ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS

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

3. MEĐUNARODNI SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
3rd 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
Pollack Mihály Faculty of Engineering
H-7624 Pécs, Boszorkány u. 2

PLIN2012

www.konferencija-plin.com

Uz potporu
Supported by

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske
Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia

Osijek, 26.-28.09.2012.

VODITELJI KONFERENCIJE:

Pero RAOS, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Hrvatska
Zlatko TONKOVIĆ, HEP-Plin d.o.o., Osijek, Hrvatska

POČASNI ODBOR:
Mladen ANTUNOVIĆ, Hrvatska
Bálint BACHMANN, Mađarska
Zvonko ERCEGOVAC, Hrvatska
Tomislav JUREKOVIĆ, Hrvatska
Gordana KRALIK, Hrvatska
Nikola LIOVIĆ, Hrvatska
Ivica MIHALJEVIĆ, Hrvatska
Ljubo NOVOSELIĆ, Hrvatska
Leo PRELEC, Hrvatska
Ivan SAMARDŽIĆ, Hrvatska
Božo UDOVIČIĆ, Hrvatska
Ivor ŽUPANIĆ, Hrvatska

ORGANIZACIJSKI ODBOR:
Pero RAOS, predsjednik, Hrvatska
Marko BLAŽEVIĆ, Hrvatska
Nada FLANJAK, Hrvatska
Mirela GRNJA, Hrvatska
Marija SOMOLANJI, Hrvatska
Josip STOJŠIĆ, Hrvatska

UREDNICI ZBORNIKA:
Pero RAOS, glavni urednik
Dražan KOZAK, urednik
Marija SOMOLANJI, urednica
Josip STOJŠIĆ, urednik
Zlatko TONKOVIĆ, urednik

ISBN: 978-953-6048-62-5

PROGRAMSKI ODBOR:
Dražan KOZAK, predsjednik, Hrvatska
Gjorgji ADŽIEV, Makedonija
Zoran ANIŠIĆ, Srbija
Károly BELINA, Mađarska
Milorad BOJIĆ, Srbija
Aida BUČO-SMAJIĆ, BiH
Zlatan CAR, Hrvatska
Robert ČEP, Češka
Majda ČOHODAR, BiH
Ejub DŽAFEROVIĆ, BiH
Malik KULENOVIĆ, BiH
Tomislav GALETA, Hrvatska
Antun GALOVIĆ, Hrvatska
Nenad GUBELJAK, Slovenija
Sergej HLOCH, Slovačka
Nedim HODŽIĆ, BiH
Željko IVANDIĆ, Hrvatska
Ivica KLADARIĆ, Hrvatska
Milan KLJAJIN, Hrvatska
Janez KOPAČ, Slovenija
Ferenc ORBÁN, Mađarska
Branimir PAVKOVIĆ, Hrvatska
Denis PELIN, Hrvatska
Miroslav PLANČAK, Srbija
Marko RAKIN, Srbija
Pero RAOS, Hrvatska
Aleksandar SEDMAK, Srbija
Antun STOIĆ, Hrvatska
Marinko STOJKOV, Hrvatska
Igor SUTLOVIĆ, Hrvatska
Tomislav ŠARIĆ, Hrvatska
Mladen ŠERCER, Hrvatska
Zlatko TONKOVIĆ, Hrvatska
Zdravko VIRAG, Hrvatska
Marija ŽIVIĆ, Hrvatska

Ekskluzivni sponzor

HYPO GROUP ALPE ADRIA

SLAVONSKA BANKA

Sponzori

INA

PIPID Prvo plinarsko društvo vaša prirodna energija

Ekskluzivni sponzor

HYPO GROUP ALPE ADRIA

SLAVONSKA BANKA

Sponzori

INA

PIPID Prvo plinarsko društvo vaša prirodna energija

UREDNICI ZBORNIKA:
Pero RAOS, glavni i odgovorni urednik
Dražan KOZAK, urednik
Marija SOMOLANJI, urednica
Josip STOJŠIĆ, urednik
Zlatko TONKOVIĆ, urednik

ISBN: 978-953-6048-62-5

VODITELJI KONFERENCIJE:
Pero RAOS, Hrvatska
Zlatko TONKOVIĆ, Hrvatska

POČASNI ODBOR:
Mladen ANTUNOVIĆ, Hrvatska
Bálint BACHMANN, Mađarska
Zvonko ERCEGOVAC, Hrvatska
Tomislav JUREKOVIĆ, Hrvatska
Gordana KRALIK, Hrvatska
Nikola LIOVIĆ, Hrvatska
Ivica MIHALJEVIĆ, Hrvatska
Ljubo NOVOSELIĆ, Hrvatska
Leo PRELEC, Hrvatska
Ivan SAMARDŽIĆ, Hrvatska
Božo UDOVIČIĆ, Hrvatska
Ivor ŽUPANIĆ, Hrvatska

PROGRAMSKI ODBOR:
Dražan KOZAK, predsjednik, Hrvatska
Károly BELINA, Mađarska
Aida BUČO-SMAJIĆ, Bosna i Hercegovina
Zlatan CAR, Hrvatska
Robert ČEP, Češka
Majda ČOHODAR, Bosna i Hercegovina
Malik KULENOVIĆ, Bosna i Hercegovina
Antun GALOVIĆ, Hrvatska
Sergej HLOCH, Slovačka
Željko IVANDIĆ, Hrvatska
Ivica KLADARIĆ, Hrvatska
Milan KLJAJIN, Hrvatska
Janez KOPAČ, Slovenija
Ferenc ORBÁN, Mađarska
Branimir PAVKOVIĆ, Hrvatska
Denis PELIN, Hrvatska
Miroslav PLANČAK, Srbija
Marko RAKIN, Srbija
Pero RAOS, Hrvatska
Antun STOIĆ, Hrvatska
Marinko STOJKOV, Hrvatska
Igor SUTLOVIĆ, Hrvatska
Tomislav ŠARIĆ, Hrvatska
Mladen ŠERCER, Hrvatska
Zlatko TONKOVIĆ, Hrvatska
Zdravko VIRAG, Hrvatska
Marija ŽIVIĆ, Hrvatska

ORGANIZACIJSKI ODBOR:
Pero RAOS, predsjednik
Nada FLANJAK
Mirela GRNJA
Marija SOMOLANJI
Josip STOJŠIĆ

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS

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

3. MEĐUNARODNI SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
3rd 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
Pollack Mihály Faculty of Engineering
H-7624 Pécs, Boszorkány u. 2

PLIN2012
www.konferencija-plin.com

Uz potporu
Supported by

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske
Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia

Na CD mediju se osim radova nalazi i foto-galerija s fotografijama 6.,7.,8.i 9. skupa o prirodnom plinu, toplini i vodi

Osijek, 26.- 28.09.2012.

B. Knežević, T. Barić, H. Glavaš
Analiza programske podrške za proračun građevnih dijelova jednostavnog stambenog objekta prema zahtjevima Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama
Analysis of Software Support for the Calculation of Building Components Simple Residential Building in Accordance with the Requirements of the Technical Regulation on the Rational Use of Energy and Thermal Protection in Buildings

M. Ivanović, H. Glavaš, Z. Tonković
Energetska učinkovitost potrošnje prirodnog plina u industriji Slavonsko-baranjske regije
Energy Efficiency of Natural Gas Consumption in the Industry of Slavonia Baranja Region

D. Šljivac, M. Stojkov, K. Markanović, D. Topić, Z. Janković, E. Hnatko
Energetska učinkovitost rasplinjavanja drvne biomase u proizvodnji električne energije
Energy Efficiency of Wood Biomass Gasification in Electricity Production

P. Lukács
Thermo-Catalytic Conversion as a Possible Economic Tool for Energetic Recycling of Waste Processing Residues

A. Čikić
Utjecaj kakvoće biomase na učinkovitost ekonomajzera dimnih plinova parnog kotla
Influence of Biomass Quality on Efficiency of Exhaust Gases Economizer of Steam-Boiler

J. Hrnjica Bajramović
Korištenje prirodnog plina u tretiranju animalnog otpada
Using Natural Gas in the Treatment of Animal Waste

A. Ravlić, V. Pecić, I. Vitez
Pregled stanja energetskih postrojenja u gradu Slavonskom Brodu
Survey of power plants conditions in the town of Slavonski Brod

N. Pézsa, Sz. Szabolcs
Bioethanol Production and Applicability

T. Grizelj, J. Hrnjica Bajramović
Neutralizacija kondenzata u kondenzacijskoj tehnici
Neutralization of Condensate in Condensing Technology

M. Holik, Z. Janković, R. Končić, M. Živić, A.Galović
Numerička i termografska analiza oštećenosti izolacije toplovoda
Numerical and Thermographic Determination of Damage of Hot Water Pipeline Insulation

J. Dizdarević
Unaprijeđeni prostorni model gasnog sistema s implementacijom webGIS platforme: KJKP Sarajevogas d.o.o.
An Improved Spatial Model of the Gas System with Implementation of Webgis Platform: KJKP Sarajevogas d.o.o.

T. Šarić, D. Pezer, K. Šimunović, R. Lujić
Realizacija aktivnosti korektivnog održavanja primjenom različitih informacijskih sustava
Implementation of Corrective Maintenance Activities Using Various Information Systems

B. Soldo, G. Šimunović, T. Šarić
Povijesni pregled znanstvenih radova iz područja predviđanja potrošnje prirodnog plina
Historical Overview of Published Papers in the Area of Forecasting Natural Gas Consumption

T. Šmit, H. Glavaš, S. Nikolovski
Geoinformacijski sustavi u prijenosu i distribuciji električne energije
Geographic Information Systems in the Transmission and Distribution of Electricity

D. Vidaković
Optimizirano dinamičko planiranje izvedbe podzemnih vodova
Optimizing Dynamic Planning of Underground Lines Construction

M. Rujnić-Sokele, M. Šercer, P. Raos
Plastične cijevi - pregled materijala i tržišta
Plastic Pipes - Review of Materials and Markets

A. Starčević, J. Dizdarević
Prednosti Sistema daljinskog očitavanja mjernih podataka sa gasnog sistema
Advantages of the Remote Readout System for Measurement Data of Gas System

I. Karahodžić
Ispitivanje na propusnost plinskih sustava i procjena mjesta propusnosti
Leakage Testing on Gas System and Estimation of the Leakage Location

D. Mesarić, M. Ivanović
GIS u funkciji lociranja CO2 emisija u potrošnji prirodnog plina na području Slavonije i Baranje
GIS in Function Detection of CO2 Emissions in the Consumption of Natural Gas on the Territory Slavonija and Baranja

V.Uravić, Z.Car, M.Kršulja, L.Šikulec H.Radelja
Investigation of Dry and Combined Method Used for Measurement and Maintenance Control of Liquid Storage Tank Capacity

E. Trožić, E. Smajić, E. Trožić
Uvezivanje lokalnih vodovoda, viših perifernih zona snabdjevanja, istočnog dijela općine Sanski Most u centralni vodovodni sistem
Binding of the Local Water Supply, the Higher the Peripheral Zone of Supply, Eastern Sanski Most in Central Water Supply System

Ž. Kondić, M. Kljajin, L. Maglić, Đ. Tunjić, N.Horčička Novotny
Iskustva iz primjene međunarodnih normi ISO u vodoopskrbi Varkom d.d. iz Varaždina
Experiences from Applying the International Standards ISO in Water Supply Varkom d.d. from Varaždin

E. Trožić, E. Trožić, E. Smajić
Prilog analizi trenutnog stanja zonskih mjerača protoka centralnog vodovodnog sistema Sanski Most
Contribution to the Analysis the Current State Zonal Flow Meter a Central Water Supply System Sanski Most

E. Smajić, E. Trožić, E. Trožić
Održavanje i administrativni status lokalnih vodovoda općine Hadžići
Maintenance and Administrative Status of Local Water Supply, Municipal Hadzici

S. Aračić, I. Samardžić, A. Pintarić
Analiza korozijskih procesa čeličnih cijevi u agresivnom mediju
The Analysis Corrosive Processes by Steel Pipes in the Aggressive Medium

M.Opalić, N.Panić, K.Vučković, D.Žeželj, Ž.Pinjuh Čorić, M.Kljajin
Uvjeti pritezanja prirubnica plinskih cijevi
Pipe Line Flange Clamping Conditions

Romano Majdenić
Uljne kotlovnice, projektiranje, ispitivanje i održavanje
Oil Boiler-Room, Design, Testing and Maintenance

B.Grizelj, J.Cumin, B.Vujčić, I.Seuček, N.Šoškić
Izbor načina zagrijavanja, ekonomičnost i zaštita okoliša kod postupaka oblikovanja metala deformiranjem
The Choice of Heating Process, Cost Effectivness and Environment Protection in Metal Forming Processes

P. Todorić, B. Grizelj, S. Aleksandrović, V. Marušić
Neke specifičnosti ispitivanja čeličnih bešavnih boca za ukapljene plinove
Some Specifics of Testing of Seamless Steel Pressure Vessels for Liquefied Gases

Pregled stanja energetskih postrojenja u gradu Slavonskom Brodu
Survey of power plants conditions in the town Slavonski Brod

A. Ravlić[1*], V.Pecić[2], I. Vitez[2]

[1]Brod-plin d.o.o., Slavonski Brod, Hrvatska – Društvo energetičara Slavonski Brod, Slavonski Brod, Hrvatska
[2]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

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

Sažetak
U ovom radu dan je pregled stanja energetskih postrojenja u gradu Slavonskom Brodu prije i poslije djelomične rekonstrukcije koja je izvedena 2008. na nekim kotlovnicama. Ukazana je potreba nastavka rekonstrukcije i modernizacije kotlovnica**.**

Abstract
This work contains a survey state of power plants in the town Slavonski Brod before and after partial reconstruction, which was held 2008. on some boiler rooms. It is pointed to necessity of continuation reconstruction and modernization of boiler rooms.

Ključne riječi: stanje, energetska postrojenja, kotlovnice, modernizacija
Key words: state, power plants, boiler rooms, modernization

1. Uvod

U zadnjih četrdeset godina kako se grad razvijao građeni su i energetski objekti u sklopu naselja ili stambenih zgrada jer se tada nije razmišljalo o gradnji jedne termoelektrane za proizvodnju toplinske i električne energije za cijeli grad. Sada grad Slavonski Brod ima više kotlovnica i koristio je različite energente (mazut, ekstra lako ulje, lož ulje i zemni plin), dok neki gradovi u Hrvatskoj kao Zagreb, Rijeka i Osijek opskrbu toplinske energije

dobivaju s jednog mjesta – termoelektrana, te koriste energente zemni plin i mazut. Kotlovnice i toplovodi su izgrađeni prije trideset godina. Oštećenja na toplovodima često nastaju zbog loše izolacije, neugrađenih kvalitetnih materijala (cijevi) itd.

Visoke radne temperature, tlakovi i često korozivni medij parametri su koji u kotlovima, izmjenjivačima topline i drugim elementima energetskih i procesnih postrojenja u uvjetima uporabe, mogu izazvati promjene koje smanjuju pouzdanost rada.

Troškovi sanacija su često visoki, a oni mogu biti direktni (zamjena oštećenih dijelova, nabavka novih i ljudski rad na zamjeni oštećenih) i indirektni (zastoji u snadbijevanju toplinskom energijom pojedinačnih objekata ili cijelog naselja).

2. Energetski objekti za distribuciju toplinske energije

2.1. Kotlovnice Slavonija 1, Kralj Tomislav i Mikrorajon

Distribuciju toplinske energije društvo **Toplina d. o. o.** obavljalo je za grad Slavonski Brod do 01.08.2008, a od tada ju obavlja društvo **Brod-plin d.o.o.** koje je u vlasništvu grada. U Slavonskom Brodu ima ukupno dvadeset i jedna kotlovnica od kojih su tri samostojeća objekta (kotlovnice) i osamnaest krovnih i nadzemnih kotlovnica za proizvodnju toplinske energije. Iz kotlovnica idu toplovodne cijevi koje su spojene sa toplinskim stanicama. Zadaća toplinske stanice je da zagrijanu vodu preko izmjenjivača za centralno grijanje i tople vode, tj. toplinsku energiju distribuira u stanove preko odgovarajućih cirkulacionih pumpi.

Samostojeći objekti za proizvodnju toplinske energije su:

a) **Kotlovnica Slavonija 1** ……. instalirana snaga 26 MW - slika 1 i 2, (kada se izvede modernizacija kotlovnice doći će do smanjenja snage kotlova) [1].

Slika 1. Kotlovnica Slavonija

Slika 2. Pumpno postrojenje na kotlovnici Slavonija 1

b) **Kotlovnica Kralj Tomislav** …….. instalirana snaga do 08/2008. iznosila je 5,34 MW, a od tada modernizacijom i ugradnjom novih kotlova iznosi 3,96 MW – slike 3, 4 i 5.

Slika 3. Dimnjak kotlovnice Kralj Tomislav, visok 32 metra

Slika 4. Novi kotlovi u kotlovnici K. Tomislav koristi (koristi gorivo zemni plin)

Slika 5. Nova modernizirana automatska toplinska stanica za centralno grijanje i PTV* u naselju Kralj Tomislav

- *PTV – potrošna topla voda

c) **Kotlovnica Mikrorajon** … instalirana snaga do 09/2008. Iznosila je 4,2 MW,a od tada modernizacijom i ugradnjom novih kotlova iznosi snaga 3,26 MW. – slike 6 do 9.

Slika 6. Dimnjak kotlovnice Mikrorajon, visok 28 metara

Slika 7. Novo plinsko kotlovsko postrojenje (koristi gorivo zemni plin)

Slika 8. Pumpno postrojenje sa cijevnim razvodom u kotlovnici Mikrorajon

Slika 9. Nova modernizirana automatska toplinska stanica za centralno grijanje i PTV

2.2. Toplovodi kotlovnice Slavonija 1

Distribucija toplinske energije iz kotlovnice Slavonija 1 obavlja se pomoću tri glavna ogranka toplovoda:

1.a) **Ogranak toplovoda za naselje Slavonija 1** ukupne dužine 1401 m x 2 = 2802 m, distribuira toplinsku energiju u dvadeset i dvije toplinske stanice smještene u stambene zgrade,

1.b) **Ogranak toplovoda za naselje Slavonija 2** ukupne dužine 1307 m x 2 = 2614 m, distribuira toplinsku energiju u jedanaest toplinskih stanica smještenih u stambenim zgradama,

1.c) **Ogranak toplovoda za autobusni i željeznički kolodvor** ukupne dužine 728 m x 2 = 1456 m, distribuira toplinsku energiju do toplinskih stanica smještenih u zgradama kolodvora.

Toplovodna mreža položena je u zemlji, a razvodi i priključci za pojedine zgrade izvedeni su iz šahtova s mogućnošću odvajanja pojedinih zgrada pomoću ventila. Toplovod je projektiran za temperaturu vode 130 ºC i tlak od 6 bara.

U tablici 1. prikazani su samostojeći energetski objekti u vlasništvu Topline d.o.o. do 08/2008.

Tablica 1. Samostojeći energetski objekti za proizvodnju toplinske energije u vlasništvu Topline d.o.o. do 08/2008.god.

ENERGETSKI OBJEKTI ZA PROIZVODNJU TOPLINSKE ENERGIJE U SUSTAVU TOPLINE d.o.o. do 08 / 2008.						BROJ TOPLINSKIH STANICA CENTRALNOG GRIJANJA I PTV
R/B	ENERGETSKI OBJEKT	INSTALIRANA SNAGA KOTLA / MW	BROJ KOTLOVA U KOTLOVNICI	GODINA GRADNJE ENERGETSKOG POSTROJENJA	VRSTA GORIVA KOJE KOTLOVNICA KORISTI	STANJE TOPLINSKE STANICE
1.	SLAVONIJA	26	5	1974.	mazut	33 kom-nezadovoljava
2.	MIKRORAJON	4,186	3	1975.	mazut	10 kom-nezadovoljava
3.	KRALJ TOMISLAV	5,336	3	1975.	mazut	7 kom –nezadovoljava
4.	CENTAR 2, 4 i 6	2,92	3	1979.	mazut	----------
5.	JELAS	1,508	2	1981.	lako ulje-marina	----------
6.	BADALIĆEVA 1 i 2	1,090	2	1977.	lako ulje-marina	1 kom –nezadovoljava
7.	PRIJEVOZ	1,743	3	1973.	lako ulje-marina	1 kom –nezadovoljava
8.	ZRINSKA 1	0,460	2	1990.	ako ulje-marina	----------
9.	GAJEVA	0,230	1	1979.	ekstra lako-nafta	----------
10	VATRENKA	0,585	1	1997.	ekstra lako-nafta	----------
11.	CIPELARSKI TRG	0,581	1	1968.	ekstra lako-nafta	----------
12.	I.B.M.	0,465	2	1970.	ekstra lako-nafta	----------
13.	LUTVINKA	2,359	3	1974.	lako ulje-marina	----------
14.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 4 - SJEVER	1,2	1 x 450 2 x 375	1986.	zemni plin	1 kom - zadovoljava
15.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 4 - JUG	1,2	1 x 450 2 x 375	1986.	zemni plin	1 kom - zadovoljava
16.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 5 - SJEVER	1,2	1 x 450 2 x 375	1987.	zemni plin	1 kom - zadovoljava
17.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 5 - JUG	1,2	1 x 450 2 x 375	1987.	zemni plin	1 kom - zadovoljava
18.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 6 - CIJELI	2,25	6 x 375	1988.	zemni plin	4 kom - zadovoljava
19.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 7 - SJEVER	1,35	3 x 450	1989.	zemni plin	1 kom - zadovoljava
20.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 7 - JUG	1,2	3 x 450	1989.	zemni plin	1 kom - zadovoljava
UKUPNO: 20 Kotlovnica		57,213				

Tablica 2. prikazuje samostojeće energetske objekte u vlasništvu Brod-plin d.o.o. od 08/2008.

Tablica 2. Samostojeći energetski objekti za proizvodnju toplinske energije u vlasništvu Brod-plin d.o.o. od 08/2008.

ENERGETSKI OBJEKTI ZA PROIZVODNJU TOPLINSKE ENERGIJE U SUSTAVU BROD - PLINA d.o.o. od 08 / 2008.						IZVEDENA MODERNIZACIJA I AUTOMATIZACIJA ENERGETSKOG POSTROJENJA	
R/B	ENERGETSKI OBJEKT	INSTALIRANA S NAGA KOTLA / MW	BROJ KOTLOVA U KOTLOVNICI	GODINA GRADNJE ENERGETSKOG POSTROJENJA	VRSTA GORIVA	DA	NE
1.	SLAVONIJA	26	5	1974.	mazut	--------	NE
2.	MIKRORAJON	3,26	3	2008.	zemni plin	DA	------
3.	KRALJ TOMISLAV	3,96	3	2008.	zemni plin	DA	------
4.	CENTAR 2	0,78	24 x 32,5 kW	2007.	zemni plin	DA	------
5.	CENTAR 4	0,78	24 x 32,5 kW	2007.	zemni plin	DA	------
6.	CENTAR 6	0,78	24 x 32,5 kW	2007.	zemni plin	DA	------
7.	JELAS	1,396	42 x 32,5 kW	2008.	zemni plin	DA	------
8.	BADALIĆEVA 1	0,325	10 x 32,5 kW	2007.	zemni plin	DA	------
9.	BADALIĆEVA 2	0,39	12 x 32,5 kW	2007.	zemni plin	DA	------
10	ZRINSKA 1	0,39	12 x 32,5 kW	2006.	zemni plin	DA	------
11.	VATRENKA	0,52	16 x 32,5 kW	2006.	zemni plin	DA	------
12.	CIPELARSKI TRG	0,52	16 x 32,5 kW	2006.	zemni plin	DA	------
13.	I.B.M.	0,325	10 x 32,5 kW	2006.	zemni plin	DA	------
14.	LUTVINKA	1,82	56 x 32,5 kW	2007.	zemni plin	DA	------
15.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 4 - SJEVER	1,012		2009.	zemni plin	DA	------
16.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 4 - JUG	0,953		2008.	zemni plin	DA	------
17.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 5 - SJEVER	1,012		2008.	zemni plin	DA	------
18.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 5 - JUG	1,012		2008.	zemni plin	DA	------
19.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 6 - CIJELI	2,25	6 x 375	1988.	zemni plin	--------	NE
20.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 7 - SJEVER	1,35	3 x 450	1989.	zemni plin	---------	NE
21.	ANDRIJA HEBRANG BLOK 7 - JUG	1,2	3 x 450	1989.	zemni plin	---------	NE
UKUPNO: 21 Kotlovnica		49,785					

2.3. Toplovodi kotlovnice Kralj Tomislav

Do 08/2008. distribucija toplinske energije iz kotlovnice Kralj Tomislav obavljala se pomoću mreže toplovoda koja spaja kotlovnicu s pet toplinskih stanica smještenih u stambenim zgradama, a od tada modernizacijom kotlovnice, toplovoda i toplinskih stanica distribucija se obavlja pomoću toplovoda koja spaja kotlovnicu sa sedam toplinskih stanica, smještenih u stambenim zgradama.
Toplovod je projektiran za temperaturu 90 ºC i tlak od 4 bara. [1, 2]

2.4. Toplovodi kotlovnice Mikrorajon

Distribucija toplinske energije iz kotlovnice Mikrorajon obavlja se pomoću mreže toplovoda koja spaja kotlovnicu s deset toplinskih stanica smještenih u stambenim zgradama, a od 08/2008. modernizacijom kotlovnice, toplovoda i toplinskih stanica distribucija se također obavlja pomoću istog toplovoda.
Toplovod je projektiran za temperaturu 90 ºC i tlak od 4 bara.

2.5. Distributivna mreža toplinske energije grada Slavonskog Broda

U tablici 3. prikazana je dužina toplovodnih cijevi u kotlovnicama Slavonija 1, Kralj Tomislav i Mikrorajon do 08/2008.

Tablica 3. Distributivna mreža toplinske energije grada Slavonskog Broda do 08/2008.

Toplovodi u naselju	Dužina / m
Slavonija I	3436 x 2
Kralj Tomislav	468 x 2
Mikrorajon	935 x 2
UKUPNO :	4839 x 2 = 9678

U tablici 4. prikazana je dužina toplovodnih cijevi na kotlovnici Slavonija 1, Kralj Tomislav i Mikrorajon nakon rekonstrukcije u 2008.

Tablica 4. Distributivna mreža toplinske energije grada Slavonskog Broda nakon rekonstrukcije u 2008.

Toplovodi u naselju	Dužina / m
Slavonija I	3436 x 2
Kralj Tomislav	864 x 2
Mikrorajon	1207,24 x 2
UKUPNO :	5507,24 x 2 = 11014,48

U tablici 5. prikazani su promjeri toplovoda i njihove dužine na kotlovnicama Slavonija 1 i 2. Kralj Tomislav i Mikrorajon do 08/2008.

Tablica 5. Promjeri toplovodnih cijevi i njihova dužina u kotlovnici Slavonija 1 i 2, Kralj Tomislav i Mikrorajon do 08/2008.

Promjer toplovodnih cijevi		**Dužina toplovoda / m**		
NO - nazivni otvor	**Dimenzije cijevi / mm**	**Slavonija 1 i 2**	**Kralj Tomislav**	**Mikrorajon**
250	263 x 6,3	9 x 2	-	-
200	219,1 x 5,9	622 x 2	-	-
150	159 x 4,5	334 x 2	66 x 2	-
125	133 x 4	802 x 2	38 x 2	256 x 2
100	108,3 x 6	565 x 2	137 x 2	182 x 2
80	88,9 x 3,2	85 x 2	129 x 2	-
65	76,1 x 2,9	656 x 2	82 x 2	76 x 2
50	60,3x2,9	363 x 2	16 x 2	153 x 2
40	48,3 x 2,6	-	-	260 x 2
30	38 x 2,6	-	-	8 x 2
UKUPNO:		3436 x 2	468 x 2	935 x 2
		6872 m	936 m	1870 m

3. Zaključak

Ovim radom dan je prikaz stanja starih i novih kotlovnica, toplinskih stanica i toplovoda na području grada Slavonskog Broda.
Snimanjem stanja nakon rekonstrukcije utvrđeno je slijedeće (vidi tablice 1 do 5):

- Od dvadeset i jedne kotlovnice izvršena je modernizacija u sedamnaest, tj. u 80,45 %,
- Od sedamdeset i šest toplinskih stanica izvršena je modernizacija u trideset i dvije tj. u 42,10 %,
- Dužina toplovodnih cijevi iznosi 11014,48 metara od toga je zamijenjeno novim samo 4142,48 metara, a ostaje za promijeniti još 7072,00 metara, tj. 64,21 %,
- Modernizacijom kotlovnica, toplovoda i toplinskih stanica u naseljima Kralj Tomislav i Mikrorajon dobivena je sigurnija opskrba toplinskom energijom, a ujedno su ostvarene i značajne financijske uštede zbog ugradnje suvremene opreme i kvalitetnijih materijala.

- Stanje toplovoda u gradu Slavonskom Brodu nije još na zadovoljavajućoj razini.
Potrebna je daljnja rekonstrukcija kotlovnica, toplinskih stanica i toplovoda u naseljima: Naselje Slavonija 1 i Slavonija 2. Nedostatci tih kotlovnica je što imaju samo jedan energent i to zemni plin, a alternative nemaju.
Potrebno je također napraviti kvalitetan proračun toplovodnih cijevi te postupno primjenjivati novu tehnologiju pripreme napojne vode (automatski ionski omekšivači).

Na temelju iskustva autora i suradnika može se predložiti nastavak rekonstrukcije i modernizacije postrojenja u kotlovnicama, toplinskim stanicama i toplovodima, kao i zamjena dotrajalih cjevovoda sa suvremenim cijevima u cilju produljenja njihovog radnog vijeka [1,2,3].

4. Literatura

[1] Dokumenti o održavanju toplinske energije klijenata, Interna dokumentacija od firme Toplina d.o.o. Slavonski Brod, 2003.
[2] Dokumenti o održavanju toplinske energije klijenata, Interna dokumentacija od firme Brod-plin d.o.o. Slavonski Brod, 2010.
[3] Anto, Ravlić: Analiza ekološke eksploatacije energetskog postrojenja, Sveučilište Josipa Jurja Strosmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2010. (diplomski rad).

Plastične cijevi - pregled materijala i tržišta
Plastic pipes – review of materials and markets

M. Rujnić-Sokele[1*], M. Šercer[1], P. Raos[2]

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

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: mrujnic@fsb.hr

Sažetak

Plastiļ ne cijevi se zbog svojih izvrsnih karakteristika primjenjuju veĺ dugi niz godina. Osim primjene za distribuciju vode, gdje su se pokazale idealnim rješģenjem koje omoguĺ uje sigurnu distribuciju pitke vode od izvora do potroģaļ a, plastiļ ne cijevi naģle su svoje mjesto u primjenama za plinovode, kanalizaciju, za zaģtitu podzemnih kabela, za vodovodne cijevi u domaĺ instvima za toplu i hladnu i vodu, te podno grijanje. Europske zemlje su 30-ih godina proģlog stoljeĺ a bile meĽu prvima koje su poļ ele primjenjivati plastiļ ne cijevi. Prve plastiļ ne cijevi bile su od poli(vinil-klorida), a ubrzo se poļ eo primjenjivati polietilen. Kontinuirani razvoj materijala poboljģao je njegovu uporabljivost ģto je dovelo do naglog poveĺ anja primjene za cjevovode za vodu i plin. Poļ etkom 70-ih godina pojavile su se cijevi od umreģenog polietilena (PE-X), a 80-ih godina od polietilena postojanog poviģenim temperaturama (PE-RT). Osim najļ eģĺ ih materijala, PVC-a i PE-HD-a, za izradbu cijevi primjenjuju se i klorirani poli(vinil-klorid) (PVC-C), polipropilen (PP) i akrilonitril/butadien/stiren (ABS). Plastiļ ni materijali primjenjuju se i za izradbu viģeslojnih cijevi u kombinaciji s metalnim materijalima (primjerice aluminijem), a ļ esti su i vlaknima ojaļ ani kompoziti.

Abstract

Plastic pipes have been used for many years due to their excellent characteristics. In addition to the distribution of water, where they proved to be an ideal solution that enables secure distribution of potable water from source to consumer, plastic pipes found their place in applications for natural gas distribution and transport, sewerage, for the protection of underground cables, domestic hot and cold water piping systems and underfloor heating. In the 1930s, European countries were among the first who began to use plastic pipes. The first plastic pipes were made of poly(vinyl chloride), and soon after PVC came polyethylene. The continuous development of materials has improved its usability, which led to a sharp increase in applications for water and gas pipelines. In early 1970s crosslinked polyethylene pipes (PEX) were introduced and in the 1980s pipes made of polyethylene of raised temperature resistance (PE-RT) appeared on the market. Apart

from standard materials, PVC and HDPE, for the manufacturing of pipes chlorinated poly(vinyl chloride) (CPVC), polypropylene (PP) and acrylonitrile/butadiene/ styrene (ABS) are also used. Plastic materials are used for the manufacturing of multilayer pipes in combination with a metallic material (e.g. aluminum), as well as in fibre reinforced composites.

Ključne riječi: plastiļ ne cijevi, trģiģte plastiļ nih cijevi, plastiļ ni materijali za cijevi

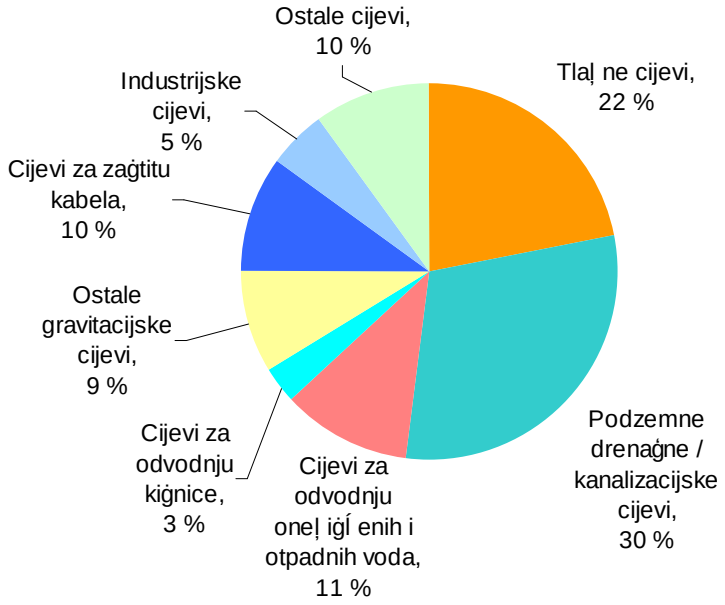
1. Uvod

Plastiļ ne cijevi uspjeģno se primjenjuju veĺ desetljeĺ ima, a brojna istraģivanja pokazala su da njihov predviĽen ģivotni vijek premaģuje 100 godina. Kao materijali za izradbu plastiļ nih cijevi primjenjuju se razni materijali koji, ovisno o namjeni cijevi, imaju razliļ ita svojstva. Najļ eģĺ i plastiļ ni materijali za izradbu cijevi su poli(vinil-klorid), polietilen, umreģeni polietilen i polipropilen.

Glavne karakteristike plastiļ nih cijevi su mala masa, ļ vrstoĺ a, fleksibilnost, dugotrajnost i isplativost. Kemijska postojanost na veĺ inu kemikalija kao ģto su kiseline, luģine i oksidansi ļ ini ih pogodnima za vrlo ģiroku primjenu, a uz to se i vrlo lagano instaliraju te zahtijevaju minimalno odrģavanje. [1]

Plastiļ ne cijevi najļ eģĺ e se primjenjuju za distribuciju tople i hladne vode, kanalizaciju i odvodnju, distribuciju plina, navodnjavanje, zaģtitu optiļ kih i telekomunikacijskih kabela i drenaģu. Najveĺ i dio trģiģta plastiļ nih cijevi zauzimaju podzemne cijevi. [2] Plastiļ ne cijevi mogu se podijeliti i prema tlaku medija koji prenose, pa mogu biti visokotlaļ ne (npr. za distribuciju plina) ili niskotlaļ ne (npr. kanalizacijske cijevi). Na slici 1 prikazani su udjeli plastiļ nih cijevi prema podruļ ju primjene u Europi 2008. [3]

Plastiļ ni materijali uspjeģno zamjenjuju tradicionalne materijale za cijevi kao ģto su bakar, ļ elik, aluminij ili beton zbog svojih brojnih prednosti. Ekstrudiranjem se mogu naļ initi cijevi malih, ali i vrlo velikih promjera, a cijevi se mogu lako savinuti bez opasnosti od pucanja. Buduĺ i da plastiļ ni materijali ne provode elektriļ nu struju, nema opasnosti od elektrokemijske razgradnje korozijom ili hrĽanjem. Jedna od glavnih prednosti je i raznovrsnost spajanja cijevi, npr. plastomerne cijevi se spajaju toplinskim zavarivanjem pri ļ emu su spojevi gotovo beģavni i ļ vrsti kao i ostatak cijevi. Jedan od nedostataka plastiļ nih cijevi je ograniļ enje tlakova i temperatura primjene, stoga se uglavnom primjenjuju za kanalizaciju i odvodnju. MeĽutim, inovacije na podruļ ju plastiļ nih materijala dovele su do proģirenja uporabe plastiļ nih cijevi na zahtjevnije primjene, kao ģto su distribucija tople vode, podno grijanje ili protupoģarna zaģtita prskalicama. [4]



Slika 1. Podruļ ja primjene plastiļ nih cijevi u Europi 2008. [3]

2. Plastični materijali za cijevi

Prve plastiļ ne cijevi naļ injene su od PVC-a 30-ih godina u Njemaļ koj, a nakon PVC-a na trģiģtu su se pojavili polietilen i akrilonitril/butadien/stiren (ABS). Danas se za izradbu cijevi upotrebljavaju razni plastiļ ni materijali, primjerice klorirani PVC (PVC-C), umreģeni polietilen (PE-X), polibuten (PB), polipropilen (PP), poli(viniliden-fluorid) (PVDF), kao i razni staklom ojaļ ani duromeri, npr. epoksidne i poliesterske smole. U tablici 1 prikazana su tipiļ na fiziļ ka svojstva plastomera za cijevi. [4]

Tablica 1. Fiziļ ka svojstva plastomera za cijevi [4]

	Približna vrijednost pri 24 °C						
Svojstvo	ABS	PVC	PVC-C	PE	PE-X	PB	PVDF
Gustoĺ a, g/cm^3	1,08	1,4	1,54	0,95	0,94	0,92	1,76
Rastezna ļ vrstoĺ a, MPa	48,3	55,2	55,2	22,1	19,3	28,9	48,3
Rastezni modul, GPa	2,3	2,8	2,9	0,82	1,0	0,38	1,5
Savojna ģilavost po Izodu, J/m	213,6	53,4	80,1	>534	>534	>534	202,9
Toplinska rastezljivost, m/m°C	108	54	63	162	162	130	126
Graniļ na temperatura primjene, °C							
Niskotlaļ na primjena	80	65	100	70	100	100	150
Visokotlaļ na primjena	70	55	80	60	95	80	140

2.1. Poli(vinil-klorid)

PVC i PVC-C (klorirani PVC) najļ eģĺ i su materijali za izradbu plastiļ nih cijevi u svijetu. Glavno podruļ je primjene PVC-a su profili (28,2 %), a slijede cijevi i spojnice (24,0 %) te kruti film i ploļ e (10,3 %), a primjena krutog PVC-a raste s obzirom na primjenu omekģanog PVC-a. [5]

U Sjedinjenim Ameriļ kim Drģavama, PVC zauzima 66 % sustava za distribuciju vode i oko 75 % sustava kanalizacije i odvodnje. Krut ili neomekģan PVC ima najviģu ļ vrstoĺ u u usporedbi s ostalim plastiļ nim materijalima za cijevi (tablica 1), a uz to posjeduje izvrsnu trajnu ļ vrstoĺ u, visoku krutost i postojanost prema kemikalijama. PVC cijevi dostupne su u raznim veliļ inama i debljinama stijenki, a mogu se primjenjivati i za visokotlaļ ne i za niskotlaļ ne primjene. [4]

Klorirani PVC dobiva se dodavanjem klora PVC-u ļ ime se postiģe njegova primjenljivost pri poviģenim temperaturama. PVC i PVC-C su zbog prisutnosti halogenih atoma u strukturi nezapaljivi pa su izvrsni za izvedbu kuĺ nih prskalica. [4]

2.2. Polietileni

Polietilen je drugi najļ eģĺ i materijal za izradbu plastiļ nih cijevi nakon PVC-a. Polietilen niske gustoĺ e (PE-LD) je mekan, savitljiv materijal, niskotemperaturne postojanosti. Polietilen srednje gustoĺ e (PE-MD) je ļ vrģĺ i i ģilaviji materijal neģto bolje temperaturne postojanosti, a polietilen visoke gustoĺ e (PE-HD) je od tri navedena tipa polietilena najļ vrģĺ i, najģilaviji i najbolje temperaturne postojanosti te se najļ eģĺ e primjenjuje za izradbu cijevi. Polietilen je niģe ļ vrstoĺ e od PVC-a, no zbog svojeg vrlo niskog stakliģta fleksibilan je i pri vrlo niskim temperaturama. Bolje je kemijske postojanosti i glatkije povrģine pa su manji gubici zbog trenja. Moģe se jednostavno spajati sa spojnicama toplinskim zavarivanjem, a glavna primjena polietilenskih cijevi je distribucija vode, kanalizacija i drenaģa. Zbog bolje otpornosti na stvaranje napuklina, polietilenske cijevi primjenjuju se i za transport plina. [4]

Novi tipovi PE-HD-a omoguĺ ili su bitno poveĺ anje tenzokorozijske ļ vrstoĺ e cijevi. Viģemodalni poletilen namijenjen je izradbi cijevi za pitku vodu za nominalne tlakove od 40 bara. Isti materijal se uspjeģno primjenjuje i za transport grijaĺ eg medija u geotermalnim sustavima. [6]

Za navedene primjere dovoljni su promjeri cijevi od 25 do 40 mm, no kanalizacijske cijevi i industrijske cijevi za odvod otpadnih voda s visokim protokom traģe puno veĺ e promjere cijevi. Primjenom viģemodalnog polietilena i poboljģanog postupka ekstrudiranja, mogu se izraĽivati cijevi promjera do 2 m debljina stijenki do 100 mm. Ovdje su odluļ ujuĺ a izvrsna

reoloģka svojstva materijala koja sprjeį avaju nejednoliku raspodjelu debljina stijenki koja se dogaĽa zbog utjecaja gravitacije tijekom ekstrudiranja. [6]

Umreģeni polietilen (PE-X) najviģe je primjenjivan duromer u industriji cijevi, a dobiva se umreģivanjem polietilenskih molekulnih lanaca tijekom ili nakon ekstrudiranja, į ime se postiģe jaį a molekulna struktura. Postoje tri metode umreģivanja: primjenom peroksida, primjenom silana i zraį enjem elektronskim snopom. Zahtijevani stupanj umreģenja je od 65 do 89 %. U usporedbi s polietilenom, umreģeni polietilen je boljih svojstava pri viģim ali i pri niģim temperaturama. Preporuį ena maksimalna temperatura primjene je 93 °C. PE-X ima viģu puznu į vrstoĺ u, te bolju postojanost na UV zraį enje i na stvaranje napuklina zbog zaostalih naprezanja i utjecaja okolnog medija (tenzokoroziju). TakoĽer je bolje savojne ģilavosti, rastezne į vrstoĺ e i otpornosti na krti lom. [4,7]

Za transport vruĺ e i hladne vode u sanitarnoj primjeni, plastiį ne cijevi zauzimaju oko 50 % primjena. Ovdje su trend cijevi od umreģenog polietilena s tankim aluminijskim slojem koji sluģi kao stabilizator i barijera na kisik, te PE-HD cijevi s postojanoģĺ u na poviģene temperature (PE-RT). Postojanost na poviģene temperature vaģna je i za korozijski postojan vanjski sloj į eliį nih cijevi koje se primjenjuju za transport nafte i plina. [6]

2.3. Polipropilen

Poliolefini su postali nezamjenljivi kao materijal za nove kanalizacijske sustave gdje sve viģe zamjenjuju osjetljive betonske cijevi i cijevi od lijevanog ģeljeza. Uz polietilen, podjednako vaģan poliolefin je polipropilen, koji je posljednjih 15 godina potvrdio svoju poziciju kao materijal za cjevovode. [4,7] U usporedbi s polietilenom, ima viģu krutost i į vrstoĺ u, no niģu savojnu ģilavost. Osim toga posjeduje bolja svojstva temperaturne i kemijske postojanosti. [4]

Trģiģtem kanalizacijskih cijevi sve viģe Ĺ e dominirati polipropilenske cijevi jer je kanalizacijska infrastruktura u velikim gradovima Zapadne Europe zastarjela i mora se mijenjati. Visokomodalni polipropilen (PP-HM) ima vrlo visoku krutost i izvrsnu savojnu ģilavost pri niskim temperaturama, bolju od heterofaznog kopolimera polipropilena. Ostale prednosti ukljuį uju izvrsnu zareznu savojnu ģilavost i abrazijsku į vrstoĺ u. Zbog visokog modula elastiį nosti PP-HM-a, moģe se smanjiti debljina stijenke i masa cijevi. [8]

2.4. Ostali plastomeri za izradbu cijevi

Akrilonitril/butadien/stiren (ABS) je kopolimer elastomera polibutadiena koji je dispergiran u krutom i krhkom stirenu/akrilonitrilu (SAN). Prisutnost elastomernih į estica omoguĺ uje ABS-u savitljivost i savojnu ģilavost i pri vrlo niskim temperaturama. Zbog svojih izvrsnih

svojstava savojne ģilavosti i krutosti, ABS se najviģe primjenjuje u industrijskim cijevnim sustavima, te u kanalizaciji i odvodnji. [1,4]

Polibuten (PB) je savitljivi poliolefin izvrsne trajne ļ vrstoĺ e koju zadrģava pri poviģenim temperaturama mnogo bolje od polietilena pa je njegova graniļ na temperatura uporabe viģa od temperature uporabe polietilena. Upotrebljava se za kuĺ nu distribuciju tople i hladne vode. [1,4]

Osnovna svojstva poli(viniliden-fluorida) (PVDF) ukljuļ uju kemijsku i toplinsku postojanost, postojanost na UV zraļ enje te otpornost na abraziju. Kao i druge plastomerne cijevi, i PVDF cijevi se lagano oblikuju i zavaruju, a zbog relativno visoke temperature postojanosti oblika primjenljive su pri poviģenim temperaturama. PVDF cijevi primjenjuju se u kemijskim postrojenjima, naftnim platformama, ali i za transport pitke vode i u sustavima proļ iģĺ avanja otpadnih voda. [9]

2.5. Viģeslojne cijevi

Osim jednoslojnih plastiļ nih cijevi, na trģiģtu se mogu naĺ i i viģeslojne cijevi, kombinacija plastiļ nih materijala s metalom, npr. aluminijem. Aluminijske viģeslojne cijevi najļ eģĺ e sadrģe 5 slojeva, srednji sloj aluminija spojen s obje strane ljepljivim slojem na vanjski i unutarnji sloj umreģenog polietilena ili polipropilena. Plastiļ ni unutarnji sloj ļ ini cijev korozijski postojanom, ģto metal ne omoguĺ uje. Viģeslojne cijevi niģe su toplinske rastezljivosti, ģto u kombinaciji s viģom krutosti smanjuje potrebu za potpornim i kompenzacijskim elementima, a time su sniģeni troģkovi instaliranja cijevi. Aluminijski sloj djeluje kao barijera prema difuziji kisika, ģto je korisno u toplinskim primjenama. Nedostatak viģeslojnih cijevi su mnogo viģi investicijski troģkovi proizvodne linije nego za standardno ekstrudiranje cijevi, a i projektiranje, proizvodnja i nadzor kvalitete viģeslojnih cijevi zahtijeva viģe razine vjeģtine i znanja. [3]

3. Tržište plastičnih cijevi [10]

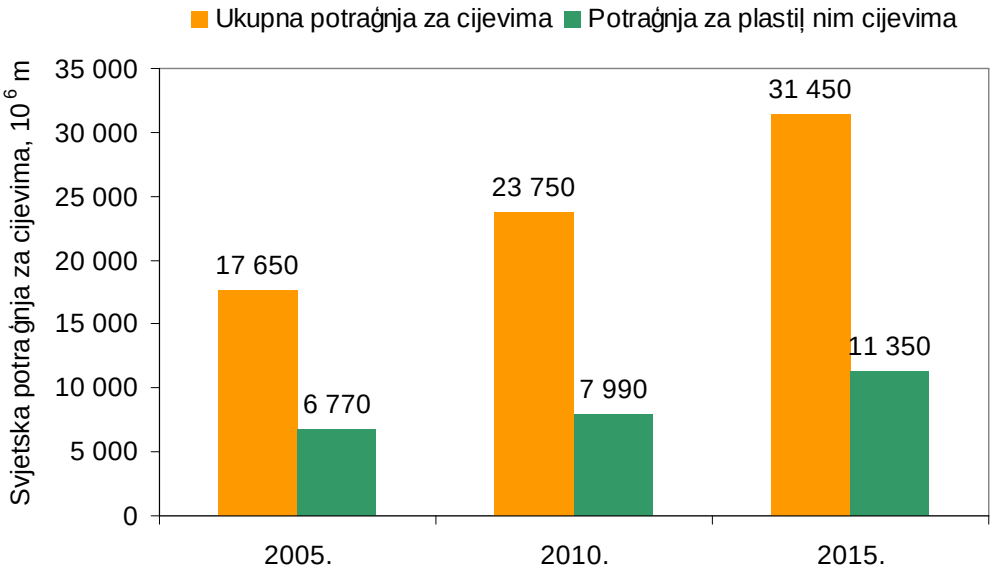
Trģiģte plastiļ nih cijevi, kao i druga trģiģta plastiļ nih proizvoda, pretrpjelo je veliki pad tijekom 2008. i 2009. nakon velikog rasta u posljednjem desetljeĺ u, posebno tijekom razdoblja prije 2008. Buduĺ i rast proizvodnje i potroģnje plastiļ nih cijevi bit Í e posljedica velikih infrastrukturnih investicija u zemljama u razvoju, posebno u tzv. BRIC zemljama (Brazil, Rusija, Indija i Kina). Prosjeļ na stopa rasta potroģnje plastiļ nih cijevi u razdoblju od 2005. do 2010. bila je 6,1 %, no zbog recesije s velikim razlikama s obzirom na regije ï u Sjevernoj Americi doģlo je do pada od 7,8 %, za razliku od Azije koja je doģivjela veliki rast od ļ ak 12,3 % (tablica 2).

Tablica 1. Svjetska potraģnja za cijevima (uz predviĽanje do 2015.) [10]

	2005.	2010.	2015.	Godiģnja stopa rasta, %	
				2005.-2010.	2010.-2015.
Potraģnja za cijevima, 10^6 m	17 650	23 750	31 450	6,1	5,8
Sjeverna Amerika	4 112	2 735	3 670	-7,8	6,1
Zapadna Europa	2 127	1 936	2 230	-1,9	2,9
Azija / Pacifik	8 995	16 050	21 600	12,3	6,1
Srediģnja i Juģna Amerika	614	834	1 060	6,3	4,9
Istoļ na Europa	733	841	1 080	2,8	5,1
Afrika / Bliski istok	1 069	1 354	1 810	4,8	6,0
Udio plastiļ nih cijevi, %	38,4	33,6	36,1	-	-
Potraģnja za plastiļ nim cijevima, 10^6 m	6 770	7 990	11 350	3,4	7,3

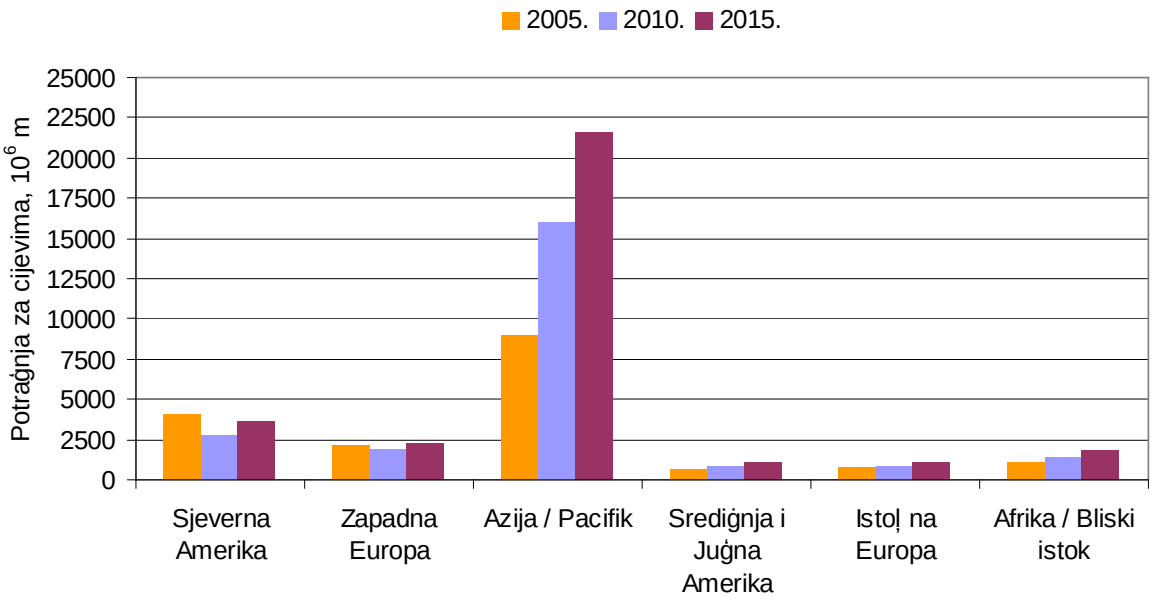
Poli(vinil-klorid) Í e zadrģati svoju vodeĺ u poziciju na trģiģtu plastiļ nih cijevi, a oļ ekuje se poveĺ anje primjene PVC-a za cijevi malog promjera za primjene kao ģto su cijevi za poljoprivredu, cijevi za distribuciju pitke vode i za sanitarnu kanalizaciju. Najveĺ e trģiģte za PE-HD cijevi ļ ine Europa i SAD, a oļ ekuje se rast i u azijsko-pacifiļ kom podruļ ju, na Bliskom istoku i u Latinskoj Americi zbog poveĺ ane potraģnje za plastiļ nim cijevima u graditeljstvu, telekomunikacijama i sustavima distribucije prirodnog plina.

Svjetsko trģiģte cijevi rasti Í e po godiģnjoj stopi od 5,8 % do 31,5 milijarde metara 2015. (slika 2), ģto predstavlja blago usporavanje prema razdoblju od 2005. do 2010.



Slika 2. Svjetska potraģnja za cijevima (uz predviĽanje za 2015.) [10]

Usporavanje se u potpunosti moġe pripisati Kini, najveĺ em svjetskom potroġaļ u cijevi. Nakon velikog rasta u razdoblju od 2000. do 2010., do 2015. se predviĽa jednaka stopa rasta potraġnje za cijevima u Kini kao i prosjeļ na potraġnja u svijetu. Potraġnja za plastiļ nim cijevima rasti Í e po godiġnjoj stopi od 7,3 %, a veĺ om brzinom Í e rasti potraġnja za cijevima od do sada manje primjenjivanih materijala, kao ġto su ABS, PP ili kompoziti ojaļ ani vlaknima. Viġe od dvije treĺ ine potraġnje za plastiļ nim cijevima u razdoblju od 2010. do 2015. moġe se pripisati azijsko-pacifiļ koj regiji, posebno Indiji, Kini i Indoneziji, pri ļ emu Kina zauzima najveĺ i dio, gotovo 40 % (slika 3).



Slika 3. Svjetska potraġnja za cijevima prema regijama (uz predviĽanje za 2015.) [10]

5. Zaključak

Primjena plastiļ nih materijala u graĽevinarstvu sve viġe raste, buduĺ i da arhitekti, konstruktori i graditelji sve viġe prepoznaju njihove prednosti za graĽevinske primjene. Veĺ godinama se postupno zamjenjuju cjevovodi od tradicionalnih materijala kao ġto su bakar, ļ elik ili lijevano ġeljezo s plastiļ nima. Neke od prednosti su smanjenje mase, jednostavna izradba i instaliranje cijevi, lako odrġavanje i popravak, a u veĺ ini sluļ ajeva i sniġenje troġkova. Plastiļ ne cijevi pogodne su za transport pitke vode jer zadovoljavaju higijenske zahtjeve, pogodne su za transport plina jer zadovoljavaju stroge sigurnosne zahtjeve, postojane su pri poviġenim temperaturama pa su pogodne za primjenu u sustavima za podno grijanje, a zbog svoje izvrsne kemijske postojanosti uspjeġno se primjenjuju i za kanalizaciju i odvodnju. Plastiļ ne cijevi mogu zadovoljiti specifiļ ne zahtjeve svakog podruļ ja primjene, uz zadrġavanje izvrsnih uporabnih svojstava, pouzdanost i sigurnost u radu tijekom dugog ġivotnog vijeka. Na trġiġtu cijevi dominantan materijal i dalje je

poli(vinil-klorid), slijedi ga polietilen visoke gustoĺe, a bitna promjena ne oļekuje se u skorijoj buduĺnosti.

6. Literatura

[1] The European Plastic Pipes and Fittings Association, http://teppfa.eu/
[2] Uses of plastic pipe, http://www.ppfahome.org/uses.aspx
[3] Plastic piping system to gain higher market share for hot and cold water distribution, http://www.plastemart.com/Plastic-Technical-Article.asp?LiteratureID=1517&Paper=plastic-piping-system-to-gain-higher-market-share-for-hot-and-cold-water-distribution
[4] Kutz, Myer. (Ed.). Applied Plastics Engineering Handbook: Processing and Materials, Elsevier, 2011. (ISBN-978-1-4377-3514-7)
[5] Ertl, Josef et al. Polyvinyl Chloride (PVC) // Kunststoffe international, 100(2010), 10, 45-48. (ISSN 1862-4243)
[6] Albus, Stefan. High-Density Polyethylene (HDPE) ï Part 2// Kunststoffe international, 100(2010), 10, 52-54. (ISSN 1862-4243)
[7] Albus, Stefan. Polypropylene (PP) ï Part 2 // Kunststoffe international, 100(2010), 10, 64-67. (ISSN 1862-4243)
[8] As construction projects get refinanced, demand for plastic pipes set to rise in the Gulf, http://www.plastemart.com/Plastic-Technical-Article.asp?LiteratureID=1515&Paper=as-construction-projects-get-refinanced-demand-for-plastic-pipes-set-to-rise-in-the-gulf
[9] Seiler, David A; Gingras, Josh. PVDF Piping - Oh So Many Options, http://www.chem.info/Articles/2010/09/PVDF-Piping%E2%80%94Oh-So-Many-Options/
[10] Emerging economies and new applications to drive growth of global plastic pipes market, http://www.plastemart.com/Plastic-Technical-Article.asp?LiteratureID=1777&Paper=emerging-economies-and-new-applications-to-drive-growth-of-global-plastic-pipes-market

Zahvala

Rad je dio istraģivanja u okviru projekata *Povišenje učinkovitosti razvoja i preradbe polimernih proizvoda* i *Napredni postupci izravne izrade polimernih proizvoda*, koji su u sklopu programa *Brza proizvodnja – od ideje do stvarnosti* financiranog od Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske. Autori zahvaljuju Ministarstvu na potpori projektima.

Analiza programske podrške za proračun građevnih dijelova jednostavnog stambenog objekta prema zahtjevima Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama

Analysis of software support for the calculation of building components simple residential building in accordance with the requirements of the Technical regulation on the rational use of energy and thermal protection in buildings

B. Knežević*, T. Barić, H. Glavaš

Elektrotehniļki fakultet Osijek, Sveuļiliġte J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska

*Autor za korespodenciju. E-mail: bknezevi@etfos.hr

Sažetak

Primjenom dostupne programske podrġke izvrġen je proraļun graĽevnih dijelova jednostavnog stambenog objekta u skladu sa zahtjevima Tehniļkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaġtiti u zgradama. Programsku podrġku upotrijebljenu za analizu predstavljaju ļetiri pojedinaļne aplikacije: KI Expert, IGH Toplinska zaġtita, Novolit 2009. Toplinska zaġtita i URSA GraĽevinska fizika 5.0. Analiza, u svakoj aplikaciji pojedinaļno, je izvrġena na jednostavnom stambenom objektu koji je u naravi tipska obiteljska kuĺa iz obnove, neto korisne povrġine 55 m^2. Buduĺi da analizirani jednostavni stambeni objekt inicijalno ne zadovoljava zahtjeve Tehniļkog propisa, na vanjsku ovojnicu objekta postavlja se toplinska izolacija u obliku ETICS sustava i ponavlja se proraļun s ciljem spoznaje o zadovoljenju Tehniļkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaġtiti u zgradama. Svakom aplikacijom pojedinaļno definirani su troġkovnici ETICS sustava, razdoblje povrata investicije i godiġnji troġak za odrġavanje projektne temperature unutar objekta. Usporedba razlika u rezultatima proraļuna pojedinih aplikacija napravljena je kroz odreĽivanje energetskog razreda graĽevine u pojedinim programskim alatima i definiranje energetske iskaznice analiziranog objekta.

Ključne riječi: KI Expert, IGH Toplinska zaġtita, Novolit 2009. Toplinska zaġtita i URSA GraĽevinska fizika 5.0.

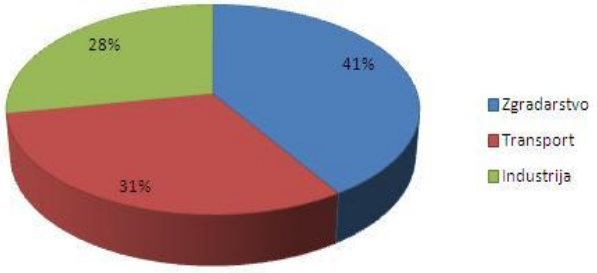
Abstract

Using available software support was performed the calculation of building components simple residential building in accordance with the requirements of the Technical regulation on the rational use of energy and thermal protection in buildings. Software support used for analysis represent four individual applications: KI Expert, IGH Toplinska zaġtita, Novolit 2009. Toplinska zaġtita i URSA GraĽevinska fizika 5.0. Analysis, in each application individually, was performed on a simple residential building which is in kind type of family house from reconstruction, a net area of 55 sq m. Since the analyzed simple residential building initially does not satisfy the requirements of the Technical regulation, on the external envelope of the building is placed thermal insulation in the form of ETICS system and repeat the calculation with the aim of notion to satisfy of the Technical regulation on the rational use of energy and thermal protection in buildings. For each application separately are defined bills of ECITS system, the payback period and the annual cost for maintaining design temperature inside the building. Comparison of differences in calculation results of individual applications is made through the determination of the energy class of the building in some software tools and defining the energy card of the analyzed object.

Key words: KI Expert, IGH Toplinska zaġtita, Novolit 2009. Toplinska zaġtita i URSA GraĽevinska fizika 5.0.

1. Uvod

Neminovno se bliġimo granicama moguĹ nosti naġeg planeta u osiguranju dovoljne koliļ ine prirodnih resursa potrebnih za odrġanje potreba brzo rastuĹ eg stanovniġtva. Osigurati dovoljne koliļ ine energije kljuļ no je strateġko pitanje suverenih drġava. Kao posljedica sve efikasnijeg i intenzivnijeg koriġtenja ograniļ enih prirodnih resursa svjedoci smo poveĹ anja cijene energenata. Zadovoljenje energetskih potreba pojedinca moguĹ e je jedino upotrebom mjera energetske uļ inkovitosti i racionalnom uporabom energije.
Slika 1 prikazuje udio potroġnje energije po sektorima u Republici Hrvatskoj [1].



Slika 1. Udio potroġnje energije po sektorima

Sektor zgradarstva posebno znaļajan kao potroġaļ energije jer u ukupnoj potroġnji energije sudjeluje s oko 40 %, sa stalnim porastom potroġnje kao odrazom poveĺanja ġivotnog standarda i u tom sektoru postoje veliki potencijali uġtede energije. Zbog velike potroġnje energije u zgradama, a istovremeno i najveĺeg potencijala energetskih i ekoloġkih uġteda, energetska uļinkovitost je danas prioritet suvremene arhitekture i energetike. Akcijski plan za energetsku uļinkovitost, niz direktiva i poticajnih mehanizama te obavezna energetska certifikacija zgrada, upuĺuju na hitnu potrebu smanjenja potroġnje energije u zgradama, ļime se utjeļe na ugodniji i kvalitetniji boravak u zgradi, duġi ġivotni vijek zgrade, te doprinosi zaġtiti okoliġa.

2. Analiza programske podrške za proračun građevnih dijelova jednostavnog stambenog objekta prema zahtjevima Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama

2.1. Programska podrġka

Programsku podrġku upotrijebljenu za analizu predstavljaju ļetiri pojedinaļne aplikacije: KI Expert, IGH Toplinska zaġtita, Novolit 2009. Toplinska zaġtita i URSA GraĽevinska fizika 5.0.

Raļunalni program *KI Expert* je izradilo Sveuļiliġte u Zagrebu i Fakultet organizacije i informatike u Varaġdinu sa voditeljem projekta Zlatkom Stapiĺem mag. inf.. Izdavaļ je Knauf Insulation d.o.o. Novi Marof. Program je veliļine 50,3 MB i moguĺe ga je besplatno preuzeti u punoj verziji sa stranice www.knaufinsulation.hr.

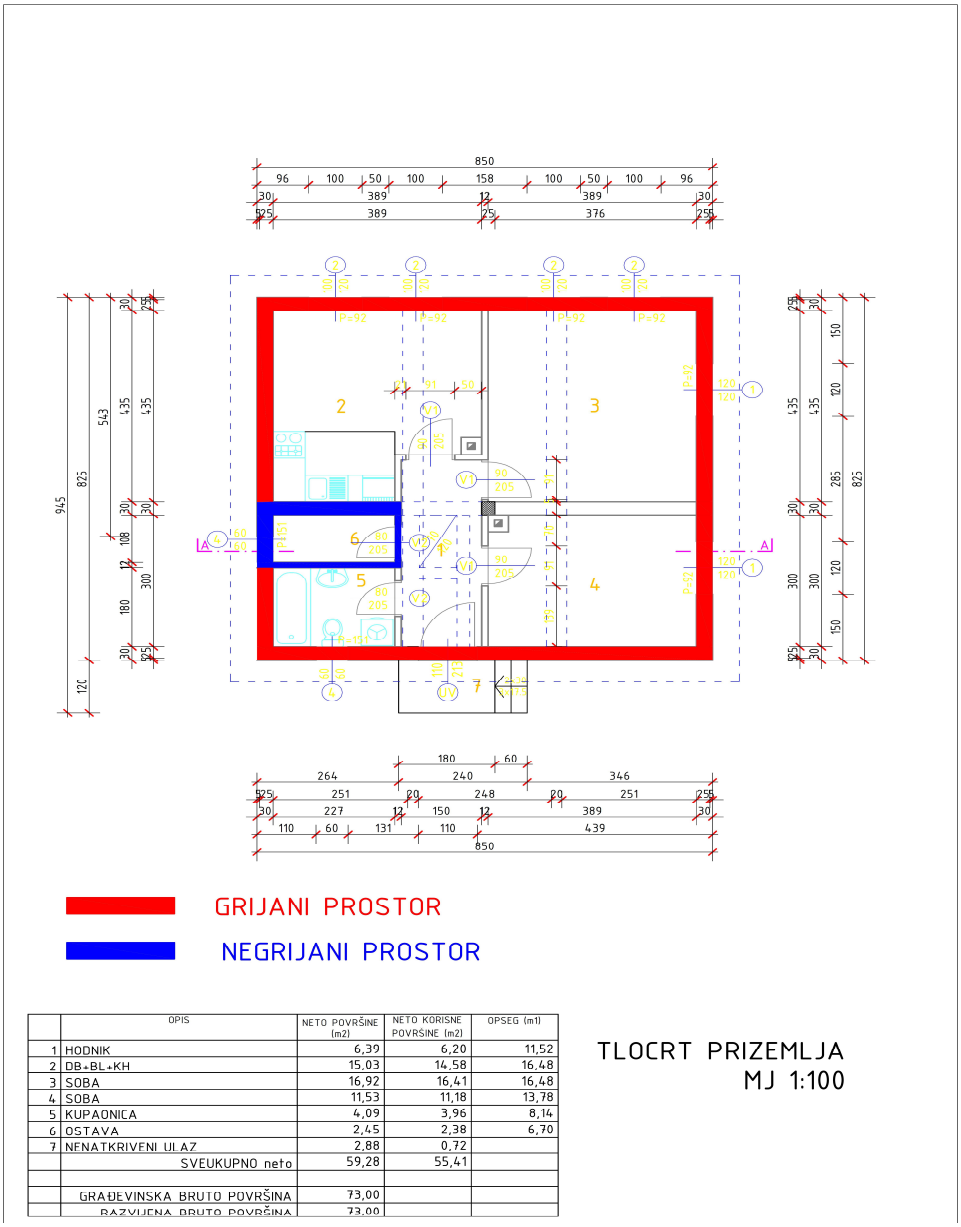
Raļunalni program *IGH Toplinska zaštita* je izraĽen u Zavodu za zgradarstvo, Instituta graĽevinarstva Hrvatske d.d. iz Zagreba. Izdavaļ je Institut graĽevinarstva Hrvatske d.d. Zagreb. Program je veliļine 13,2 MB, dostupan je putem CD medija i sastoji se iz demo inaļice gdje je rad ograniļen i moġe se koristiti isključļivo za ispitivanje svih moguĺnosti rada u programu prije kupnje, odnosno registracije. Kada se program registrira putem registracijskog ključa rad u njemu viġe nije ograniļen. Program je registriran zahvaljujuĺi direktoru Zavoda za zgradarstvo u Institutu graĽevinarstva Hrvatske mr.sc. Ġeljku Ġtromaru dipl.ing.graĽ..

Raļunalni program *Novolit 2009. Toplinska zaštita* izraĽen u suradnji s Razredom arhitekata Hrvatske komore arhitekata i inġenjera u graditeljstvu. Izdavaļ je Novolit d.o.o. Program je veliļine 9,3 MB i moguĺe ga je besplatno preuzeti u punoj verziji sa stranice http://www.novolit.si/hr/novocad.html.

Raļunalnu aplikaciju *URSA Građevinska fizika 5.0* je izradio RAISA raļunalni inġenjering, Metod Saje s.p., u suradnji s URSA Slovenija d.o.o. i URSA Zagreb d.o.o. Program je veliļine 9,3 MB i moguĺe ga je besplatno preuzeti sa stranice www.ursa.com.hr.

2.2. Jednostavni stambeni objekt

Analiza, u svakoj aplikaciji pojedinaļno, izvrġena je na jednostavnom stambenom objektu koji je u naravi tipska obiteljska kuĺa iz obnove, neto korisne povrġine 55 m^2. Jednostavni stambeni objekt je izgraĽen za tri ļlana obitelji. Na slici 2 prikazan je tlocrt prizemlja, popis prostorija i njihova povrġina analiziranog objekta gdje je crvenom bojom oznaļen grijani prostor, a plavom bojom je oznaļen negrijani prostor u stambenom objektu.



	OPIS	NETO POVRŠINE (m2)	NETO KORISNE POVRŠINE (m2)	OPSEG (m1)
1	HODNIK	6,39	6,20	11,52
2	DB+BL+KH	15,03	14,58	16,48
3	SOBA	16,92	16,41	16,48
4	SOBA	11,53	11,18	13,78
5	KUPAONICA	4,09	3,96	8,14
6	OSTAVA	2,45	2,38	6,70
7	NENATKRIVENI ULAZ	2,88	0,72	
	SVEUKUPNO neto	59,28	55,41	
	GRAĐEVINSKA BRUTO POVRŠINA	73,00		
	RAZVIJENA BRUTO POVRŠINA	73,00		

Slika 2. Tlocrt prizemlja analiziranog jednostavnog stambenog objekta

2.3. Proračun toplinskih gubitaka jednostavnog stambenog objekta bez toplinske izolacije

Zakon o obnovi (članak 3, stavak 2) [2] govori da se pod obnovom materijalnih dobara podrazumijeva takav opseg radova koji je nužan kako bi se ta dobra dovela u stanje prikladno za život, boravak, odnosno korištenje. Građevni dijelovi jednostavnog stambenog objekta koji graniče s vanjskim zrakom ili negrijanim prostorijama koji u svom homogenom sastavu ne sadržavaju izolacijske materijale ne zadovoljavaju zahtjeve koje propisuje Tehnički propis, također takav objekt ne zadovoljava osnovne uvjete za stanovanje i rad.
U tablici 1 prikazane su vrijednosti koeficijenta prolaska topline *U* građevnih dijelova jednostavnog stambenog objekta bez toplinske izolacije izračunate u računalnom programu URSA Građevinska fizika 5.0.

Tablica 1. Vrijednosti koeficijenta prolaska topline *U* izračunate u računalnom programu URSA Građevinska fizika 5.0

Program URSA Građevinska fizika 5.0			
Građevni dio:	***U*** **izračunato** **(W/m²·K)**	***U*** **maksimalno** **(W/m²·K)**	**Rezultat**
Z1 – Vanjski zid	1,17	0,45	Ne zadovoljava
Z2 – Vanjski zid – ploče	1,15	0,45	Ne zadovoljava
Z3 – Unutarnji zid – nosivi i vezni	1,03	100	Zadovoljava
Z4 – Unutarnji zid - pregradni	2,10	100	Zadovoljava
Z3 – Unutarnji zid – nosivi i vezni – prema ostavi	1,14	0,50	Ne zadovoljava
Z4 – Unutarnji zid – pregradni – prema ostavi	2,59	0,50	Ne zadovoljava
P1 – Pod na tlu	0,38	0,50	Zadovoljava
P2 – Pod na tlu – ploče	0,73	0,50	Ne zadovoljava
S1 – Strop prema negrijanom tavanu	1,94	0,30	Ne zadovoljava

Kao što se vidi iz tablice 1 većina građevnih dijelova ne zadovoljava u pogledu minimalne toplinske zaštite i najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline *U* (W/m²K). Svi građevni dijelovi koji graniče s vanjskim zrakom ili negrijanim prostorijama ne zadovoljavaju navedene zahtjeve jer u svom sastavu ne sadržavaju nikakve izolacijske materijale. To znači i da jednostavni stambeni objekt bez toplinske izolacije na građevnim dijelovima koji graniče s vanjskim zrakom ili negrijanim prostorijama ne zadovoljava osnovne uvjete za stanovanje i rad.

2.4. Proraļ un toplinskih gubitaka jednostavnog stambenog objekta s toplinskom izolacijom

Kada se postave izolacijski materijali na graĽevne dijelove koji graniļ e s vanjskim zrakom ili negrijanim prostorijama tada svi graĽevni dijelovi zadovoljavaju u pogledu minimalne toplinske zaġtite i najveĺ e dopuġtene vrijednosti koeficijenta prolaska topline U (W/m^{2}ĀK). TakoĽer, kako se vidi u tablici 2 vrijednosti koeficijenta transmisijskog toplinskog gubitka i godiġnje potrebne toplinske energije zadovoljavaju zahtjeve Tehniļ kog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaġtiti u zgradama.

Tablica 2. Vrijednosti toplinskih gubitaka, godiġnje potrebne toplinske energije i ukupne energije za grijanje ovisno o raļ unalnom programu

Programi	**Vrijednosti**							
/	Transmisijski toplinski gubici H_T (W/K)	Toplinski gubici zbog provjetravanja H_V (W/K)	Koeficijent ukupnih toplinskih gubitaka $H = H_T+H_V$	Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka $H'_{tr,adj}$ (W/m^{2}ĀK)		Godiġnja potrebna toplinska energija $Q_{H,nd}/A_k$ (kWh/m^{2}A)		Ukupna energija za grijanje $Q_{H,nd}$ (kWh)
/ /	/ /	/ /	/ /	Dopuġteno	Izraļunato	Dopuġteno	Izraļunato	/ /
KI Expert	77,88	20,80	98,68	0,48	0,43	84,73	67,63	3.749,00
IGH	/	/	/	/	/	/	/	/
Novolit	64,01	22,38	86,39	0,47	0,41	87,31	85,19	4.721,89
URSA	65,52	22,38	87,90	0,47	0,43	86,51	85,19	4.722,00

U tablici 2 vrijednosti toplinskih gubitaka, godiġnje potrebne toplinske energije i ukupne energije za grijanje nisu prikazane za raļ unalni program IGH Toplinska zaġtita.
U programu je za tip zgrade odabrana obiteljska kuĺ a (ploġtina korisne povrġine zgrade manja od 400 m^2), a za takav tip zgrade, kao i za zgradu malog obujma program ne omoguĺ ava prikaz navedenih podataka, odnosno izraļ un projekta se ne moġe provesti do kraja. Od ukupne izgradnje u Republici Hrvatskoj, obiteljske kuĺ e su zastupljene s 42 % udjela. Poġto program nudi izraļ un vrijednosti toplinskih gubitaka, godiġnje potrebne toplinske energije, ukupne energije za grijanje i ostalih vrijednosti samo ako je ploġtina korisne povrġine obiteljske kuĺ e veĺ a od 400 m^2, dolazimo do zakljuļ ka da je program jedino koristan za proraļ un stambenih i nestambenih zgrada, kao i zgrada s viġe zona.

2.5. Usporedba rezultata razliļ itih oblika programske podrġke

Da bi se poboljġala energetska uļ inkovitost analiziranog jednostavnog stambenog objekta potrebno je postaviti izolacijske materijale na graĽevne dijelove koji graniļ e s vanjskim zrakom ili negrijanim prostorijama, odnosno na one graĽevne dijelove koji ne zadovoljavaju zahtjeve Tehniļ kog propisa (oznaļ eni su crvenom bojom u tablici 1).
U tablici 3 prikazane su cijene i popis materijala koji je potreban postaviti na graĽevne dijelove kako bi oni zadovoljavali zahtjevima Tehniļ kog propisa.

Tablica 3. Popis materijala potreban za zadovoljenje zahtjeva Tehniļ kog propisa

Građevni dio	Materijal	Debljina	Potrošnja	Cijena	Površina	Iznos
Z1 ï Vanjski zid i Z2 ï Vanjski zid - ploļ ice	GraĽevinsko ljepilo	1 cm	5 kg/m^2	2,71 kn/kg	76,48 m^2	1.036,30 kn
	Stiropor EPS F	10 cm	m^2	33 kn/m^2	76,48 m^2	2.523,84 kn
	GraĽevinsko ljepilo	0,5 cm	4 kg/m^2	2,71 kn/kg	76,48 m^2	829,04 kn
	Armaturna mreġica	/	1,1 m/m^2	3,41 kn/m^2	76,48 m^2	286,88 kn
	Alu-profil za podnoġje sa okapom	/	m	14,88 kn/m	33,5 m	498,48 kn
	PVC kutni profil sa mreġicom	/	m	6,54 kn/m	10,8 m	70,63 kn
S1 ï Strop prema negrijanom tavanu	Stiropor EPS 100	5 cm	m^2	23,68 kn/m^2	60,44 m^2	1.431,22 kn
	Stiropor EPS T	6,6 cm	m^2	33,63 kn/m^2	60,44 m^2	2.032,60 kn
	PVC folija	0,02 cm	1 kg/5 m^2	10,92 kn/kg	60,44 m^2	132,00 kn
	Cementni estrih	3 cm	20 kg/m^2/cm	0,78 kn/kg	60,44 m^2	2.828,59 kn
Z3 ï Unutarnji zid ï nosivi i vezni ï prema ostavi	Stiropor EPS 70	2 cm	m^2	8 kn/m^2	6,13 m^2	49,04 kn
	Stiropor EPS 70	3 cm	m^2	11,99 kn/m^2	6,13 m^2	73,50 kn
Z4 ï Unutarnji zid ï pregradni ï prema ostavi	Stiropor EPS 70	3 cm	m^2	11,99 kn/m^2	6,13 m^2	73,50 kn
	Stiropor EPS 70	4 cm	m^2	15,99 kn/m^2	6,13 m^2	98,02 kn
P2 ï Pod na tlu - ploļ ice	Polietilen	0,025 cm	1 kg/5 m^2	12,79 kn/kg	7,72 m^2	19,75 kn
	Stiropor EPS T	5,5 cm	m^2	28,02 kn/m^2	7,72 m^2	216,31 kn
					U K U P N O =	**12.199,70 kn**

U tablici 3 za svaki graĽevni dio prikazan je popis materijala koji je potreban ugraditi, kao i njegova debljina, potroġnja i povrġina graĽevnog dijela. TakoĽer, u tablici je prikazana cijena pojedinog materijala, kao i cijena ukupnog materijala koji je potreban kako bi se zadovoljili zahtjevi Tehniļ kog propisa. Prikazani materijali su stvarni materijali koji su preuzeti sa internet stranice Novolit [3], i iz prodajnog cjenika Baumit [4]. Cijene kao i potroġnja pojedinih materijala preuzete su sa internet stranica [3], [4], [5], [6] i [7].
U tablici 4 prikazana je godiġnja cijena grijanja ovisno o energentu i ovisno da li je jednostavni stambeni objekt izraĽen bez toplinske izolacije ili s toplinskom izolacijom.

Tablica 4. Proračun godišnje cijene grijanja ovisno o vrsti energenta i programskoj podršci

Naziv građevine	Programska podrška	Godišnja potrošnja energenta	Energent	Cijena energenta*	Godišnja cijena grijanja
Jednostavni stambeni objekt bez toplinske izolacije	KI Expert	8.359,00	električna energija	1,024 kn/kWh	8.820,62 kn
	KI Expert	1.173,19	prirodni plin	3,50 kn/m^3	4.353,72 kn
	KI Expert	5,86	ogrjevno drvo	250 kn/m^3	1.758,00 kn
Jednostavni stambeni objekt s toplinskom izolacijom	KI Expert	3.749,00	električna energija	1,024 kn/kWh	4.099,98 kn
	KI Expert	526,18	prirodni plin	3,50 kn/m^3	2089,19 kn
	KI Expert	2,63	ogrjevno drvo	250 kn/m^3	789,00 kn
Jednostavni stambeni objekt bez toplinske izolacije	Novolit	13.288,54	električna energija	1,024 kn/kWh	13.868,46 kn
	Novolit	1.865,06	prirodni plin	3,50 kn/m^3	6.775,27 kn
	Novolit	9,33	ogrjevno drvo	250 kn/m^3	2.799,00 kn
Jednostavni stambeni objekt s toplinskom izolacijom	Novolit	7.425,82	električna energija	1,024 kn/kWh	7.865,04 kn
	Novolit	1.042,22	prirodni plin	3,50 kn/m^3	3.895,33 kn
	Novolit	5,21	ogrjevno drvo	250 kn/m^3	1.563,00 kn
Jednostavni stambeni objekt bez toplinske izolacije	URSA	14.040,00	električna energija	1,024 kn/kWh	14.637,96 kn
	URSA	1.540,00	prirodni plin	3,50 kn/m^3	5.637,56 kn
	URSA	7,7	ogrjevno drvo	250 kn/m^3	2.310,00 kn
Jednostavni stambeni objekt s toplinskom izolacijom	URSA	6.890,00	električna energija	1,024 kn/kWh	7.316,36 kn
	URSA	770,00	prirodni plin	3,50 kn/m^3	2.942,56 kn
	URSA	3,85	ogrjevno drvo	250 kn/m^3	1.155,00 kn

* cijene energenata na dan 10.07.2012. godina.

Napomena: Sve cijene su izražene s PDV-om od 25 %. Za električnu energiju u godišnju cijenu grijanja uračunata je i godišnja naknada za mjernu uslugu i opskrbu. Za prirodni plin u godišnju cijenu grijanja uračunat je i godišnji iznos fiksne naknade. Za ogrjevno drvo u godišnju cijenu uračunat je i dovoz, piljenje i cijepanje po ukupnoj cijeni od 50 kuna.

Cijena elektriį ne energije za kuĺ anstvo (tarifni model ¨bijeli¨) dana 10.07.2012. godine iznosi 1,14 kn/kWh VT, a cijena NT iznosi 0,56 kn/kWh. Ako se pretpostavi da se grijanje veĺ inom koristi preko dana kada je zastupljena VT, izraį un se moģe provesti tako da se uzme 80 % cijene VT, a 20 % cijene NT. Na kraju izraį una za prosjeį nu cijenu elektriį ne energije dobije se iznos od 1,024 kn/kWh.

Razdoblje povrata uloģene investicije (izolacijski materijali koje je potrebno postaviti na graĽevne dijelove kako bi oni zadovoljavali zahtjevima Tehniį kog propisa) jednostavno se moģe izraį unati pomoĺ u jednadģbe [8]:

$$T_P = \frac{Investicija}{Godišnja\ ušteda} = \frac{I_0}{V}\,[god]$$

$$T_P = \frac{12.199{,}70}{12.442{,}35 - 6.427{,}13} = \frac{12.199{,}70}{6.015{,}22} = 2{,}03\,[god]$$ za elektriį nu energiju

$$T_P = \frac{12.199{,}70}{5.588{,}85 - 2.975{,}69} = \frac{12.199{,}70}{2.613{,}16} = 4{,}67\,[god]$$ za prirodni plin

$$T_P = \frac{12.199{,}70}{2.289{,}00 - 1.169{,}00} = \frac{12.199{,}70}{1.120{,}00} = 10{,}89\,[god]$$ za ogrjevno drvo

Napomena: Izraį un je dobiven tako ģto se uzela srednja vrijednost godiģnje cijene grijanja u sve tri programske podrģke.

