic characteristics of cloud environments. This means that it should never compromise the basic characteristics of cloud environments and systems including flexibility, availability and fast response to user request, while trying to ensure the key features of the transactional database represented by the ACID rules (eng. *Availability, Consistency, Isolation, Durability*). In order to satisfy all requirements for cloud environments and transactional database, in practice it appears that it is necessary to apply some of the advanced replication techniques of cloud system in combination with the techniques of partitioning and fragmentation of DBMS transactional database. Only properly selected and applied techniques can provide the flexibility and responsiveness of cloud DBMS solutions, while preserving the accuracy and security of established transactional database.

Today, various replica mechanisms for cloud environments are in actual use, but all of them can be mainly divided into three key categories: classic, quorum and modern tree-based replication. The last one complements very well with identical, structural, partitioning techniques of the transactional DBMS database, and thus significantly reduces the volume of data to be transferred between individual replicas of cloud environment in order to preserve the ACID properties of established cloud DBMS.

For the gas system operator, its own cloud DBMS coexist with other databases of companies and energy utility sector brings multiple benefits and is of great importance. Besides the fact that such common platform brought financial savings in procurement of new and necessary IT and server resources, it opens the door to innovation activities of IT sector in these companies. The launch of different, convergent services on cloud platform for companies of the public sector would achieve an increased customer satisfaction and all the user profiles of these services.

The paper discusses some of the most advanced partitioning techniques of cloud transactional database for the gas system operator, which includes a modified Dijkstra and Prim's algorithm, TBC tree-based consistency but also takes into consideration some other options. It has been shown that for the preservation of the crucial characteristics of transactional databases as well as for the cloud environments a primary role plays the structure of contained (virtual) data units or entities, referring server replicas or DBMS fragments that may contain tables or groups of tables, groups of rows or columns, grouped by various criteria. The establishment of tree-structure partitioned DBMS database in the cloud environment for the gas system operator achieve the intended objective of maintaining the primary characteristics of cloud systems and delivery of optimized cloud DBMS solutions within web applications.

Partitioning of cloud DBMS environment also supports the elasticity of the proposed cloud solutions for the public sector, and supports establishment of an appropriate and flexible hybrid cloud environment for participatory companies, whereby this environment adapts in real-time to business needs, opportunities, and so fulfill the target performance factors of the entire system.

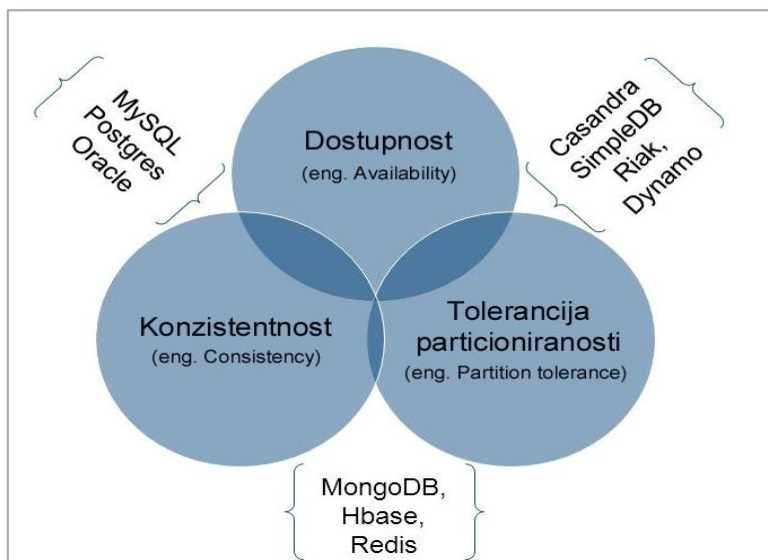
Keywords: cloud computing, distributed databases, transactional database partitioning, replication, Dijkstra's algorithm.