Od 2012. godine cijene energenata moraju se formirati po trģiģnom principu, pa su se zbog toga poį ele naglo poveĺ avati. Prema tablici 4 najskuplje grijanje je na elektriį nu energiju. Na taj naį in grije se oko 14 % stanovniģtva u Hrvatskoj. Od navedenih energenata uz ogrjevno drvo plin je najjeftiniji energent za grijanje. Radi slabo razvijene distribucijske plinske mreģe na drģavnoj razini relativno mali broj kuĺ anstava ima moguĺ nost koriģtenja tog energenta. Gotovo polovina hrvatskih kuĺ anstava (oko 43 %) za grijanje koristi drvnu masu. Uz cijenu drvna masa je i ekoloģki prihvatljiv energent koji se ubraja u obnovljive izvore energije tj. u biomasu. Poģto grijanje na ogrjevno drvo zahtijeva dosta rada ģto ne moģe da prati danaģnji tempo ģivota, kao najjednostavnije i pribliģno najpovoljnije rjeģenje je grijanje na prirodni plin [9].

Kod programske podrģke KI Expert najveĺ i problem je ģto se kod upisa *¨Novog materijala¨* u grupu *¨Materijali korisnika¨* za vrijednost toplinske provodljivosti ə [W/(mK)] nije moguĺ e upisati vrijednost manju od 0,060! Kao ģto je poznato veĺ ina toplinsko - izolacijskih materijala ima vrijednost toplinske provodljivosti manju od 0,060. Zbog toga je kod pojedinih graĽevnih dijelova potrebno ugraditi veĺ u debljinu izolacijskog materijala, pa je zbog toga i cijena ukupnog materijala veĺ a u odnosu na ostale dvije programske podrģke.

Nedostatci i opis raļunalnog programa IGH Toplinska zaġtita je objaġnjen na stranici broj ġest.
Pri radu u raļunalnom programu URSA GraĽevinska fizika 5.0 (verzija 5.0-12) pojavio se problem u podacima *¨Moji materijali¨*. Greġka je bila u tome ġto se pri odabiru nekog od materijala koji su upisani u *¨Moji materijali¨*, uvijek se na graĽevnom dijelu ubacivao jedan isti materijal, iako on nije bio odabran. Greġka je otklonjena kontaktom s RAISA raļunalniġki inġeniring Metod Saje s.p., i instaliranjem nove verzije programa (verzija 5.0-13).

3. Zaključak

Kao ġto je bilo moguĹe za pretpostaviti, jednostavni stambeni objekt bez toplinske izolacije ne zadovoljava zahtjeve Tehniļkog propisa. U radu je izraļunato da po potroġnji energije takva zgrada pripada energetskom razredu E. Takva zgrada troġi veliku koliļinu energije i zagaĽuje okoliġ. Stanovanje u takvoj zgradi je neudobno i nezdravo zbog problema pri zagrijavanju prostora zimi, pregrijavanja prostora ljeti, moguĹnosti pojavljivanja kondenzacije (vlage) i ogromnih troġkova za grijanje.
Poġto je zgradarstvo najveĹi pojedinaļni potroġaļ energije u Republici Hrvatskoj i najveĹi korisnik elektriļne energije, postavljanje toplinske izolacije na stambene objekte nije troġak nego opravdana investicija. Investicija uloġena u toplinsku izolaciju isplatit Ĺe se (kako je u ovom radu izraļunato) najkraĹe za dvije godine, a najduġe za jedanaest godina, ovisno o energentu koji se koristi za grijanje prostora. U radu je izraļunato da jednostavni stambeni objekt s toplinskom izolacijom pripada energetskom razredu C. TakoĽer, stanovanje u takvom objektu je zdravije i ugodnije.
Programske podrġke Novolit 2009. Toplinska zaġtita i URSA GraĽevinska fizika 5.0 daju približno iste vrijednosti toplinskih gubitaka, godiġnje potrebne toplinske energije i ukupne energije za grijanje, kao i pri proraļunu godiġnje cijene grijanja. Prema tome, dolazi se do zaključļka da su navedeni programi toļniji zbog približno istih navedenih vrijednosti, u odnosu na programsku podrġku KI Expert. Rad u programima Novolit 2009. toplinska zaġtita i URSA GraĽevinska fizika 5.0 je jednostavan, s detaljnim uputama i bez problema koji se pojavljuju u programima KI Expert i IGH Toplinska zaġtita. Stoga je preporuka da se radi u jednom od dvije programske podrġke, a to su Novolit 2009. Toplinska zaġtita ili URSA GraĽevinska fizika 5.0.

4. Literatura

[1] Internet stranica http://www.powerlab.fsb.hr/enterpedia.
[2] Zastupniļki dom Sabora Republike Hrvatske, Zakon o obnovi, Narodne novine, brojevi 24, 54, 87, 1996., broj 57, 2000., broj 38, 2009. i broj 45, 2011. godina.
[3] Internet stranica http://www.novolit.si/hr.
[4] Internet stranica http://www.baumit.hr/upload/Downloads/2011.pdf.

[5] Internet stranica http://www.kemenovic.com/.
[6] Internet stranica http://www.plastform.hr/.
[7] Internet stranica http://www.tomislav-zg.hr/.
[8] V. Bukarica, D. DoviĹ , Ģ. Hrs BorkoviĹ , V. Soldo, B. SuĻ iĹ , S. Ġvaiĺ , V. Zanki, PriruĻ nik za energetske savjetnike, Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj, str. 133, jednadġba (9.8), Zagreb, 2008. godina.
[9] Branko KneġeviĹ ¨Analiza programske podrġke za proraĻ un graĽevnih dijelova jednostavnog stambenog objekta prema zahtjevima TehniĻ kog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaġtiti u zgradama¨, Diplomski rad, ElektrotehniĻ ki fakultet Osijek, 2012., mentor: doc. dr. sc. Tomislav BariĹ , sumentor: dr. sc. Hrvoje Glavaġ.

Bioethanol Production and Applicability

N. Pézsa [1,*], S. Szemerey [2]

[1]Department of Automobiles, Budapest University of Technology and Economics, HUNGARY
[2]Environmental Friendly Technologies Knowledge Center, Kecskemét College, HUNGARY

[*] Corresponding Author. E-mail: pezsa.nikolett@auto.bme.hu; szemerey@gamf.kefo.hu

Abstract

Rising CO2 emission levels, energy dependency and oil dependency also affect the transport sector. The application of alternative fuels offers one way to tackle global challenges. Among alternative fuels the application of biofuels has caused worldwide concern. The evaluation of biofuels depends on a lot of factors, such as applied production technology, feedstock and location. However, the debate on food versus energy production still remains, first generation biofuels are competitive in some regions of the world. With the application of second generation biofuels most of the problems concerning biofuels are expected to be overcome. However, second generation biofuels are unlikely to become commercial before 2015.

The aim of this paper is to give an overview of the current status of biofuels worldwide and to introduce the situation and future possibilities in Hungary.

Keywords: first generation bioethanol, second generation bioethanol, viability, Hungarian status

1. Introduction

Global problems such as CO2 emission, energy dependency and oil dependency urge for solutions in all affected sectors and therefore also in the transport sector. The biggest challenge for the transport sector is that CO2 emissions energy dependency and oil dependency have to be reduced at the same time when increased mobility needs have to be met. The increase of energy efficiency and the application of alternative fuels are alternatives to tackle global problems in the transport sector. [1]

Several countries have introduced policies for encouraging the production and use of biofuels, including the United States, where the Energy Independence and Security Act 2007 mandates a significant increase in both first- and second generation biofuels use by 2020. China has a target to 2020 and the European Union has a target for biofuels to meet 10% of road transport demand by 2020. [2]

Australia, New Zealand, Colombia, South Africa, Thailand, Japan, Indonesia, Mexico and Canada also have mandates for ethanol blends. [2]

2. Global status of biofuels

Projections concerning future biofuel output are very sensitive to assumptions.

The IEA's World Energy Outlook 2008 Reference Scenario projects the world biofuels output to meet 5% of road-transport fuel demand by 2030 (Figure 1), while in the WEO Alternative Scenario output reaches 7% of road-fuel use in 2030. The IEA's Energy Technology Perspectives (2006) suggests bioethanol and biodiesel could meet some 13% of global transport fuel demand and contribute some 6% of global emission reductions by 2050. [2]

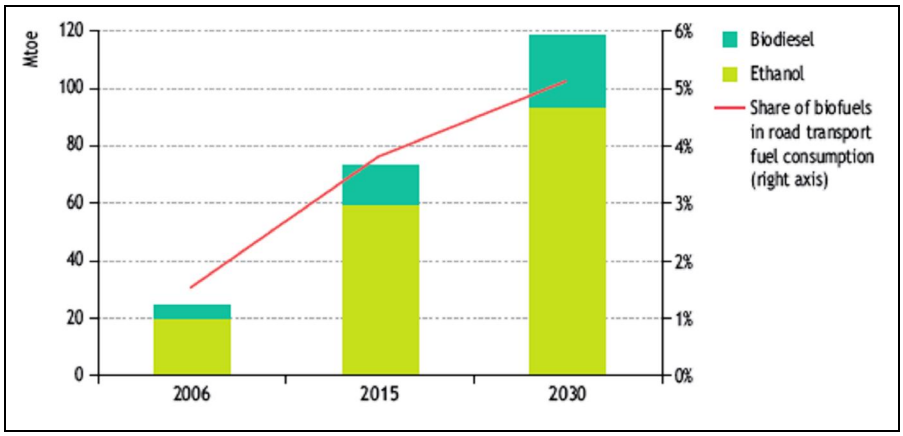


Figure 1: World biofuels consumption [2]

The world's largest producers of bioethanol are Brazil and the United States.

As it can be seen in Figure 2, compared to the Brazil and the United States., the European Union's fuel alcohol sector is rather small. Nowadays the United States produces every month more than the EU produces in a year. The biggest EU producers of ethanol are France, Germany, Spain, Poland followed by Sweden and the UK. [3]

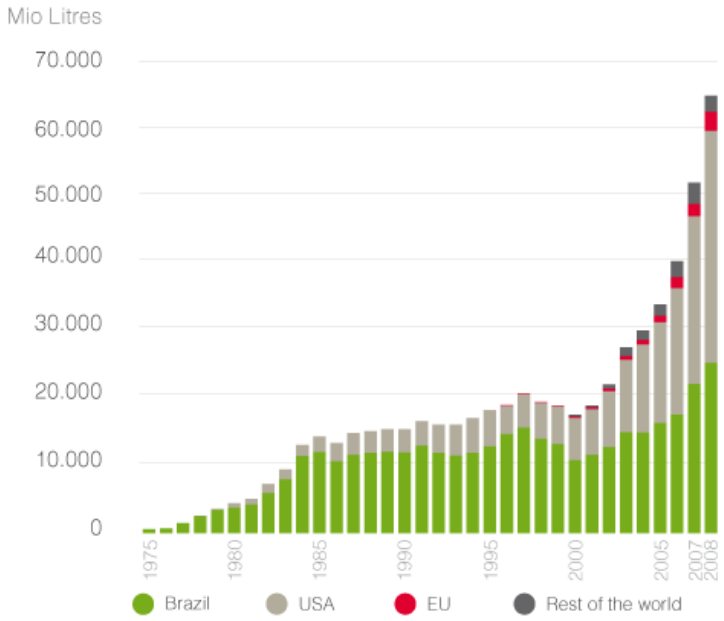


Figure 2: The worldôs bioethanol production [3]

3. Bioethanol production

The conventional production of bioethanol is based on the conversion of 6-carbon sugars to ethanol by fermentation. If the sugar content is present in forms of polymers than the sugar content of the polymer must be released, which is mostly done with the application of enzymes. The production process is finished with the distillation step, where ethanol is distilled to fuel grade. In practise this process is used to produce ethanol from starchy biomass. A wide range of available feedstocks exist for conventional ethanol production: cereal crops, corn (maize), sugar cane, sugar beet, potatoes, sorghum, cassava. [4]

The worldôs largest producers of bioethanol are Brazil and the United States. In Brazil bioethanol production is based on sugar cane, while in the United States it is based on corn.

While conventional bioethanol production only uses sugar and starch components, advanced bioethanol production processes may utilize all available cellulosic materials, such as energy crops, agricultural residues (straw, corn stover), waste streams (MSW, food waste) and forestry resources. [4]

Lignocellulosic feedstocks are heterogeneous both in structure and chemical composition. This heterogeneity has a strong influence on the production process design. [5]

Ethanol production of lignocellulosic feedstocks composes of pretreatment, hydrolysis, fermentation, separation and distillations steps. The role of pretreatment to release the

cellulose and hemicellulose become more relevant. In some feedstocks 5-carbon sugars might also be present. [4]

The possible presence of 5 carbon sugars influences the hydrolysis and fermentation steps, since appropriate enzymes have to be chosen to hydrolyse the 5 carbon sugar containing polymers and in the fermentation step appropriate microorganisms have to be selected, which are capable of the co-fermentation of both 6 and 5 carbon sugars. [5]

4. Energy requirement and emissions

Fossil energy input and emission levels from biofuel production depend on a lot of factors, such as the applied process, the feedstock and local conditions. In Brazil the production of bioethanol from sugar cane is energy efficient, due to the fact that sugar can be easily extracted and crop yield per hectare is high. If bagasse is used for providing heat and power to the process than the fossil energy input required for each ethanol energy unit can be very low. This results in a low well-to-wheel CO2 emission, 0.2-0.3 kg CO2/litre ethanol. Compared to 2.8 kg CO2/litre for conventional gasoline this means a 90% reduction. In the case of sugar beet more energy input is needed and therefore only 50-60% emission reduction can be reached compared to gasoline. [4]

Ethanol production based on cereal and corn feedstock can be even more energy intensive, since fossil energy input can reach 60-80 % of the energy contained in the final fuel. As a result CO2 reductions compared to gasoline are around 15-20 %. [4]

CO2 emission reductions from ligno-cellulosic feedstock can be 70% compared to gasoline and there is a further possibility of improvement with the application of electricity cogeneration.

5. Production costs

Ethanol energy content by volume is two-thirds that of gasoline, so in the literature costs mostly refer to litre of gasoline equivalent (lge)

Main factors contributing to the cost of biofuels are feedstock types, applied production processes, labour costs, credit for by-products, agricultural subsidies, food and oil markets.

In Brazil ethanol made from sugar cane ($0.30/lge) is cost competitive with gasoline ($0.3-

$0.4/lge). However in other regions, costs can be more than $0.40-$0.50/lge.

Ethanol made from maize, sugar beet and wheat costs $0.6-$0.8/lge, with a potential to be reduced to $0.4-$0.6/lge.

Ethanol made from ligno-cellulosic feedstock cost around $1.0/lge at the pilot scale. The costs of ligno-cellulosic ethanol are projected to decrease in the future, due to process improvement, the application of low-cost waste feedstock and co-production of other by-products. Figure 3 shows possible biofuel cost ranges in the future. [4]

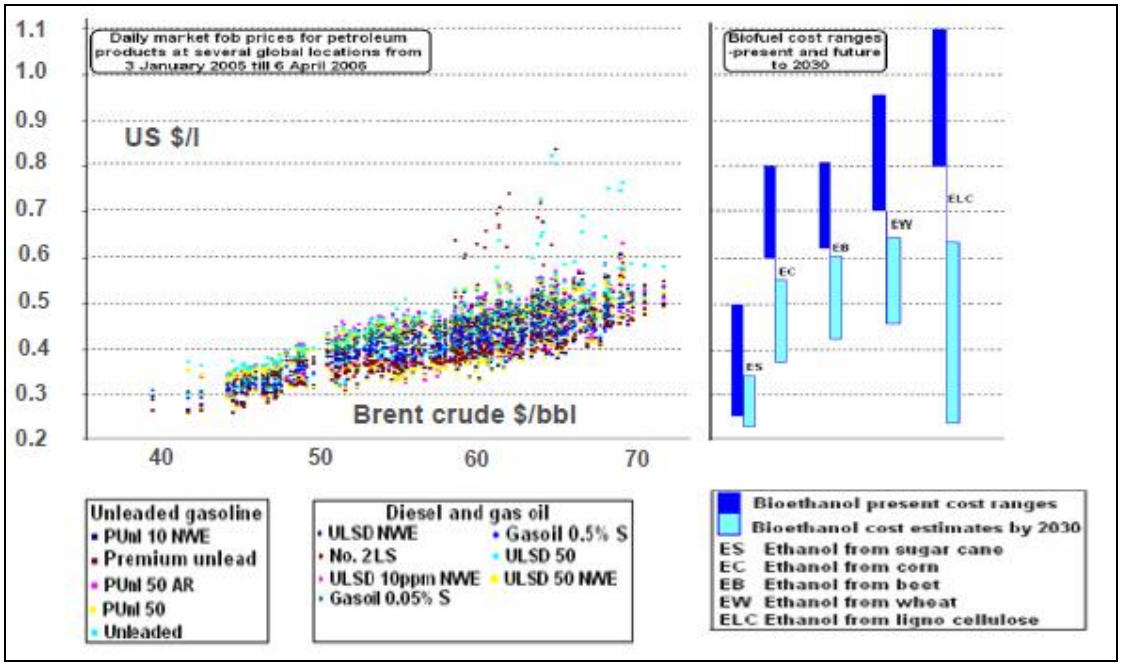


Figure 3: Projected cost of biofuels compared to gasoline [4]

6. Concerns regarding biofuels

The application of first generation bioethanol has raised worldwide concern. The food versus fuel production debate still remains an issue. First generation biofuels are accused to rise food prices due to competition with food crops. They are considered to be an expensive option for energy security and they can only provide limited GHG reduction benefits. An effect on accelerating deforestation and a negative impact on biodiversity are also often mentioned drawbacks. [6]

It must be mentioned though that not all drawbacks refer to every type of first generation biofuels, since the evaluation of biofuels depends on a lot of factors.

Most of the problems associated with the first generation biofuels could be overcome with the application of second generation biofuels.

However second generation biofuels are relative immature and projections for second generation fuels to become commercial are wide ranging but considered to be unlikely to

occur before 2015. As it can be seen in Figure until 2007 second generation biofuels have remained around 0.1 % of total bioethanol production. [6]

7. Second generation demonstration plants

Integrated research programmes deal with combining process development units with pilot or demonstration-scale facilities around the world.

Main operating process development units are at University of British Columbia, at Lund University (Sweden), at RISO/DTU (Denmark) and at the US National Renewable Energy Lab. Pilot facilities can be found in Sweden (Etek Etanolteknik), in Spain and the USA (Abengoa) and in Canada (Iogen). [6]

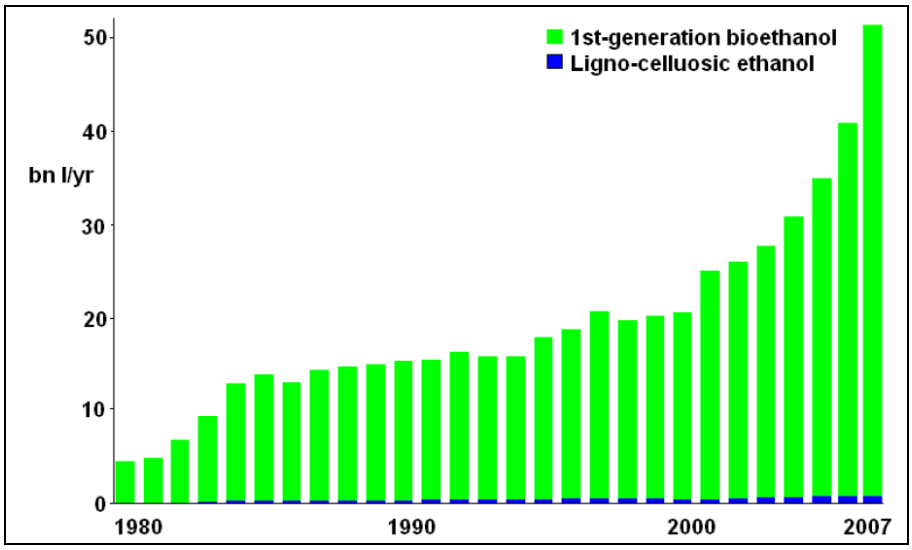


Figure 4: World ethanol production deriving from first generation and ligno-cellulosic feedstock. [6]

8. Application in vehicles

Ethanol has a high octane number and therefore it is unlikely to cause knocking in spark ignition engines.

5-10% ethanol blends can be used in conventional spark ignition engines without significant technical changes.

In more complex engines with injector alcohol can damage the high precision injection unit. This might also happen to the intake valve and to the valve seat.

New flex-fuel vehicles can run on up to 85% ethanol blends. New flex-fuel vehicles are mainly running in Brazil, in the United States and in Sweden. [4]

9. Status in Hungary

Table 1 gives an overview of the current Hungarian biofuel potential. Possible feedstocks for for bioethanol production are primarily maize and wheat. To a smaller extent other sugar and starch containing plants, such as sugar beet, potato and artichoke can also be taken into account. [7]

The wide spread use of ligno-cellulosic second generation biofuels is only expected by 2012-2015. Among industrial waste streams paper sludge could be an alternative feedstock for bioethanol production. 50000 tonnes of paper sludge are produced yearly in Hungary. [8]

Table 1: Hungarian biofuel potential [7]

	thousand tonnes/year	energy content PJ/year
Biofuels		55,8
corn (maize)	2000	24
wheat/rye	1800	21,6
rape	460	7
sunflower	200	3,2

The Hungarian ethanol production capacity is 210 million litres/year in 2 factories. The US based ethanol giant Fagen is going to construct a bioethanol factory (capacity 200 million litres) in Hungary based only on corn.

As a member of the Europen Union the target set by the Directive 2003/30/EC also applies to Hungary. According to the directive fuels should contain 5.75% biocomponents. [9]

10. Conclusions

Global problems such as CO2 emission, energy dependency and oil dependency urge for solutions in the transport sector. One way to mitigate the global problems is the application of biofuels. First generation biofuels caused concerns worldwide. Most of the problems of first generation biofuels are expected to be overcome when second generation biofuels will be commercially available. However, this is unlikely before 2015.
The evaluation of biofuels is difficult and no general rules can be applied, since the evaluation depends on a lot of factors, such as location, production technology and feedstock.

Main factors in the evaluation are energy balance and cost competitiveness. Although first generation biofuels have a lot of drawbacks, they are now commercially available and are also cost competitive with fossil fuels in some regions of the world.
Projections for biofuel output are also very sensitive to assumptions, but the growing tendency for biofuels is common in all assumptions.
More and more countries start to introduce aggressive policies for the promotion of biofuels.
In Hungary the current bioethanol production capacity is 210 million litres/year. In the future a new factory is going to be built based on corn.

11. References

[1] K. Döhmel, Future Mobility from a Fuels Perspective, 29. Internationales Wiener Motorensymposium 2008, ISBN:978-3-18-363912-0
[2] World Energy Outlook 2008, http://www.worldenergyoutlook.org/ 2010-10-04
[3] http://www.ebio.org/policy.php 2010-10-03
[4] IEA Energy Technology Essentials, Biofuel Production OECD/IEA 2007 www.iea.org 2010-10-03
[5] K. Olofsson, M. Bertilsson, g. Lidén, A short review on SSF- an interesting process option for ethanol production from lignocellulosic feedstocks Biotechnology for Biofuels, http://www.biotechnologyforbiofuels.com/content/1/1/7
[6] From 1st to 2nd generation Biofuel Technologies, http://www.iea.org/papers/2008/2nd_Biofuel_Gen.pdf 2010-10-03
[7] Magyarország 2020-as megújuló energiahasznosítási kötelezttségvállalásának teljesítési ütemterv javaslata, MŤszaki-gadaságossági megújuló energiaforrás potenciál vizsgálata a célkitŤzés teljesítésére vonatkozó NCST bontása szerinti forgatókönyvek. http://etanol.info.hu/oldal/Szakmai_anyagok, 2010-09-14
[8] Zs, Kádár, Zs. Szengyel, K. Réczey, Simultaneous saccharification and fermentation (SSF) of industral wastes for the production of ethanol, Industrial Crops and Products 20, 2004, 103-110
[9] DIRECTIVE 2003/30/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCILof 8 May 2003on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003L0030:EN:NOT 2010-09-14

Investigation of Dry and Combined Method Used for Measurement and Maintenance Control of Liquid Storage Tank Capacity

V. Uravić, Z. Car, M. Kršulja, L. Šikulec, H. Radelja

Tehniļki fakultet u Rijeci, Sveuļiliġte u Rijeci, Rijeka, Hrvatska

*Corresponding author. E-mail: Zlatan.Car@riteh.hr

Abstract

This paper presents an investigation of liquid storage tanks capacity. A measurement method used in maintenance is shown for liquid tanks manufactured by DIN6602 standard. Measurements were conducted with calibrated measurement etalon AM ET 1500 Litres. Relevant data was analysed with software TankCalc and the results of dry and combined (wet) measurement method were compared. The process and regulations for necessary calculations are shown and the results are shown graphically for better understanding. A method for calculation under the influence of inclination is shown and recommendations for error reduction are given. The emphasis is given to differentiate the advantages of geometrical towards the advantages of combined measurement method. Specifically, these two methods are most wanted by the owner of the liquid tanks and this investigation was to explore what can be expected from each method with respect to errors. Also the paper points out the importance of proper design of liquid storage tanks and an investigation of storage tank for petrol E 95 with volume 50 m^3 is shown. The importance of maintenance and measurements can be explained with the example of the propane tanks. The propane tanks are an interesting technical challenge, as the propane boils at normal room temperature. The optimum way of storing propane is in liquid form, and that propane is kept in a liquid state at room temperature, it must be kept under pressure. In order to avoid the explosion liquid tanks must not be filled beyond 80 % of full capacity (volume), as the incompressible liquid propane changes at the temperature change.

Keywords: liquid storage tanks, measurement, maintenance, storage

1. Introduction

Liquid storage tanks can be found at many places from petrol stations, ports, refineries etc., they can be horizontal or vertical and their maintenance and control requires exact law regulations and scientific procedures. Continuous measurements are conducted and used as a guideline for stockpiling optimisation and also for safety [1]. Exact scientific

procedures combined with law regulations are necessary when dealing with flammable or explosive gases and wrong storage can lead to great damage or worse [2-3]. Croatian department for measurement determines rules and regulations needed for specific measurements acts as a support to local industries and facilitates control and inspection in accordance with national and international regulations. For such investigations carful measurement plans have to be made in order to follow different law and other regulations and technology innovations [4]. For measurement and control of tanks law NN 100/03 and NN 124/03 are used for length, surface and volume measurements together with law NN 47/05 that is used in order to determine control periods for measuring etalons used for control of law certified measuring devices. Specific law for measurement devices used for control of fluid level or the height of empty space in tanks is NN 111/97 it is used for measurement of total volume. For mobile tanks such as used on camions, trains etc. the regulations of law NN 35/01 is fallowed. When measuring the horizontal cylindrical tanks the law regulations NN 35/01 are used. The law prescribed in NN 26/05 is also necessary as it prescribes measuring conditions for automatic measurements of stationary tanks. And finally the law NN 2/07 is also taken in consideration as it describes the measurement and technical conditions for ship tanks. In Croatia for tanks the law certification period is every 10 years. It should be mentioned that until 2004 year for diesel tanks a period of 5 years was given and for petrol 10 years but this changed because diesel creates hard sediment of several millimetres that often gives measurements errors outside the tolerances. For the type of the size, type and placement of stamps and certification designations the law NN 113/09 is used.

2. Methods used in tank measurement

Methods of tanks measurement:
a) Geometrical dry method, b) Volumetric (wet) method, c) Optical determination (triangulation method), d) combined method.

Geometric method is used for determination of tank data tables and it can be used in cases when the tanks are of proper geometrical shape, without deformations, and when it is possible to calculate all geometrical and others relevant data necessary for calculation of given volume. It is also used when the application of other methods for determination of tank capacity storage is not possible. Geometrical method is typically used for control of vertical tanks as they are not practical for wet method because of the big size of such tanks.

Volumetric method or wet method is used for determination of tank table in cases when geometric method is not possible, such cases are when tanks have irregular shape, or when deformations to the tank have been determinate. Also it is used when the tank at the place of instatement has present accessories and tubes necessary for fluid management

etc. Volumetric method for determination of tank volume can be used if the total volume of the tank is V_{total}< 100 m^3.

Metod of triangulation it is a similar method like the geometric but with more shapes and precision and as a result it is a lot more expensive.

Combined method is use in cases when individual application of geometrical i.e. optical or volumetric method is not possible, when unused volume of the tank must be specified by volumetric method, and the rest of the tank can be selected by geometric method in similar cases.

The selection of measurement is up to the owner of the tank, and the combined method (geometric + volumetric) has been seen as the best comparison of price and precision, although all is decided by the preferences of tank owner.

Span of current measurements can be seen in table 1, and current prices for measurements range from minimum 260 euro for smallest tanks < 20 ml up to 1600 euro for > 50000 ml.

Table 1: Tanks in the shape of a roller are controlled:

Wet method	Dry method	Combined method	Optical scaling ï triangulation method
< 20 ml	< 500 ml	< 500 ml	< 500 ml
20 ml - 30 ml	500 ml -5000 ml	500 ml ï 5000 ml	500 ml ï 5000 ml
30 ml - 50 ml	5000 ml ï 50 000 ml	5000 ml - 50 000 ml	5000 ml - 50 000 ml
50 ml - 100 ml	> 50 000 ml	> 50 000 ml	> 50 000 ml

3. Problem statement

The situation of investigated tank is: the measurement place is found at 22.5 cm from the opening centre towards the closer part. The inclination is determined by height. The tank is strengthened with T-ring with dimensions 75.80.7 mm. The tank capacity is 50 m^3. And the petrol stored inside is E ï 95.

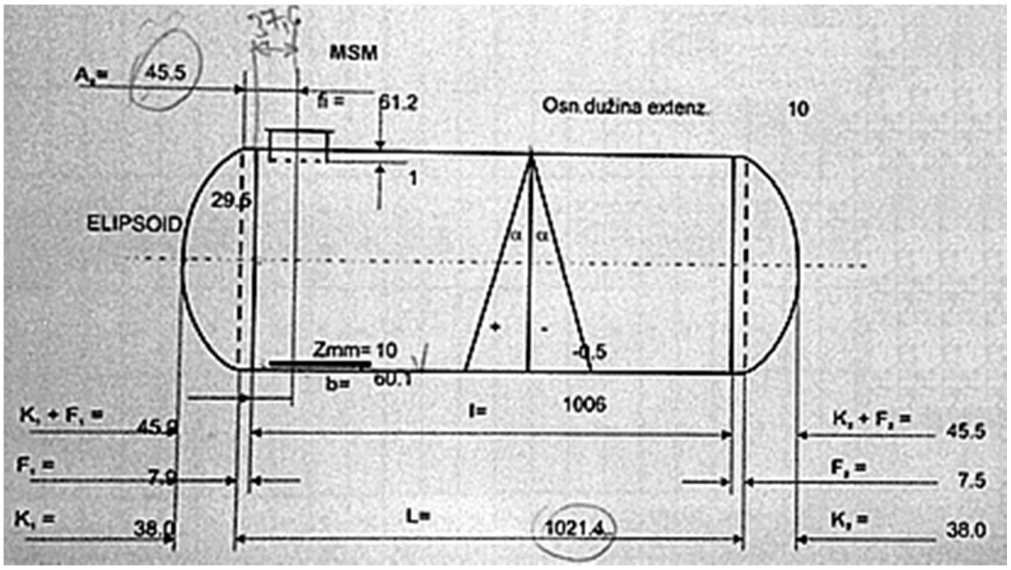


Figure 1. Tank with 50 m3 capacity used for storing petrol E-95

Figure. 1. Shows investigated tank schematics, capacity 50 m^3 used for storing petrol E ï 95. The tank volume is calculated by equation for ellipsoid (1):

$$v = \frac{2}{3}\pi R^2 L. \tag{1}$$

In this investigation diagrams (figure 2) for combined and geometrical analysis method are shown for given horizontal tank. The comparison is done between geometrical (dry) and combined (geometrical +dry) method. From the diagram it can be seen that the tank filling line is adequate to standard filling diagrams. If deviations from standard filling lines are present, than results are not adequate and it is necessary to repeat the measurements.

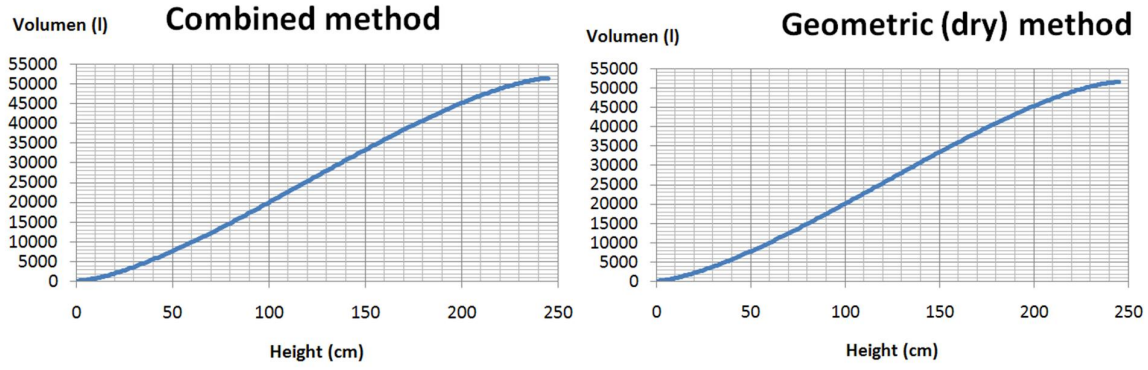


Figure 2. Diagrams show obtained characteristic lines for combined and for geometric dry method

The results in the table 2 are conducted with measurement etalon AM 1500 ET of ETRADEX company with tank capacity of 1500 l and of total measurement uncertainty of ± 0,05 % and the probability of 95 %.

Figure. 3. Shows measurement etalon AM 1500 ET with capacity of 1500 litres [1, 5]

Geometric method will be used to show the values of volume for the same heights from the filling table and compare them with errors. Program used in our investigation for geometric method is TankCalc [6], it is a free software and easily available. In the software after the necessary dimensions are introduced, the program generates table of the tank (calculation of known volume or height). It is possible to set the table in very fine segments such as 0,01 mm, 1 mm, 1 cm etc. Difference from the professional calculators is that it doesnô take temperature in consideration this can be a problem as volume changes are very important.

3. Results and analysis [7]

The measurements are done by selecting specific volumes and their heights in tanks, and by filling these volumes from designated etalons the known volume is introduced into investigated tanks. For such a volume thirty to thirty-five data are calculated. This data are then introduced into fixed data in tables of the tanks and based on that the corrections are made.

Table 2 shows measurement results for minimum, maximal and average error of geometrical method in relationship with the data for filling shown in liters (l) and percentage in relationship to total tank volume of 51032 l (% V_{total}). The columns l abs and %V_{total} abs show the data of absolute error values.

Table 2. Relevant data for geometrical measurement

	l	l abs	%V_{total}	%V_{total} abs
min	-277,6	13,8	-0,543972409	0,027042
max	150,1	277,6	0,294129174	0,543972
average	-136,838	157,3676	-0,268142019	0,308371
Standard deviation ja	111,7112	79,09795	0,218904158	0,154997

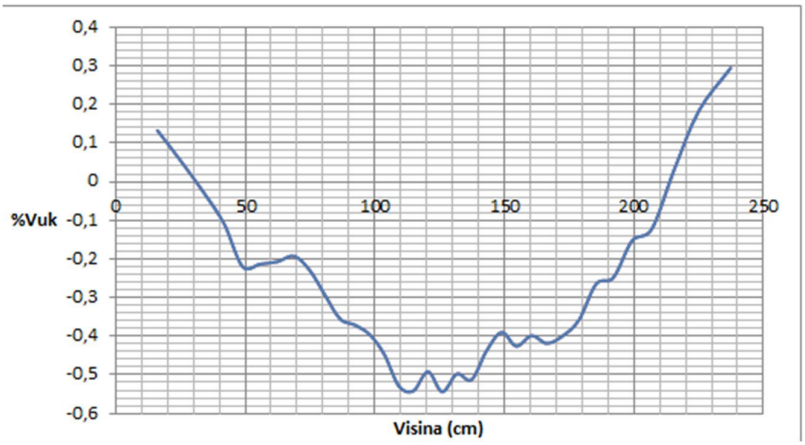


Figure 4. Show filling data errors in relationship to the total volume tank

Figure 4 shows error of geometric method in relationship to the data of filling in relationship to the total volume in the tank expressed in percentage. Figure 4 demonstrate that the largest volume quantities are located in centre of the tank which is logical considering it is a horizontal tank and therefore it has a big horizontal surface. In order to gain full insight into the state of the errors their frequency is analysed and shown in a combined Pareto diagram.

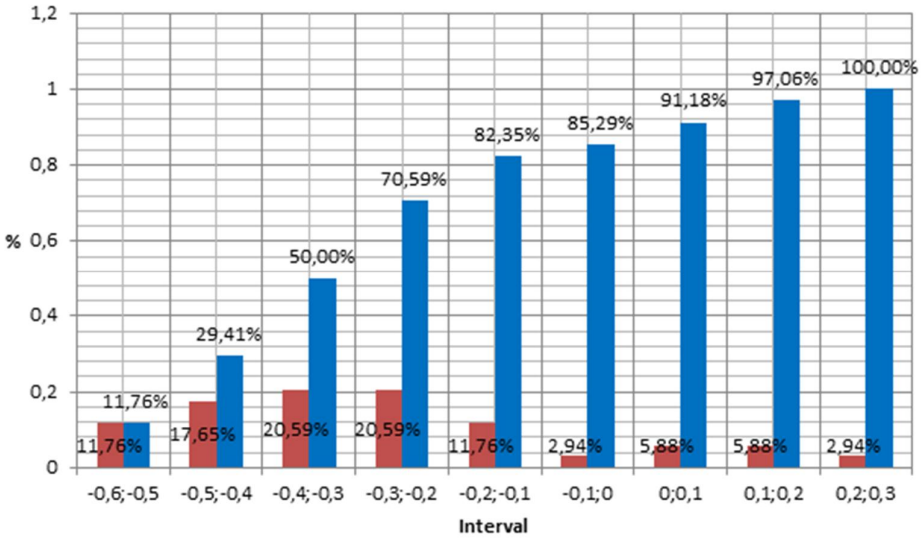


Figure 5. Frequency of errors in relationship to filling data

Figure 5 shows the frequency of errors for geometric method in relationship to the data of filling considering the total tank volume. Figure b demonstrates relative and cumulative frequencies.

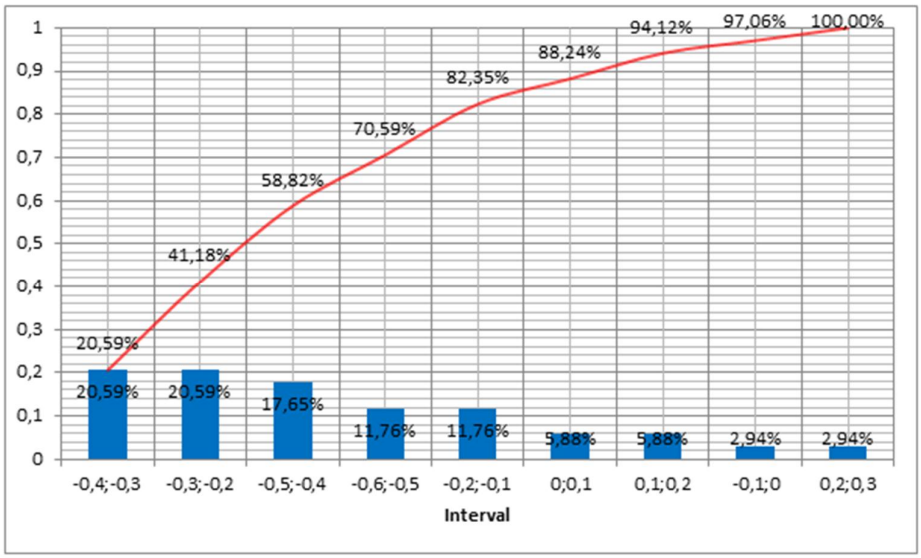


Figure 6. Pareto diagram

Figure 6 shows Pareto diagram for obtained filling frequencies. Pareto Diagram shows that 58,82 % errors can be found within 3 interval from total 9, and 82.35 % of errors within 5 intervals from the total of 9. We can also conclude which intervals are the most common for errors.

Table 3 shows relative errors of data obtained by geometric method by submerging. It can be seen that with the increase of the height the relative error drops. This is understandable when taking into the account that the total volume increases.

Table 3. Relative errors of data obtained by geometric method by submerging

	Relative error u %	Absolute relative error u %
min	-1,49373	0,028733
max	4,518454	4,518454
average	-0,50661	0,84944
Stand. Dev.	1,016674	0,744747

Figure 7 shows relative error of geometrical error in relationship with wet method.

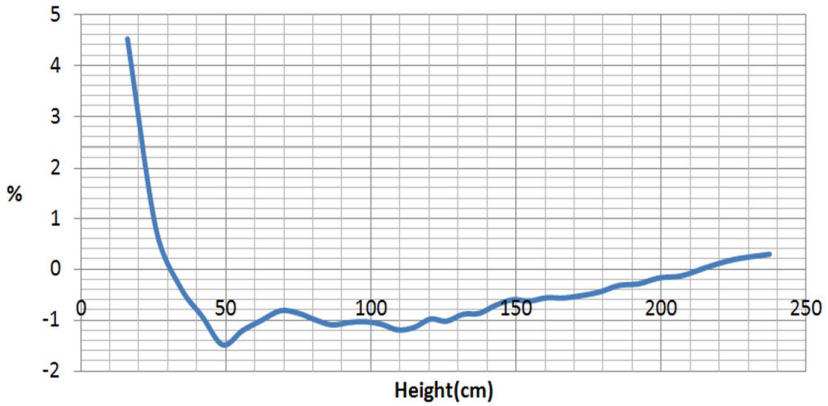


Figure 7. Diagram shows error of wet method and diagram

4. Comparison of combined and dry method

Errors of dry method in comparison to the combined method in % in relationship to total volume are shown in figure 8 and relative data is shown in table 4.

Table 4. Shows relevant data for error of dry method in relationship to combined method when compared to total volume tank in percentage

Minimal error (%)	0,007838
Maximal error (%)	0,431102
Average error (%)	0,263401
Median (%)	0,039191
Standard deviation (%)	0,082497

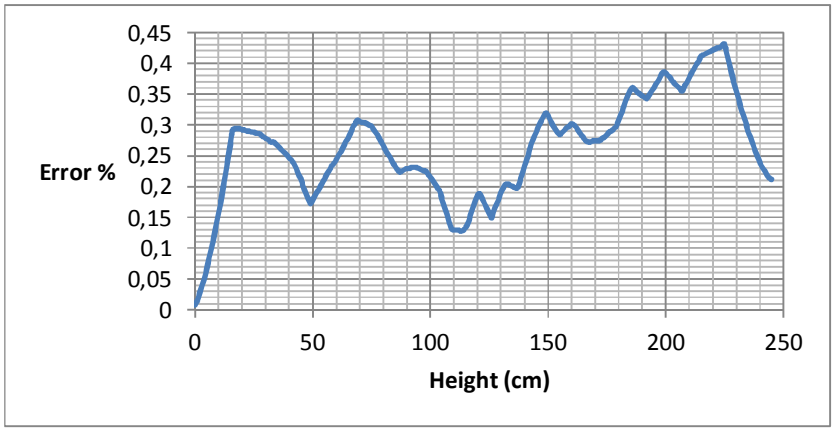


Figure 8. Errors of dry method in comparison to the combined method in % in relationship to total volume

In relationship to total volume the maximal error is 0,43 %, and the average 0,26 % which is acceptable. Data from the diagram is also shown as frequency of intervals in which the errors occur.

Table 5. Shows data used for calculation of Pareto frequency diagrams.

INTERVAL	FREQ..	REL. FREQ.	CUMMULATIVE FREQ.
0,05	4	1,62601626	1,62601626
0,1	4	1,62601626	3,25203252
0,15	12	4,87804878	8,130081301
0,2	33	13,41463415	21,54471545
0,25	49	19,91869919	41,46341463
0,3	77	31,30081301	72,76422764
0,35	25	10,16260163	82,92682927
0,4	29	11,78861789	94,71544715
0,45	13	5,284552846	100

Diagram shown in figure 9, clearly shows intervals in which the errors are most common. It also demonstrates that over 86,59 % is contained in 5 from 9 intervals. Also it can be seen that errors within 0-0,1 % rarely occur. Since the combined method is more accurate than geometrical, the diagram shows the error of dry method in relationship to the combined method in percentages. It can be seen that the biggest error is at the beginning which is understandable considering that it is the case of relative error, and that the size of the volume is small at the beginning, in such a way even a small error can result as a big relative error. It must be remembered that the relative error is used only in order to compare methods of measurement. Figure 10 and table 6 show the comparison of results and relative data of error comparison between geometrical and combined method.

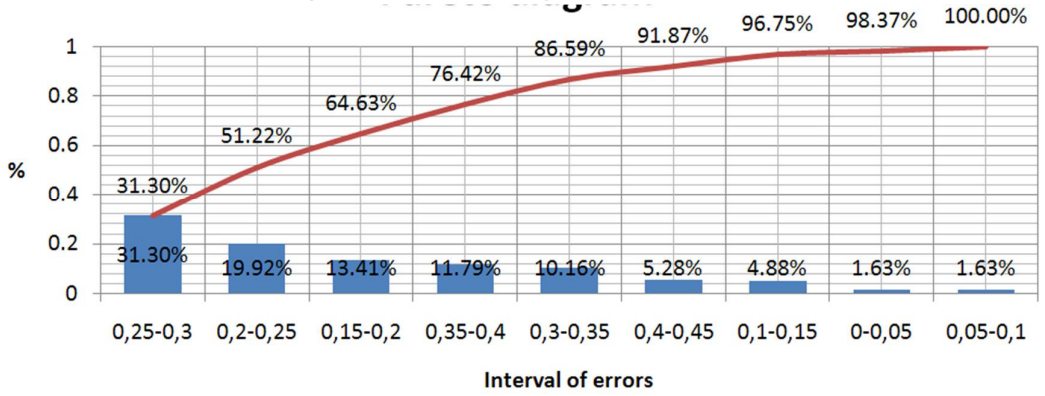


Figure 9. Pareto diagram of combined method

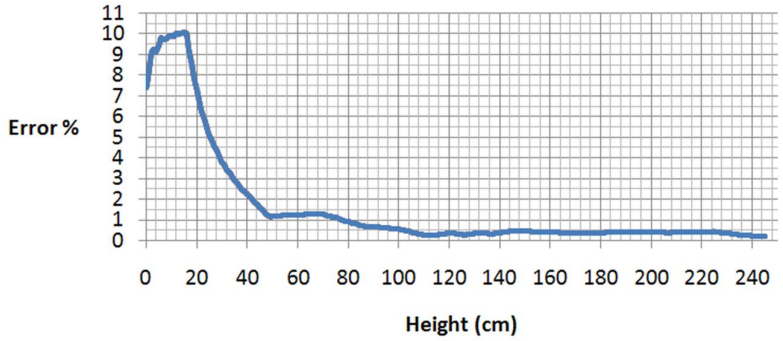


Figure 10. Error of geometrical in comparison to the combined method in %

Table 6. Shows relevant data used in comparison of dry with combined method in %

Minimal error (%)	0,209917
Maximal error (%)	10,04399
Average error (%)	1,605886
Median (%)	0,439108
Standard deviation (%)	2,582269

4. Conclusion

In this paper the investigation of investigation of storage tank for petrol E 95 with volume 50 m^3 is shown [7]. Several diagrams are shown in order to demonstrate typical measurement method, comparisons of used methods have been made and recommendations were given. In relationship to total volume for investigated tank the maximal error is 0,43 %, and the average 0,26 % which is acceptable accuracy by Croatian law. Measurements shown in this investigation are compatible with Croatian laws and they have been addressed in introduction chapter. Average errors that occur in geometrical method in comparison to the wet method have been determined. Both method geometric and combined have been conducted and results shown. The recommendation is to use more accurate geometric method; however this method requires more exact measurement and more expensive equipment and in the event of tank deformations the error will be greater than the wet method. Further investigation will be focused on measurement plans and implementation of European norms and time periods necessary for accurate measurements of different fluids and tank capacities.

Acknowledgement

This investigation was conducted in joint cooperation between Croatian department for measurement Rijeka, Project Financed by Ministry Of Science, Education and Sports 069-

1201787-1754 "Numerical modelling, simulation and optimization in plate forming", Laboratory of intelligent machines and machining systems of Technical faculty Rijeka.

6. Literature

[1]. Croatian department for measurements - Rijeka, www.dzm.hr, 2011.
[2]. TonkoviĺŚ, Zlatko; ZekiĺŚ-Suġac, Marijana; Somolanji, Marija. Predicting Natural Gas Consumption by Neural Networks //Tehniļ ki vjesnik, 16(2009), 3; 51-61. (ISSN 1330-3651).
[3]. Ġercer, Mladen; TonkoviĺŚ, Zlatko; Raos, Pero; StojġiĺŚ, Josip. Ispitivanje trajnosti membrana regulatora plina // Proceedings of 1st International natural gas, heat and water conference / TonkoviĺŚ, Zlatko (ur.). (ISBN 978-953-6048-58-8). Slavonski Brod : Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 29.09.-1.10.2010. s. 02-1-02-7.
[4]. MatkoviĺŚ, Romeo; Krġulja, Marko; BariġiĺŚ, Branimir; Planļ ak, Miroslav. CMM Measurement and Measurement Quality Plan for Dimension Control. // Journal "CA Systems in production process Planning". 12 (2011) , 1; 87-90.
[5]. Etradex d.o.o. - Proizvodnja i ugradnja mjerne opreme, http://www.etradex.hr/, 2011.
[6]. TankCalc software, http://www.arachnoid.com/TankCalc/, accessed 2012.
[7]. UraviĺŚ, Valter. Mjerenje obujma spremnika / zavrġni rad - preddiplomski studij. Rijeka : Tehniļ ki Fakultet, 18.7. 2011, 124 str.

Prednosti sistema daljinskog očitavanja mjernih podataka sa gasnog sistema

Advantages of the remote readout system for measurement data of gas system

A. Starčević, J. Dizdarević*

KJKP Sarajevogas d.o.o., 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

*Autor za korespodenciju. E-mail: jasminad@sarajevogas.ba

Sažetak

Očitavanje podataka o potrošnji prirodnog gasa jedan je od najvažnijih segmenata u djelatnosti distributera gasa. Otvaranjem i širenjem tržišta gasa rastu i zahtjevi u pogledu standardnih usluga očitavanja. Radi unaprijeđenja procesa očitavanja mjernih podataka i efikasnijeg korištenja prirodnog gasa Sarajevogas je uveo novi sistem daljinsko očitavanje mjernih podataka gasa (SDOMPG).

SDOMPG temelji se na savremenoj GPRS (General packet radio service) tehnologiji, tj. globalnom sistemu za mobilne komunikacije. Nova 3G (3rd generation) - treća generacija komunikacijskih tehnologija omogućava „real-time“ monitoring i/ili upravljački sistem između udaljenih lokacija koji je baziran na telemetrijskom sistemu za prikupljanje, obradu i prikaz podataka očitavanja.

Značaj SDOMPG je višestruk. Riječ je o automatizovanom, jednostavnijem i bržem mjerenju i obračunavanju u realnom vremenu nabavljenog i utrošenog prirodnog gasa.

Kroz ovaj projekat, Sarajevogas se tehnički oprema za primjenu Direktive 2009/73/EC, najnaprednije savremene mjere za zaštitu potrošača, koja nalaže da zemlje, sadašnje i buduće članice EU osiguraju implementaciju inteligentnih sistema za mjerenje nabavljene i utrošene energije koji će pomoći aktivnom učešću potrošača na tržištu energije.

Ključne riječi: daljinsko očitavanje, mjerni podaci, GPRS komunikacijska tehnologija, telemetrijski sistem za prikupljanje, obradu i prikaz podataka očitavanja.

Abstract
Reading the data on consumption of natural gas is one of the most important segments in the activities of gas distributors. By opening and expanding gas markets grow requirements in terms of standard readout services. In order to improve the measurement data readout process and the efficient use of natural gas Sarajevogas introduced a new system - remote readout of measurement data on gas system (RRMDGS).

RRMDGS is based on modern, GPRS (General packet radio service) communication technology. The new 3G (3rd generation) communication technology allows "real time" monitoring and/or control system between remote locations based on the telemetry system for collecting, processing and displaying readout data.

The importance of RRMDGS is multifaceted. This is an automated, simpler and faster measuring and billing in real time of the purchased and consumpted natural gas.

Through this project, Sarajevogas is preparing itself technically for implementation of the Directive 2009/73/EC, as the most advanced modern consumer protection measure, which imposes on existing and future member countries to ensure implementation of intelligent systems for measuring of energy that will assist the active participation of consumers in the energy market.

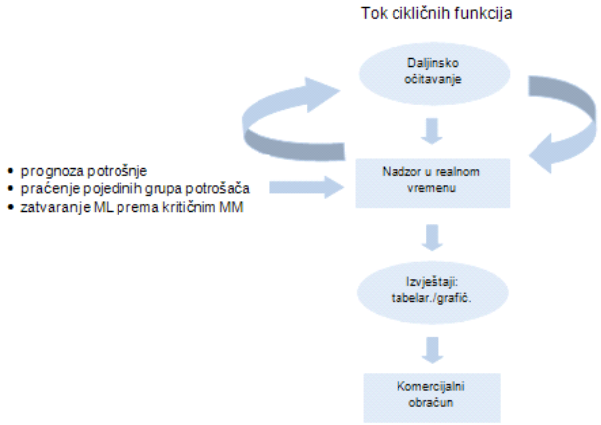
1. Uvod

Savremeni razvoj tehnike i tehnologije, kao i širenje tržišta gasa postavljaju potpuno nove zahtjeve za očitavanje obračunskih mjernih podataka. Tradicionalna M-Bus rješenja mjesečnih obilazaka i očitavanje potrošnje prirodnog gasa u svrhu njegovog fakturisanja i naplate, nisu rješenja na kojima bi se mogao temeljiti savremeni sistem monitoringa i kontrole potrošnje gasa, a posebno ne i sistem za prognoziranje i obradu podataka o potrošnji gasa. Preduslov za takav cjelovit sistem je monitoring potrošnje gasa, u dovoljno kratkim diskrecionim intervalima, tj. u realnom vremenu.

Uvođenjem SDOMPG unaprijeđen je proces očitavanja elektronskih korektora i povećana je pouzdanost obračunskih podataka, jer su izbjegnute greške ljudskog faktora pri očitavanju i obradi podataka sa mjernih uređaja. Znatno je umanjena mogućnost prigovora kupaca na račun za gas zbog pogrešnog obračuna. Usto, SDOMPG Sarajevogasu omogućava bolju kontrolu distribucije prirodnog gasa, te praćenje parametara mjerenja na mjernim linijama kod velikih kupaca u realnom vremenu. Takođe, sistem daje niz drugih prednosti: očitavanje je neovisno o lokaciji, vremenu i ljudskom faktoru bez ometanja korisnika, brže je

otkrivanje/otklanjanje kvarova i zatvaranje mjernih linija prema kritičnim mjernim mjestima, veća je brzina i broj obavljenih očitavanja, brža obrada/obračun dobijenih podataka i trenutačno prilagođavanje obračunavanja u slučaju promjene cijene gasa, ažurnija je baza podataka, mogućnost tabelarnog i grafičkog prikaza izvještaja itd.

Kompletan sistem može se posmatrati kao cjelovita funkcija toka polazeći od daljinskog očitavanja mjernih podataka sa el. korektora do komercijalnog obračuna ili kao tok cikličnih funkcija u realnom vremenu, kako je prikazano na slici 1.

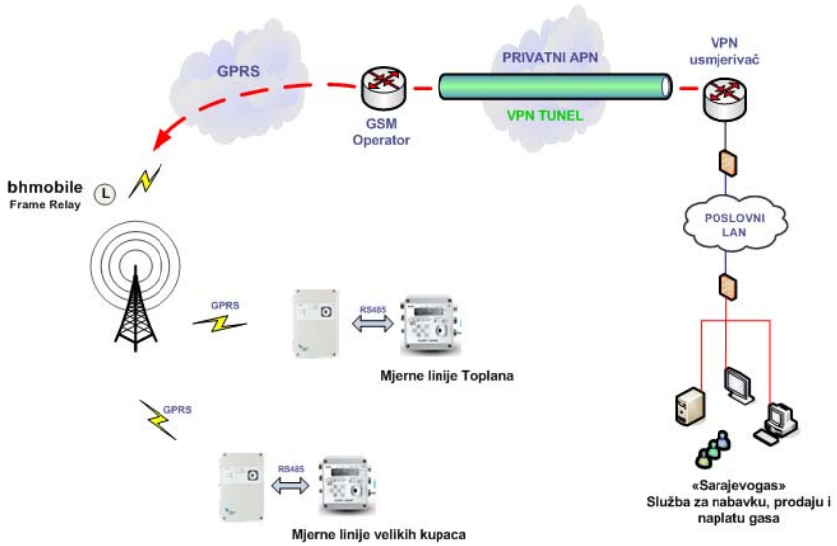


Slika 1. Dijagram toka u realnom vremenu

2. Opis sistema daljinskog očitavanja mjernih podataka

Projekat SDOMPG u potpunosti je realizovao Sarajevogas. To je prije svega omogućilo dugogodišnje iskustvo i usavršavanje stručnjaka koje je stečeno kroz korištenje i održavanje postojećeg telemetrijskog sistema, elektronske mjerne opreme i instrumentacije.

Pojava na tržištu nove generacije el. korektora, model EK220, GPRS modema, model FE260 i „frendly use“ softverskih paketa WinPADS i WinLOOK, proizvođača Elster-Instromet_Belgija, doprinjeli su samostalnom razvoju sistema. Softverski paket WinPADS koristi se za setovanje i isčitavanje podataka iz el. korektora (putem optičkog interfejsa ili daljinski), dok softverski paket WinLOOK omogućava tabelarni i grafički prikaz očitanih podataka (MS Word, Excel) i arhiviranje podataka. Blok shema sistema prikazana je na slici 2.



Slika 2. Blok shema sistema daljinskog očitavanja mjernih podataka

Ukupna ulaganja u SDOMPG do sada su iznosila 110.000,00 EUR (mjerna oprema, modemi, priključak lokacija na mrežno napajanje, softver). Ulaganje ima svoju ekonomsku opravdanost, odnosno povrat uloženih sredstava vratiće se u roku 5 godina.

2.1. Komunikacijski sistem

Sistem se temelji na GPRS komunikaciji – korporativni pristup putem „Frame Relay-a“ koji omogućava prijenos podataka komutacijom paketa kroz GSM (Global System for Mobile communications) mrežu. Ovo riješenje objedinjava sve prednosti savremenih tehnologija i jedan je od najpopularnijih protokola za prijenos podataka. Dislociranim sistemima može se vrlo jednostavno upravljati putem računara, mobilnih telefona ili PDA (Personal Digital Assistent) uređaja. Sistem karakteriše jedinstven pristupni ulaz APN (xxx.bhmobile.ba, Access Point Name) i definisanje PVC (Permanentni Virtuelni krug) tunela čime se obezbijeđuje uspostava sigurnih, stalnih i stabilnih GPRS konekcija, koje se usmjeravaju prema internoj mreži kompanije.

GPRS komunikacijska tehnologija omogućila je razvoj potpuno zatvorenih i pouzdanih privatnih TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) mreža i stalno raspoložive komunikacijske kanale/veze. Njegova osnovna komparativna prednost je niska cijena, jer daje mogućnost naplate količine prenesenih podataka, a ne vremena trajanja veze. Daje mogućnost brzog i pouzdanog dvosmjernog paketnog prijenosa velikih količina podataka

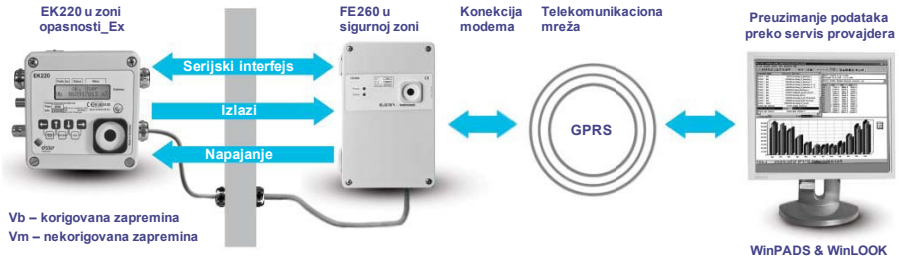
na velikim udaljenostima i omogućava “real-time” monitoring i/ili upravljački sistem. Na ovaj način nivo sigurnosti prenesenih podataka je zagarantovan.

3. Sistem daljinskog očitavanja mjernih podataka Sarajevogasa

SDOMPG predstavljen je na primjeru distributera gasa KJKP "Sarajevogas" d.o.o. i omogućava daljinski nadzor i očitavanje podataka sa mjernih linija na kojima su instalirani elektronski korektori sa kojih se prate sljedeći parametri mjerenja: nekorigovani volumen proteklih količina gasa V, korigovani volumen proteklih količina gasa V_n, faktor korekcije C_f, temperatura gasa T_{ul} i pritisak gasa P_{ul}, sa mogućnošću proširenja praćenja parametara koji su u datom trenutku od interesa.

3.1. Konfiguracija opreme i komunikacioni protokol

Na mjernim linijama instalirani su el korektori EK220, sa baterijskim napajanjem 3,6VDC, koji služe za korekciju zapremine gasa i arhiviranje podataka. Za komunikaciju sa centralnim serverom instalirani su GPRS modemi FE260, u Ex izvedbi. Novi model modema ima višestruku funkciju: osim što služi kao modem može se koristiti i kao Ex barijera za serijski interfejs i digitalne izlaze sa el. korektora. Zbog svoje modularne konstrukcije može se koristiti i kao interfejs za ostale uređaje. Priključuje se na mrežno napajanje 230VAC ili 10-30VDC i obezbijeđuje sigurno napajanje za el. korektor. Veza između korektora i modema ostvarena je alfa kablovima dva puta širmovanim i namjenjenim za polaganje u zonama opasnosti, slika 3.



Slika 3. Način povezivanja el. korektora EK220 sa modemom FE260 i preuzimanje podataka preko servis provajdera

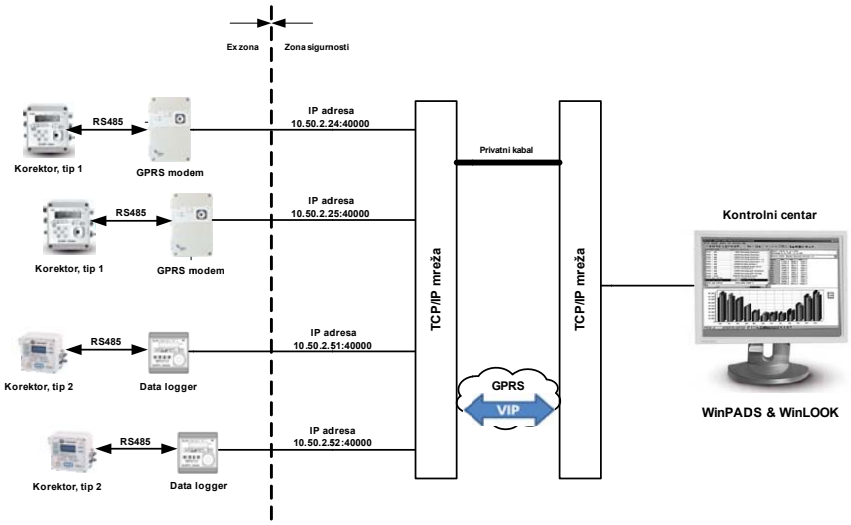
Svi podaci potrebni za mjerenje i daljinsko očitavanje (ulaz, izlaz, konfiguracija) unose se na odgovarajuće lokacije u el. korektor putem optičkog interfejsa i WinPADS-a, nakon čega se radi zaštite podataka softver „zaključava“. Takođe, vrši se kreiranje arhive podataka (dnevna, sedmična, mjesečna, godišnja), kao i konfiguracija do 10 SMS poruka. Za povezivanje

udaljenih stanica sa kontrolnim centrom koristi se komunikacioni protokol IEC 60870-5-101 preko kanala u digitalnoj komunikacijskoj mreži.

Komunikacioni protokol Modbus TCP služi za konekciju preko TCP/IP mreže i predstavlja noviju modbus varijantu. U el. korektoru koristeći standard IEEE-754 definiše se odgovarajuća lista modbus registra. Svaki modem ima svoju SIM karticu koja ima svoju IP adresu i IP port dodjeljen od strane lokalnog provajdera. Prozivanje svake lokacije je po zahtjevu operatora.

3.2. Nadogradnja sistema daljinskog očitavanja

Obzirom da je softver WinPADS namijenjen za očitavanje podatka sa el. korektora, model EK220, proširenje sistema moguće je realizovati sa ranijim modelima el. korektora koji imaju integrisanu EEPROM memoriju. U tom slučaju koriste se data logger-i, istog proizvođača – firma Elster-Instromet, koji u sebi imaju integrisan GPRS modem, slika 4.



Slika 4. Sistem sa različitim tipovima el. korektora i opremom za daljinsko očitavanje

Prednosti ovakvog načina proširenja sistema je mogućnost da se zadrže postojeći korektori na sistemu, manji troškovi, jer nije potrebna nabavka eksternih GPRS modema i mogućnost instaliranja data loggera za „dual-stream“ sistem mjerenja gasa. Nedostatak je što je u ovom slučaju sa elektronskih korektora moguća akvizicija i prijenos samo ograničenog broja podataka do kontrolnog centra.

4. Implementacija informatičkog sistema daljinskog očitavanja

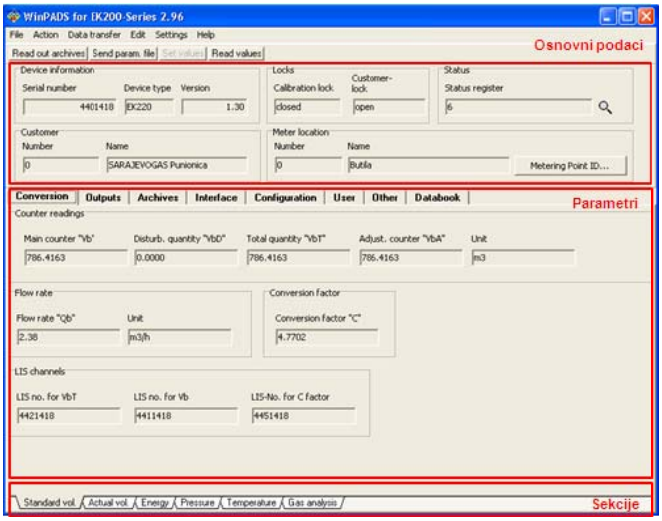
Prateći razvoj savremene tehnike i tehnologije, svjetskih trendova ali i zahtjeve vlastitog okruženja i energetskog tržišta, Sarajevogas je prepoznao potrebu informatizacije i automatizacije poslovanja u domenu očitavanja obračunskih mjernih podataka, u prvoj fazi kod velikih kupaca. Implementacijom *Informatičkog sistema daljinskog očitavanja* odnosno sistema za preuzimanje, obradu i prikaz očitanih mjernih podataka, ostvarili su se sljedeći definisani ciljevi:

- Jednostavnost, pouzdanost i efikasnost informatičkog rješenja korištenjem minimalnih ljudskih, tehničkih i ostalih resursa
- Tačnost očitanih podataka i pouzdanost prenosa /baziranog na GPRS tehnologiji/
- Tačnost i ažurnost obrade mjernih podataka
- Nadzor i upravljanje sistemom u realnom vremenu
- Centralizacija i transparentnost podataka /Oracle 11g Enterprise Edition baza/
- Integriranost sa postojećim Informacionim Sistemom Sarajevogasa
- Fleksibilnost i periodičnost izvještavanja
- Podrška u donošenju poslovnih odluka tzv. poslovna inteligencija
- Nezavisnost u održavanju i daljem razvoju informatičkog sistema daljinskog očitavanja, itd.

5. Osnovne karakteristike i funkcionalnosti korištenih „user-friendly“ softverskih paketa

5.1. Softverski paket WinPADS

Predstavlja parametarizacijski softver, odnosno softver za isčitavanje i setovanje parametara elektronskih korektora i data logger-a, serije DL/EK2X0, te preuzimanje arhivskih podataka sa istih uređaja.

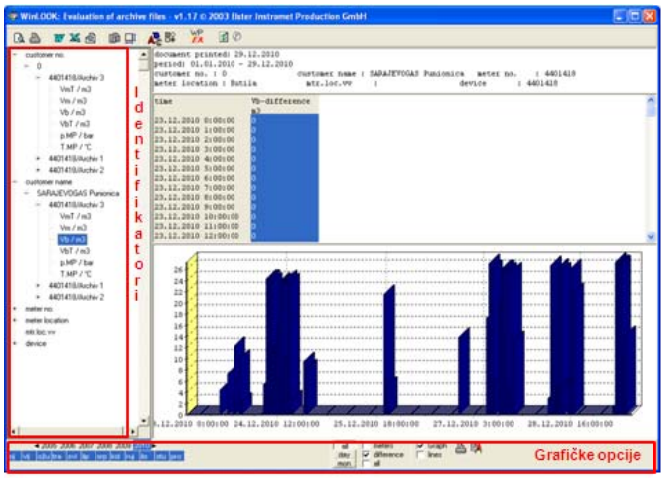


Slika 5. Grafički interfejs softverskog paketa WinPADS

Arhivski podaci se, kroz ovaj softver pohranjuju i eksportuju u ASCII formatu (*.AGR - Ascii Grid). Dostupne su dnevne, sedmične, mjesečne, polugodišnje i godišnje arhive podataka. Također, softver podržava i razlikuje više nivoa prava pristupa i rada tj. autorizacije i autentifikacije korisnika. Jednostavan je za instalaciju i korištenje.

5.2. Softverski paket WinLOOK

Predstavlja „user-friendly“ softver za tabelarni, grafički prikaz (Word, Excel) odnosno vizualizaciju i arhiviranje očitanih mjernih podataka. Podržava različite grafičke opcije kao i navigaciju kroz tzv. *master data set* (identifikatori u strukturi drveta) kao što su šifra kupca, ime kupca, šifra mjerača, lokacija mjerača, šifra mjernog mjesta, itd. Arhiviranim podacima se pristupa kroz kalendar na samom dnu glavnog prozora aplikacije.

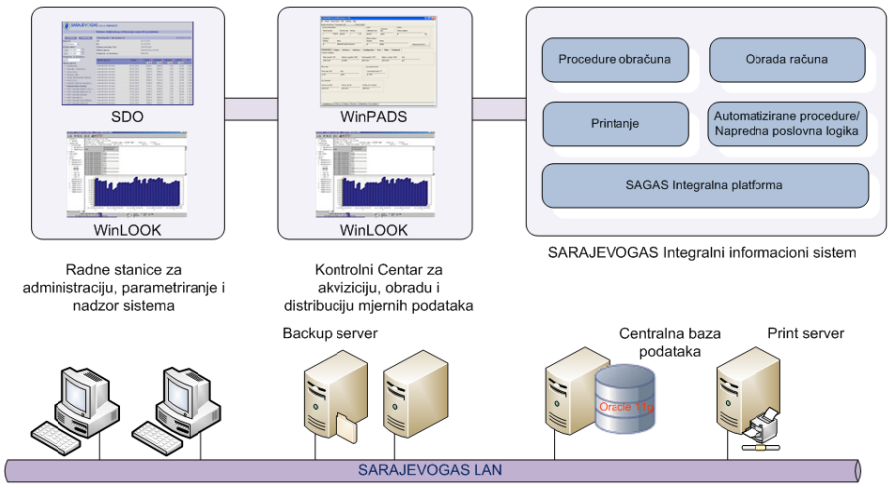


Slika 6. Grafički interfejs softverskog paketa WinLOOK

WinLOOK omogućava jednostavnu i brzu vizualizaciju očitanih mjernih podataka te eksport iščitanih arhiva sa data logger-a i elektronskih korektora DL2X0/EK2X0. Jednostavan je za instalaciju i korištenje.

6. Informatički sistem daljinskog očitavanja (SDO)

S ciljem centralizacije i integracije prikupljenih podataka sa mjernih uređaja, razvijen je *Informatički sistem daljinskog očitavanja (SDO)* koji predstavlja web aplikaciju sa kontrolisanim pristupom i pravima rada na Oracle 11g Enterprise Edition bazi podataka. Aplikacija radi u sprezi i uvezana je sa softverskim paketima WinPADS i WinLOOK. Oslanja se na izlaze koje produciraju ovi softveri te zahtijeva uspješno kompletiran proces akvizicije mjernih podataka na glavnom serveru u Kontrolnom Centru.



Slika 7. Arhitektura sistema daljinskog očitavanja

Po uspješnom završetku procesa akvizicije podataka, dolazi do automatskog aktiviranja posebnih procedura i funkcija za analizu, transformaciju i import mjernih podataka na Oracle 11g Enterprise Edition bazu. U istom postupku vrši se verifikacija i validacija prikupljenih podataka, a zatim njihovo uvezivanje sa postojećim podacima SAGAS Integralne platforme. Na ovaj način, podaci su centralizovani, transparentni i dostupni za korištenje odnosno daljnju obradu (npr. obračun i štampanje računa, real-time monitoring i nominacija potrošnje, itd.). WinLOOK omogućava brzu analizu i vizualizaciju mjernih podataka, dok SDO aplikacija pruža dublji uvid te nudi širok spektar različitih analiza prikupljenih podataka u formiranoj historijskoj bazi.

Slika 8. WEB aplikacija sistema daljinskog očitavanja

7. Zaključak

Implementacijom i uvođenjem *Informatičkog sistema daljinskog očitavanja* odnosno sistema za preuzimanje, obradu i prikaz očitanih mjernih podataka, Sarajevogas je ostvario brojne beneficije od kojih su najvažnije integriranost, centralizacija, transparentnost i dostupnost obračunskih mjernih podataka. Korišteni softverski paketi *WinPADS* i *WinLOOK* pokazali su se robustnim i jednostavnim za instalaciju i korištenje, te su ugrađeni kao samostalni programski moduli u okviru Informatičkog sistema daljinskog očitavanja Sarajevogasa.

Realizacijom projekta daljinskog očitavanja mjernih podataka sa gasnog sistema unaprijeđuje se osnovna djelatnost komercijalnog mjerenja distribuiranih količina prirodnog gasa. Sistem omogućava nadzor nad funkcionisanjem i ispravnošću rada mjernih uređaja. Smanjena je mogućnost unošenja ljudske greške u procesu očitavanja i obračunavanja isporučenih količina prirodnog gasa. Takođe, smanjeni su troškovi i u procesu očitavanja. Ovakav sistem omogućava automatski obračun usluga distribucije gasa. Uvođenjem i razvojem sistema daljinskog očitavanja moguća je primjena u tarifnim modelima dereguliranog tržišta.

8. Literatura

[1] Kobal P.; Fašalek J. Acquisition od data on natural gas consumption using GPRS technology // XXII Međunarodni znanstveno-stručni susret stručnjaka za plin, Zbornik radova, Opatija, Hrvatska, svibnja 2007. str 386.
[2] Interna tehnička dokumentacija, Uputstvo za daljinsko očitavanje mjernih podataka sa el. korektora EK220, KJKP Sarajevogas d.o.o., listopad 2011.

Korištenje prirodnog plina u tretiranju animalnog otpada
Using natural gas in the treatment of animal waste

J. Hrnjica Bajramović*

GRIZELJ d.d., Nikole Šopa 48, Stup –Sarajevo, BiH,

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

Sažetak:

Svakim danom tehnologija postaje sve naprednija i iskoristivost svakog resursa pokušava se povećati do maksimuma. Sve ono što se zove otpadom pokušava se promatrati kao resurs i ponovno koristiti.
Proizvodnja otpada je konstantna i vrlo veliku pažnju treba pokloniti mogućnostima obnove odbačenih materija i ponovnog korištenja.

Animalni otpad koji nastaje iz primarne i finalne proizvodnje animalnog porijekla zauzima značajno mjesto u upravljanju otpadom zbog rizika koji nosi sa sobom, ali i zbog mogućnosti beneficiranja istog.

Korištenjem prirodnog plina moguće je ispravno i korektno tretirati animalni otpad i to uz postizanje energetske efikasnosti na zavidnom nivou, kao i ostvarenje ekonomske profitabilnosti, u skladu sa propisima koji diktiraju način i mogućnosti tretmana animalnog otpada.
Tretman donosi realizaciju benefita kroz proizvodnju eko hrane i eko đubriva te proizvodnju energije (toplinske, rashladne, električne) kroz procese kogeneracije, trigeneracije i poligeneracije.

Kontinuiranim i ispravnim tretmanom animalnog otpada uz korištenje prirodnog plina postiže se ekološka prihvatljivost, energetska efikasnost, veterinarska podobnost, zdravstvena humanost, sanitarna ispravnost i ekonomska profitabilnost.

Ključne riječi: animalni otpad, prirodni plin, energetska efikasnost.

Summary:

Every day technology becomes more advanced and resource utilization of each is trying to achieve the maximum. All what is called a waste has to be seen as a resource and use it again.
Production waste is a constant and very little can be achieved in reducing the production, however, attention should be paid to the possibilities of restoration of discarded materials and reuse.
Animal waste generated from the primary and final production of animal origin has a significant place in waste management because of the risk that entails, bute also because of the possibility to benefit the same.

Using natural gas can be proper and correct way to treat animal waste and to achieve energy efficiency at an enviable level, as well as the achievement of economic profitability, in accordance with the regulations thet dictate the manner and treatment of animal waste.

The treatment brings the realization of benefits through the production of food and eco-environmental fertilizers, and energy production (heat, cooling, electrical) processes through cogeneration, trigeneration and polygeneration.

Continuous and proper tretment of animal waste with the use of natural gas can be achieved by environmentally friendly, energy efficiency, suitability of veterinary, medical humanism, sanitary and economic profitability.

Keywords: animal waste, natural gas, energy efficiency.

1. Uvod

Korištenje a samim tim i zagađivanje prirodnih resursa i okoliša u iznimnom je porastu te se intenzivno počelo raditi na zaštiti istog kao i racionalizaciji korištenja ali bez narušavanja kvaliteta života.

Različitim procesima rada nastaju različite vrste i impresivne količine otpada.
Zanimljivo je da određene vrste otpada mogu biti repromaterijal, resurs koji donosi znatan benefit ali uz kvalitetno i korektno upravljanje otpadom.
Otpad kao repromaterijal korektnim termičkim tretmanom postaje industrijski i poljoprivredni resurs znatne vrijednosti.

U primarnoj i finalnoj stočarskoj proizvodnje količine animalnog otpada koje nastaju nisu uopšte zanemarive, naprotiv uz ispravno i sigurno upravljanje veoma su korisne i efektne.

Otpad animalnog porijekla znatan je problem ukoliko se sa istim ne upravlja ekološki, zdravstveno – veterinarski, sanitarno-higijenski, humano, energijski i ekonomski korektno jer ukoliko se nepropisno zbrinjava dovodi do onečišćenja tla, vode, izvora i vodotokova, kao i podzemnih voda koje se najčešće koriste za vodosnadbijevanja pitkom vodom, kao i zraka, a zbog nesanitarnih uslova može dovesti do različitih zaraznih bolesti ljudi i životinja, epidemije i epizootija, ukoliko dođu u kontakt sa animalnim otpadom.

Životinjske leševe, klaoničke ostatke, konfiskat i slični animalni otpadni ostaci specifična su otpadna tvar koju treba promatrati sa ekološkog, epidemiološkog sanitarnog i ekonomskog aspekta.

Ukoliko se animalni otpad ostavi spontanom i nekontroliranom raspadanju ili razlaganju privlači pse i mačke lutalice, glodavce, ptice, različite kukce, dolazi do stvaranja neugodnog mirisa, sulfida, amonijaka, metana, ugljen dioksida i dr. što svakako nije prihvatljivo za tlo, vodu, zrak, klimu, živa bića.

Uredbom EU No. 1069/2009 i No. 142/2011 predviđeno je upravljanje animalnim otpadom, uz izvršenu kategorizaciju i mogućnost termičkog tretmana.

Termički tretman sve tri kategorije animalnog otpada (K I, K II, K III) omogućen je koristeći prirodni plin uz znatnu energetsku efikasnost koja se odražava kroz kontinuiran rad postrojenja.

Korištenjem prirodnog plina moguće je ispravno i korektno tretirati animalni otpad i to uz postizanje energetske efikasnosti na zavidnom nivou, kao i ostvarenje ekonomske profitabilnosti, u skladu sa propisima koji diktiraju način i mogućnosti tretmana animalnog otpada.

2. Nastanak animalnog otpada

Intenzivan razvoj stočarske proizvodnje svakako doprinosi povećanju nastanka količina animalnog otpada koji nastaje na farmama, klaonicama, objektima za preradu mesa, ribe, jaja, mlijeka, crijeva, hladnjačama, skladištima, valionicama, tržnicama, mesnicama, ribarnicama, ugostiteljstvu i drugim objektima javne prehrane, zoo vrtovima i drugim mjestima na kojima se drže i uzgajaju životinje i proizvode namirnice animalnog porijekla.

Svakako nisu zanemariva domaćinstva koja se bave uzgojem različitih vrsta domaćih životinja a koje nisu u sistemu veterinarskog nadzora, kao kolinje.

Količine animalnog otpada koje nastaju u procesima obrade i prerade životinja izražavaju se preko udjela u ukupnoj masi životinja i prikazuju se u procentima *(Tabela 1.)*

Tablica 1. Udjel animalnog otpada prema prosječnoj tjelesnoj masi životinja *(Krička i Kalambura 2011) [2]*

Udjel animalnog otpada u prosječnoj tjelesnoj masi životinje (%)						
Životinja	*Kosti*	*Krv*	*Konfiskat pluća, jetra, klanje iz nužde*	*Koža, dlaka, papci*	*Sadržaj probavnog trakta*	*Tkiva za farmaceutsku industriju*
Junad	7,1	2,5	2,7	10,7	17,7	0,03
Svinje	2,4	2,5	2,3	0,3	10,0	0,15
Ovce	2,2	3,3	1,6	1,7	15,5	0,15
Perad	9,2	2,0	1,5	11,0	0	0

Kako bi se omogućio efikasniji i prihvatljiv tretman animalnog otpada potrebno je vršiti selekciju otpada prema propisanoj kategorizaciji otpada (EU No.1069/2009) uz što veće iskorištenje vrijednosti otpada.

Iz prve kategorije animalnog otpada (K I) moguće je dobiti energiju toplotnu, rashladnu i električnu i kao finalni proizvod eko pepeo koji je kvalitetan kao nasipni materijal.
Iz druge kategorije (K II) termičkim tretmanom se dobije eko đubrivo koje je pogodno za potrebe hortikulture.
Preradom animalnog otpada treće kategorije (K III) omogućena je proizvodnja eko hrane i eko ulja hranljivog sastava.

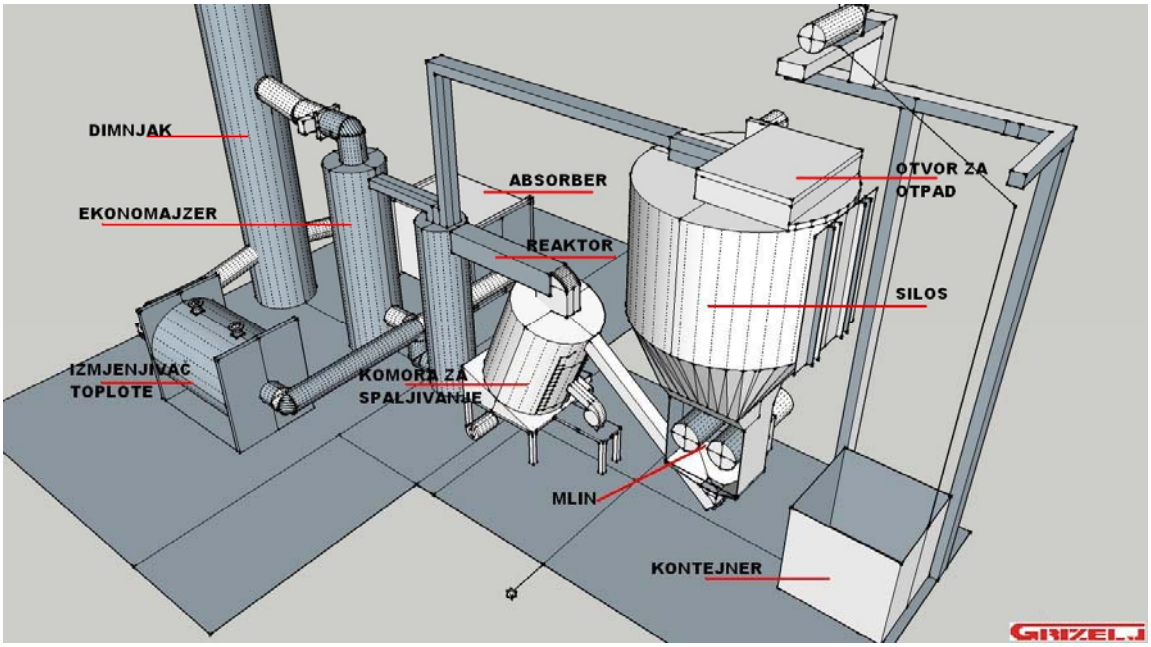
Upravljanje animalnim otpadom je kompleksan proces koji treba da obuhvati sakupljanje, selekciju, pakiranje, obilježavanje, čuvanje, transport, hlađenje i tretman uz zadovoljenje ekoloških, epidemioloških, zdravstvenih, veterinarskih, sanitarnih, higijenskih, humanih, energijskih i ekonomskih aspekata kroz realizaciju održivog razvoja i energijske efikasnosti.

3. Tretman animalnog otpada korištenjem prirodnog plina

Termički tretman animalnog otpada je ekološki, epidemiološki, sanitarno, energijski i ekonomski prihvatljiv i korektan.
Nakon selekcije i obilježavanja animalnog otpada prema kategorijama isti se ohlađen na +4 °C do + 8 °C usitnjen tretira pod termičkim uslovima propisanim EU propisima.

Animalni otpad preporučeno je zbrinjavati najkasnije za 12 sati ljeti, zimi 24 sata, a u ostalim godišnjim dobima nikad duže od 48 sati, pod uvjetom da je isti ohlađen i hlađen na + 4 °C do + 8 °C.

Multidisciplinarno postrojenje modularne izvedbe (Slika 1.) omogućuje tretman animalnog otpada svih kategorija ekološki - podobno, sanitarno - higijenski, veterinarski - ispravno, zdravstveno - humano, etički - korektno, energijski - efektno, ekonomski - isplativo kroz održiv razvoj, uz mogućnost dobivanja energije procesima kogeneracije (CHP), trigeneracije (CHCP) i poligeneracije.



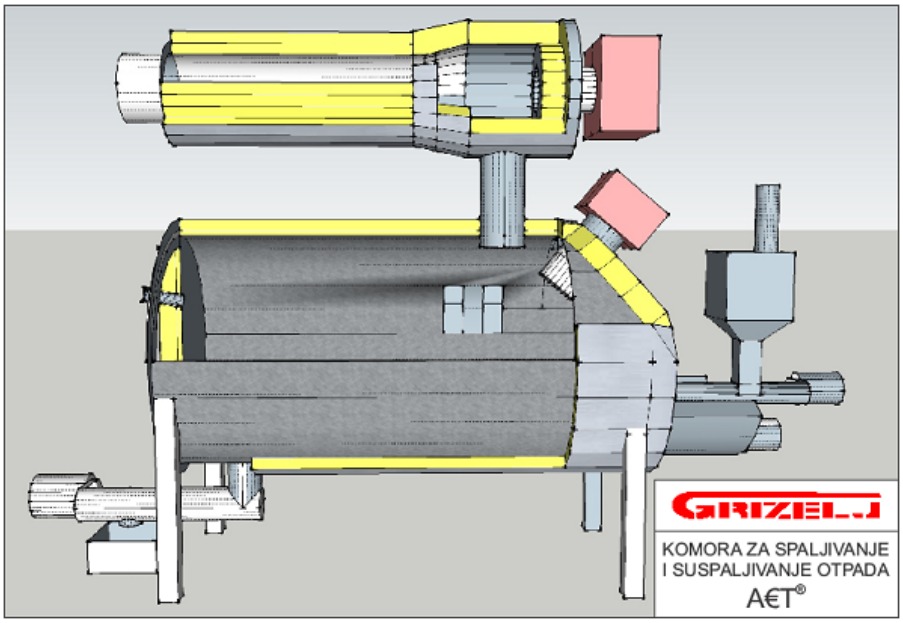
Slika 1. Modul stacionarnog eko postrojenja

Zatvoreni transportni sistem onemogućuje širenje neugodnog mirisa, a ujedno je zaštita i onemogućenje bilo kakvog kontakta sa animalnim otpadom tokom tretmana.
Transport je uključen u sistem upravljanja, kontrole i nadzora cijelog postrojenja.

Prema propisu EU No. 1069/2009 i No. 142/2011 za prvu kategoriju (K I) koja je opisana kao najrizičnija vrsta otpada preporučen je tretman incineracijom.

Termički tretman u incineratoru vrši se uz temperaturu > 860 ÷ 1100 °C (1400 °C)* zavisno o vrsti otpada, a temperatura u reaktoru 1200 ÷ 1400 °C (1530°C)* uz obveznu retenciju > 2" emisije iz incineratora, uklanjanje lebdećih čestica u emisiji polutanata iz incineratora i zaštita od furana i dioksina.

Plinski plamenici, koji koriste prirodni plin, incineratora i reaktora koriste vreli zrak za izgaranje do 450 °C, koji se dobije iz postupka rekuperacije dimnih plinova u utilizatoru, kao i za izgaranje u komori incineratora pri čemu se povećava energetska efikasnost > 30 % u uštedi energije.
Ložište komore incineratora je od INOX-a termo izolirano i u mehaničkoj zaštiti, čime se postiže visok stepen energijske efikasnosti.



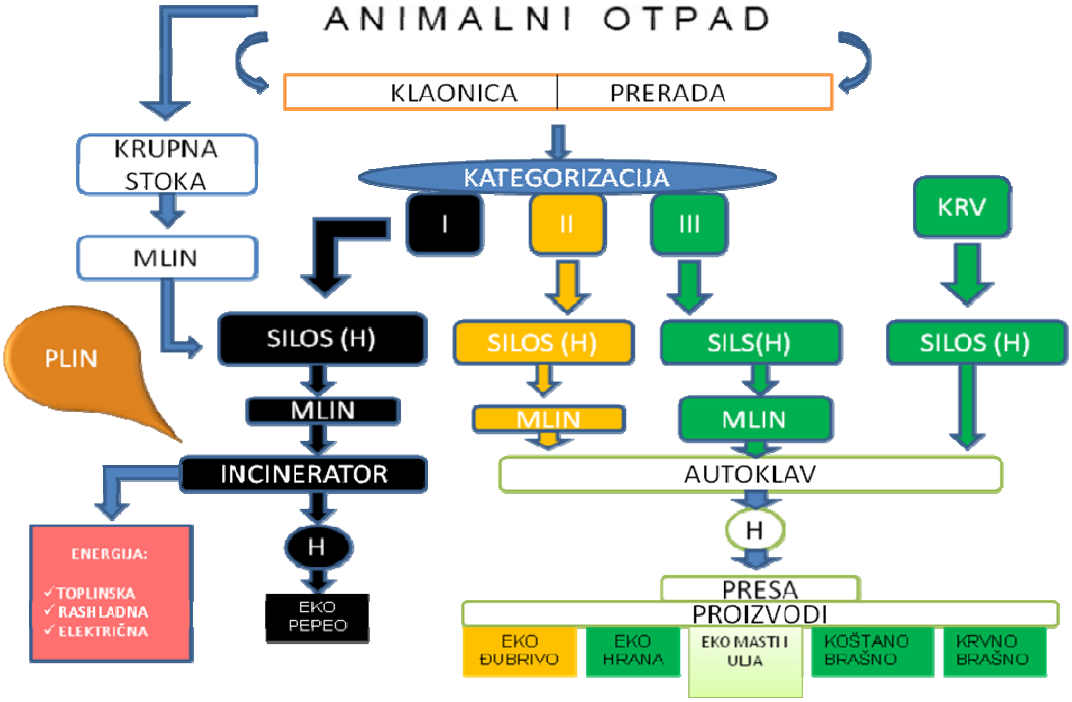
Slika 2. Komora i reaktor za incineraciju

Cijeli proces odvija se preko PLC master – kontrolera i monitor sustava sa elektronskim zapisom procesa.

Toplinska energija iz procesa incineracije može se koristi na utilizatoru za zagrijavanje zraka potrebnog za izgaranje, a u izmjenjivaču toplote za proizvodnju pare potrebne za proizvodnju tople tehnološke vode i električne energije, dok u apsorberu za proizvodnju rashladne energije koja se koristi za hlađenje spremnika prvenstveno animalnog otpada a zavisno od količine omogućeno je i korištenje za druge tehnološke procese.

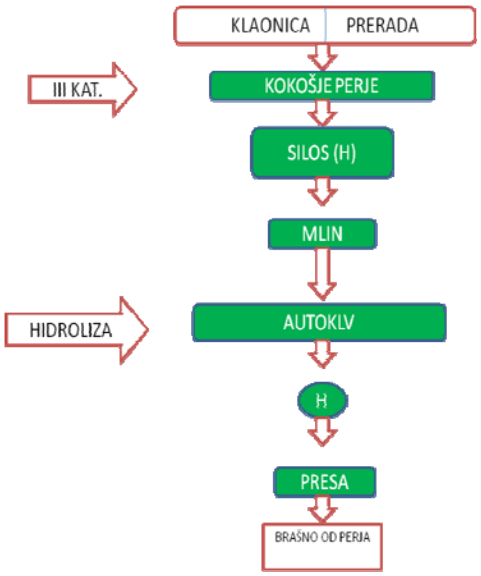
Kategorisani animalni otpad druge i treće kategorije (K II i K III) prema sastavu i kvaliteti prihvatljivo je za tretman postupkom sterilizacije uz korištenje prirodnog plina.
Sterilizacija se može vršiti ukoliko su frakcije animalnog otpada usitnjene na veličinu < 50 mm, pri temperaturi od 133 °C, nadtlak 3 bar uz besprekidno trajanje od 20 minuta.
Tijelo autoklava od INOX-a sa rotirajućim impelerom u opciji ima rashladni toranj, izmjenjivač toplote – toplovodni bojler, degazator – aerator uz kompletan sistem upravljanja, kontrole i nadzora.

Termička izolacija autoklava povećava energijsku efikasnost postrojenja i termički neugrožavan ambijent eksploatacije.
Proces rada autoklava odvija se uz automatsko punjenje, pražnjenje, upuštanje pare, rasterećenje, preko sistema upravljanja, kontrole i nadzora.
U procesu termičkog tretmana preko prese za cijeđenje krvnog, koštanog i mesnog brašna sa spremnikom i separatorom razdvajaju se eko ulje i masti.



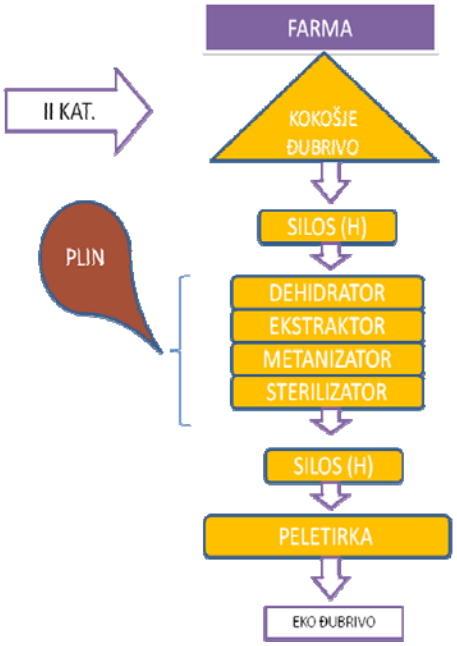
Slika 3. Termički tretman kategoriziranog animalnog otpada

Slikom 3. Prikazan je termički tretman animalnog otpada prema kategorijama (K I, K II, K III) procesima incineracije i autoklaviranja (sterilizacije) gdje se uz energent prirodni plin iz procesa incineracije proizvodi eko pepeo kao inertni nasipni materijal i energija (toplinska, rashladna, električna) za tehnološke procese.
Procesom autoklaviranja proizvodi se eko brašno, te koštano i krvno brašno za ishranu kućnih ljubimaca, eko masti i ulja za kozmetičku industriju kao resursi, te eko đubrivo za hortikulturu, a termičkim tretmanom moguće je vršiti i hidrolizu kokošjeg perja kako bi bjelančevine iz perja postale svarljive a njihove aminokiseline aktivne (Slika 4.).
Brzina i stepen hidrolize zavisi od sadržaja vode u perju, temperature, pritiska i vremena zagrijavanja.
Tretman se vrši u postrojenju na temperaturi od 133 – 140 °C, besprekidno od 20 – 30 minuta uz nadtlak od 3 - 4 bar. Tretirano sirovo perje prethodno se mora usitniti na frakcije < 12 mm, energijom prirodnog plina.



Slike 4. Tretman kokošjeg perja

Tretman kokošjeg đubriva (Slika 5.) vrši se u postrojenju koga čine dehidrator, metanizator, ekstraktor, sterilizator za proizvodnju ekološki i bakteriološki ispravnog eko đubriva u obliku peleta, korištenjem energenta prirodnog plina.
Ekstrakcijom izdvojeni metan koristiti u procesu izgaranja za sterilizaciju čime se povećava energijska efikasnost kao i smanjenje utroška prirodnog plina, a kokošje đubrivo dobija status eko đubriva prihvatljivog za potrebe hortikulture.



Slika 5. Tretman kokošjeg đubriva

U svim postrojenjima upravljanje radom, kontrola i monitoring vrši se upravljačkom tehnologijom za rad postrojenja sa sigurnosnom i regulacionom opremom i automatikom kojom se garantira siguran i pouzdan rad u procesu eksploatacije i omogućuje istovremeno neutraliziranje štetnih svojstava i njegovo energetsko iskorištavanje. Ugrađuje se Master – PLC za upravljanje procesom rada, Kontroler – PLC za kontrolu i korekcija procesa rada, te Monitoring – PLC za monitoring procesa, monitoring emisije polutanata dimnih plinova uz sigurnosne mjere, sa beckap-om 24 h na PC-u.

4. Prirodni plin i energetska efikasnost u tretmanu animalnog otpada

Korištenje prirodnog plina može donijeti stvarne ekološke i ekonomske koristi na lokalnom, regionalnom i globalnom nivou, kako u industrijskim zemljama tako i u onima u razvoju.
Prirodni plin pri sagorijevanju ne proizvodi čvrste čestice, te ima nisku emisiju ugljenmonokisda (CO), nesagorivih ugljikovodika (CH) i dušičnih oksida (NOx).

Prirodni plin u kombinaciji sa obnovljivim izvorom energije kao što je animalni otpad pridonosi znatnom razvoju kroz realizaciju benefita dobivenih termičkim tretmanom.

Fleksibilnost prirodnog plina čini ga ekskluzivnim partnerom obnovljivim izvorima, koji uz suvremena rješenja automatizovanog rada, kontrole i nadzora, daje toplinsku snagu uz ostvarenje pozitivnih ekoloških efekata kao i direktnih ekonomskih koristi.

Danas imamo dvije poznate mogućnosti rekuperacije zraka za izgaranje u procesu izgaranja eksterno i interno u samoj konstrukciji plamenika.
Velika je prednost i povećanje radne temperature u ložištima plamena sa 1300 °C do 1900 °C, primjenom toplog zraka za izgaranje čime se ostvaruje velika energetska efikasnost, uz korektnu emisiju NO_x-a.

Povišena temperatura koju omogućava prirodni plin u sistemu komora za su-spaljivanje dimnih plinova iz tehnoloških procesa, je ujedno garancija da u produktima neće biti furana, dioksina i štetnih tvari u emisiji polutanata čime se garantira da će dimni plinovi biti bez boje, okusa i mirisa.
Rekuperacioni dimni plinovi povećavaju energetsku efikasnost na plinskim plamenicima koji koriste vrući zrak za izgaranje imaju povećanje energetske efikasnosti, ekonomičnosti i ekološku podobnost.

Korištenje prirodnog plina u termičkom tretmanu animalnog otpada povećava radnu temperaturu plamena ili smanjenje potrošnje energenta, te skraćenje tehnološkog procesa.
Brzina tehnološkog procesa uz povećanje radnih temperatura u komori za izgaranje smanjuje ukupni fond radnih sati što čini ovaj vid iskorištenja efikasnim.
Energetska efikasnost i ekonomska opravdanost kroz učinkovitost plinskih plamenika promatra se kroz interne rekuperatore ili eksterne utilizatore, sa uštedom do 30 % plina kao energenta, tj. da trošimo 70 % plina kao energenta i 30 % zraka na temperaturi do 450 °C gdje imamo isti energetski bilans kao da koristimo 100 % plin kao energent.

Industrijski plamenici nove generacije sa vrelim zrakom danas imaju izuzetno velik raspon kapaciteta od 1 : 10 do 1 : 50 i sa frekventnom regulacijom broja okretaja ventilatora postiže se i značaja ušteda i električne energije čime se povećava ukupna energetska efikasnost.

Energetska efikasnost termičkog tretmana animalnog otpada je suma isplaniranih i provedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalno moguće količine energije, tako da razina udobnosti i stopa proizvodnje ostanu očuvane.
Jednostavnije rečeno, energetska efikasnost postignuta je upotrebom manje količine energije za termički tretman uz rekuperaciju, uz realizaciju procesa sa finalnim proizvodima ekonomske profitabilnosti.

Bitno je napomenuti da se energetska efikasnost nikako ne smije promatrati kao štednja energije jer štednja uvijek podrazumijeva određena odricanja, dok efikasna upotreba energije nikada ne narušava uvjete rada i življenja.
Ovdje je važno naglasiti da poboljšana efikasnost upotrebe energije rezultira njenom smanjenom potrošnjom za istu količinu proizvoda ili usluge, što u konačnici donosi i proporcionalne ekonomske efekte.

Termički tretman animalnog otpada procesima incineracije, sterilizacije, ekstrakcije, metanizacije i dehidracije doprinosi industrijskom razvoju uz ekološki, epidemiološki, zdravstveno, veterinarski, sanitarno, higijenski, humano, energijski i ekonomski efikasno i kvalitetno upravljanje animalnim otpadom kojem se postiže održivi razvoj.

5. Zaključak

Korištenja prirodnog plina u tretmanu animalnog otpada zauzima značajno mjesto, čija se energetska efikasnost ističe kroz cijeli proces termičkog tretmana, kao i ekonomska profitabilnost.

Animalni otpad nastaje u impresivnim količinama koje se mogu korektnim i ispravnim tretmanom pretvoriti u resurs koji je ekološki, zdravstveno – veterinarski, sanitarno - higijenski, humano, energijski i ekonomski vrlo prihvatljiv i prepoznatljiv.

6. Literatura

[1] GRIZELJ Sarajevo. Naučno - istraživačka dokumentacija, 2011 - 2012
[2] Krička, Kalambura. Kafilerije i alkalna hidroliza. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, 2011 (ISBN 978-953-6135-82-0)

Optimizirano dinamičko planiranje izvedbe podzemnih vodova
The optimizing dinamic planning conctruction of underground lines

D. Vidaković*

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

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

Sažetak

Rad obrađuje područje vremenskog planiranja izvedbe podzemnih vodova, uzimajući u obzir karakteristike i rizike ove vrste radova, kao i opće nedostatke izrade i primjene planova.

Objašnjava se postupak definiranja potrebnih aktivnosti (Work Breakdown Structure) i određivanja njihovog trajanja. Razmatra se prikladnost različitih metoda planiranja i prikaza njihovih rezultata za ovakvu vrstu projekata. Opisuju se ciljevi i načini optimizacije vremenskih planova kao posljednje faze izrade plana.

U radu je predložen za ovu vrstu radova lako primjenjiv način vremenskog planiranja s optimizacijom pomoću jednokriterijske time-cost trade-off metode.

Abstract

This paper investigates time planning of underground power line construction, taking into account the characteristics and risks of this type of work, as well as general problems of development and implementation of plans.

The paper explains the process of defining necessary activities (Work Breakdown Structure) and determine their duration. Analyze the suitability of different methods of planning and presenting the results of planning for this kind of projects.

The paper shows for this type of work easily applicable way of time planning with optimization by one criterion, according time-cost trade-off method.

Ključne riječi: vremenski planovi, optimizacija, troškovi, resursi, kontrola

1. Uvod

Prekoračenja planiranih rokova općenito su velika slabost građevinarstva. Prema posljednjim istraživanjima u Hrvatskoj čak 78% građevinskih projekata imalo je prekoračenje prvobitno planiranog roka realizacije i to u prosjeku čak za 75% (uključujući i kašnjenje s početkom radova) [1]. Podaci o održavanju rokova kod inozemnih građevinskih projekata ne pokazuju ništa bolju sliku, ni kada se radi o najrazvijenijim

državama [2]. Znatnija odstupanja realiziranog od planiranog znači opasnost za zacrtane ciljeve projekta. Stoga se nameće pitanje kako izbjeći ili barem maksimalno umanjiti takve negativne utjecaje. Obzirom da se upravljanje sastoji od funkcija planiranja, organiziranja, vođenja i kontrole, to su moguća područja djelovanja na te probleme.
Sigurno da manjkavosti s planiranjem i postupanjem s planovima u praksi nisu jedini uzrok devijacijama ostvarenih rezultata, ali znakovito je kako se prije 10 godina čak trećina od kod nas motrenih građevinskih projekata radila bez ikakvog planiranja, svega 8% s mrežnim planom, a 58% koristilo je samo gantogram, koji pruža vrlo slabe mogućnosti za optimizaciju rješenja [3]. Uz to, poznato je da u građevinarstvu vremensko planiranje često biva nefunkcionalno, samo formalno, da se "zamažu oči" investitoru.
Na mnoge uzroke kašnjenja realizacije u odnosu na predviđene termine zapravo se i ne može planirati djelovanje, ali ipak na raznim razinama upravljanja unutar projekta postoje mogućnosti poduzimanja odgovarajućih postupaka planiranja, od faze pripreme građenja do praćenja i ažuriranja planova tijekom realizacije radova.

2. Karakteristike izvedbe podzemnih vodova bitne za planiranje

Da bi vremensko planiranje bilo uspješno mora se prilagoditi karakteristikama izvođenog projekta. Projekti različitih podzemnih vodova (za plin, vodu, kanalizaciju, telekomunikacije i sl.), redovito u izvedbi imaju veliki udio radova koji se svrstavaju u zemljane i montažne, te transporte U pravilu nema velikog broja različitih aktivnosti (rušenja - razbijanja, iskopi, transporti, izrada a.b okana, polaganja i spajanja vodova, nasipavanja, izravnavanja, zbijanja i dr.), no često imaju znatne količine za izvedbu. Zato su danas takvi radovi u visokim stupnju mehanizirani i uobičajeno ih obavljaju izvođači koji su uže specijalizirani samo za takve i njima slične radove.
Kod većine radova može se uočiti njihovo ciklično ponavljanje po pojedinim dionicama (etapama) duž vodova. Radovi su povezani u tehnološkom slijedu, pa strojevi i radnici koji ih obavljaju djeluju u "lancu". Kako bi bilo što manje zastoja trebaju biti što usklađeniji po učinku i prilagođeni maksimalnom iskorištenju "kritične karike u lancu" (resurs koji se ne može pojačati, obično najskuplji stroj).
Uvjeti izvedbe, poglavito mjesto i količina radova diktiraju njenu tehnologiju i organizaciju. Kada su u pitanju podzemni, linijski vodovi njihova realizacija bitno se razlikuje ovisno o tome dali su locirani u urbanoj sredini (- problematičnije) ili izvan naseljenih mjesta (- velike dužine). U nekim slučajevima se mora pribjeći i ručnim iskopima, najčešće se može koristiti standardna mehanizacija i univerzalni strojevi, nekada se trebaju primijeniti specijalni strojevi (rovoglodači), a nekada je potrebno miniranje [4].
Na izbor tehnologije isto tako utječu i zadani rokovi. Poštivanje određenih termina kod ovih radova izuzetno je važno, ne samo zbog ugovora, nego i zato jer nerijetko djeluju na tijek prometa, uzrokuju prekide u opskrbi nekim od energenata itd.
No, dinamika ovih radova podložna je brojnim rizicima koji rezultiraju zastojima. Neki uopće nisu predvidljivi, a neki jesu, ali s nepoznatom jačinom utjecaja. Kod izvedbe podzemnih vodova najčešće se događaju gubitci vremena zbog nailaska na druge

podzemne instalacije za čiji položaj se nije znalo, puno rjeđe npr. zbog arheoloških nalaza, a niti jedni takvi se ne mogu u planu predvidjeti. Zastoji organizacijske naravi (npr. nedostatak nekih resursa) se moraju minimizirati dobrom organizacijom i planiranjem, dok se zastoji tehnološke naravi (premještanje strojeva, čekanje kod povezanog rada strojeva različitog učinka i dr.) ne mogu izbjeći, ali su isto uz kvalitetne planove manji.

3. Vrste planova i metode planiranja

3.1. Definiranje aktivnosti i njihovog trajanja

Za vremensko planiranje potrebno je projekt dekomponirati, odnosno podijeliti na manje dijelove, tj aktivnosti (Work Breakdown Structure). Najčešće se aktivnosti definiraju na razini radnog procesa (obavlja ih radna snaga jednog zanimanja), mada, po potrebi, mogu biti i na detaljnijoj (radne operacije) ili grubljoj razini od toga. Kroz aktivnosti se odražava tehnologija izvedbe i sadržajno trebaju biti prilagođene planiranoj dinamici, pa tako i eventualnoj cikličnosti kod izvedbe vodova.

Proračun trajanja aktivnosti za ove radove treba biti deterministički, s uračunavanjem količina radova (Q), realnih vrijednosti normativa (NS) ili planskih učinaka (U_p) i radnih grupa, odnosno radnika i strojeva ($N_{R/S}$). U pravilu se prvo nastoji odrediti trajanje aktivnosti s minimalnim troškovima (tzv. normalno vrijeme) prema izrazu:

$$T_A\left[rad.\ dana\right]=\frac{Q\ \left[mjer.jedin.\right]\times NS\ \left[sati/mjer.jedin\right]}{N_{R/S}\left[broj\ radnika\ ili\ strojeva\right]\times h_D\left[rad.sati/dan\right]}=\frac{Q\ \left[mjer.jedin.\right]}{U_P\left[mjer.jedin./sat\right]\times N_{R/S}\times h_D}$$

U slučaju kada je vrijeme izvršenja zadano, iz prethodnih izraza izlučuje se za izračun potrebni broj strojeva i/ili radnika (radnih grupa).

U ovisnosti o trajanju plana bira se njegova vremenska podjela. Orijentacijski, za rokove do 3 mjeseca treba stavljati vremensku podjelu u danima, za rokove 3 do 6 mjeseci pogodno je s po 3 dana, a za duže, do godinu dana, s tjedan ili 10 dana.

3.2. Primjenjive metode vremenskog planiranja

Postoje različiti načini planiranja, kao i prikaza rezultata planiranja, ali nema univerzalno najboljeg. Svaka metoda ima svojih poznatih nedostataka [5], a da bi oni što manje došli do izražaja važno je izabrati najprikladniju za svaki konkretni slučaj, u prvom redu prema karakteristikama građevine i fazi projekta, ali i krajnjem korisniku. U nekim jednostavnijim slučajevima dovoljan je i samo brojčano-tabelarni plan (slika 1.) ili gantogram.

Red. br.	Opis aktivnosti	Količina	Jed.mj.	Planirano za ..... mjesec ..... god.				Planirano za ..... mjesec ..... god.			
				1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan
1.	Razbijanje gornje površine	1500	m^2	500	500	500					
2.	Iskop zemlje do 0,9m dubine	1350	m^3		500	500	350				
3.	Nasipavanje podložnog sloja	150	m^3			100	50				
4.	Postavljanje cjevovoda i trake upozorenja	2500	m			500	1000	1000			
5.	Nasipavanje zaštitnog sloja	300	m^3				100	100	100		
6.	Zatrpavanje s nabijanjem	900	m^3					300	300	300	
7.	Uređenje gornje površine	1500	m^2						500	500	500

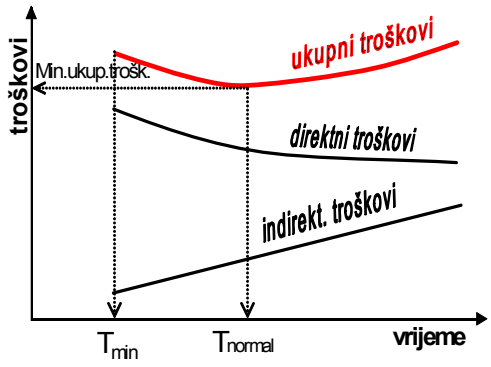
Slika 1. Najjednostavniji brojčani plan (opis aktivnosti ovdje ne ukazuje na cikličnost)

Linijski planovi, kao što su gantogrami, su jednostavni, sa zornim i svima razumljivim prikazom, pa ne čudi da se još uvijek najčešće koriste. Ne trebaju biti pretrpani podacima, ali je dobro u njih, uz opis aktivnosti, upisati ono što je bitno za realizaciju (količinu rada, glavne resurse, troškove, termine i dr.). Ovi planovi su, kao i brojčani, vrlo pogodni za operativno praćenje realizacije, pri čemu se uz linije koje predstavljaju planirano vrijeme povlače linije koje označavaju stvarno vrijeme (u brojčane se upisuju ostvarene količine).
Ortogonalni planovi na jednoj osi (kod vodova horizontalnoj) imaju naznačeno mjesto odvijanja radova (stacionaža - uzdužni presjek), a na drugoj je vremenska podjela (radni li kalendarski dani), pa daju prostorni prikaz. Planirane aktivnosti su označene linijama čiji nagib pokazuje brzinu njihovog odvijanja. Zato su iznimno pogodni upravo za građevine koje, kao i svi linijski vodovi, imaju dominantno izraženu jednu od svojih dimenzija.
Kada isti radovi imaju neprekinuti slijed po većem broju sličnih dijelova građevine s podjednakim količinama, za njih su najprimjereniji ciklogrami koji su zapravo posebna vrsta ortogonalnih planova. Planira se uvijek tako da se na jednom dijelu (graditeljskoj jedinici) istovremeno može odvijati samo jedna aktivnost. Nakon što tamo završi prelazi na sljedeći dio, a na tom dijelu se nastavlja obavljati naredna aktivnost. Za izvođene procese idealno je da su međusobno istoritmični ili barem sinkroritmični (pravci koji ih prikazuju su istog nagiba), čemu se u praktičnim slučajevima nastoji približiti dobrom podjelom na graditeljske jedinice i prilagođavanjem po učinku radnih grupa koji na njima djeluju.
Mrežni planovi (dijagrami ili mreže) su neciklični, usmjereni grafovi (bez zatvorenih petlji). Od većeg broja vrsta i podvrsta, prema načinu određivanja trajanja aktivnosti, sadržaju čvorova i vremenskim vezama, za građevinarstvo se danas najboljom smatra metoda prethodnih aktivnosti. Takvi dijagrami imaju aktivnosti u čvorovima i mogućnost više vrsta vremenskih veza. Mrežno planiranje nezamjenjivo je za složenije projekte, a glavna prednost mu je detektiranje kritičnog puta i rezervi u svakoj aktivnosti.
Kao dopuna mrežnim planovima služe iz njih izvedeni planovi s lako razumljivim prikazima. Takvi su primjerice histogrami za potrebne resurse i razni financijski planovi. Oni su namijenjeni djelatnicima na gradilištu s manje znanja o planovima, ali i menadžerima na višim razinama upravljanja, naročito onima koji nisu tehničke struke.

3.3. Optimizacijski postupci

Prvi rezultati planiranja rijetko predstavljaju najbolju opciju. Optimizacijom se definira najpovoljnije od svih mogućih rješenja, a u širem smislu može se smatrati i skupom svih postupaka za poboljšavanje rezultata planiranja. Općenito ima zadatak pronalaženja sadržaja i slijeda aktivnosti u vremenu, obzirom na raspoložive resurse, kojim se ostvaruju određeni ciljevi projekta.
Optimizacija je najčešće usmjerena na minimizaciju ukupnih troškova ili skraćivanje roka realizacije projekta, a može se težiti i što nižem riziku i što većoj kvaliteti. Otežavajuće je što često ima suprotno djelovanje na rezultate prema različitim kriterijima optimiziranja, pa se svi moraju sagledavati i usklađivati zajedno, prema određenim prioritetima, imajući u vidu njihovu interakciju [6].

Osnovna podloga za postupke optimizacije su utvrđene vremenske rezerve aktivnosti. Jedina metoda planiranja koja ih izračunava strogo definitranom matematičkom procedurom je mrežno planiranje. Kod jednostavnijih slučajeva realizacije i iz nekih drugih planova može biti vidljivo koje su aktivnosti na kritičnom putu tj. bez rezervi.
Kada se ispostavi da isplanirani rok građenja ne zadovoljava u postupku optimizacije primarno je njegovo skraćenje. To se postiže povećavanjem broja radnih resursa i njihovim premještanjem s nekritičnih na kritične aktivnosti, povećanjem broja radnih sati na dan (produženje radnih smjena ili više smjena na dan), te izborom učinkovitijih (skupljih) tehnologija. Time se u pravilu smanjuju indirektni, ali se podižu direktni troškovi (slika 2.).



Redni br. - AKTIVNOST	Tnormal (dana)	Tminim (dana)	∆T (dana)	Promjena troškova/ dan skrać. Porast (kn/dan)	Ukupni trošk.
1.					
2.					
i					
n					

Slika 2. Odnos troškova i vremena građenja i lista aktivnosti za iterativnu optimizaciju roka

Matematičko programiranje po principu jednog kriterija dosta je istraživano (Kelley, Fulkerson, Fondahl, Elmaghraby, Trbojević, Perea, Lukić i dr.) [2, 5], ali u široj građevinskoj praksi nikada nije zaživilo, jer za složenije slučajeve ne daje dovoljno dobre rezultate. No, za projekte koji imaju karakteristike kao izvođenje podzemnih vodova neka od varijacija ove metode može biti vrlo upotrebljiva. Prema tzv. time-cost trade-off metodi skraćivanje normalnog trajanja aktivnosti, kod onih kod kojih je to tehnološki moguće, obavlja se iterativno, u tablicama, vodeći računa o kritičnom putu koji se pri ovom postupku mijenja. Redoslijed skraćivanja aktivnosti prati njihov potreban prirast troškova (direktnih) po danu skraćenja, a postupak se obavlja do postizanja minimalnih ukupnih troškova (kada se uračuna i smanjenje indirektnih troškova) ili odgovarajućeg roka.
Rješenja dobivena vremenskim planiranjem, pogotovo nakon skraćenja roka, znaju biti upitna zbog pretpostavke o neograničenom broju resursa, pa se često dobiva plan s nerealno kratkim rokom u odnosu na stvarno raspoložive resurse (upitna su i ograničenja radnog prostora). Planiranje bez optimiziranja resursa, prema mišljenju praktičara, samo je matematički formalizam i moguća procedura za dobivanje nemogućih rezultata.
Za ograničenje planiranih resursa primjenjuju se postupci kojima se definira raspored aktivnosti uz fiksni broj pojedinih vrsta resursa, a s ciljem pronalaženja minimalnog mogućeg trajanja izvedbe. Teži se stalno istom broju resursa, ne većem od raspoloživog, s neprekinutim korištenjem tijekom vremena zadržavanja na gradilištu (idealan raspored), odnosno rasporedu barem što bližem tome, što je obično profil Gaussove krivulje. Svako

odstupanje od idealnog rasporeda povećava troškove i umanjuje vjerojatnost ostvarenja plana. Ocjena plana korištenja pojedinog resursa temelji se na odstupanju od idealnog slučaja, a brojčano se izražava kroz penale određene prema praktičnim troškovima. Optimizacija rasporeda resursa stoga se zasniva na minimizaciji promjene broja resursa tijekom vremena korištenja (izbjegavanje svih dolazaka i odlazaka više od jednom po radniku/stroju) i otklanjanju vršnih potražnji resursa (u nepovoljnom terminu) [7]. S tim se smanjuje rizik ostvarenja plana i neki troškovi (jednokratni), a nastoji se postići uz minimalno produženja roka realizacije.

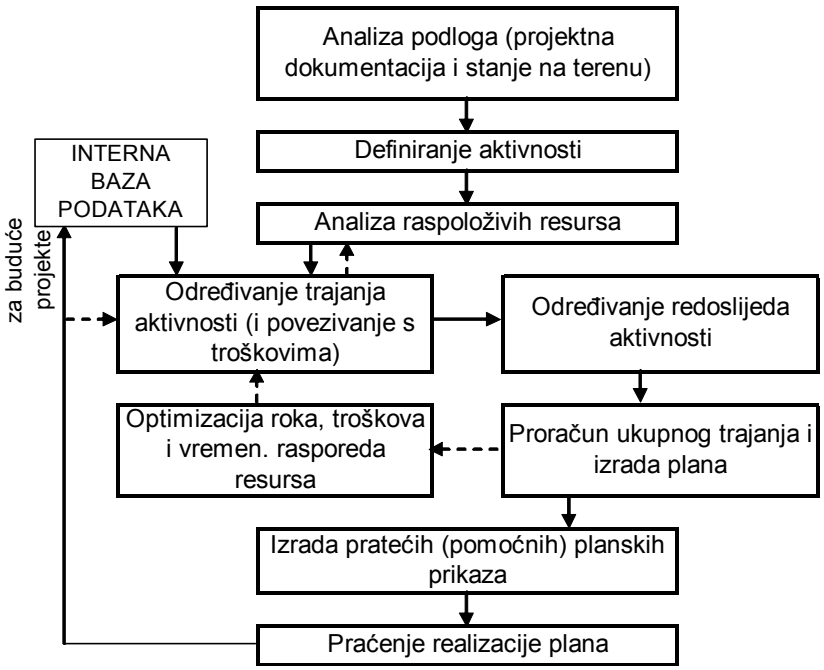
Najjednostavnije je ujednačavanje rasporeda planiranih resursa (resource leveling, "glačanje" histograma) premještanjem nekritičnih aktivnosti iz najranijeg položaja u neki za raspored resursa povoljniji, a unutar njihove vremenske rezerve. Tako planirani rok ostaje isti, ali samo s tom mjerom se obično ne postiže dovoljno dobro rješenje.

Efikasnost svih optimizacijskih postupaka brzo opada s porastom broja različitih resursa. Zato je za praktično primjenljiv konačni plan posebno važna kontrola heterogenosti specificiranih resursa, odnosno planiranje uporabe univerzalne radne snage i strojeva [8].

Rizik se, kao i kvaliteta, kod građevinskih projekata planira u nekim izabranim ili zadanim okvirima, koji ne predstavljaju maksimalno moguće veličine. Općenito se smatra da je zadovoljavajuća vjerojatnost realizacije roka u građevinarstvu 60 - 90%, a na nju se može utjecati s vremenskim rezervama koje su predviđene da amortiziraju rizike ako se ostvare.

4. Praćenje realizacije i ažuriranje planova

Planiranje ne završava izradom jednog optimiziranog rješenja, nego je to proces koji se nastavlja tijekom realizacije svih radova, kako to pokazuje slika 3.



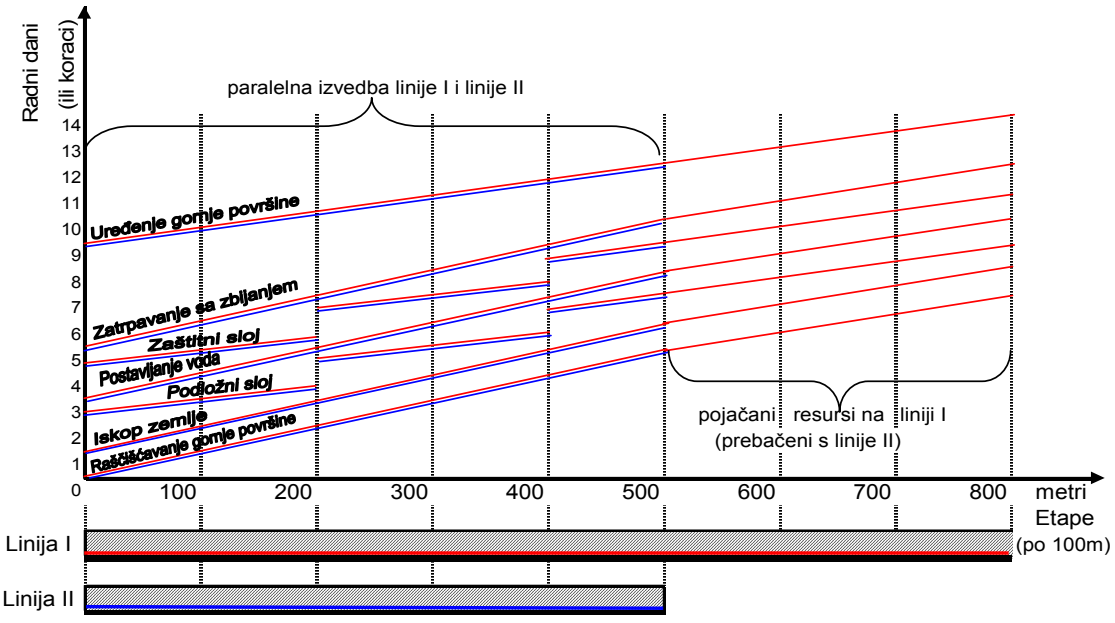
Slika 3. Algoritam cjelokupnog procesa planiranja

Uočavanje odstupanja ostvarenog i planiranog neophodno je da bi se moglo poduzeti korektivne akcije. U slučaju zaostajanja, ovisno o situaciji, vremenski plan se ažurira – kako bi se dostigao planirani rok ili se odustaje od njega i radi plan s kasnijim završetkom.
Važno je znati prepoznati rane znakove upozorenja da bi se stiglo sve dobro ispitati i osmisliti i onda pravovremeno reagirati.
Uz spomenute brojčano-tablarne planove i gantograme za kontrolu postoje i posebni planovi, koji su kod nas manje poznati i neopravdano rijetko korišteni. Takvi su linije balansa (za praćenje kontinuiranog djelovanja koje se može dobro izraziti u nekim mjernim jedinicama), linije putokaza i "S" krivulje (prikazuju postotak kumulativnih iznosa tijekom vremena za planirane i ostvarene troškove i prihode). Ovi planovi usmjereni su na usporedbu planiranih i stvarno postignutih količina, odnosno trajanja radova, pa su dobro vidljivi prebačaji i podbačaji ili kašnjenja (upozorenja!), ali ne i njihovi uzroci.
Jedan novi pristup u upravljanju projektima, posebno glede problema rizika i rezervi, pruža teorija kritičnog lanca (Critical Chain Project Management) koja kod nas još nije praktično ispitana, ali pokazala se vrlo uspješnom na većem broju projekata u SAD-u [9]. Ova metoda u vremenske planove ugrađuje mjere zaštite od širenja trajanja projekta (Parkinsonov zakon) i od nepoznatih faktora, tj. neizvjesnosti (Murphyijev zakon). Pri planiranju rezerve se izdvajaju iz aktivnosti u tzv. opskrbne i projektne "osigurače". Oni su statističke zaštite očekivanja od promjena, ali imaju još značajniju funkciju kao operativno mjerilo za specifični način kontrole. U usporedbi s kontrolom predviđenom tradicionalnim načinom upravljanja, ovo predstavlja odmak težišta od onoga što je napravljeno (putem izvješća o postotku završenog posla) na ono što je potrebno da bi se što realnije procijenilo stanje projekta i pristupilo mu se na pravi način – na vrijeme preostalo za dovršenje preostalih aktivnosti. Kontrolom preostale količine rezervi tijekom realizacije dobivaju se potrebne informacije o tome kada treba djelovati, a kada ne treba ništa poduzimati osim nastavka monitoringa. Rezerve pojednostavljuju prioritete i daju rane signale o "zdravlju" projekta uslijed utjecaja stvarnih okolnosti na planski model.
Praćenje realizacije je i izvor podataka za stvaranje baza podataka, te bi poduzeća koja se bave izvedbom podzemnih vodova iz toga svakako trebala kreirati svoje interne normative.

5. Planiranje prikladno za izvedbu podzemnih vodova

U fazi koncipiranja projekta potrebno je, a i jedino moguće, grubo vremensko planiranje, odnosno procjenjivanje vremena realizacije prema veličini, vrsti, sadržaju i kvaliteti buduće građevine (prihvatljiva greška je 10 - 20%) [10]. Kada projektiranje gotovo moguće je preciznije vremensko planiranje, prvo idejno, kao dio ponudbene dokumentacije, a najdetaljnije nakon ugovaranja posla (prihvatljiva greška na toj razini je 5% [11]). Prije izrade plana potrebno je odrediti organizacijsku i tehnologijsku koncepciju izvedbe projekta. Za izbor resursa presudni su uvjeti lokacije (slobodna fronta rada, postojeća prometna i druga infrastruktura, vrsta zemljišta), projektni zadatak (dubina iskopa, potrebna zbijenost, uređenost površine iznad vodova, a zbog isplativosti posebno su važne količine radova), tražena dinamika i realna raspoloživost resursa. Ovisno o ovome

treba se odlučiti između postupne izvedbe (najdugotrajnije, ali s najmanje resursa), paralelne (najbrže, ali s najviše istovremeno angažiranih resursa) ili neke kombinacije toga, kao što je taktna organizacija.
Kada se definiraju aktivnosti treba odmah prepoznati koje se moraju obavljati u kontinuitetu po cijeloj trasi cjevovoda (npr. ispitivanje cjevovoda, asfaltiranje gornje površine i dr.), a koje mogu biti isprekidane po njenim dijelovima. Također, moraju biti poznati ključni termini koji se ne bi smjeli mijenjati.
Vremenski planovi uvijek trebaju biti potpuni (sa svim aktivnostima potrebnim za realizaciju) i pregledni (čitljivi, razumljivi). Isto tako je važna mogućnost rekonstrukcije podataka (transparentnost puteva njihovog dobivanja) i dinamičnost tj. fleksibilnost (da se po potrebi mogu što jednostavnije ažurirati).
Predvidljive rizike treba nastojati izbjeći (ako nije preskupo), a za one koji preostaju u planove se unose odgovarajuće rezerve. Rezerve uračunate u plan, da bi bile svrsishodne, moraju biti transparentne i kontrolabilne, jer inače često neopravdano i neprimjetno nestanu.
Rezultati planiranja u pravilu su bolji ako se deterministički izračun trajanja aktivnosti temelji na radnim grupama (a ne pojedinim vrstama radnika) i ako predviđeni radnici i strojevi imaju širi opseg djelovanja. Već tada treba imati u vidu maksimalnu raspoloživost resursa u vremenu. Za raspodjelu ograničenih resursa između više aktivnosti postoje i odgovarajući računalni programi, a istraživana su i heuristička pravila.
Prema opisanim karakteristikama izvedbe podzemnih vodova preporučljivo je planiranje ciklogramima, ortogonalnim planovima, odnosno njihovom kombinacijom (slika 4.) čiji prikaz, ako to prostorni raspored iziskuje, može biti i u koordinatnom sustavu s tri osi.



Slika 4. Kombinacija ortogonalnog plana i ciklograma za izvedbu podzemnih vodova (Napomena: za praktičnu primjenu plan treba biti u odgovarajućem mjerilu)

U najjednostavnijim slučajevima dovoljni su samo brojčani i linijski planovi. Obzirom na ovdje uobičajeno mali broj aktivnosti, kritični put je prepoznatljiv i kod ciklograma, pa se dalje isto može optimizirati postupcima pojašnjenim u poglavlju 3.3.
Za složenije projekte, s više aktivnosti, ne može se bez mrežnog planiranja i izrade više vrsta planskih prikaza, što uz računala s odgovarajućim programima nije teško. U nekim takvim slučajevima ciklogramom se može isplanirati jedan, za to pogodan dio izvedbe i onda to unijeti u sveobuhvatni mrežni plan.
Da bi se procesi planiranja mogli uspješno odvijati potrebno im je prilagoditi sustav tj. unutarnju organizaciju izvođača radova. Pri uvođenju podsustava planiranja u poduzeće, kao i kod svakog uvođenja nečeg novog, uvijek je neizbježan određeni period uhodavanja, kada treba steći i neka nova znanja i općenito unositi više energije u posao. Novi način rada potrebno je artikulirati kroz više pokušaja, koji ne daju odmah pozitivan rezultat, pa se onda uobičajeno javlja povećani otpor zaposlenih [2]. Treba biti oprezan jer neuspjeh jednoga plana potiče sumnju i u druge, i tako se u očima svih sudionika još više narušava vjerodostojnost cijelog koncepta planiranja, a s tim se umanjuju šanse za uspjeh.

6. Zaključak

Zbog svih uočenih problema iznimno je važna izrada dinamičkih planova s optimiziranim rješenjem. Plan je nezamjenjivi upravljački instrument tijekom svih faza razvoja građevinskog projekta, a najzahtjevniju ulogu ima pri izvedbi radova, kada ih treba organizirati i obaviti uz optimalnu raspodjelu dostupnih resursa.
Primjena metoda planiranja mora biti kombinirana i prilagođena specifičnim uvjetima radova i izvođača, kako je ovdje pokazano za podzemne vodove.
U načelu, pri planiranju treba imati holistički pristup. Iako se optimizacija smatra posljednjom fazom planiranja, pogotovo kod dovoljno jednostavnih slučajeva, poželjno je, zbog skraćenja cijelog postupka, već na putu proračuna prvog rješenja primijeniti neke mjere u cilju optimiziranja plana [5, 6].
U građevinskoj praksi najčešći razlozi odustajanja od optimizacije su nedostatak vremena i pouzdanih podataka u pripremi, neznanje djelatnika i realni korisnički nedostaci metoda i računalne opreme. Samo kratki rokovi za davanje ponuda u izvjesnoj mjeri mogu biti opravdanje, ali jedino za odlaganje optimizacije za izvedbeni projekt organizacije građenja.
Planiranje se nipošto ne smije shvaćati kao jednokratna aktivnost, već kao proces sve do završetka realizacije, povezan s kontrolom, prema čijim rezultatima se planovi korigiraju. Samo izrada optimiziranog plana bez odgovarajućeg praćenja njegove realizacije neće biti dovoljna za postizanje zadovoljavajućih rezultata, kao što ni kontrola neće biti učinkovita bez postojanja kvalitetne planske podloge.
Uvijek je potrebno sustavno interno prikupljanje bitnih podataka o realizaciji kako bi se njihovom kasnijom obradom osigurala pouzdana podloga za planiranje budućih radova.
Potrebno je konstantno istraživanje područja planiranja, jer promjenom mogućnosti koju pruža danas raspoloživa IT oprema ono što je ne tako davno bilo nepraktično sada postaje

baš pogodno za primjenu. Također, treba analizirati i što je potrebno za unaprijediti planiranje, pa svjesno usmjeriti razvoj IT u tom pravcu.

7. Literatura

[1] Radujković, Mladen. Izvor prekoračenja rokova i proračuna građevinskih projekata, *Građevinar*, 51(1999), 2; s. 159-165. (ISSN 0350-2465)

[2] Vidaković, Držislav; Brana, Peatar; Gušić. Ismet. Održavanje planiranih rokova građenja // *Zbornik radova 20. Znanstveno-stručnog skupa – Organizacija i tehnologija održavanja* / Lacković, Zlatko (ur.). (ISBN 978-953-6032-76-1). Osijek : DOO, Elektrotehnički fakultet u Osijeku, HGK Osijek, 06.05.2011. s. 83-92.

[3] Izetbegović, Jadranko; Bandić, Mladen; Milić, Slaven. Informatičke tehnologije u hrvatskom graditeljstvu, *Građevinar*, 53(2001), 11; s. 717-329. (ISSN 0350-2465)

[4] Cukrov, Slaven. Izbor strojeva za iskop rovova vodovoda // *Građevinar*, 61(2009), 4; s. 339-345. (ISSN 0350-2465)

[5] Vidaković, Držislav; Brana P. *New Possibilities in Planning Process with Modified Calculation Algorithm // Proceedings of 3rd SENET PM Conference– Project Management Paving the Way to EU* /, Travnik, Igor (ur.). (ISBN 80-969-212-0-7). Bratislava: Project management association of Slovakia; Slovak University of Technology, 22.-24.09.2004.

[6] Vidaković, Držislav. Optimalizacija vremenskih planova za građevinske projekte // *Zbornik radova 10. međunarodnog simpozijuma iz project managementa – Projektno upravljanje - novi pristupi* / Jovanović, Petar (ur.). (ISBN 86-86385-00-1). Zlatibor : YUPMA, 15. -17.05.2006. s. 333-337.

[7] Vidaković Držislav. Resource Time Schedule Improvement During Preparation // *Proceedings of 4th International Conference Management and Technologies - Technology for Sustainable Development in Regions* / Parova, Maria (ur.). (ISBN 80-01-02-916-6). Prag : Česke Vysoke učeni technicke v Praze, 18.-20.02.2004, s. 32-37.

[8] Gomar E. Jorge; Haas T. Carl; Morton P. David. Assignment and Allocation Optimization of Partially Multiskilled Workforce*, Journal of Construction Engineering and Manage*ment 128(2002), 2; s. 103-109. (ISSN 0733-9364)

[9] Leach P. Larry. Critical Chain Project Management Improves Project Performance*, Project Management Journal* 30(1999), 2; s. 39-51. (ISSN 8756-9728)

[10] Brana, Petar; Sigmund, Vladimir; Vidaković, Držislav. Rough Planning Process of the Construction Projects // *Proceedings of 2nd SENET Conference on Project Management* / Radujković, Mladen; Katavić, Mariza (ur.). (ISBN 953-988-70-0-3). Cavtat : CAPM & IPMA & CIB, 17-19.04.2002. s. 383-391.

[11] Bauer, Herman. Baubetrieb. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag, 2007. (ISBN 978-354-032111132)

Neutralizacija kondenzata u kondenzacijskoj tehnici
Neutralization of condensate in condensing technology

T. Grizelj[1] , J. Hrnjica Bajramović[2, *]

[1]ITG Wärmetechnik GmbH, Wien Austria
[2]GRIZELJ d.d., Nikole Šopa 48, Stup –Sarajevo, BiH,

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

Sažetak:

Uz povećanje stupnja energetske efikasnosti > 98 %, razvila se kondenzacijska tehnika kroz program na plinskim kondenzacijskim kotlovima i kotlovima sa ekonomajzerima u oblasti grijanja. Svjesni smo da je nastanak kondenzata u mnogim postrojenjima negativna pojava i ujedno ekološki zahtjev, te se isto smatra izazovom uz poklanjanje pozornosti kako bi se isti korektno obradio.

Skupljanjem kondenzata iz kotla, ekonomajzera, dimnjače i dimnjaka te protokom kondenzata kroz uređaj za neutralizaciju vrši se neutralizacija pomoću neutralita u granulatima kako bi se postigla alkalna vrijednost kondenzata prihvatljiva za okoliš.

Uređaj kojima se prikuplja kondenzat sa jednog ili više mjesta u određenom postrojenju ujedno vrši hlađenje i neutralizacija istog kako bi bio prihvatljiv za ispuštanje u recipijent, odnosno kanalizacijske odvode, u skladu sa propisima o graničnim vrijednostima opasnih i štetnih tvari za tehnološke otpadne vode prije njihovog ispuštanja u javnu kanalizaciju, odnosno drugi prijemnik.

Neutralizacija kondenzata vrši se kemijskim postupkom koji je adekvatan i korektan za kontinuiran i uspješan rad postrojenja bez posljedica, uz onemogućavanje ekološkog opterećenja okoliša, koji je evidentan ukoliko se ne vrši neutralizacija, odnosno ukoliko se kondenzat ne tretira korektno i kontinuirano.

Energetska efikasnost i ekološka podobnost kao i ekonomičnost postiže se neutralizacijom kondenzata ukoliko se instalira u postrojenje uređaj za neutralizaciju kondenzata čime se sprečava kontaminacija otpadnih voda i povećava termoenergetski efekt koji štedi i novac kroz manji utrošak plina.

Ključne riječi: kondenzat, neutralizacija, energetska efikasnost, ekološka podobnost.

Summary:

With increasing degree of energy efficiency >98%, condensation techniques developed through the program on gas condensing boilers and boilers with economizers in the field of heating. We are aware that the formation of condensate in many plants and also the occurrence of negative environmental requirement, and is also considered a challenge to the gift of attention so that thay correctly processed.

Collecting condensate from boilers, economizer, flue pipe and chimney and condensate flow through the device for the neutralization is carried out by neutralization neutralita the granulate to achieve alkaline condensate value is acceptable for the environment.

The device which collects condensate from one or more places at a particular facility also performs cooling and neutralization of the same order to be eligible for release to the recipient, or sewer drains, in accordance with the regulations of the limit values of hazardous and noxious substances for technological waste water before discharging into the public sewer, or other receiver.

Neutralization of considensate is carried out by chemical process thet is appropriate and correct for the continuous and successful operation of the plant without consequence, to prevent the environmental burdens, which is evident if you can not perform neutralization, or if the condensate is not being treated fairly and consistently.

The efficiency and environmental acceptability and cost-effectiveness is achieved by neutralizing condensate if the device is installed in the plant for the neutralization of condensation which prevents contamination of waste water and increases the thermal effect that saves money through lower gas consumption.

Keywords: condensate, neutralization, efficiency, environmental acceptability.

1. Uvod

Razvojem društva svakim danom pokušava se u svim tehnologijama postići ekološka prihvatljivost kao i energijska efikasnost, što je izuzetno zastupljeno u oblasti energetike.

Zbog konkurentskog prestiža proizvođači pokušavaju svoje proizvode sve više prilagođavati kako bi bili ekološki prihvatljivi ali da ne gube na ekonomskoj profitabilnosti što je svakako značajno za očuvanje ali i unaprjeđenje životne sredine i društvene zajednice.

Svjedoci smo da različitim radnim i prirodnim procesima nastaju različite vrste otpada koje najčešće nisu ekološki prihvatljive, čak znaju biti veoma rizične te sa pristupa određenim tehnikama kako bi se rizičnost svela na minimum.

U plinskim kondenzacijskim kotlovima i kotlovima sa ekonomajzerima u oblasti grijanja dolazi do nastanka neželjene pojave kondenzata koji se svakako mora sanirati da bi kondenzacijska tehnika bila realizirana prema ekološkim zahtjevima.

Jasno je da svaka nova tehnologija nosi sa sobom i onu stranu koja možda nije ekološki prihvatljiva ali za kojom se teže i zbog ekonomije jer vrlo često ekologija i ekonomija su dvije strane koje se u svojoj efikasnosti suprotstavljene.

Razvojem kondenzacijskih kotlova kondenzacijska tehnologija obuhvatila je ekološku i energijsku efikasnost te samim tim isti su postali vrlo ekonomski prihvatljivi proizvodi.
Jasno je da ovisno o kapacitetu plinskih kondenzacijskih kotlova i kotlova sa ekonomajzerima različita je količina nastalog kondenzata.

Nastali kondenzat je ekološki neprihvatljiv te se mora tretirati na ispravan i korektan način prije njegovog ispuštanja u kanalizaciju ili neki drugi recipijent.

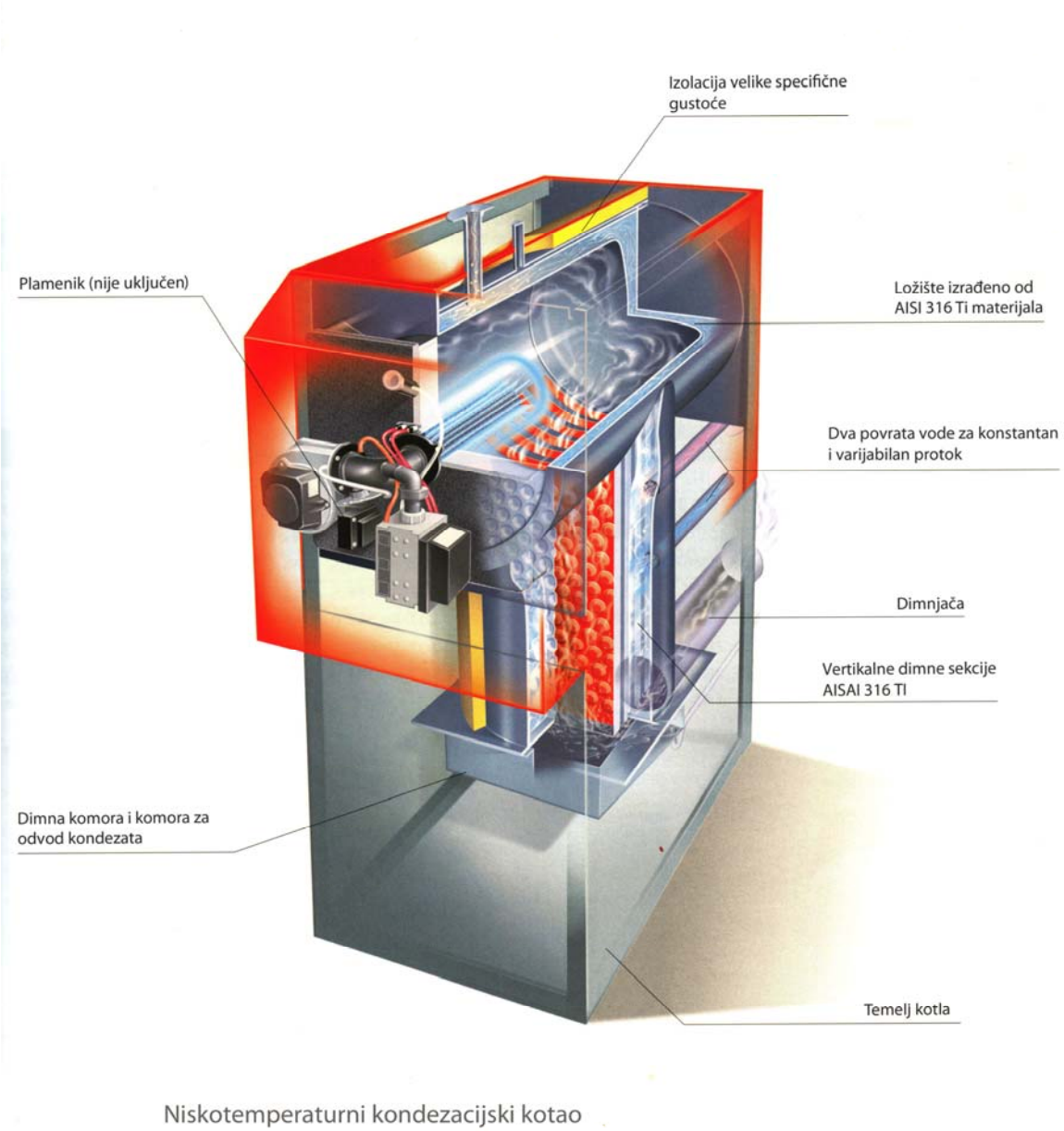
Zakonskim propisima treba regulirati ako već nije tretiranje svih otpadnih tvari iz tehnoloških procesa prije njihovog ispuštanja u recipijent, kao i granične vrijednosti opasnih i štetnih tvari za tehnološke otpadne vode prije njihovog ispuštanja u javnu kanalizaciju ili neki drugi prijemnik.

Produkcija kondenzata koja se javlja u ložištu kotla i dimovodnog sistema, ekonomajzeru ovisi o režimu rada kotla, odnosno kotao koji radi off/on je veći proizvođač kondenzata nego kotao koji radi kontinuirano bez prekida u kontinuitetu.

Uređaj kojima se prikuplja kondenzat sa jednog ili više mjesta u određenom postrojenju ujedno vrši hlađenje i neutralizacija istog kako bi bio prihvatljiv za ispuštanje u recipijent, odnosno kanalizacijske odvode.

2. Neutralizacija kondenzata

Kondenzacijski niskotemperaturni kotao < 500 kW ili ekonomajzer > 300 kW izrađen od INOX-a, imaju 104 – 114 % stupanj iskorištenja.



Slika 1. Niskotemperaturni kondenzacijski kotao

Skupljanjem kondenzata iz kotla, ekonomajzera, dimnjače i dimnjaka te protokom kondenzata kroz uređaj za neutralizaciju vrši se neutralizacija pomoću neutralita u granulatima kako bi se postigla alkalna vrijednost kondenzata > 7,5 pH prihvatljiva za okoliš.

Neutralizacija kondenzata vrši se kemijskim postupkom koji je adekvatan i korektan za kontinuiran i uspješan rad postrojenja bez posljedica, uz onemogućavanje ekološkog opterećenja okoliša, koji je evidentan ukoliko se ne vrši neutralizacija, odnosno ukoliko se kondenzat ne tretira korektno i kontinuirano.

Sustav za neutralizaciju kondenzata je potrebno redovno održavati i servisirati od strane ovlaštenih servisa, da se osigura uvijek dovoljna razina (količina) perli u spremniku (između maximalnog i minimalnog nivoa) kako bi sustav radio korektno.

Neutralizacija kondenzata, ekonomski opravdava niskotemperaturnu tehniku tako da sustav neutralizacije kondenzata utiče oko 0,3 ÷ 0,7% kW/h cjenovno u ukupnoj cijeni energenta.

Efikasnost i ekološka podobnost kao i ekonomičnost postiže se neutralizacijom kondenzata ukoliko se instalira u postrojenje uređaj za neutralizaciju kondenzata čime se sprečava kontaminacija otpadnih voda i povećava termoenergetski efekt koji štedi i novac kroz manji utrošak plina.

Potrošnja sredstva za neutralizaciju je stvar ukupne produkcije kondenzata iz kondenzacijskog kotla i dimovodnog sistema, a nivo perli se preporučava kontrolirati svaka dva mjeseca u toku sezone grijanja, a u ljetnim mjesecima samo na kraju i početku sezone grijanja.

U temperaturnom opsegu kotla ili ekonomajzera 90/70 °C ili 80/60 °C nema kondenzacije i energetska efikasnost je < 95 %. Temperaturni opseg kotla ili ekonomajzera < 50 °C je prisutna efikasnost > 100 % a time i kondezat u emisionom produktu.

Prikaz efikasnosti:

- Ekonomajzera:

40 ÷ 30 °C	80 - 60 °C
107, 5 %	97,5 %

- Kotlova:

40 ÷ 30 °C	80 – 60 °C
>109 %	97,3 %

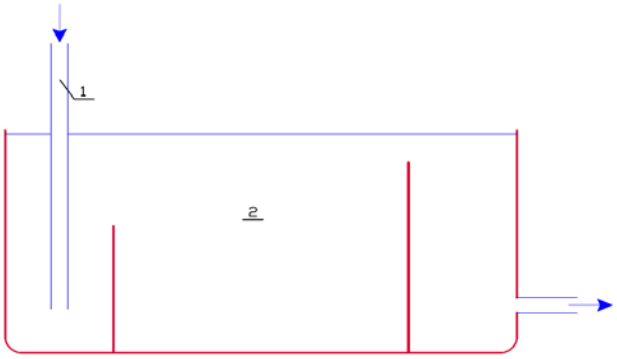
Kapacitet kotlova i ekonomajzera definiran u radnom temperaturnom opsegu 40 ÷ 30 °C.

3. Protočni sustav sa prelivom kondenzata u spremniku 8 lit. za < 50 kW (slika 1)

Sustavi za neutralizaciju kondenzata se sastoje za male bojlerske jedinice od malog spremnika za neutralizator volumena 8 lit. kroz koji protiče kondenzat koji se neutralizira i kao takav odvodi u kanalizaciju.

Za srednje kapaciteta od < 300 kW se koriste veći spremnici u kaskadnoj izvedbi sa sredstvom za neutralizaciju koji rade na principu protoka kondenzata kroz neutralizator i odvodi se u kanalizaciju.
Da bi sustavi za neutralizaciju kondenzata bili potpuno efikasni potrebno je vrijeme retencije cca 2 ÷ 5 min. da se kondenzat zadrži u spremniku da bi neutralizator izvršio kvalitetno neutralizaciju kondenzata u spremniku i tek tada bio distribuiran u kanalizaciju.
Sredstvo za neutralizaciju za manje jedinice granulat neutralita su kuglice (perle), a za veće sustave u tečnoj fazi.
Svakako postotak produkcije kondenzata a samim tim i neutralizacije istog ovisno o kapacitetu kotla jer je vrlo bitan i režim eksploatacije, dužina dimnjače, visina dimnjaka, dijametar dimnjaka, kao i izolacija dimovodnog trakta.

Za veće sustave se koristi sustav koji se sastoji od spremnika za neutralizator i većeg spremnika u koji se ubrizgava neutralizator u tečnoj fazi prema ulaznoj pH vrijednosti kondenzata i putem pumpe odvodi u kanalizaciju.



Bez pumpe

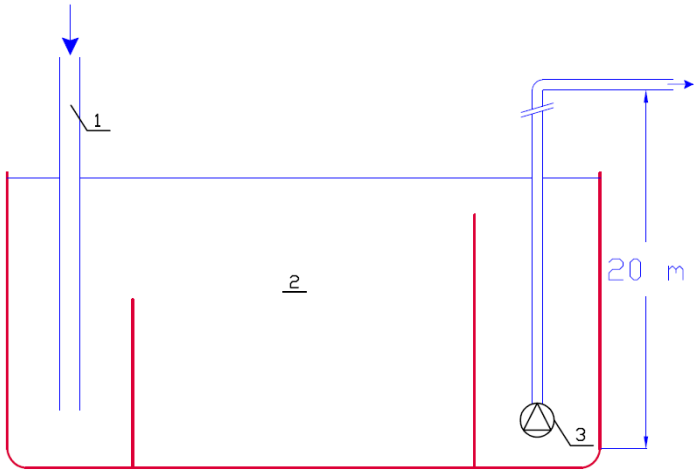
Legenda:
1. Protok kondenzata kroz sustav neutralizacije 0,1 - 0,3 l/sec
2. Spremnik neutralita u granulatu cca 3 kg (cca 3 lit)

Temperatura kondenzata:	5 ÷ 40°C
Granulacija neutralita:	0,5 ÷ 2,5 mm 2 ÷ 5 mm 5 ÷ 10 mm
Pakovanje neutralita:	8 kg i 25 kg

Slika 1. Sustav neutralizacije kondenzata bez pumpe

4. Protočni sustav sa pumpom kondenzata u spremnike 50 lit. za < 300 kW (slika 2)

U spremnik neutralizatora se skuplja kondezat iz kotla dimnjače i dimnjaka. Vrijeme retencije kondenzata u spremniku neutralizatora min. 3 minute, a poslije putem pumpe se transportira u kanalizaciju ili dugi recipijent. Pumpom se upravlja putem nivo sondi koje su sastavni dio sustava.



Sa pumpom

Legenda:
1. Protok kondenzata kroz sustav neutralizacije 0,1 - 0,3 l/sec
2. Spremnik neutralita u granulatu cca 3 kg (cca 3 lit)
3. Pumpa Q=500 l/h

Temperatura kondenzata:	5 ÷ 40°C
Granulacija neutralita:	0,5 ÷ 2,5 mm 2 ÷ 5 mm 5 ÷ 10 mm
Pakovanje neutralita:	8 kg i 25 kg

Slika 2. Sustav neutralizacije kondenzata sa pumpom

5. Protočni sustav sa kondicioniranjem kondenzata > 300 kW (slika 3)

Sustav za kondicioniranje kondenzata sastoji se od spremnika za tečni neutralizator (2), komore za neutralizaciju kondenzata (4), prateće opreme za automatski rad, signaliziranje radnih i sigurnosnih stanja.
Kondenzat se skuplja iz kotla ili ekonomajzera, dimnjaka, dimnjače u komori. Preko sonde se vrši mjerenje pH vrijednosti, a preko pH-metra (11) se upravlja radom pumpe (7) i dozira neutralizator.
Nivo sonde (10) i nivo rele (9) upravljaju pumpom (3) preko koje se vrši pražnjenje komore (4).

Volumen komore cca 100 lit. se projektira da može primiti minimalno kondezat koji se producira radom kotla ili ekonomajzera kako bi vrijeme retencije kondenzata iznosilo min. 3 min. prije ispuštanja u drugi recipijent.

Napomena:

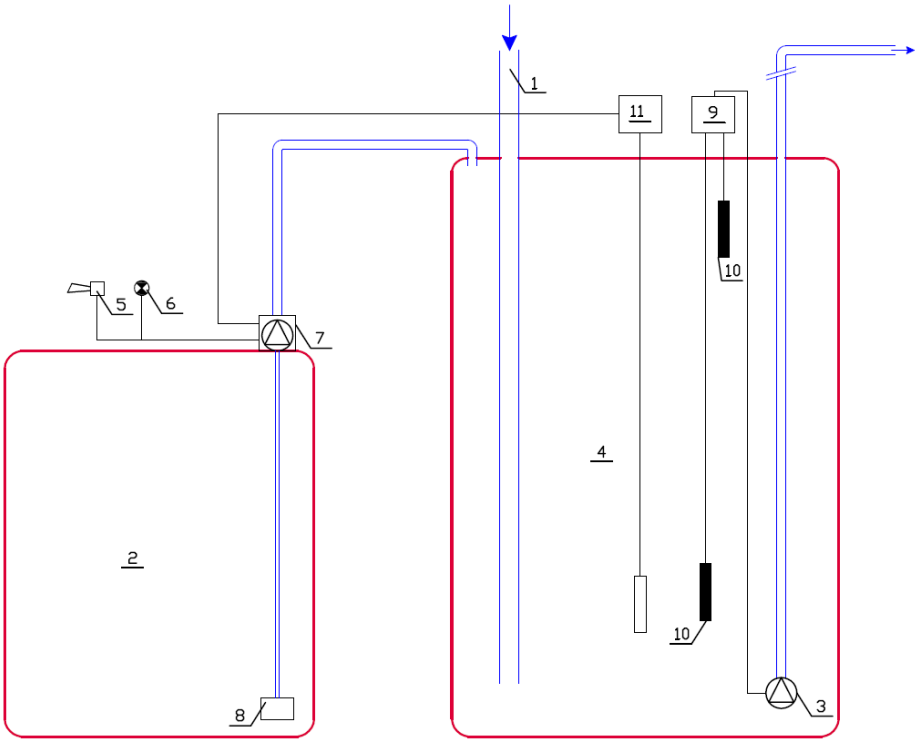
Dozvoljena alkalna vrijednost kondenzata > 7 pH temperatura < 40 °C

Kapacitet kotla	/	Emisija, produkcija kondenzata:
100 ÷ 300 kW		do 40 l/h
250 ÷1000 kW		do 140 l/h

Sustav za kotlove preko 1000 kW obavezno doziranje kondenzata sa monitoringom pH vrijednost kondenzata:

Kapacitet kotla	/	Emisija, produkcija kondenzata:
400 ÷ 3000 kW		do 400 l/h

Sve instalacije kondenzata se izvode sa PVC cijevima



Legenda:
1. Protok kondenzata kroz sustav neutralizacije 0,1 - 0,3 l/sec
2. Spremnik za tečni neutralit 25/50 lit.
3. Pumpa Q=1000 l/h
4. Komora za neutralizaciju kondenzata
5. Truba, zvučna signalizacija nedostatka neutralita
6. Signalna sijalica, svjetlosna signalizacija nedostatka neutralita
7. Dozir stanica
8. Usisna korpa
9. NR - Nivo relej
10. NS - Nivo sonda
11. pH metar

Slika 3. Prikaz neutralizacije kondenzata u kondenzacijskom kotlu

6. Zaključak

Korištenjem niskotemperaturni, kondenzacijskih kotlova i kotlova sa ekonomajzer-om u sustavima grijanja, imamo dva oblika efikasnosti: kroz smanjenje utroška plina kao energenta ili dobivanje više energije sa istim utroškom energenta. Povećanjem energetske efikasnosti > 104 ÷ 114 % (iskoristivost), imamo korektnu emisiju polutanata, nisku temperaturu dimnih plinova, uz primjenu neutralizacije kondenzata rezultira, efektnu zaštitu okoline.

7. Literatura

[1] Naučno - istraživačka dokumentacija**.** ITG Wärmetechnik GmbH, Wien Austria.

Thermo-catalytic conversion as a possible economic tool for energetic recycling of waste processing residues

P. Luk cs *

Faculty of Mechanical Engineering and Automation (GAMF), Kecskemét College, Hungary, Vehicle Industry Knowledge Centre (JIT), Kecskemét College

* Corresponding Author. E-mail: lukacs.pal@gamf.kefo.hu

Abstract

Recycling of complex technical products is a very important activity, because of national economic and also of environmental point of view. The End of Life Vehicles (ELV's) and the Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE's) contains beside valuable and economically recyclable metallic materials also 20-30% other types of mixed elements, these are mostly plastics and elastomers. Many of experimental works realised, less solution built-up as concrete plants for the recycling of that type of processing-remaining-materials. This paper introduces an energetic recycling solution possibility worked-out as one part of a three-years R&D project under the acronym RECYTECH. The thermo-catalytic conversion (TCC) is an economic way to recycle mixed processing residues from ELV's and WEEE's which was mostly landfilled until the latest periods.

Keywords: Recycling of mixed plastics, End of Life Vehicles (ELV), Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), thermocatalytic conversion, shredding residues

1. Introduction

Today the residue (light fraction) formed after shredding ELV's and WEEE may reach 50 kilotons annually, which goes to landfills in Hungary. Although the amount of this fraction is intended to reduce by several national and international laws, the technical breakthrough for an efficient technology has not yet reached.

Therefore the aim to develop a complex utilization technology and pilot plant, which solves the separation of the above mentioned problematic fractions, and these separated fractions can be supplied back partially or totally to energetic or material cycle reducing significantly the amount of waste to be deposited, is more than needed.

At present, considering the actual trends optimally 20% in material and 80% in energetically can be recovered from the organic content of the SLF. Major rate of material recovery can be viable in case of relevant increment of prices of primary materials, or active initiations affecting the environmental market.

This paper shows an acceptable technical solution for the shredder light fractions (SLF) arisen at waste recyclers, which were/are deposited in landfills, thus the utilization rates prescribed in regulations related to ELV-s and WEEE could be met. It also promotes the compliance to the strict landfill regulations not fulfilled today.
Australia, New Zealand, Colombia, South Africa, Thailand, Japan, Indonesia, Mexico and Canada also have mandates for ethanol blends. [2]

In Hungary 120-130 thousand ELV and about 140 kilotons of WEEE are generated annually. The metal content is recovered and some problematic fractions - like mixed plastics, rubber, glass, textile, etc. - are landfilled generally. It means 50 thousand tons deposited waste in Hungary. Though several national and international regulations intend to decrease the deposited amount, breakthrough has not reached yet.
In the EU-region, the automatically operated 200 (rotating hammer) shredder plants processing large technical equipment (ELV-s, large household appliances) annually produces 8-9 million tons of non-metallic grinded byproduct, which ends in landfills, without recovery. The organic content of this byproduct is 45-50%, i.e. 4-4,5 million tons. This amount is increased by the 1-2 million tons of organic contained residue from WEEE processing plants and recovered on a minimal level.
Based on the extended liability of manufacturers, the EC made the observance of 2000/53 and 2002/96/EC directives obligatory in all member states for ELV and for WEEE – as major waste streams. Based on these directives the relevant regulations (among others the 264/20004 and 267/2004 statutes) came into effect also in Hungary. Utilization and recovery rate of both ELV-s and WEEE is prescribed in regulations, and it is already hard to meet this requirement not to mention the following years. So the problem becomes more urgent day by day.

2. Presentation of REC TECH project

The previously described problematic has generated a project-proposal, in which a consortium of higher-education partners and industrial enterprises associated to work-out complex and economic solution for this type of waste.
R&D consortium applied and won a subsidy in the frame of the National Technology Programme of Hungarian National Office for Research and Technology, subsidised by 459 million HUF (appr. 1,5 mio EUR).
A three-year long R&D project has started in January 1., 2009., finished at the end of 2011.
As a first step the optimal separation technology of automotive light shredder fractions and electronic waste process residues has been selected (which helps the separation of different materials based on their different physical properties), followed by the material utilization of the separated fractions by identifying actual and possible applications. In the case of organic fractions which cannot be economically utilized as material, the pyrolytic technology was developed to achieve the maximum possible utilization rate. The aim of

applying thermo catalytic technology was to re-forming the mixed organic fractions by thermal treatment into base oils, which can be received by oil companies.

Figure 1. Input material for the project, processing waste residue of shredder

With respect to the scheduling of the project it was very important and ideal that the new shredder installed at Alcufer Ltd. in Fehérvárcsurgó in the middle of 2009, providing appropriate and instant possibility to prove the new research results, which made the further development and enhancement of the technology possible. Additionally, Alcufer-group collects and processes a significant amount of electronic waste, so there is no obstacle for conducting industrial size trials.

3. Thermo-catalytic conversion technology

As the RECYTECH project results clearly showed, without any further assistance steps the material recycling of mixed plastics and elastomers is still not a feasible activity today. Many more it has sense to recover this fractions via energetic way of recycling. Possible solution to create oil of mixed organic fractions and use in for produce electricity.

Special part of organic wastes are elastomers and plastics, which are practically „immortal" materials from the landfilling point of view. Energetic use of them via normal burning can cause environmental-pollution because of free carbon particles (robust smoke). It can also adhere some toxic materials on it, which generates further problematic.

Production of elastomers is based on chemical technology, namely on polymerisation. Reversing the procedure using external energy, the big material molecules will disintegrate into smaller ones.

In case of depolymerisation procedure – if it happens via external heat-energy input – we can speak about thermocatalytic conversion, as long as no air (oxygen) into reaction chamber admitted.

One part of plastics can be recycled as material, but there are also production or other (polluted, etc.) not recyclable plastics.

The procedure developed by RECYTECH-consortium-member Powerenergy Ltd. can apply for this non-recyclable plastics and elastomers since they are also made of crude oil. Steam-fractions exit out of the reactors come into more-phases condensation system, which generates fluid-fractions (same as in the fractional distillation happens, but compared to them this procedure is more simple and cheaper).

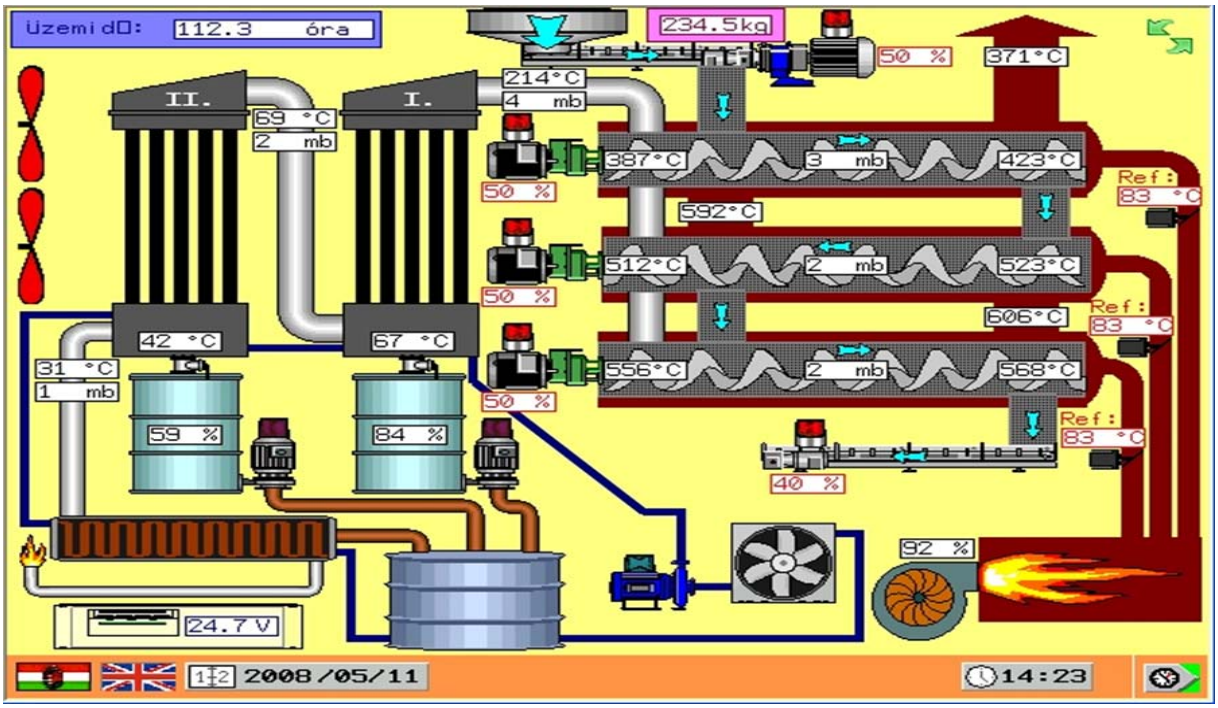


Figure 2. Block-schema for a thermo-catalytic conversion

During the procedure following types of pyrolysis products are generated (see Figure 3.)

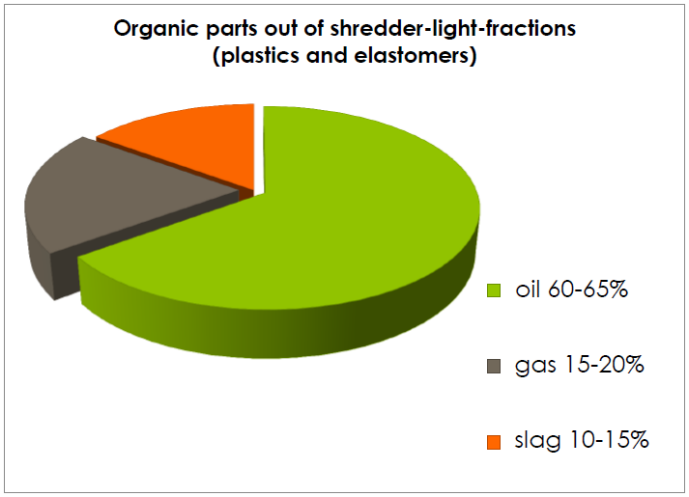


Figure 3. Output generated from shredding-residues via thermo-catalytic conversion

The main-product oil content has following properties:
Density: 0,8266g/cm³
Cetan index: 53
Sulphure-content: 110mg/kg
Kinetics viscosity at 40 ºC: 2,23 mm²/s

Figure 4. Distillated oil-product generated out of thermo-catalytic conversion

Product-gas can be determined with its heat-value as main property, which is dispersing between 40-65 MJ/Nm³.
The slag's (pyro-coke) main parameter is also a heat-value, about 14-18 MJ/kg (brown coal equivalent).
The procedure in the thermo-catalytic conversion procedure is showed by the Figure 5.

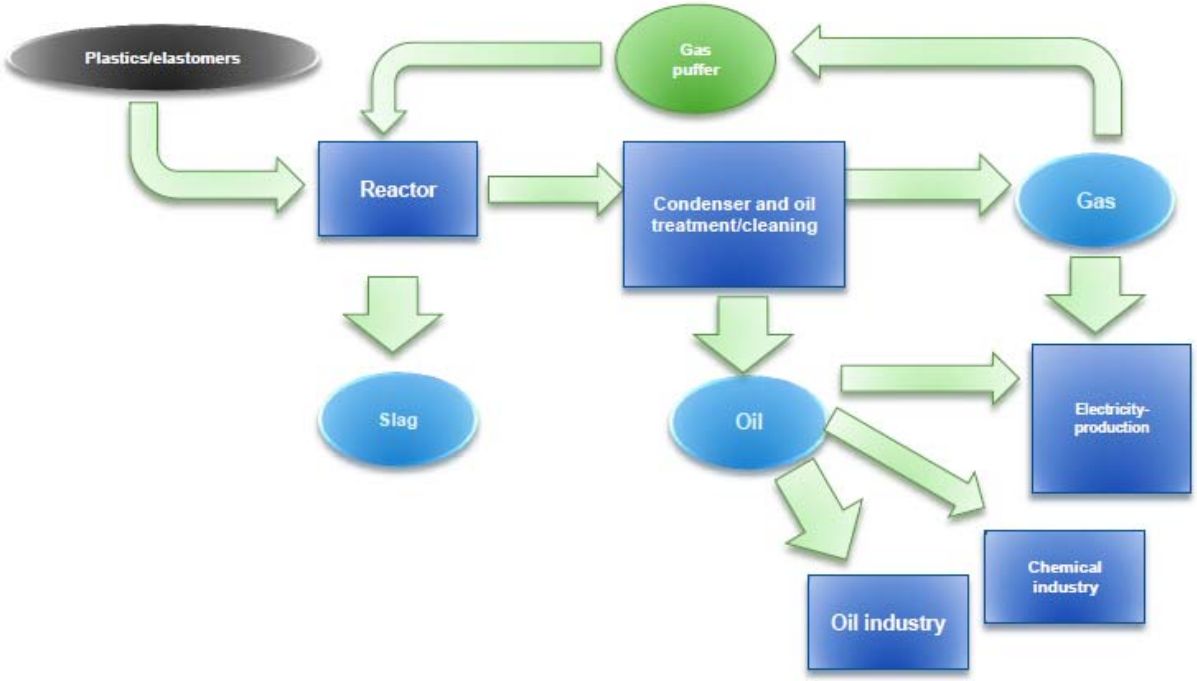


Figure 5. Thermo-catalytic conversion procedure

4. Use of end-products

End products can be utilised as following: oil-products can be sold – for those there are already a demand – or rather the oil products can be used for create electricity. This can be done by use of low-revolution, high-performance diesel-aggregates.