1. Uvod

Bazirajući se na predloženom konceptu grupacijskog *clouda* za javni komunalni i energetski sektor, dalji pravci istraživanja idu u pronalaženju efikasnih načina upravljanja ovako dizajniranom, zajedničkom DBMS bazom podataka. S obzirom da se radi o visokodistribuiranom okruženju, potrebno je uvijek imati u vidu očuvanje ključnih svojstava *cloud* okruženja, a to su: dostupnost, elastičnost i brz odziv na korisnički zahtijev upućen prema rezidentnoj DBMS bazi podataka. Pri tome, za samu bazu podataka važe tzv. ACID pravila (eng. *Availability, Consistency, Isolation and Durability*) pa analogno tome i za svaku pojedinačnu transakciju ili zahtijev upućen prema *cloud* DBMS-u. Međutim, imajući u vidu Brewer-ov CAP teorem koji tvrdi da u visokodistribuiranom okruženju nije moguće postići

sva tri svojstva tj. konzistentnost, dostupnost i mrežnu toleranciju na particioniranost okruženja, to pak znači da je potrebno kompromitovati jedno selektovano od nabrojanih svojstava visoko-distribuiranog okruženja. [1] Obzirom da se kroz dva primarna svojstva odnosno dostupnost i brz odziv oslikava bazična funkcionalnost *cloud* okruženja, to je onda potrebno izvršiti racioniranje ili kompromitovanje preostalog, trećeg svojstva – konzistentnosti *cloud* DBMS okruženja. Međutim, ovom postupku racionalizacije treba prići sa krajnjim oprezom i dobro osmišljenim planom upravljanja DBMS okruženjem, kako se ne bi desilo da krajnji korisnik dobije kao rezultat postavljenog upita netočne ili nekonzistentne podatke Integralne *cloud* baze.

Na sljedećoj slici su prikazana ključna svojstva *cloud*, visoko-distribuiranog okruženja i mogućnosti za njihovo postizanje, iskazana kroz dokazani Brewer-ov teorem:



Slika 1. CAP svojstva *cloud* okruženja (Brewer-ov teorem)

Dakle, na koncipiranu *cloud* zajedničku bazu podataka javnih poduzeća potrebno je primijeniti iskustva iz postojećih, uspješnih implementacija visoko-distribuiranih DBMS-ova, pri tome imajući u vidu cilj koji se želi postići. S obzirom da je za brz odziv i dostupnost sustava neophodno izvršiti racioniranje nivoa konzistencije DBMS-a, to znači da je neophodno izvršiti smanjenje tog nivoa na čvorovima kojima se rjeđe pristupa te podizanje nivoa konzistencije na često pristupanim čvorovima ili serverima čitavog sustava.

Međutim, ACID svojstva transakcijske baze podataka moraju se očuvati kako u centraliziranom, tako i u visoko-distribuiranom okruženju. Ova svojstva su definisana na sljedeći način i predstavljaju osnovni okvir valjanog DBMS-a. Bez očuvanja ovih svojstava čitava baza podataka postaje nevažeća i integritet podataka je narušen.

Tablica 1. ACID svojstva transakcija / transakcijske DBMS baze podataka

Atomicity (atomarnost)	- transakcija se izvršava ili u potpunosti sa svim sadržanim operacijama ili uopće ne - po principu „Sve ili ništa“.
Consistency (konzistentnost)	- svako izvršavanje transakcije će bazu podataka uvijek ostaviti u konzistentnom stanju, bez obzira na uspješnost izvršavanja same transakcije.
Isolation (izolacija)	- transakcija je izolirana od drugih transakcija u tijeku (transakcije se međusobno ne interferiraju tijekom izvođenja).
Durability (trajnost)	- ako se transakcija uspješno izvrši tada su rezultati iste trajni i sačuvani na bazi podataka.

Potrebno je napomenuti da dobro koncipirana baza podržava provjerene i valjane procedure oporavka od greške (eng. *Disaster Recovery*).

Ovako uspostavljena *cloud* DBMS baza podataka je također bazirana na zajedničkom i jedinstvenom modelu podataka za javna komunalna poduzeća. Samo na ovaj način oformljena platforma je kapacitirana za isporuku različitih, korisnički-orijentisanih *cloud* servisa. Tako sa uvođenjem *cloud computinga* u poslovanje javnih poduzeća, dolazi inovativni i robusniji poslovni model u čijem je fokusu servis na zahtijev (eng. *on-demand service*) a čitav koncept iznajmljivanja i korištenja servisa baziran je na modelu stvarne potrošnje (eng. *pay-and-go*). Na ovaj način, krajnji korisnici dobivaju ne samo brzu i ciljanu uslugu, nego iste plaćaju u točno onom obimu u kojem su ih i koristili. Time se poštuju korisničke potrebe a smanjuju troškovi poslovanja te postiže efektivna na obje strane tj. kod uslužitelja i korisnika servisa.