In case of electricity production exhaust-gases can be effectively cleaned, so they are not causing additional environment pollution.

Between creating electricity – in case of market acceptance – it is also a possible solution the use of thermal energy for heating applications. Temperatures are ~ 90/ 70 °C which can be used in heating- or in adequate systems. Exhaust gases of internal combustion engines can be used to generate ~ max. 6 bar, slightly overheated steam, too. In case of emissions the chlorine and fluor are in small concentrations and they are treathen in the procedure.

Water-needs of technology is nearly zero, the procedure has no emission into surface or under-surface waters.

Noise/sound load can be limited via isolation of aggregates.

The procedure only needs external energy-source as long as the reactors reach their process-temperature (PB- or canalisation gas needed for mantle-heating). Will the reactor reach its service temperature, the procedure will be as a self-supporting one.

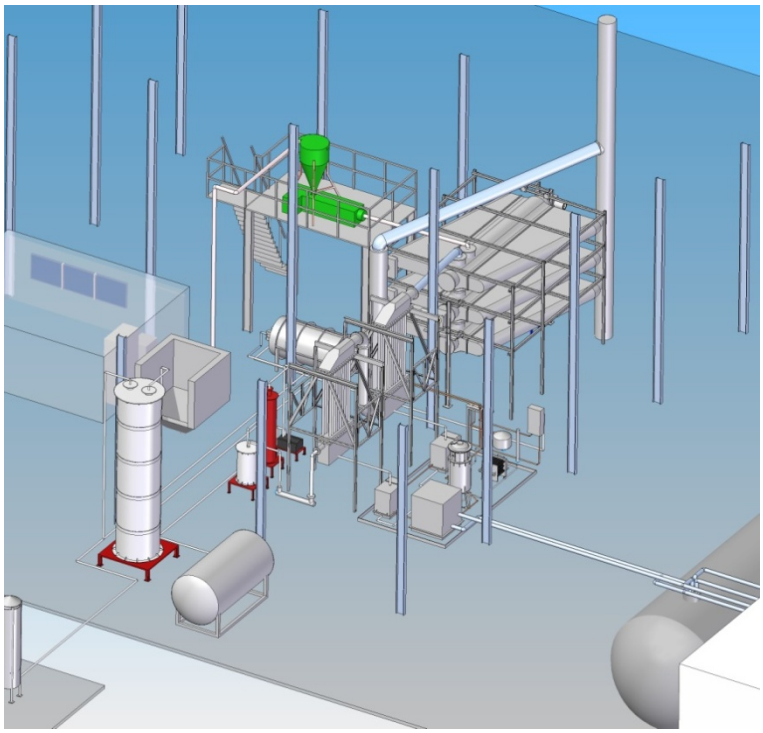


Figure 6. Layout of planned pilot-plant in Fehérvárcsurgó

5. Conclusions

In a three-years R&D project the recycling-possibilities of ELV- and WEEE-residues were investigated. The results clearly showed, that today – without any further legislation-steps or state-assistance – the material-recycling of plastics and elastomers generated of this types of residues, not feasible. Utilisable solution is – based on today's green-electricity-production regulations – to use them in thermo-catalytic conversion for generate oil, than create electricity in slowly-rotating, big diesel-agregates, where the emissions are still in a treatable area. New pilot-plant is building-up in Fehérvárcsurgó, on the shredder-site of ALCUFER Ltd., first experimental results are available at late summer 2012.

6. References

[1] P. Lukács Ph.D., P. Chrabák - Elaboration of recycling technologies for non metallic automotive and electronic wastes avoiding further deposition of organic materials - MicroCAD 2009., March 19., 2009. Conference, March 19., 2009.University of Miskolc
[2] RECYTECH - Hungarian National Technology Programm - http://www.recytech.hu/index.php?lang=en
[3] P. Lukács Ph.D., F. Ronkay Ph.D. - The actual tasks of the ELV recycling considering the recovery of organic content - Műanyag és Gumi, 2009. 46. issue, vol. 2.
[4] I. Gombkötő Ph.D., B. Csőke Dr.habil.Ph.D., P. Lukács Ph.D. Experiments on high efficiency separation of mixed plastic wastes by vortex-tube separator - XXV. International Mineral Processing Congress (IMPC), Brisbane, QLQ, Australia, 2010. September 6-10.

Uljne kotlovnice, projektiranje, ispitivanje i održavanje
Oil boiler-room, design, testing and maintenance

R. Majdenić*

*Autor za korespodenciju. E-mail: romano.majdenic@gmail.com

Sažetak
Rad će govoriti o usporedbi uljnih i plinskih kotlovnica prema postojećoj tehničkoj regulativi. Također će biti prezentirano mjerenje u skladu sa zakonski propisanim ispitivanjima, kao i održavanje dimovodnih instalacija, na osnovi kojih se određuje zadovoljavaju li ili ne dimovodni sustavi.

Abstract
The paper will talk about compared oil and gas boiler-room to the existing technical regulations. It will also be presented measurements in accordance with statutory trials, installation and maintenance of smoke, as a basis for determining whether or not satisfy flue systems.

Ključne riječi: projektiranje uljnih kotlovnica, pravilnik, ispitivanje dimovodnih sustava

1. Uvod
Rad je vezan uz problematiku uljnih toplovodnih kotlovnica 90˚ C (110˚C) za centralno grijanje, toplinskog učinka preko 50 kW. U većini slučaja to su građevine javne namjene. Dalekih 80-ih projektirano je puno uljnih kotlovnica. Prilikom ulaska u kotlovnicu osjeti se posebni miris što nije slučaj s plinskim kotlovnicama. Danas se uljne kotlovnice, često rekonstruiraju u plinske kotlovnice (zamjena energenta). Kotlovnica se tretira kao radni prostor [1]. Nužna sigurnosna oprema u toplovodnoj kotlovnici površno je spomenuta [2]. Područje opreme pod tlakom samo je spomenuto, električne instalacije nisu obuhvaćene.

2. Projektiranje
2.1. Regulativa
Regulativa koja pokriva područje strojarskih instalacija:
- uljnih kotlovnica: Pravilnik o zapaljivim tekućinama [3],
- plinskih kotlovnica: Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje, gradnju, pogon i održavanje plinskih kotlovnica [4].

2.2. Osnovni pojmovi
Skladištenje i držanje [5] :

- skladištenje je trajno ili povremeno, na propisan način, smještanje zapaljivih tekućina ili plinova u posude i/ili spremnike čiji je obujam više od 2.000 l gorivih tekućina, odnosno 20 l upaljivih (lako zapaljivih) tekućina ili više od 30 kg zapaljivih plinova, ako posebnim propisom nije određeno drugačije,
- držanje zapaljivih tekućina i/ili, plinova je čuvanje i/ili odlaganje zapaljivih tekućina i/ili plinova u građevinama, građevinskim dijelovima ili izvan njih u posudama čiji ukupni obujam ne prelazi 2.000 l gorivih tekućina odnosno 20 l upaljivih (lako zapaljivih) tekućina i ne prelazi 30 kg zapaljivih plinova na način predviđen ovim Zakonom, propisima donesenim na temelju zakona, hrvatskim normama i uputom proizvođača.

Plinska instalacija [5] :
- plinska instalacija je instalacija od glavnog zapora za zatvaranje na kraju priključka koji služi za prekid opskrbe plinom odnosno od spremnika plina do ispusta dimnih plinova, a sastoji se od plinskog cjevovoda s opremom, plinskih uređaja i trošila, uređaja ili otvora za opskrbu zrakom za izgaranje i odvod dimnih plinova.

2.3. Zone opasnosti

U zonama opasnosti zabranjeno je [5] :
- držanje i uporaba alata, uređaja i opreme koji pri uporabi mogu iskriti,
- pušenje i korištenje otvorene vatre u bilo kojem obliku,
- držanje oksidirajućih, reaktivnih ili samozapaljivih tvari,
- odlaganje zapaljivih i drugih tvari koje nisu namijenjene tehnološkom procesu,
- pristup vozilima koja pri radu svog pogonskog uređaja mogu iskriti,
- uporaba električnih uređaja koji nemaju protueksplozijsku zaštitu,
- nošenje odjeće i obuće koja se može nabiti statičkim elektricitetom i uporaba uređaja i opreme koji nisu propisno zaštićeni od statičkog elektriciteta.

U zonama opasnosti nije dozvoljeno [3]:
- držanje i uporaba alata, uređaja i opreme sa ručnim, mehaničkim, pneumatskim, rotirajućim i sl. pogonom i pokretanjem, koji mogu prouzročiti iskru ili na drugi način oslobađati toplinu,
- pušenje i uporaba otvorene vatre u bilo kom obliku,
- držanje oksidirajućih, reaktivnih ili samozapaljivih tvari,
- odlaganje zapaljivih i drugih tvari koje nisu namijenjene tehnološkom procesu,
- pristup vozilima koja pri radu mogu iskriti,
- nošenje odjeće i obuće koja se može nabiti opasnim nabojem statičkog elektriciteta, npr. sintetska odjeća i obuća bez antistatičke preparacije i sl., osim u zoni 2 ako je posebnim propisom drugačije utvrđeno,
- uporaba uređaja i opreme koji nisu propisno zaštićeni od statičkog elektriciteta ako na njima postoji mogućnost nabijanja opasnog naboja statičkog elektriciteta.

2.4. Aktivne mjere zaštite od požara

Mobilna oprema za početno gašenje požara sastoji se od prijenosnih vatrogasnih aparata [6] i mokre hidrantske mreže [7].

2.4.1 Prijenosni vatrogasni aparati:

Uljne kotlovnice: prijenosni aparati za početno gašenje požara, propisani su [6].
Plinske kotlovnice: prijenosni aparati za početno gašenje požara, propisani su ovisno o tlocrtnoj površini kotlovnice [7].

2.4.2 Hidrantska mreža:

Uljne kotlovnice: nije propisana (uz uvjet da građevina mora imati hidrantsku mrežu) [3].
Plinske kotlovnice: propisano je [4].
Nije posebno navedeno kako uljne kotlovnice moraju imati mokru hidrantsku mrežu. Jedino ako to traži posebnim uvjetima gradnje iz područja ZOP-a [7].

2.4.3 Posebne mjere zaštite od požara

Uz svakoj uljnoj kotlovnici [3] mora biti sanduk sa suhim i rastresitim pijeskom i lopatom, članak 253.

Slika 1. Sanduk s 1 m^3 suhog i rastresitog pijeska s lopatom

2.5. Označavanje

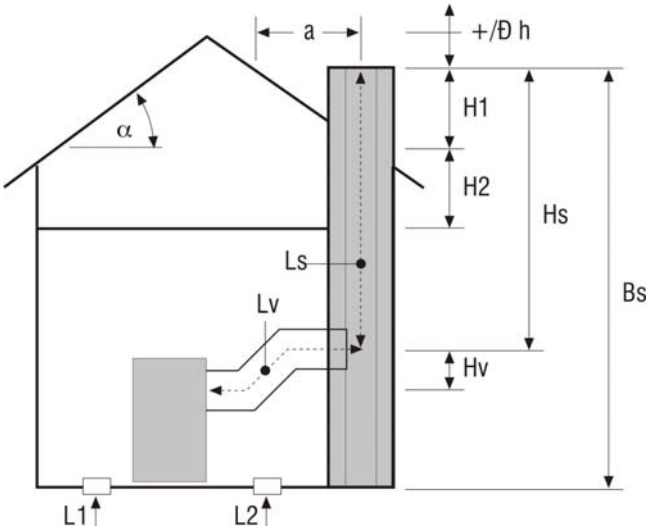
Obavezno je označavanje spremnika i instalacija [8] te vatrogasne opreme i njeno postavljanje [6] i [8]. Mobilna oprema za početno gašenje požara, unutarnji zidni hidrant i prijenosni aparati za početno gašenje požara, označavaju se prema HRN ISO 6309.
Obavezno je postavljanje trajnih i uočljivih upozorenja: ,,IZLAZ" i " KOTLOVNICA – NEZAPOSLENIM ULAZ ZABRANJEN" [4].

2.6. Lokacija i dimenzije kotlovnice, uređaj za loženje, ventilacija

Uljne kotlovnice: propisana lokacija, propisana ventilacija [3].
Plinske kotlovnice: propisana lokacija i dimenzije, propisana udaljenost od zidova i poda. Propisana ventilacija, u pravilu se proračunava n=5 izmjena zraka (prirodna ventilacija) [4].

2.6. Odvođenje produkata izgaranja.

Strojarski projektant proračunava dimnjak za odabran uređaj za loženje [9]. Prvo se označava (definira) dimnjak [10], normama za proračun dimnjaka [11-12] proračunava se dimnjak.



Slika 2. Presjek kotlovnice s dimnjakom

2.7. Tlačna oprema

Propisana je nužna sigurnosna oprema toplovodnog sustava [2].

- ekspanzijska posuda (u pravilu su zatvorene ekspanzijske posude),
- sigurnosni ventil.

Propisana je obavezna oprema spremnika [3].

Ukopani spremnik, priključci i oprema za mjerenje (pojednostavljeno):

- plovak gornje razine,
- radarski mjerač razine,
- priključak za mjernu letvu,
- odzraka,
- ventil protiv prepunjenja spremnika (ako se spremnik puni autocisternom),
- kontrola nepropusnosti manometrom (ako je spremnik dvoplašni, kontrolira se tlak pad tlaka između dva plašta),
- priključak za punjenje međuprostora dva plašta (ako je spremnik dvoplašni, puni se dušikom ili se izvlači kisik pa ostaje vakuum).

2.8. Smjernice

Prema nepisanom pravilu, ako se projektira uljna kotlovnica, tada bi trebala ispunjavati zahtjeve za plinske kotlovnice. U većini slučaja kod rekonstrukcije (zamjeni energenta), ne napravi se proračun dimnjaka (izgaranjem ulja nastaje čađ) i ne dokazuje se da postojeći dimnjak zadovoljava za drugu vrstu energenta.

3. Ispitivanja, pregledi i eksploatacija

Zakonom propisana ispitivanja prema regulativi, dijele se na ispitivanja sa stanovišta zaštite na radu i protupožarne zaštite. Uz napomenu kako ispitivanja kod novogradnje ne može vršiti izvođač radova.

3.1. Zaštita na radu

Propisano je ispitivanje radnog okoliša i uređaja s povećanim opasnostima (kotlovi za centralno grijanje) [13].
- prije njihovog stavljanja u uporabu,
- najmanje jedanput nakon dvije godine njihove uporabe, poslije rekonstrukcije, a prije ponovnog početka korištenja,
- prije početka korištenja na novom mjestu uporabe, ako su strojevi i uređaji premješteni s jednog mjesta na drugo pa su zbog toga rastavljeni i ponovo sastavljeni.

Kotlovnice za centralno grijanje učinka preko 50 kW [14], propisano je ispitivanje kao i kod radnog okoliša.
Ispitivanje sa stanovišta ZNR, može obavljati pravna osoba koja ima ovlaštenje od Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva (prema starom ustrojstvu Ministarstva).
Pregled obavlja stručna osoba osposobljena za puštanje u pogon i održavanje postrojenja određenog tipa (članak 73.), jedanput godišnje [4].
Kod tlačne opreme poželjno je da prvi pregled (oprema niske razine opasnosti) napravi Agencija za opremu pod tlakom (vlasnik/korisnik nije dužan obavijestiti), a periodične preglede mogu obavljati trgovačka društva koja vrše ispitivanja strojeva i uređaja povećane opasnosti [15].

3.2. Zaštita od požara

Propisano je ispitivanje sustava mokre hidrantske mreže, prvo ispitivanje i periodičko ispitivanje [16]. Prema starom Pravilniku o uvjetima za obavljanje ispitivanja stabilnih sustava za dojavu i gašenje požara (NN 67/96 i 41/03) hidrantska mreža sa svim svojim uređajima i armaturama kontrolirala se jedanput godišnje.
Propisano je ispitivanje vatrogasnih aparata, redovni pregled najmanje jednom u tri mjeseca obavlja vlasnik te periodični servis najmanje jednom godišnje obavlja serviser vatrogasnih aparata [5].
Ispitivanje sa stanovišta zaštite od požara, može obavljati pravna osoba koja ima ovlaštenje od strane Ministarstva unutarnjih poslova.
Definirano je vrijeme ispitivanja plinske instalacije [4].
- operator, prilikom promjene ili umjeravanja plinomjera,produžuje ili uskraćuje isporuku plina samo na temelju ispitnog izvještaja o nepropusnosti i ispravnosti plinske instalacije u građevini ili dijelu građevine namijenjene za stanovanje, a najmanje jednom u 10 godina, ako drugim propisom nije određen kraći rok,
- potrošač u građevini ili u dijelu građevine javne namjene i građevine ili dijela građevine u kojoj se obavlja gospodarska djelatnost dužan je ispitati nepropusnost i ispravnost plinske instalacije najmanje jednom u 5 godina, a operator u tom roku produžuje ili uskraćuje isporuku plina samo na temelju ispitnog izvještaja, ako drugim propisom nije određen kraći rok.

3.3. Eksploatacija

Osoba koja nadgleda instalaciju i opremu u kotlovnici [17] prema podjeli poslova je:
- ložač centralnog grijanja – rukovanje instalacijama centralnog toplovodnog grijanja, toplovodnim kotlovima na kruto gorivo i ručno loženje, čiji toplinski učin ne prelazi 300 kW

ili toplovodnih i termouljnih kotlova za centralno grijanje na tekuće i/ili, plinovito gorivo, čiji zajednički toplinski učin ni prelazi 500 kW,
- rukovatelj centralnog grijanja i termoventilacije – samostalno rukovanje uređajima za centralno grijanje i uređajima za termoventilaciju, toplovodnim kotlom za centralno grijanje na kruta goriva i ručno loženje, čiji toplinski učin prelazi 300 kW, ili toplovodnim i termouljnim kotlovima za centralno grijanje na tekuće i/ili plinovito gorivo, čiji zajednički toplinski učin ne prelazi 500 kW.

4. Mjerenje emisije dimnih plinova

Kontrolu, čišćenje ložišta i dimnjaka, izvodi ovlašteni područni dimnjačar (čišćenje i kontrola dimovodnih objekata i uređaja za loženje u stanju funkcionalne sposobnosti) [18-19].

Dolje su navedena svojstva ulja koje s kojim se loži u kotlovnici koja je predmet ispitivanja (podatci su iskustveni).

Loživo ulje – EKSTRA LAKO, kemijska svojstva:
- Vrelište: 180°C (prema HRN EN ISO 3405),
- Točka paljenja / Plamište: >55 °C (HRN EN ISO 2719),
- Klasa zapaljivosti medija: II. skupina,
- Temperatura samozapaljenja: nije primjenjivo,
- Gustoća (15 °C): najviše 860 kg/m^3,
- Viskoznost (kod 20 °C): 2,5 – 6,0 mm^2/s (prema HRN EN ISO 3104),
- Gustoća para: nije primjenjivo,
- Hlapivost: nije primjenjivo,
- Topljivost u vodi: neznatna,
- Viskoznost (20 °C), mm^2/s: 1,8 – 6,0 (HRN EN ISO 3104),
- Viskoznost (40 °C), mm^2/s: 1,3 – 3,8 (HRN EN ISO 3104).

Izvršeno je mjerenje (slika 3.) emisije dimnih plinova u jednoj toplovodnoj uljnoj kotlovnici 90˚ C (110˚C) s pretlačnim plamenikom. To je mjerenje izvršio područni dimnjačar s mjernim uređajem – analizatorom dimnih plinova, prema mjernom protokolu.

Slika 3. Uljna toplovodna kotlovnica

Postupak mjerenja:
- analiziranje senzora,
- mjerenje (slika 4.) u trajanju 3-5 minuta,
- rezultati mjerenja (slika 5.) – izvješće (podatak o izvršenoj kontroli ispravnosti ložišta),
- dimnjačarsko stručno izvješće (slika 6.) – izdaje dimnjačarska služba.

Slika 4. Mjerenje na mjernom otvoru spojne dimovodne cijevi

```
-----------------------------
     testo 330-1 LL
V1.06          01926034/HR
-----------------------------
05.06.2012        07:45:24
-----------------------------
Mjerna lok.
LOCATION
Vrsta sistema
  Ventilatorski plamenik
TEHNOSTAN
-----------------------------
Gorivo        Lako ulje EL
                      3.0 %
CO2max:              15.4 %
-----------------------------
       Cug/Podlatk
05.06.2012        07:41:38

 118.6 °C    TDP
 -0.47 mbar  Cug/Podlatk
-----------------------------
        čistiCO
05.06.2012        07:42:23

     1 ppm  čistiCO
-----------------------------
       Dimni plin
05.06.2012        07:44:29

   5.8 %     O2
     1 ppm   CO
 11.15 %     CO2
  49.2 °C    Rosište
     1 ppm   čistiCO
  93.3 %     Efnet
  1.38       ?
 158.6 °C    TDP
-----------------------------
       Dimni plin

  20.8 %     O2
     1 ppm   CO
   --- %     CO2
   --- °C    Rosište
   --- ppm   čistiCO
   --- %     Efnet
   ---       ?
  71.9 °C    TDP
-----------------------------
```

Slika 5. Rezultati mjerenja (izvješće)

DIMNJAČARSKO IZVJEŠĆE BR. 3075-17.5.2012

Dana 17.5.2012 izvršeni su dimnjačarski radovi sukladno Zakonu o komunalnom gospodarstvu (26/03, 82/04,110/04, 178/04, 38/09, 79/09, 153/09, 49/11, 84/11 i 90/11) i Odluci o radu dimnjačarske službe grada Vukovara (Sl. list 7/02, 1/04, 2/09, 2/10) a prema pozitivnim Zakonskim odredbama i propisima.

OPĆI PODACI

ADRESA	Hrvatskog Zrakoplovstva 41-51
VLASNIK/OIB	Suvlasnici zgrade, -
DATUM RN-A	17.5.2012

	LOŽIŠTE	PLAMENIK
NAZIV/TIP	Viessmann	Weishaupt
SER. BROJ	7324062900627	4810166
KW	285 kW	72-330 kW
ENERGENT	lož ulje	

RADOVI:		REZULTATI MJERENJA:	
ložište			
vizualna kontrola dimovoda	izvršeno	temperatura dimnih plinova	165,2 °C
kontrola brtvenosti	izvršeno	temperatura okoliša	- °C
čišćenje ložišta	izvršeno	toplinski gubici u dimnim plinovima	- %
analiza dimnih plinova ložišta	izvršeno	pretičak zraka (Lambda)	1,40
dimnjak		Iskoristivost (Eta)	92,0 %
čišćenje dimnjaka	izvršeno	podtlak dimnjaka	-0,46 Pa
kontrola prohodnosti dimnjaka	izvršeno	sadržaj CO_2	10,79 %
kontrola revizijskih otvora	izvršeno	sadržaj kisika	4,2 %
kontrola građ. stanja dimnjaka	izvršeno	sadržaj ugljičnog monoksida	1 ppm

ANALIZA DIMNIH PLINOVA IZVEDENA JE ANALIZATOROM DIMNIH PLINOVA TESTO - TIP:330LL - SER.BR.:01926034 , UMJERENOG I SERVISIRANOG OD STRANE OVLAŠTENOG SERVISA

ZAKLJUČAK:
Po završetku dimnjačarskih radova sukladno Odluci, izjavljujemo da je predmetna kotlovnica **ISPRAVNA** u daljnoj uporabi u smislu požarne prevencije i sigurnosti odvoda dimnih plinova.

Slika 6. Primjer izvješća (dimnjačarsko stručno izvješće)

Mjerenja se ne provode unificirano, jer ložišta nisu unificirana (postoji više proizvođača ložišta).
Na području grada Vukovara, prema gradskoj odluci [20] provode se u sezoni grijanja, čišćenja dimnjaka, ložišta i analiza dimnih plinova. U uljnim kotlovnicama provode se po četiri mehanička čišćenja (prema potrebi i jedno kemijsko čišćenje). U plinskim kotlovnicama provode se po dva mehanička čišćenja.
Obaveze korisnika [21], članak 38:
(1) Vlasnici odnosno korisnici građevina, građevinskih dijelova i drugih nekretnina te prostora, odnosno upravitelji zgrada dužni su posjedovati uređaje, opremu i sredstva za gašenje od požara,
(2) **Vlasnici** odnosno korisnici građevina, građevinskih dijelova i drugih nekretnina te prostora, odnosno upravitelji zgrada **dužni su** sukladno propisima, tehničkim normativima, normama i uputama proizvođača **održavati** u ispravnom stanju postrojenja, uređaje i instalacije električne, plinske, ventilacijske i druge namjene, **dimnjake** i **ložišta** kao i druge uređaje i instalacije, koji mogu prouzročiti nastajanje i širenje požara te o održavanju moraju posjedovati dokumentaciju.

5. Zaključak

Svrha rada je dati presjek problematike uljnih i plinskih kotlovnica, a namijenjen je za pomoć vlasnicima, korisnicima i upraviteljima zgrada. Došlo se do zaključka kako su propisi vezani uz uljne ili plinske kotlovnice većinom stari, nedorečeni i teško primjenjivi, a

neki se često mijenjaju. Danas u sveopćoj neimaštini i ne znanju propisa, često se održavanje ne provodi kako treba i izvode ga nestručne osobe. Neka postrojenja puna su oslabljenih mjesta, što je prilično opasno i u krajnjem slučaju, može rezultirati požarima i eksplozijama.

6. Literatura

[1] Pravilnik o zaštiti na radu za radne i pomoćne prostorije i prostore, *Narodne novine 6/84 i 42/05*
[2] HRN EN 12828:2003, Heating systems in buildings – Desing for water – based heating systems
[3] Pravilnik o zapaljivim tekućinama, *Narodne novine 54/94*
[4] Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje, gradnju, pogon i održavanje kotlovnica, *Službeni list 10/90 i 52/90*
[5] Zakon o zapaljivim plinovima i tekućinama, *Narodne novine 108/95 i 56/10*
[6] Pravilnik o vatrogasnim aparatima, *Narodne novine 101/11*
[7] Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara, *Narodne novine 08/06*
[8] Pravilnik o sigurnosnim znakovima, *Narodne novine 29/05*
[9] Tehnički propis za dimnjake u građevinama, *Narodne novine 03/07*
[10] HRN EN 1443:2003, Chimneys – General requirements
[11] HRN EN 13384-1:2003, Chimneys – Thermal and fluid dynamic calculation methods – Part1: Chimneys serving one heating appliance
[12] HRN DIN 18160-1:2001, Abgasanlagen – Teil 1: Planung und Ausfürung
[13] Zakon o zaštiti na radu, *Narodne novine* 59/96, 94/96, 114/03, 86/08, 116/08 i 75/09
[14] Pravilnik o listi strojeva i uređaja s povećanim opasnostima, *Narodne novine 47/02*
[15] Pravilnik o pregledima i ispitivanju opreme pod tlakom, *Narodne novine 138/08*
[16] Pravilnik o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara, *Narodne novine 44/12*
[17] Pravilnik o stručnom osposobljavanju i provjeri znanja za upravljanje i rukovanje energetskim postrojenjima, *Narodne novine 70/10 i 50/11*
[18] Zakon o komunalnom gospodarstvu, *Narodne novine 26/03, 82/04, 110/04, 178/04, 28/09, 79/09, 153/09, 49/11,84/11 i 90/11*
[19] Program pomoćničkog ispita za zanimanje dimnjačar, *Narodne novine 12/10*
[20] Odluka o radu dimnjačarske službe grada Vukovara, *Službeni vjesnik 7/02, 1/04, 2/09 i 2/10*
[21] Zakon o zaštiti od požara, *Narodne novine 12/10*

PLIN2012
www.konferencija-plin.com

10. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi
3. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi
10th Natural Gas, Heat and Water Conference
3rd International Natural Gas, Heat and Water Conference

Ispitivanje na propusnost plinskih sustava i procjena mjesta propusnosti
Leakage testing on gas system and estimation of the leakage location

I. Karahodžić*

KJKP Sarajevogas d.o.o., 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

*Autor za korespodenciju. E-mail: ibrahimk@sarajevogas.ba

Sažetak

Da bi se očuvala pogonska sigurnost plinskih sustava neophodno je redovno ispitivanje plinskih sustava na propusnost. Za poslove ispitivanja plinskih sustava na propusnost obavezno se izrađuju planovi sa najnovijim stanjem plinskih vodova na kojima će se vršiti ispitivanje. Na obim ispitivanja plinskih sustava na propusnost utiču lokalni uvjeti. Poslove ispitivanja plinskih sustava na propusnost obavljaju preduzeća za snabdijevanje plinom ili stručne firme koje su ovlaštene da izvode te radove. Firme koje dobiju ovlaštenje da mogu vršiti ispitivanje na propusnost plinskih sustava moraju imati odgovarajuću sposobnost za te poslove i istu dokazati. Vremenski intervali za ispitivanje plinskih sustava na propusnost zavise od pogonskih uvjeta i tehničkog stanja plinovoda, kao što je maksimalni pogonski tlak i učestalost mjesta propusnosti. Najčešći uzroci mjesta propusnosti su korozija, lomovi i nezaptiveni spojevi.

Na osnovu procjene stepena opasnosti, utvrđena mjesta propusnosti se klasificiraju. Klase mjesta propusnosti pružaju pomoć pri odlučivanju o vrsti i redoslijedu otklanjanja mjesta propusnosti. Za određivanje klase propusnosti koristi se kriterij odstojanja između granične linije (granica pronalaska mjesta propusnosti manja od 0,1 vol%) i zgrade ili prepoznatljive šupljine (praznog prostora). Granična linija je najniža vrijednost koju pokazuje aparat za mjerenje koncentracije plina manja od 0,1 vol%. Ključno za procjenu i klasifikaciju nekog mjesta propusnosti je odstojanje granične linije od neke zgrade ili šupljine u skladu sa uvjetima na licu mjesta. Na osnovu toga stepenovanje mjesta propusnosti se vrši u klase propusnosti: AI, AII, B i C, o kojima će biti detaljnije razrađeno u ovoj temi rada.

Nakon procjene uzroka i klase mjesta propusnosti na ispitnoj dionici provodi se jedna od sljedećih mjera: pojedinačna popravka (reparacija), sanacija ili obnavljanje dionica.

Ključne riječi: planovi sa najnovijim stanjem plinskih vodova, ispitivanje plinskih sustava, propusnost, klasifikacija mjesta propusnosti, mjere otklanjanja propusnosti.

Abstract

In order to maintain the operational reliability of the gas system it is necessary to regularly test the system on the gas permeability. The work test for leakage on the gas system requires to produce plans with the latest state of the gas lines that will carry out testing. The scope of testing of the gas permeability is affected by local conditions. The work of testing for the leakage on gas system perform gas supplying companies or professional firms that are authorized to perform these works. Companies that obtain authorization to perform testing on permeability of gas systems must have adequate ability for these operations and prove it. Time intervals for testing of permeability on gas system depend on the operating conditions and the technical condition of pipelines, such as the maximum operating pressure and the incidence of leakage. Common causes of leakage are corrosion, cracks and unsealed joints.

Based on the degree of hazard assessment, determined leakage locations are classified. The leakage classes offer help in deciding on the type and order to eliminate the leakage. To determine the leakage class, the criterion of distance between the border line (limit to discover the leakage location is less than 0,1 vol%) and the building or the identifiable voids (empty spaces) is commonly used. The border line is the lowest value that shows the apparatus for measuring the gas concentration less than 0,1 vol%. Crucial to the assessment and classification of leakage location is a distance of the border line from the building or void in accordance with the terms of the spot. On this basis, the grading of leakage is done into the leakage classes: AI, AII, B and C, which will be further detailed in this work.

After assessing the cause and class of leakage location on the test section, it should be implemented one of the following measures: a single repair (reparation), sanation or section restore.

Keywords: plans with the latest state of gas pipelines, gas system testing, leakage, classification of the leakage location, measures to eliminate the leakage.

1. Uvod

Poslove ispitivanja plinskih sustava na propusnost obavljaju preduzeća za snabdijevanje plinom ili stručne firme koje ispunjavaju tražene uvjete za te poslove. Sposobnost za ispitivanje plinskih sustava na propusnost, stručne firme moraju dokazati da ispunjavaju uvjete prema radnom listu G 468/I. Za ispitivanje plinskih sustava na propusnost provode se planske mjere ispitivanja, koje najviše zavise od pogonskih uvjeta i tehničkog stanja plinskih sustava. U cilju kvalitetnijeg obavljanja poslova ispitivanja plinskih sustava na propusnost preduzeće za snabdijevanje plinom može cijeli plinski sustav sa pripadajućim priključnim vodovima podijeliti na područja ili dionice ispitivanja. Prema planu organizacije održavanja plinskog sustava područje ili dionice plinskog sustava se mogu ograničiti. Kod određivanja veličine područja plinskih sustava obavezno se moraju uzeti u obzir i priključni vodovi, eventualno sa prosječnom vrijednosti prema lokalnim uvjetima. Nakon ispitivanja određenog područja ili dionice plinskog sustava utvrđuje se učestalost mjesta propusnosti po kilometru dužine plinskog sustava u ispitanom području ili dionici.

Pri određivanju stanja plinskih vodova pored učestalosti mjesta propusnosti po kilometru ispitanog plinskog sustava za određeno područje uzimaju se u obzir materijal plinskih vodova, prečnik plinskog voda, starost plinskih vodova, način povezivanja i osobina tla.

2. Uzroci mjesta propusnosti

Najčešći uzroci nastanka mjesta propusnosti su:

- korozija,
- lomovi,
- nezaptiveni spojevi.

Na osnovu analize nastanka korozije utvrđeno je da korozija nastaje zbog loše ili oštećene izolacije cijevi, agresivnog tla, lutajućih struja, stvaranja hemijskih elemenata i oštećenja usljed zemljanih radova.

Lomovi mogu nastati zbog oštećenja od saobraćaja i pomjeranja tla koje nastaje usljed smrzavanja, promjene vlažnosti tla i slijeganja terena.

Nezaptivenost plinskih vodova može se pojaviti na spojevima sa mufnama ili drugim priključnim spojevima, navojnim spojevima, šavovima varova i na mjestima brtvljenja.

3. Uticajni faktori na širenje plina na mjestu propusnosti

Za pravilnu procjenu odnosno pronalazak propusnosti na plinskim vodovima obavezno se moraju u obzir uzeti faktori koji utiču na rezultate mjerenja kod traženja mjesta

propusnosti. Na pravilnu procjenu odnosno utvrđivanje mjesta propusnosti najčešće utiču sljedeći faktori:

- gustina gornje površine,
- vrsta tla i prekrivanje voda,
- putevi prolaska plina u tlu,
- nagib vodova,
- klima tla,
- dijelovanje bakterija i plinova nastalih iz procesa raspadanja tla,
- automobilski izlazni plinovi.

3.1. Gustina gornje površine

Ako je gornja površina tanka, porozna i lomljiva plin lakše prodire nego kroz debele betonske ili asfaltne površine. Važno je napomenuti da plin lakše izlazi između asfaltne plohe i ivičnjaka, odnosno kroz fuge u uličnim spojevima. Iskustvo je pokazalo da bolje rezultate donosi ispitivanje na propusnost plinskih vodova na fugama ivičnjaka i asfaltne plohe u ulicama sa gustim gornjim slojevima asfaltne površine, nego ispitivanje iznad samog plinskog voda. Ispod gustih uličnih površina, plin koji istrujava na mjestu propusnosti plinskog voda, zbog nemogućnosti kretanja prema gore, skuplja se tako da čak i kod malih mjesta propusnosti može doći do visoke koncentracije plina kao i širenje plina na velikoj površini.

Zbog skupljanja plina na velikoj površini gustih slojeva obavezno se moraju izbušiti otvori za rasterećenje u gornjim uličnim površinama. Bušenje otvora za rasterećenje u gornjim uličnim površinama ograničava skupljanje plina u neposrednom području mjesta propusnosti, a time se olakšava odnosno omogućava njihovo pronalaženje.

3.2 Vrsta tla i prekrivanje voda

Na širenje plina od mjesta propusnosti zavisi od vrste tla i prekrivenosti voda. Ako je mjesto gdje istrujava plin neslojevito, pješčano i bez prepreka širenje plina je oko mjesta propusnosti plinskog voda, pa je mjesto propusnosti lakše otkriti. Ako je mjesto propusnosti plina u saobraćajnicama sa drugim komunalnim vodovima i s preprekama u tlu, mora se računati sa nepravilnim (neravnomjernim) širenjem plina. Ako je vezivno tlo oko plinskih vodova od gline ili ilovače pojavljuju se mjesta istrujavanja plina zbog isušivanja i pucanja tla. Zbog svega gore navedenog prečnik površine istrujavanja plina na gornjoj površini može široko varirati. Na veličinu površine istrujavanja plina utiče i visina prekrivača plinskog voda.

3.3 Putevi prolaska plina kroz tlo

Prilikom istrujavanja plina od mjesta propusnosti plinskog voda, plin traži najlakše puteve prema gornjoj površini. Plin se može kretati (proticati) duž plinskog voda, sve dok ne prodre slojevitu izlomljenu gornju površinu koja prekriva plinski vod.

Šuplji otvori kao što su razni kanali, vodovi i kablovske trase van upotrebe daju mogućnost plinu da dospije na površinu udaljeno od mjesta propusnosti. Zbog gore navedenog, prilikom nadzemne provjere svi šahtovi koji su ugrađeni u ulici moraju biti ispitani, npr. šahtovi za telefon, vodu, kanalizaciju ili za druge podzemne instalacije.

3.4 Nagib vodova

Za ulice sa usponom (nagibom) važi općenito da kod plina sa relativnom gustinom manjom od 1 mjesto istrujavanja plina na gornju površinu je iznad mjesta na kome se nalazi mjesto propusnosti, a kod plinova sa relativnom gustinom većom od 1 mjesto istrujavanja plina na gornju površinu je ispod mjesta na kome se nalazi mjesto propusnosti.

3.5 Klima tla

Vlažnost i temperatura su uticajne veličine na klimu tla, a čijom promjenom se mijenjaju i sposobnost tla da apsorbira ili propusti plin. Zaleđena gornja površina je manje propusna za istrujavanje plina nego nezaleđena površina. Uslovi za širenje plina se mijenjaju usljed nedostatka difuzije i ventilacije. Pod takvim okolnostima traženje propusnosti plina na plinskim vodovima je otežano.

3.6 Djelovanje bakterija i plinova nastali procesom raspadanja u tlu

Određene vrste bakterije u tlu mogu djelimično ili u potpunsoti metan pretvoriti u ugljen dioksid. U tom slučaju na gornjoj površini se tada može pokazati samo teški gas, tj. smjesa ugljendioksid-metan.

Usljed djelovanja određenih mikroorganizama u močvarnom tlu ili u kanalizaciji javljaju se gorivi plinovi kao smjesa metana i ugljendioksida. „Močvarni plin“ koji nastaje usljed djelovanja mikroorganizama za razliku od prirodnog plina ne sadrži etan i visoke ugljikovodonike. To se može dokazati provođenjem analize sastava tog plina.

3.7 Automobilski izlazni plinovi

Automobilski izlazni plinovi sadrže, između ostalog, i ugljenmonoksid i ugljikovodonike. Obavezno prilikom nadzemnog ispitivanja mora se obratiti pažnja da ne dođe do greške da se mjesto propusnosti ne zamijeni sa automobilskim izlaznim plinovima automobila koji su u prolazu. Zbog navedenog obavezno je izvršiti još koju provjeru predpostavljenog mjesta propusnosti radi sigurne procjene mjesta propusnosti.

4. Ispitivanje plinskih vodova na mjesta propusnosti

Za ispitivanje plinskih vodova na mjesta propusnosti koriste se sljedeće metode:

- nadzemna ispitivanja i
- ispitivanje vazduha u tlu.

4.1. Nadzemna ispitivanja

Nadzemno ispitivanje se provodi uz pomoć aparata za detekciju curenja plina, koji je opremljen zvonastom sondom. Aparatom za detekciju plina koji je opremljen sa zvonastom sondom ispituje se zrak na zapaljivi plin neposredno iznad površine zemlje. Treba obratiti pažnju na postavljanje sonde da bi se utjecaj ispusnih plinova iz vozila, utjecaj vjetra i drugi utjecaji sveli na minimum.

Ispitivanje na propusnost plinskog voda treba vršiti što bliže plinskom vodu, prema trasi položaja tog voda. Ako je gornja površina iznad plinskog voda veće gustine (asfalt, beton) ispitivanja obavezno izvršiti na mjestima prekida tih površina, pukotinama i fugama ivičnjaka, kao i šupljinama (šahtovima). Brzina ispitivanja ne smije biti veća od brzine koračanja.

Prilikom ispitivanja priključnog voda ispitivanje se mora izvršiti do zida objekta. Na zidu objekta obavezno se zadržati minimalno 5 sekundi. Ako je zemljište trase plinskog voda vlažno ili smrznuto u tom slučaju gornja površina plinskog voda je nepropusna za plin, pa se ne preporučuje plansko ispitivanje plinskih vodova na propusnost.

U slučaju da se radi o vanrednom ispitivanju koje se ne može odgađati, onda se smrznuta površina iznad plinskog voda mora razbiti i ispitati vazduh u blizini tla.

Kod ispitivanja plinskih sustava, koji su u pogonu sa plinovima relativne gustoće veće od 1, nadzemno ispitivanje nije moguće.

4.2. Ispitivanja vazduha u tlu

Kod ispitivanja vazduha u tlu iznad plinskih vodova buše se rupe, a vazduh u tlu se ispituje aparatom za mjerenje koncentracije plina. Odstojanje između rupa određuje se prema lokalnim uvjetima.

Između izbušenih rupa odstojanje ne treba da bude veće od 2,5 m. Dubina rupa obično iznosi 0,3 m. Sonde koje se upotrebljavaju kod ovih ispitivanja obavezno koristiti tako da bi se osiguralo da okolni vazduh nema utjecaja na usisni vazduh u blizini bušotine. Dubinske bušotine su potrebne, ako je pokrivanje plinskog voda veće od 1 m i ako to zahtjeva gornji sloj površine plinskog voda. Obavezno paziti prilikom pravljenja dubinskih bušotina na položaj drugih vodova.

5. Klasifikacija mjesta propusnosti

Na osnovu stepena opasnosti, utvrđena mjesta propusnosti se klasificiraju. Stepenovanje u klase mjesta propusnosti nudi pomoć pri odlučivanju o vrsti i redosljedu otklanjanja šteta.

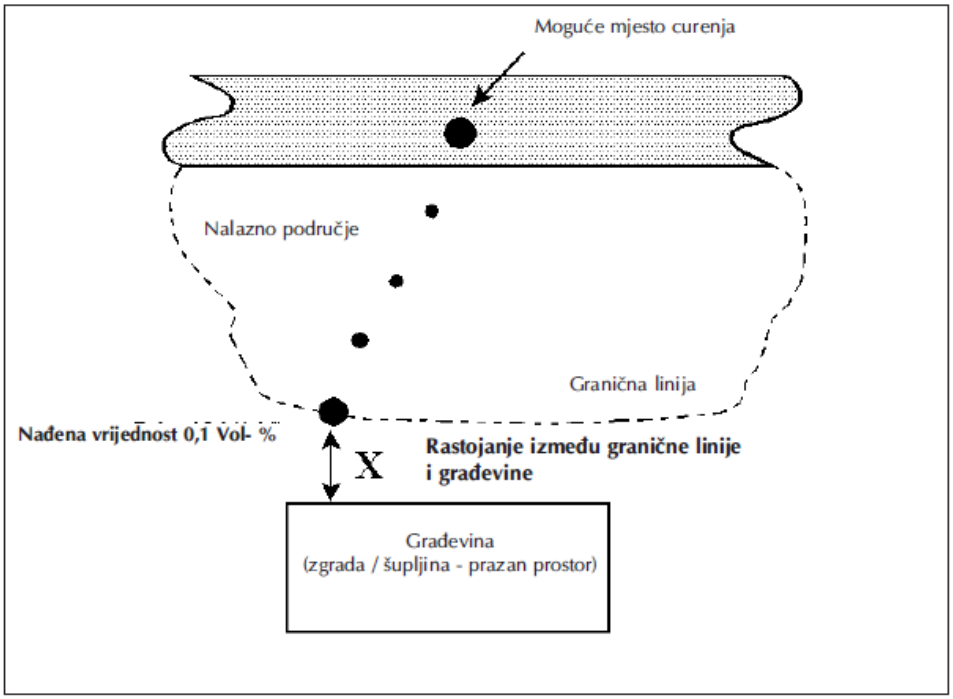
Na osnovu klasifikacije mjesta propusnosti poduzimaju se mjere koje obuhvataju spriječavanje mogućih nesreća i popravku.

Za određivanje klase mjesta propusnosti kriterijum je odstojanje granične linije i zgrade ili prepoznatljive šupljine (praznog prostora).

Granična linija je linija najniže vrijednosti koju pokazuje aparat za mjerenje koncentracije plina (osjetljivost pokazivanja manja od 0,1 vol% metana).

Mjerodavno kod klasifikacije nekog mjesta propusnosti je odstojanje granične linije od neke zgrade ili šupljine u skladu sa okolnostima na licu mjesta. Način utvrđivanja klase propusnosti prikazan je u Prilogu 1_Primjer za utvrđivanje klase propusnosti.

Prilog 1 Primjer za utvrđivanje klase propusnosti



Klasa mjesta propusnosti	X – Rastojanje između granične linije i građevine
A I	Plin u građevini
A II	0 do 1 m
B	iznad 1 do 4 m
C	preko 4 m

Kao što je vidljivo iz Priloga 1 stepenovanje mjesta propusnosti vrši se u klase propusnosti: AI, AII, B i C.

Klasa AI znači da je granična linija nalazišta u zgradi koncentracije plina manja od 0,1 vol% metana. Neodložno je sprovesti sigurnosne mjere i popravku mjesta propusnosti kako je definisano u Prilogu 2.

Prilog 2 Klase mjesta propusnosti i pripadajuće mjere

Klasa pukotine	Nalazište[1)]	Mjere	Vremenski plan mjera	
			Provjera	Početak popravke odnosno obnavljanja[2)]
A I	Nalazište u zgradi	Poduzimanje sigurnosnih mjera, neodložno otklanjanje opasnosti	Prema potrebi sve do otklanjanja	odmah
A II	Nalazište u neposrednoj blizini zgrade	Poduzimanje sigurnosnih mjera, provođenje popravke	dnevno ili tjedno	u roku jedne sedmice
B	Nalazište na većoj udaljenosti od zgrade	Stavljanje u plan popravke i sanacije	Jednom u dva mjeseca, u zimskom periodu utvrditi izvanplansku provjeru[3)]	prije zimskog perioda, odnosno prema planu obnavljanja
C	Nalazište kod kojeg se ne očekuje strujanje plina u zgradu	Stavljanje u plan popravke i sanacije	Jednom u dva mjeseca, u zimskom periodu utvrditi izvanplansku	Po potrebi, odnosno prema planu obnavljanja

			provjeru[3)]	

1) Kod nalazišta u šupljinama (šupljim prostorima), prilikom utvrđivanja klase propusnosti uzimaju se u obzir konkretni lokalni uslovi, kao npr. blizina objekata, širenje plina, koncentracija plina itd.
2) Nakon otklanjanja mjesta propusnosti, potrebno je obaviti provjeru prema G 465-1
3) Utvrditi izvanplansku provjeru u zimskom periodu prema mogućoj opasnosti dnevno do 14-dnevno

Upute o mogućim sigurnosnim mjerama date su u Prilogu 3.

Prilog 3 Postupanje s plinom u zgradama

- Pripremiti sigurnosne mjere
- Iz prostora odvesti plin (prozračivanjem, isisavanjem)
- Ispitati sve okolne zgrade i šuplje prostore
- Neodložno razjasniti porijeklo plina
- Utvrditi mjere provjere do otklanjanja mjesta propusnosti

Klasa curenja AII znači da se granična linija nalazišta koncentracije plina, koja je manja od 0,1 vol%, nalazi u neposrednoj blizini zgrade na udaljenosti manjoj od 1 m. Sigurnosne mjere se neodložno sprovode, kao npr. otkopavanje (oslobađanje) voda s ciljem omogućavanja nesmetanog odvođenja plina u atmosferu, a mjere popravke se sprovode u roku jedne sedmice.

Kod klase propusnosti B znači da je nalazišna granična linija koncentracije plina manja od 0,1 vol% na većoj udaljenosti od zgrade iznad 1 m, a ne veća od 4 m.

Klase mjesta curenja C obuhvataju mjesta curenja sa nalazištem koncentracije plina manjom od 0,1 vol% koja imaju takvu udaljenost od zgrade, da se ne može očekivati prodiranje plina u zgradu.

Kod utvrđenih klasa mjesta B i C obavezno se planiraju vanredne mjere ispitivanja shodno vremenskim i lokalnim uvjetima.

U slučaju bilo kakve sumnje prilikom određivanja klase propusnosti mjesta propusnosti, tada se stepenovanje mjesta propusnosti vrši u jednu višu klasu.
Razgraničenje klasa mjesta propusnosti prikazano je u Prilogu 1, a u Prilogu 2 pripadajuće mjere prema određenim klasama propusnosti.

Kod nalaženja mjesta propusnosti u šupljinama (npr. u kanalizaciji) poduzimaju se sigurnosne mjere prema Prilogu 4. U svakom slučaju mora se utvrditi porijeklo plina.

Prilog 4 Sigurnosne mjere pri akutnoj opasnosti

- Isprazniti i dodatno osigurati područje opasnosti, zatvoriti mjesto propusnosti i spriječiti pristup neovlaštenim osobama
- Istražiti vrstu i obim opasnosti
- Zatvoriti glavni zaporni ventil
- Spriječiti nastanak iskri, isključiti izvore paljenja
- Ako je potrebno izvršiti evakuaciju ugroženih osoba
- Prozračiti prostorije_ako je potrebno obavijestiti policiju i/ili vatrogasce
- Spriječiti dalji ulazak plina u objekat stvaranjem mogućnosti ventiliranja (ispuštanje u atmosferu)
- Lokalizirati mjesto propusnosti, osloboditi pristup i eventualno ga privremeno zatvoriti
- Kontrolisati susjedne zgrade u pogledu koncentracije plina do pokazivanja nulte vrijednosti (prekinuti „prikrivene puteve“ plina), eventualno informirati vlasnike/stanare

6. Zaključak

Redovno ispitivanje plinskih sustava na propusnost je jedan od najvažnijih pokazatelja pogonske sigurnosti i tehničkog stanja plinskih sustava. Za održavanje plinskog sustava jedan od ključnih faktora je učestalost mjesta propusnosti plinskog sustava.

Pri donošenju odluke o rehabilitaciji plinskog sustava obavezno se moraju uzeti rezultati ispitivanja plinskog sustava na propusnost.

7. Literatura

[1] Tehničko pravilo G 465/I „Ispitivanje plinskih sustava s pogonskim tlakom do 4 bar“ izdanje 2004. godine.
[2] Tehničko pravilo G 465/III „Procijena mjesta propusnosti plina na podzemnim i nadzemnim plinskim vodovima u plinskim sustavima“, izdanje 2011. godine.
[3] Tehničko pravilo G 465/IV „Aparati za detekciju plina i aparati za mjerenje koncentracije plina“, izdanje 2004. godine.

Energetska učinkovitost potrošnje prirodnog plina u industriji Slavonsko-baranjske regije

Energy Efficiency of Natural Gas Usage in Industry of Slavonia Baranya regions

M. Ivanović [1*], H. Glavaš [1], Z. Tonković [2]

[1] Elektrotehnički fakultet Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska
[2] HEP-Plin d.o.o., Osijek, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: ivanovic@etfos,hr

Sažetak

Analizira se potrošnja prirodnog plina u sektoru industrije na području pet županija slavonsko-baranjske regije; ukazuje se na dinamiku potrošnje po godinama i županijama te sezonske oscilacije. Dokazuje se energetska učinkovitost korištenja prirodnog plina u industrijskim poduzećima, a na toj osnovi izračunate su i količine emisija CO_2.

Ključne riječi: industrija, prirodni plin, energetska učinkovitost, ugljični dioksid

Abstract

Analyzes the consumption of natural gas in the sector of industry on the territory of five counties Slavonia-Baranya regions; indicates on the dynamics of consumption in years and counties and season oscillations. Argues the energy efficiency of natural gas use in industrial enterprises, and on this basis have calculated carbon dioxide emissions.

Key words: carbon dioxide, energy efficiency, industry, natural gas,

1. Uvodne napomene

- Razvojem energetike u jednoj zemlji ne može se optimalno upravljati na nižim razinama (gradovi, županije), a nacionalna razina ne može objektivno sagledati sve regionalne specifičnosti. Stoga su geografske i teritorijalno organizirane regije prva razina modeliranja energetskog razvoja, naravno, uz uvažavanje nacionalnog okvira. [7] [9] [10] [11] [12]

- Pet županija istočne Hrvatske (regija Slavonija i Baranja) ima niz sličnih i zajedničkih gospodarskih i razvojnih pretpostavki, tradiciju i resurse te razvojne probleme. Energetski sektor i razvoj lokalne energetike su područja od zajedničkog interesa svih pet županija ove regije i to bi trebao biti okvir optimalnog upravljanja razvojem. [7] [16]

- Potrošnja prirodnog plina na području Slavonsko-baranjske regije (SliB) razvija se preko 35 godina[1]. U ovom se radu analizira potrošnja i energetska učinkovitost potrošnje prirodnog plina u industriji Slavonsko-baranjske regije.

[1] Proces plinifikacije područja slavonsko-baranjske regije započeo je 1976. g. - nekoliko godina nakon otkrivanja nalazišta nafte i plina u Slavoniji. [3]

1.1. Regija Slavonija i Baranja

Slavonija je poljoprivredna regija koja ima i vrlo značajne industrijske kapacitete prehrambene, kemijske i metaloprerađivačke industrije te industrije papira i građevinskog materijala. Regija (2007.g.) ima 489.654 ha poljoprivrednog zemljišta (57% Hr) s: 297.232 ha žitarica (53% Hr), 107.839 ha uljarica (89%), 4.951 ha duhana (96%), 28.176 ha šećerne repe (94%), 38.858 ha krmnog (40%), 3.816 ha cvijeća i ljekovitog bilja (77%) i 8,782 ha povrća (25%). [12] [14] [15]

Slika 1
Pet županija slavonsko-baranjske regije
Izvor: [12]

Po ostvarenom BDP po stanovniku svih pet županija SliB je znatno ispod prosjeka RH, a od 2008.g. kod svih pet županija ostvareno je i smanjenje u odnosu na prosjek RH; detaljnije - tablica 1.

Tablica 1 BDP po stanovniku u 5 županija Slavonije i Baranje – indeksi (RH = 100)

	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.
VPŽ	77,4	80,9	79,2	76,6	73,3	68,2	73,8	71,7	70,1	63,3
PSŽ	75,2	75,1	72,8	74,3	72,9	69,7	65,7	67,4	63,2	61,6
BPŽ	62,3	63,2	62,5	60,1	60,3	55,8	56,5	55,4	57,9	55,4
OBŽ	79,3	78,9	81,3	76,9	77,9	76,2	76,7	81,6	83,0	80,2
VSŽ	60,9	61,3	61,7	61,1	59,8	59,8	62,5	59,6	62,2	59,1

Izvor: [4]

Zbog ovakvog stanja potrebni su snažni razvojni programi temeljeni na industrijalizaciji, a za koju je potrebno osiguravanje i potrebnih izvora energije koji su najučinkovitiji.

2. Prednosti energetskog korištenja prirodnog plina

U industriji se prirodni plin koristi kao izvor topline uz ugljen, derivate nafte i električnu energiju te obnovljive izvore energije. U SAD industrija sudjeluje u ukupnoj potrošnji plina s 27%, a u EU 26%. U strukturi potrošnje energije u industriji prirodni plin je u ovom desetljeću zastupljen s oko 30% potrošnje finalne energije.[1] Prirodni plin se također koristi u industriji za ne-energetske svrhe, uglavnom kao sirovina za proizvodnju gnojiva i petrokemijskih proizvoda.

Značajne su prednosti prirodnog plina u energetskoj potrošnji u odnosu na ostale energente, no cijena goriva i dalje ostaje odlučujući faktor u određivanju potrošnje energije u industriji. Ove smo prednosti prirodnog plina klasificirali i tri skupine:

2.1. Energetske prednosti prirodnog plina

- Kada se analizira cijeli gorivi ciklus (ekstrakcija, prerada, transport, konverzija, distribucija) kumulativna učinkovitost prirodnog plina na mjesto potrošnje je najpovoljnija; njegova finalna energetska vrijednost ostaje na 91,9%. Dakle, gubici u pridobivanju i transformaciji su manji od 10 % (tab. 2).

Tablica 2
Trajektorija energetske učinkovitosti finalnog korištenja oblika energije (%)

Energent	Ekstr.	Prer.	Trans..	Konv.	Dist.	Kumul.
P.plin	97.0	96.9	99.0	-	98.8	91.9
L.ulje	96.3	93.8	98.8	-	99.3	88,6
Propan	95.9	95.3	98.6	-	99.2	89,3
El. energija - ponderirani prosjek				35.8	-	31,9
Od uglja	98.0	98.6	99.0	32.7	93.8	29,3
Od l_ulja	96.3	93.8	98.8	31.7	93.8	26,5
Od p_plina	97.0	96.9	99.0	42.1	93.8	36,7
Iz NE	99.0	96.2	99.9	32.7	93.8	29,2
Iz OIE	-	-	-	56,0	93.8	49,7

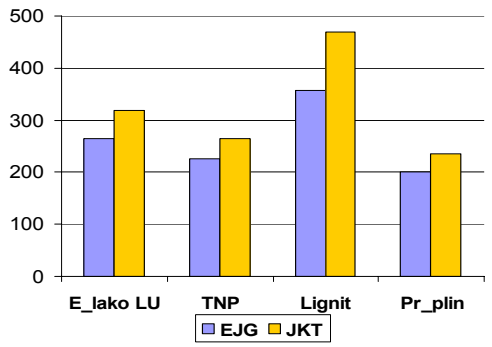
Izvor: [1]

- Efikasniji je bržim izgaranjem kod zagrijavanja vode i drugih medija.
- Može odgovoriti najstrožim zahtjevima suvremene automatizirane industrijske proizvodnje gdje vrlo lako zamjenjuje kruta i tekuća goriva - uz istovremeno povećanje efikasnosti proizvodnje i ekonomičnosti poslovanja.
- Ima raznovrsnu primjenu u energetskom korištenju (npr. za toplinu, pogon motora i hlađenje).
- U mnogim industrijskim granama i poljoprivredi povoljno djeluje na kvalitetu proizvoda (npr. tankostjena opeka i crijep, keramika, cement, staklo, sušenje žitarica i sjemenske robe, itd.). [3]
- Ukapljeni prirodni plin (LNG) predstavlja još jednu tehnološku prednost; ugljen i nafta se ne mogu smanjiti po volumenu; LNG je prirodni plin smanjenog volumena u odnosu 1: 600. [2]
- Omogućuje uvođenje novih tehnologija u industriji koje su bez plina neostvarive.
- Plinski uređaji i oprema su izuzetno učinkoviti.
- Čišćenje gorionika i opreme grijanja na plin zahtijeva manje održavanja i popravak tijekom godina od opreme iste namjene za ugljen i naftu.
- Postrojenja na prirodni plin u elektranama koriste do 60% manje vode od pogona na ugljen i 75% manje od nuklearnih elektrana - za istu proizvodnju električne energije. [2]
- Elektrane na prirodni plin zahtijevaju najmanje zemljišta po MW snage u odnosu na obnovljive izvore energije; elektrane na vjetar i solarni pogon zahtijevaju dvadeset puta više zemljišta za istu snagu proizvodnog postrojenja. [3]
- Snabdijevanje prirodnim plinom je neovisno o vremenskim i prometnim uvjetima.

2.2. Ekološke prednosti prirodnog plina

- Sagorijevanjem uzrokuje manje štetnih emisija u atmosferu od ugljena i nafte; prirodni plin je najčišće fosilno gorivo: sagorijeva čisto uz 45% manje emisija ugljičnog dioksida od ugljena i 30% manje od nafte – koji doprinose kiselim kišama, smogu i zagađenju zraka. [5] (sl. 2)
- Zbog čistog sagorijevanja ne proizvodi pepeo nakon oslobađanja energije te emitira 60 do 90% manje smoga od drugih goriva (tab. 3).
- Prirodni plin je lakši od zraka - za razliku od propana koji je teži od zraka i zadržava se u eksplozivnim džepovima.

Slika 2
Specifični faktori emisije CO_2 po energetskoj jedinici i korisnoj toplini



Izvor: [17]

Tablica 3
Emisije onečišćujućih tvari po gorivima (funti na 10^{12} BTU energije)

Polutant	Simbol	Prirodni plin	Nafta	Ugljen
Ugljični dioksid	CO_2	117,000	164,000	208,000
Ugljen monoksid	CO	40	33	208
Dušikovi oksidi	NO_x	92	448	457
Sumpor dioksid	SO_2	1	1,122	2,591
Čestice	...	7	84	2,744
Živa	Hg	0.0000	0.0007	0.016

Izvor: [5]

- Korištenje prirodnog plina u industriji smanjuje cestovni i željeznički **transport opasnog tereta** (prijevoz loživih ulja) koji u incidentnim situacijama ugrožava ljude, imovinu i okoliš.
- Plinski uređaji ne stvaraju nezdrave električna polja u radnome prostoru.
- Plinski uređaji i oprema su izuzetno učinkoviti glede smoga, krutog otpada i zagađenja vode.

2.3. Ekonomske prednosti prirodnog plina

- Investicije za izgradnju plinovoda nekoliko puta su manje od investicija u ostale energetske transportne sisteme preračunato na jednaku količinu transportirane energije. [3]
- Troškovi transporta energije plinovodima (gubici energije i troškovi održavanja) najmanji su uspoređujući ih s transportnim sistemima ostalih oblika energije na jednaku količinu transportirane energije. [3]
- Kao LNG - prirodni plin dodatno značajno smanjuje troškove transporta energije.

- Uvođenje p_plina rasterećuje cestovni i željeznički promet; infrastruktura i režim prometa.
- Po jedinici iskorištene energije, p_plin je jeftiniji izvor od drugih fosilnih goriva i el. energije.
- Prirodni plin je učinkovitiji u pogledu nematerijalnih troškova; opseg i vrijeme potrebno za održavanje.
- Većina je plinskih uređaja jeftinija od električnih aparata.
- Korisnik prirodnog plina (za razliku od ugljena i loživih ulja) ne mora unaprijed kupovati i skladištiti energent te energiju plaća tek kada je potrošena.

Ugljen je najjeftiniji izvor energije dostupan u 2011. g. U siječnju 2011, prosječna cijena prirodnog plina bila 5,37 dolara za milijun britanskih termalnih jedinica (MBtu), dok je ugljen koštao samo 2,23 dolara po MBtu. Prirodni plin ostaje jeftiniji izbor od nafte, koji košta 16,49 dolara po MBtu - porast cijene od više od 30% u odnosu na godinu ranije. Prirodni plin, nafta i ugljen ostaju jeftiniji izvori od bilo koji od obnovljivih "zelenih" izvora energije. [5]

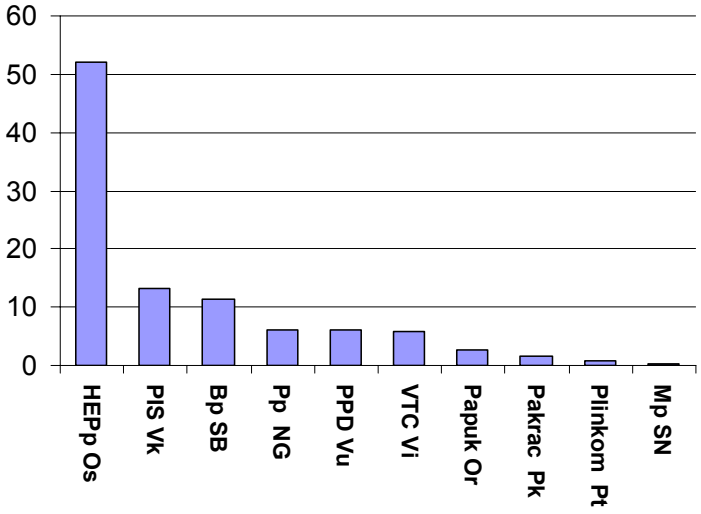
Može se zaključno naglasiti da se korištenjem prirodnog plina povećava konkurentska sposobnost privrede: To omogućuje izmjenu njene strukture - što naročito važno za brži i ujednačeniji razvoj nedovoljno razvijenih i nerazvijenih područja.

3. Infrastrukturne pretpostavke potrošnje prirodnog plina

Potrošnja prirodnog plina - osim izvora (dobave plina) i trošila (na mjestu potrošnje) – podrazumijeva infrastrukturu bez koje je ona nemoguća; ovdje se misli na: (a) operatora distribucije plina i (b) plinski sustav kojeg čine: plinovodi te mjerno-redukcijske i odorizacijske stanice.

3.1. Operatori distribucije plina i opskrba industrije prirodnim plinom

Distributerska poduzeća izgrađuju i održavaju lokalni plinsku sustav, kupuju plin od dobavljača, distribuiraju ga i prodaju na svojim lokalnim područjima. Ta su poduzeća najvećim dijelom u vlasništvu lokalnih samouprava, a nekoliko je u mješovitom vlasništvu. Na području SliB proteklih godina poslovalo je dvadesetak lokalnih distributera prirodnog plina, a 2012. g. (temeljem Zakona o energiji i Zakona o regulaciji energetskih djelatnosti) dozvole za distribuciju plina - od Hrvatske energetske regulatorne agencije - u regiji ima 10 distributerskih poduzeća. (tab. 4 i sl. 3)



Slika 3
Udjeli distributera na tržištu prirodnog plina u Slavoniji i Baranji (%)
Izvor: [18]

Tablica 4 Operatori distribucije prirodnog plina na području Slavonije i Baranje

Rang u RH	Tvrtka (d.o.o.)	Sjedište	Distribucija (10^6 m^3 plina)	Udjel na tržištu RH (2010.) - % -
2.	HEP plin	Osijek	162,0	11,95
6.	Plinara Istočne Slavonije	Vinkovci	41,0	3,02
7.	Montcogim-plinara	Sv.Nedjelja	38,2	2,82
8.	Brod-plin	Sl. Brod	35,8	2,64
12.	Plin projekt	N. Gradiška	19,3	1,43
13.	Prvo plinarsko društvo	Vukovar	19,0	1,40
14.	Plin Vtc	Virovitica	18,2	1,34
28.	Papuk-plin	Orahovica	8,2	0,61
32.	Pakrac-plin	Pakrac	5,3	0,39
35.	Plinkom	Pitomača	2,4	0,18
	Ukupno SliB		349,4	25,78
Ukupno RH			1.356	100

Izvor:: [18]

3.2. Regionalni plinovodni sustav

Izgradnja plinovodnog sustava na području Slavonije i Baranje započinje po otkriću plinskog polja Bokšić Lug, kod Donjeg Miholjca (1973.g.). Već 1974. g. u proces plinifikacije regije uključila se "Elektroslavonija" Osijek gradnjom plinsko-turbinske elektrane u Osijeku. Od 1974. g. diljem podravskog dijela Slavonije građeni su magistralni plinovodi, mjerno-regulacijske stanice, mjesne plinovodne mreže, distribucijske stanice i odorizacije plina. Prva pokusna dionica polietilenskog plinovoda u Slavoniji dužine 1.200 m položena je u Našicama 1979. godine, ali su se od tada zbog otežane nabave uvoznog polietilena sve do 1988. godine gradili isključivo čelični plinovodi. Pregled izgrađenosti regionalnog plinovodnog sustava u posljednjem desetljeću prikazuje se u tab. 5 i sl. 4;

Tablica 5 Distributivni plinovodi operatora na području Slavonije i Baranje (km)

Plinovodi	2002.	2003.	2004.	2007.	2010.	2011.	2002.=100
Polietilenske cijevi	3.104	3.920	3.353	4.205	4.565	4.662	150,2
Čelične cijevi	924	1.074	1.150	905	876	882	95,5
Ukupno	4.028	4.994	4.503	5.110	5.441	5.544	137,6

Izvor: [6] [18]

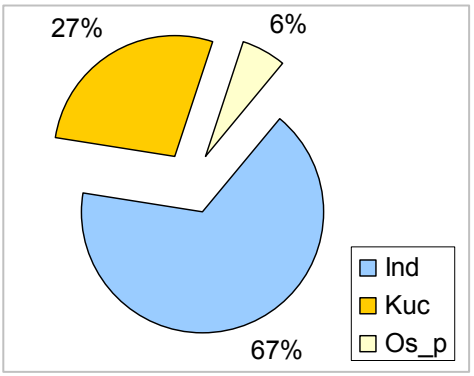
Može se uočiti porast ukupne dužine plinovoda u proteklih deset godina (indeks = 137,6), smanjenje plinovoda od čelika (indeks 95,5) u korist polietilenskih (indeks =150,2) koji su jeftiniji i pogodniji za postavljanje i održavanje.

...

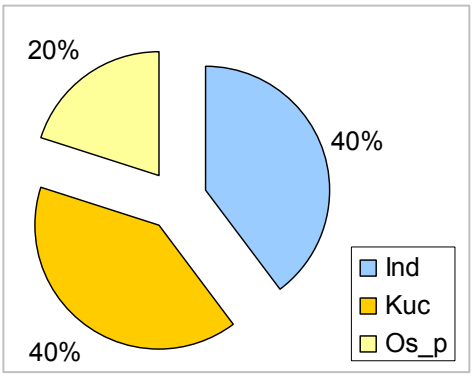
Slika 4
Plinovodni sustav na području Slavonije i Baranje; Izvor: [6]

4. Potrošnja prirodnog plina u industriji Slavonije i Baranje

Prethodno se, radi uvida u cjelinu, daje pregled potrošnje prirodnoga plina na području Slavonije i Baranje za 2002. i 2011. godinu po sektorima (slike 5, 6 i 7):

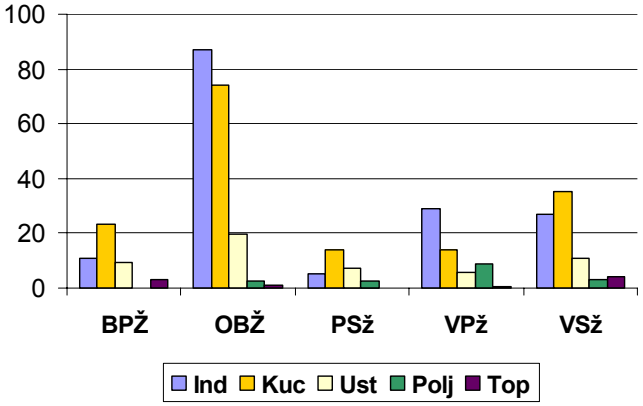


Slika 5
Struktura potrošnje prirodnog plina 2002. g. na području Slavonije i Baranje – po osnovnim sektorima potrošnje
Izvor: izračunato iz [8]



Slika 6
Struktura potrošnje prirodnog plina 2011.g. na području Slavonije i Baranje – po osnovnim sektorima potrošnje
Izvor: izračunato iz [18]

Uočava se pad zastupljenosti industrije u ukupnoj potrošnji prirodnog plina u regiji s 67% u 2002. na 40% u 2011 g. Promatrano po županijama – najveća je potrošnja prirodnog plina u Osječko-baranjskoj županiji (OBž) ukupno i u sektorima: industrija, kućanstva i usluge_ustanove, u sektoru poljoprivrede najveća je potrošnja u Virovitičko-podravskoj županiji (VPž), a u sektoru toplana_kotlovnica u Vukovarsko-srijemskoj županiji (sl. 7).



Slika 7
Potrošnja prirodnog plina u pet županija Slavonije i Baranje u 2011.g. – po osnovnim sektorima potrošnje

Izvor: izračunato iz [18]

4.1. Broj potrošača prirodnog plina u industriji

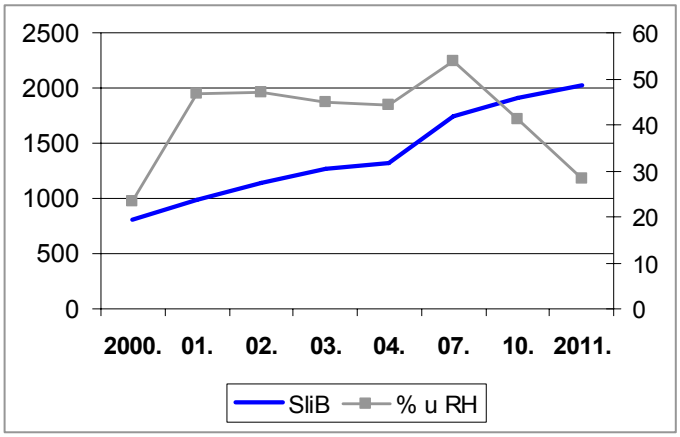
Na području regije od 2002. g. raste broj potrošača prirodnog plina u industriji i poljoprivredi (tab. 6), ali opada njihova zastupljenost u Hrvatskoj (sl. 8); to znači da je broj potrošača u RH raste brže. U SliB među potrošačima plina je i 9 izravnih industrijskih potrošača[2] – koji plin preuzimaju na mreži magistralnih plinovoda; taj se status dobiva na temelju obima potrošnje.

Tablica 6 Broj potrošača prirodnog plina u industriji Slavonije i Baranje

	2002.	2003.	2004.	2007.	2010.	2011.	2002.=100
Direktni potrošači (Ina_plin)	9	9	9	9	9	9	100
Industrija (preko distributera)	716	801	826	1.132	1.292	1.337	186,7
Poljoprivreda (pr_distributera)	430	462	493	608	619	686	159,5
Ukupno	1.155	1.272	1.328	1.749	1.920	2.032	175,9

Izvor: [6] [18]

[2] Belišće d.d. - Belišće, Ciglana IGM d.o.o. – Sladojevci, Dilj IGM d.o.o. - Vinkovci, Lipik Glas d.o.o. - Lipik, Našicecement d.d. - Našice, Sladorana d.d. – Županja, Slavonija IGM d.o.o. – Našice, Viro, tvornica šećera d.d. – Virovitica i Žito d.o.o. - Osijek



Slika 8
Broj potrošača prirodnog plina u industriji Slavonije i Baranje
Izvor: [18]

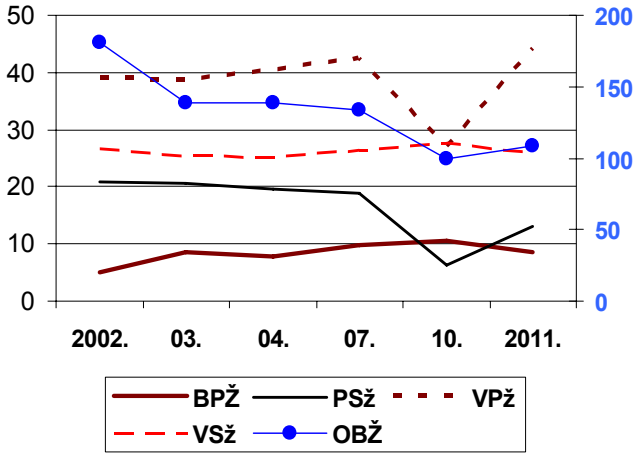
4.2. Potrošnja prirodnog plina u industriji

Potrošnja prirodnog plina u industriji regije raste od 2002. do 2008. g. kada se zbog gospodarske krize smanjuje proizvodnja, a kod se nekih industrija (proizvodnja opeke i stakla) prekida i na više mjeseci u godini – što utječe na potrošnju prirodnog plina (tab. 7 i sl. 9).

Tablica 7 Potrošnja prirodnog plina u industriji Slavonije i Baranje (10^6 m^3)

Godina	2002.	2003.	2004.	2007.	2010.	2011.	2002.=100
SliB	272,5	232,2	231,3	231,4	171,1	199,9	73,4

Izvor: [18] [21]



Slika 9
Potrošnja prirodnog plina u industriji pet županija Slavonije i Baranje (10^6 m^3)

5. Energetska učinkovitost prirodnog plina u industriji i emisije CO_2

U prvom dijelu rada ukazano je na energetske, ekološke i ekonomske prednosti korištenja prirodnog plina u odnosu na kruta i tekuća goriva. Kompletnu analizu potrošnje goriva u industriji SliB regije nije moguće provesti u ovoj prilici, jer - redovna statistička izdanja ne prate potrošnju energije na razinama nižim od nacionalnog okvira. Naša istraživanja energetske učinkovitosti na području Osječke županije ukazuju da je u industriji gotovo napušteno korištenje ugljena i mazuta_loživih ulja tako daje za ovu priliku moguće ukazati na strukturu potrošnje energije na području regije prije 30. godina i tako će se dobiti uvid u strukturne promjene energetske potrošnje u SliB. U tablicama 8 i 9 te na slikama 10 i 11 prikazana je potrošnja supstitutabilne energije (goriva) u industriji na području SliB regije.

Tablica 8. Potrošnja supstitutabilne energije u industriji ZO Osijek u 1978. i 1984. g. (TJ)

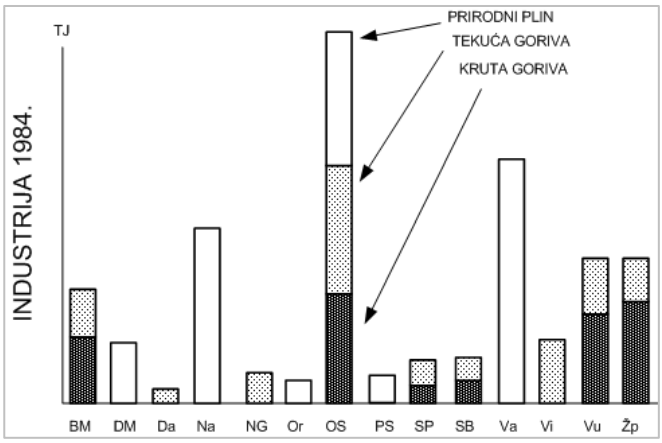
Energenti	1978.	1984.
Kruta goriva	3.900	5.434
Tekuća goriva	5.610	5.758
Plinska goriva	3.554	11.270
Ukupno (TJ)	13.054	22.462

Izvor: [8]

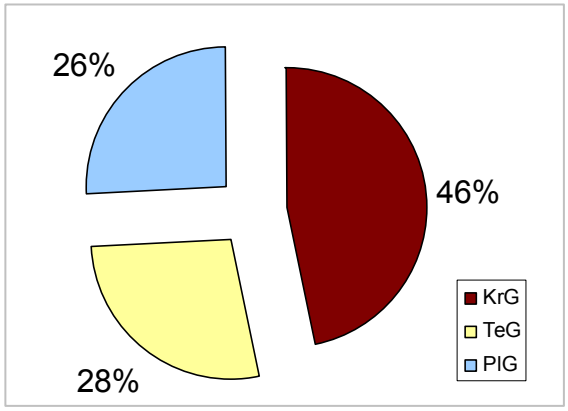
Tablica 9
Potrošnja supstitutabilne energije u industriji ZO Osijek u 1982. g.

Energent	JM	Potrošnja
Koks	t	25.217
Kameni ugljen	t	159
Mrki ugljen	t	259.037
Lignit	t	72.745
Drvo i otpaci	t	115.491
E_lako LU	t	23.800
Mazut	t	82.629
TNP	t	5.900
Prirodni plin	000 m^3	117.289

Izvor: [10]

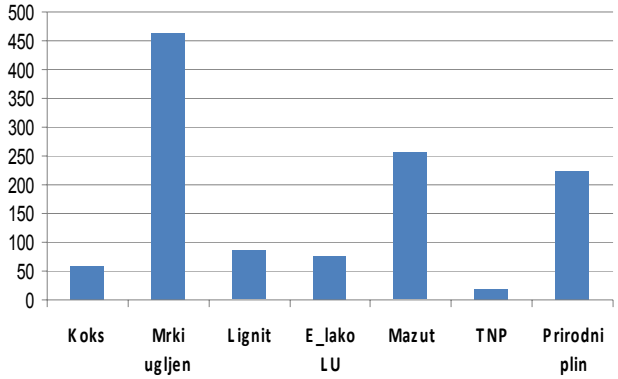


Slika 10
Struktura potrošnje goriva u industriji Slavonije i Baranje u 1984.g.- po općinama (TJ)
Izvor: : [8]



Slika 11
Struktura potrošnje goriva u industriji Slavonije i Baranje u 1982. g. (%)

Temeljni nalaz analize potrošnje goriva u industriji regije u 1982. g. je veliki udio krutih i tekućih goriva (72%). To znači: (a) povećane troškove nabave energije (jer su se mazut i loživa ulja u to vrijeme kupovali franko rafinerija), (b) otežanu dobavu energije u potrebnim rokovima, (c) velike tehničke i značajne financijske probleme sa skladištenjem goriva i (d) značajne probleme s otpadom sagorijevanja (pepeo, šljaka, otpadni plinovi, emisije); E-misije CO_2 iznosile su 1,175.810 tona (sl.12).



Slika 12
Emisije CO_2 iz potrošnje goriva u industriji Slavonije i Baranje - 1982. g. (000 t)

Izvor: izračun autora

Nije zanemariv ni problem transporta, jer je željeznicom i cestom trebalo transportirati i pretovariti 463.587 tona krutih i tekućih goriva u godinu dana.

Danas se u industriji SliB regije troši desetak puta manje krutih i tekućih goriva – upravo zahvaljujući provedbi plinifikacije i korištenju prirodnog plina. Tu se pokazuje energetska učinkovitost prirodnog plina, ali i mudrost i ispravna strategija energetičara, vodećih poslovnih struktura i politike u regiji - koji su pravovremeno reagirali u ona vremena.

5.1. Emisije CO_2

U tablici 10 i slikom 13 prikazan je izračun emisija CO_2 prouzročene potrošnjom prirodnog plina na području Slavonsko-baranjske regije u 2011. g. Emisije su izračunate po IPCC metodologiji (koja se koristi i u Pravilniku o energetskim pregledima građevina [17], a prema izrazu: :

$$EM = EF_c \times H_d \times O_c \times (44/12) \times B$$

EM = emisija CO_2 [kg]
EF_c = koeficijent koji povezuje potrošnju fosilnog goriva s odgovarajućim emisijama [kg C/GJ],
H_d = donja ogrjevna vrijednost fosilnog goriva [MJ/m^3]
O_c = udjel ugljika koji izgori u procesu izgaranja,
44/12 = stehiometrijski omjer CO_2 i C,
B = količina korištenog energenta [10^3 m^3].

Tablica 10

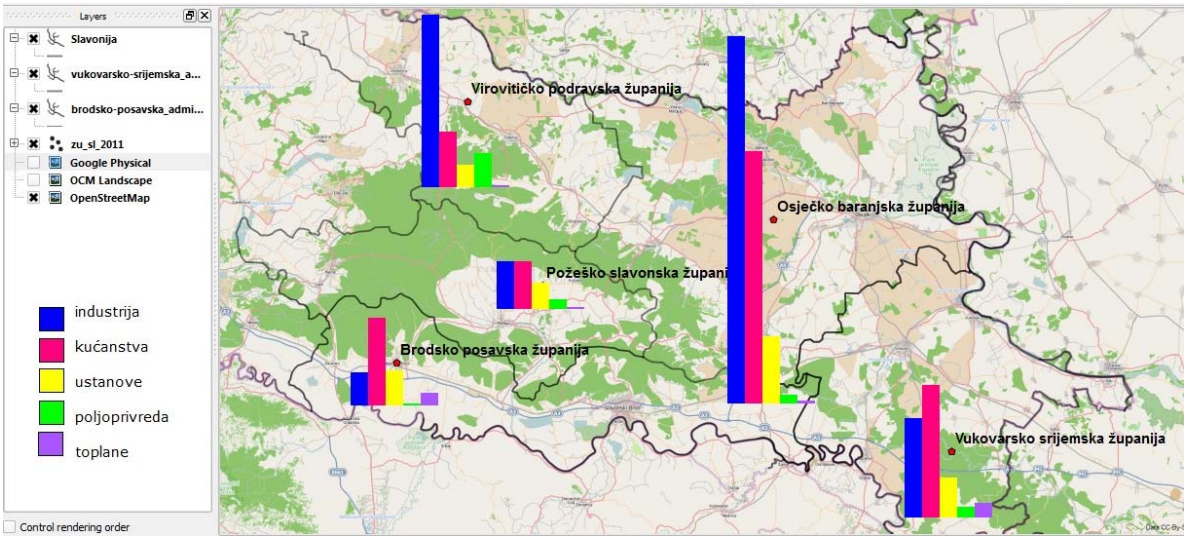
Emisije CO_2 prouzročene korištenjem prirodnog plina u Slavoniji i Baranji u 2011. g. (000 t)

SliB regija	Industrija	Kućanstva	Ustanove	Poljoprivreda	Toplane	Ukupno
CO_2 (tona)	380	306	100,2	33,4	17,6	837

Izvor: izračun autora

Slika 13

Emisije CO_2 po osnovnim sektorima potrošnje prirodnog plina na području pet županija Slavonsko-baranjske regije (tona)



6. Zaključak

1. Pet županija istočne Hrvatske (regija Slavonija i Baranja) ima niz sličnih i zajedničkih gospodarskih i razvojnih pretpostavki, tradiciju i resurse te razvojne probleme koji se ogledaju u zajedničkom nazivniku**:** ispod-prosječno ostvareni BDP po stanovniku u proteklih 20 godina u odnosu na prosjek RH. Energetski sektor i razvoj lokalne energetike, kao podloge za brži ekonomski razvoj, su područja od zajedničkog interesa svih pet županija ove regije i to bi trebao biti okvir optimalnog upravljanja razvojem.

2 Tijekom izrade ovoga rada pokazalo se da sustav evidencije i javne dostupnosti podataka o potrošnji prirodnog plina (kao i drugih energenata) u Hrvatskoj nije uređen, zapravo on gotovo i ne postoji – ako se izuzmu redovita statistička istraživanja koja su korisna samo na nacionalnoj razini.

3 U proteklih deset godina učinjeni su značajni pomaci u izgradnji i organizaciji infrastrukturnih pretpostavki za razvoj potrošnje prirodnog plina: (a) ukupna dužina distributivnih plinovoda iznosi 5.544 km i u porastu je od 2002.g. (indeks = 137,6); (b) Na području regije posluje deset operatera distribucijskog sustava – koji imaju višegodišnje dozvole Hrvatske energetske regulatorne agencije – od kojih su neki vrlo dobro stručno i tehnički ekipirani. S tog naslova ne postoje ograničenja za razvoj potrošnje prirodnog plina.,

4. Broj potrošača prirodnog plina u industriji na području regije je posljednjih deset godina je u porastu (indeks 186,7) i dosegao je broj od 1.346 potrošača

5. Uočava se pad zastupljenosti industrije u ukupnoj potrošnji prirodnog plina u regiji s 67% u 2002. na 40% u 2011 g.

6. Potrošnja prirodnog plina u industriji na području regije je u padu (indeks 73,4) i pala je na 200 mil. m^3 godišnje - zbog poznatih problema gospodarske krize u svijetu koja je još izraženija u našoj zemlji.

7. Analogno potrošnji – smanjuju se i emisije CO_2 - koje u industriji iznose 380.000 tona

8. Energetska učinkovitost potrošnje prirodnog plina u industriji na području Slavonije i Baranje ogleda su u povoljnoj strukturi ukupne potrošnje energije – u kojoj je značajno smanjena zastupljenost krutih i tekućih goriva – u odnosu na strukturu potrošnje od prije 30. godina. Danas se u industriji SliB regije troši desetak puta manje krutih i tekućih goriva – upravo zahvaljujući provedbi plinifikacije i korištenju prirodnog plina. Tu se pokazuje energetska učinkovitost prirodnog plina, ali i mudrost i ispravna strategija energetičara, vodećih poslovnih struktura i politike u regiji - koji su pravovremeno reagirali u ona vremena.

9. Razvojni problemi i procesi u energetskom sektoru u svijetu nameću već desetak godina potrebu regionalne strategije iskorištavanja velikih vlastitih potencijala obnovljivih izvora energije. No, ni na horizontu se ne uočavaju ozbiljni politički i privredni subjekti koji bi trebali i mogli pokrenuti i provesti ovu akciju.-

7. Literatura

[1] American Gas Association: *EA 2009-3*, October, 2009 (https://www.efis.psc.mo.gov/) **(studija)**

[2] American Gas Association: *Energy and Emission Factors for Building Energy Consumption* (www.aga.org/) **(studija)**

[3] Baličević, Ivan: *Mogućnosti i opravdanost uvođenja prirodnog plina na području Zajednice Općina Osijek*; magistarski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb; Ekonomski fakultet Osijek, 1981. **(magistarski rad)**

[4] DSZ, *Priopćenja*, Zagreb, 2003. - 2012**. (statistički podaci)**

[5] Energy Information Administration: *Fuel and Energy Codes and Emission Coefficients* **(studija)**

[6] HEP Plin d.o.o. Osijek **(podaci o potrošnji)**

[7] Glavaš, Hrvoje; Ivanović, Milan; Blažević, Damir: *Program of Efficient Use of Energy In Final Energy Consumption on the Area of Eastern Croatia*, 1st International Scientific Simposium „Economy of Eastern Croatia“, EFOS, Osijek, 2012 **(rad u zborniku)**

[8] Ivanović Milan: *Strukturne promjene u energetskoj potrošnji u industriji Slavonsko- baranjske regije u razdoblju 1978-1984*. Privreda, 11/1986. **(rad u časopisu)**

[9] Ivanović, Milan: *Definiranje i realizacija energetske politike na području ZO Osijek*, ISSN 0013-7448 „Energija”, Zagreb, Vol. 35, sv. 1, str. 33–40; **(rad u časopisu)**

[10] Ivanović, Milan: *Energetika na području Slavonije i Baranje do 2010. godine,* ISSN 0350-9427 „Privreda”, Osijek, Vol. 34 br. 5, str. 415–432; **(rad u časopisu)**

[11] Ivanović, Milan; *EFIKASNOST KORIŠTENJA ENERGIJE;* ISBN 953-6032-02-3; Elektrotehnički fakultet Osijek, 1991. **(knjiga)**

[12] Ivanović Milan: *ZNANOST I REGIONALNA ENERGETIKA - Istraživanja o razvoju energetike i korištenju energije u Slavoniji*. ISBN 953-6032-502-3; Elektrotehnički fakultet Osijek, 2006. **(knjiga)**

[13] Ivanović, Milan: Europski trendovi u obnovljivim izvorima energije; II. skup „Obnovljivi izvori energije u RH“, HGK, Zagreb, 2007 Zbornik (str. 237 - 247) **(rad u zborniku)**

[14] Ivanović, Milan:- *Renewable Energy Sources in Eastern Croatia - Potentials and the Use*, EU Inteligent Energy, European Busines Forum on RES; Cavtat, 2007. Proceedings, pp 475-486; **(rad u zborniku)**

[15] Ivanović, Milan; Požega, Željko: *Ekonomski razvoj Slavonije i Baranje - prilozi za makroekonomsku analizu regionalnog razvoja u RH* - 2nd International Conference „Vallis Aurea: Focus on Regional Development“, Požega, 3-4.9.2010. DAAAM International Viena i Veleučilište u Požegi, Proceedings, pp 475-486; **(rad u zborniku)**

[16] Ivanović, Milan; Glavaš Hrvoje; Blažević, Damir: *Program učinkovitog korištenja energije u neposrednoj potrošnji na području Osječko baranjske županije za razdoblje 2012. - 2014. g.* Elektrotehnički fakultet Osijek, 2011. **(studija)**

[17] Mesarić, Dalibor i Ivanović, Milan: *GIS u funkciji lociranja CO_2 emisija u potrošnji prirodnog plina na području Slavonije i Baranje*, 3. međunarodni skup o prirodnom plinu, Plin' 2012, Osijek, 26.-29- rujna 2012. **(rad u zborniku)**

[18] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva: *Pravilnik o energetskim pregledima građevina*, NN, 5/2011 **(upravni akt)**

[19] *Plinsko gospodarstvo Hrvatske' 2000*. (2001; 2002; 2003; 2004; 2007; 2010; 2011.) Hrvatska stručna udruga za plin, Zagreb, (www.hsup.hr/) **(statistički podaci)**

[20] The National Academy of Science: *Recommendations*, June 25, 2009 (www.nationalfuelgas.com/) **(studija)**

[21] Direktni (industrijski) potrošači prirodnog plina (fus nota 2) – **(podaci o potrošnji)**

Prilog analizi trenutnog stanja zonskih mjerača protoka centralnog vodovodnog sustava Sanski Most

Contribution to the analysis of the current state of zonal flow meter through the central water system of Sanski Most

Em. Trožić[1,*], En.Trožić [2], E. Smajić [3],

[1] Vodovod Sanski Most, BiH
[2] O.škola Vrholje, Sanski Most, BiH
[3] Općina Hadžići, BiH

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

Sažetak

Centralni vodovodni sustav Sanski Most ima suvremeni i automatiziran, objekt za tretman vode. Još nije instalirana središnja nadzorna jedinica za cijelu vodovodnu mrežu. Ispravnosti vodovodne mreže se utvrđuje terenskim obilaskom. Postoji 16 ranije ugrađenih elektromagnetskih mjerača protoka, na šesnaest strateških točaka. Preuzimanje podataka radi softverske obrade je povremeno. Neki mjerači nisu ispravni. Ni jedan mjerač nema automatsko održavanje radne temperature. Nakon prikaza ranijih podataka, kroz analizu i diskusiju će se ukazati na uočene kvarove i nedostatke ovih mjerača. U zaključku će se dati prijedlozi mogućih popravaka i dogradnji ovih uređaja.

Ključne riječi: zonski mjerači protoka, strateške točke, radna temperatura, softverska obrada.

Abstract

Central water system Sanski Most has contemporary, automated facility for water treatment. Still it is not installed central control unit for the entire supply network. Regularity of the water supply network is determined by field visit. There are 16 previously implanted electromagnetic flow meters, at the sixteen strategic points. Download software for data processing is timely. Some gauges are not correct. Neither one meters doesn't automatically keeps the operating temperature. After displaying historical data, through analysis and discussion will be pointed out to the perceived faults and shortcomings of

these gauges. The conclusion will be given suggestions of possible repairs and upgrades of these devices.

Keywords: zonal flow meters, a strategic point, the working temperature, the software processing.

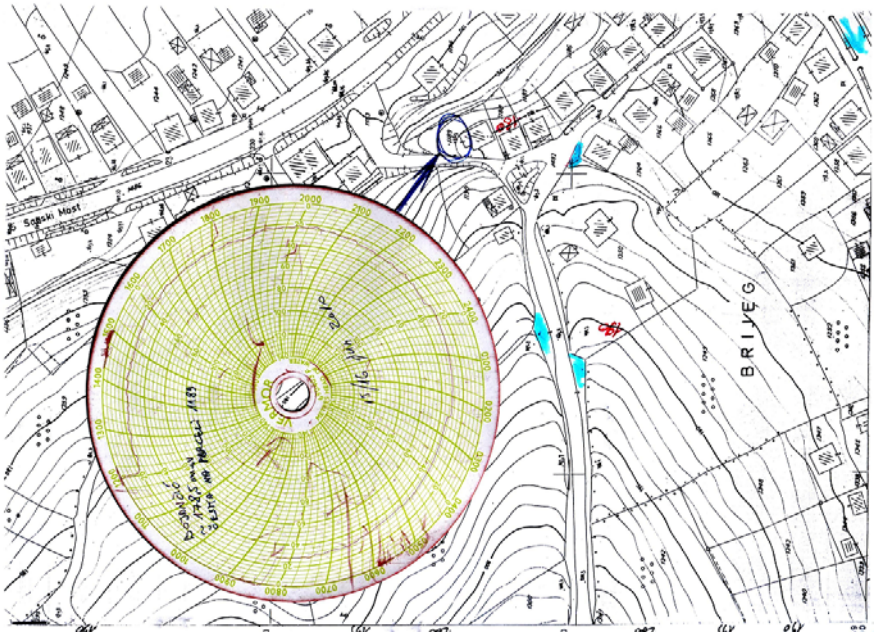
1. Uvod

Od 2004. godine centralni vodovodni sustav Sanski Most ima suvremeni i automatiziran, objekt za tretman vode. Kako je oprema unutar objekta za tretman vode digitalizirana, svaka aktivnost unutar procesa se može pratiti na središnjoj nadzornoj jedinici, međutim još nije instalirana središnja nadzorna jedinica za cijelu vodovodnu mrežu, sa koje bi se pratilo stanje na bilo kojoj točki mreže. Još uvijek se ispravnosti vodovodne mreže utvrđuje terenskim obilaskom. Iako postoji 16 ranije ugrađenih elektromagnetskih mjerača protoka, na šesnaest strateških točaka, preuzimanje podataka radi softverske obrade je ručno i povremeno.

2. Mjerenja u vodovodu

2.1. Mjerenja sa snimačima tlaka

Za potrebe brzog snimanja 24 satnog stanja tlaka u bilo kojoj točki upotrijebit će se mjerač sa zapisivanjem trenutnih rezultata u vidu neprekidne linije s papirnom kružnom pločom. Korišten je uređaj sa satnim mehanizmom, Water Pressure Recorder - Vermor, snimač tlaka vode. [3] Na slici 1. prikazani su rezultati na kružnom grafikonu mjerenja sa snimačem tlaka u naseljenom mjestu Pobriježje 15/16 lipnja 2010.godine.

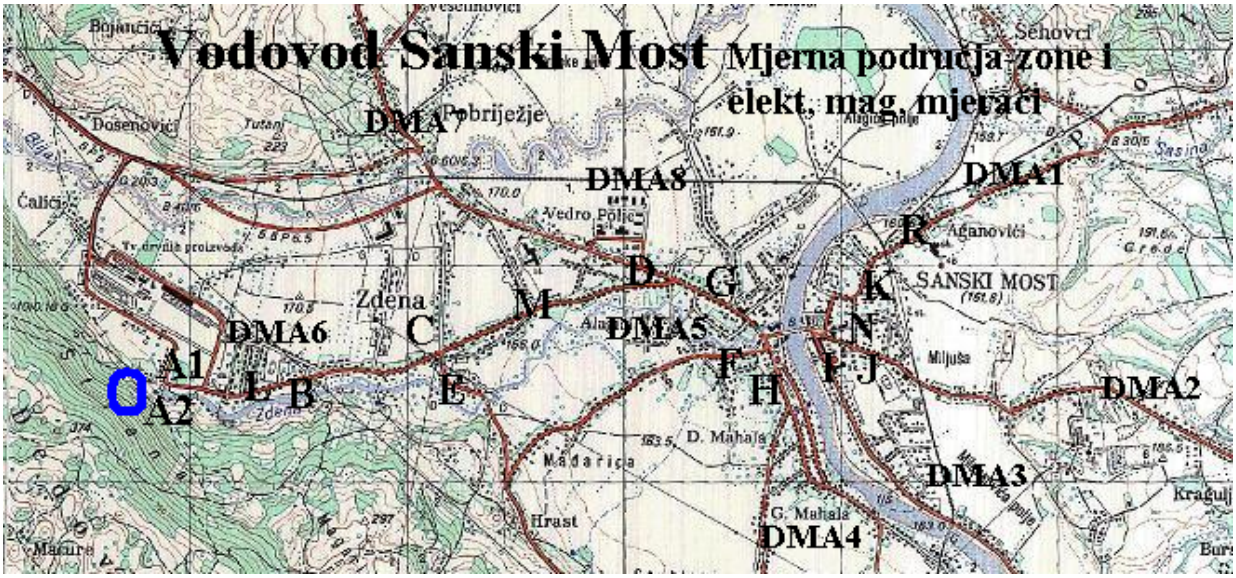


Slika 1. Kružni grafikon mjerenja sa snimačem tlaka, Water Pressure Recorder - Vermor [3]

Na kružnom grafikonu, Vermor, snimača tlaka vode u konkretnoj točki mjerenja utvrđeno je 24 satno stanje tlaka u mreži koje ne pokazuje ekstremne skokove. Ono što je neophodno u narednoj analizi je utvrđivanje odnosa noćnih i dnevnih potrošnji, odnosno prisaka, čija ovdje "stabilnost" može biti indikator konstantnih curenja u mreži.

2.2. Digitalna mjerenja

Na centralnom vodovodnom sustavu su instalisani elektromagnetni mjerači: A.4. Strateški mjerači protoka (4.): «L», «M», «N» i «R», A.5. Zonski mjerači protoka (12. komada za 8 zona): «A1», «A2», «B», «C», «E», «D», «G», «F», «H», «I »,« J »i« K »za zone:« DMA -1 »,« DMA -2 »,« DMA -3 »,« DMA -4 »,« DMA -5 »,« DMA -6 »,« DMA -7 »i« DMA -8 ». Na slici 2. prikazane su pozicije zona mjerenja, elektromagnetskim mjeračima, na centralnom vodovodnom sustavu općine Sanski Most.



Slika 2. Centralni vodovod općine Sanski Most, s položajem i oznakama zonskih mjerača protoka i zona mjerenja, [1]

Odabir lokacija ugradnje elektromagnetskih mjerača je vršen na osnovu ranije urađene projektne dokumentacije. Lokacije strateških i zonskih (distrikt) mjerača su smještene na glavnim čvorištima u vodovodnoj mreži, tako da bi se mogla pratiti svaka zona zasebno. Na slici 3. prikazana su načini priključenja elektromagnetskog mjerača protoka na ručni komunikator i preko modema na PC., [4]

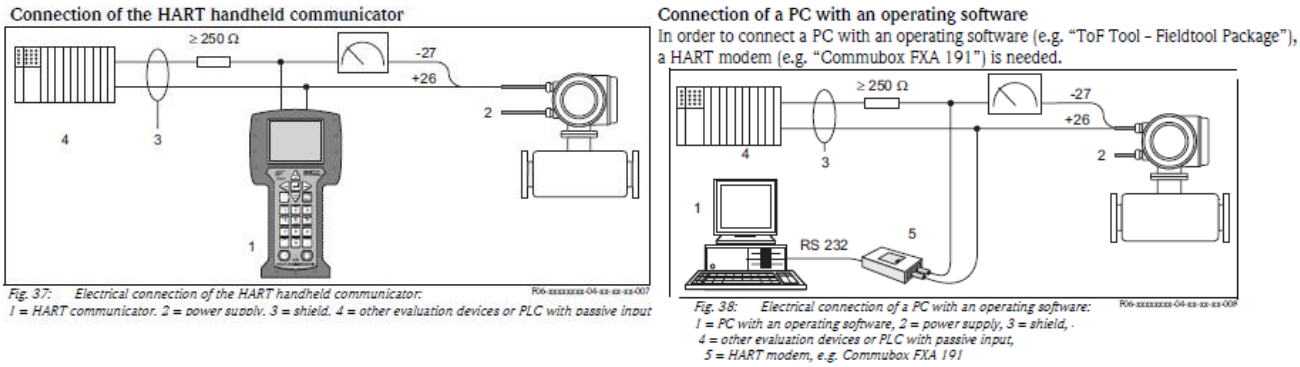


Fig. 37: Electrical connection of the HART handheld communicator:
1 = HART communicator, 2 = power supply, 3 = shield, 4 = other evaluation devices or PLC with passive input

Fig. 38: Electrical connection of a PC with an operating software:
1 = PC with an operating software, 2 = power supply, 3 = shield,
4 = other evaluation devices or PLC with passive input,
5 = HART modem, e.g. Commubox FXA 191

Slika 3. Način priključenja elektromagnetnog mjerača protoka, [4]

Prema katalogu proizvođača elektromagnetskih mjerača protoka; Prolina Promag – 50 *W*, 53W - Endress + Hauser, Proline Promag 53, Electromagnetic Flow Measuring System - elektromagnetni protočni mjerni sustav, dat je kratki opis funkcioniranja uređaja. U principu kod elektromagnetskog mjerenja medij se kreće. Inducirani napon proporcionalan je brzini protoka i dolazi do pojačala pomoću dvije mjerne elektrode. Protočni volumen izračunava se pomoću cijevi presjeka na mjestu mjerenja. DC magnetsko polje se stvara kroz prolaz istosmjerne struje izmjeničnog polariteta. Inače, Elektromagnetski mjerač protoka namijenjen je za dvosmjerno mjerenje tekućine s najmanje prvodljivosti ≥ 5 *μS/cm*: pitke vode, otpadnih voda, kanalizacijskog mulja. Mjerenje protoka je do 110 tisuća *m³/h*, (484.315 *gal/min*), temperatura medija do +80 °*C* (176 °*F*), procesni pritisci do 40 bara (*580 psi*), duljina sukladno DVGW/ISO.[4] Na slici 4. prikazana je shema elektro priključenja između elektromagnetskog mjerača protoka i vanjskog ormarića za digitalizaciju signala mjerenja.[4]

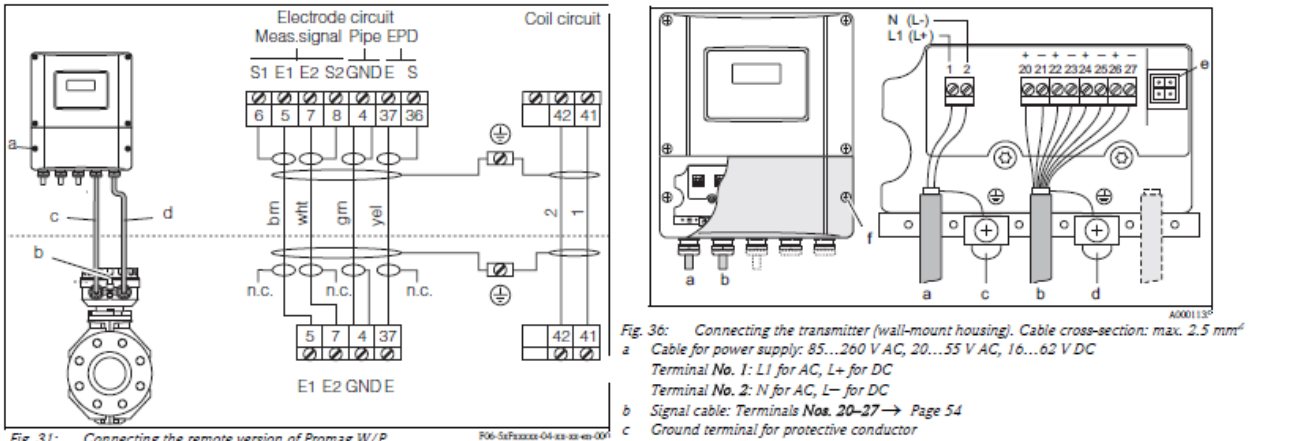


Fig. 31: Connecting the remote version of Promag W/P
a = cover of the connection compartment, b = cover of the sensor connection housing, c = signal cable, d = coil current cable, n.c. = not connected, insulated cable shields

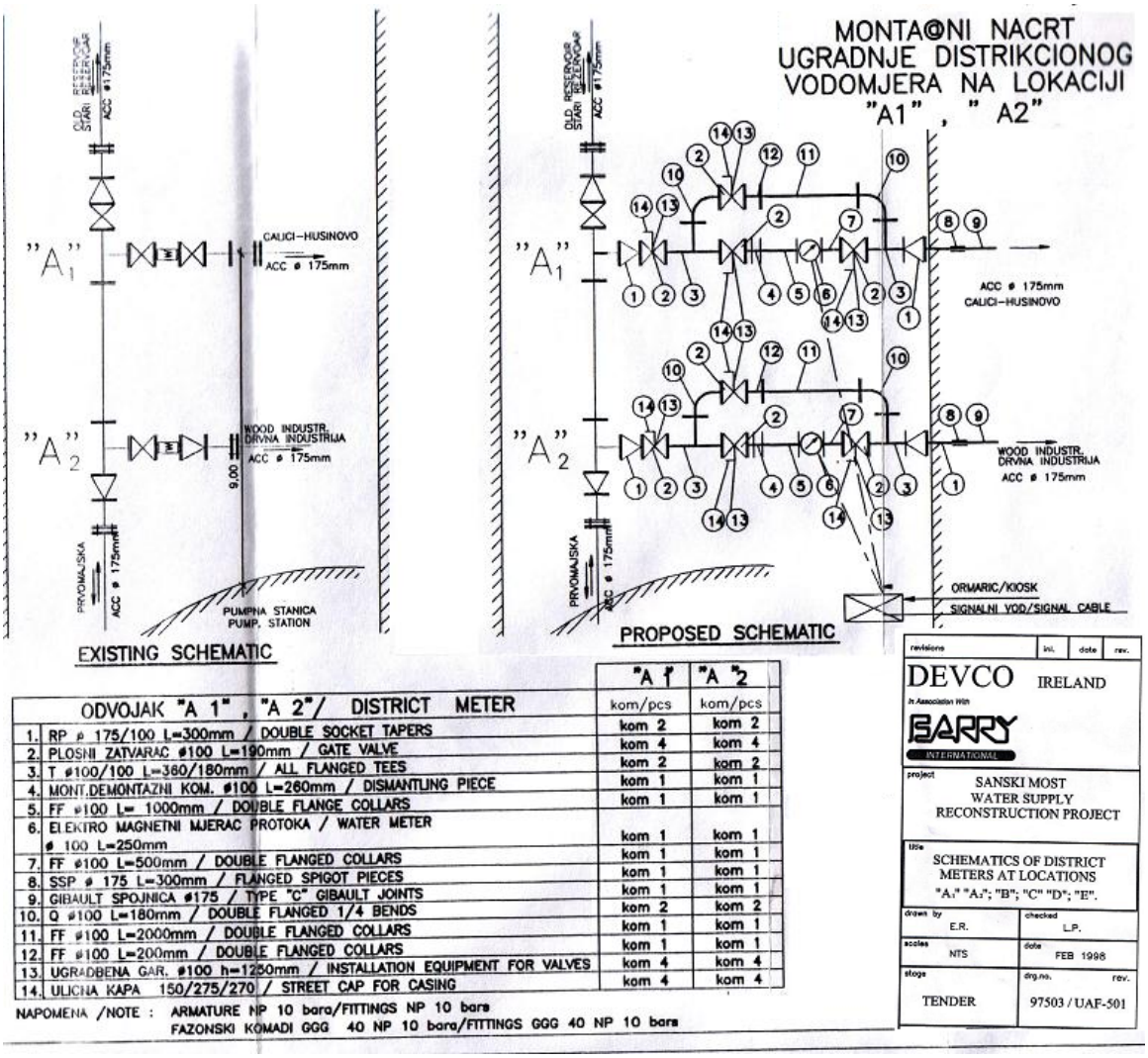
Fig. 36: Connecting the transmitter (wall-mount housing). Cable cross-section: max. 2.5 mm²
a Cable for power supply: 85…260 V AC, 20…55 V AC, 16…62 V DC
Terminal No. 1: L1 for AC, L+ for DC
Terminal No. 2: N for AC, L– for DC
b Signal cable: Terminals Nos. 20–27 → Page 54
c Ground terminal for protective conductor
d Ground terminal for signal cable shield
e Service adapter for connecting service interface FXA 193 (Fieldcheck, ToF Tool - Fieldtool Package)
f Cover of the connection compartment

Slika 4. Shema elektro priključenja između elektromagnetskog mjerača protoka i vanjskog ormarića, [4]

3. Elektromagnetni protočni sustavi

3.1. Ugradnja elektromagnetskih mjerača protoka

Projektna dokumentacija koja je prethodila ugradnji elektromagnetskih mjerača protoka je obradila situacioni prikaz ranijeg stanja u konkretnom čvorištu i shemu novog načina spajanja linije elektromagnetskih mjeračima i linije zaobilaza bez mjerača, od kojih bi se uvijek koristila samo jedna. Slika broj 5. predstavlja shemu ugradnje elektromagnetskog mjerača protoka u vodovodnoj mreži. Na prvom dijelu skice, existing schematic, prikazano je stanje prije montaže, dok je na drugom dijelu skice, proposed schematic, prikazano stanje poslije montaže mjerača.



ODVOJAK "A 1" , "A 2"/ DISTRICT METER	"A 1" kom/pcs	"A 2" kom/pcs
1. RP ø 175/100 L=300mm / DOUBLE SOCKET TAPERS	kom 2	kom 2
2. PLOSNI ZATVARAC ø100 L=190mm / GATE VALVE	kom 4	kom 4
3. T ø100/100 L=360/180mm / ALL FLANGED TEES	kom 2	kom 2
4. MONT.DEMONTAZNI KOM. ø100 L=260mm / DISMANTLING PIECE	kom 1	kom 1
5. FF ø100 L= 1000mm / DOUBLE FLANGE COLLARS	kom 1	kom 1
6. ELEKTRO MAGNETNI MJERAC PROTOKA / WATER METER ø 100 L=250mm	kom 1	kom 1
7. FF ø100 L=500mm / DOUBLE FLANGED COLLARS	kom 1	kom 1
8. SSP ø 175 L=300mm / FLANGED SPIGOT PIECES	kom 1	kom 1
9. GIBAULT SPOJNICA ø175 / TYPE "C" GIBAULT JOINTS	kom 1	kom 1
10. Q ø100 L=180mm / DOUBLE FLANGED 1/4 BENDS	kom 2	kom 2
11. FF ø100 L=2000mm / DOUBLE FLANGED COLLARS	kom 1	kom 1
12. FF ø100 L=200mm / DOUBLE FLANGED COLLARS	kom 1	kom 1
13. UGRADBENA GAR. ø100 h=1250mm / INSTALLATION EQUIPMENT FOR VALVES	kom 4	kom 4
14. ULICNA KAPA 150/275/270 / STREET CAP FOR CASING	kom 4	kom 4

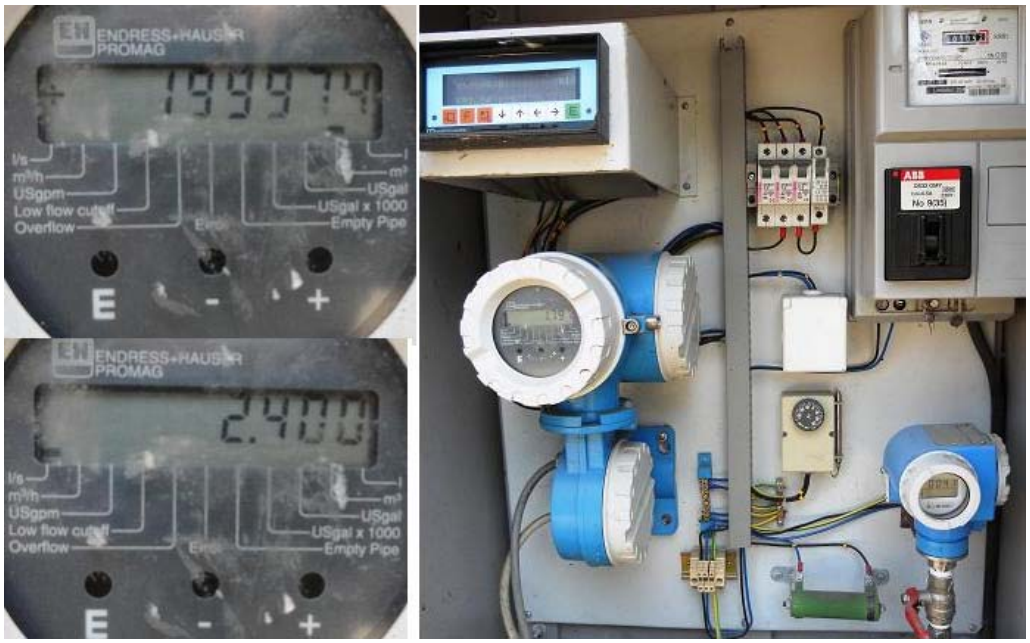
NAPOMENA /NOTE : ARMATURE NP 10 bara/FITTINGS NP 10 bars
FAZONSKI KOMADI GGG 40 NP 10 bara/FITTINGS GGG 40 NP 10 bars

Slika 5. Shema ugradnje elektromagnetskog mjerača protoka u vodovodnoj mreži, [5]

Ugradnja nadzemnih ormarica je vršena na mjestima uz prometnicu gdje ne smeta ni prometu ni prilazu privatnim posjedima.[6] Na slici 6. prikazan je položaj nadzemne ormarice elektromagnetskog mjerača protoka. Ova lokacija predstavlja posljednju točku transportnog vodovoda, a konkretni mjerač se nalazi na početku distributivnog voda posljednje zone mjerenja.

Slika 6. Položaj nadzemne ormarice elektromagnetskog mjerača protoka

Na slici 7. se predstavlja unutarnji izgled nadzemne ormarice elektromagnetskog mjerača protoka. Na izdvojenim slikama zaslona vide se dva različita podatka koji se mogu očitavati.



Slika 7. Unutarnji izgled nadzemne ormarice

Na slici 8. prikazana je prijenosna kartica za preuzimanje digitalizovanog signala. Samo neke stanice imaju mogućnost preuzimanja signala prijenosnom karticom.

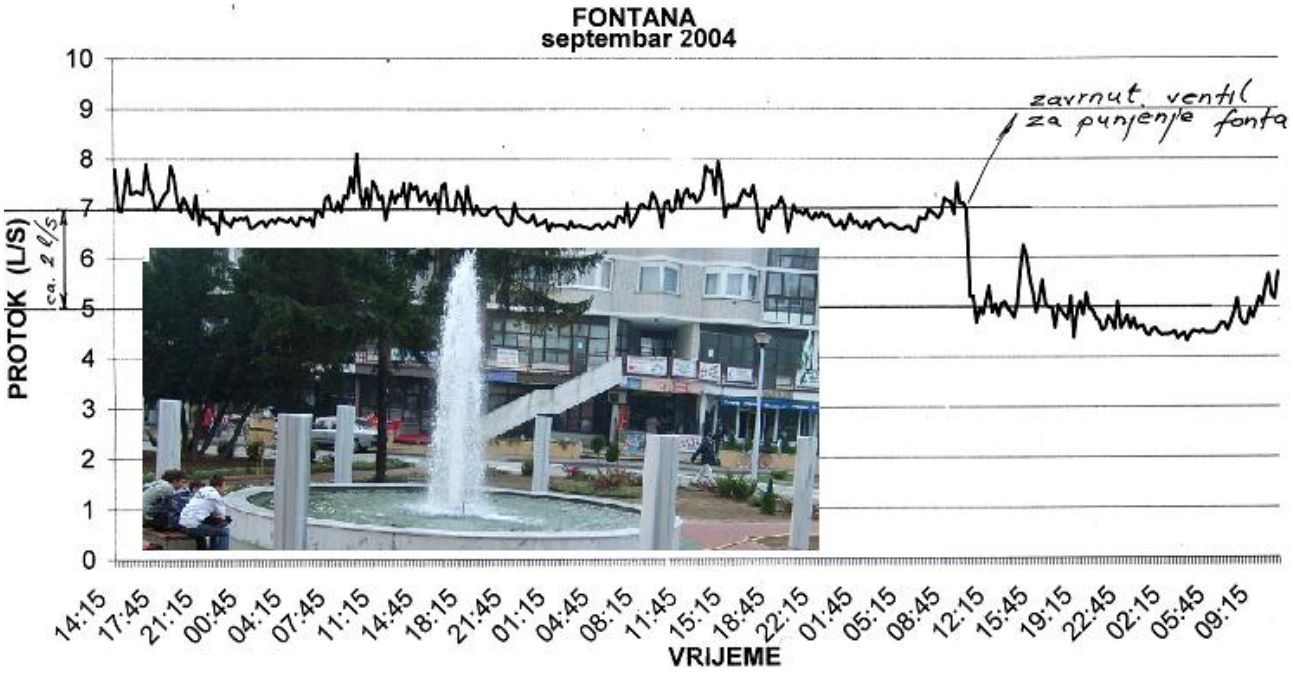
Slika 8. Prijenosna kartica za preuzimanje digitalizovanog signala

3.2. Zapisi mjerenja

Na slici 9. prikazan je položaj elektromagnetskog mjerača protoka na dionici sa koje se vodom napaja fontana u gradu.

Slika 9. Položaj elektromagnetskog mjerača protoka

Kod preuzimanja signala mjerenja, elektromagnetskog mjerača protoka, zone u kojoj se nalazi gradska fontana, naknadnom analizom utvrđeno je da na grafikonu postoji nagli "pad" proticaja poslije čega se grafikon i dalje "mirno" ponaša na približno istoj vrijenosti, što je ukazivalo na moguće ranije naglo curenje koje je tog momenta zaustavljeno. Na slici 10. prikazan je grafikon mjerenja protoka na elektromagnetskom mjeraču protoka preko kojeg se vodom snabdjeva fontana u gradu.



Slika 10. Grafikon mjerenja protoka

Elektromagnetski mjerač protoka koji je registrirao "normalno" stanje duže vrijeme u jednom momentu je imao nagli pad protoka koje se u daljnjem razdoblju održao na istom nivou. Analizom se utvrdilo da se datum "pada" protoka podudara sa datumom zavrtanja zatvarača kod gradske fontane.

3.3. Nedostaci

Iako je na centralnom vodovodnom sustavu oprema unutar objekta za tretman vode digitalizirana, i svaka aktivnost unutar procesa se može pratiti na središnjoj nadzornoj jedinici, još nije instalirana središnja nadzorna jedinica za cijelu vodovodnu mrežu. Ispravnosti vodovodne mreže se utvrđuje terenskim obilaskom a najčešće intervancija su poslije dojave građana o uočenim curenje ili zastojima u vodoopskrbi. Od 16 ranije ugrađenih elektromagnetni mjerači protoka, na šesnaest strateških točaka, kod mjerača koji su još uvijek ispravni, preuzimanje podataka radi softverske obrade je ručno i povremeno. Veći broj mjerača nije ispravno. Osnovni problem, već, nakon ugradnje je bio što ni jedan mjerač nema automatsko održavanje radne temperature. Zbog osjetljivosti na ekstremne temperature došlo je do "curenja" baterije i drugih oštećenja elektronike u

nadzemnom ormaru. Kako nije izvršeno umrežavanje mjerača protoka s centralnom softverkom stanicom nije moguće prepoznati zone s najvećim gubitcima, što rezultira velikoj disproporciji između proizvedene i fakturirane vode za piće.

4. Zaključak

Na konkretnom primjeru se može analizirati konkretan gubitak vode usljed curenja koje nije bilo moguće uočiti čak ni terenskim obilaskom. Na primjeru elektromagnetskog mjerača protoka koji je registrirao "normalno" stanje duže vrijeme, u jednom momentu se uočio nagli pad protoka koje se u daljnjem razdoblju održao na istom nivou. Jednom analizom se utvrdilo da se datum "pada" protoka podudara sa datumom zavrtanja zatvarača kod gradske fontane. Da je ranije signal praćen kontinuirano u centalnoj stanici vjerovatno bi se uočio i "skok" protoka kod početka istjecanja kod fontane. Da bi se moglo kontinuirano pratiti stanje u svim važnijim čvorištima, odnosno zonama mjerenja utvrđene su osnovne aktivnosti koje treba poduzeti u narednom periodu u culje opravke neispravnih i umrežavanja elektromagnetskih mjerača protoka:

- Servisiranje ranije ugrađene elektronike elektromagnetskih mjerača protoka.
- Nabava softvera u centralnoj stanici i pomoću GSM signala umrežiti dislocirane elektromagnetske mjerače protoka,
- Instalirati i umrežiti nove elektromagnetne mjerače protoka radi smanjivanja zona praćenja,
- Umrežiti vodovodne objekte lokalnih vodovoda u jedinstveni sustav centralnog vodovoda

5. Literatura

[1] Trožić, Emir; Trožić, Enver. Umrežavanje strateških mjerača protoka u centralni softver vodovoda Sanski Most, Osijek, 2011., (rad u zborniku),
[2] Trožić, Enver; Trožić, Emir. Provjera brtvenja spojeva cjevovoda primjenom plina, Osijek, 2011., (rad u zborniku),
[3] Water Pressure Recorder, Vermor, snimač pritiska vode,
[4] Endress+Hauser, Proline Promag 53, Electromagnetic Flow Measuring System – elektromagnetni protočni mjerni sistem, Brief operating instructions, Kratke upute za upotrebu,
[5] Reconstruction Project Water supply, Devco Ireland in Association With Barry International, Tender 97503/UAF-502, Sanski Most, 1998., Phare-European Commission,
[6] Water supply improvements, WTE-d.o.o. Sarajevo, Contract No 9701.05.01.-04, Sanski Most, 2004., EU Community – Rodeco Consulting Company,

Održavanje i administrativni status lokalnih vodovoda općine Hadžići

Maintenance and administrative status of local water supply, municipal Hadžići

E. Smajić[1], Em. Trožić[2,*], En. Trožić[3],

[1]Općina Hadžići, BiH
[2]Vodovod Sanski Most, BiH
[3]O.škola Vrholje, Sanski Most, BiH

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

Sažetak

Vodoopskrba središnjih dijelova Općine Hadžići je sa javnog vodovoda. Javnu vodoopskrbu čini 14 vodovodnih sistema, koji su pod nadzorom Javnog komunalnog poduzeća "Komunalac" doo Hadžići. Od približno 30.000 *stanovnika* oko 65 % koristi vodu s ovog javnog vodovoda, čija kvaliteta se redovito kontrolira. Preostalih oko 35 % stanovnika koristi vodu za piće iz lokalnih vodovoda, bez higijensko epidemiološke kontrole. Ranijim rezultatima će se dati neki bitni pokazatelji: kvaliteta, kvantiteta i administrativnog statusa najvažnijih objekata vodoopskrbe. Kroz raspravu i diskusiju će se dati analiza stanja lokalnih vodovodnih sustava. U zaključku će se ukazati na neophodne aktivnosti koje trebaju dovesti do kvalitetnije vodoopskrbe općine Hadžići.

Ključne riječi: održavanje vodovoda, administrativni status vodovoda, lokalni vodovodi, javna vodoopskrba.

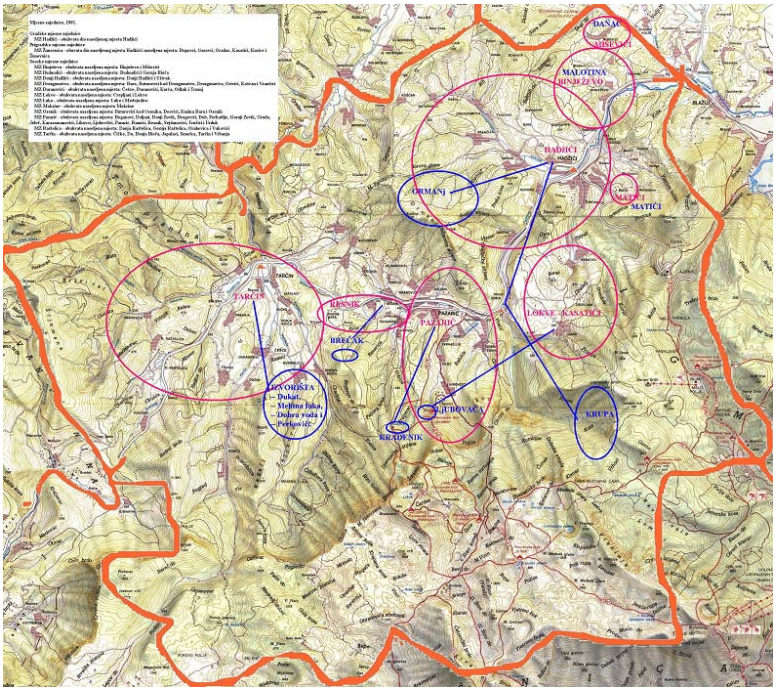
Abstract

Central part of the water supply of municipality Hadžići is from the public water supply. Public water supply consists of 14 water supply systems, which are under the supervision of the Public Utility Company "Komunalac" Ltd. Hadžići. Out of approximately 30,000 *inhabitants* about 65 % use water from this public water supply, which quality is regularly monitored. The remaining 35 % of the population uses drinking water from the local water supply, without sanitary epidemiological control. Previous results will provide some important indicators of quality, quantity and administrative status of the most important water supply facilities. Through debate and discussion will provide analysis of the state of local water systems. In conclusion, I will point out the most important activities that should lead to better water supply Hadzići municipality.

Key words: maintenance of water supply, the administrative status of water supply, local water supply, public water supply.

1. Uvod

Teritorij općine Hadžići se nalazi jugozapadno od Sarajeva. Općinu Hadžići na 273,26 km² površine, administrativno čine 62 naseljena mjesta sa oko 28.000 stanovnika. Od ovog broja oko 65% su korisnici vode iz javnih vodovodnih sustava koje održava JKP "Komunalac" d.o.o. Hadžići.[1] Na slici 1. prikaz je teritorij općine Hadžići sa označenim najvažnijim izvorištima vode za piće i zonama vodoopskrbe.



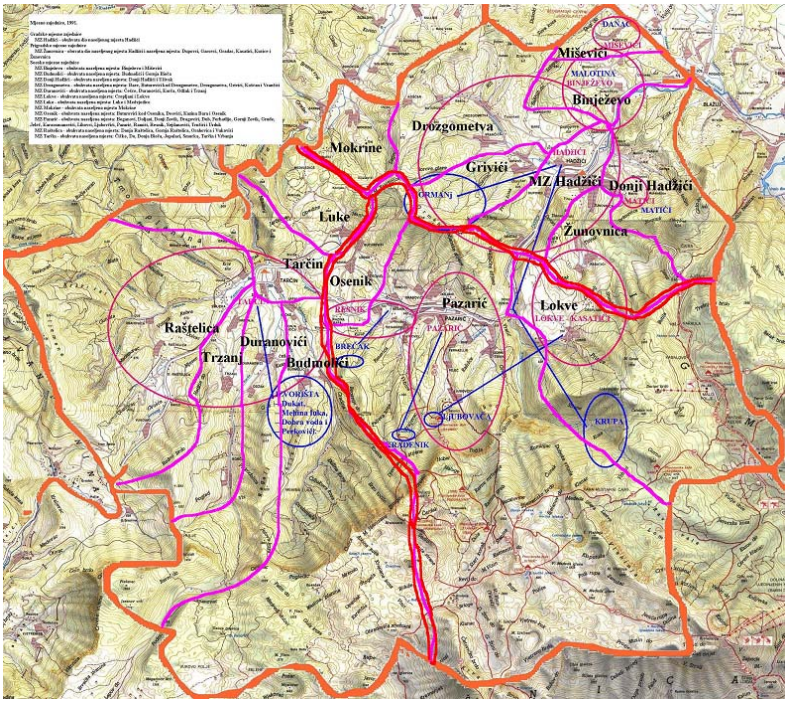
Slika 1. Situacioni prikaz teritorije općine Hadžići sa označenim najvažnijim izvorištima i zonama vodoopskrbe

2. Vodoopskrba općine Hadžići

Vodoopskrba općine Hadžići je iz 14 vodovodnih sustava, koji su organizirani u tri administrativne vodoopskrbne cjeline, kojima upravlja JKP "Komunalac" d.o.o. Hadžići. Većina ovih vodovodnih sustava je starija od 35 godina, u kojima su učestali kvarovi uz brzo pražnjenje sustava i ostajanje korisnika bez kontinuirane vodoopskrbe, a uzrokovani su sa više čindbenika, kao što su: nezadovoljavajući obujam vodospremnika, profila i dotrajalosti cjevovoda.

2.1. Vodovodni sustavi mjesnih zajednica Hadžići

Naseljeno mjesto Hadžići administrativno čine: MZ Hadžići (dio naseljenog mjesta Hadžići), MZ Donji Hadžići (Donji Hadžići i Ušivak), MZ Žunovnica (dio naseljenog mjesta Hadžići i naseljena mjesta: Dupovci, Garovci, Gradac, Kasatići, Kućice i Žunovnica), MZ Binježevo (Binježevo i Miševići), MZ Grivići, MZ Drozgometva (Bare, Buturovići kod Drozgometve, Drozgometva, Košćan i Vrančići), MZ Mokrine, i MZ Miševići.[7] Slika 2. prikazuje lokalne administrativne jedinice, mjesne zajednice, općine Hadžići, sa najvažnijim izvorištima vode za piće i zonama vodoopskrbe.



Slika 2. Situacioni prikaz administrativnih, lokalnih jedinica općine Hadžići

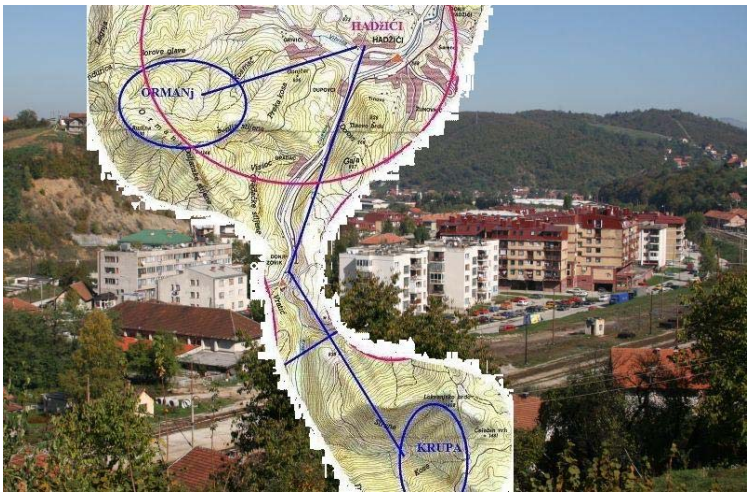
Vodoopskrba urbanog dijela općine Hadžići i prigradskih naselja vrši se sa nekoliko izvorišta:

- Krupa, sa kojeg se pitkom vodom snabdijeva urbano područje Hadžića, a nalazi se na jugoistočnom dijelu općine Hadžić na teritoriji MZ Lokve,
- Jeleč uključuje se prema potrebi, najčešće u ljetnom periodu,
- Garovci, drugo alternativno izvorište,
- Bijele vode–Ormanj I i
- Ormanj II–Grivići, nalaze se na padinama Ormanj oko 1,5 *km* sjeverozapadno od urbanog dijela naselja. Sa ovih izvora se snabdjevaju vodom za piće prigradska naselja na sjeverozapadnoj strani Hadžića.[1; 2; 3]

- Matići za vodoopskrbu prigraskog naselja Matići,
- Malotina za vodoopskrbu prigradskog naselja Binježevo,
- Danac za vodoopskrbu mjesne zajednice Mišević.

Vode na izvorištima: Krupa, Jeleč, Bijele vode - Ormanj I, Ormanj II-Grivići, Matići i Malotina dolaze iz kraških slojeva, dok vode izvorišta Garovci se zahvaćaju iz podzemlja rijeke Zujevine. Za potrebe vodoopskrbe Hadžića koristi se oko 51 *l/s* ukupne minimalne količine svih zahvaćenih izvorišta.[1; 2; 3]

Na slici 3 je panorama središnjeg dijela općine Hadžići sa situacionim prikazom izvorišta vode za piće, pravcima i zonama vodoopskrbe.



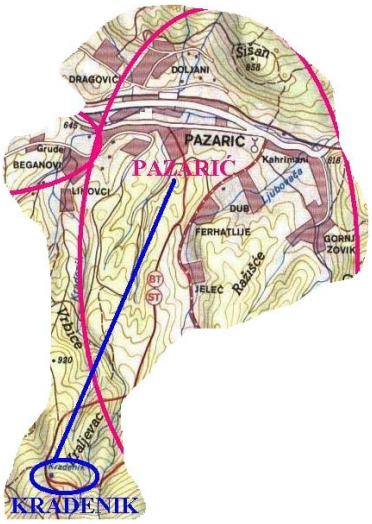
Slika 3. Središnji dio općine Hadžići sa situacionim prikazom izvorišta vode za piće, [9]

2.2. Vodovodni sustavi mjesnih zajednica Pazarić

Naseljeno mjesto Pazarić administrativno čine: MZ Pazarić (Beganovi, Doljani, Donji Zovik, Dragovići, Dub, Ferhatlije, Gornji Zovik, Grude, Jeleč, Karaosmanovići, Lihovci, Ljubovčići, Pazarić, Ramići, Resnik, Sejdanovići, Trnčići i Urduk), MZ Lokve (Crepljani i Lokve), MZ Osenik (Buturovići kod Osenika, Deovići, Kazina Bara i Osenik).[7] Na području Pazarića koriste se četiri izvorišta, [1; 2; 3] za vodoopskrbu:

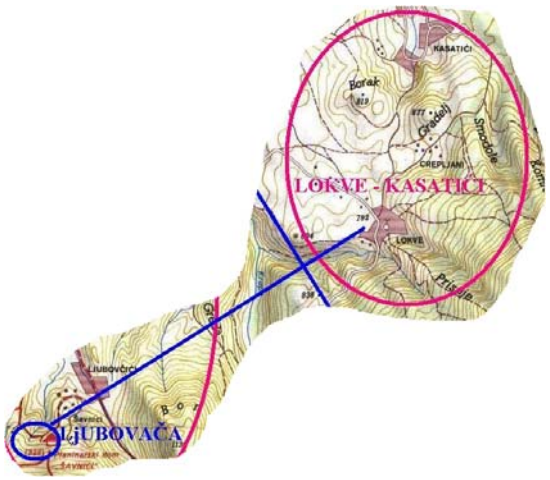
- Brečak sa 3-5 *l/s* vode za vodoopskrbu naselja Resnik sa okolnom. Iz jedne armirano-betonske kaptaže voda se dovodi do vodospremnika Dragovići (37 m³), azbest-cementnim cjevovodom dužine oko 1,5 *km* i promjera Ø 60 *mm*, a iz vodospremnika preko oko 2,3 *km* do potrošača,
- Kradenik, sa oko 8-12 *l/s*, iz dvije vodozahvatne kaptaže voda se dovodi do vodospremnika Pazarić (200 m³) azbest-cementnim cjevovodom dužine oko 4,5 *km* i promjera Ø 200 *mm*, a iz ovog vodospremnika se preko oko 16 *km* istog cjevovoda dovodi do potrošača. Duž ovog vodovodnog sustava se nalazi pet

rasteretnih komora, radi smanjenja pritiska u mreži. Na slici 4. prikazana je lokacija izvorišta pitke vode Kradenik i zone vodoopskrbe Pazarić.



Slika 4. Situacioni prikaz lokacije izvorišta Kradenik, 8-12 *l/s,* i zone vodoopskrbe Pazarić

- Ramići, iz pet armirano betonskih kaptaža, ukupnog kapaciteta oko 1,5-3 *l/s*, se opskrbljuju Ramići s okolnim naseljima, kroz oko 1,2 *km* ACC cijevi promjera Ø 50 mm, do vodospremnika Ramići, kapaciteta 40 m^3, a odatle kroz oko 11 *km* cjevovoda do potrošača,
- Ljubovača, 2,5-10 *l/s,* do vodospremnika Lokve-Kasatići, kapaciteta 165 m^3, je acc cjevovodom Ø 125 *mm*, dužine oko 7 *km*, i dalje oko 10,6 *km* do potrošača. [1; 2; 3] Na slici 5. prikazana je lokacija izvorišta Ljubovača i zone vodoopskrbe Lokve-Kasatići.



Slika 5. Situacioni prikaz lokacije izvorišta Ljubovača, ukupnog kapaciteta 2,5-10 *l/s,* i zone vodoopskrbe Lokve-Kasatići

2.3. Vodovodni sustavi mjesnih zajednica Tarčin

Naseljeno mjesto Tarčin administrativno čine: MZ Tarčin (Čičke, Do, Donja Bioča, Japalaci, Smucka, Tarčin i Vrbanja), MZ Luke (Luke i Medvjedice), MZ Budmolići (Budmolići i Gornja Bioča), MZ Duranovići (Češće, Duranovići, Korča, Odžak), MZ Raštelica (Donja Raštelica, Gornja Raštelica, Orahovica i Vukovići), MZ Trzanj,[7] Izvorišta vodovodnog sustava Tarčin koji se koriste za vodoopskrbu su: Dukat, Mehina luka, Dobra voda i Perkovići.[1; 2; 3] Na slici 6. vidi se panorama urbanog dijela naselja Tarčin i situacioni prikaz zone vodoopskrbe sa izvorišta: Dobra voda i Mehina luka.

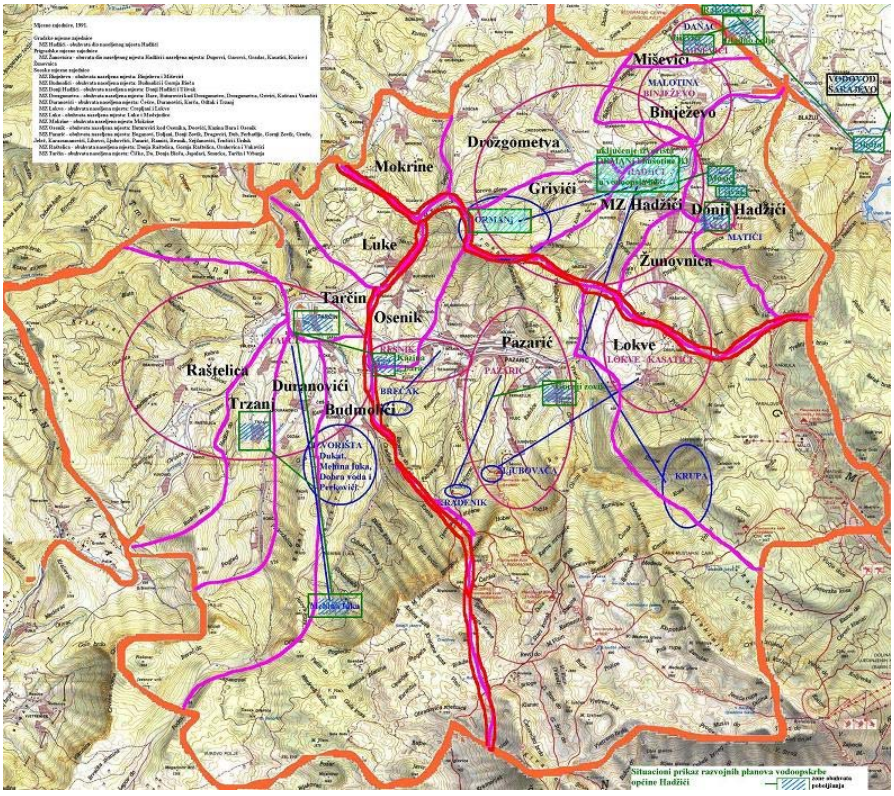
Slika 6. Panorama naselja Tarčin i situacioni prikaz zone vodoopskrbe, [9]

3. Nove količine vode za piće

Nagli razvoj ovog kraja, u posljednjih 15 godina, zahtijevao je iznalaženje dodatnih količina vode za piće kako bi se osigurala dovoljna količina vode za sve korisnike. Zbog toga je urađen Projekat uvođenja novih količina vode u vodovodni sustav Hadžići.[11] Ovim projektom je:

- analizirana mogućnost ponovnog uključivanja i dovođenje u funkcionalno stanje, u ratu izvedenih, bunara B-1, u parku kod osnovne škole, B-2, u krugu komunalnog poduzeća i B-3, u krugu firme "Color Medvode",
- urađena su dodatna geodetska snimanja na širem lokalitetu bunara B-3 na lokalitetu Garovci, kao i trase projektiranog cjevovoda,
- provedena su prethodna i usmjerena kvantitativno-kvalitativna istraživanja na sva tri bunara,
- urađena je rekognosciranje i prvo preliminarno probno crpljenje i uzorkovanje voda sa sva tri bunara.

Rezultati fizičko kemijskih analiza su pokazali da je voda mineralizirana, sa visokim sadržajem: *Ca, Ma, sulfata* i veoma malo: *nitrata i nitrita*.[3] Mjerenjem izdašnosti je utvrđeno da bunari B-1, „škola“, koji ima dubinu 26,60 *m*, Q=7,4 *l/s*, s=0,20 *m* i sniženje razine vode i B-3, "Color Medvode", koji ima dubinu 22,5 *m*, Q=7,4 *l/s*, s=0,20 *m*, imaju zadovoljavajuću količinu vode i da ih treba uvrstiti u daljnje planiranje, dok je B-3 usvojen kao jedno optimalno rješenje. Bunar B-2, „komunalno“, koji ima dubinu 37 *m*, Q=0,76 *l/s*, s=3,73 *m*, i zadovoljavaju traženi kriterij.[3] Slika 7. predstavlja razvojnu situciju vodoopskrbnog sustava Hadžići. Na ovoj situaciji su šrafiranim pravokutnikom označeni lokaliteti planiranih intervencija u cilju poboljšanja vodoopskrbog sustava.



Slika 7. Razvojna situcija vodoopskrbnog sustava Hadžići

Uvođenja vode bunar B-3, smještenog u krugu firme "Color Medvode", u sustav vodoopskrbe općine Hadžići, odvijalo bi se u dvije faze:

- prva faza; interventno rješenje, dovođenjem bunara u funkciju i izgradnju dijela potisnog cjevovoda,

- druga faza; dugoročno rješenje izgradnjom vodospremnika, i produženjem potisnog cjevovoda s alternativom uključenja i naselje Binježevo u ovaj sustav.[3]

4. Higijensko epidemiološki nadzor kvaliteta vode za piće

Kod vodovoda koji su pod nadzorom javnog preduzeća, voda za piće se svakodnevno dezinfikuje hlornim preparatom uz obezbjeđenje kontinuiranog prisustva dezinfekcionog sredstva, kao rezidual hlora, što predstavlja propisanu maksimalnu neškodljivu vrijednost hlora koji treba da se nalazi u vodi na bilo kom izlaznom mjestu. U skladu sa Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće, planski i redovno se vrši kontrola sanitarno higijenskog stanja vode iz javnih vodovoda. Jedan opsežniji pregled kvaliteta voda vodovoda koji se koriste za vodoopskrbu je obrađen kroz Izvještaj 1997. godine.[5] Rezultati o fizičko-hemijskoj i bakteriološkoj kontroli iz Izvještaja [5] su pokazali da:

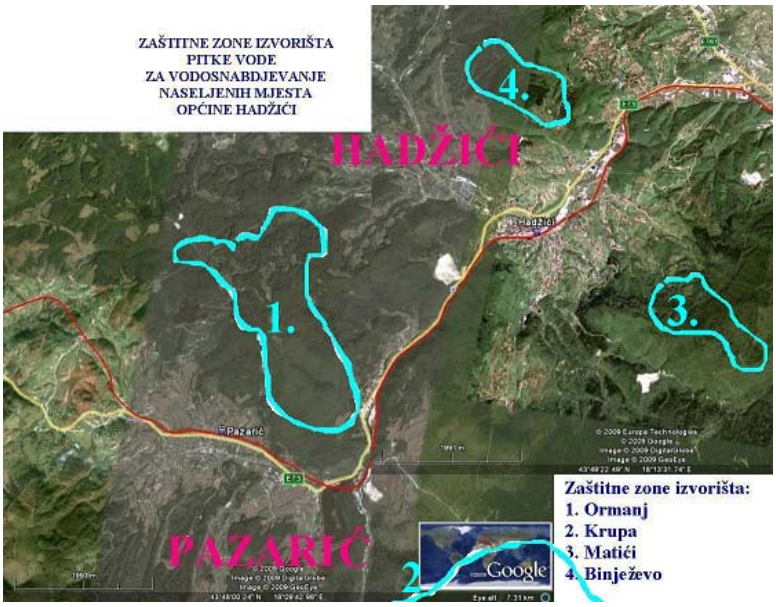
- 5 % ispitanih uzoraka, fizičko – hemijski [10] [1] ne odgovara uslovima Pravilnika,[4] i

- 42 % bakteriološki, [10] [1] ne odgovara uslovima Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće.[4]

Uočen je problem česte mutnoće vode za piće koja se distribuira preko javnih vodovoda sa izvorišta: Krupa, Jeleč, Zovik, Malotina, Ramići, Ormanj II, Grivići i Bijele vode-Ormanj I. U ovakvim slučajevima se isključuju dovodi vode sa ovih izvora.[6]

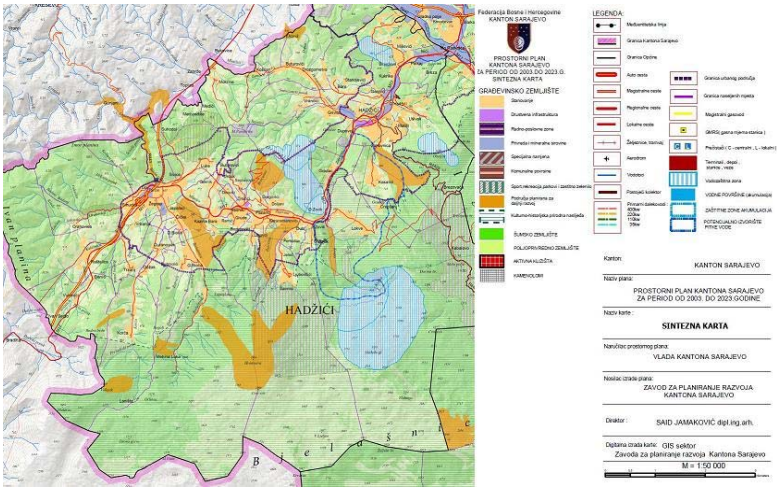
4.1. Zaštita izvorišta vode za piće

Za samo četiri izvorišta vode za piće: Krupa, Ormanj, Matići i Binježevo, utvrđene su zaštitne zone [10] od ukupno 14 izvorišta, kojima gazduje Javno preduzeće. Na slici 8. prikazana je satelitska, reljefna karta dijela općine Hadžići sa označenim zaštitnim zonama izvorišta pitke vode: Ormanj, Krupa, Matići i Binježevo.



Slika 8. Reljefna karta dijela općine Hadžići sa označenim zaštitnim zonama izvorišta pitke vode: Ormanj, Krupa, Matići i Binježevo

U cilju donošenja Odluke o zonama sanitarne zaštite i zaštitnim mjerama izvorišta vode za piće općine Hadžići, izrađen je Projekat zaštite izvorišta.[1] Nakon donošenja Odluke o zonama sanitarne zaštite, potrebno je planirati neophodna financijska sredstva i vremenski okvir za realizaciju. Na slici 9. izdvojen je dio Prostornog plan Kantona Sarajevo,[2] koji se odnosi na općinu Hadžići. U ovom Prostornom planu obilježene su plavom bojom zaštitne zone izvorišta vode za piće.



Slika 9. Dio Prostornog plan Kantona Sarajevo, [2] za općinu Hadžići

4.2. Ugroženost izvorišta vode za piće lokalnih vodovoda

Na teritoriji općine Hadžići ima oko 45 lokalnih vodovoda za opskrbu stanovništva vodom za piće. Lokalni vodovodi su građeni vlastitim radom zainteresovanih korisnika, bez predhodno pribavljenog odobrenja za građenje, tako da nisu rješeni imovinsko pravni odnosi za zemljište na kom se gradilo, niti se pribavila upotrebna dozvola. Za lokalne vodovode nisu utvrđene zaštitne zone, nitu su vršena bilo kakva hidro-geološka ispitivanja terena iz kog se ovi izvori pojavljuju, tako da se ne može ni pretpostaviti mogući negativni uticaji ili onečišćenja. Na ovim vodovodima ne postoje ni redovna kontrola fizičko-hemijske i bakteriološke ispravnosti vode za piće, niti se vrši dezinfekcija vode za piće. Lokalni vodovodi nemaju higijenski nadzor i većina ih nema stalno uposlenog radnika na održavanju. Uočen je problem česte mutnoće vode za piće koja se distribuira preko javnih vodovoda, dok je u seoskim vodovodima, ovaj problem još izraženiji.[6]

5. Zaključak

Oko 35 % ili 10.000 stanovnika, općine Hadžići, koristi vodu za piće iz lokalnih vodovoda, bez higijensko-epidemiološke kontrole. Svi ovi vodovodi su gradili mještani, bez predhodno pribavljenog odobrenja za građenje, rješenih imovinsko pravni odnosi i upotrebne dozvole. Lokalni vodovodni sustavi ne zadovoljavaju ni po pitanju kvantiteta ni kvaliteta, što potvrđuju i nedavni rezultati.[10] Do rješenja problema u lokalnim

vodoopskrbnim sustavima doći će se proširivanjem i uvezivanjem vodovodnih sustava. Pored strateških projekata kao što su: uključivanja bunara B–3 i izvorišta Ormanj u vodovodni sustav i proširenja vodovodne mreže iz pravca naselja Ilidža vode se i aktivnosti na spajanju lokalnih izvorišta u jedinstveni sustav. U tom smislu su se vodile aktivnosti na uvezivanju naselja Breza i Musići na vodovodni sustav „Krupa“ Hadžići, a naselja Trzanj na vodovod „Perkovići“ Tarčin i naselja Gornji Zovik na vodovod „Kradenik“ Pazarić, zatim nastavku na izgradnji vodovoda Ušivak, Bjelotine i Matići, vodovodnog sustava Mišević, rekonstrukciji i izgradnji vodovodnog sustava Mehina Luka–Tarčin-Kazina Bara, i rekonstrukciji vodovoda u naseljima Ramići i Grude, kao poboljšanje vodovodnog sustava "Danac" Mišević, kroz Projekat vodoopskrbe vodom naselja Mišević i Gladno polje iz gradskog vodovoda, u sklopu rješavanja vodoopskrbe dijela općine Ilidža, odnosno, naselja Rakovica.[1] Pored pobrojanih aktivnosti neophodno je u dugoročnim planovima uvrstiti kompletno uvezivanje svih zona vodoopskrbe u jedinstvani vodovodni sustav koji bi koristio izvorišta sa potpunim programom zaštite prema Projektu zaštite izvorišta i svim korisnicima obezbjedile dovoljne količine voda za piće.

6. Literatura

[1] Strategija razvoja Općine Hadžići za period 2011. – 2015. godina., preuzeto sa: http://www.hadzici.ba/bs/pdf_dokumenti/STRATEGIJA0.pdf,
[2] Prostorni plan Kantona Sarajevo za period od 2003. do 2023 godine;, Zavod za planiranje razvoja kantona Sarajevo, 2006.,
[3] Uković, Sanjin, dipl. inž. građ., Razvoj infrastrukture i uređenje vodotoka općine Hadžići, *“Voda i mi” broj 55*, Sarajevo, 2007., (rad u časopisu),
[4] Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće «Sl.glasnik BiH», broj 40/10.,
[5] Izvještaj o sanitarno higijenskom stanju objekata vodosnabdijevanja na području Općine Hadžići iz 1997. godine, Gradski zavod za zdravstvenu zaštitu Sarajevo, Služba za zaštitu i unaprjeđenje životne okoline, Sarajevo,
[6] Dnevni avaz, Objavljeno 07.09.2011. u 09:52, Subota, 07. jul 2012., Autor K. P., Zbog nekontrolirane sječe šume u Hadžićima ugrožena izvorišta, preuzeto sa: http://www.dnevniavaz.ba/vijesti/sarajevo/53218-zbog-nekontrolirane-sjece-sume-u-hadzicima.html,
[7] http://bs.wikipedia.org/wiki/Hadžići,
[8] http://www.hadzici.ba/bs/index.php?option=com_content&task=view&id=173&Itemid=2,
[9] Galerija slika sa; http://www.hadzici.net/index.php?option=com_ponygallery&Itemid=115&func=viewcategory&catid=8,
[10] “Projekat zaštite izvorišta na vodovodnim sistemima na teritoriji općine Hadžići”– Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu (2006).

[11] Glavni projekat vodovod Garac-Hadžići “Tehničko rješenje uvođenja novih količina vode u vodovodni sistem Hadžići” urađen od strane “Earth Science Institute Sarajevo», oktobar 2001. Godine.

Uvezivanje lokalnih vodovoda, viših perifernih zona opskrbe, istočnog dijela općine Sanski Most u centralni vodovodni sustav

Linking of local water supply, higher peripheral zone of supply, of the eastern part of Sanski Most in a central water supply system

Em. Trožić[1,*], E. Smajić[2], En.Trožić[3],

[1] Vodovod Sanski Most, BiH
[2]Općina Hadžići, BiH
[3]O.škola Vrholje, Sanski Most, BiH

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

Sažetak

Centralni vodovodni sustav Sanski Most, se opskrbljuje vodom sa izvora Zdena. Iz ovog sustava, voda se transportira preko centralnog vodospremnika od 2500 *m³*, koji se nalazi na 224,50 *mnv*. Transportni cjevovod je izgrađen od: ductyl DCI DN 600 *mm*, PVC DN 200 mm i PE 110 *mm* cijevi. Od središnjeg vodospremnika voda se transportira do pumpne stanice «Delića brdo» na 162,50 *mnv* i dalje preko pumpne stanice Vrhpolje do vodospremnika na 306,50 *mnv*. Ukupna dužina transportnog cjevovoda je 18,0 *km*. Kroz ranije rezultate, će se dati osnovni podaci, o središnjem vodovodnom sustavu. Raspravom i diskusijom će se analizirati potrebe za vodom, viših zona vodoopskrbe. U zaključku će se dati obrazloženje, mogućih opcija, uvezivanja u centralni vodovodni sustav.

Ključne riječi: lokalni vodovod, viša zona, centralni vodovodni sustav.

Abstract

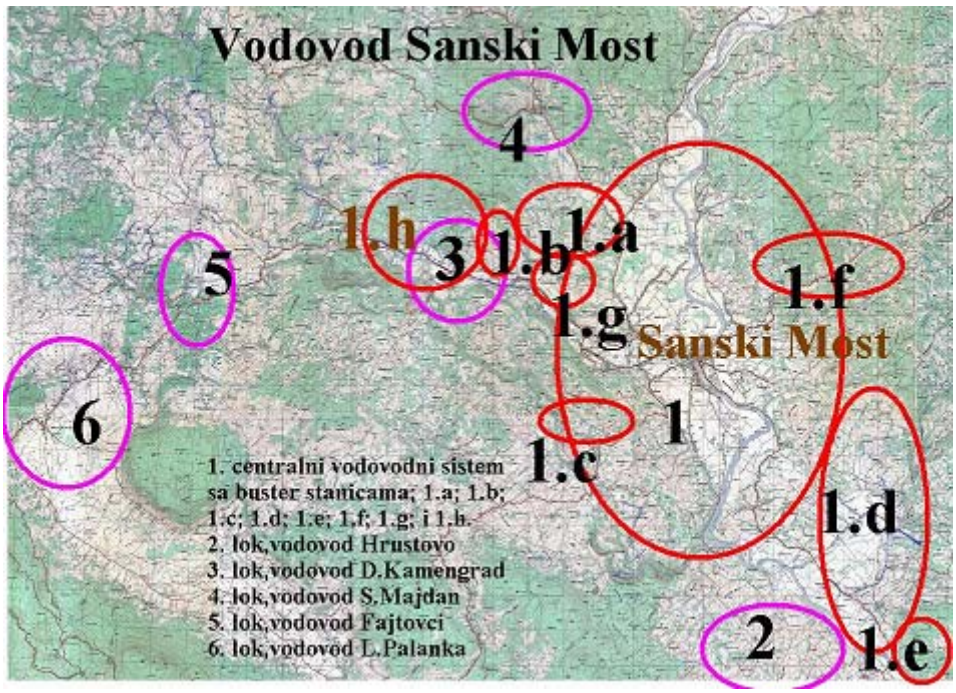
Central water system of Sanski Most is supplied with water from spring Zdena. For this system, water is transported through the central reservoir of 2500 *m³*, which is located at 224.50 *meters* above sea level. Transport pipeline was built of: ductyl DCI DN 600 *mm*, PVC DN 200 *mm,* PE 110 *mm* pipe. From the central reservoir water is transported to the pump station, "Delic hill" at 162.50 *m.a.s*. l and then over the pumping station to the reservoir Vrhpolje to 306.50 *meters above sea level*. The total length of the transmission pipeline is 18 *km*. Following the earlier results will be given basic information for the central water supply system. Through discussions will be analyzed the water demand of higher supply zone. In the conclusion will be given an explanation of possible options to be connected the central water system.

Key words: local waterworks, the higher zone, central water supply system.

1. Uvod

Teritorij općine Sanski Most se nalazi na rubnom dijelu Dinarskog krškog masiva gdje se uočavaju, kako veliki broj površinskih, tako i podzemne vode, koje čine dio jugozapadnog sliva Save i Dunava. Na općini Sanski Most je registrirano preko 700 izvora od kojih je oko pola trajnog karaktera s većom ili manjom oscilacojom količina vode. Različite temperature i kemijski sastav izvorskih voda može biti indikator kod određivanja mogućeg kontakta s drugim vodama i rastopivim stijenama u podzemnom toku prije pojavljivanja kao izvora. Raspored raspoloživih količina pitke vode i razvijenost i potreba pojedinih naselja za vodom nisu u potpunosti usklađeni. S obzirom na preran odabir prvog izvorišta sa ograničenim količinama vode, za opskrbu urbanog dijela naselja vodom za piće, rađena je Studija za iznalaženje 100 *l/s* dodatnih količina vode za piće, koja bi se uključila u sustav.

Na slici 1. nalazi karta općine Sanski Most, s položajem značajnijih zona opskrbe vodom za piće.



Slika 1. Karta općine Sanski Most, sa položajem zona opskrbe vodom za piće, [1]

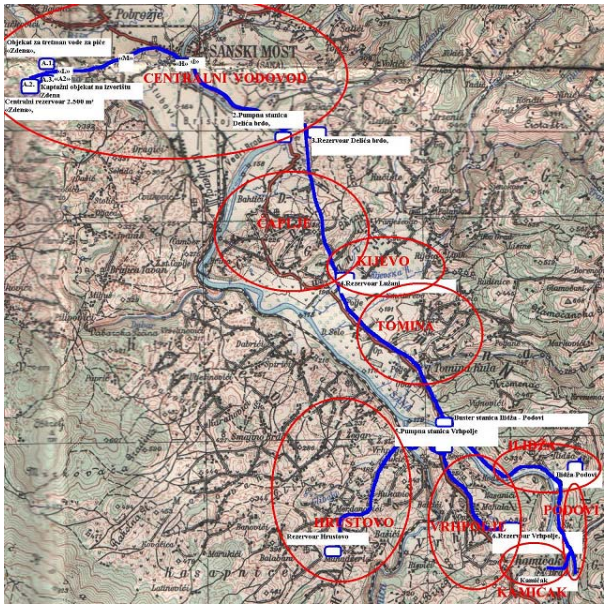
2. Ranije izgrađeni objekti vodoopskrbe

2.1. Centralni vodovodni sustav

Centralni vodovodni sustav se formirao, ranih 60-tih godina prošlog stoljeća, kao potreba tadašnjeg industrijskog kompleksa za preradu drveta od oblovine do finalnog punog namještaja i parketa. Tada su na izvoru Zdena izgrađena dva vodospremnika sa 2x250 *m³*, na obližnjem uzvišenju oko 60 *metara* iznad izvora i pumpna stanica sa, tada,

suvremenim CULLIGAN-ovim zatvorenim filterma, da bi se, kasnije, vodovodna mreža proširivala do gradskog središta. Krajem 80-tih godina se gradi novi vodospremnički prostor zapremine 1x2500 *m³* i započinje izgradnja novog transportnog cjevovoda. Nakon 1996. godine završavaju se centralni dijelovi transportnog cjevovoda i suvremeni objekt za tretman vode za piće kapaciteta (150 +100) *l/s*. Do 2011. godine centralni vodovodni sustav se proširio i na sva prigradska naselja, a intenzivno se vode aktivnosti na proširenju do svih viših perifernih zona općine.

Na slici 2. je dat situacioni pregled transportnog cjevovoda od centralnog izvora Zdena do viših, prifernih naselja na istoku općine Sanski Most.



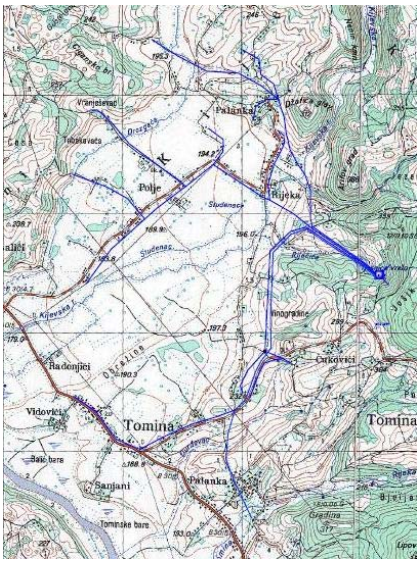
Slika 2. Situacioni pregled transportnog cjevovoda od centralnog izvora Zdena do viših, prifernih naselja općine Sanski Most

2.2. Objekti koji se uključuju u sustav transportnog vodovoda do novih korisnika

S obzirom na realnu potrebu proširenja centralnog vodovoda na više periferne zone teritorije općine, nameće se, nezaobilazna, potreba hidrauličke provjere ranije izgrađenih dijelova centralnog vodovoda koji će se koristiti kao tansportni (tranzitni, napojni,...) za dovod vode do novih viših perifernih zona vodoopskrbe. Ako posmatramo samo jedan ciljani pravac koji treba da obuhvati stanovništvo uzvodno od grada, tada «put vode» vodi iz izvora Zdena, preko objekta za tretman i centralnog vodospremnika od 2500 *m³*, koji se nalazi na 224,50 *m.n.v.*, transportnim cjevovodom od ductyl cijevi promjera od DCI DN 600 *mm,* do PVC DN 200 *mm* ukupne dužine 8300 *metara,* do pumpne stanice «Delića brdo». Od pumpne stanice «Delića brdo» do vodospremnika «DB» od 2x150 *m³*, voda se pumpa jednom pumpom od 5,5 *kW*, kroz cijevi PVC DN 124 *mm* u dužini od 741 *metar*, sa 162,50 *m.n.v.*, na *255,50 m.n.v*. Iz vodospremnika «DB» voda se gravitacijom transportuje do vodospremnika «Lužani» na *229,40 m.n.v.*, zapremine V=250 *m³*, cjevovodom PE 160

mm, i dužine 3750 *metra* i dalje do pumpne stanice «Vrhpolje škola» u dužini od 5,2 *km*, cjevovodom PE 225 *mm.*

Na slici 3. nalazi se karta do sadašnjeg lokalnog vodovodnog sustava izvorišta Tiješnica u općine Sanski Most sa kog su se opskrbljavala naselja: Čaplje, Kijevo, Tomina a u posljednje vrijeme i Vrhpolje..



Slika 3. Karta do sadašnjeg lokalnog vodovodnog sustava izvorišta Tiješnica u općine Sanski Most., [5]

Od PS «Vrhpolje škola» do vodospremnika «Vrhpolje» voda se diže pumpom od 11 *kW*, od 190,00 *m.n.v*., na 306,50 *m.n.v*., u dužini 2500 *metara*, cjevovodom PE 110 *m/m*. Vodospremnik «Vrhpolje» je namjenski građen za vodoopskrbu naselja Vrholje i nalazi se iznad ovog naselja. Zapremina vodospremnika ne prelazi 100 m^3. Ukupna dužina transporta vode od VS «Zdena» do PS»Vrhpolje» je 18 *km*.

3. Podaci o potrebama za vodom za piće naselja koja su koristila lokalne izvore

Prema podacima koji se mogu preuzeti iz obračunskih kartica kupaca, u donjim tabelama su dati neki pokazatelji trenutnih količina potrošene vode u naseljima Vrhpolje i Hrustovo. Pored dole prikazane stvarne, izmjerene, potrošnji za Vrhpolje i Hrustovo, treba uzeti u obzir planski razvoj ovih naselja, uključujući, poljoprivredu, gospodarstvo i protupožarnu zaštitu. Isto tako u hidrauličkom računu treba obuhvatiti sveukupnu potrebu buduće opskrbe vodom za piće svih naselja koja gravitiraju ovom transportnom cjevovodu: Čaplje, Kijevo, Tominu, Ilidža, Podovi, Hrustovo, i Vrhpolje (već priključeno) i Kamičak (alternativno - kao korisnik na ovom sustavu , koji administrativno pripada općini Ključ).

Tablica 1. Podaci o dosadašnjim evidentiranim potrebama za vodom naselja Vrhpolje:

	godina	I i II mjes	III i IV mj	VII i VII mj
1	2011	4780	6573	10109
2	2010	4716	5672	9171
3	2009	5386	5656	9049
4	(1+2+3)/3 god /2 mj	2480 *m³/mj*	2984 *m³/mj*	4722 *m³/mj*
5	Dnevno prosjek	82,67 *m³/mj*	99,47 *m³/mj*	157 *m³/mj*
6	Satni prosjek za oko 432 domać	3,44 *m³/mj*	4,14 *m³/mj*	6,56 *m³/mj*
7	Satni prosjek po domaćinstvu	0,008 *m³/mj*	0,01 *m³/mj*	0,015 *m³/mj*

Tablica 2. Podaci o dosadašnjim evidentiranim potrebama za vodom naselja Hrustovo:

	godina	I i II mjes	III i IV mj	VII i VII mj
1	2011	3427		7661
2	2010	3140		7945
3	2009	2031	4392	8099
4	(1+2+3)/3 god /2 mj	1433 *m³/mj*	2196 *m³/mj*	3950,83 *m³/mj*
5	Dnevno prosjek	59,71 *m³/mj*	73,20 *m³/mj*	131,69 *m³/mj*
6	Satni prosjek za oko 371 domać	2,49 *m³/mj*	3,05 *m³/mj*	5,49 *m³/mj*
7	Satni prosjek po domaćinstvu	0,007 *m³/mj*	0,008 *m³/mj*	0,015 *m³/mj*

3.1. Objekti na dijelu vodovodnog sustava od izvora Zdena do pumpne stanice Vrhpolje, koji se uključuju u transportnu mrežu.

A. Objekti na centralnom vodovodnom sustavu koji će se koristiti na pravcu izvorište Zdena - Vrhpolje, a ranije su bili uključeni u monitoring:

A.1. Objekat za tretman vode za piće «Zdena»,

A.2. Centralni vodospremnik 2.500 *m³* «Zdena»,

A.3. Kaptažni objekat na izvorištu Zdena,

A.4. Strateški mjerači protoka «L», «M», na predmetnom cjevovodu od sveukupnih 4. mjerača,

A.5. Zonski mjerači protoka: «A2», «I» i «H» na predmetnom cjevovodu od sveukupnih 12. komada za 8 zona.

Na slici 4. su prikazani položaji trenutnog stanje zonskih mjerača protoka, vodovoda Sanski Most na pravcu izvorište Zdena - Vrhpolje.