2. Replikacija *cloud* baze za očuvanje integriteta DBMS-a

2.1. Različite strategije i tehnike replikacije baze podataka

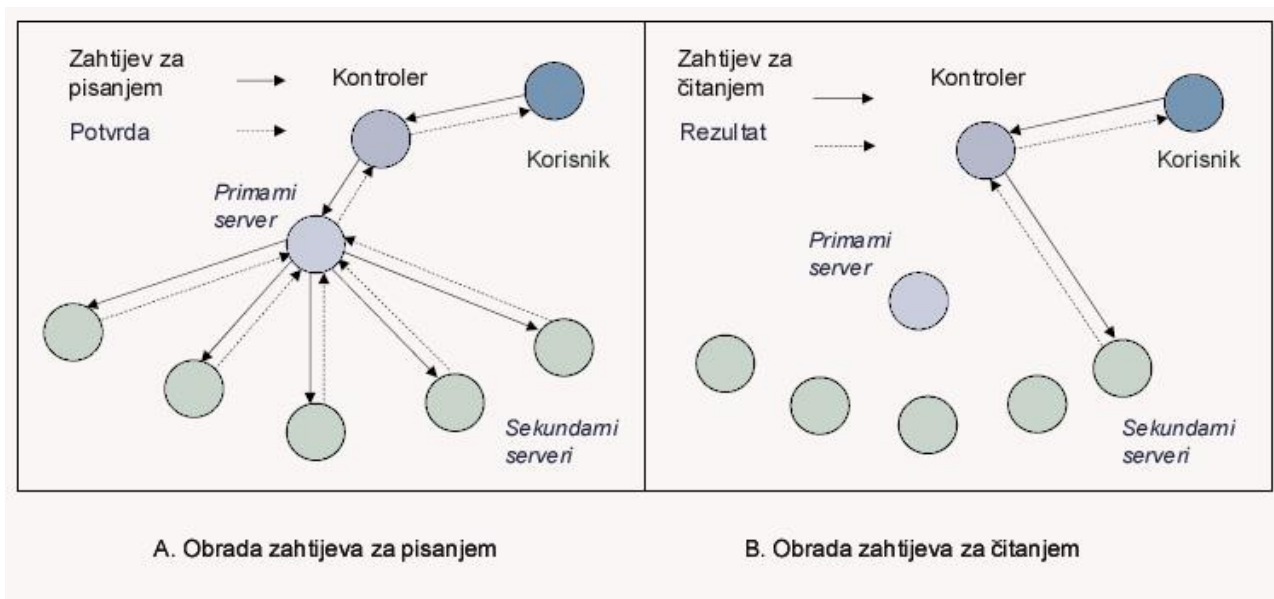
Međutim, za postizanje visokih performansi *cloud* DBMS-a za javni komunalni i energetski sektor, potrebno je izvršiti segmentaciju baze podataka i prioritizaciju podataka i participirajućih čvorova ili servera u komunikaciji korisnik-uslužitelj. U visoko-distribuiranom okruženju se dostupnost servisa postiže kroz primjenu različitih strategija i tehnika replikacije DBMS transakcijske baze podataka.

Trenutno su aktuelne tri vodeće strategije ili pristupa za repliciranje visoko-distribuiranog okruženja, a to su:

- **Klasična** (eng. *Classic*),
- **Kvorum** (eng. *Quorum*), i
- **Drvo-bazirana** (eng. *Tree-based, TBC*) strategija.