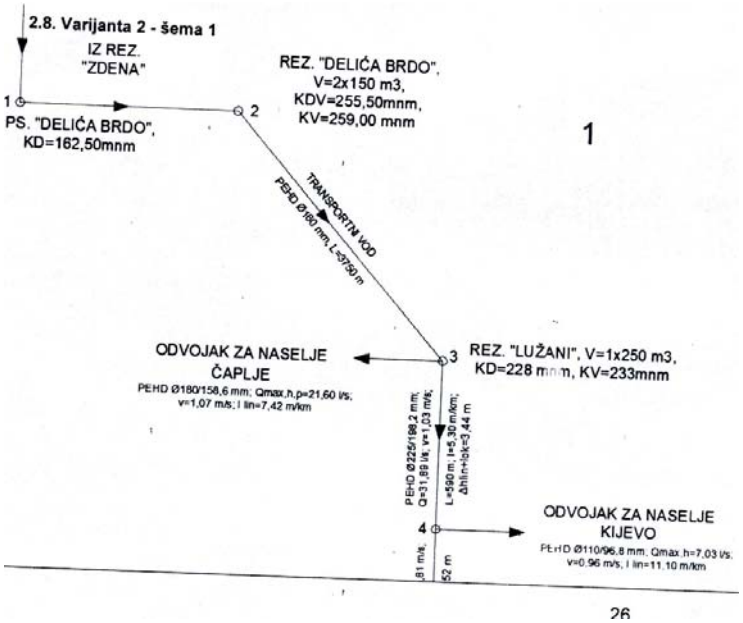
Slika 4. Vodovod Sanski Most, trenutno stanje zona mjerenja i mjerača

B) terenske jedinice centralnog vodovodnog sustava, koje ranije nisu bile obuhvaćene monitoringom, jer su posjedovale samo uklopno isklopnu elektroniku sa sondama davača signala nivoa vode radi automatskog rada pumpnih agregata:

2. Pumpna stanica Delića brdo,
3. Vodospremnik Delića brdo,
4. Vodospremnik Lužani
5. Pumpna stanica Vrhpolje,
6. Vodospremnik Vrhpolje,
7. Buster stanica Ilidža – Podovi,
C.5. Pumpna stanica Hrustovo,
C.6. Vodospremnik Hrustovo

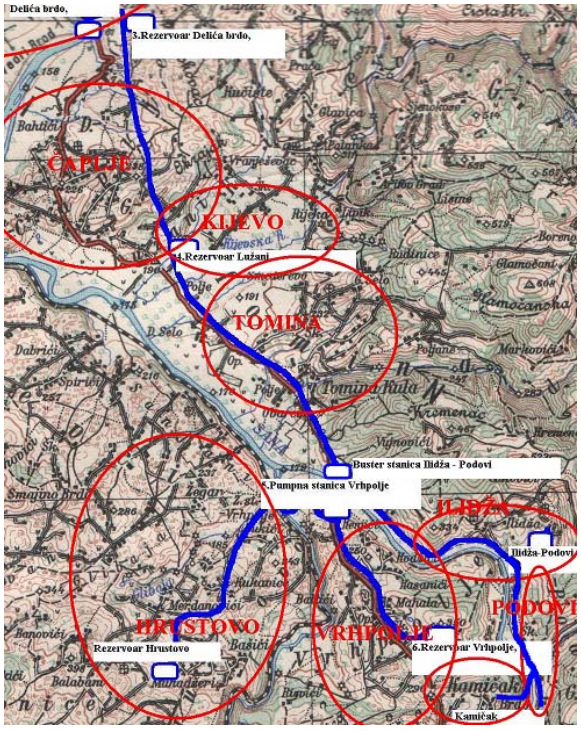
Na slici 5. je prikazana shema trase vodovoda sa objektima i osnovnim parametrima na dionici PS «Delića brdo» - vodospremnik «Lužani». Ono što karakteriše ovu dionicu je dio cjevovoda od vodospremnika «Delića brdo» do vodospremnika «Lužani» gdje je ranije ugrađena PEHD cijev promjera DN 160 *mm*, iz koje se opskrbljuje vodospremnik «Lužani», dok iz vodospremnika «Lužani» izlaze dvije vodovodne cijevi i to PEHD cijev promjera DN 180 *mm* za naselje Čaplje i PEHD cijev promjera DN 225 *mm* za sva ostala naselja. Dakle zbir poprečnih presjeka izlaznih cijevi je 3,24 puta veći od poprečnog presjeka ulazne cijevi. Ova neusklađenost se neće osjetiti kod manjih potreba za vodom, međutim kod većih potreba za vodom i pored povećane brzine tečenja kroz ovu cijev u jednom momentu se može očekivati neravnomjernost u raspodjeli količina vode kod potrošača viših i nižih zona vodoopskrbe. Treba izvršiti hidrauličku i financijsku kontrolu

isplativosti izgradnje još jedne vodne komore od 250 m^3 vodospremnika Lužani i zamjene dijela transportnog cjevovoda od vodospremnika „Delića brdo do vodospremnika Lužani.



Slika 5. Shema trase vodovoda sa objektima i osnovnim parametrima na dionici PS «Delića brdo» - vodospremnik «Lužani», [3]

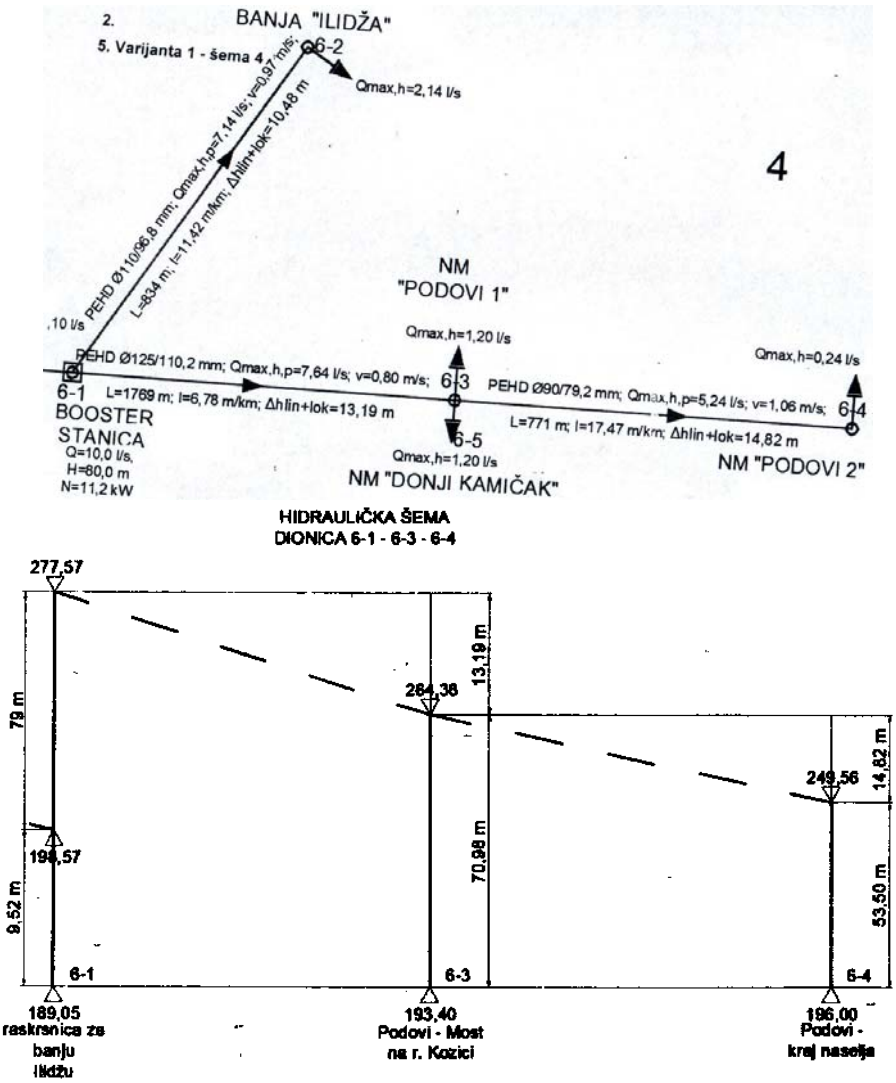
Na slici 6. je prikazana situacija sa zonama vodoopskrbe koji se uključuju u centralni vodovodni sustav Sanski Most, a ranije su se opskrbljivali vodom za piće iz lokalnih izvora.



Slika 6. Situacioni prikaz zona vodoopskrbe koji se uključuju u centralni vodovodni sustav

Priključenje naselja Ilidža i Podovi, je predviđen prije mosta na rijeci Sani sa PEHD DN 225 *mm*, sa cjevovodom dužine 3384 *metara* od PEHD DN 160 *mm* , do Buster stanice na križanju za banju Ilidžu, u pravcu banje Ilidže, za novih 834 *metra,* PEHD DN 110 *mm*, a u pravcu Podova do rijeke Kozice za novih 1769 *metra,* PEHD DN 125 *mm*, a od rijeke Kozice do kraja trase, 771 *metar,* PEHD DN 90 *mm*. Priključak za naselje Kamičak je predviđen kod mosta na rijeci Kozici, za trasu koja bi išla preko rijeke Sane sa Qmax/h=1,20 *l/s*. [3]

Na slici 7 prikazan je dio vodovoda od Buster stanice do banje Ilidža, Podova i Kamička. Planirana Buster stanica bi bila karakteristka: Q=10,0 *l/s*, H=80,0 *m´* i N=11,2 *kW*. [3]

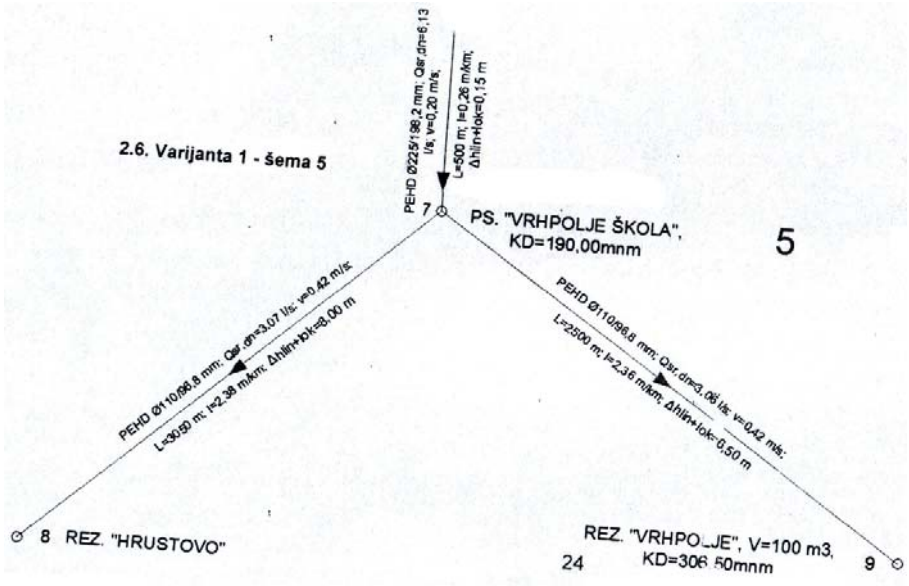


Slika 7. Shematski prikaz vodovoda od Buster stanice do banje Ilidža, Podova i Kamička,[3]

Kod hidrauličkog proračuna za planski period 25 godina i godišnju stopu prirasta n=1% , specifična potrošnja vode po stanovniku na dan q_{sp}=150 *l/st/dan* smatra se da je u skladu

sa standardima o racionalnom korištenju vodnih resursa. Specifična potrošnja u ugostiteljkim objektima je za hotele q_{sp}=100 *l/st/dan*, restorane q_{sp}=50 *l/st/dan*, banjsko turistički kompleksi q_{sp}=75 *l/st/dan*. Kod poljoprivrednih objekata: po grlu krupne stoke q_{sp}=60 *l/g/dan* i dva grla krupne stoke po kućanstvu na kraju planskog razdoblja. Koeficijenti dnevne k_d=1,8 i satne k_h=2,2 neravnomjernosti su prema standardima za seoska naselja. Linijski gubici kod tečenja u PEHD cijevima izračunavaju se prema Darcy – Weisbach formuli, i proračun koeficijenta trenja λ (lambda) i koeficijentu apsolutne hrapavosti k=0,1. Požarno opterećenje je $q_{pož}$=5 *l/s*, uzet kao jedan istovremeni požar u trajanju od jednog sata, prema standardima za naselja ispod 5000 stanovnika.[3]

Na slici 8. prikazana je shema vodovoda od PS «Vrhpolje» do vodospremnika Vrhpolje i vodospremnika Hrustovo.



Slika 8. Shematski prikaz vodovoda od PS «Vrhpolje» do vodospremnika Vrhpolje i vodospremnika Hrustovo,[3]

Kako od PS «Vrhpolje» su različiti pravci prema rezervoarima Vrhpolje i Hrustovo, potrebno je u pumpnoj stanici izvesti pumpne agregate tako da mogu kontinuirano opskrbljavati vodom ove vodospremnike iz jednog zajedničkog dovoda.

5. Zaključak

Zbog neravnomjernosti u dostupnosti vodom za piće za periferna naselja općine Sanski Most, pristupilo se cjelovitom rješavanju vodoopskrbe cijelog prostora općine sa centralnog vodovodnog sustava. Naselja koja se nalaze istočno od urbanog središta i na višim kotama od izvorišta i objekata centralnog vodovoda obrađeni su kao pilot projekt. Ovim rješenjem se svim potrošačima ovog dijela općine jamči ravnomjernu opskrbu vodom za piće čija fizičko kemijska i bakteriološka ispravosti se redovito i planski kontrolira

i koja zadovoljava Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće.[4] Kroz raspravu i diskusiju su analizirane moguće opcije uvezivanja potrošača viših perifernih zona u jedinstveni vodovodni sustav. Na slikama 7. i 8. su prikazana predložena rješenja usvojene varijante 1. Prema usvojenom rješenju priključenje naselja Ilidža i Podovi, je predviđen prije mosta, na desnoj obali rijeke Sane, do Buster stanice, na križanju za banju Ilidžu i naselja Podovi i Donji Kamičak, dok od PS „Vrhpolje“, s drugu stranu mosta na lijevoj obali rijeke Sane, voda se transportuje do vodospremnika Vrhpolje i vodospremnika Hrustovo. U cilju kontinuiranog monitoringa ova trasa transportnog vodovoda, sa svim primarnim objektima: čvorištima, pumpnim stanicama i spremnicima, bit će opremljena perifernim stanicama s digitalnim davačima signala proticaja i tlaka, i umrežena preko GSM / GPRS modema u centralnu stanicu u dispečerskom centru, jedinstvenog vodoopskrbog sustava. U planovima razvoja, kao krajnji cilj, je predviđeno uvezivanje i svih drugih lokalni vodoopskrbni sustava u centralni sustav.

6. Literatura

[1] Trožić, Emir; Trožić, Enver. Umrežavanje strateških mjerača protoka u centralni softver vodovoda Sanski Most, Osijek, 2011., (rad u zborniku),
[2] Trožić, Enver; Trožić, Emir. Provjera brtvenja spojeva cjevovoda primjenom plina, Osijek, 2011., (rad u zborniku)
[3] IPSA institut, Idejni projekat vodosnabdjevanja naselja Ilidža i Podovi u općini Sanski Most, Sarajevo, 2011.,
[4] Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće «Sl.glasnik BiH», broj 40/10.,
[5] ELABORAT o stanju lokalnih vodovodnih sistema na području općine Sanski Most sa prijedlogom mjera unapređenja, Općina Sanski Most, Tim za implementaciju projekta, Udruženje za zaštitu i unapreñenje čovjekove okoline ''Una-Sana'' Bihać, www.sliv-una.org.ba, Mart 2010.,
[6] Projekat Zaštite izvorišta vode za piće Zdena općina Sanski Most, Šifra projekta: D–926, Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta, Sarajevo, Juni 2003. – Juni 2004.,
[7] “Hidrogeološki katastar općine Sanski Most” Geološki zavod, Zagreb 1987.,

Izbor načina zagrijavanja, ekonomičnost i zaštita okoliša kod postupaka oblikovanja metala deformiranjem

The choice of heating process, cost effectivness and environment protection in metal forming processes

B. Grizelj[1,*], J. Cumin, V. Branimir[2], I. Seuček[3], N. Šoškić[4]

[1]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska, [2]Veleučilište u Slavonskom Brodu, [3]Fakultet strojarstva I brodogradnje - FSB Zagreb, [4]Građevinski fakultet, Mostar, Bosna I Hercegovina

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

Sažetak

Pri izradi metalnih proizvoda često je potrebno početni materijal zagrijati prije samog procesa oblikovanja deformiranjem. Zagrijavanje može biti izgaranjem goriva (C_nH_m), odnosno plina te električno. Postoje razni tipovi primjene ovih energenata i izvedbe peći za zagrijavanje. Pri tome najsigurnijima za okoliš su se pokazali električna energija i plin.

Zagrijavanjem materijala prije postupaka oblikovanja deformiranjem se metalnom materijalu mijenjaju mehanička svojstva čime se smanjuje potrebna energija za oblikovanje proizvoda. Također za zagrijavanje velikih komada nužan je veliki unos toplinske energije, a ovisno o korištenom energentu i izvedbi peći za zagrijavanje cilj je da taj utrošak energije bude što manji.

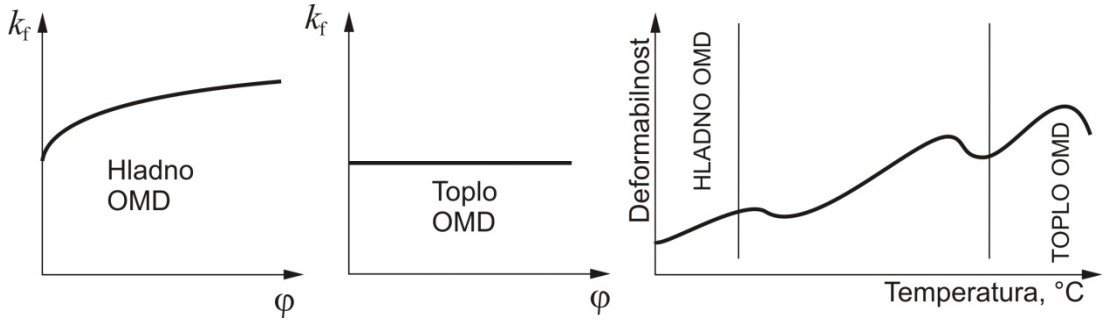
Abstract

In the production of metallic products it is often necessary to heat-up material before the process of forming. Heating can be done by burning fuels (C_nH_m), by burning gas or by using electrical power. There are various types of application of this energents, and various types of furnaces which uses this energy sources. The most ecologically friendly of the above mentioned are natural gas and electric power. By heating the metal material before metal forming process, the material mechanical properties are changing by which necessary production forming energy or force is reduced. Also for the heating of large materials (products), a large amount of energy needed for heating is necessary depending on the type of the furnace and type of emergent used

Ključne riječi: oblikovanje deformiranjem, zagrijavanje, prirodni plin

1. Uvod

Pri proizvodnji proizvoda gdje se koriste tehnologije oblikovanja metala deformiranjem često je potrebno koristiti peći za zagrijavanje predmeta. Zagrijavanjem obrađivani metalni materijal mijenja svoja svojstva na način da se zagrijavanjem smanjuje naprezanje potrebno za preoblikovanje predmeta k_f, (MPa) pri čemu je automatski potreban manji deformacijski rad, odnosno manja sila. Operacije oblikovanja metala deformiranjem se mogu podijeliti u dvije skupine s obzirom na temperaturu preoblikovanja i to su hladno preoblikovanje koje se vrši na temperaturi ispod temperature rekristalizacije materijala i toplo oblikovanje koje se vrši na temperaturi iznad temperature rekristalizacije materijala [1].



Slika 1. Prikaz svojstava materijala za hladno i toplo OMD [1]

Slika 1. Prikazuje svojstva materijala pri hladnoj obradi pri čemu dolazi od pojave očvršćenja materijala s povećanjem stupnja deformiranja materijala (φ – stvarna, prirodna ili logaritamska deformacija). Za razliku od hladne obrade pri obradi u toplom stanju materijal ima konstantno naprezanje plastičnog tečenja k_f , neovisno o stupnju deformacije i to je slučaj kod super-plastičnih materijala. Također je prikazan i dijagram deformabilnosti ovisno o temperaturi. Deformabilnost je sposobnost da materijal trajno mijenja svoj oblik određenom tehnologijom. Sa slike je vidljivo da je deformabilnost materijala veća što je veća temperatura obrade. [1]

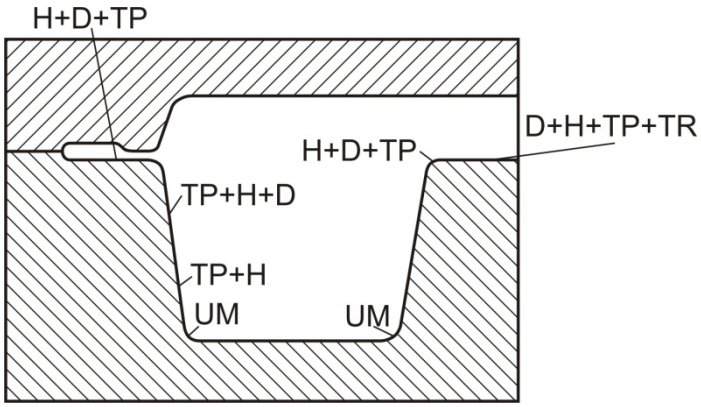
Kako je iznos potrebnog rada deformacije odnosno sile oblikovanja direktno vezan za naprezanje tečenja materijala jasno je vidljivo da je ovisno o zagrijavanju materijala izbor stroja za oblikovanje baziran na potrebnom radu deformacije odnosno sili oblikovanja.

Optimalni izbor stroja za oblikovanje bi trebao biti baziran na izboru stroja sa najvećom učinkovitosti. Kako je iznos elastičnog povrata ovisan o iznosu sile kalibracije kako je pokazano, potrebno je koristiti hidraulične preše koje mogu proizvesti potrebnu silu u potrebnom vremenu kako bi se dobio zadovoljavajući proizvod. Kako je pokazano, sila kalibriranja može biti i do nekoliko puta veća od sile savijanja ploče.

2. Zagrijavanje

Kako bi materijal zagrijali na potrebnu temperaturu oblikovanja potrebno je unijeti dosta energije u vidu topline. Kao primjer, za hladno sabijanje čeličnog valjka promjera d_0 = 50 mm i h_0 = 65 mm (≈ 1kg) na h_1 = 20 mm potrebno je $6{,}3 \cdot 10^3$ Nm (J) rada unijeti za deformiranje.

Za sabijanje istog cilindra ali u toplom stanju gdje je zagrijan na 1473°C potrebno je $6{,}3 \cdot 10^2$ Nm rada deformacije, i otprilike $8{,}5 \cdot 10^5$ Nm za zagrijavanje na temperature oblikovanja sa učinkovitosti prijelaza topline u peći od 25%.
Tako za ovaj određeni primjer je potrebno 135 puta više energije za oblikovanje u toplom stanju nego što je slučaj za oblikovanje u hladnom stanju.
Ponekad je za izradu proizvoda manje mase postupcima oblikovanja deformiranjem povoljno koristiti obradu u hladnom stanju zbog velikih ušteda u energiji potrebnoj za zagrijavanje. S druge strane, potrebna je veća sila oblikovanja i alat ima kraći radni vijek.
Za oblikovanje deformiranjem uz prethodno zagrijavanje je potrebno uložiti manje energije za samo oblikovanje ali također alat mora biti predgrijan na tipično 200-250°C kako bi toplinska naprezanja u materijalu alata bila što manja. Ako je predmet zagrijan na 1473°C kao u primjeru iznad, tada je jasno vidljivo da postoji velika temperaturna razlika alata zagrijanog na npr. 250°C i sirovca, koja uzrokuje toplinske pukotine u materijalu.
Također pri povišenim temperaturama dolazi do neizbježnog naljepljivanja zagrijanog sirovca na površinu alata, dolazi do lokalnog mikrozavarivanja i kidanja materijala čime se postupno oštećuje alat. Pri izradi alata za oblikovanje deformiranjem, sve površine koje trebaju biti u doticaju sa sirovcem/izrađivanim predmetom trebaju biti visoke točnosti dimenzija i polirane tako da imaju što manje neravnina na kojima može doći do mikrozavarivanja [2]. Slika 2. prikazuje oštećenja koja se pojavljuju u radu alata.



Slika 2. Oštećenja koja nastaju u radu alata. D – deformacija površine smicanjem, H – abrazijsko-adhezijsko trošenje, TP – toplinske pukotine TR – toplinsko razaranje, UM – trošenje zbog umora materijala [2]

Najčešće je za izradu segmenata kuglastih spremnika koji služe sa skladištenje nafte i naftnih derivata korištena tehnologija oblikovanja metala deformiranjem u toplom stanju. Oblikovanje se vrši u toplom stanju zbog relativno velikih dimenzija ploča. Također tehnologija oblikovanja deformiranjem u toplom stanju se koristi kod izrade debelostjenih podnica parnog kotla pri čemu je potrebno materijal zagrijati kako bi sila za oblikovanje bila prihvatljiva. Slika 2 prikazuje izradu segmenta kuglastog spremnika iz okrugle ploče pomoću operacije savijanja i to u toplom stanju.

Zbog pojave elastičnog povrata u nekim slučajevima je nemoguće izraditi predmet kao na slici 2., već je potrebno imati alat iz dva dijela pri čemu nakon operacije (slobodnog) savijanja slijedi operacija kalibriranja na način da se predmet pritisne između donjeg i gornjeg alata silom savijanja povećanom za faktor *k* kako bi se smanjio iznos elastičnog povrata nakon vađenja predmeta iz alata [3].

Slika 3. Izrada segmenta kuglastog spremnika u toplom stanju.

Za zagrijavanje se najčešće koriste derivati fosilnih goriva koji imaju općenitu kemijsku formulu C_mH_n. Gorenjem se stvaraju određeni plinovi koji mogu nepoželjno utjecati na svojstva zagrijavanog materijala [4,5].

$$C_mH_n \Rightarrow CO+CO_2+H_2O+O_2+N_2+SO_2$$

Ovisno o uvjetima unutar peći za zagrijavanje moguće je da se plinovi nastali izgaranjem kombiniraju u nove plinove [4,5].

$$S+O_2 \Rightarrow SO_2\ ,H_2O + SO_2 \Rightarrow H_2SO_4$$

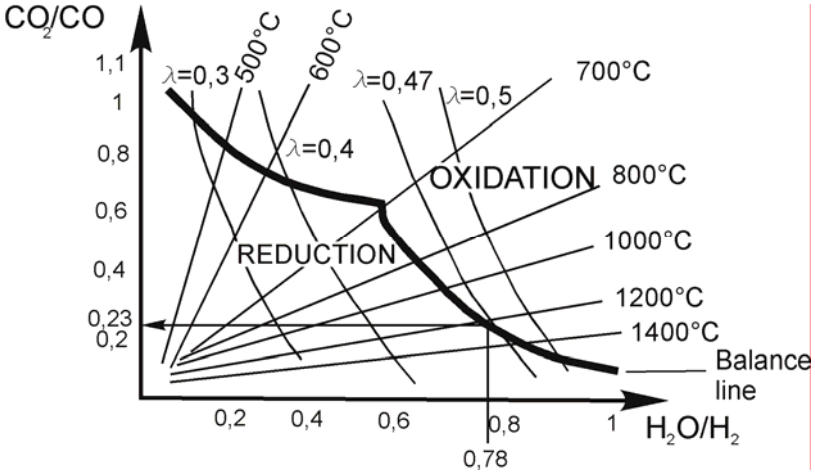
Na povišenim temperaturama ovi nastali plinovi mogu izazvati kemijske reakcije sa zaostalim tekućinama kao što su ulja, masti, sredstva za odmašćivanje, ostaci boje itd. Pri zagrijavanju potrebno je obratiti pažnju da atmosfera u peći bude kontrolirana na način da se umanje odnosno uklone reakcije između 3 glavna kemijska elementa. Kontroliranjem kisika se eliminira oksidacija, kontroliranjem ugljika se kontrolira razugljičenje površine materijala, te kontroliranjem dušika da se spriječi pojava taloženja dušika u površinskim slojevima.

Atmosfere peći se sastoje iz dva dijela – aktivnog i neutralnog dijela.

Uloga neutralnog dijela atmosfere peći je da pročisti prostor za zagrijavanje, "odgura" kisik ili druge nepoželjne plinove, da zadrži određeni veći tlak unutar prostora peći, te da nosi aktivne plinove.

Uloga aktivnog dijela atmosfere peći je da tvori redukcijske/oksidacijske uvjete ili neutralnu zonu između ova dva slučaja [5].

Kako bi se osigurali da je atmosfera peći optimalna, potrebno je pratiti dijagram stanja atmosfere u peći koji osigurava proizvođač peći za zagrijavanje.



Slika 4. Dijagram stanja atmosfere peći

Sa Slike 4. vidljivo je da za određenu temperaturu peći i pretičak zraka λ postoji linija koja odvaja područje gdje se pojavljuje oksidacija, a gdje redukcija i ta linija je linija neutralne atmosfere. Sa slike je vidljivo da za temperaturu zagrijavanja 1200°C i pretičak zraka λ=0,47, postoje omjeri H_2O/H_2 i CO_2/CO koje je potrebno kontrolirati.

Poznato je da u prisutnosti kisika čelik oksidira, te da je ova tendencija izraženija na većim temperaturama. Kisik može u određenim uvjetima ukloniti ugljik iz površine materijala. Tehnolog koji propisuje zagrijavanje materijala prije obrade deformiranjem mora paziti na dijagram stanja peći jer može doći do kemijske reakcije stvaranje vodene pare
$CO_2+H_2 \leftrightarrow CO + H_2O$ [4,5].
CO_2 oksidira željezo/čelik na visokim temperaturama, te da bi se ovo spriječilo potrebno je imati višak CO u atmosferi peći [4,5]. CO je karburizirajući medij i veći udio CO je povoljan kod površinske toplinske obrade materijala.

3. Zaključak

Kod izrade proizvoda postupcima oblikovanje deformiranjem u većini slučajeva postupak izrade je potrebno provoditi u toplom stanju. Zagrijavanjem materijala mijenjaju se mehanička svojstva i materijal postaje pogodniji za plastičnu deformaciju. Utrošak energije potreban za zagrijavanje izratka na radnu temperaturu može biti i stotinu puta veći od utroška energije potrebne za oblikovanje materijala u hladnom stanju.
Ponekad, zbog visokih mehaničkih svojstava materijala (čvrstoća i veliko naprezanje tečenja), te zbog kompliciranog oblika proizvoda je neizbježno materijale zagrijavati.
Pri zagrijavanju jako je bitno paziti na dijagram atmosfere peći kako ne bi došlo do oksidacije/redukcije na zagrijavanom materijalu jer bi se time degradirala svojstva materijala a time i samog proizvoda. Pri izradi proizvoda operacijama kovanja, oksidirani površinski slojevi mogu doći u unutrašnjost proizvoda i biti inicijatori pukotina, što se može izbjeći pravilnom upotrebom peći i zborom odgovarajuće atmosfere peći.

4. Literatura

1. Grizelj, Branko. Oblikovanje lima deformiranjem. Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2009. (pp 9-22.)
2. Grizelj, Branko. Oblikovanje metala deformiranjem. Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2002. (pp 69-76.)
3. Grizelj, Branko. Oblikovanje metala deformiranjem. Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2002. (pp 272-281.)
4. Karabelchtchikova, Olga. Fundamentals of mass transfer in gas carburising, Dissertation. Worcester Polytechnic Institute, Worcester, USA. (pp 1-30)
5. Anderson, Rolf; Holm, Thorsten; Mahlo, Thomas; Wiberg Sören. Furnace atmospheres for tube annealing. Linde AG Gas. Höllriegelskreuth, Germany. url: www.linde-gas.com (5.7.2012).

GIS u funkciji lociranja CO_2 emisija u potrošnji prirodnog plina na području Slavonije i Baranje

GIS in function detection of CO_2 emissions in the consumption of natural gas on the Slavonija and Baranja territory

D. Mesarić* , M. Ivanović

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

*Autor za korespodenciju. E-mail: d2mesaric@etfos,hr

Sažetak

U radu se ukazuje na mogućnosti korištenja GIS tehnologije kao programske podrške u aktivnostima jačanja energetske učinkovitosti na regionalnoj razini te mogućnosti primjene GIS-a u infrastrukturnim djelatnostima (distribucija plina, vode i topline) s naglaskom na korištenju programa otvorenog koda. Korištenjem GIS programa otvorenog koda analizira se potrošnja energije i posebno prirodnog plina na području slavonsko-baranjske regije prema osnovnim sektorima potrošnje (industrija, kućanstva, javne zgrade), izračunavaju se, te zatim lociraju emisije CO_2 prema mjestima nastajanja. U zaključku se ukazuje na: osnovne rezultate analize, potrebu uvođenja EU standarda u prikupljanju i pripremi baze prostornih podataka, te predlaže izgradnja regionalne baze prostornih podataka za područje energetike.

Abstract

The paper analyses the possibility of using GIS technology as program support in activities concerning the strengthening of energy efficiency at the regional level and the possibility of application of GIS in infrastructural activities (distribution of gas, water and heating) with a focus on using open source software. Using GIS open source software for analyzing energy and natural gas consumption especially in the area of Slavonia and Baranja by main sectors (industry, households, public buildings), calculating CO_2 emissions and locating emission points. In conclusion, it emphasizes the principal results of these analysis, a need for the introduction of EU standards in the collection and preparation of spatial databases and it proposes the establishment of regional spatial databases for the energetics sector.

Ključne riječi: emisije CO_2, industrija, kućanstva, javne zgrade, prirodni plin,

Keywords: CO_2 emission, industries, households, public buildings, natural gas,

1. Uvodne napomene

Uvođenje GIS tehnologije u istraživanju procesa u okruženju kao i prezentacija dobivenih podataka ima sve veću važnost u suvremenom poslovanju, jer komunikacije i informacije upotrebom novih tehnologija značajno poboljšavaju profitabilnost poslovanja povećanjem operativne učinkovitosti i smanjivanjem troškova.

Ovim se radom ukazuje na mogućnosti korištenja GIS tehnologije kao programske podrške u aktivnostima jačanja energetske učinkovitosti na regionalnoj razini te mogućnosti primjene GIS-a u infrastrukturnim djelatnostima (distribucija plina, vode i topline).

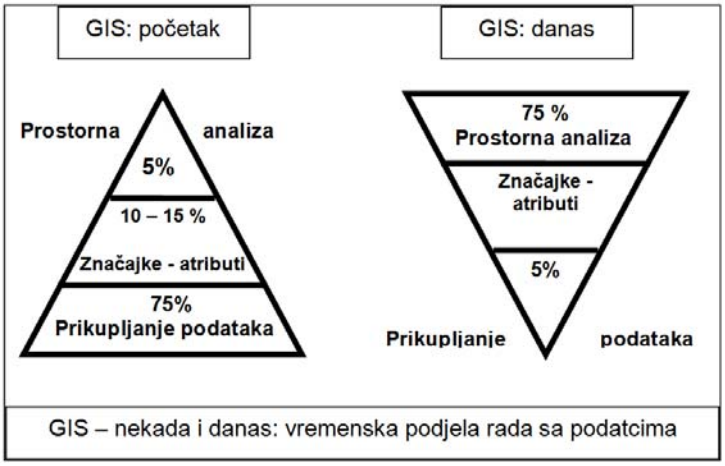
Osnovna ideja opisane primjene GIS-a počela se razvijati koncem osamdesetih godina prošlog stoljeća u računskom centru ERC - IPK Osijek [1]. Tada je započela primjena korištenja podataka nastalih u realnom vremenu, neovisno o njihovim atributima. Jednaki pristup je bio i za sve druge poslovne podatke nastale u nekom vremenu i prostoru. Radilo se na uvođenju relacijskih baza podataka koje su, tada po prvi puta, bile dovoljno snažne za „on line“ pristup podatcima u realnom vremenu.

Cijelo područje IPK Osijek je bilo umreženo u jedinstveni informacijsko komunikacijski sustav koji je u to vrijeme bio primjer primjene vrlo napredne tehnologije [2].

2. Geografski Informacijski Sustav i 'Otvoreni kod'

Tijekom razvoja informacijskih sustava i potrebe za obradom sve većih količina podataka, mijenjale su se i definicije podrške geo-pozicioniranim podatcima, gdje se spremanje i analiza prostornih podataka obavlja unutar kompleksnog sustava nazvanog Geografski Informacijski Sustav (GIS).
Jedna od definicija za GIS programska rješenja navodi kako je „*GIS je snažan skup alata za prikupljanje, spremanje i ponovno proizvoljno pozivanje, pretvaranje i prikazivanje prostornih podataka iz realnog svijeta za točno određenu svrhu“*.
Druga definicija koju spominje isti izvor govori o „provjeri, manipulaciji i analizi podataka, koji su prostorno povezani u odnosu na Zemlju“ [3].

U početnim primjenama GIS-a, najveći dio aktivnosti je bio usmjeren na prikupljanje i stvaranje baze podataka; danas kada su podatci prikupljeni i geo-pozicionirani, proces je u obrnutom odnosu: manje je vremena potrebno za prikupljanje podataka, a najveći dio aktivnosti je usmjeren na analizu prostornih podataka. (sl.1)



Slika 1- GIS: od podataka do analize

2.1. Otvoreni kod

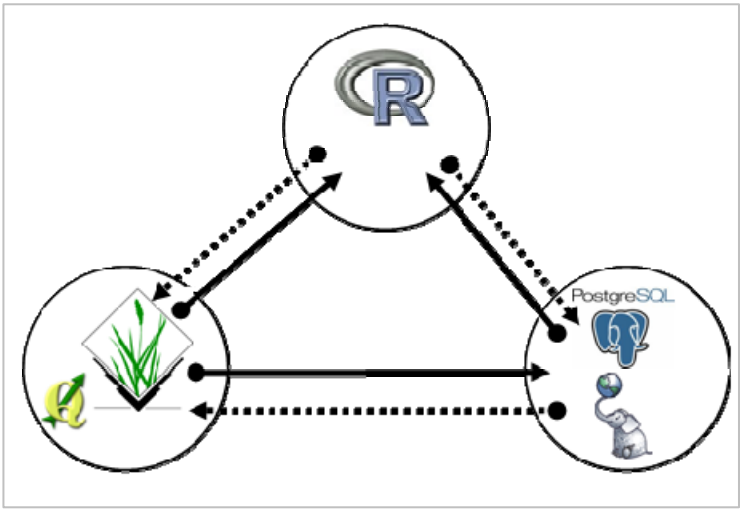
Tehnologije otvorenog koda (eng. open source) koriste već godinama vlade i vladine ustanove, poduzeća i javne ustanove u nizu zemalja za različite 'desktop' i web GIS aplikacije. Važan temelj za postizanje toga cilja je bio i razvoj intuitivnih i interoperabilnih sustava, te GIS infrastrukture koja omogućuje pouzdano i učinkovito upravljanje, analizu i vizualizaciju prostornih podataka.

Obzirom da je korištenje komercijalnih GIS programa izrazito skupo, makar prihvatili i obrazloženje kako komercijalni programi „imaju stalnu i stručnu korisničku podršku“, suočeni smo s činjenicom kako već početak korištenja takovih programskih rješenja zahtijeva velika financijska sredstva. Stoga je uputno krenuti sa programskim rješenjima temeljenih na principima „otvorenog koda“ koja su besplatna ali, unatoč tome, vrlo učinkovita. Time nismo zakinuti u potrebnim znanjima jer se i vlasnici komercijalnih proizvoda uključuju u „*open source zajednicu*“ nudeći jednostavnije i besplatne verzije svojih aplikacija. Jedini mogući nedostatak je ne postojanje službene podrške koja, obzirom na stalnu povezanost korisnika i razvojnih timova, vrlo često i nije potrebna, posebno u akademskom okruženju. Ovakvim pristupom su razvijeni programi koji su često ravnopravni komercijalnim rješenjima, a pri tome su zadržali svoju otvorenost i dostupnost u svakom pogledu.

2.2 Grass, QGIS i R

GRASS je cjelovit GIS program otvorenog koda, izvorno razvijen u američkoj vojsci kao Geografski sustav za analitičku podršku - *Construction Engineering Research Laboratories* (CERL, 1982–1995), a potom prepušten širokom krugu korisnika na slobodno korištenje i daljnji razvoj [4]. Danas je GRASS vrlo opsežan, kompleksan, ali i vrlo učinkovit sustav. Postavljen je kao skup odvojenih programskih jedinica – modula, izgrađenih na principu korištenju zajedničkih biblioteka funkcija jezgre. Dakle, nema GRASS cjelovitog „programa“ već samo skup „skripti“ koje postavljaju varijable potrebne raznim

komponentama programa za GRASS komunikaciju s ostalim OSGeo aplikacijama, tako da je GRASS funkcionalnost, uključujući i R sučelje, dostupna u Quantum GIS-u, kao desktop aplikaciji [5]. (sl.2)



Slika 2 GIS – open source koncept

GRASS koristi koncept "radnog područja" ili "prozora", dajući pogled na unaprijed određeni pravokutni dio prostora koji ima određene prostorne karakteristike, a uvođenjem rasterskih podataka i prostornu „razlučivost“. Podatci u GRASS bazi podataka mogu biti unutar većeg ili manjeg omeđenog područja, te mogu imati i različitu slikovnu rezoluciju. Takova područja se po potrebi mogu postupkom ponovnog uzorkovanja pripremiti za jednoznačnu analizu cijelog promatranog područja, odnosno promatrana područja moraju biti međusobno kompatibilna. Ovi trenutni prozori moraju moći odrediti način učitavanja rasterskih podataka kroz njihovu transformaciju i pripremu za daljnju obradu.

R predstavlja integrirano programsko okruženje za upravljanje podatcima, njihov izračun te grafički prikaz [7]. To je jednostavan i učinkovit programski jezik (zapravo programsko okruženje), koji ima vrlo veliku, integriranu zbirku programskih alata za analizu podataka, uz moćne grafičke mogućnosti za analizu podataka i njihovo prikazivanje na ekranu ili na nekom drugom mediju. R je okruženje u kojem su povezane klasične i moderne statističke tehnike. Neke od njih su ugrađene u samu osnovu R jezgre, ali mnoge se i dodaju kao „paketi“. Zbog svojih snažnih paketa za analizu i vizualizaciju podataka, R se pojavljuje kao odličan izbor i u području analize prostornih podataka. Za neke projekte prostorne analize već se korištenje samog R okruženja pokazalo potpuno dovoljnim. U mnogim zahtjevnijim slučajevima R će se koristiti u kombinaciji s GIS programom naslonjenim na neku bazu prostornih podataka.

2.3. Prostorni podatci i prostorna baza podataka

Iz osnova statistike slijedi da su prostorni podatci neovisni i podjednako raspoređeni (eng. IID - independent and identically distributed), tako da se dobiveni zaključci temelje na ovim pretpostavkama. Prostorni podatci sadrže informacije o atributima koje promatramo te njihov prostorni položaj. Potrebno je pristupiti što realnijem modeliranju podataka vodeći računa o tome kako su podatci prostorno ovisni. Štoviše, ovisnost može biti prisutna u svim smjerovima tako da odnosi između podataka mogu biti vrlo složeni. Tipična pretpostavka modeliranja je da su udaljeniji podatci manje međuovisni od onih bliskih.

Prostorni podatci imaju svoju prostornu referencu: oni imaju vrijednosti koordinata te definiran referentni sustav prema tim koordinatama. Obično se navode poznate koordinate točaka odnosno vrijednosti dužina/širina u decimalnim stupnjevima u odnosu prema definiranoj početnoj točki. Za prikaz Zemlje pri prostornoj analizi se često koristi Svjetski geodetski sustav (WGS84).

Prostorna baza podataka je ona baza podataka koja definira posebne vrste podataka za geometrijske objekte i time omogućuje pohranu geometrijskih podataka, obično geografske naravi, u tablice unutar „obične“ baze podataka. Uz to ona pruža posebne funkcije i indekse pri postavljanju upita i manipuliranja podatcima korištenjem SQL jezika (Structured Query Language). Prostorna baza podataka često se koristi samo kao spremište za pohranu prostornih podataka, ali je sposobna učiniti i puno više od toga. Većina poznatih prostornih baza su relacijske iako sama baza prostornih podataka ne mora po svojoj prirodi biti relacijska. Prostorna baza podataka daje alate za rukovanje podatcima i alate za analizu. Prostorne baze podataka općenito rade s različitim tipovima podataka kao što su: linije, poligoni i točke. Vizualno prikazivanje podataka, iako najefikasnije nije i njezin jedini cilj.

Analiza prostornih podataka se vrši preko „prostornih upita“. Prostorni upit koristi geometrijske funkcije kojima baza „odgovara“ na pitanja o prostoru i objektima u tom prostoru. Prostorna baza podataka, kao što je na primjer PostGIS (naslonjena na „običnu“ bazu PostgreSQL), dodaje svoje posebne funkcije na standardni SQL jezik, koje rade s geometrijskim objektima unutar osnovne baze podataka [6]. Na primjeru datuma vidljivo je kako vremenske funkcije pokazuju koliko je minuta/sati/dana/tjedna/godina proteklo između dva datuma, te da li je promatrani datum u budućnosti ili u prošlosti. Za sofisticiranije baze podataka, kao što je PostgreSQL, moguće je uz definirane datume i vremenske intervale, pronaći mjesta preklapanja funkcija – ukoliko se dva promatrana vremenska razdoblja preklapaju. Slijedi kako se upitima na prostorne baze mogu pronaći sva ona potrebna rješenja koja se GIS programima lako vizualiziraju.

Osim što mogu odgovoriti na pitanja o korištenju prostora, prostorne funkcije omogućuju lako stvaranje novih i izmjene postojećih prostornih podataka/objekata. Ovaj dio prostorne analize često se naziva geometrijskom ili prostornom obradom.

3. GIS analiza potrošnja energije na području slavonske regije

Kao demonstracija korištenja GIS tehnologije otvorenog koda, temeljem raspoloživih podataka, načinjena je:

a) analiza potrošnja energije na području slavonsko-baranjske regije i to:

(1) potrošnje tekućih i plinovitih goriva i električne energije na području Osječko-baranjske županije (OBŽ) po gradovima i općinama za osnovne sektore potrošnje (zgradarstvo, promet i javna rasvjeta) i

(2) potrošnje prirodnog plina na području pet županija slavonsko-baranjske regije za osnovne sektore potrošnje (industrija, poljoprivreda, kućanstva, usluge i toplane - kotlovnice).

b) temeljem utvrđene potrošnje, proračun i lociranje emisije CO_2 na području slavonsko-baranjske regije. Za emisiju ugljičnog dioksida (CO_2) načinjen je izračun prema Pravilniku o energetskim pregledima građevina [8]. U Pravilniku su određeni emisijski faktori po jedinici pojedinih oblika energije; primjenom tih faktora na potrošnju pojedinih oblika energije utrošenih na području regije načinjeni su izračuni emisije CO_2 po pojedinim sektorima neposredne potrošnje energije. [1]

3.1. Prikupljanje podataka i izgradnja baze prostornih podataka

Nažalost – prikupljanje podataka o potrošnji energije za razine ispod nacionalnog nivoa je najteži dio svake analize potrošnje energije u Hrvatskoj jer sustav prikupljanja podataka nije uređen. Slijedom rečenog bilo je potrebno izgraditi kakvu-takvu početnu bazu podataka. Za područje OBŽ korišteni su podatci iz studije grupe autora „Energetska učinkovitost na području OBŽ“ [9], a za potrošnju prirodnog plina na području slavonsko-baranjske regije korišteni su podatci Hrvatske stručne udruge za plin [10].

3.2. Postupak korištenja i analiza podataka u GIS-u otvorenog koda

Nakon prikupljanja podataka slijede postupci:

a) Kreira se Geobaza; podatci se (iz postojećih excel ili nekih drugih tablica) prenose u PostgreSQL bazu određujući vrstu svakog podatka i pridružujući mu točnu geografsku lokaciju. Ovo je najteži dio posla jer izvorno dostupni podatci nisu geokodirani.

b) Iz Geobaze se podatci učitavaju preko modula napisanih u Python-u, skriptnom jeziku i priređuju za prikaz u programu za vizualizaciju - QGIS; svaki podatak je sada geopozicioniran tj. vezan za mjesto i vrijeme nastanka pojave svojom geografskom dužinom i širinom. Ovim pristupom, podatci su u ispravnom obliku spremni za

[1] Izračun nije komaparabilan s izvješćima „Energija u Hrvatskoj - godišnji energetski pregled, (Ministarstvo gospodarstva RH, Zagreb); u tom izvješću izračun je po sektorima u kojem nema kategorije zgradarstvo: U OBŽ izračunu, nema sektora energetike i industrije, ali su uračunate emisije iz korištenja el. energije i CTS-a – što je samo dio emisija iz sektora energetskih transformacija.

vizualizaciju. Bitno je napomenuti kako svaki podatak iz Geobaze ima i svoju vremensku komponentu.

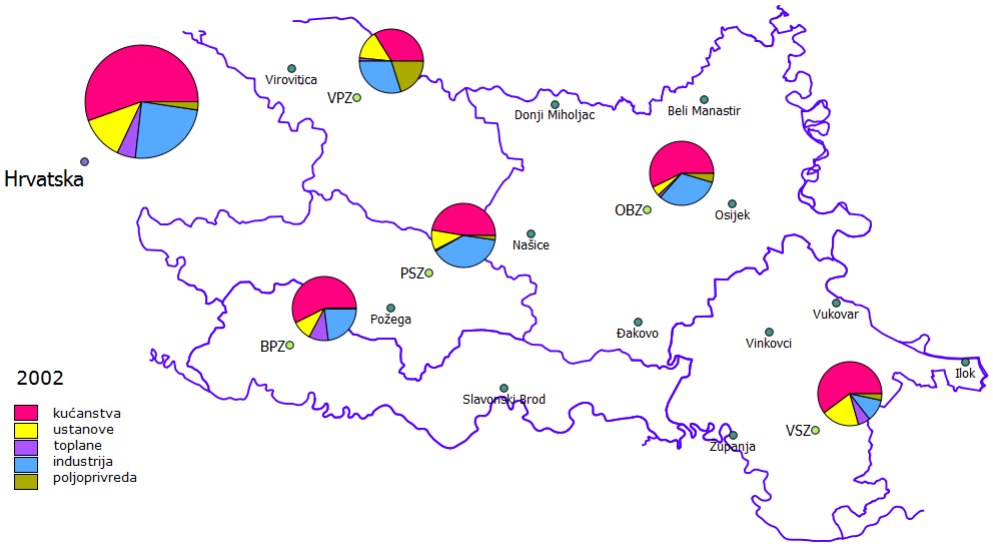
c) Upiti prema geoprostornoj bazi su postavljenu u SQL jeziku čime je omogućen odabir - filtracija podataka za vizualizaciju.

d) Vizualizaciji, tako dobivenih prostornih podataka, se mora pažljivo i studiozno pristupiti kako bi odabir načina grafičkog prikaza bio adekvatan željenom prikazu. Mora se moći nedvosmisleno prikazati traženi prostorni raspored podataka. Pri tome se preporučuje ćelijska podjela površina za prikaz podataka koje obrađujemo (kao na slici 7), kako bi se lakše pristupilo svakoj slijedećoj točki, odnosno analizi prostornih podataka vezanih uz tako definiranu ćelijsku podjelu. Svaka analiza ćelija na nekom prostoru objedinjuje susjedne, statistički slične veličine podataka tako da, uz već ranije navedenu pretpostavku kako su udaljeniji podatci manje međuovisni od onih bliskih, dolazimo do vrlo realnih prostornih veličina podataka (slika 6).

e) Analizom tako vizualno prikazanih prostornih podataka, uz dobro odabranu metodu prikaza, dolazimo do prikladnog pregleda prikaza traženih veličina ovisnih o prostornim zakonitostima.

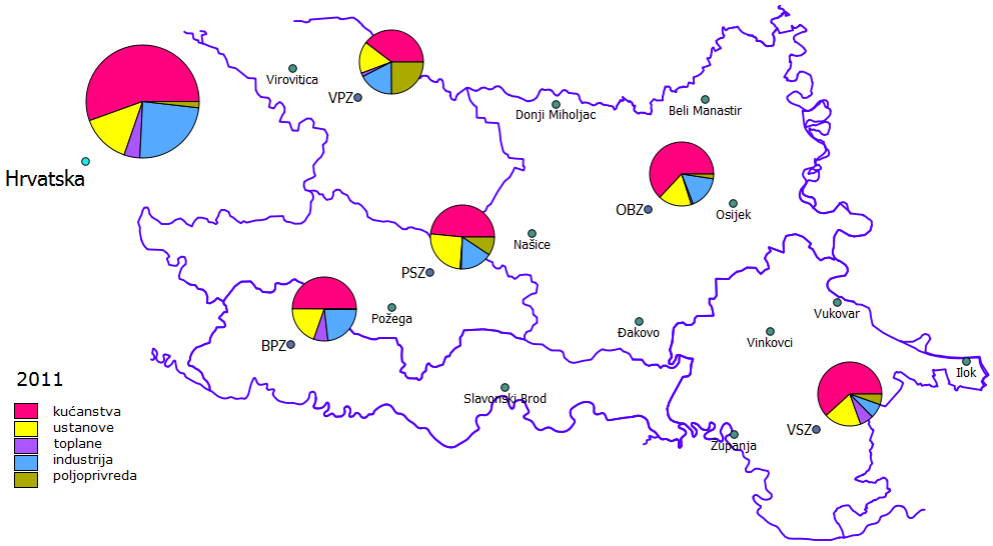
3.3. GIS analiza potrošnje prirodnog plina na području Slavonije

Na slikama 3 i 4 prikazana je struktura potrošnje prirodnog plina na području pet županija slavonsko-baranjske regije za 2002. i 2011. godinu – po osnovnim sektorima potrošnje – te zastupljenost regije u potrošnji Republike Hrvatske. Na slici 5 prikazuje se izračun emisije CO_2 prouzročene potrošnjom prirodnog plina na području slavonsko-baranjske regije u 2002. i 2011. godini.

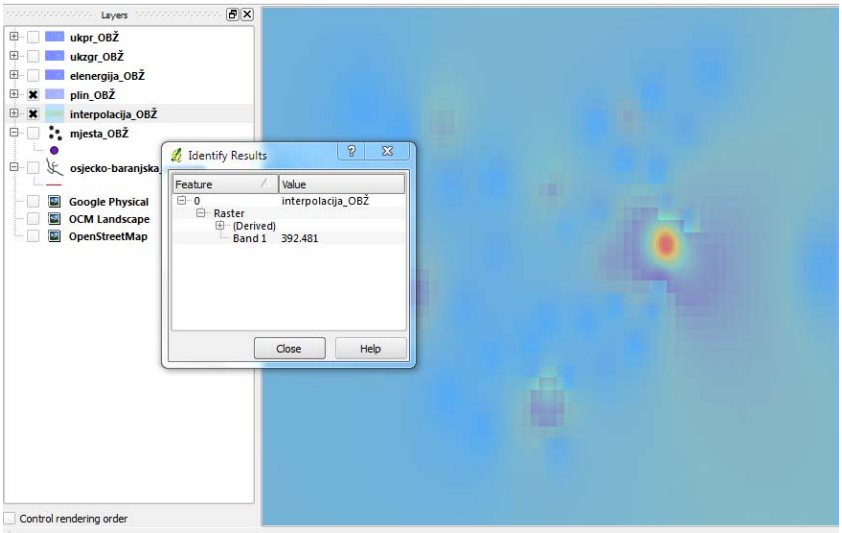


Slika 3
Struktura potrošnje prirodnog plina na području slavonsko-baranjske regije u 2002. godini – po županijama i osnovnim sektorima potrošnje

Kako izvorni podatci o potrošnji prirodnog plina nisu dostupni za pojedina naselja (gradove i sela) – tako se i GIS prikaz ovih podataka odnosi samo na područja cijelih županija. Za usporedbu je dan i struktura potrošnje za RH.



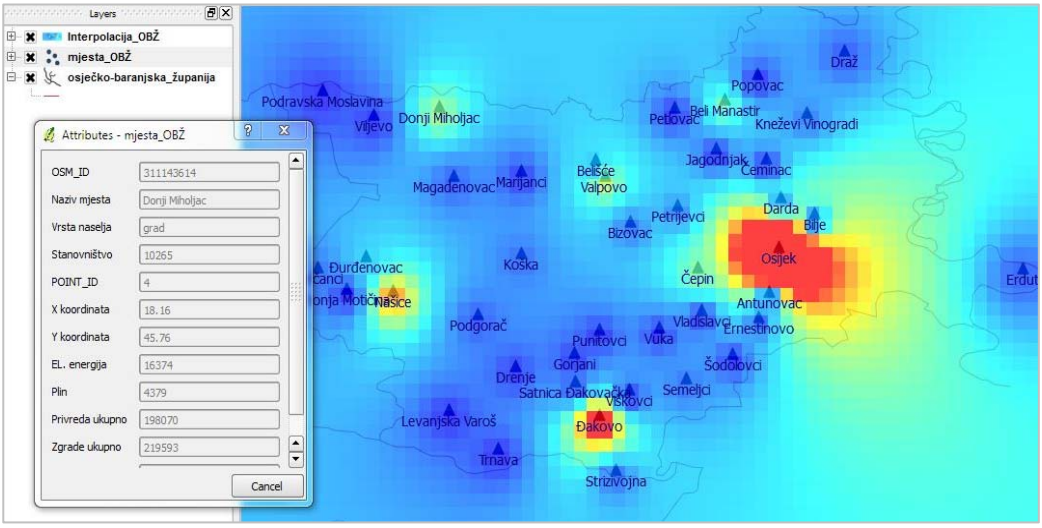
Slika 4
Struktura potrošnje prirodnog plina na području slavonsko-baranjske regije u 2011. godini – po županijama i osnovnim sektorima potrošnje –



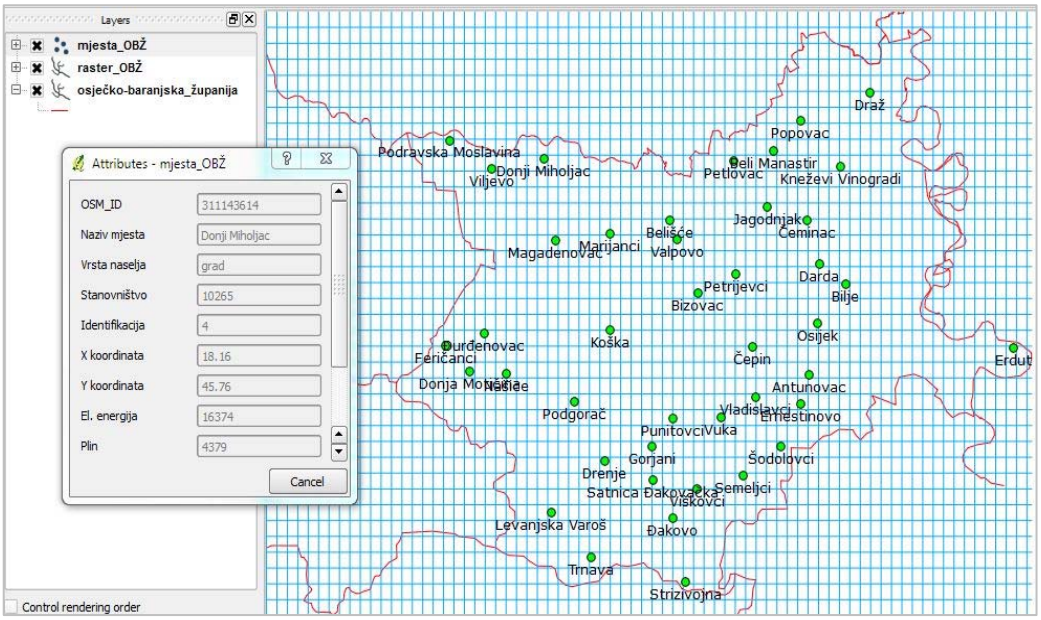
Slika 5
Emisije CO_2 prouzročene potrošnjom prirodnog plina na području slavonsko-baranjske regije u 2002. i 2011. godini – po županijama i osnovnim sektorima potrošnje

3.4. GIS analiza potrošnje energije na području Osječko-baranjske županije

Na slici 6 prikazana je potrošnja fosilnih goriva i električne energije u zgradarstvu, prometu i javnoj rasvjeti na području Osječko-baranjske županije u 2010. godini, a na slici 7 prikazan je primjer površinskog rastera prikupljanja podataka s ilustracijom korištenja prozora podataka za svaki grad – općinu, preko kojega je moguć izbor metoda analize po pojedinim oblicima energije.



Slika 6
Potrošnja fosilnih goriva i električne energije u zgradarstvu, prometu i javnoj rasvjeti na području Osječko-baranjske županije u 2010. godini



Slika 7
Primjer površinskog rastera prikupljanja podataka

Predlaže se površinski raster prikupljanja podataka prema slici 7, čija jedinična površina tek treba biti određena, sukladno mogućnostima prikupljanja podataka. Danas dostupni podatci su vezani uz pojmove: grad, općina, županija, a radi točne prostorne evidencije bi trebali izvori podataka biti vezani uz zemljopisno mjesto nastanka pojave koju podatak opisuje. Sve ovo je sa svrhom što realnijeg prikaza emisije CO_2.

Na priloženim digitalnim mapama je, prema dostupnim podatcima, prikazana potrošnja energije prema prostorno definiranim podatcima, a to su sumarno - općine i gradovi (bez distribucije po naseljima) u Osječko-baranjskoj županiji.

Osim navedenog, potrebno je točnije definirati izvore u prostoru (prema vrsti i količinama fosilnih goriva, te prema potrošnji (elektrane, toplane, industrijska postrojenja: cementare, šećerane, ...). Točkasti izvori su uvijek pridruženi jednoj rasterskoj ćeliji tako da se u slučaju velike koncentracije točkastih izvora, unutar jedne ćelije, može napraviti i finija podjela - ćelijski raster za to područje.

Ne smiju se u analizi izostaviti niti linijski izvori emisija, ceste, željeznice, vodeni putevi i zračni koridori, koji značajno doprinose emisijama CO_2, a koji su ovom prilikom (zbog nedostupnih podataka) svi prikazani unutar točkastih izvora pripadajuće općine - grada.

Potrebno je uvesti promatranje i evidenciju emisija površinskih izvora (velikih industrijskih postrojenja, obrađene poljoprivredne površine, gradski promet) kako bi se upotpunila slika ukupne emisije u promatranom prostoru obzirom da svi ovi navedeni izvoru nisu zanemarivi prema količinama CO_2 koje šalju u okoliš. [11] [12]

Uz sve ove podatke, poželjno je (i moguće) uključiti praćenje meteoroloških podataka (kretanja zračnih struja), koji će dati dodatnu dimenziju širenja, odnosno zadržavanja, koncentracije CO_2 unutar promatranog prostora.

4. Zaključna razmatranja

Korištenje komercijalnih GIS programa je izrazito skupo i već početno korištenja takovih programskih rješenja zahtijeva velika financijska sredstva. Stoga je uputno koristiti programska rješenja temeljenih na principima „otvorenog koda“ koja su besplatna ali, unatoč tome, vrlo učinkovita.

Tehnologije otvorenog koda koriste se već godinama u vladinim institucijama, poduzećima i javnim ustanovama u nizu zemalja za razne 'desktop' i web GIS aplikacije, jer omogućuju pouzdano i učinkovito upravljanje, potrebnu analizu i vizualizaciju prostornih podataka.

Ovim je radom – na konkretnom primjeru potrošnje prirodnog plina - prikazano korištenje GIS tehnologije otvorenog koda - kao programske podrške u aktivnostima jačanja energetske učinkovitosti na regionalnoj razini te mogućnosti primjene GIS-a u ostalim infrastrukturnim djelatnostima (distribucija plina, vode i topline).

U realizaciji ovog istraživanja pokazalo se da je prikupljanje prostornih podataka najveći problem; budući da podatci o potrošnji prirodnog plina i drugih oblika energije još nisu dostupni za pojedina naselja. GIS prikaz i analiza ovih podataka odnosi se samo na područja cijelih županija, odnosno gradova i općina. Time je ukazano na presudnu važnost pripreme prostornih podataka za bilo koju buduću analizu energetske učinkovitosti.

U rješavanje ovog pitanja trebaju se udružiti stručni potencijali lokalnih distributera energenata, lokalnih zajednica i znanstvenih timova. Elektrotehnički fakultet Osijek ima osposobljen stručni tim koji bi mogao realizirati kompletnu GIS podlogu – u otvorenom kodu – za lokalne i regionalne potrebe, kako u analizama energetske učinkovitosti tako i u praćenju izgradnje i održavanja infrastrukturnih mreža u distribuciji plina, topline i vode. Na ovaj način izgradila bi se regionalna baza prostornih podataka – sukladna EU preporukama i standardima [13] [14] - koja bi koristila svim navedenim subjektima.

5. Literatura

[1] Kavgić, P. ; Mesarić, D. : "Agroindustrijski kompleks kao korisnik telematičkih servisa", Zbornik referatov YUTEL 90, I. dio, pp. SE/2 1-4, Ljubljana, 1990. **(rad u zborniku)**

[2] Mesarić, D.: Integralni informatički inženjering IPK Osijek, "PRIKAZ MREŽE IQUATRO", KOM 1990, Zbornik referata, Opatija 1990. **(rad u zborniku)**

[3] Burroughs, P.P. & McDonnel, R.A.: Principles of GIS, Oxford University Press, 1998 **(knjiga)**

[4] Open Source GIS: A GRASS GIS Approach, Third Edition, Markus Neteler, Helena Mitasova; Springer, New York, 2008, ISBN: 978-0-387-35767-6 **(knjiga)**

[5] Quantum GIS, User Guide; Version 1.7.0 'Wroclaw' **(knjiga)**

[6] PostGIS in Action, Regina O. Obe Leo S. Hsu: Manning Publications, 2011 **(knjiga)**

[7] Philipp K. Janert: Data Analysis with Open Source Tools, O'Reilly Media 2011 **(knjiga)**

[8] * * * Pravilnik o energetskim pregledima građevina, Narodne novine br. 5, 2011. **(legislativni akt)**

[9] Ivanović, M.: Glavaš, H.; Blažević, D.: Program učinkovitog korištenja energije u neposrednoj potrošnji na području OBŽ za razdoblje 2011. - 2013. godine; Osječko-baranjska županija, Osijek, 2011.g. **(studija)**

[10] Hrvatska stručna udruga za plin: Plinsko gospodarstvo Hrvatske - godišnja izvješća za 2002. i 2011. godinu (www.hsup.hr) (**statistički podatci)**

[11] Kh.V. Hamal; Carbon Dioxide Emissions Inventory with GIS, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, 2008 **(studija)**

[12] Dr Rajat Gupta ECEEE 2007 Summer Study: A review of initiatives to reduce energy-related CO_2 emissions from the city of Oxford: Past, Present and Future, 4-9 June 2007, La Colle sur Loup, France **(studija)**

[13] The Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR): „TRENDS IN GLOBAL CO2 EMISSIONS 2012" http://edgar.jrc.ec.europa.eu/index.php **(studija)**

[14] Emission performance standards: Bloomberg New Energy Finance 2011. **(studija)**

Utjecaj kakvoće biomase na učinkovitost ekonomajzera dimnih plinova parnog kotla
The Influence of Biomass Quality on the Efficiency of Flue Gas Economizers for Steam Boilers

A. Čikić*

Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar, Hrvatska

*Autor za korespodenciju. e-mail: acikic@vtsbj.hr

Sažetak

Nehomogeni sastav i kakvoća te varijabilni udjel vlage u pripremljenoj biomasi utječu na proces izgaranja i promjenljiv toplinski učinak parnog kotla. Prikazana je segmentna konstrukcija ekonomajzera za maksimalno iskorištavanje topline dimnih plinova i povećanje ukupne energetske učinkovitosti. Na temelju kontinuirano mjerenih termotehničkih i aerodinamičkih parametara dimnih plinova analizirane su promjene toplinskog učinka ekonomajzera tijekom rada visokotlačnog parnog kotla. Istaknuta je neposredna povezanost kontinuirano mjerenih vrijednosti komponenata dimnih plinova sa kakvoćom biomase. Sugerirane su mogućnosti poboljšanja toplinskog učinka kotla kod praktično promjenjive kakvoće biomase.

Ključne riječi: biomasa, parni kotao, toplinski učinak, ekonomajzer, dimni plinovi.

Abstract

Inhomogeneous composition and quality as well as variable moisture content in the prepared biomass affect the combustion process and the variable heat efficiency of a steam boiler. This article presents the segment construction of an economizer aimed at the maximum utilization of flue gas heat and the increase of total energy efficiency. Based on continuously measured thermotechnical and aerodynamical flue gas parameters, heat efficiency variations of the economizer during the operation of a high-pressure steam boiler were analyzed. The analysis highlights the direct connection between continuously measured component values of flue gases and the biomass quality. Suggestions were made regarding improvement possibilities of the boiler's heat efficiency with the biomass quality being practically variable.

Key words: biomass, steam boiler, heat efficiency, economizer, flue gases.

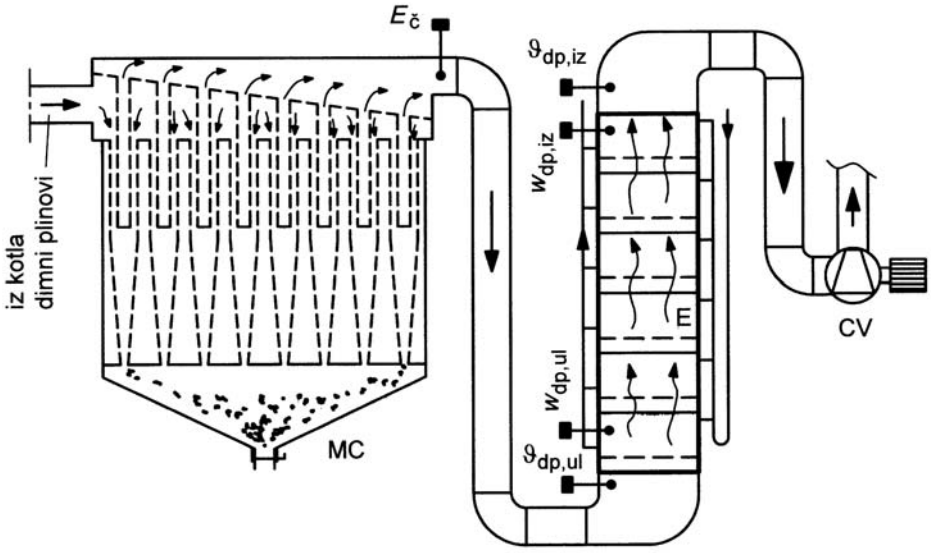
1. Uvod

U postrojenjima za samostalno izgaranje biomase najčešće se primjenjuju ložišta s izgaranjem na rešetki. Pri tome se omogućava izgaranje sječke, piljevine, usitnjenog drvnog i sličnog selekcioniranog otpada, često nehomogenog sastava, kakvoće i visoke vlažnosti, ponekad i visokog udjela pepela (kora drva, slama žitarica i trava,…). Učinkovito izgaranje podrazumijeva jednoliku distribuciju biomase po cijeloj površini rešetke i ravnomjerno upuhivanje primarnog zraka ispod rešetke. Kliznom regulacijom osigurava se potrebna količina primarnog zraka u zonama sušenja, rasplinjavanja i izgaranja biomase. Time se postiže stabilan proces izgaranja i kod manjeg toplinskog učina kotla [1, 2].

Reguliranom promjenom količine sekundarnog zraka osigurava se optimalno izgaranje zapaljivih plinova nastalih rasplinjavanjem, a podešavanjem omjera količine primarnog i sekundarnog zraka treba težiti potpunom izgaranju goriva s maksimalnom učinkovitosti [3]. Zbog niza promjenjivih pogonskih parametara (vrsta, granulacija, vlažnost i kakvoća biomase, taloženje čvrstih čestica na stijenkama izmjene topline i pročišćavanja dimnih plinova, oscilacija pretička zraka u pojedinim zonama ložišta,…) mijenja se izlazna temperatura (često je veća od predviđene), brzina i čistoća izlaznih dimnih plinova uz oscilaciju stupnja učinkovitosti postrojenja.

2. Objekt i pokusni uređaj

Na primjeru visokotlačnog parnog kotla (p = 16 bar) s pogonom na biomasu (kosa rešetka) toplinskog učinka do 15 MW prikazana je segmentna konstrukcija ekonomajzera za iskorištavanje topline dimnih plinova i povećanje ukupne energetske učinkovitosti postrojenja. Ekonomajzer za grijanje tople vode maksimalne temperature 90 °C ugrađen je u vertikalni kanal između multiciklona i transportnog ventilatora pročišćenih dimnih plinova (slika 1.)



E – ekonomajzer, MC – multiciklon, CV – centrifugalni ventilator

Slika 1. Ekonomajzer (ugradnja, mjerna mjesta)

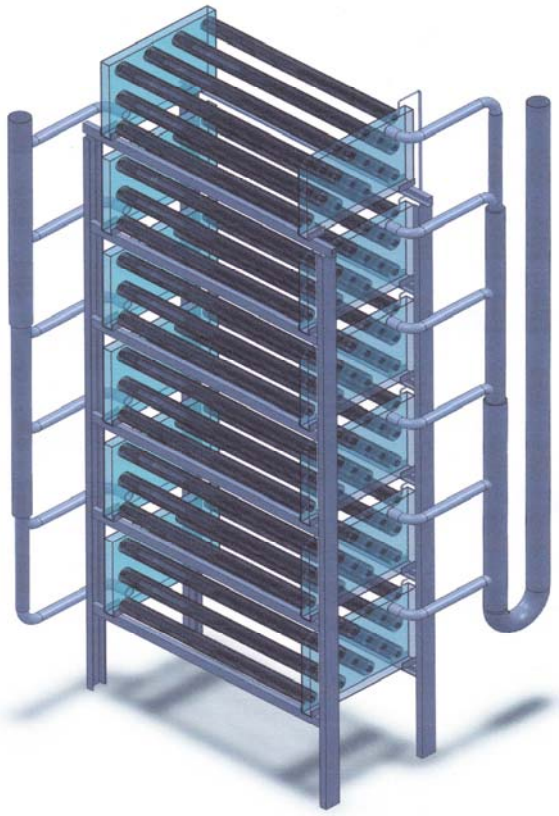
Termodinamički, hidraulički i konstrukcijski proračun proveo je autor ovog rada za maksimalnu temperaturu $\vartheta_{dp,max}$ = 280 °C i protočni volumen $V_{dp} \approx$ 60000 m^3/h dimnih plinova. Proračunski toplinski učinak ekonomajzera sastavljenog od 6 lamelnih izmjenjivača topline je Q_E = 1440 kW. Koeficijent prijelaza topline na strani dimnih plinova orebrenih čeličnih cijevi s okomitim čeličnim kružnim rebrima iznosi $\alpha_{dp} \approx$ 84 W/m^{2}K za očekivanu izlaznu temperaturu „ohlađenih" dimnih plinova oko $\vartheta_{dp,iz}$ = 130 °C – 140 °C, pri konstantnom protoku tople vode kroz cijevne registre ekonomajzera (oko 80 m^3/h). Postignuti su minimalni hidraulički otpori na strani dimnih plinova i tople vode.
Radom parnog kotla postrojenje proizvodi oko 2,2 MW električne energije uz sekundarno iskorištavanje toplinske energije s promjenjivom učinkovitosti.
Spaljivanje piljevine u ložištu kotla provedeno je u dva vremenska intervala svaki po 6 dana pri njenoj vlažnosti $u_{p1} \approx$ 15 % – 18 % i $u_{p2} \approx$ 45 % – 55 %. U sljedeća dva intervala, također svaki po 6 dana kao pogonsko gorivo kotla koristila se sječka veličine 15 mm – 80 mm prosječne vlažnosti $u_{s1} \approx$ 20 % – 25 % i $u_{s2} \geq$ 50 %. U svim intervalima svakih 30 minuta izmjereni su temperatura i brzina strujanja ispred i iza ($\vartheta_{dp,ul.}$, $\vartheta_{dp,iz.}$, $w_{dp,ul.}$, $w_{dp,iz.}$) ekonomajzera te emisija čvrstih čestica $E_č$ iza multiciklonskog pročišćavanja dimnih plinova (slika 1.).
Mjerenje temperature izvršeno je infracrvenim instrumentom testo 845, brzine strujanja instrumentom DC – 100S s prilagođenom sondom za mjerno područje do 300 °C te instrumentom D – RX 250 emisije čvrstih čestica u izlaznim vrućim dimnim plinovima [4]. Srednja vrijednost izmjerenih parametara $\vartheta_{sr,ul}$, $\vartheta_{sr,iz}$, $w_{sr,ul}$, $w_{sr,iz}$, $E_{č,sr}$ unutar svakog vremenskog intervala t = 6 sati tijekom izgaranja određene kategorije biomase utvrđena je kao aritmetička sredina rezultata mjerenja pomoću jednadžbi [5]:

$$\vartheta_{sr,ul} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \vartheta_{dp,ul;i}}{N} \text{ °C, } N = 12 \qquad \vartheta_{sr,iz} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \vartheta_{dp,iz;i}}{N} \text{ °C, } N = 12 \tag{1}$$

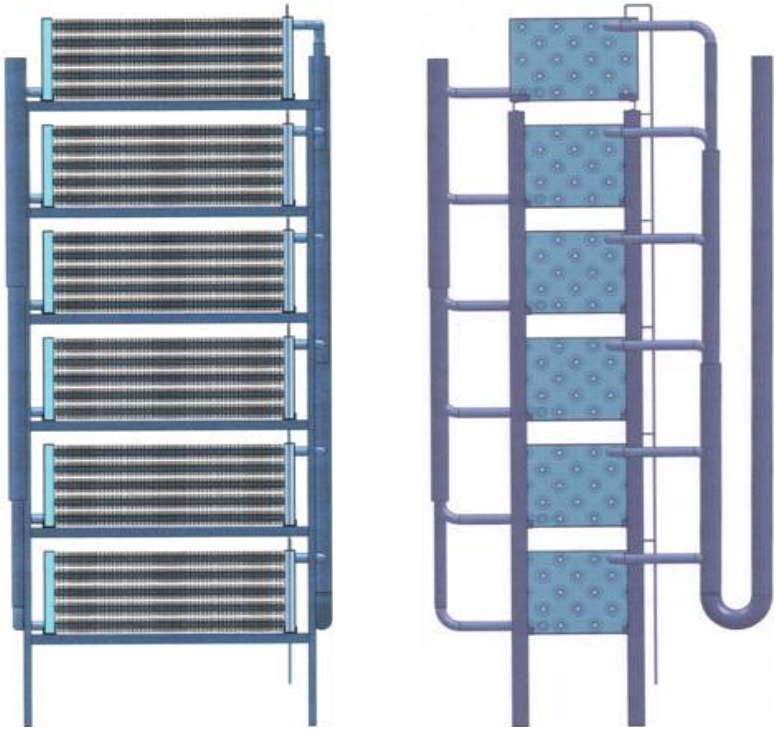
$$w_{sr,ul} = \frac{\sum_{i=1}^{N} w_{dp,ul;i}}{N} \text{ m/s, } N = 12 \qquad w_{sr,iz} = \frac{\sum_{i=1}^{N} w_{dp,iz;i}}{N} \text{ m/s, } N = 12 \tag{2}$$

$$E_{č,sr} = \frac{\sum_{i=1}^{N} E_{č;i}}{N} \text{ mg/m}^3, \quad N = 12. \tag{3}$$

Srednja brzina strujanja dimnih plinova kroz poprečni presjek ekonomajzera utvrđena je pomoću izraza: $w_{sr,e} = \frac{w_{sr,ul} + w_{sr,iz}}{2}$ za 24 vrijednosti tijekom 6 dana spaljivanja određene biomase. Prostorni oblik ekonomajzera prikazan je na slici 2., a plošne projekcije na slici 3.



Slika 2. Prostorni oblik ekonomajzera [6]



Slika 3. Plošne projekcije ekonomajzera [6]

Promjena vrijednosti temperature i brzine strujanja izrazito utječu na promjenu koeficijenta prijelaza topline α_{dp} dimnih plinova okomito nastrujanog snopa orebrenih cijevi u šahovskom rasporedu sa okruglim poprečnim rebrima. Prema Karasinu korištena je relacija [7, 8]:

$$\alpha_{dp} = 0{,}251 \cdot \frac{\lambda_{dp}}{s_r^{0,35}} \cdot \mathrm{Pr}^{0,35} \cdot \left(\frac{d_v}{s_r}\right)^{-0,54} \cdot \left(\frac{h_r}{s_r}\right)^{-0,14} \cdot \left(\frac{w_{sr,e}}{\nu_{dp}}\right)^{0,65} \quad \mathrm{W/m^2,K.} \qquad (4)$$

Prostrujavanjem dimnih plinova okomito kroz slobodni prostor orebrenih cijevnih registara ekonomajzera izmijenjena toplina utvrđena je pomoću jednadžbi:

a) orebrena površina: $Q_r = 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot \lambda_r \cdot \delta_r \cdot m \cdot (\vartheta_{dp,sr} - \vartheta_r) \cdot n_r \cdot i_c \cdot \Psi_B$ W, (5)

pri čemu se značajka rebra *m* definira izrazom $m = \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_{dp}}{\delta_r \cdot \lambda_r}}$ 1/m,

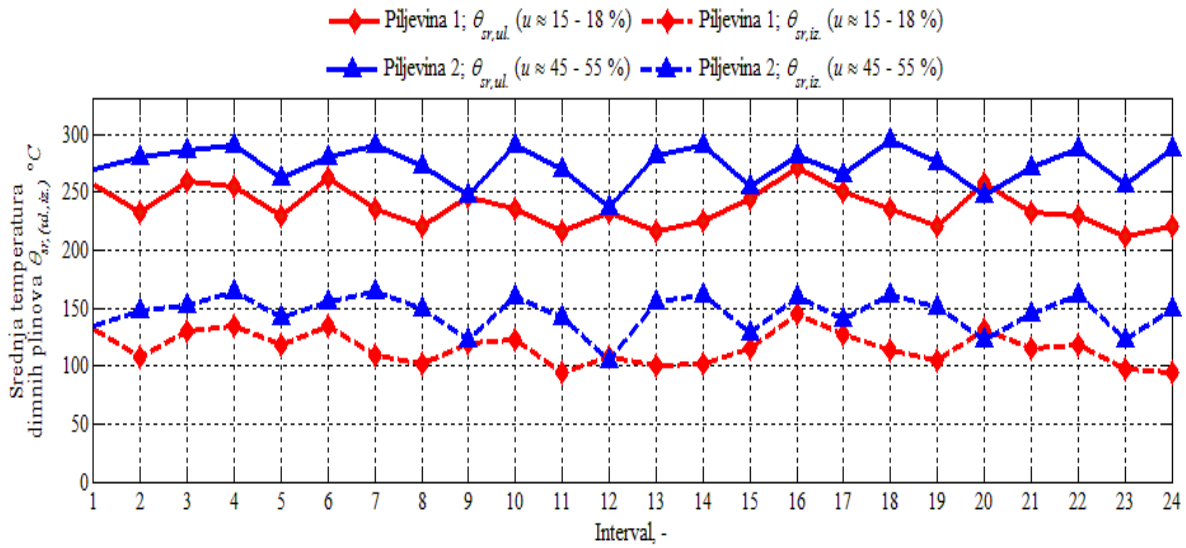
b) glatka površina cijevi: $Q_c = \alpha_{dp} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot (l_c - n_r \cdot \delta_r) \cdot (\vartheta_{dp,sr} - \vartheta_r) \cdot i_c$ W, (6)

c) ukupno izmijenjena toplina: $Q_u = Q_r + Q_c$ W.

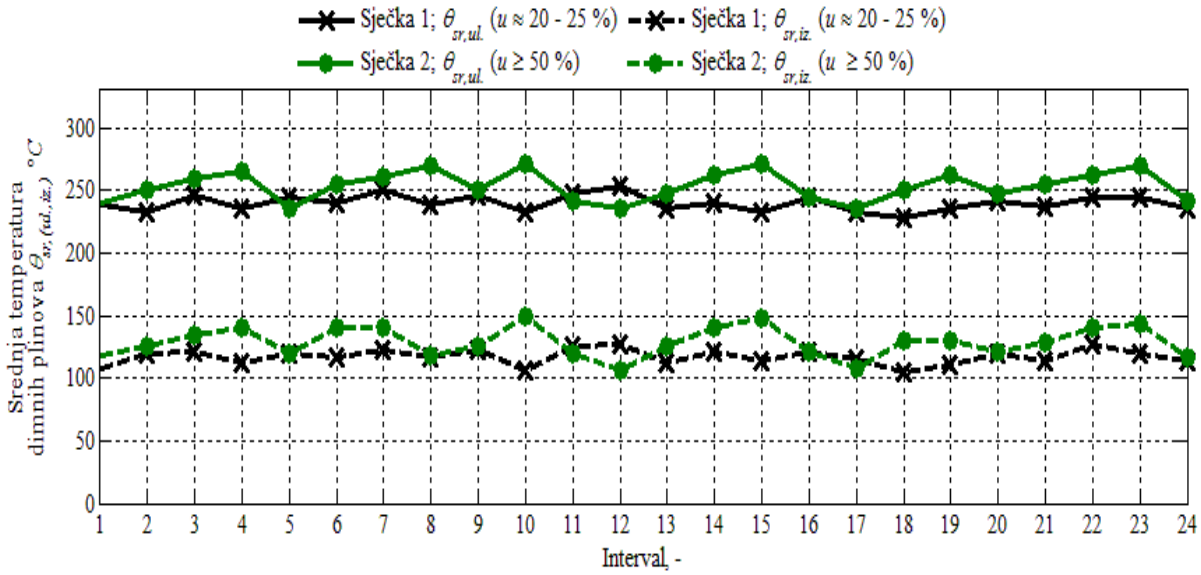
U jednadžbama (4) do (6) su:
d_v – vanjski promjer cijevi ekonomajzera, m; h_r –visina rebra, m; i_c – broj cijevi ekonomajzera; l_c – duljina svake cijevi, m; n_r – broj okruglih rebara; s_r – razmak između simetrale dva susjedna rebra, m; *Pr* – Prandtlov broj; r_1 – vanjski polumjer cijevi, m; δ_r – debljina rebra, m; λ_r – toplinska vodljivost rebra (čelik), W/mK; λ_{dp} – toplinska vodljivost dimnih plinova, W/mK; ν_{dp} – kinematička žilavost dimnih plinova, Pa s; $\vartheta_{dp,sr} = \frac{\vartheta_{sr,ul} + \vartheta_{sr,iz}}{2}$ °C; ϑ_r – temperatura u korijenu rebra, °C; Ψ_B – konstanta izvedena iz Bessellove funkcije.
Ukupna površina izmjene topline ekonomajzera: A_e = 246,6 m^2. Poprečni presjek strujanja dimnih plinova A_{pe} = 1,1624 m^2. Dimenzije ekonomajzera: $a \times b \times c$ = 2 × 1× 5 m.
Za geometrijske veličine ekonomajzera, promjenjive temperature i brzine strujanja dimnih plinova te fizikalnih svojstva dimnih plinova i tople vode, pomoću prilagođenog softvera utvrđene su promjene toplinskog učinka ekonomajzera tijekom rada kotla i izgaranja različite biomase.