Na sljedećoj slici je prikazana osnovna koncepcija Klasične strategije za replikaciju distribuiranog okruženja. U toj strategiji u svakoj operaciji pisanja, učestvuju svi čvorovi ili

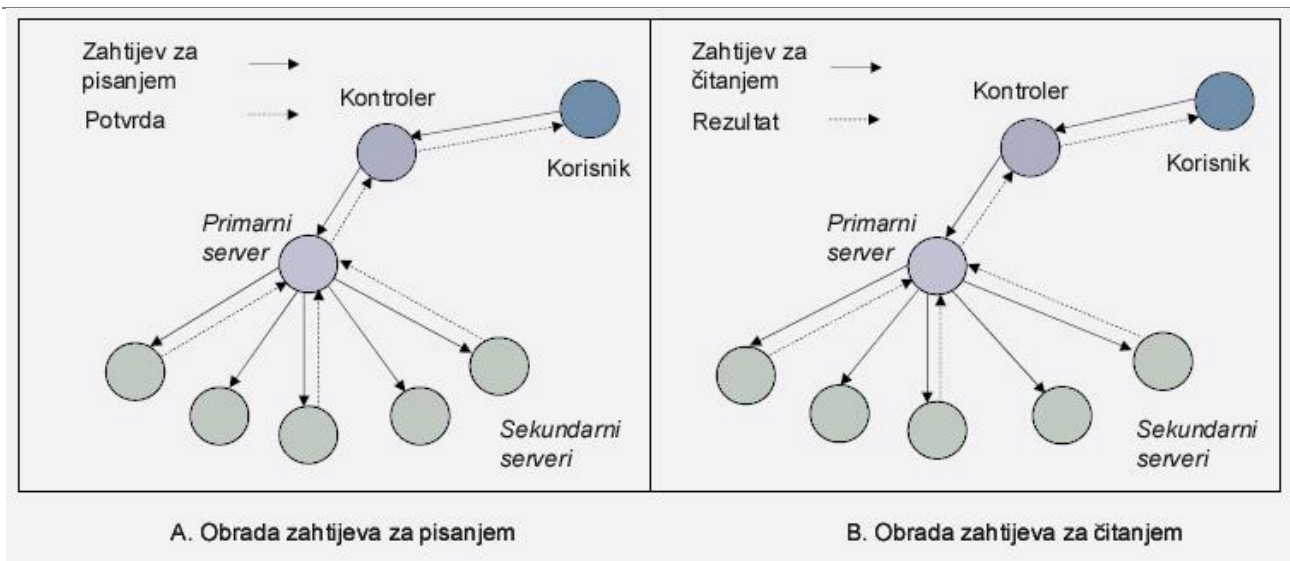
DBMS replike-serveri okruženja pa ova strategija ne pokazuje dobre performanse za intenzivne transakcijske obrade podataka.



Slika 2. Klasični pristup / strategija

Naime, za operacije čitanja podataka sa zajedničke baze podataka, pristupa se bilo kojem od sekundarnih čvorova ili servera jer su svi istovremeno ažurni ili sadrže istu kopiju baze podataka. Krajnji korisnik upućuje zahtjev na poseban čvor tzv. Kontroler koji dalje upravlja izvršavanjem transakcija. U te svrhe ovaj čvor u sebi ima implementiran transakcijski menadžer (eng. *Transaction Manager, TM*).

Nešto naprednija i najčešće eksploatisana strategija u *cloud* okruženjima je Kvorum strategija repliciranja DBMS-a. Ista se bazira na tzv. kvorumu i glasanju replika čvorova-servera prilikom izvršavanja svake operacije na DBMS transakcijskoj bazi podataka. Time se faktički svaka operacija potvrđuje i izglasava od većinskog broja članova kvoruma. Iako bi ova strategija trebala pokazivati bolje performanse od klasične, u praksi to nije tako jer se izvršavanje operacija na bazi usporava upravo radi glasačkog kvoruma. Međutim, i dalje je ovo najčešće korištena strategija jer daje visoke garancije na konzistentnost *cloud* baze podataka.

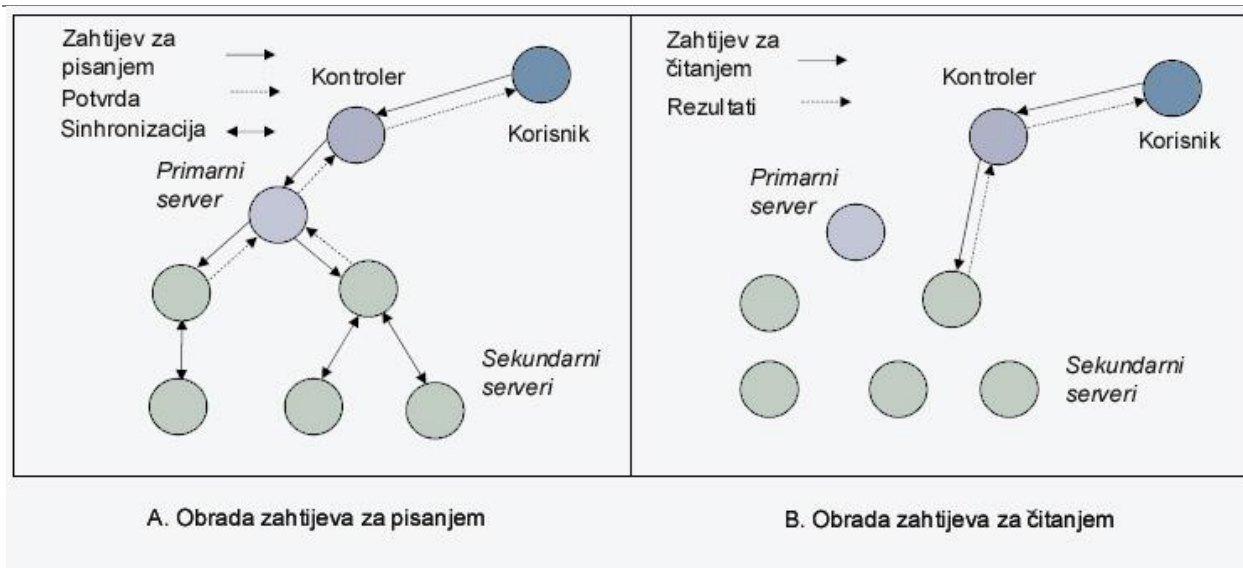


Slika 3. Kvorum pristup / strategija

Napredne strategije upravljanja konzistencijom podataka i integritetom visoko-distribuiranog DBMS okruženja se baziraju na drvo strukturama. Tako je jedna od ovih strategija tzv. TBC (eng. *Tree-based*) koja promovira različite stepene konzistencije podataka u zavisnosti od nivoa drveta replika-servera kojima se pristupa u pojedinačnoj operaciji. Tako najviši nivoi TBC drveta koje je sastavljeno od replika čvorova, daju najviše garancije konzistentnosti dok ista opada krećući se kroz stablo prema listovima drveta. Na samim listovima pronalazi se slaba garancija na konzistentnost podataka.

Na ovaj način, konzistencija ili integritet DBMS transakcijske baze podataka varira krećući se kroz drvo. To dovodi do logičkog prepoznavanja i imenovanja ključnih čvorova drveta kao i onih manje relevantnih i češće podložnim greškama. Tako se na najvišem nivou nalazi korjenski čvor ili replika koja sadržava validnu verziju kompletne transakcijske DBMS baze podataka. Za upravljanje čitavom strukturom drveta replika čvorova ili servera zadužen je poseban čvor koji se naziva kontroler TBC drveta. Krajnji korisnik, kao i u prethodnim slučajevima, korisnički zahtjev upućuje na kontroler koji potom poduzima sve neophodne akcije kako bi se transakcija izvršila na *cloud* bazi podataka, poštujući pri tome ACID pravila. Na taj način se svi zahtjevi za pisanjem po bazi upućuju na glavni (korjenski) čvor koji onda promjene propagira na prvi sloj ili primarne servere drveta. Oni predstavljaju ažurne kopije *cloud* baze podataka, kao kod korjenskog čvora. Propagacija promjena na bazi se zatim, koristeći različite pristupe, odvija sve do listova drveta.

Za razliku od zahtjeva pisanja po bazi podataka, koji se upućuju na glavni čvor, zahtjevi za čitanjem DBMS podataka se odmah prosljeđuju na sloj sekundarnih replika. Sekundarne replike su pogodne za operacije čitanja jer sadržavaju ažurne kopije baze a njihov veliki broj osigurava kontinuiranu dostupnost *cloud* DBMS servisa.