3. Rezultati mjerenja i sistematizacija podataka

Srednje vrijednosti izmjerene temperature dimnih plinova ispred i iza ekonomajzera ($\vartheta_{sr,ul.}$ i $\vartheta_{sr,iz.}$) dijagramski su prikazani na slici 4. i 5. za jednake intervale izgaranja piljevine i sječke različite vlažnosti.

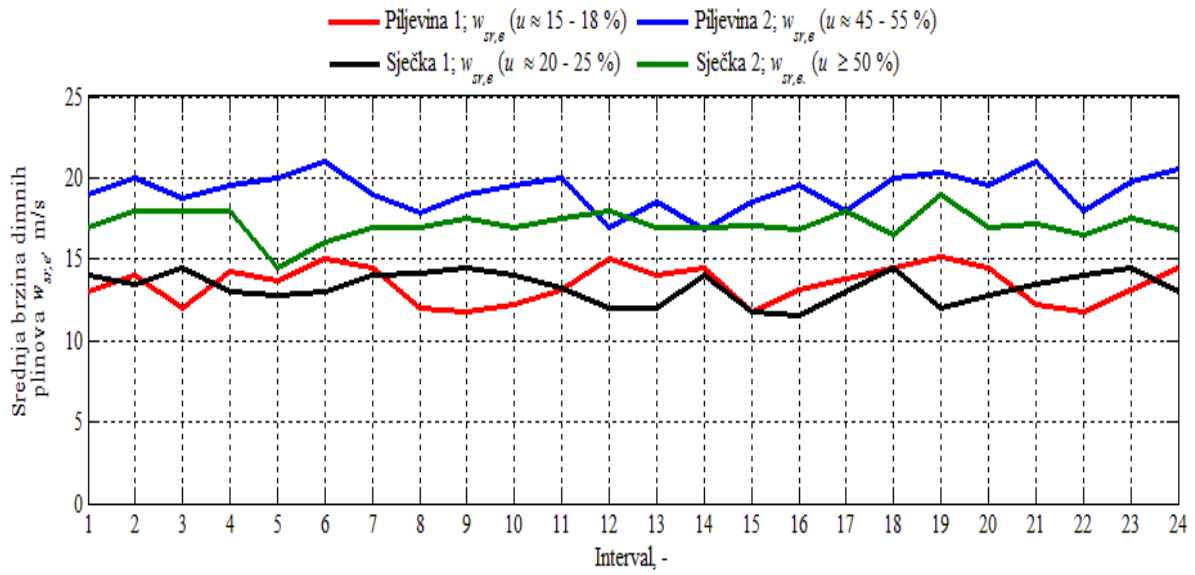


Slika 4. Srednja temperatura dimnih plinova ispred i iza ekonomajzera (pogonsko gorivo: piljevina različite vlažnosti)

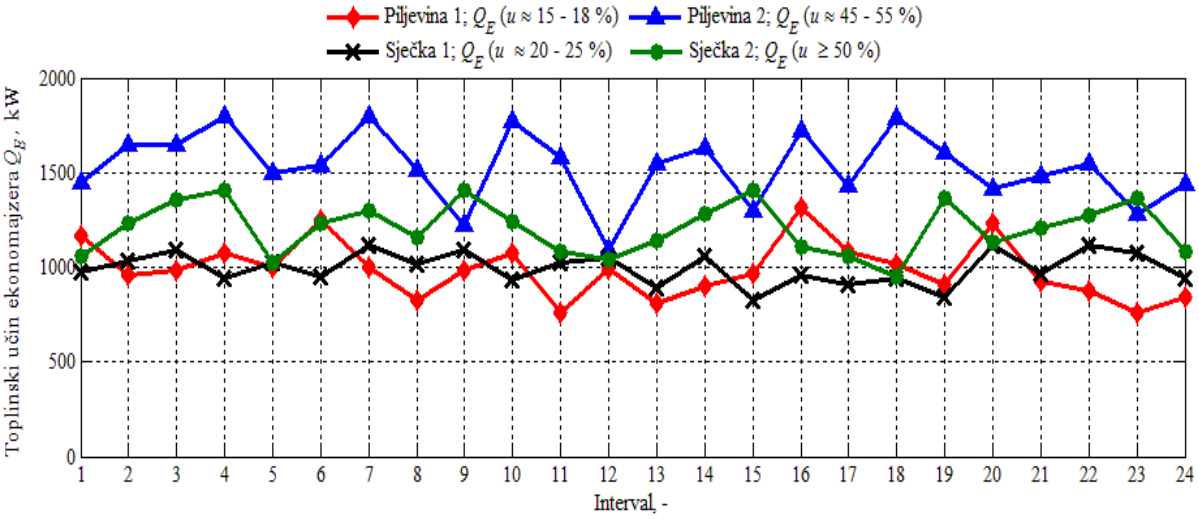


Slika 5. Srednja temperatura dimnih plinova ispred i iza ekonomajzera (pogonsko gorivo: sječka različite vlažnosti)

Kvantificirane vrijednosti srednje brzine okomitog strujanja dimnih plinova kroz poprečni presjek lamelnog vertikalnog ekonomajzera prikazane su na slici 6. za iste intervale izgaranja određene vrste i vlažnosti biomase.
Slijedom varijabilne temperature i brzine strujanja pročišćenih dimnih plinova dijagramski je na slici 7. prikazana promjena toplinskog učina ekonomajzera pri izgaranju pojedinih kategorija biomase.



Slika 6. Promjena srednje brzine strujanja dimnih plinova kroz ekonomajzer



Slika 7. Promjena toplinskog učina ekonomajzera

Pri izgaranju piljevine vlažnosti oko 15 % do 18 % izmjerene emisije čvrstih čestica u pročišćenim dimnim plinovima kretale su se između 70 mg/m^3 i 380 mg/m^3, a pri izgaranju piljevine s udjelom vlage od 45 % do 55 % emisije čvrstih čestica su veoma oscilirale s vrijednostima između 120 mg/m^3 i 870 mg/m^3. Kod izgaranja sječke s manjim udjelom vlage (oko 20 % – 25 %) emisije čvrstih čestica u pročišćenim dimnim plinovima bile su ispod dopuštene granice od 150 mg/m^3 s izmjerenim vrijednostima od 30 mg/m^3 do 95 mg/m^3 [9]. Veće vrijednosti emisija čvrstih čestica s izraženijim oscilacijama od 80 mg/m^3 do 280 mg/m^3 bile su prisutne kod izgaranja sječke s udjelom vlage većim od 50 %.

4. Analiza rezultata

Izgaranjem biomase s udjelom vlage većim od 45 % (sječka i naročito piljevina) raste temperatura pročišćenih dimnih plinova i kreće se između 240 °C i 290 °C. Izražena je oscilacija temperature dimnih plinova ($\Delta\vartheta$ = 40 °C – 50 °C), što ukazuje na otežano održavanje kvalitete izgaranja (gorivo, primarni i sekundarni zrak) u ložištu i smanjuje se učinkovitost postrojenja. Pri tome su emisije čvrstih čestica pročišćenih dimnih plinova 2 – 6 puta veće od dopuštene vrijednosti. Emisije čvrstih čestica su veće pri pokretanju postrojenja i snižavanju toplinskog učina kotla. Ujednačene vrijednosti temperature dimnih plinova (oko 240 °C) postižu se izgaranjem sječke s udjelom vlage oko 20 % – 25 %. Tada srednja brzina dimnih plinova kroz vertikalni ekonomajzer iznosi $w_{sr,e} \approx 14$ m/s, a njegov toplinski učin prosječno iznosi Q_E = 1000 kWh. Oscilacija i nagla promjena temperature (210 °C – 290 °C) i brzine (12 m/s – 21 m/s) dimnih plinova značajno utječe na promjenu toplinskog učina (ΔQ_E = 30 % – 60 %) od nominalne vrijednosti, što otežava regulaciju grijanog medija (tople vode) i kontinuitet distribucije toplinske energije.

5. Zaključak

Različita kakvoća i udjel vlage u biomasi utječu na kvalitetu procesa izgaranja na rešetki u ložištu parnog kotla. Preporučljiva je ugradnja ekonomajzera dimnih plinova segmentne konstrukcije za povećanje toplinske učinkovitosti postrojenja (7 % – 12 %). Za postizanje kvalitete izgaranja, optimalne temperature, količine i čistoće dimnih plinova, te termotehničke i aerodinamičke stabilnosti rada ekonomajzera potrebno je spaljivati sječku veličine 15 mm – 80 mm s prosječnim udjelom vlage 20 % – 25 %. Emisiju čvrstih čestica u pročišćenim dimnim plinovima kontinuirano održavati ispod 150 mg/m^3.

U okviru daljnjih istraživanja neophodno je ispitati uvjete i odnose miješanja ostale biomase sa sječkom s maksimalnom kvalitetom izgaranja i učinkovitosti postrojenja.

6. Literatura

[1] Baxter, Larry; Koppejan, Japp. Co – Combustion of Biomass and Coal // Euroheat and Power, Vol. 1/2004., 34 – 39 **(rad u časopisu)**
[2] Labudović, Boris i suradnici. Osnove primjene biomase. Zagreb: Energetika marketing d.o.o., 2012. (ISBN 978-953-6759-58-3) **(knjiga)**
[3] Marutzky, R; Seeger, K. Energie aus Holz und underer Biomasse. DRW Verlag, Weinbreener, Linfelden – Echtlingen, 1999., Njemačka, **(poglavlje u knjizi)**
[4] Mjerna oprema i uređaji **(Testo**, **Probus**, **Durag)**
[5] Šošić, I; Serdar, V. Uvod u statistiku. Zagreb: Školska knjiga, 2012. (ISBN 953-0-30315-7) **(knjiga)**
[6] Lombard, Matt. Solid Works, 2009. (ISBN: 978-0-470-25825-5) **(knjiga i prog. paket)**
[7] Karasin, E., S. Izvestija VTI, Moskva, 1952, No 12 **(rad u časopisu)**
[8] Kutateladze, S., S., Boršanskij, V., M. Spravočnik po teploperedače, Goseneergoizdat, 1959. **(poglavlje u knjizi)**

[9] Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, Zagreb, 2007. i 2008. **(NN RH 21/07 i 10/08.)**

Geoinformacijski sustavi u prijenosu i distribuciji električne energije
Geographic information systems in the transmission and distribution of electricity

T. Šmit*, H. Glavaš, S. Nikolovski

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

*Autor za korespodenciju. E-mail: smit@vip.hr

Sažetak

Zadatak rada je prikazati prednosti upotrebe GIS OpenSource alata na području prijenosa i distribucije električne energije. Upotrebom Java OpenStreetMap mapa i Kosmos alata za renderiranje mapa, na realnom primjeru nadzemnog zračnog voda izvršeno je mapiranje elemenata mreže. Pojedini elementi mreže uneseni su u OpenStreetMap editor gdje je izvršeno generiranja karte prilagođene za prikaz elektroenergetskog sustava. Navedeni alati mogu se primijeniti za sve oblike prostornih izazova prijenosa i distribucije energije i energenata kao što je i prirodni plin. Prikazan je i trenutni doseg primjene OpenSource GIS alata na području zemalja EU.

Ključne riječi: GIS, OpenSource, Java OpenStreetMap, Kosmos

Abstract

This paper aims to show the advantages of using Open Source GIS tools in the field of transmission and distribution of electricity. The practical example was conducted on mapping of electric air line and its network elements using the Java OpenStreetMap maps and Kosmos map rendering tools. Certain elements of the network have been entered into OpenStreetMap editor to generate customized maps to show the power system. These tools can be applied to all forms of transmission and distribution of energy including natural gas. The paper describes the current scope of application of OpenSource GIS tools in the EU.

Keywords: GIS, OpenSource, Java OpenStreetMap, Kosmos

1. Uvod

Geo Informacijski Sustav GIS je sustav koji objedinjuje bazu geografskih podataka i softvera za obradu i analizu tih istih podataka. Jedan od najbitnijih dijelova GIS sustava su sami geografski podaci i načini kako ih prikupiti. Napredak Global Positioning Sustava

(GPS) u smislu performansi, veličine a ponajviše cijene, GPS sustavi brzo nalaze primjenu u industriji, a velikim djelom i u svakodnevnom život. Jedna od takvih primjena je GPS navigacija u prometu. Osobni GPS uređaji omogućuju nam slobodno prikupljanje geografskih podataka koji su nam potrebni za prostorno poziciniranje, izrađivanje karata s nama zanimljivim entitetima.
Temelj ovog rada je Open Street Map projekt. Open Street Map, OSM, je projekt koji se zasniva na prikupljanju geo-podataka od strane korisnika, te njihovo besplatno korištenje u okvirima Creative Commons Attribution Share-Alike 2.0 licence. Snaga ovog projekta je u tome što svatko može biti korisnik i lektor. Veliki broj korisnika znači i veliku količinu podataka koja se može prikupiti i pregledati, tako da je osim količine osigurana i točnost. Sav softver koji će se koristiti u ovom radu spada u kategoriju Open Source softvera [1].

2. GIS i OpenSource software

2.1. GIS - Geographic Information System

GIS (geografski informacijski sustav) proizlazi iz aktivnosti na više tehničkih područja ljudske djelatnosti. Svoj razvoj počinje 1960-tih godina. Korijene GIS-a pronalazimo u digitalnoj kartografiji. Sam pojam se javlja s pojavom računala i baza podataka vezanih uz prostorne koordinate. Možemo reći da je GIS integrirani sustav sklopovlja, računalnih alata i korisničke programske podrške u svrhu skupljanja, organiziranja, rukovanja, analize, modeliranja i prikaza prostornih podataka s ciljem rješavanja složenih problema analize i planiranja. Zbog svoje složenosti teško je sveobuhvatno definirati GIS. G. Konecny [2] nudi najjednostavniju grafičku interpretaciju prikazanu slikom

Slika 1. Grafička interpretacija GIS-a

GIS (geografski informacijski sustav) možemo definirati kao sustav za prikupljanje, spremanje, provjeru, integraciju, upravljanje, analiziranje i prikaz podataka koji su prostorno povezani sa Zemljom. GIS je uspio objediniti ono što je najbolje iz dva nekada odvojena područja, kartografije i informatike. Karte same po sebi imaju funkciju čuvanja prostornih podataka, ne prikazuju samo površinu zemlje nego i bitne informacije vezane za taj prostor. Za razliku od baze podataka, karta odgovara na pitanje „Gdje?“ ali kada se

postavi pitanje „Što?“ nema pravog odgovora. Snaga GIS-a ovdje dolazi do izražaja. Dobro postavljen GIS može bez problema odgovoriti na dva pitanja: „Što?“ i „Gdje?“. Još važniji od ovih kratkih pitanja, koja su u biti na neki način i osnova GIS-a, je odgovor na malo kompleksnija pitanja „Što je gdje?“ i „Gdje je što?“.
„Prednosti GIS-a su brojne i mogu se podijeliti u tri osnovne kategorije:

- vizualizacija podataka,
- povezivanje geografskih i atributivnih obilježja,
- mogućnosti interdisciplinarnog odlučivanja.“ [4]

Karte u GIS-u su dinamičke tako da se sve promjene u bazi podataka odmah reflektiraju na izgled karte.
„Pitanja na koja se od GIS-a najčešće očekuje odgovor su slijedeća:

1. Lokacija: Što se nalazi na određenom mjestu?
2. Stanje: Gdje je…?
3. Trend: Što se promijenilo na određenom mjestu?
4. Putanja: Koji je najbolji (najkraći…) put do određenog mjesta?
5. Uzorak: Kakav je uzorak…?
6. Modeliranje: Što ako…?

Svaki od ovih tipova pitanja daje određeni tip odgovora koji može pomoći u donošenju odluka.“ [4]

2.1.1. Komponente GIS-a

GIS se sastoji od 4 komponente: hardvera, softvera, podataka i ljudi (stručnjaci).

Hardver – obuhvaća opremu potrebnu za podržavanje mnogih aktivnosti u GIS-u od prikupljanja podataka do njihove analize. To je prije svega računalo, ali i ostali uređaji za unos i prikazivanje podataka (skeneri, digitalizatori, ploteri i pisači, mrežni uređaji itd.).

Softver – funkcije i alati potrebni korisniku za stvaranje, mijenjanje, prikazivanje i analiziranje geografskih i atributnih podataka.

Podaci – spremljeni u bazama podataka. O njihovoj točnosti ovisi i točnost GIS-a. Pohranjuju se dvije vrste podataka: prostorni ili geografski podaci i atributni ili neprostorni podaci. Prostorni podaci daju geografski položaj u obliku skupa koordinata, a atributni podaci su opisni podaci koji nam daju određene informacije o geografskom položaju (npr. visina, temperatura, tip vegetacije itd.).

Ljudi – stručnjaci koji upravljaju sustavom, održavaju ga i donose odluke koje koriste u stvarnom svijetu.

Sve četiri komponente su jednako bitne i nedostatkom bilo koje od njih GIS sustav ne može funkcionirati. GIS neko područje prikazuje pomoću skupa slojeva. Svaki sloj sadrži neke određene informacije iz stvarnog svijeta kao npr. sloj koji sadrži topologiju, sloj koji

opisuje tlo na, sloj koji prezentira iskorištenje zemljišta, sloj na kojem je prikazana infrastruktura itd., [5][6][7][8].

2.2. Open Source Software

Od samog početka razvoja softvera postoji i ideja o slobodnom softveru. Open Source („otvoreni izvorni kod“) je vrsta licence ili računalnog programa čiji se kod smije modificirati i koristiti u privatne i komercijalne svrhe. Autori Open Source softvera izvorni kod svog programa javno daju na korištenje drugim programerima.
GNU [www.gnu.org] [12] projekt Open Source software-a zasniva se na ove četiri slobode:

0. sloboda: Sloboda pokretanja programa za bilo koju svrhu.
1. sloboda: Sloboda da se uči kako program radi i prilagodi svojim potrebama.
2. sloboda: Sloboda za ponovnu distribuciju kopija.
3. sloboda: Sloboda da se program poboljša, i proslijedi to poboljšanje javnosti, tako da cijela zajednica ima koristi.

Moramo imati na umu da je zapravo riječ o slobodama vezanima uz softver, a ne o njegovoj cijeni.

2.3. OpenStreetMap

2.3.1. Osnovna zamisao OpenStreetMap projekta

Geografski podaci nisu besplatni u mnogim dijelovima svijeta, mapiranje provode razne državne ustanove i ti podaci kasnije obično nisu besplatno dostupni.
Razvojem tehnologija poput GPS-a i mogućnošću vrlo jeftinog korištenja otvorila su se široka vrata za kreiranje vlastitih karata [9]. Vi kao vlasnik karte možete s njom raditi što želite i dati ju na besplatno korištenje kome želite (recimo svakome). Kada se takva zamisao raspodijeli na široki krug ljudi koji žive u svim dijelovima svijeta tada dobijemo ogromnu mašineriju za globalno kartiranje. Svaki pojedinac stručnjak je za područje u kojem živi i on će ga najbolje opisati i prenijeti u kartografski oblik sa svim objektima koje želi opisati. Takve pojedinačne karte se dodaju u jednu globalnu kartu koja je svima besplatna za korištenje.

2.3.2. Preciznost OpenStreetMap projekta

Po samom ustrojstvu prikupljanja podataka nema nikakve garancije da su podaci točni. Slično pitanje se pojavilo prilikom pokretanja projekta web enciklopedije „Wikipedija“, nitko nije mogao garantirati točnost podataka pošto podatke uređuje veliki broj korisnika. Ubrzo se pokazalo da je samo ustrojstvo takve enciklopedije gdje je svaki korisnik autor ujedno i lektor tako da ako se i pojavi neki netočan podatak ostalih 99.9% autora/lektora može to provjeriti i ispraviti.

Svako uređivanje članaka u Wikipediji je evidentirano pojedinačno za svakog korisnika tako da je moguće ući u trag zlonamjernom prepravljanju podataka.
Upravo se ove stvari odnose i na OpenStreetMap projekt, svaki uneseni podatak od strane jednog korisnika provjerava se prije ili kasnije od strane ostalih i nadopunjuje ili ispravlja u slučaju da je nepotpun ili netočan. Također postoje log-ovi promjena za svakog pojedinog korisnika i „trule jabuke“ se vrlo brzo izbace iz košare.

2.3.3. Izvori podataka

Najveća snaga ovog projekta je da svaki autor korisnik najbolje poznaje svoju okolinu i da ju on najbolje može kartirati sa svim potrebnim objektima koji su njemu u tom trenutku od interesa. Glavni cilj projekta je proširiti pokrivenost bez kopiranja, precrtavanja ili bilo kojeg drugog korištenja postojećih podataka.
Dakako moguće je korištenje postojećih karata i geo-podataka ali samo uz izričitu dozvolu autora karte ili snimaka. Neki od donatora geo-podataka su TIGER DATA iz SAD-a, AND DATA iz Nizozemske, GeoBase iz Kanadske Vlade… Svi ovi podaci moraju dolaziti iz javne domene ili imati otvorenu licencu koja treba biti kompatibilna sa licencom o korištenju podataka OpenStreetMap License.
Glavni izvor podataka su korisnici, autori/lektori (kako smo ih nazvali u Wikipedija projektu). Već smo prije u ovom radu rekli kako je GPS tehnologija napredovala u samom tehnološkom smislu, a što je najvažnije za nas, i u pogledu dostupnosti same tehnologije običnom čovjeku (cijena, jednostavnost rukovanja…).

2.3.4. Uređivanje podataka

Za uređivanje podataka potrebno nam je računalo sa Internet preglednikom koji ima „flash“ mogućnost te onda koristimo online uređivač podataka „Potlach“. Postoje i offline uređivači karata, kao samostalne aplikacije kao što su JOSM (Java OpenStreetMap), Quantum Gis – gis aplikacija sa OSM plugin-om.
Kada se podaci unesu u bazu podataka tada im je još potrebno dodijeliti i atribute. Podaci koji se unose svode se na dva tipa: točka i linija. Linije se koriste za označavanje cesta, željezničkih pruga, vodotokova, granica neke površine, bridova objekata… Takvim linijama se dodjeljuje meta oznaka koja joj određuje njenu reprezentaciju. Osim glavne oznake za liniju postoje i dodatne oznake poput oznake za jednosmjerni promet i slično.

2.3.5. Prikazivanje podataka

Prikazivanje podataka u projektu OpenStreetMap moguće je na više načina. Najčešći prikaz podataka je karta čiji prikaz je moguće prilagoditi prema vlastitoj potrebi. Sa istom bazom podataka, skupom podataka, moguće je napraviti različite prikaze tako što odabiremo koji objekti i u kojem stilu će biti prikazani ovisno o namjeni (turističke ,

biciklističke, planinarske…). Ovisno o mediju, karte mogu biti interaktivne Internet karte, otiskane na papiru ili statične digitalne karte.

2.3.6. OpenStreetMap licenca i budućnost projekta

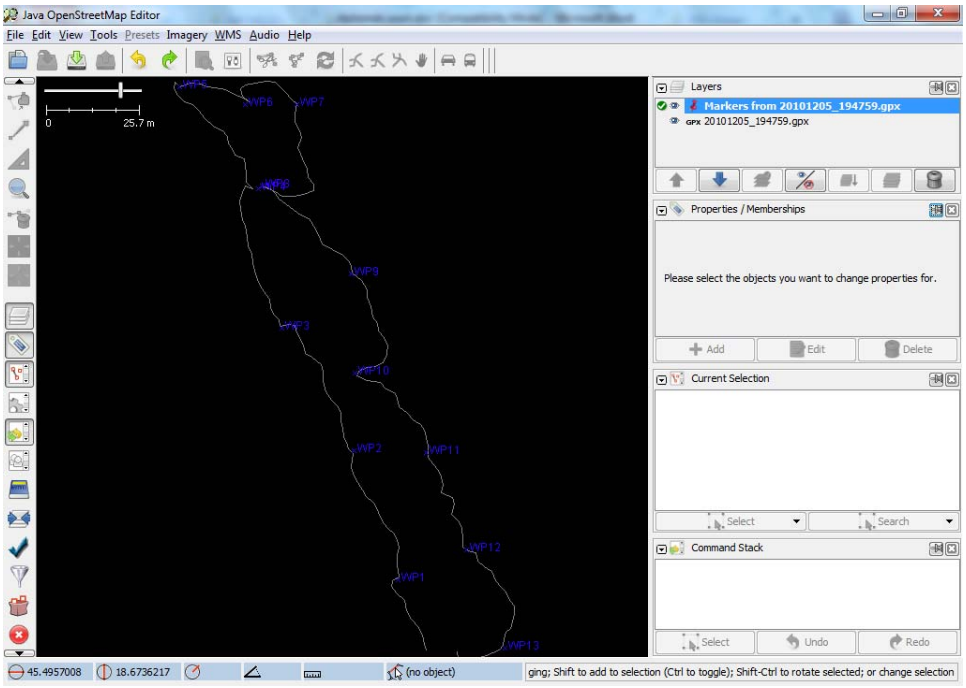
Svi OpenStreetMap podaci dostupni su pod Creative Commons Attribution Share-Alike 2.0 licencom.
Jedna od ponajboljih strana ovog projekta sigurno je ažurnost geo-podataka koje korisnici unose prateći promjene nastale pod utjecajem svakodnevnog prostornog širenja i uređenja. Također veliki je doprinos i popularizacije kartografije širokom krugu korisnika koji nisu strukom vezani uz ovu disciplinu. Manipuliranje podacima na slobodan način ponekad dovodi i do netočnih i neprovjerenih podataka koji se nađu u bazi podataka. Ovaj nedostatak se vrlo brzo rješava međusobnom suradnjom članova koji nadopunjavaju podatke i vrše ispravke koji su uvijek prisutni u maloj mjeri.
Možemo reći da je budućnost ovog projekta osigurana, ponajviše zbog besplatne dostupnosti svih podataka, konstantnom napredovanju tehnologije, njegove primjene i ogromnoj količini autora/urednika i korisnika podataka.

3. JAVA OpenStreetMap Editor

JOSM [14] je skraćenica od „JAVA OpenStreetMap Editor“, to je desktop aplikacija za unošenje, uređivanje i „upload“ geo-podataka na OSM server. JOSM aplikaciju je kreirao Immanuel Scholz a trenutno je održava Dirk Stöcker.

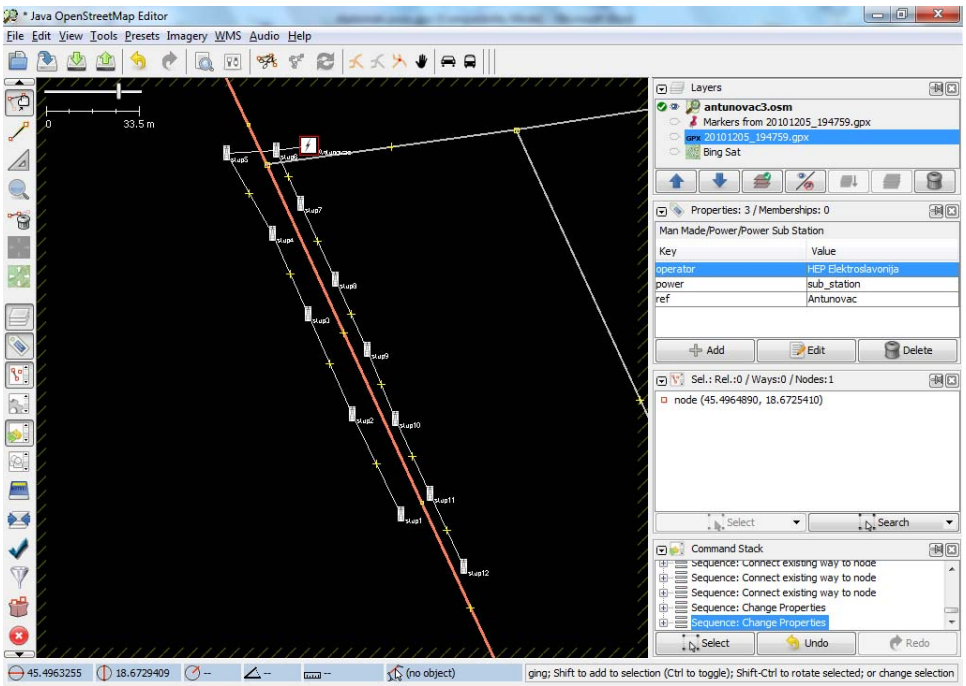
3.1. Pokretanje JAVA OpenStreetMap editora

Instalacijsku proceduru može se pokrenuti s adrese:
http://josm.openstreetmap.de/download/josm.jnlp ili se mogu skinuti instalacijske datoteke s adrese: http://josm.openstreetmap.de/download/ Osim instalacije samog programa potrebna je i java platforma za izvođenje same aplikacije.
Za otvaranje .gpx datoteke koristimo prvu ikonicu ispod trake izbornika ili izaberemo u izborniku: „File > Open“. Odabiremo željenu .gpx datoteku.
Na slici 2, plavom bojom i oznakama WPxx su označeni objekti, u ovom slučaju trafostanica i betonski stupovi distributivne električne mreže napona 0,4 kV. Osim objekata označen je i trag kojim smo se kretali prilikom kartiranja. Ovaj trag nam i nije toliko bitan za označavanje objekata, ali nam može pomoći kod prepoznavanja objekata u odnosu na putanju kojom smo se kretali.



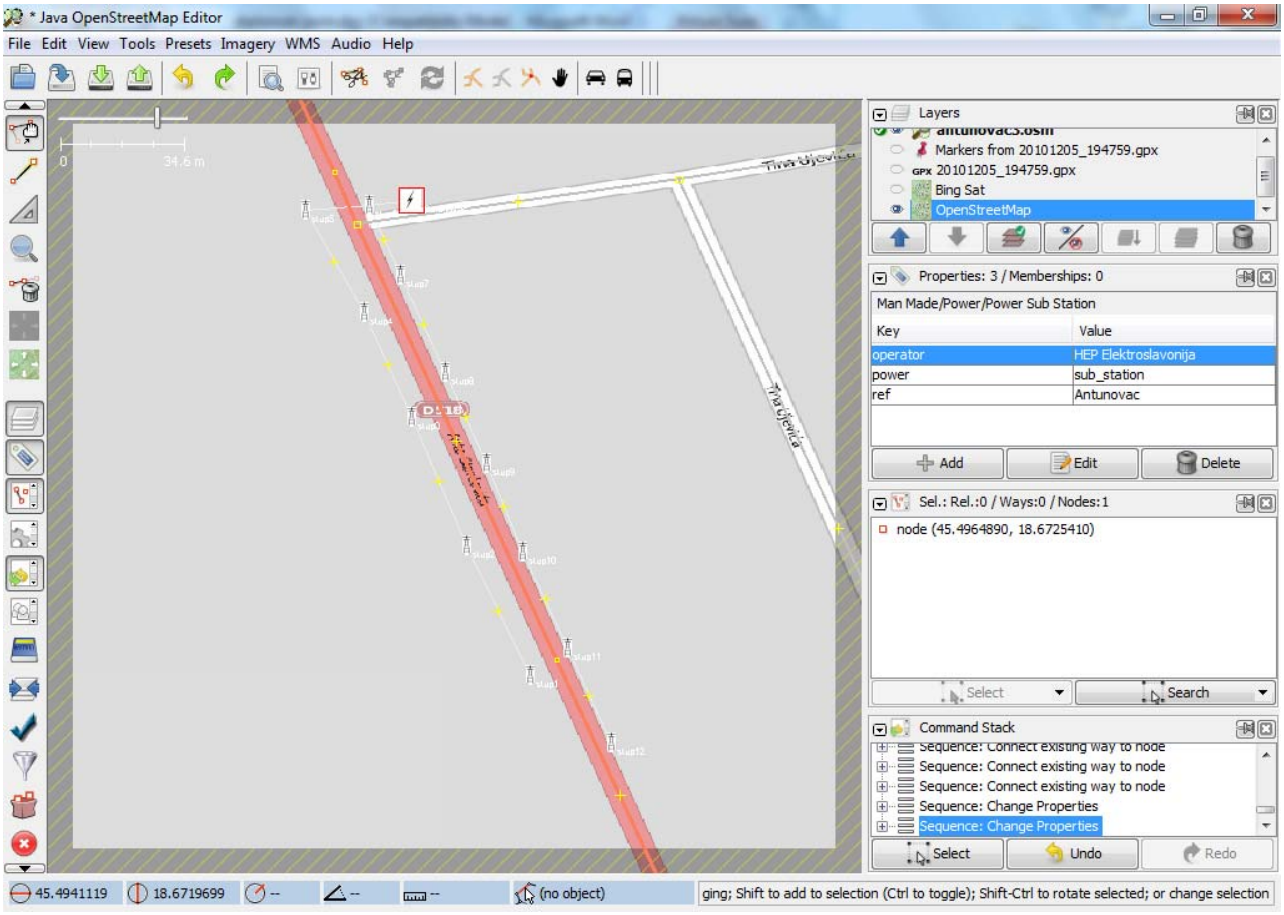
Slika 2. Izgled aplikacije JOSM sa učitanim GPX podacima

Osim stupova dodana je i trafostanica koja je isto točkasti objekt ali sa drugačijim atributima koji su vidljivi na slici 3 Da bi slika bila zornije prikazana ostavljen je vidljiv samo sloj sa OSM podacima.



Slika 3. Izgled karte sa svim ucrtanim OSM podacima

Osim podloge sa satelitskom snimkom možemo dodati i podlogu sa renderiranim OSM podacima. Ovaj sloj ništa ne znači za unesene OSM podatke, isto kao i sloj satelitskog snimka, osim što nam može pomoći lakšem smještanju objekata na kartu.



Slika 4. Izgled karte sa svim objektima kada se aktivira podloga „OpenStreetMap“

Preostaje nam još jedino spremiti .osm datoteku koju smo kreirali i ako želimo „uploadati“ nove podatke na OSM server. Spremanje vršimo odabirom izbornika: „File > Save As“, te odaberemo ime pod kojim želimo spremiti datoteku. Podatke „uploadamo“ na server također odabirom izbornika: „File > Upload Data“.

3.2. Kosmos

Zbog velike količine podataka koji su uneseni na OpenStreetMap karte, ponekad nam nije povoljno da svi podaci na određenom mjestu budu prikazani. Najveći razlog tomu je što takva karta bude pretrpana mnoštvom informacija koje su tamo prikazane na određenoj razini mjerila. Da bi riješili ovaj problem koristimo jedan poseban programski alat za renderiranje (prikazivanje) OSM karata. Program koji ćemo koristiti za tu namjenu je

„Kosmos“, kojeg je razvio Igor Brejc, [15], [16]. Program je besplatan za korištenje te ga je moguće skinuti sa slijedeće Internet adrese: http://igorbrejc.net/kosmoshome.

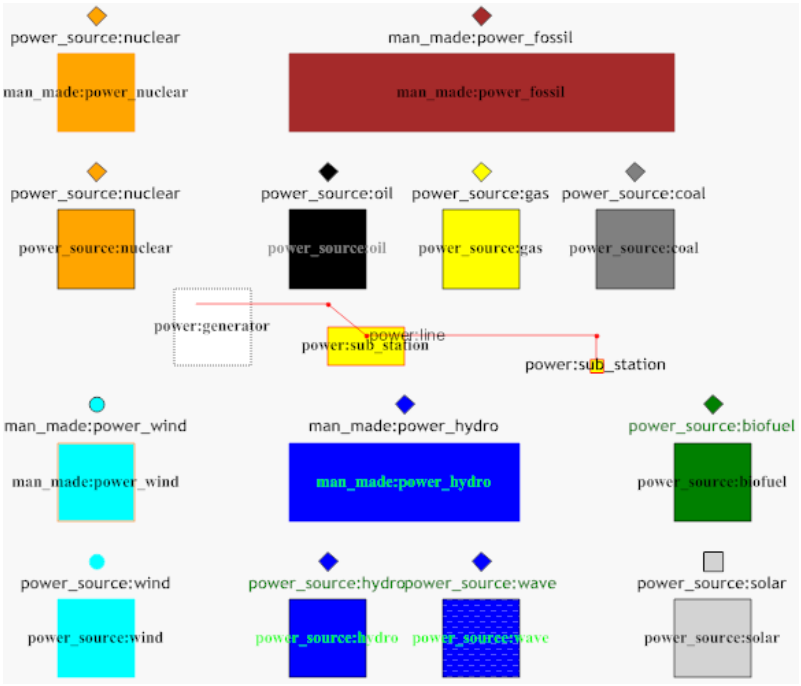
Kosmos je alat za renderiranje (prikazivanje) OSM mapa. Takve mape onda možemo snimiti u slikovnu datoteku, te ju prilagoditi za ispis. Osim lokalnog snimanja karata možemo ga koristiti i za kreiranje lokalnog „tile map“ servera. Prednost ovog programa je kreiranje pravila renderiranja karata. Ova pravila govore koji će se objekti iscrtavati na karti i na kojoj veličini mjerila. Upravo s ovim pravilima eliminiramo prikaz suvišnih podataka na karti, te osiguravamo zorno prikazivanje entiteta koji su nam potrebni. Pravila za renderiranje se mogu kreirati po volji ili se mogu koristiti već postojeća koja su kreirali OSM korisnici. Popis pravila za renderiranje karata možemo pronaći na Internet adresi: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Category:Kosmos_rules.

Pravilo koje nas zanima je „Kosmos Power Rules“ i nalazi se na adresi: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Kosmos_Power_Rules. Ovo pravilo je prilagođeno prikazu električne mreže prijenosa i distribucije.

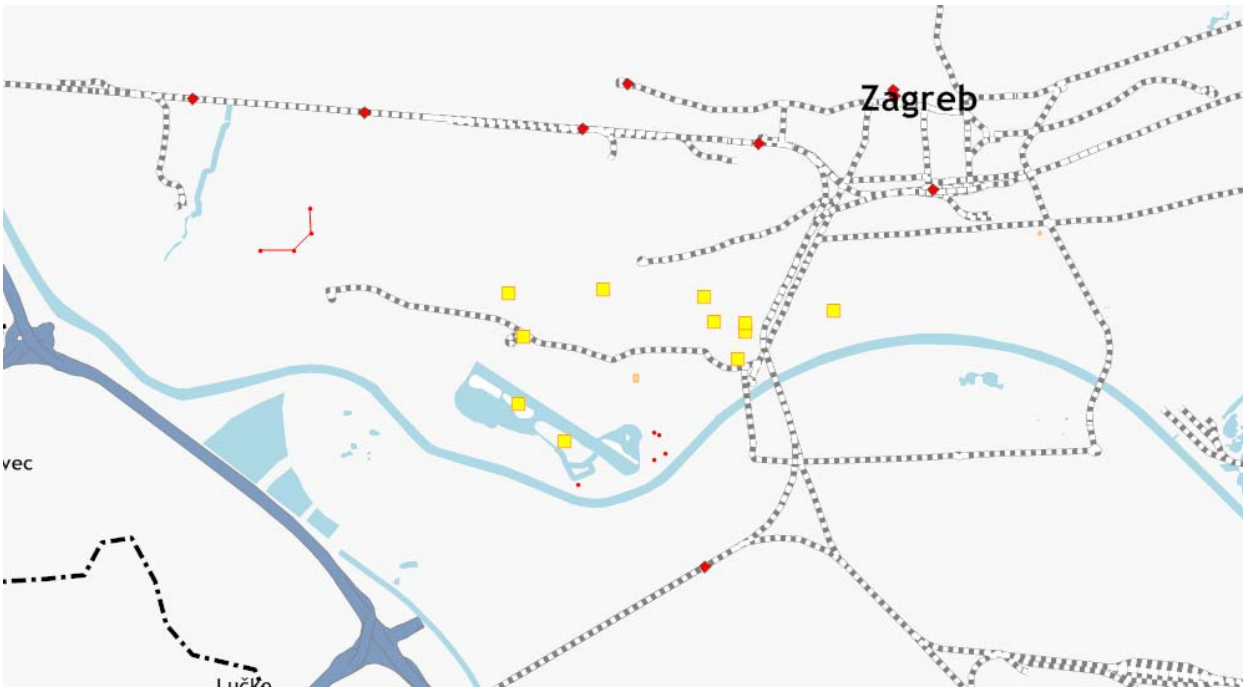
3.2.1. Primjena Kosmos-a u opisu elektroenergetskog sustava

Već prije smo spomenuli snagu OpenStreetMap projekta i njegovu globalnu rasprostranjenost, te veliku količinu raznovrsnih entiteta unesenih u karte pojedinih država. Nažalost ovo se ne može reći da je slučaj i sa elektroenergetskim sustavima. Kao primjer za područja sa malom količinom podataka u smislu energetike možemo navesti Hrvatsku. Kod nas je kartirana tek mala količina podataka u vidu nekoliko manjih trafostanica, stupova električne mreže nižeg napona te koji vod.

Kao primjer područja s iznimno velikom količinom unesenih podataka koji opisuju elektroenergetski sustav svakako je Njemačka. Iako veliku pokrivenost karte Njemačke podacima EES-a možemo pripisati i većem broju stanovnika, a time i većem broju članova OpenStreetMap projekta, zasluge za veliki dio ovog dijela kartiranja mogu se pripisati pojedincima. Upravo su ovi pojedinci i entuzijasti kreirali posebna pravila za Kosmos pomoću kojeg smo prikazali entitete bitne za kartu elektroenergetskog sustava. Bez ovih pravila nama bitni podaci ne bi mogli bit ispravno prikazani i izgubili bi se u mnoštvu drugih podataka koji nama nisu važni za ovaj rad.



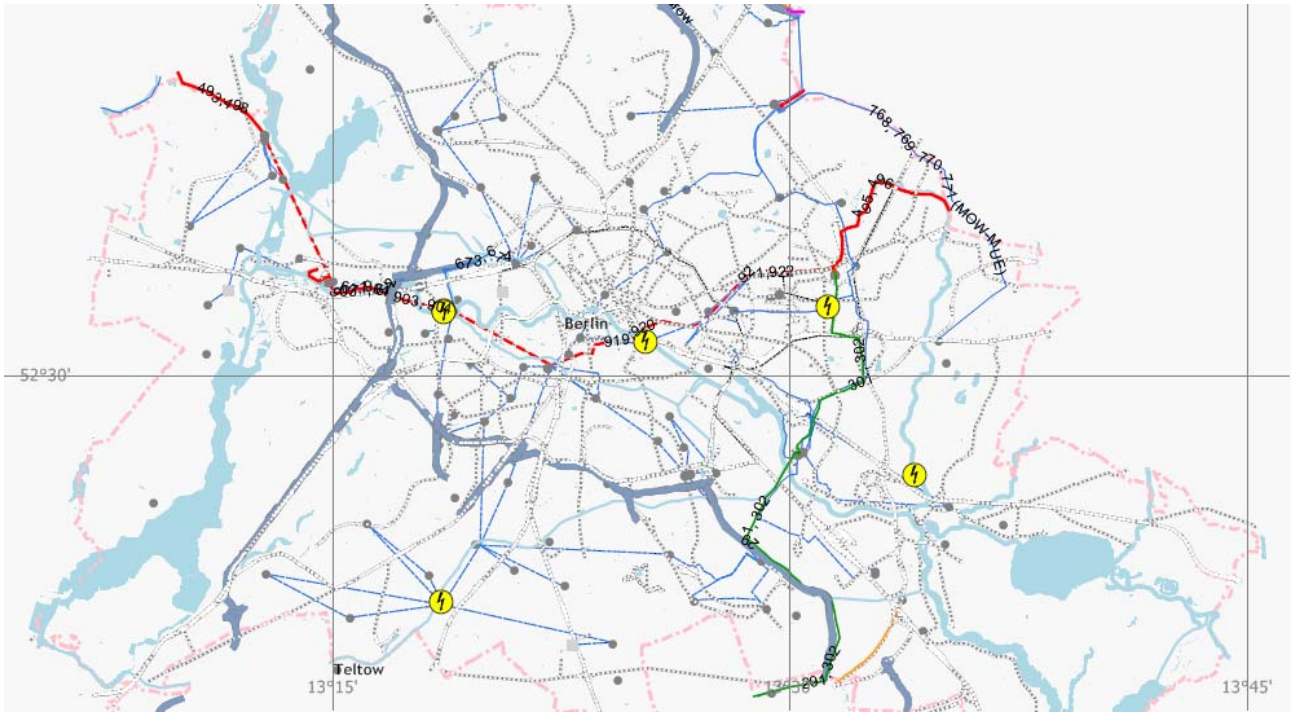
Slika 5. Legenda za pravila http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Kosmos_Power_Rules korištena za renderiranje karte prikazane slikom 6.



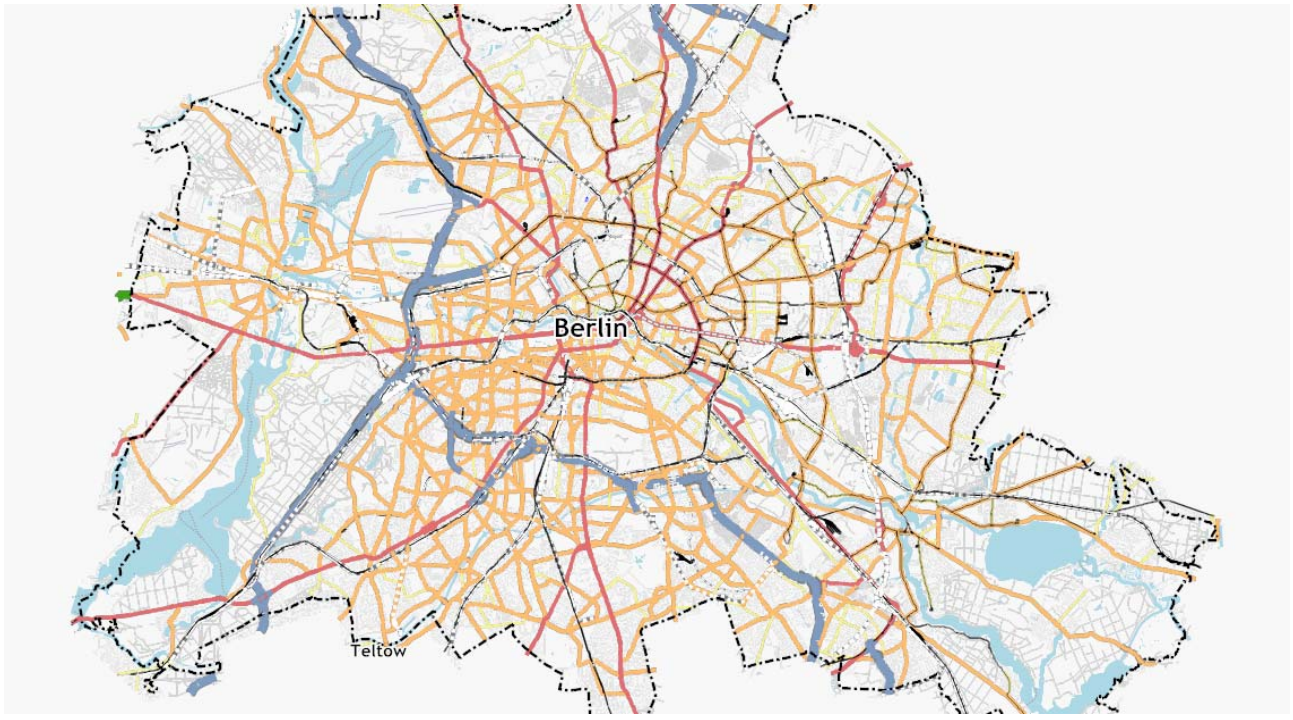
Slika 6. Dio karte Zagreba renderirana Kosmos pravilom: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Kosmos_Power_Rules

3.2.2. Prikaz elektroenergetskog sustava Njemačke

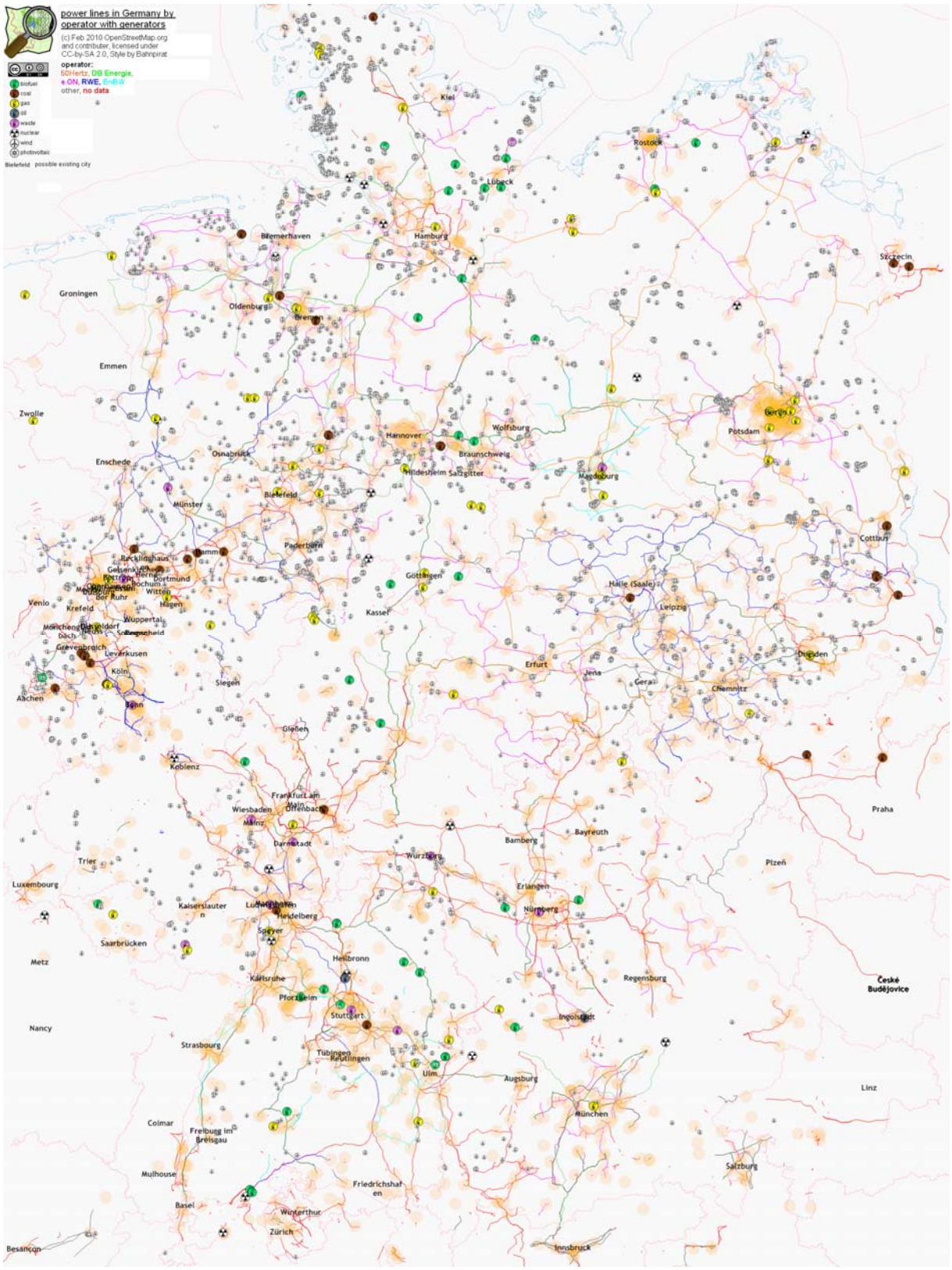
Kao što smo već prije spomenuli, Njemačka je iznimno dobro pokrivena podacima EES-a, te iz tih podataka možemo generirati veoma detaljne i precizne karte.



Slika 7. Karta Berlina renderirana pravilom:
http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Voltage_rendering



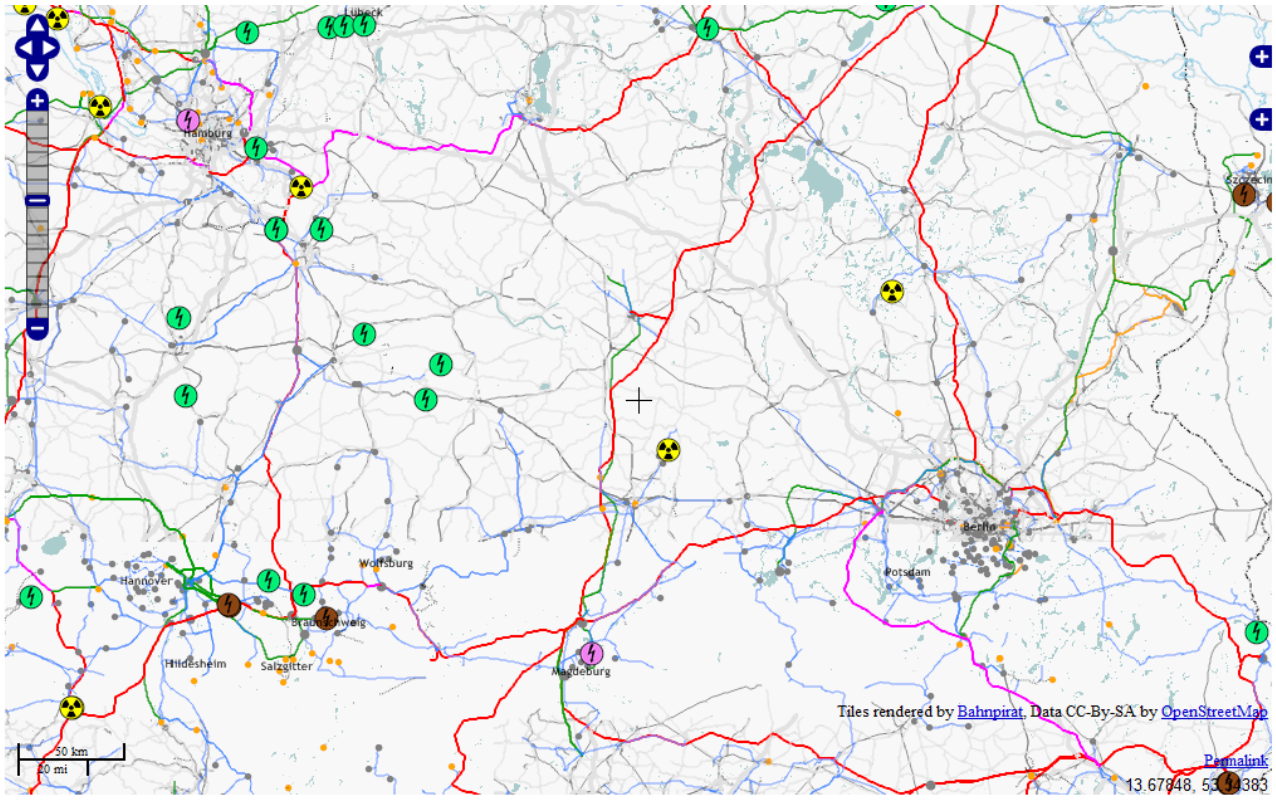
Slika 8. Karta Berlina bez učitanih Kosmos pravila,
prikazani su svi OpenStreetMap podaci



Slika 9. Karta Njemačke, pravila:
http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Kosmos_Power_Rules

Podaci EES-a koji su uneseni u kartu njemačke generalno se mogu pregledati na adresi: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/WikiProject_Power_networks/Germany. Na samom vrhu ove stranice preporuča se upravo Kosmos aplikacija i pravila za renderiranje karata koja su korištena u ovom radu (Kosmos Power Rules).

Osim karata koje je moguće renderirati pomoću Kosmos pravila i OpenStreetMap podataka skinutih na računalo, moguće je postaviti i „tile serever“ poslužitelj koji na sebi ima pohranjene već renderirane segmente cijele karte za svako pojedino mjerilo. Za renderiranje karte cijele Njemačke, u prvom načinu rada, bilo bi potrebno računalo iznimno visokih performanisi zbog enormno velike količine OSM podataka. Ovdje dolazi do izražaja „tile server“ tako da tu istu kartu možemo pregledavati na računalu znatno slabijih performansi (dovoljno je da se može pokrenuti Internet preglednik). Jedan od takvih primjera je i stranica http://energy.freelayer.net/ koja sadrži kartu Njemačke i nekih susjednih država. Osim pregleda elektroenergetskih entiteta možemo odabrati i prikaz karte renderirane drugim pravilima. To se odabire aktiviranjem izbornika koji se nalazi pri vrhu na desnoj strani karte. Osim izbornika renderiranja postoji i detaljna legenda koje se odnosi na pravila renderiranja.



Slika 10. Karta elektroenergetskog sustava Njemačke, okolica Berlina, http://energy.freelayer.net/

4. Zaključak

Open Source aplikacije za razliku od vlasničkih GIS aplikacija mogu se besplatno preuzeti, koristiti i dalje distribuirati što im daje veliku prednost. Naime, Open Source aplikacije su cijenom mnogo pristupačnije (često i besplatne) od istovrsnih vlasničkih aplikacija. Različite institucije, tvrtke pa i obični korisnici troše značajna financijska sredstva na programske pakete (do nekoliko tisuća kuna po jednom računalu). Mnoge od tih aplikacija se mogu zamijeniti besplatnim ili vrlo jeftinim Open Source aplikacijama što uvelike smanjuje troškove rada.

OpenStreetMap projekt jedan je od mlađih projekata koji obuhvaća jako veliku količinu geo-podatka. Njegove komparativna prednosti je globalni razmjeri prisutnosti i sloboda pristupa projektu tj. svatko može postati član ovog projekta. Upravo je to njegova snaga, velika brojnost njegovih članova koji su ujedno prikupljači i uređivači geo-podataka. Broj članova raste iz dana u dan, a time i brzina porasta prikupljanja geo-podataka te njihovo objavljivanje u OpenStreetMap projektu.

Aplikacije korištene u ovom radu su iznimno jednostavne za korištenje, bez obzira na kompleksnost podatka koji se unose i dalje obrađuju. JAVA OpenStreetMap editor aplikacija je koja se redovito unapređuje i dorađuje, tako da za sada ima osiguranu budućnost u svojoj primjeni. Kosmos aplikacija korištena za renderiranje karata pomoću posebnih pravila, alat je koji OpenStreetMap kartama daje posve drugu dimenziju tj. prilagođava izgled same karte različitim namjenama. Upravo je taj alat omogućio primjenu OpenStreetMap projekta na elektroenergetske sustave.

Autor Kosmos aplikacije se usmjerio na novu, napredniju i fleksibilniju aplikaciju Maperitive koja je nasljednik Kosmosa. Maperitive je također moguće besplatno preuzeti. Aplikacija je još u razvoju tako da još ne postoji finalna verzija. Iako još u razvoju već postoje primjene na elektroenergetske sustave.

Primjena OpenStreetMap projekta na elektroenergetske sustave najbolje je vidljiva na primjeru Njemačke i mislimo da bi se vrlo dobro mogla primijeniti i na području Republike Hrvatske. S obzirom na količinu podataka koji su trenutno raspoloživi na našem području, potrebno je još dosta rada, ali to nije neizvedivo budući da se i sam OpenStreetMap projekt temeljni na brojnosti njegovih korisnika.

5. Literatura

[1] G. E. Sherman, Desktop GIS Mapping the Planet with Open Source Tools,The Pragmatic Bookshelf, Raleigh, North Carolina Dallas, Texas , 2008.
[2] Gottfried Konecny, Geoinformation Remote sensing, photogrammetry and geographic information systems, Taylor & Francis, London 2003.
[3] F. Jović, I. Flegar, N. Slavek; Modeliranje tehničkih procesa, ETFOS, Osijek, 2006.
[4] M. Kukrika; Geografski informacioni sistemi; Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu, Pančevo, 2000.
[5] P.A. Borrough, R.A. McDonnel; Principi geografskih informacionih sistema, drugo izdanje, Prostorni informacioni sistemi i geostatika; Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2006.
[6] D. Tutić, N. Vučetić, M. Lapaine; Uvod u GIS; Geodetski fakultet u Zagrebu, Zagreb, 2002.
[7] Hrvoje Glavaš, Modeliranje GIS-om opisanog energetskog potencijala biomase, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2010.
[8] David L. Verbyla, Practical GIS Analysis, Taylor&Francis, London, 2002.
[9] V. Turkovic, M. Micunovic, H. Glavas: "Slobodno mapiranje u cestovnom prometu", KOREMA, 29 th Conference on Transportation Systems with International Participation 11–14.11.2009. Zagreb, Ploce-Croatia /Sarajevo-Bosnia and Herzegovina
[10] Encyclopedia of GIS, (Eds.)Shashi Shekar, Hui Xiong, SpringerScience+Buisiness Media, LLC. 2008
[11] Historical Gis, Technologies, Methodologies and Scholarship,EdS. Ian N. Gregory, Paul S. Ell, Cambridge University Press, 2007.
[12] http://www.gnu.org
[13] http://www.bing.com/maps/
[14] http://josm.openstreetmap.de
[15] http://igorbrejc.net
[16] http://igorbrejc.net/kosmoshome
[17] http://wiki.openstreetmap.org
[18] http://wiki.openstreetmap.org/wiki/WikiProject_Power_networks
[19] http://energy.freelayer.net

Analiza korozijskih procesa čeličnih cijevi u agresivnom mediju

The analysis corrosive processes by steel pipes in the aggressive medium

S. Aračić[1,*], I. Samardžić[1] A. Pintarić[2]

[1]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska
[2] Veleučilište „Lavoslav Ružička“ Vukovar

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

Sažetak

Cjevovodi često se tijekom eksploatacije nalaze u kontaktu sa agresivnom radnim medijem koji izaziva koroziju željeza. Kruti i plinoviti produkti kemijske reakcije čelika sa medijem ulaze u metal i smanjuju kohezivne sile u kristalnoj rešetci te utječu na mehanička svojstva cijevi i skraćuju vijek eksploatacije. Tako oslabljena struktura materijala podložna je ubrzanom procesu korozije koja višestruko smanjuje vijek eksploatacije cjevovoda. Da bi se ustanovila interakcija agresivne okoline i mikrostrukture čelika proučavani su tok i brzina korozije u eksploataciji. Korozijska postojanost i uočene promjene na materijalu ispitane su vizualnim optičkim metodama, mjerenjem debljine stjenke cijevi, mjerenjem tvrdoće materijala, te analizirana promjena strukture materijala optičkim mikroskopom. Rad može poslužiti za analizu situacije,postupak odlučivanja i pronalaženje mjera i njihovu primjenu

Ključne riječi: korozija, čelični cjevovod,slana komora,

Abstract

During the exploitation period pipelines are often in contact with aggressive media that could cause corrosion. Rigid and gas product that occurs as chemical reactions of the steel and media could decrease cohesive forces in crystal net, induce mechanical features of pipes and shorten of exploitation lifetime. Such weakened material structure is subservient to rapid corrosion processes that can multiple decreased exploitation lifetime of pipeline. To find interaction between aggressive environment and microstructure the flow and corrosion speed in exploitation have been studied. Corrosion persistence and observed changes on the material are exam by visual optical method, measuring of wall thickness of pipe, and through analysis of material structure changes with optical microscope. The article can serve for situation analysis, decision making and looking for measures and their implementation.

Key words: corrosion, steel pipelines, salt chamber

1. Uvod

Ugljični čelik je najznačajniji i najčešće upotrebljavani konstrukcijski materijal u svim granama industrije. Uobičajeno ugljični čelici sadrže manje od 2% legirajućih elemenata. Ugljični čelici nemaju zadovoljavajuća antikorozivna svojstva pa je nužna njihova zaštita u kontaktu sa agresivnim djelovanjem vodenih medija s kojima dolazi u kontakt.(1)
Voda je najkorišteniji medij u procesnoj i kemijskoj industriji. Sustavi za grijanje i hlađenje kontinuirano koriste vodu koja prolazi kroz izmjenjivač topline. Voda sadrži mnoge otopljene i suspendirane tvari kao i otopljene plinove koji s dužim vremenom zadržavanja pri visokim temperaturama uzrokuju nastanak korozije i kamenca.(2) Voda je izuzetno korozivni medij jer sadrži visoki sadržaj otopljenog kisika, ugljičnog dioksida, iona klora i drugih agresivnih elemenata. (3) Do kontakta ugljičnog čelika s vodom može doći u cjevovodima, kondenzatorima izmjenjivača topline i kod uronjenih armirano-betonskih konstrukcija. Fizikalni, kemijski i biološki parametri koji utječu na brzinu korozije ugljičnog čelika su:koncentracija otopljenog kisika , temperatura , pH vrijednost, koncentracija karbonata, biološka onečišćenja, kemijska onečišćenja i brzina strujanja. Najveći utjecaj na brzinu korozije ima koncentracija otopljenog kisika u vodovodnoj pitkoj vodi. (4)
Slana otopina(3% NaCl) je referentan medij, u kojem je ugljični čelik sklon općoj i drugim oblicima korozije.
Cilj ovog rada bio je ispitati čelik u agresivnom mediju te usporediti sa materijalom koji je vrlo brzo korodirao u eksploataciji.

2. Eksperimentalni dio

U ovom radu istraživanja su provedena na ugljičnom čeliku P235GHTC1 DIN 50049/ HRN EN10216-2,slijedećeg sastava: C0,16%,P0,025%,S0,015,Mn1,20% (ispitna epruveta) Epruveta je dio izmjenjivaču topline.(Nazivni i proračunski tlak bio je 25 bara,temperatura vode na ulazu/izlazu 120/160°C,ogrjevna površina kotla 3200 m^2,toplinska snaga kotla/moguće preopterećenje 116/128 MW,sadržaj vode u kotlu 62 m^3,vrsta goriva lož ulje-mazut, materijal lima:S235JRG2,)

Plan pokusa

Na osnovu plana istraživanja izvršena su slijedeća mjerenja:vizualni pregled, mjerenje debljine stjenke, mjerenje tvrdoće, metalografsko ispitivanje, analiza vode,kemijska svojstva materijala, analiza rezultata ispitivanja

Slika 1. Izgled i mjesto ugradnje cijevnog izmjenjivača topline

Vizualni pregled

Vizualno ispitivanje provedeno je neposrednim pregledom pri osvjetljenju prijenosnom lampom. Ispitivanje je provedeno na cijevima, kako bi se otkrile nepravilnosti koje su nastale. Zapažene su slijedeće (cijevi i cijevna stijena):

Sa vanjske, vodene strane cijevi, vizualnim pregledom uočavamo talog sivkaste boje, koji podsjećaju izgledom na kalcijev karbonat iz neobrađene sanitarne vode. Na prednjem dijelu cijevi vidjelo se veliko oštećenje stjenke cijevi. Na mjestu oštećenja, pri izrezivanju poprečnog presjeka, vidljivo je da su oštećenja nastala sa vanjske strane cijevi erozijom cijevi koja je prva propustila i oštetila cijev. Sa unutarnje strane nema oštećenja. Približna debljina taloga je 2 mm i 95% površine prekriveno je talogom. slika 2.

Slika 2. Prikaz oštećene cijevi izmjenjivača topline

Slika 3. Šupljine nastale pri djelovanju korozijskog oštećenja

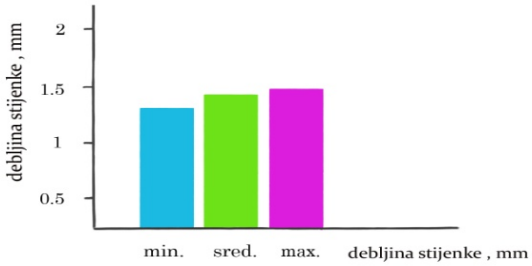
Prema ocjeni stanja površine daljnjim vizualnim pregledom uočena su rupičasta oštećenja tj. šupljine koje se protežu po površini. Izgled oštećenja asocira na rupičastu koroziju.

Mjerenje debljine stjenke

Mjerenjem debljine materijala utvrđujemo promjenu dimenzija debljine stjenke, nastalu korozijskim utjecajem. Mjerenje je provedeno s vodene strane stjenke cijevi.

Kako bi površina bila pripremljena za mjerenje debljine stjenke potrebno ju je prije mjerenja brusiti. Mjerenje debljine stjenke ispitano je uređajem PCE-TG 110. TG11 je mjerač debljine stjenke metala i koristi ultrazvučni princip koji pomoću sonde mjeri debljinu ispitanog materijala.. Uređaj je prikazan na slici 4

Slika 4. Uređaj za mjerenje debljine stjenke materijala, PCE-TG 110



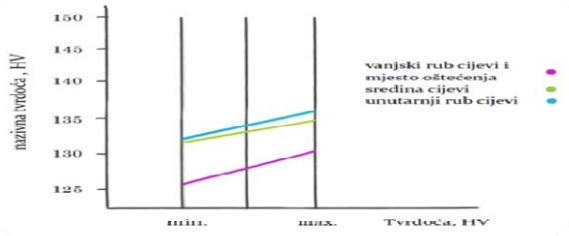
Slika 5. Dijagram rezultata ispitivanja debljine stjenke cijevi

Debljina stjenke cijevi u mm :minimalna 1.36, prosječna 1,40, maksimalna 1,44, a na mjestu oštećenja 0,55-1,28.

Mjerenje tvrdoće

Mjerenja tvrdoće provedena su s uređajem MIC 10 DL. Tvrdomjer koristi ultrazvučni princip mjerenja pomoću sonde sa Vickersovim utiskivačem (piramida 136°). Rezultate mjerenja očitali smo na displayu uređaja prikazanog na slici 6.

Slika 6. Uređaj za mjerenje tvrdoće MIC 10 DL



Slika 7. Dijagram vrijednosti mjerenja tvrdoće cijev

Tablica 1. Vrijednosti mjerenja tvrdoće

mjesto ispitivanja (HV10)	min tvrdoća - max tvrdoća
Vanjski rub cijevi	126 - 130
Sredina cijevi	132 - 134
Unutarnji rub	133 - 136
Na mjestu oštećenja	126 - 130

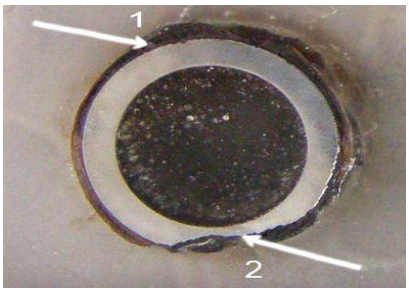
Metalografska ispitivanja mikrostrukture su provedena na mikroskopu „Leitz“ slika 8

Slika 8. Miroskop „Leitz“sa dodatnom opremom

Metalografska ispitivanja cijevi

Metodom s razaranjem provedena su metalografska ispitivanja oštećene cijevi fi 12x1.5. Izvršili smo pripremu površine uzorka za ispitivanje, izrezivanje poprečnog presjeka cijevi u području najvećeg korozijskog oštećenja i pripremu uzorka za snimanje i analizu. Potrebna analiza i snimanje izvršeno je mikroskopom Leitz . Na slikama su prikazana oštećenja uzorka cijevi.

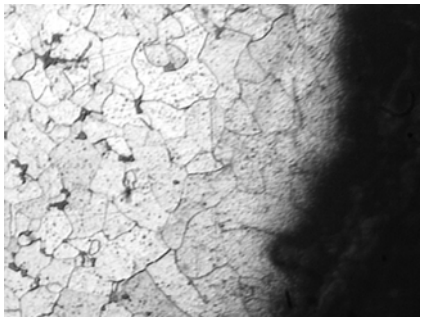
Slika 9. Uzorak oštećene cijevi



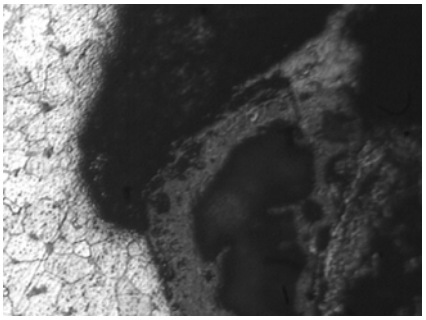
Slika 10. Poprečni presjek oštećene cijevi

Na slici poprečnog presjeka cijevi možemo vidjeti označena mjesta ispitivanja. Ispitivali smo vanjski, srednji i unutarnji rub stjenke cijevi s povećanjem od 250x.

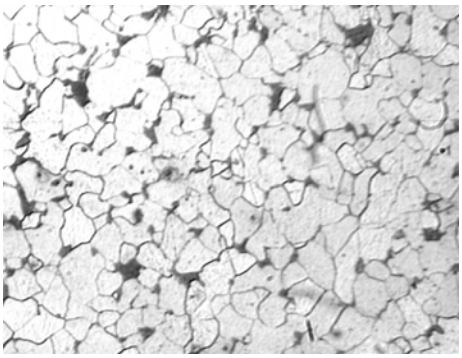
• 1 mjesto ispitivanja



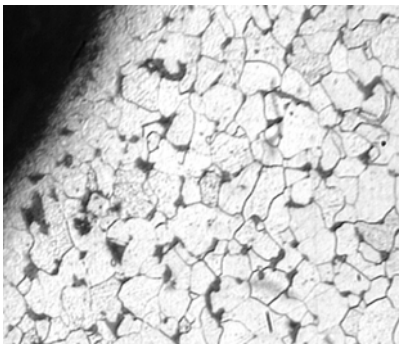
Slika 11.a Metalografske slike s vodene strane cijevi



Slika 11.b Vanjski rub s povećanjem 250x – prikaz korozije



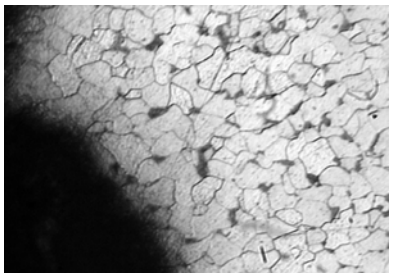
Slika 12. Srednji rub s povećanjem 250x



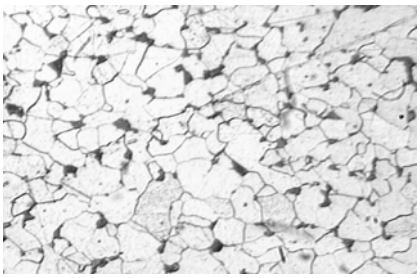
Slika 13. Unutarnji rub s povećanjem 250x

(1) vanjski rub stjenke – povećanje osnovnog feritnog zrna uz intenzivno razlaganje perlitne faze
(2) srednji rub stjenke – feritno - perlitna struktura, bez vidljivih promjena
(3) unutarnji rub stijenke – također feritno - perlitna struktura, bez vidljivih promjena

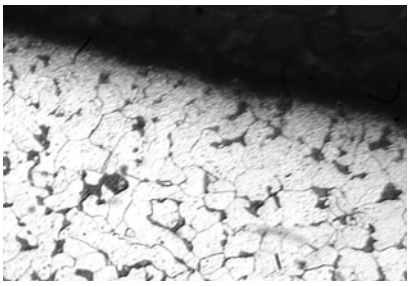
• 2 mjesto ispitivanja



Slika 14. vanjski rub s povećanjem 250x



Slika 15. Srednji rub s povećanjem 250x



Slika 16. Unutarnji rub s povećanjem 250x

(1) vanjski rub stjenke – vidi se stanjenje stjenke nastalo erozijom medija iz druge oštećene (probušene) cijevi. Gubitak stjenke sa vanjske strane, struktura - djelomično razložena perlitna faza
(2) srednji rub stjenke – feritno - perlitna struktura, bez vidljivih promjena
(3) unutarnji rub stjenke – također feritno - perlitna struktura, bez vidljivih promjena

Analiza vode

Redovnom analizom vode, za potrebe industrije, provedena su ispitivanja obrađene vode. Voda je prošla kroz omekšivač i u napojnom spremniku su dozirane dvije vrste kemikalija (za uklanjanje kisika i za kondiciniranje kondenzata (pH)). Prikaz rezultat dobivenih ispitivanjem možemo vidjeti u tablicama. Na tri mjesta uzimali su se uzorci vode.1. Napojni spremnik, 2. generator pare, 3. kondenzat

Tablica 2. Analiza uzorka vode od 08.05.2011

SUSTAV	Ukupna tvrdoća	ALKALITET			Vodljivost µs/cm	pH	Sulfiti	Fe
		P	M	OH				
Napojni premnik	0	30	243		881	9,4		
granice		5 do 60				8,5-9,5		< 0,10
Kotao (generator pare)		1277	1963	591	6340		45	
granice							30-60	
Kondezat	0	13	36		26	9,4		
granice		5 do 20				8,5-9,5		< 0,10
Rezultati u mg/l osim pH i vodljivosti					*Datum analize: 08.05.2011*			

Tablica 3. Analiza uzorka vode od 18.05.2011

SUSTAV	Ukupna tvrdoća	ALKALITET			Vodljivost µs/cm	pH	Sulfiti	Fe
		P	M	OH				
Napojni spremnik	0	23	324		876	9,5		
granice		5 do 60				8,5-9,5		< 0,10
Kotao (generator pare)		334	425	243	2670		32	
granice							30-60	
Kondezat	0	7	25		29	9,3		
granice		5 do 20				8,5-9,5		< 0,10
Rezultati u mg/l osim pH i vodljivosti					Datum analize: 18.08.2011			

Tablica 4. Analiza uzorka vode od 25.10.2011

SUSTAV	Ukupna tvrdoća	ALKALITET			Vodljivost µs/cm	pH	Sulfiti	Fe
		P	M	OH				
Napojni spremnik	0	28	367		789	9,5		
granice		5 do 60				8,5-9,5		< 0,10
Kotao (generator pare)		1986	2760	1212	9790		78	
granice							30-60	
Kondenzat	0	0	17		34	7,8		
granice		5 do 20				8,5-9,5		< 0,10
Rezultati u mg/l osim pH i vodljivosti					Datum analize: 25.10.2011			

Ispitivanje kemijskog sastava cijevi

U tablici su navedeni podaci kemijskog sastava i mehanička svojstva cijevi materijala P235GHTC1 DIN 50049/ HRN EN 10216-2, korišteni u eksperimentalnom dijelu rada.

Materijali su predviđeni za rad na visokim temperaturama u parnim kotlovima, turbinama. Upotrebljavaju se za izradu dijelova koji su u eksploataciji izloženi visokim opterećenjima i povišenim temperaturama u toku dužeg vremenskog perioda(rotori, tijela parnih turbina, cijevi pregrijača pare, ventili, parovodi).

kemijski sastav i mehanička svojstva čelika P235GHTC1određena su po DIN 17175/ EN 10216-2

Kako bi odredili kemijski sastav cijevi, koristili smo uređaj za analizu kemijskog sastava, spektrometar.

Slika 17. Uređaj za analizu kemijskog sastava

Tablica 5. Ispitivanje kemijskog sastava materijala cijevi

DIN 17175 / EN 10216 - 2	Kemijski sastav												
Oznaka uzorka	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Al %	Cr %	Cu %	Mo %	Nb %	Ni %	Ti %	V %
P235GH TC1 cijev Ø 12.5 x 1.5	0.12	0.32	1.11	0.017	0.006	0.011	0.02	0.15	0.04	0.00	0.05	0.014	0.01

Analiza rezultata ispitivanja

Prema provedenim rezultatima ispitivanja može se konstatirati slijedeće:

Vizualni pregled cijevi vidljive naslage taloga sivkaste boje debljine oko 2 mm, na 95 % površine. Prisutna su korozijska oštećenja s vanjske strane cijevi te oštećenja nastala propuštanjem druge cijevi pored koja je oštetila ispitivanu cijev. Sl.2 ,3

Mjerenjem debljine stjenke cijevi izmjereno je uređajem PCE-TG 110 i kreće se u rasponu od min 0.55 mm do max. 1.44 mm. Rezultati ispitivanja prikazani su na slici 4 i5.

Ispitivanje tvrdoće: Izmjerene su vrijednosti tvrdoća prijenosnim uređajem MIC10 – Vickersovom HV10 metodom i kreću se u rasponu od 126 HV do 136 HV, mjerenja su provedena prema slici 6, a rezultati su prikazani u tablici 1.

Metalografska ispitivanja:Ispitivanja su provedena na poprečnom presjeku jedne cijevi,i to na mjestu najvećeg oštećenja. Utvrđena su oštećenja s vanjske strane cijevi. Moguće je da nije bilo prijenosa topline te je došlo do promjene strukture materijala(raspadanje perlita). Pretpostavka da je do propadanje s vanjske strane (koja je prekrivena talogom od 2 mm) došlo . zbog elektrokemijske i kaustične korozije. Sa unutarnje strane nema oštećenja. Izgled mikrostruktura prikazan je na slikama7,8,9,10 i 11.

Analiza vode:Ispitivana je redovna analiza vode u svrhu potreba industrije. Utvrđen je povećana tvrdoća i taloženje Na_2CO_3. Uzorci vode uzeti su iz napojnog spremnika, generatora pare i kondenzata, rezultati su prikazani u tablicama 2 i 3 i 4.
Ispitivanje kemijskog sastava provedeno je spektrometrom i utvrđeno je da ispitivana cijev zadovoljava deklariranu kvalitetu materijala P235GHTC1 (DIN 17175, EN 10216-2).tab. 5

3. Zaključak

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da je došlo do intenzivne korozije na površini cijevi uz dubinska korozijska oštećenja u kratkom vremenskom razdoblju eksploatacije. Analiza materijala i medija upućuje na elektrokemijsku koroziju potpomognutom tvrdom vodom, prisustvom kamenca i nedostatkom katodne zaštite
Hladne deformacije pri oblikovanja snopa cijevi i zavarivanje mogući su uzročnici neželjene ubrzane korozije. To je razlog zbog kojeg je važno kontrolirati svaki dio procesa proizvodnje.

4. Literatura

[1] ASM Speciality Handbook (1994). Stainless Steels, Davids,J.R.,(ED.) ASM International, ISSBN 0-87170-503-6, Ohio
[2] P.R. Puckorius,B. Cunningham,Cooling water technology advanced course, in International Water Coference, Pittsburgh(1997)
[3] I. Esih, Z.Dugi: Tehnologija zaštite od korozije, Školska knjiga, Zagreb,1990.
[4] S.C. Dexter,1987 in ASM Handbook, Vol. 13, American Society for Metals, Metals Park,OH, 893(1987)

Unaprijeđeni prostorni model gasnog sistema sa implementacijom webGIS platforme: KJKP Sarajevogas d.o.o.

An improved spatial model of the gas system with implementation of webGIS platform: KJKP Sarajevogas d.o.o.m

J. Dizdarević*

KJKP Sarajevogas d.o.o., 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

*Autor za korespodenciju. E-Mail. jasminad@sarajevogas.ba

Sažetak

Vođenje sveobuhvatne evidencije odnosno cjelovito upravljanje podacima gasne infrastrukture je postalo neizostavni dio uspješne politike poslovanja distributera gasa koje sa sobom donosi brojne beneficije, između ostalih i stvaranje 'baze znanja' o vlastitom sistemu i svim njegovima segmentima – tzv. kompetitivnu inteligenciju – što doprinosi ostvarenju kompetitivne prednosti na liberaliziranom energetskom tržištu. Uspostavljanjem Centraliziranog sistema upravljanja svim prostornim ali i poslovnim podacima gasne infrastrukture, omogućeno je evidentiranje i upravljanje svim informacijama koje su relevantne za analizu, planiranje, projektovanje, izgradnju, održavanje, odlučivanje te upravljanje gasnim sistemom. Implementirani poslovni (alfanumerički) i (geo)prostorni modeli podataka, po strukturi i organizaciji, ispunjavaju sve zahtjeve i norme tehničke regulative iz oblasti gasne tehnike. Koristeći principe i tehnike konceptualnog modeliranja, realni model gasnog sistema je, praktično, preslikan u objektni model podataka gasnog sistema (GANIS) koji je u GIS sistemu prožet sa modelom terena, digitalnim katastrom podzemnih instalacija, adresnim modelom i dr. Na ovaj način GIS objedinjuje i povezuje prostorne informacije kroz kolekcije različitih slojeva uključujući dizajn distributivne gasne mreže i njenih dijelova, te pratećih infrastrukturnih objekata i elemenata.

Ovakvim sistemskim uređenjem jedinstvene baze podataka i prostornog, objektno-relacionog modela gasnog sistema - GANIS, stvorena je osnova za implementaciju integrisanih rješenja i primjenu novih tehnologija uključujući implementaciju webGIS platforme. Osnovni cilj je da se svim korisnicima interne LAN mreže Preduzeća omogući pristup prostornim podacima Sarajevogas katastra, korištenjem standardnog web pretraživača, ali i poslovnim podacima Centralne baze. Korisnici sada mogu preko web-a pristupiti GIS podacima i aplikacijama, te vršiti različite analize, postavljati prostorne upite, pregledati interaktivne karte, itd. Pri tome samo autorizirani GIS korisnici mogu vršiti i editovanje podataka kroz webGIS aplikaciju – *WebPresenter*.
Implementacijom jedinstvenog, objektno-relacionog modela gasnog sistema na Centralnoj bazi prostornih i poslovnih podataka Sarajevogasa, uz kontinuiranu primjenu normi tehničke regulative iz domena gasne tehnike, omogućena je implementacija sistemskih i integrisanih rješenja za upravljanje gasnim sistemom te su stvoreni preduslovi za dalje otvaranje sistema prema svim zainteresiranim stranama na nivou Kantona Sarajevo i šire.

Ključne riječi: centralna baza poslovnih i prostornih podataka, objektno-relacioni model gasnog sistema, tehnička regulativa, integrisana rješenja, webGIS.