Slika 4. TBC pristup / strategija

TBC pristup ili strategija za očuvanje konzistencije i integriteta *cloud* baze podataka se pokazala optimalnom za korištenje u praksi sa najboljim parametrima performansi i metrike mreže. Konzistencija podataka koju ovaj pristup osigurava se naziva adaptabilnom ili vidljivom konzistencijom (eng. *apparent consistency*) jer se pojavljuje na najvišim nivoima drvo strukture replika servera *cloud* okruženja kojima pristupa i "vidi" sam korisnik.

3. Organizacija *cloud* baze podataka javnih poduzeća sa primjenom TBC pristupa

Usvajanjem *cloud computing* tehnološke platforme i zajedničkog poslovnog modela širom se otvaraju vrata za implementaciju različitih konvergentnih servisa orijentisanih ka krajnjem korisniku. Time bi se doprinijelo povećanom zadovoljstvu vlastitih korisnika, partnera i ostalih klijenata koji bi se koristili implementiranim *cloud* servisima. Osim poboljšane usluge i općenito komunikacije sa eksternim klijentima doprinijelo bi se ostvarenju većeg profita te postizanju kompetitivne prednosti na tržištu zahvaljujući prije svega funkcionalnijim i bolje integrisanim internim, poslovnim funkcijama i procesima.

Kako bi se postigli ovi visoki, zacrtani ciljevi potrebno je riješiti pitanje organizacije i upravljanja ovako kompleksnim, visoko-distribuiranim okruženjem. Već je pomenuto da se koncipirani zajednički *cloud* javnih poduzeća bazira na hibridnim i grupacijskim modelima / implementacijama *cloud* platforme. Sadržana Integralna DBMS baza podataka je replicirana i distribuirana po različitim server-replikama *cloud* okruženja. Ove server-replike su organizovane u TBC drvo-strukturu. Serveri imaju određene dodijeljene uloge, a najznačajniju ulogu igra čvor koji se naziva kontroler kao i korjenski čvor TBC drveta. Ovi čvorovi su u direktnoj komunikaciji sa korisnikom tako da je njihova ažurnost i performansa na najvišem mogućem stepenu. [2]

Sada se postavlja pitanje konstrukcije i organizacije TBC drveta replika? Naime, na koji način kontroler upravlja čitavim okruženjem i višestrukim klasterima server-replika? Odgovor na ovo pitanje leži u glavnog čvoru čitave strukture – kontroleru. U ovom čvoru je

ugrađen poseban mehanizam i algoritam za konstrukciju TBC drveta replika. Isti čvor ima točno definisane procedure u slučaju ispada pojedinih servera ili čak padova dijelova drveta. Također, upravlja procesima autoskaliranja tj. širenja i skupljanja *cloud* okruženja.



Slika 5. Prijedlog implementacije *cloud computinga* u javnom sektoru

Imajući u vidu pobrojane odgovornosti kontrolera, u istom je u te svrhe implementiran neki od naprednih algoritama za konstrukciju TBC drveta. Najčešće se u sklopu ovog mehanizma implementira modificirani Dijkstra algoritam ili neki od MSP (eng. *Minimum Spanning Tree*) algoritama kao što su Primov i Kruskalov. Problem minimalnog drveta se rješava tako da se pronađe ukupna minimalna duljina svih ivica (konekcija) između server-replika. To u slučaju primjene na DBMS sustavu znači pronalazak minimalnog drveta koje se sastoji od minimuma distribuiranih transakcija. Ovo za krajnjeg korisnika znači brz, traženi rezultat postavljenog upita prema bazi sa konzistentnim vraćenim podacima. Za rješavanje problema minimalno razapinjućeg drveta, u konkretnom slučaju, predlaže se primjena Primovog algoritma, čiji je pseudo-kod prikazan na sljedećoj slici:

```

PRIM( $G, w, r$ )
 $Q = \emptyset$ 
for each  $u \in G.V$ 
     $u.key = \infty$ 
     $u.\pi = NIL$ 
    INSERT( $Q, u$ )
DECREASE-KEY( $Q, r, 0$ ) //  $r.key = 0$ 
while  $Q \neq \emptyset$ 
     $u = \text{EXTRACT-MIN}(Q)$ 
    for each  $v \in G.Adj[u]$ 
        if  $v \in Q$  and  $w(u, v) < v.key$ 
             $v.\pi = u$ 
            DECREASE-KEY( $Q, v, w(u, v)$ )
    
```

Slika 6. Pseudo-kod Primovog algoritma za konstrukciju MSP-TBC drveta

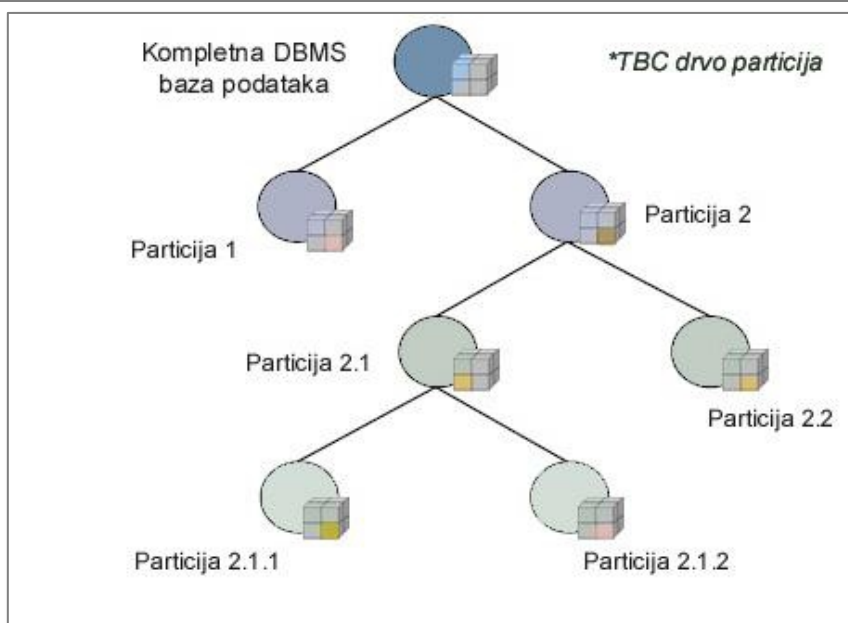
Pri tome treba napomenuti da su ovo standardni problemi teorije grafova koji se rješavaju kroz aplikaciju pomenutih algoritama na povezani graf ili drvo koje predstavlja graf koji ne sadrži niti jedan ciklus (zatvorenu petlju).

Primov algoritam je vrlo jednostavan za implementaciju. Početni čvor se bira proizvoljno što u ovom slučaju znači server sa najboljim iskazanim performansama. Ovaj server postaje korjen (root) drveta. Istovremeno, root server odmah postaje dio grafa. Svaki sljedeći čvor-server se dodaje ako se ustanovi da je udaljenost između bilo kojeg čvora iz grafa i bilo kojeg slobodnog čvora najmanja upravo za taj čvor i neki čvor koji je već u grafu. Postupak se iterativno ponavlja sve dok ne ostane niti jedan slobodan čvor-replika server, odnosno odnosno dok svi čvorovi ne budu uključeni u graf.

4. Proširenje TBC pristupa naprednim tehnikama i algoritmima za particioniranje transakcijske *cloud* baze podataka javnih poduzeća

U *cloud*, visoko-distribuiranom okruženju se za postizanje optimalnih performansi osim repliciranja koriste i druge tehnike kao npr. particioniranje transakcijske DBMS baze podataka. Na ovaj način se značajno smanjuje obim podataka koji se prenosi između server-replika ili čvorova TBC drvo strukture. Drvo-bazirana replikacija se veoma dobro dopunjuje sa istovjetnim, strukturnim tehnikama particioniranja baze podataka.

U radu su razmotrene neke od naprednijih tehnika particioniranja *cloud* transakcijske baze podataka za operatora plinskog sustava, koje uključuju Modificirani Dijkstra i Primov algoritam, zatim TBC drvo konzistencije ali se razmatraju i druge mogućnosti. Naime, pokazalo se da za očuvanje krucijalnih svojstava transakcijske baze podataka i *cloud* okruženja primarnu ulogu igra struktura sadržanih (virtualnih) podatkovnih jedinica ili entiteta, bilo da se radi o server replikama ili fragmentima DBMS-a koji mogu sadržavati tablice ili grupe tablica, grupe redaka ili kolona, po različitim osnovama. Uspostavom drvo-strukture particionirane DBMS baze podataka u okviru *cloud* okruženja za operatora plinskog sustava postiže se zacrtani cilj očuvanja primarnih karakteristika *cloud* sustava i isporuke optimiziranih *cloud* DBMS rješenja u okviru web aplikacija. Isto tako se, u okviru implementirane tehnike particioniranja, može odabrati vertikalni ili horizontalni pristup kao i tipovi particija bazirani na ključu, opsegu i listi vrijednosti (eng. *hash/range/list partitions*). [3] Vertikalnim particioniranjem se, faktički, grupišu redovi tablice po određenom kriteriju ili grupi atributa, dok se u vertikalnom particioniranju grupišu određene kolone najčešće u zavisnosti od vrijednosti i važnosti samih podataka. Npr. ukoliko je riječ o kupcu, mogu se izdvojiti osnovni podaci o istom u okviru jedne manje particije, a zatim u okviru druge nešto veće particije mogu se objediniti svi ostali podaci o kupcu koji nisu toliko važni ili kojima se rjeđe pristupa.



Slika 7. Particionirana DBMS transakcijska baza podataka - strukturalno particioniranje

Procesom particioniranja baze podataka najčešće upravlja sam kontroler ali isti mehanizam može biti implementiran i na ostalim čvorovima strukture. Na taj način određeni čvorovi drveta "imaju inteligenciju" za konstrukciju i rekonstrukciju istog. Zbog toga se TBC drvo stalno mijenja i "diše" u skladu sa promjenama *cloud* okruženja i sadržane transakcijske DBMS baze podataka.

Efikasno implementirana tehnika particioniranja baze podataka donosi sa sobom brojne benefite uključujući smanjenje i balans radnog opterećenja u čitavom uspostavljenom *cloud* okruženju, zatim ubrzanje vremena odziva a time i povećanje radne efektivne idr.

5. Zaključak

U ovom radu je razmatrano koncipirano zajedničko *cloud* okruženje za poduzeća javnog komunalnog i energetskeg sektora, s fokusom na organizaciju i upravljanje čitavim *cloud* okruženjem. To znači i implementaciju različitih tehnika repliciranja sadržane transakcijske DBMS baze podataka. Za ovako kompleksno okruženje sa velikim brojem sever-replika najbolje se dokazuje strukturalna tehnika repliciranja tzv. TBC (eng. *Tree Based Consistency*). Također, kako bi se postigle optimalne performanse i podržao brz odziv i kontinuirana dostupnost *cloud* servisa za krajnjeg korisnika, predlažu se kompatibilne strukturalne tehnike particioniranja DBMS baze podataka. Primjenom pomenutog, specifičnog TBC pristupa koji je specijalno dizajniran za mrežna i visoko-distribuirana, *cloud* okruženja postiže se smanjenje obima podataka koji se prenosi između replika-severa ili čvorova pri njihovoj interakciji što direktno utiče na ubrzanje vremena odziva *cloud* servisa za krajnjeg korisnika koji pristupa jedinstvenoj *cloud* platformi za javni sektor.

Iz svega prethodnog može se zaključiti da odluka o načinu particioniranja *cloud* baze podataka ima značajan uticaj na iskorištenje angažovanih resursa, zadovoljstvo krajnjih korisnika kreiranim *cloud* servisom, zatim veću propusnost sustava i konačno bolje vrijeme odziva.

6. Literatura

- [1] Brewer, Eric. „*CAP twelve years later: How the 'rules' have changed.*”, Computer, vol. 45, no. 2 , pp. 23-29, 2012
- [2] Islam, Ashfakul; Vrbsky, Susan; Hoque Mohammed. „*Performance Analysis of a Tree-Based Consistency Approach for Cloud Databases*”, Computing, Networking and Communications (ICNC), 2012 International Conference, pp. 39-44, 2012
- [3] Agrawal, Sanjay; Narasayya, Vivek; Yang, Beverly. „*Integrating Vertical and Horizontal Partitioning into Automated Physical Database Design*“, ACM, 2004