Abstract
Conducting a comprehensive Gas Infrastructure Data Register and Integrated Data Management becomes an integral part of modern, sucessfull business policy for Gas Utility that brings many benefits, among others the foundation of 'knowledge base' on its own system and all its segments – i.e. competitive intelligence – which contributes to the achievement of competitive advantages in liberalized energy market. By establishing a centralized system management of all spatial and business gas infrastructure data, it is possible to record and manage all information relevant to the analysis, planning, design, construction, maintenance, and management decision making in relation with the gas system. Implemented business (alphanumeric) i (geo)spatial data model, according to their structure and oranisation, meet all requirements and norms of technical regulations in domain of gas technic. Using conceptual modeling principles and technics, a realistic model of gas system is, practically, imitated as object-oriented data model of gas system (GANIS) which is in GIS system combined with terrain model, digital cadastre of underground installations, address model and the others. In this way, GIS combines and associated spatial information through a collection of different layers including the design of gas distribution network and its components and supporting infrastructure facilities and elements.

Sistematic organization of the Central database and implementation of spatial, object-relational model of the gas system – GANIS, created the basis for the implementation of integrated solutions and application of new technologies including implementation of webGIS platform. The main goal is to enable all internal users of Sarajevogas LAN network with access to the spatial data Sarajevogas registry, using standard web browsers, as well as, to all operating data of the Central Database. Users can now, over the web, access GIS data and applications, and perform various analyzes, perform spatial queries, view interactive maps, etc. The only authorized GIS users can perform data editing through a webGIS application - *WebPresenter*.
Implementation of a unified, object-relational model of the gas system on the Central Database of Sarajevogas spatial and business data, with continuous application of technical regulations and standards from the domain of gas technic, enables the implementation of sistematic and integrated solutions for gas system management and creates the preconditions for further opening of the system to all interested parties on the level of the Sarajevo Canton and beyond.

Keywords: central database of business and spatial data, object-relational model of the gas system, technical regulations, integrated solutions, webGIS.

1. Uvod

Geoprostorne informacije predstavljaju jedan od ključnih elemenata za podršku procesa donošenja odluka u mnogim područjima, sistemima i organizacijama, pa tako i za distributera gasa. Potrebe savremenog poslovnog okruženja zahtijevaju integraciju geoprostorne komponente Informacionog sistema sa poslovnim procesima kompanije, kako bi se omogućilo cjelovito upravljanje kompletnim Sistemom. Samo ono upravljanje i odlučivanje bazirano na cjelovitim informacijama iz svih segmenata poslovanja jedne kompanije, može da rezultira realizacijom zacrtanih strateških ciljeva te doprinese održivom razvoju i povećanju učinkovitosti kompanije u cjelini.
Sarajevogas je u okviru *Stretegije razvoja Informacionog sistema za period 2010-2012. godina* uspješno realizovao više zacrtanih strateških ciljeva odnosno projekata koji su u uskoj vezi sa integracijom prostorno-poslovnih podataka i sistema, kao što je kolaboracija poslovnih aplikativnih rješenja u korporacijski portal, konsolidacija prostornih i poslovnih podataka kroz etabliranje Centralne baze Sarajevogasa, te razvoj Integracijske GIS platforme. Nakon toga, slijedio je Projekat uspostave WebGIS platforme uz razvoj pratećih WebGIS aplikacija, prema poslovnim potrebama i ciljevima.

Realizacijom WebGIS platforme, bazirane na industrijskim i tehničkim standardima, te razvojem pratećih web aplikacija osvareni su različiti benefiti kao:

- Jednostavan pristup podacima, širi auditorij,
- Objedinjeni prostorni i atributni podaci – centralizovan pristup i upravljanje podacima,
- Razvoj prilagođenih korisničkih interfejsa i rješenja,
- Dostupnost integrisanom rješenju i podacima Centralne baze na svim nivoima odlučivanja i upravljanja,
- Brza edukacija korisnika, intuitivan dizajn,
- Lako i jednostavno dolaženje do novih informacija vezano za određeni geoprostorni pojam ili entitet tzv. lokacijska inteligencija,
- Mogućnost izvršavanja različitih analiza i pronalaženja novih obrazaca među integriranim podacima Centralne baze tzv. poslovna inteligencija,
- Standardiziranost i kompatibilnost sistema (mogućnost upostave GIS servisa na nivou Kantona Sarajevo i šire),

2. Istorija razvoja GIS-a u Sarajevogas-u

Geoprostorni Informacioni Sistem (GIS) predstavlja sistem za upravljanje prostornim i njima pridruženim atributnim podacima, odnosno računarski sistem za sakupljanje, pohranjivanje, uređivanje, analizu te prezentaciju sadržanih (prostornih) informacija. Za distributera gasa GIS predstavlja sredstvo i alat koje daje podršku u obavljanju svakodnevnih operacija i zadataka iz svih domena poslovanja kompanije, te tako omogućava evidentiranje i upravljanje svim prostornim i poslovnim informacijama relevantnim za analizu, planiranje, projektovanje, izgradnju, održavanje, odlučivanje te upravljanje gasnim sistemom odnosno distributivnom gasnom mrežom i svim pratećim infrastrukturnim objektima i elementima.

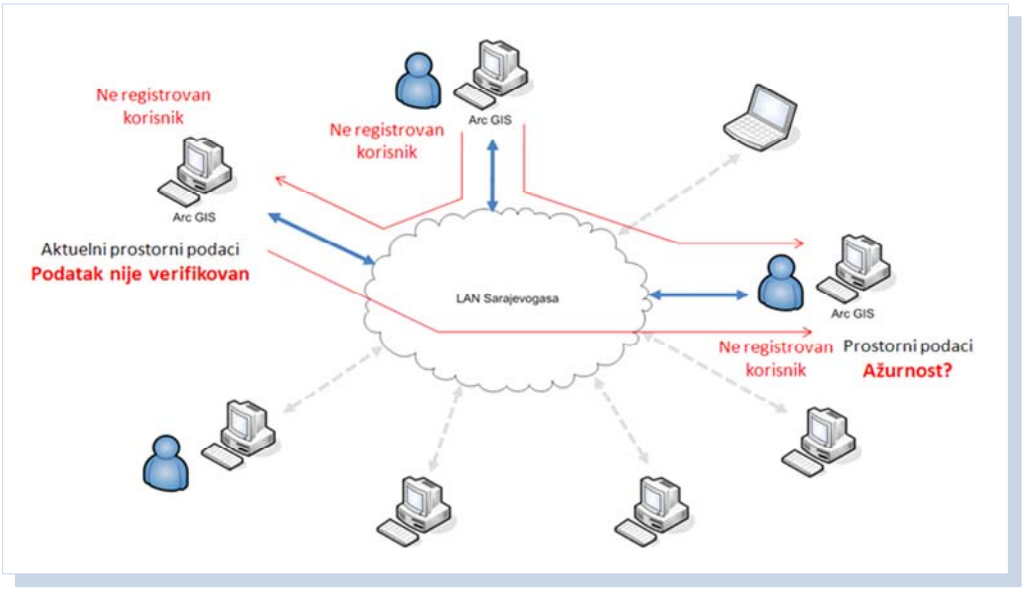
Razvoj GIS-a je u Sarajevogasu tekao postepeno kroz različite faze koje su odražavale zasebne i specifične sistemske koncepte, implementirane ideje i njegove strukturalne promjene, što se direktno veže za nivo integriranosti GIS rješenja u poslovni Informacioni sistem Preduzeća. Počevši od niskog nivoa integriranosti, sa uspostavljanjem Distribuiranog GIS-a, zatim uvođenjem i formiranjem jedinstvene Centralne baze poslovnih i prostornih podataka, te realizacijom Integrisanog GIS rješenja, Sarajevogas Geoprostorni Informacioni Sistem je sazrio za uvođenje i inkorporaciju u sve poslovne procese distributera gasa, kroz implementaciju sveobuhvatne, više-slojne WebGIS platforme.

2.1. Distribuirani sistem

Na samom početku uvođenja GIS-a u Sarajevogas poslovno okruženje, Sistem je koncipiran na načelima distribuiranog upravljanja odnosno prikupljanja, čuvanja, ažuriranja i razmjene prostornih podataka među GIS korisnicima. Naime, platforma se bazirala na centralnom

serveru prostornih podataka, preko kojeg je omogućeno dijeljenje datoteka putem LAN mreže Preduzeća, pri čemu korisnici na svojim klijentskim mašinama koriste desktop aplikativni GIS softver ArcGIS - za pristup i upravljanje datotekama prostornih podataka. Premda je ovakav klijent-server model organizacije GIS okruženja bio zadovoljavajući za obavljanje uobičajenih GIS zadataka, ipak je pokazao značajne nedostatke:

- Nije postojao jedinstveni DBMS (Database Management system) za sve tipove podataka, odnosno jedinstven model (prostornih) podataka,
- Poteškoće u ažuriranju i kontroli podataka.



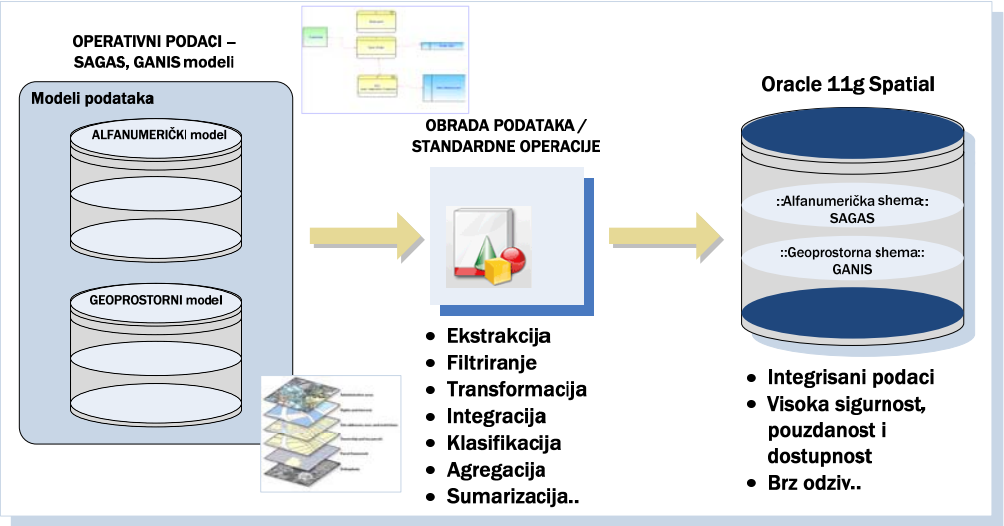
Slika 1. Distribuirano upravljanje prostornim podacima GIS-a

2.2. Centralizirani sistem

U sljedećoj fazi razvoja GIS-a u Sarajevogasu, krenulo se sa centralizacijom Sistema kroz implementaciju Oracle11g Enterprise Edition baze podataka sa ugrađenom Spatial komponentom. Ovakva napredna tehnologija omogućila je formiranje Centralne baze poslovnih i prostornih podataka Sarajevogasa, koncipirane u skladu sa sljedećim načelima:

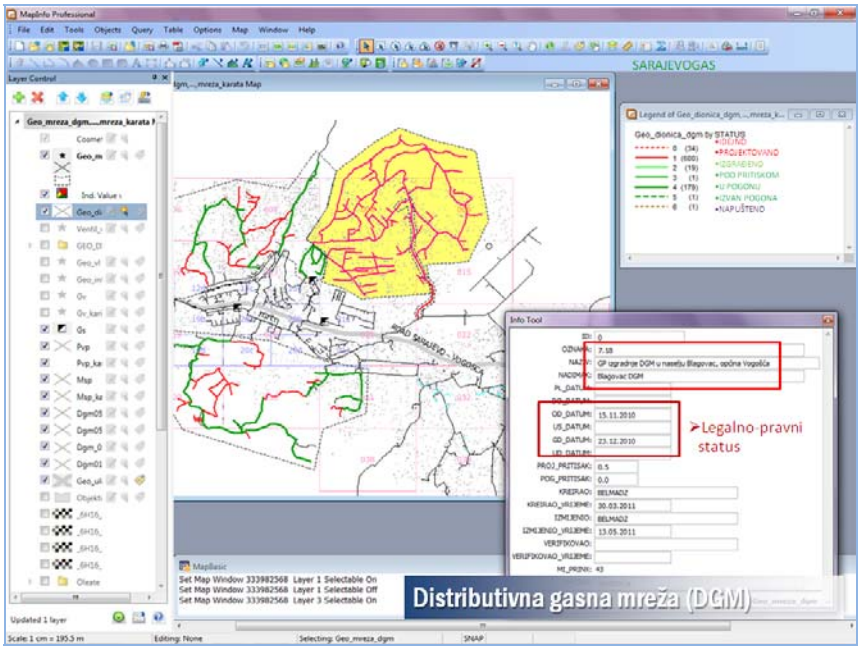
- Sarajevogas Centralna baza podataka je utemeljena na sveobuhvatnim Prostornim i Atributnim Modelima i skupovima podataka (GANIS i SAGAS respektivno) te sadrži informacije o svim fazama projektovanja, dizajniranja, izgradnje i održavanja gasne distributivne mreže i njenih segmenata, kao i pratećih objekata i elemenata gasnog sistema,
- Sistematska organizacija Centralne baze podataka zadovoljava sve zahtijeve i norme tehničke regulative iz oblasti gasne tehnike,

- Centralna baza podataka je ažurna zahvaljujući redovnom, tačnom i odgovornom unosu validnih podataka od strane vlasnika podataka.



Slika 2. Modeli podataka na Centralnoj Oracle 11g Spatial bazi

Uvođenjem jedinstvene, Oracle baze podataka stvoreni su svi preduslovi za dalju integraciju poslovnog sistema Sarajevogasa, aplikacija i podataka, ali i geoprostornih podataka kroz Spatial komponentu Centralne baze, čime je utemeljen *Integrisani GIS*. Implementirani poslovni (alfanumerički) i (geo)prostorni modeli podataka, po strukturi i organizaciji, ispunjavaju sve zahtjeve i norme tehničke regulative iz oblasti gasne tehnike. Koristeći principe i tehnike konceptualnog modeliranja, realni model gasnog sistema je, praktično, preslikan u objektni model podataka gasnog sistema (GANIS) koji se u GIS-u prožima prožima sa modelom terena, digitalnim katastrom podzemnih instalacija, adresnim modelom i dr. Na ovaj način GIS objedinjuje i povezuje prostorne informacije kroz kolekcije različitih slojeva uključujući dizajn distributivne gasne mreže i njenih dijelova, te pratećih infrastrukturnih objekata i elemenata. Ovakvim sistemskim uređenjem jedinstvene baze podataka, omogućeno je evidentiranje i upravljanje informacijama o svim fazama projektovanja, dizajniranja, izgradnje i održavanja distributivnih gasnih mreža i ostalih objekata gasnog sistema: od faze analize i planiranja, preko dozvola za izgradnju, naloga za izvođenje radova, izvođenja radova, ispitivanja, upotrebne dozvole, puštanja u pogon i održavanja gasnog sistema.



Slika 3. Upravljanje informacijama o distributivnim gasnim mrežama

GIS okruženje je unaprijeđeno uvođenjem MapInfo tehnologije, tako da korisnici pored standardnog desktop GIS aplikativnog softvera, imaju na raspolaganju i mogućnost pristupa prostornim podacima Centralne baze korištenjem ProViewer web preglednika. Rad u sistemu je personaliziran, vrši se redovna validacija i verifikacija podataka, te je kvalitet podataka zagarantovan.

3. Projekat implementacije webGIS platforme

Zahvaljujući intenzivnom razvoju web tehnologije i Interneta u posljednjem desetljeću, geoinformacioni sistemi su evoluirali od izoliranih i platformski-orjentisanih aplikacija do web aplikativnih sistemskih rješenja sa ugrađenim funkcionalnostima standardnih GIS alata, u web okruženju. Ovakav napredak GIS tehnologije je omogućio relativno brz razvoj cjelovitih, WebGIS platformi i višestrukih WebGIS aplikativnih rješenja namijenjenih ciljanim grupama korisnika.

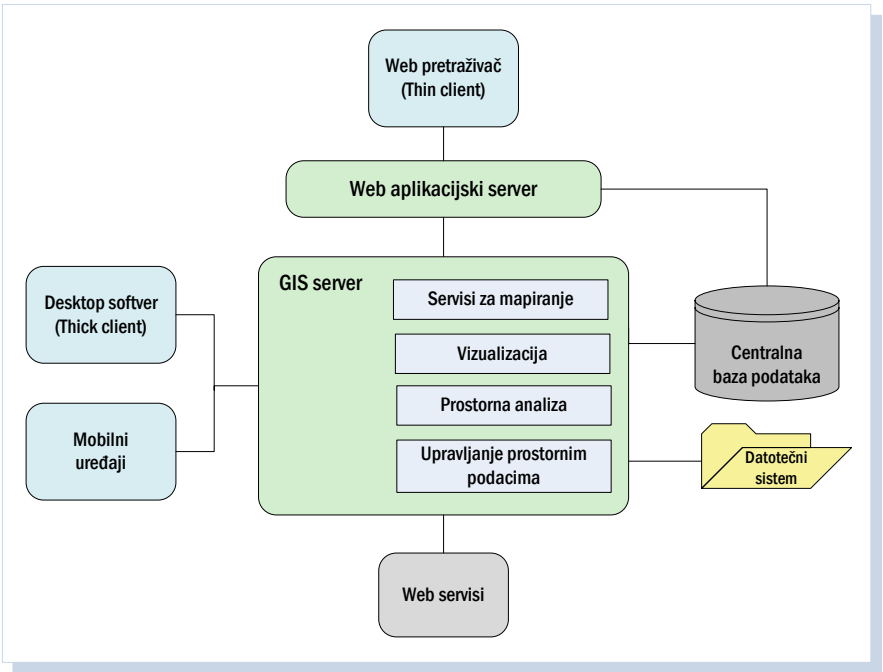
Razvojem WebGIS aplikacije *WebPresenter*, korisnici Sarajevogas interne mreže mogu sada putem standardnog web pretraživača pristupiti podacima Centralne baze, te postavljati upite, vršiti različite (prostorne) analize, pregledati interaktivne karte, itd. Dizajn korisničkog interfejsa je prilagođen na način da bude u skladu sa korisničkim potrebama, zadacima i ciljevima, kao i informatičkim znanjima i vještinama.

U nastavku je izložen koncept WebGIS tehnologije i dat detaljan opis etablirane platforme, te nove WebGIS aplikacije *WebPresenter*, namijenjene za vođenje statistike šteta na gasnom sistemu Kantona Sarajevo.

3.1. Arhitektura WebGIS-a

WebGIS predstavlja web-orjentisani informacioni sistem koji daje funkcionalnosti geoinformacionih sistema na webu preko HTTP-a i HTML-a. WebGIS aplikacije nude različite mogućnosti, od uvida u statične i dinamične karte pa sve do naprednih funkcionalnosti, kao što je izvođenje prostornih analiza.

WebGIS platforma se bazira na troslojnoj klijent-server arhitekturi. Prvi sloj predstavlja korisnički interfejs na klijentskoj strani. Drugi je sloj poslovne logike koji izvršava definisanu poslovnu logiku i omogućava pristup GIS podacima, te istovremeno logički izolira klijentsku stranu od podataka. Na taj način smanjena je kompleksnost pristupa podacima klijentskoj strani, ali i povećana sigurnost podataka. Treći sloj predstavlja Centralnu bazu podataka sa integrisanim prostornim i poslovnim podacima Preduzeća.



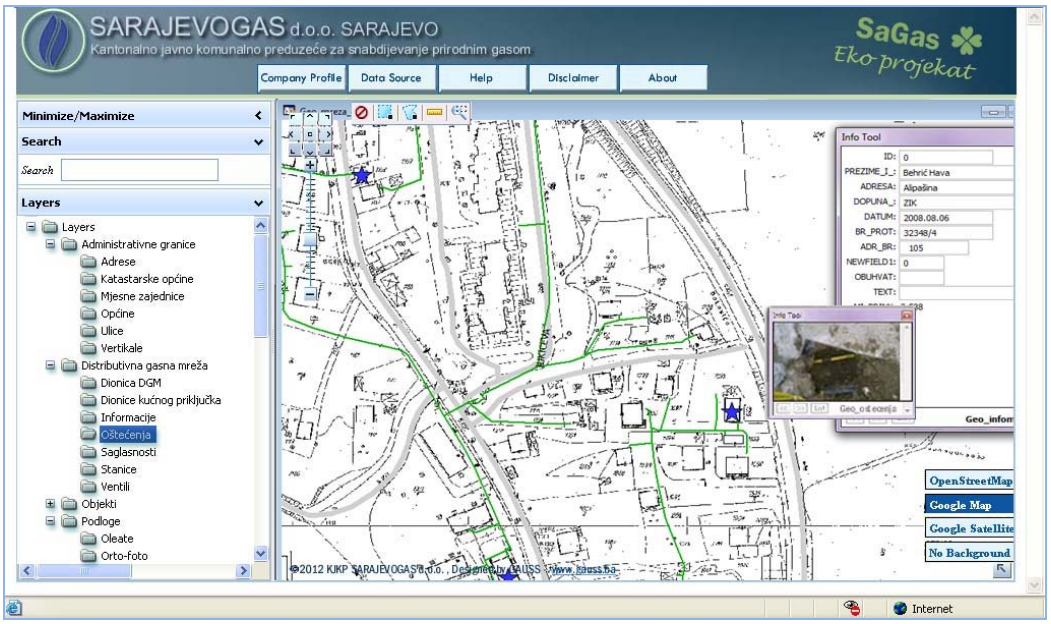
Slika 4. WebGIS klijent-server arhitektura

3.2. Osnovne karakteristike Sarajevogas WebGIS aplikacije: *WebPresenter*

Prezentacija je veoma važna komponenta korisničkog interfejsa, jer korisnik mora biti u mogućnosti da pregleda, postavlja upite, radi sa kartama i drugim informacijama (prostornim i

ne prostornim). Općenito, prezentacijska komponenta treba da omogući prikaz prostornih informacija, renderiranje karti, editovanje, postavljanje upita i prostorne analize, itd. Pomenute funkcionalnosti su implementirane i ugrađene u WebGIS aplikaciju *WebPresenter* namijenjenu za vođenje statistike šteta na gasnom sistemu Kantona Sarajevo. WebGIS aplikacija *WebPresenter* daje podršku za realizaciju svih aktivnosti obuhvaćenih tokom posmatranog procesa, na sljedeći način:

- Sve intervencije na gasnom sistemu radi statistike šteta, analize i predviđanja trendova se evidentiraju u jedinstvenoj bazi podataka o štetama,
- Po završetku intervencije na terenu rukovodilac ekipe u sklopu izvještavanja o završenim radovima i obimu nastale štete koristeći web interfejs u bazu podataka unosi sve relevantne činjenice u skladu sa zahtjevima tehničkih pravila i Sarajevogasa,
- Prvi korak je lociranje mjesta nastale štete kroz web mapu koja je generisana iz prostorne baze podataka Sarajevogasa, uključujući adresni model, i sadrži katastarske podloge, orto-foto snimke, podatke o gasnom sistemu i podatke o okolnim infrastrukturnim i ostalim objektima,
- Sa postavljanjem tačke na tačnoj lokaciji dobija se mogućnost unosa svih tekstualnih podataka izvještaja i upload relevantnih dokumenata (skice, šeme, fotografije..),
- U narednoj fazi kao poboljšanje procesa kreiranja relevantne dokumentacije predviđeno je automatsko pozicioniranje mjesta štete prenošenjem informacije sa ručnog GPS uređaja, u vidu fotografije zatečenog stanja.



Slika 5. Korisnički interfejs WebGIS aplikacije *WebPresenter*

4. Zaključak

Za distributera gasa GIS predstavlja sredstvo i alat koje daje podršku u obavljanju svakodnevnih operacija i zadataka iz svih domena poslovanja kompanije, te tako omogućava evidentiranje i upravljanje svim prostornim i poslovnim informacijama relevantnim za analizu, planiranje, projektovanje, izgradnju, održavanje, odlučivanje te upravljanje gasnim sistemom odnosno distributivnom gasnom mrežom i svim pratećim infrastrukturnim objektima i elementima. Imajući u vidu da je uloga cjelovitog GIS rješenja prvenstveno sistemska integracija postojećih informacionih rješenja – podsistema, zatim kvalitetnija prezentacija i vizuelizacija podataka, te pristup informacijama širokom spektru korisnika na lak i jednostavan način, razvoj Integracijske GIS platforme u Sarajevogasu fokusirao se na iznalaženje novog i jednostavnijeg načina u pristupu i distribuciji GIS podataka. Razvojem WebGIS platforme, bazirane na industrijskim i tehničkim standardima, te WebGIS aplikacije *WebPresenter*, korisnici Sarajevogas interne mreže mogu sada putem standardnog web preglednika pristupiti podacima Centralne baze, te postavljati upite, vršiti različite (prostorne) analize, pregledati interaktivne karte, itd. Dizajn korisničkog interfejsa je prilagođen na način da bude u skladu sa korisničkim potrebama, zadacima i ciljevima, kao i informatičkim znanjima i vještinama. Na ovaj način otvoren je pristup podacima i informacijama Centralne baze na svim nivoima odlučivanja i upravljanja distributera gasa.

Na kraju, može se zaključiti da WebGIS predstavlja efikasno i pristupačno GIS rješenje s fleksibilnom funkcionalnošću usmjerenom konkretnim potrebama korisnika te, u ovom slučaju, ispunjava potrebe i očekivanja distributera gasa za optimalnom i integriranom informatičkom podrškom u svim segmentima poslovanja.

5. Literatura

[1] Tehnička pravila za gasnu struku, GW122: Mrežni informacioni sistemi-GIS-sistem kao značajan sastavni dio tehničkog IT-sistema za informacije o mreži, DVGW/IGT izdanje, 2008/2010.
[2] Interna tehnička dokumentacija, Konsolidacija i centralizacija baze podataka Sarajevogasa, KJKP Sarajevogas d.o.o., februar 2012.
[3] Interna tehnička dokumentacija, Projektni zadatak: Razvoj i održavanje webGIS rješenja, KJKP Sarajevogas d.o.o., august 2011.

Realizacija aktivnosti korektivnog održavanja primjenom različitih informacijskih sustava

Realization of corrective maintenance activities by application of different information systems

T. Šarić*, D. Pezer, K. Šimunović, R. Lujić

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

*Autor za korespodenciju. E-mail: tsaric@sfsb.hr

Sažetak

U radu je dan kratki opis korektivnog održavanja s pregledom nekoliko slučajeva radnih naloga. Opisani su opći atributi radnog naloga održavanja. U radu je analizirana moguća primjena različitih informacijskih sustava kao podrške pri realizaciji aktivnosti korektivnog održavanja. U eksperimentalnom dijelu rada, za konkretne radne naloge, izvršena je simulacija u različitim informacijskim sustavima (Infor EAM MP2 i Microsoft Dynamics NAV). Kroz ostvarene rezultate pokazana je mogućnost primjene informacijskih sustava uz prikaz prednosti koje se ostvaruju implementacijom ovih sustava podržanih suvremenim informatičkim tehnologijama.

Abstract

A brief description of corrective maintenance with an overview of few cases of work orders is given in this paper. General characteristics of a maintenance work order are also given. The application of different information systems as a support for the realization of activities of corrective maintenance is also analyzed in the paper. In the experimental part, a simulation in different information systems (Infor EAM MP2 and Microsoft Dynamics NAV) was performed for the specific work orders. The achieved results show the possibilities of their application, as well as all the advantages of implementing the information systems supported by modern information technologies.

Ključne riječi: korektivno održavanje, radni nalog, informacijski sustav

1. Uvod

Održavanje je skup metoda i aktivnosti koje se primjenjuju na održavanju strojeva, postrojenja, zgrada i ostalih materijalnih dobara u gospodarskim subjektima. Cilj održavanja je osigurati maksimalno moguću raspoloživost i pouzdanost radnih sredstava i imovine uz troškovnu učinkovitost. Tijekom eksploatacije tehničkih sustava koji su podložni promjeni tehničkog stanja u vremenu, dolazi do promjena koje su uvjetovane vanjskim i unutrašnjim faktorima. Ovi faktori izazivaju u njima niz neželjenih procesa koji se u konačnici očituju kroz gubljenje projektiranih svojstava. Ovi procesi mogu imati različita djelovanja na tehničke sustave. Poneki procesi mogu privremeno mijenjati tehničke parametre ali u određenim granicama (elastične i topline deformacije i slično). Ostali procesi su obično po prirodi takvi da su u funkciji vremena (abrazija, korozija, zamor, unutrašnja naprezanja i slično). Rezultat djelovanja ovih procesa očituje se u mehanizmu nastanka kvara. Iz njega je vidljivo da se prijelaz iz stanja “Radi” u stanje “Ne radi” odvija u vremenu. Za analizu u ovom radu prvenstveno je važno uočiti oštećenja i kvarove te na iste djelovati u duhu nazivnika aktivnosti korektivnog održavanja. Aktivnosti koje se provode u korektivnom održavanju trebale bi biti planirane i praćene radnim nalozima. Oblikovanje, korištenje i primjena radnih naloga su u direktnoj korelaciji s organizacijskim ustrojem i ciljevima koji se ostvaruju unutar službe održavanja.

2. Značaj i funkcija radnog naloga održavanja

Kao osnovni značaj radnog naloga ističe se komunikacija voditelja održavanja s neposrednim radnicima održavanja (bravari, električari, elektroničari i slično). Radni nalog daje održavateljima pisana pojašnjenja koja sadrže slijedeće informacije [1] :

- opis problema i upute za rješavanje problema,
- naziv osobe po imenu ili vrsti održavatelja koji treba izvršiti radni nalog,
- autorizaciju za izvršavanje radnog naloga,
- ime ili kontakt telefon osobe koja je izdala radni nalog i slično.

Radni nalozi su potrebni jer ostavljaju pisani trag svih događaja vezanih za održavanje. Oni predstavljaju jedinstvenu arhivu koja daje mogućnost da se vrlo jednostavno i u kratkom roku dođe do potrebnih podataka. Jednostavno rečeno, ta arhiva podataka služi za unapređenje održavanja uopće. Radni nalozi imaju veliki značaj u sljedećim područjima [2]:

- *Evidencija troškova* – U radnom nalogu su arhivirani svi radnici koji su izvršavali nalog, svi specijalni alati koji su bili potrebni za popravak, svi rezervni dijelovi koji su utrošeni za popravak i pregled stroja ili opreme i slično. Na osnovi ovako definiranih podataka mogu se lako izračunati troškovi održavanja bilo po inventarnom broju, proizvodnoj liniji, organizacijskoj cjelini ili na razini cijele tvornice.
- *Dokaz o sigurnosti i sukladnosti s pravilnicima i zakonskim normama* – U slučaju kvara, zastoja ili havarije koji neizbježno donose financijski gubitak ili u najgorem slučaju povrede, smrti radnika ili zagađenja okoliša, nadležni će htjeti vidjeti zapise o održavanju dotične opreme ili stroja koji je prouzročio zastoj. Postojanje zapisa o

održavanju s opisom održavanja i terminima održavanja može utvrditi da li su izvršene sve aktivnosti koje su propisane pravilnicima i zakonskim aktima.

- *Projekti, vremensko planiranje, menadžment održavanja i slično* – Radni nalozi prikazuju napredak i olakšavaju upravljanje planskih popravaka. Na planskim popravcima sve se aktivnosti mogu pisati u formi radnog naloga te kao takove mogu služiti za upravljanje planskim popravcima, odnosno za praćenje njihove realizacije.
- *Komunikacija između održavatelja i korisnika opreme* – Po završetku posla preporučljivo je kopiju popunjenog radnog naloga dostaviti korisniku opreme da bi korisnik imao realan uvid o stanju opreme na kojoj radi i da bi komunikacija između održavatelja i radnika bila na što višoj razini, a sve u cilju kvalitetnijeg održavanja.
- *Radni nalog kao podsjetnik i autorizacija* – U slučaju ponavljanja određenog kvara nakon dužeg vremenskog perioda stari radni nalog može poslužiti kao podsjetnik koji će pomoći da se kvar brže otkloni, ili može poslužiti kao uputa manje vještim ili neiskusnim održavateljima za otklanjanje kvara. Radni nalog može poslužiti i kao autorizacija za izdavanje doknadnih dijelova i specijalnih alata.
- *Radni nalog kao podloga za analizu opreme* – Dovoljno je već par godina da se skupi dovoljno informacija koje mogu poslužiti za analizu instalirane opreme.
- *Isplata osiguranja* – Prilikom zahtjeva za naplatom odštete od osiguravajuće kuće. Osiguravajuća kuća će tražiti zapise o održavanju da bi utvrdila je li održavanje prije nastanka kvara ili havarije bilo u skladu sa propisima i zakonskim normama, koje je uglavnom obavezno navedeno prilikom sklapanja ugovora.
- *Radni nalog kao povratna informacija voditelju održavanja* – Ispunjeni i zaključeni radni nalog daje voditelju ili planeru održavanja sve relevantne podatke o popravku određene opreme. Analiza ovih podataka može utjecati na poboljšavanje održavanja. Radni nalog (RN) je osnovni nositelj informacija, a kao takav i troškova, u održavanju tehničkih sustava.

Najčešći oblici (forme) radnih naloga prema njihovoj namijeni [2]:

- Forma dnevnika – najpogodniji je za evidenciju manjih zastoja, gdje dnevnik vodi sam radnik za strojem (slika 1).
- Forma izvještaja – ovakav tip RN-a popunjava održavatelj prilikom pregleda, i najčešći je oblik radnog naloga (slika 2).
- Forma rutinskog radnog naloga – upotrebljava se prilikom rutinskih operacija koje se periodično ponavljaju, i unaprijed su poznati izvršitelji radnih naloga, te vrsta i količina rezervnih dijelova potrebnih za njegovo izvršenje.
- Forma grupnog radnog naloga – ovakav oblik RN-a baziran je na određenu vrstu iste ili slične opreme.

radni nalog održavanja za kratke poslove (MLS)

RADNI LIST

MLS:

DATUM: _____ DO _____

IME:

LINIJA DATUMA	OPREMA	LOKACIJA / PROIZV. LINIJA	KORISNIK	POSAO ZATRAŽEN / POSAO ZAVRŠEN	RAZLOG / PRIORITET	MATERIJAL	POČ.	KRAJ / UKUPNO
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Slika 1. Prikaz RN-a - Forma dnevnika

(SWO)	RADNI NALOG	DATUM POČETKA:	DATUM ZAVRŠETKA:
STANDING WORK ORDER	KORISNIK: TELEFON:	LOKACIJA:	VRIJEME PUŠTANJA U RAD:
PRIORITET	70 POTENCIJALNA OPASNOST	60 POTENC. KVAR / KVAR	50 POBOLJŠ. UČINKOVIT. / 40 PODEŠAVANJE		OBAVEZNO ISKLJUČITI
					POTREBNA DOZVOLA
RAZLOG ZA RADNI NALOG	KO / PO / RP / SO / ČI / TČI / DRUGO	RAČUNANJE VREMENA ZASTOJA: DA NE	UZAK PROSTOR
			DRUGO
PROIZVODNA LINIJA:		PODNOSIOC ZAHTJEVA ZA NALOG:	

OPIS ZAHTJEVANOG POSLA:

POTREBNA RAZINA ZNANJA	NEKVALIFICIRAN	ODRŽAVAOC	LICENCIRANI RADNIK	INŽINJER ILI DRUGO	UGOVORNI IZVOĐAČ:

POTREBNA RADNA SNAGA:	POTREBAN MATERIJAL:

DATUM	POČ. [hh:mm]	KRAJ [hh:mm]	SATI RADA [h]	MATERIJAL	DATUM	POČ [hh:mm]	KRAJ [hh:mm]	SATI RADA [h]	MATERIJAL
UKUPNO SATI RADA:					UKUPNO SATI RADA:				
UKUPNO SATI					MATERJAL:				

Slika 2. Prikaz RN-a - Forma izvještaja

Da bi se pojasnilo korištenje radnih naloga u različitim informacijskim sustavima, prikazat će se neki od mogućih kvarova na cjevovodima u distribuciji vode. Uobičajeni postupak nakon pronalaženja mjesta propuštanja, odnosno curenja (slika 4) na cjevovodu je iskopavanje i sanacija. Različiti su postupci sanacije cjevovoda, a neki od njih su: zamjena dužeg dijela cjevovoda, brtvljenje pukotine, zatvaranje pukotine na čeličnom cjevovodu zavarivanjem „zakrpe“ itd. U nastavku je opisana sanacija čeličnog cjevovoda promjera 160 mm s oštećenjem na luku pod kutom od 90˚ koji je najpodložniji abrazivnom utjecaju vodenog toka (slika 3).

Slika 3. Čelični cjevovod s pukotinom

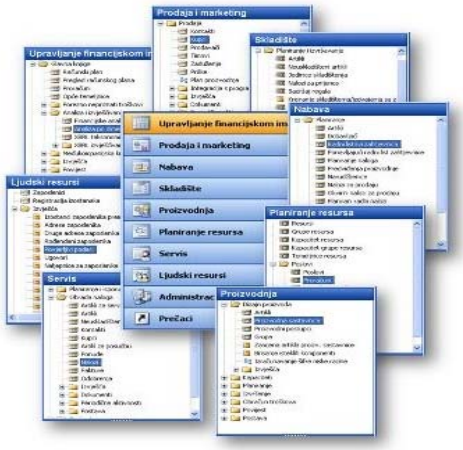
Slika 4. Curenje na brtvenom spoju

Zbog karakteristične strukture materijala i abrazivnog djelovanja medija na unutarnju stijenku cijevi pojavljuju se oslabljena mjesta (tanja stijenka) koja dovode do curenja vode kroz formirani otvor. Sanacija je izvedena na način da je ispuštena voda iz dionice cjevovoda i ručno-elektrolučnim postupkom zavarivanja zavarena odgovarajuća „zakrpa“ na oštećeno mjesto. Ovo oštećenje može se svrstati u oštećenja s obzirom na način formiranja pukotine, gdje oštećenja ovise o raznim parametrima poput vrste materijala cjevovoda, starosti, promjeru i tlaku vode. Uslijed ovih parametara nastaju razna oštećenja, a jedno od njih je i nastanak ovakve ovalne pukotine koje se u pravilu javljaju na čeličnim cjevovodima [3].

3. Struktura i glavne funkcije informacijskih sustava održavanja

Informacijski sustavi koji se u praksi najčešće primjenjuju za podršku upravljanju održavanjem fizičke imovine danas su na svjetskom tržištu informatičkih tehnologija (IT) poznati pod nazivom Enterprise Asset Management - EAM, odnosno informacijski sustavi za upravljanje imovinom. Nastali su nadogradnjom, proširenjem i razvojem funkcionalnosti prve generacije računalom podržanih sustava za upravljanje poslovima održavanja poznatih kao Computerized Maintenance Management Systems - CMMS. Međutim, i dan danas se nazivi ovih informacijskih sustava najčešće koriste kao sinonim (EAM/CMMS). Informacijskih sustava za održavanje podržanih informatičkim tehnologijama na tržištu ima puno, a navodimo neke od njih: Infor EAM MP2, MAINPAC, SUPREMA, MAXIMO, MIMS, MITROL, RAPIER i dr. Ovi sustavi imaju grupu zajedničkih obilježja, a svaki od njih ima i svoja karakteristična obilježja koja ga izdvajaju od ostalih.

Slika 5. *Struktura Infor EAM MP2*



Slika 6. Struktura Microsoft Dynamics NAV

Na slici 5. prikazana je struktura i glavne funkcije Infor EAM MP2 (Enterprise Asset Management), jednog od vodećih informacijskih sustava održavanja na svjetskom tržištu. Drugi dio pristupa čine suvremeni ERP sustavi koji također rješavaju poslove održavanja,

a kao primjer je prikazan Microsoft Dynamics NAV sustav (na slici 6. prikazana je struktura i glavni izbornici).

Kvalitetan informacijski sustav održavanja mora podržati sljedeće osnovne funkcije i tehnološke poslovne procese te na operativnoj razini upravljanja održavanjem omogućiti:

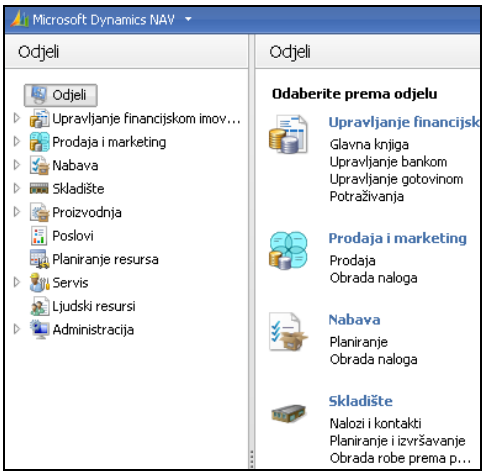
- formiranje registra objekata održavanja (sredstava za rad) - uspostavu elektroničke baze podataka, nomenklaturnog sustava i standardnog nazivlja s tehničkim, lokacijskim, vlasničkim i ostalim podacima koji jednoznačno opisuju objekte održavanja,
- evidenciju stanja tehničkih sustava - objekata održavanja (nazivni tehnički podaci o jamstvima, troškovi zamjene itd.), klasifikaciju kritičnosti objekata i opreme u pogledu utjecaja na odvijanje procesa,
- evidenciju i analizu kvarova te svih podataka proizašlih iz spomenutih događaja (klasifikacija kvarova, razlog i uzrok nastanka, srednje vrijeme između kvarova i slične veličine relevantne za analizu kvarova),
- evidenciju aktivnosti preventivnog održavanja koje se moraju provoditi u konstantnim intervalima (npr. aktivnosti propisane zakonskom regulativom),
- izradu, planiranje i praćenje budžeta održavanja, neposredno planiranje i kontrolu izvršenja aktivnosti održavanja,
- generiranje radnog naloga kao osnovnog dokumenta u djelatnosti održavanja te upravljanje provedbom svih aktivnosti održavanja koje se izvršavaju na objektima održavanja,
- definiranje mjera osiguranja mjesta rada koje treba uspostaviti kod provedbe pojedine aktivnosti održavanja te izdavanje dokumenata zaštite na radu uz radni nalog
- kreiranje, ažuriranje i arhiviranje sve dokumentacije održavanja u elektroničkom obliku (npr. karton ili dosje objekta održavanja, tehnološke upute za održavanje itd.),
- upravljanje ljudskim resursima (radnicima) u održavanju,
- upravljanje zalihama materijala (rezervni dijelovi i potrošni materijal) i skladišnim poslovanjem,
- upravljanje nabavom materijala, uslugama i radovima održavanja.

3.1 Simulacija obrade radnih naloga u informacijskim sustavima

U nastavku rada izvršena je simulacija izrade radnih naloga u Infor EAM MP2 i Microsoft Dynamics NAV sustavu na realnim podacima. Informacijski sustavi za rad odabrani su po načelu dostupnosti za rad tj. isti su instalirani u Laboratoriju za održavanje, Zavoda za industrijsko inženjerstvo Strojarskog fakulteta u Slavonskom Brodu. Proces simulacije prikazan je kroz rad na odabranim sustavima. Polazna sučelja programskih sustava dana su na slici 7. i slici 8. Zbog ograničenosti prostora za prezentaciju ovoga rada prikazat će

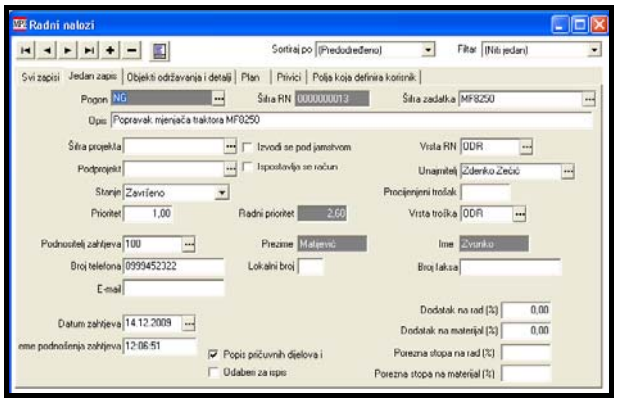
se nekoliko programskih maski. Simulacija obrade nekoliko radnih naloga krenula je popunjavanjem prijave kvara – Zahtjev za rad (slika 3), te potom popunjavanjem forme radnog naloga [4,5,6] (slika 9 i slika 10.) sa svim potrebitim atributima kao što su: izvršitelji posla s utrošenim satima rada, pridruženi rezervni dijelovi i materijali po radnom nalogu te ostali troškovi.

Slika 7. Sučelje EAM MP2

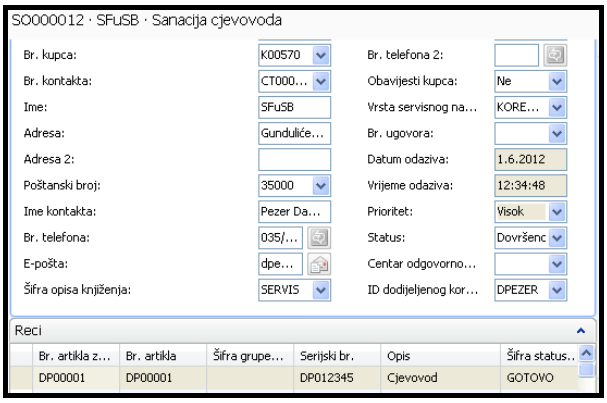


Slika 8. Sučelje MS Dynamics NAV

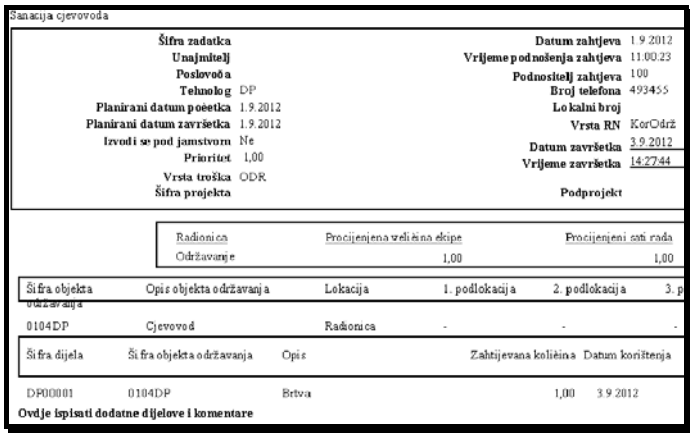
Po cjelovitoj obradi radnih naloga, iz podsustava korektivnog održavanja mogli su se generirati mnogi izvještaji, a za ovaj rad izdvojen je prikaz tiskanog radnog naloga (slika 11 i slika 12). Izvještaji su baza na osnovi koje se može analizirati stanje u održavanju te poslužiti za racionalno upravljanje i donošenje oduka. Zbog opsega rada nije bilo moguće iste prikazati te pokazati njihov značaj.



Slika 9. Radni nalog u EAM MP2



Slika 10. Radni nalog u MS Dynamics NAV


Sanacija cjevovoda

Šifra zadatka		Datum zahtjeva	1.9.2012
Unajmitelj		Vrijeme podnošenja zahtjeva	11:00:23
Poslovođa		Podnositelj zahtjeva	100
Tehnolog	DP	Broj telefona	493455
Planirani datum poèetka	1.9.2012	Lokalni broj	
Planirani datum završetka	1.9.2012	Vrsta RN	KorOdrž
Izvodi se pod jamstvom	Ne	Datum završetka	3.9.2012
Prioritet	1,00	Vrijeme završetka	14:27:44
Vrsta troška	ODR		
Šifra projekta		Podprojekt	

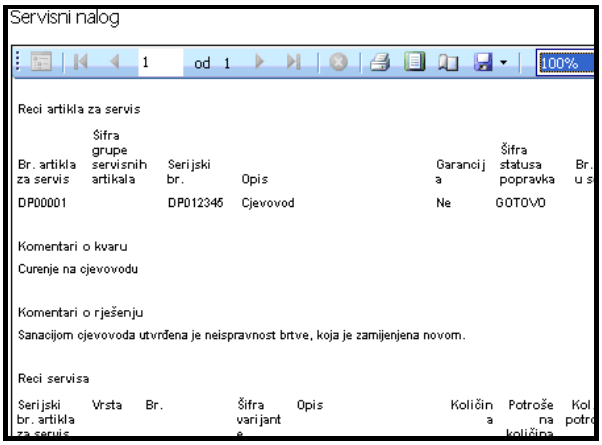
Radionica	Procijenjena veličina ekipe	Procijenjeni sati rada
Održavanje	1,00	1,00

Šifra objekta održavanja	Opis objekta održavanja	Lokacija	1. podlokacija	2. podlokacija	3. p
0104DP	Cjevovod	Radionica	-	-	-

Šifra dijela	Šifra objekta održavanja	Opis	Zahtijevana količina	Datum korištenja
DP00001	0104DP	Brtva	1,00	3.9.2012

Ovdje ispisati dodatne dijelove i komentare

Slika 11. Izvještaj RN u EAM MP2


Servisni nalog

1 od 1 100%

Reci artikla za servis

Br. artikla za servis	Šifra grupe servisnih artikala	Serijski br.	Opis	Garancija	Šifra statusa popravka	Br. u s
DP00001		DP012345	Cjevovod	Ne	GOTOVO	

Komentari o kvaru

Curenje na cjevovodu

Komentari o rješenju

Sanacijom cjevovoda utvrđena je neispravnost brtve, koja je zamijenjena novom.

Reci servisa

Serijski br. artikla za servis	Vrsta	Br.	Šifra varijante	Opis	Količina	Potrošena količina	Kol potro

Slika 12. Izvještaj RN u NAV-u

4. Zaključak

U radu je dana analiza korektivnog održavanja na primjerima podataka sanacije vodovodnih cjevovoda te moguća primjena različitih informacijskih sustava kao podrške pri realizaciji aktivnosti korektivnog održavanja. Analiziran je pristup korištenja informacijskih sustava podržanih informacijskim tehnologijama kao potpore u upravljanju održavanjem. Izvršena je simulacija rada korektivnog održavanja (upravljanje radnim nalozima i analiza troškova).

Za svaki objekt održavanja uneseni su podaci o razlogu nastanka kvara, načinu otklanjanja kvara, utrošenim rezervnim dijelovima, cijenama rezervnih dijelova, potrebnom broju radnih sati za otklanjanje kvara, te drugi podaci. Simulacijom rada u informacijskim sustavima Infor EAM MP2 i MS Dymamics NAV istražene su mogućnosti primjene informacijskog sustava za opisane probleme. Ovakvi sustavi osiguravaju pouzdanije upravljanje i pravovremeno donošenje odluka u održavanju.

5. Literatura

[1] Levitt, Joel. Managing Factory Maintenance. Industrial Press, 1996.
[2] Šarić, Tomislav; Lapac, Duško. Unapređenje korektivnog održavanja primjenom informatičkih tehnologija u tvornici mliječnih proizvoda – Beli Manastir // *Održavanje 2007* / Čala, Ivo (ur.). (ISBN 978-953-97615-9-0). Zagreb : Hrvatsko društvo održavatelja, 15.05.-17.05.2007. s. 89-98
[3] Blažević, Marko. Sustavno smanjivanje gubitaka pitke vode u gradskoj vodoopskrbi. Magistarski rad. Strojarski fakultet, Slavonski Brod, 2007.
[4] INFOR EAM MP2 Enterprise 6.0 Oracle Edition. Vodič za korisnike. Zagreb, 2000.
[5] INFOR EAM MP2 Enterprise 6.0 Oracle Edition. Vodič za brzi početak. Zagreb, 2000.
[6] Microsoft Dynamics Nav 2009. Users Guide. Microsoft Corporation, 2010.

Povijesni pregled znanstvenih radova iz područja predviđanja potrošnje prirodnog plina

Historical overview of published papers in the area of forecasting natural gas consumption

B. Soldo[1*], G. Šimunović[2], T. Šarić[2]

[1]HEP-Plin d.o.o., Osijek, Hrvatska
[2]Strojarski fakultet u Slavonskom brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: bozidar.soldo@hep.hr

Sažetak

Objavljivanje znanstvenih radova iz područja predviđanja potrošnje prirodnog plina započelo je sredinom prošlog stoljeća da bi u posljednjem desetljeću dovelo do značajnog povećanja obima istraživačkih aktivnosti. Ovaj rad predstavlja kronološki pregled objavljenih znanstvenih radova u području predviđanja potrošnje prirodnog plina te mu je svrha dati sažeti pregled objavljenih radova od samoga početka do današnjih dana.

Abstract

Publishing papers in the area of forecasting natural gas consumption has begun in the middle of last century and led to a tremendous surge in research activities in the past decade. This paper presents a historical survey of published papers in the area of forecasting natural gas consumption and its purpose is to provide concise historical overview of published research in this area from beginning to the present day.

Ključne riječi: prirodni plin, predviđanje potrošnje, modeli predviđanja

1. Uvod

Znanstvena istraživanja u području predviđanja potrošnje prirodnog plina obavljana su na razini: svijeta, pojedinih država, pojedinih distribucijskih područja, pojedinih dijelova distribucijskog sustava (industrijski, komercijalni, stambeni sektor) te pojedinačnih potrošača prirodnog plina. Prilikom istraživanja korišteni su razni oblici podataka kao što su: ekonomski i vremenski parametri, podaci o potrošnji prirodnog plina i energije, inženjerski proračuni, računalne simulacije, logički podaci (dan u tjednu, sezona grijanja, itd.). Horizont predviđanja potrošnje plina kretao se od nekoliko sati pa sve do nekoliko desetljeća. Pri izradi radova znanstvenici su koristili razne modele predviđanja u kojima su koristili matematičke i statističke alate, metode umjetne inteligencije (neuronske mreže, ekspertne sustave, genetičke algoritme,…) i itd.

2. Povijesni pregled

Kada se prirodni plin prvotno započeo koristiti u komercijalne svrhe u Velikoj Britaniji 1785. godine, proizvodio se iz ugljena [1], dok se ubrzo nakon toga, pa sve do današnjih dana, bušenjem crpi iz Zemljine kore. S razvojem distribucijskih sustava i povećanjem potrošnje, tijekom vremena počela su se postavljati pitanja: koliku količinu plina ćemo potrošiti, kolike su pričuve prirodnog plina u Zemljinoj kori, koliki kapacitet plinovoda trebamo za zadovoljenje potreba, itd. U svakom procesu donošenja odluka predviđanje je jedan od glavnih alata za dobivanje kvalitetnih odgovora. Tako su započela istraživanja u području predviđanja potrošnje prirodnog plina.

Sredinom 20. stoljeća, Hubbert [2], [3] je istraživao životni ciklus eksploatacije polja fosilnih goriva u svojim radovima, te je opisao prvi model predviđanja potrošnje (eksploatacije) prirodnog plina. Opisao je krivulju eksploatacije neobnovljivog izvora, koja je nastala iz osnovnih matematičkih pretpostavki, prema kojima svaki neobnovljivi izvor ima početak i završetak eksploatacije. Promatranjem krivulja eksploatacije izvora fosilnih goriva ustanovio je kako svaka krivulja ima u početku uzlaznu putanju, točku infleksije, nakon koje započinje usporavanje rasta, te je pretpostavio njen maksimum i naposljetku pad i završetak eksploatacijskog ciklusa. Na osnovi krivulje pokušao je predvidjeti buduću potrošnju fosilnih goriva, među kojima i potrošnju prirodnog plina. Ovaj model postao je osnova brojnim znanstvenim radovima, od njegove objave, pa sve do današnjih dana [4], [5], [6].

Gotovo u isto vrijeme, 1950. godine Verhulst [7] istraživao je zahtjeve tržišta za proizvednju plina u francuskoj plinskoj industriji.

Balestra i Nerlove [8] su 1966. godine, pomoću ekonometrijskih parametara u stambenom i poslovnom sektoru, predvidjeli potrošnju plina koristeći metodu najmanjih kvadrata.

Tinic i ostali [9] 1973. godine koristili su rezultate prognoziranja potrošnje prirodnog plina kao alat za procjenu isplativosti plinifikacije ruralnog dijela pokrajine Alberte u Kanadi.

Koristeći generalizirani model (Balestra i Nerlove), Berndt i Watkins [10] 1977. kreirali su ekonometrijski model potrošnje prirodnog plina u stambenim i poslovnim sektorima plinskog tržišta u Britanskoj Kolumbiji i Ontariu. Tako se nadalje pojavljuje rad Beierlein i ostali [11] objavljen 1981. godine, Piggott [12] 1983. godine.

Herbert i suradnici [13] 1987. godine objavljuju rad u kojemu ispituju utjecaj varijabli grijanje-stupanj-dan (HDD, heating degree days), cijene plina, cijene goriva, industrijsku aktivnost na potražnju za prirodnim plinom industrijskog sektora. Iste godine Herbert [14] pojašnjava kako se više od 99% mjesečnih varijacija u isporukama prirodnog plina stambenim kupcima može objasniti jednostavnim linearnom regresijskom jednadžbom koja uključuje nezavisne varijable: HDD, CDD (hlađenje stupanj dan), cijena plina i indeks dohotka kućanstva. Werbos [15] iste 1987. godine, po prvi puta povezuje neuronske mreže i prognoziranje potrošnje prirodnog plina.

Liu i Lin [16] 1991. godine analiziraju dinamički odnos između potrošnje prirodnog plina, temperature i cijene prirodnog plina u stambenom sektoru Taiwana.

U 1994. godini objavljeni su radovi Lee i Singh [17] i Brown i suradnici [18], te je slijedeće 1995. godine objavljen rad Brown i Matin [19] u kojima autori prognoziraju dnevnu potrošnju prirodnog plina pomoću modela baziranog na "feed-forward" neuronskoj mreži.

Dvije godine kasnije, u 1996. godini objavljuju se radovi Nagy [20] koji izrađuje ekonometrijski model, Smith i ostali [21] koriste ekspertni sustav, Suykens i suradnici [22] koriste neuronske mreže, dok Bartels i ostali [23] koriste statističke metode.

Sljedeće 1997. godine, Sailor i Munoz [24] analiziraju osjetljivost potrošnje električne energije i prirodnog plina prema meteorološkim uvjetima na razini SAD-a.

Khotanzad i Elragal [25], te Khotanzad i ostali [26] 1999. i 2000. godine idu korak dalje u korištenju neuronskih mreža, te kombinacijom neuronskih mreža, koja sastoji se od dva stupnja, dolaze do odličnih rezultata u prognoziranju dnevne potrošnje prirodnog plina koristeći svega nekoliko ulaznih varijabli (potrošnja plina dva prethodna dana, prosječna dnevna temperatura prethodna dva dana, prosječna brzina vjetra prethodna dva dana, te indikator dana u tjednu). Godine 2000. tematski slične radove objavljuju Durmayaz i suradnici [27], te El-Fattah i Startzman [28].

Gumrah i suradnici [29] 2001. godine objavljuju rad u kojemu promatraju odnos između dnevne potrošnje prirodnog plina u Ankari i varijable stupanj-dan (DD, degree-day).

Računalni program za simuliranje i predviđanje potrošnje energije u fazi projektiranja niskoenergetske kuće iskorišten je 2002. godine u radu Tahat i suradnici [30].

Koristeći modificirani Hubbert-ov model za predviđanje potrošnje prirodnog plina, 2003. godine, Siemek i suradnici [31] prognoziraju potrošnju prirodnog plina u Poljskoj za četrdeset godina naprijed. U istoj godini, Sarak i Satman [32] predviđaju potrošnju prirodnog plina u Turskoj u stambenom sektoru.

U 2004. godini Gorucu i ostali [33] koriste neuronske mreže za procjenu i prognozu potrošnje plina u gradu Ankari. Cho i suradnici [34] istražuju učinak duljine razdoblja mjerenja na točnost predviđanja godišnje potrošnje toplinske energije u zgradi. Gorucu i Gumrah [35] koriste regresijsku analizu za prognozu potrošnje plina. Aras i Aras [36] dijele godinu na sezonu grijanja i sezonu bez grijanja, kako bi dobili odgovarajuće modele za predviđanje mjesečne potrošnje prirodnog plina stambenog sektora. Gil i Deferrari [37] predstavljaju model namijenjen predviđanju potrošnje prirodnog plina u stambenom i komercijalnom sektoru u urbanim područjima oko velikih gradova u Argentini, za jedan do tri dana unaprijed i od jedne do pet godina unaprijed. Imam i suradnici [38] koriste višeciklički Hubbert-ov model, Elragal [39] nastavlja svoj rad u ovom području, te predstavlja novu tehniku predviđanja potrošnje prirodnog plina kombiniranjem neuronskih mreža i fuzzy-genetičkog modela. Te iste godine Cavallo [40] je pojasnio zašto prognoze o dostizanju vrha u svjetskoj i regionalnoj eksploataciji nafte i prirodnog plina pomoću Hubbert-ovog modela, izuzev u SAD-u, obično nisu dale točne rezultate.

Godine 2005. Gutierrez i suradnici [41] izrađuju model predviđanja ukupne godišnje potrošnje prirodnog plina u Španjolskoj. Viet i Mandziuk [42] pomoću neuronskih mreža i fuzzy-neuronskih mreža, analiziraju nekoliko pristupa za predviđanje potrošnje prirodnog plina u dvije različite regije u Poljskoj. Thaler i suradnici [43] opisuju empirijski model za predviđanje satne potrošnje prirodnog plina. Iste godine, Pelikan i Simunek [44] istražuju mogućnost povezivanja modula za predviđanje potrošnje prirodnog plina s modulom za upravljanje rizicima na bazi genetičkog algoritma, kako bi se dobile optimalne strategije regulacije distribucijskog sustava (minimalni gubitak ili u drugom slučaju maksimalna dobit).

U 2006. godini Musilek i ostali [45] izrađuju i primjenjuju modul za prepoznavanje vrste ulaznih podataka, ovisno pripadaju li ulazni podaci sezoni grijanja ili ne. U istoj godini, Gelo [46] ekonometrijski modelira prosječnu potrošnju plina u Zagrebu.

Sljedeće 2007. godine, Potočnik i suradnici [47] predlažu strategije za procjenu rizika koji može nastati prilikom razlike u prognoziranoj i stvarno ostvarenoj potrošnji prirodnog plina. Huntington [48] predstavlja statistički model za predviđanje industrijske potrošnje prirodnog plina u Sjedinjenim Državama. Sánchez-Ubeda i Berzosa [49] predstavljaju novi model za predviđanje dnevne industrijske potrošnje prirodnog plina u Španjolskoj, za jednu do tri godine unaprijed.

Timmer i Lamb [50] kvantificiraju odnose između temperature i mjesečne potrošnje prirodnog plina stambenog sektora za pojedine države unutar SAD, te Potočnik i suradnici [51] unaprjeđuju model za predviđanje satne i dnevne potrošnje prirodnog plina.

Vondracek i suradnici [52] 2008. godine predstavljaju statistički pristup procjeni mjesečne i godišnje potrošnje prirodnog plina pojedinih stambenih i malih komercijalnih kupaca. Brabec i ostali [50] predstavljaju model predviđanja dnevne potrošnje prirodnog plina velikih komercijalnih kupaca. Kizilaslan i Karlik [52] testiraju nekoliko različitih algoritama neuronskih mreža, kako bi se pronašli odgovarajući modeli za prognozu dnevne i tjedne potrošnje prirodnog plina u Istanbulu. Aydinalp-Koksal i Ugursal [53] istražuju potrošnju energije u kućanstvima Kanade i uspoređuju različite pristupe u modeliranju potrošnje u stambenom sektoru. Aras [56] prikazuje primjenu genetičkih algoritama u predviđanju mjesečne potražnje za prirodnim plinom u stambenom sektoru. Simunek i Pelikan [57] prikazuju prethodnu obradu ulaznih satnih temperaturnih podatka u svrhu prognoziranja potrošnje prirodnog plina. Jiang i suradnici [58] istražuju moguće scenarije u budućoj potrošnji prirodnog plina u tri kineske regije: Peking, Guangdong, i Šangaj, korištenjem MARKAL optimizacijskog modela.

U 2009. godini Brabec i suradnici [59] nastavljaju rad na statističkom modelu za izradu i primjenu standardiziranih krivulja potrošnje prirodnog plina pojedinih potrošača tijekom cijele godine, te nadalje koriste statističku kalibraciju kako bi standardizirane krivulje pojedinih potrošača primijenili na veći broj drugih potrošača [60]. Kizilaslan i Karlik [61], primjenom različitih algoritama neuronskih mreža, pokušavaju doći do prihvatljivog rješenja za prognoziranje potrošnje prirodnog plina u Istambulu. Yoo i suradnici [62] pokušavaju odrediti funkciju potrošnje prirodnog plina stambenih jedinica u Seulu. Ma i Wu [63] koriste dinamički GM (1,1) model za predviđanje potrošnje i proizvodnje prirodnog plina u Kini od 2008 do 2015. Reynolds i Kolodziej [64] analiziraju opskrbu tržišta SAD i južne Kanade prirodnim plinom pomoću Hubbert-ove krivulje. Tonković i suradnici [65] predviđaju satnu i dnevnu potrošnju prirodnog plina koristeći neuronske mreže. Xie i Li [66] koriste GM (1,1) optimiran genetičkim algoritmom za predviđanje potrošnje prirodnog plina, te naposljetku Chen i suradnici [67] predstavljaju predviđanje potrošnje prirodnog plina u Kini pomoću metode temeljene na genetičkom algoritmu.

U 2010. godini Azadeh i suradnici [68] koriste ANFIS (*adaptive network-based fuzzy interference system*) za predviđanje dnevne potrošnje prirodnog plina u Iranu. Ma i Li [69] predviđaju proizvodnju i potrošnju prirodnog plina u Kini do 2020. godine primjenom generaliziranog Weng-ovog i GM (1,1) modela. Li i suradnici [70] razvijaju dinamički model kako bi se pratila potrošnja prirodnog plina u bliskoj budućnosti Kine. Xu i Wang [71] koriste PCMACP model (Polynomial Curve and Moving Average Combination Projection) za procjenu buduće potrošnje prirodnog plina u Kini od 2009 do 2015. Forouzanfar i ostali [72], pomoću nelinearnog programiranja i genetičkih algoritmima, predviđaju potrošnju prirodnog plina u stambenom i komercijalnom sektoru Irana. Erdogdu [73] pomoću ARIMA modeliranja predviđa potrošnju plina u Turskoj. Toksari [74] heurističkim pristupom predviđa potrošnju prirodnog plina na temelju ekonomskih pokazatelja. Dombayci [75] proračunava i predviđa satnu potrošnju energije projektirane kuće u Denizli, Turska, te Behrouznia i suradnici [76] u svome radu prikazuju model za predviđanje potrošnje prirodnog plina s dvije ulazne varijable: GDP i broj stanovnika.

Sabo i suradnici [77] 2011. godine daju matematički model potrošnje prirodnog plina. Wadud i suradnici [78] predviđaju potražnju prirodnog plina u Bangladešu do 2025. Godine. Karimi i suradnici [79] istražuju utjecaj temperature na potrošnju prirodnog plina na različite sektore potrošnje u Iranu. Tavakoli i suradnici [80] rade stohastičku analizu potrošnje prirodnog plina stambenih i poslovnih zgrada u Teheranu, te Li i suradnici [81] objavljuju pregledni članak o predviđanju potrošnje prirodnog plina u Kini.

Naposljetku, ove 2012. godine objavljen je rad Demirela i suradnika [82] o predviđanju

potrošnje prirodnog plina u Istanbulu, te Soldo [83], koji daje cjeloviti pregled znanstvenih radova objavljenih od samih početaka do kraja 2010. godine, njihovu analizu, sintezu, te klasifikaciju. Tablica 1. daje kronološki prikaz objavljenih radova.

Tablica 1. Kronološki pregled objavljenih radova

Godina	Znanstveni rad
1949	Hubbert [2]
1950	Verhulst [7]
1956	Hubbert [3]
1966	Balestra i Nerlove [8]
1973	Tinic i sur. [9]
1977	Berndt i Watkins [10]
1981	Beierlein i sur. [11]
1983	Piggott [12]
1987	Herbert i sur. [13], Herbert [14]
1988	Werbos [15]
1991	Liu i Lin [16],
1994	Lee i Singh [17], Brown i sur. [18]
1995	Brown i Matin [19]
1996	Nagy [20], Smith i sur. [21], Suykens i sur. [22], Bartels i sur. [23]
1997	Sailor i Munoz [24], Al-Jarri i Startzman [4]
1999	Khotanzad i Elragal [25]
2000	Khotanzad i sur. [26], Durmayaz i sur.[27], Al-Fattah i Startzman [28]
2001	Gumrah i sur. [29]
2002	Tahat i sur. [30]
2003	Siemek i sur. [31], Sarak i Satman [32]
2004	Gorucu i sur. [33], Cho i sur. [34], Gorucu i Gumrah [35], Aras i Aras [36], Gil i Deferrari [37], Imam i sur. [38], Elragal [39], Cavallo [40]
2005	Gutierrez i sur. [41], Viet i Mandziuk [42], Thaler i sur. [43], Pelikan i Simunek [44]

2006	Musilek i sur. [45], Gelo [46]
2007	Potocnik i sur. [47], Huntington [48], Sanchez-Ubeda i Berzosa [49], Timmer i Lamb [50], Potocnik i sur. [51]
2008	Vondracek i sur. [52], Brabec i sur. [53], Kizilaslan i Karlik [54], Aydinalp-Koksal i Ugursal [55], Aras [56], Simunek i Pelikan [57], Jiang i sur. [58]
2009	Brabec i sur. [59], Brabec i sur. [60], Kizilaslan i Karlik [61], Yoo i sur. [62], Ma i Wu [63], Reynolds i Kolodziej [64], Tonkovic i sur. [65], Xie i Li [66], Chen i sur. [67], Maggio i Cacciola [5]
2010	Azadeh i sur. [68], Ma i Li [69], Li i sur. [70], Xu i Wang [71], Forouzanfar i sur. [72], Erdogdu [73], Toksari [74], Dombayci [75], Behrouznia i sur. [76], Valero i Valero [6]
2011	Sabo i sur. [77], Wadud i sur. [78], Karimi i sur. [79], Tavakoli i sur. [80], Li i sur. [81]
2012	Demirel i sur. [82], Soldo [83] ...

3. Zaključak

U ovome radu dan je kratak povijesni pregled objavljenih radova iz područja predviđanja potrošnje prirodnog plina. Znanstveni radovi mogu se razlikovati po pristupu problemu, području primjene, korištenim metodama i obrađivanim podacima. Točnost i kvaliteta dobivenih prognoza opisanih u radovima mogu se uspoređivati ukoliko se radovi svedu na zajednički nazivnik opisanih parametara prognoza.

4. Literatura

[1] NaturalGas.org, http://www.naturalgas.org/overview/history.asp, [accessed 10.02. 2011 at 15:35]
[2] Hubbert Marion King. Energy from fossil fuels // Science 109 (1949), 2823; 103-109.
[3] Hubbert, Marion King. Nuclear Energy and the Fossil Fuels // Published and/or revised in American Petroleum Institute, Drilling and Production Practice 1956, 7-25. American Petroleum Institute: New York, NY, USA, 1957.
[4] Al-Jarri, A.S.; Startzman, Richard A. Worldwide supply and demand of petroleum liquids // Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition Volume Pi, (1997); 331-343
[5] Maggio, Gaetano.; Cacciola, Gaetano. A variant of the Hubbert curve for world oil production forecasts // Energy Policy, 37 (2009), 11; 4761-4770
[6] Valero, Antonio; Valero, Antonio. Physical geonomics: Combining the exergy and Hubbert peak analysis for predicting mineral resources depletion // Resources, Conservation and Recycling 54 (2010), 12;1074-1083
[7] Verhulst, Michael J. The theory of demand applied to the French gas industry // Econometrica 18 (1950), 1; 45–55.
[8] Balestra, Pietro; Nerlove, Marc. Pooling cross section and time series data in the estimation of a dynamic model: the demand for natural gas // Econometrica 34 (1966), 3; 585–612.
[9] Tinic S.M.; Harden Boyd M.; Janssen C.T.L.. Estimation of rural demand for natural gas // Management Science 20 (1973), 4; 604–616.

[10] Berndt E.R.; Watkins G.C. Demand for natural gas: residential and commercial markets in Ontario and British Columbia // Canadian Journal of Economics 10 (1977), 1; 97–111.
[11] Beierlein J.G.; Dunn J.W.; McConnon Jr. J.G. The demand for electricity and natural gas in the northeastern United States // Review of Economics and Statistics // 63 (1981), 3; 403–408.
[12] Piggott, J.L. USE OF BOX-JENKINS MODELLING FOR THE FORECASTING OF DAILY AND WEEKLY GAS DEMAND // IEE Colloquium (Digest), (1983 /91), 4. 1.
[13] Herbert, J.H.; Sitzer, S.; Eades-Pryor, Y. A statistical evaluation of aggregate monthly industrial demand for natural gas in the U.S.A. // Energy, 12 (1987), 12; 1233-1238.
[14] Herbert, J. H. An analysis of monthly sales of natural gas to residential customers in the United States // Energy System and Policy,10 (1987);127–147.
[15] Werbos, P.J. Generalization of backpropagation with application to a recurrent gas market model // Neural Networks, 1 (1988), 4;339-356.
[16] Liu, L.M.; Lin, M.W. Forecasting residential consumption of natural gas using monthly and quarterly time series // International Journal of Forecasting, 7 (1991); 3-16.
[17] Lee, R.S.; Singh, N. Patterns in residential gas and electricity demand: An econometric analysis // Journal of Business and Economic Statistics, 12 (1994), 233-241.
[18] Brown, Ronald H.; Kharouf, Paul; Feng, Xin; Piessens, Luc P.; Nestor, Dick. Development of feed-forward network models to predict gas consumption // IEEE International Conference on Neural Networks - Conference Proceedings Volume 2, (1994); 802-805.
[19] Brown, R.H.; Matin, I. Development of artificial neural network models to predict daily gas consumption // IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference) Volume 2, (1995) ;1389-1394.
[20] Nagy Eltony, M. Demand for natural gas in Kuwait: An empirical analysis using two econometric models // International Journal of Energy Research, 20 (1996), 11; 957-963.
[21] Smith, P.; Husein, S.; Leonard, D.T. Forecasting short term regional gas demand using an expert system // Expert Systems with Applications, 10 (1996) 2; 265-273.
[22] Suykens J.; Lemmerling Ph.; Favoreel W.; De Moor B.; Crepel M.; Briol P. Modelling the Belgian gas consumption using neural networks // Neural Process Lett 4 (1996), 3; 157–66.
[23] Bartels, R.; Fiebig, D.G.; Nahm, D. Regional end use gas demand in Australia // The Economic Record, 72 (1996), 219; 319-331.
[24] Sailor, D.; Munoz, R. Sensitivity of electricity and natural gas consumption to climate in the USA—methodology and results for eight states // Energy 22 (1997), 10; 987–998.
[25] Khotanzad, A.; Elragal, H. Natural gas load forecasting with combination of adaptive neural networks // Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks Volume 6, (1999); 4069-4072.
[26] Khotanzad, A.; Elragal, H.; Lu, T.L. Combination of artificial neural-network forecasters for prediction of natural gas consumption // IEEE Transactions on Neural Networks Volume 11, Issue 2, (2000), 464-473.
[27] Durmayaz, A.; Kadoglu, M.; En, Z. An application of the degree-hours method to estimate the residential heating energy requirement and fuel consumption in Istanbul // Energy 25 (2000) 12;1245-1256.
[28] Al-Fattah, S.M.; Startzman, R.A. Forecasting world natural gas supply // Journal of Petroleum Technology, 52 (2000), 5; 62-72.
[29] Gumrah, F.; Katircioglu, D.; Aykan, Y.; Okumus, S.; Kilincer, N. Modelling of gas demand using degree day concept: Case study of Ankara // Energy Sources, 23 (2001); 101-114.
[30] Tahat, M.A.; Al-Hinai, H.; Probert, S.D. Performance of a low-energy-consumption house experiencing a Mediterranean climate // Applied Energy 71 (2002), 1; 1-13.
[31] Siemek, J.; Nagy, S.; Rychlicki, S. Estimation of natural-gas consumption in Poland based on the logistic-curve interpretation // Applied Energy 75 (2003) (1–2), 1–7.
[32] Sarak, H.; Satman, A. The degree-day method to estimate the residential heating natural gas consumption in Turkey: A case study // Energy, 28 (2003), 929-939.

[33] Gorucu, F.B.; Geris, P.U.; Gumrah, F. Artificial neural networks modeling for forecasting gas consumption // Energy Sources, 26 (2004), 299-307.
[34] Cho, S.H.; Kim, W.T.; Tae, C.S.; Zaheeruddin, M. Effect of length of measurement period on accuracy of predicted annual heating energy consumption of buildings // Energy Conversion and Management, 45, (2004), 18-19; 2867-2878.
[35] Gorucu, F.B.; Gumrah, F. Evaluation and forecasting of gas consumption by statistical analysis // Energy Sources 26 (2004), 3; 267–276.
[36] Aras, H.; Aras, N. Forecasting residential natural gas demand // Energy Sources 26 (2004), 5; 463-472.
[37] Gil, S.; Deferrari, J. Generalized model of prediction of natural gas consumption // Journal of Energy Resources Technology, Transactions of the ASME, 126 (2004), 2; 90-98.
[38] Imam, A.; Startzman, R.A.; Barrufet, M.A. Hubbert - 6: Multicyclic Hubbert model shows global conventional gas output peaking in 2019 // Oil and Gas Journal, 102 (2004) 31; 20-28.
[39] Elragal, H. Improving neural networks prediction using fuzzy-genetic model // National Radio Science Conference, Proceedings 21 (2004); 393-400.
[40] Cavallo, A.J. Hubbert's petroleum production model: An evaluation and implications forworld oil production forecasts // Natural Resources Research, 13 (2004), 4; 211-221.
[41] Gutierrez, R.; Nafidi, A.; Sanchez, R.G. Forecasting total natural-gas consumption in Spain by using the stochastic Gompertz innovation diffusion model // Applied Energy 80 (2005), 2; 115–124.
[42] Viet, N.H.; Mandziuk, J. Neural and fuzzy neural networks in prediction of natural gas consumption // Neural, Parallel and Scientific Computations, 13 (2005), 3-4; 265-286.
[43] Thaler, M.; Grabec, I.; Poredos, A. Prediction of energy consumption and risk of excess demand in a distribution system // Physica A, 355 (2005); 46–53.
[44] Pelikan, E.; Simunek, M. Risk management of the natural gas consumption using genetic algorithms // Neural Network World, 15 (2005), 5; 425-436.
[45] Musilek, P.; Pelikan, E.; Brabec, T.; Simunek, M. Recurrent neural network based gating for natural gas load prediction system // IEEE International Conference on Neural Networks - Conference Proceedings 2006, članak broj 1716612, 3736-3741.
[46] Gelo, T. Econometric modelling of gas demand // Ekonomski pregled, 57 (2006), 1-2; 80-96.
[47] Potocnik P.; Thaler M.; Govekar E.; Grabec I.; Poredos A. Forecasting risks of natural gas consumption in Slovenia // Energy Policy, 35 (2007); 4271-4282.
[48] Huntington, H.G. Industrial natural gas consumption in the United States: An empirical model for evaluating future trends // Energy Economics, 29 (2007) 4; 743-759.
[49] Sanchez-Ubeda, E. Fco.; Berzosa, A. Modeling and forecasting industrial end-use natural gas consumption // Energy Economics, 29 (2007), 4; 710-742.
[50] Timmer, R.P.; Lamb, P.J. Relations between temperature and residential natural gas consumption in the Central and Eastern United States // Journal of Applied Meteorology and Climatology, 46 (2007), 11; 1993-2013.
[51] Potocnik, P.; Govekar, E.; Grabec, I. Short-term natural gas consumption forecasting // Proceedings of the 16th IASTED International Conference on Applied Simulation and Modelling, ASM 2007 (2007), 353-357.
[52] Vondracek, J.; Pelikan, E.; Konar, O.; Cermakova, J.; Eben, K.; Maly, M.; Brabec, M. A statistical model for the estimation of natural gas consumption // Applied Energy 85 (2008), 5; 362-370.
[53] Brabec, M.; Konar, O.; Pelikan, E.; Maly, M. A nonlinear mixed effects model for the prediction of natural gas consumption by individual customers // International Journal of Forecasting, 24 (2008), 4; 659-678.
[54] Kizilaslan, R.; Karlik, B. Comparison neural networks models for short term forecasting of natural gas consumption in Istanbul // Applications of Digital Information and Web Technologies, 2008. ICADIWT 2008. 4-6 Kolovoz 2008; 448 – 453.
[55] Aydinalp-Koksal, M.; Ugursal, V.I. Comparison of neural network, conditional demand

analysis, and engineering approaches for modeling end-use energy consumption in the residential sector // Applied Energy, 85 (2008), 4; 271-296.
[56] Aras, N. Forecasting residential consumption of natural gas using genetic algorithms // Energy Exploration and Exploitation, 26 (2008), 4; 241-266.
[57] Simunek, M.; Pelikan, E. Temperatures data preprocessing for short-term gas consumption forecast // IEEE International Symposium on Industrial Electronics, (2008), No. 4676945, 1192-1196.
[58] Jiang, B.; Wenying, C.; Yuefeng, Y.; Lemin, Z.; Victor, D. The future of natural gas consumption in Beijing, Guangdong and Shanghai: An assessment utilizing MARKAL // Energy Policy 36 (2008), 9; 3286-3299.
[59] Brabec, M.; Konar, O.; Maly, M.; Pelikan, E.; Vondracek, J. A statistical model for natural gas standardized load profiles // Journal of the Royal Statistical Society. Series C: Applied Statistics, 58 (2009),1;123-139.
[60] Brabec, M.; Maly, M.; Pelikan, E.; Konar, O. Statistical calibration of the natural gas consumption model // WSEAS Transactions on Systems, 8 (2009), 7; 902-912.
[61] Kizilaslan, R.; Karlik, B. Combination of neural networks forecasters for monthly natural gas consumption prediction // Neural Network World, 19, (2009), 2; 191-199.
[62] Yoo, S.H.; Lim, H.J.; Kwak, S.J. Estimating the residential demand function for natural gas in Seoul with correction for sample selection bias // Applied Energy, 86 (2009), 4; 460-465.
[63] Ma, H.; Wu, Y. Grey predictive on natural gas consumption and production in China // Proceedings of the 2009 2nd Pacific-Asia Conference on Web Mining and Web-Based Application, 2009, No. 5232475; 91-94.
[64] Reynolds, D.B.; Kolodziej, M. North American natural gas supply forecast: The Hubbert method including the effects of institutions // Energies, 2 (2009), 2; 269-306.
[65] Tonković, Zlatko; Zekić-Sušac, Marijana; Somolanji, Marija. Predicting natural gas consumption by neural networks // Tehnički Vjesnik, 16 (2009), 3; 51-61.
[66] Xie, Y.; Li, M. Research on prediction model of natural gas consumption based on grey modeling optimized by genetic algorithm // Proceedings - International Conference on Control, Automation and Systems Engineering, 2009, No. 5194459; 335-337.
[67] Chen, R.; Wang, J.; Wang, L.; Yu, N.; Zhang, P. The forecasting of China natural gas consumption based on genetic algorithm // 5th International Joint Conference on INC, IMS, and IDC 2009, No. 5331430; 1436-1439.
[68] Azadeh, A.; Asadzadeh, S.M.; Ghanbari, A. An adaptive network-based fuzzy inference system for short-term natural gas demand estimation: Uncertain and complex environments // Energy Policy, 38 (2010), 3; 1529-1536.
[69] Ma, Y.; Li, Y. Analysis of the supply-demand status of China's natural gas to 2020 // Petroleum Science, 7 (2010), 1; 132-135.
[70] Li, J.; Dong, X.; Gao, J. Dynamical modeling of natural gas consumption in China // Natural Gas Industry, 30 (2010), 4; 127-129.
[71] Xu, G.; Wang, W. Forecasting China's natural gas consumption based on a combination model // Journal of Natural Gas Chemistry, 19 (2010), 5; 493-496.
[72] Forouzanfar, M.; Doustmohammadi, A.; Menhaj, M.B.; Hasanzadeh, S. Modeling and estimation of the natural gas consumption for residential and commercial sectors in Iran // Applied Energy, 87 (2010), 1; 268-274.
[73] Erdogdu, E. Natural gas demand in Turkey // Applied Energy, 87 (2010), 1; 211-219.
[74] Toksari, M. Predicting the natural gas demand based on economic indicators - Case of Turkey // Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects, 32 (2010), 6; 559-566.
[75] Dombayci, O.A. The prediction of heating energy consumption in a model house by using artificial neural networks in Denizli-Turkey // Advances in Engineering Software, 41 (2010), 2; 141-147.
[76] Behrouznia, A.; Saberi, M.; Azadeh, A.; Asadzadeh, S.M.; Pazhoheshfar, P. An adaptive

network based fuzzy inference system-fuzzy data envelopment analysis for gas consumption forecasting and analysis: The case of South America // International Conference on Intelligent and Advanced Systems, ICIAS 2010, 2010, No. 5716160.
[77] Sabo, Kristian; Scitovski,Rudolf; Vazler,Ivan; Zekić-Sušac,Marijana. Mathematical models of natural gas consumption // Energy Conversion and Management, 52 (2011); 1721-1727.
[78] Wadud, Zia; Dey, Himadri S.; Kabir, Md. Ashfanoor; Khan, Shahidul I. Modeling and forecasting natural gas demand in Bangladesh // Energy Policy, 39 (2011); 7372–7380.
[79] Karimi, Tooraj; Sadeghimoghadam, M. Reza; Shakouri, Hamed G. Investigation of temperature variation effects on natural gas consumption in Iran // Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2011 Asia-Pacific, 25-28 March 2011, No. 5748862.
[80] Tavakoli, Ehsan; Montazerin, Nader. Stochastic analysis of natural gas consumption in residential and commercial buildings // Energy and Buildings, 43 (2011); 2289–2297.
[81] Li, Junchen; Dong, Xiucheng; Shangguan, Jianxin; Hook, Mikael. Forecasting the growth of China's natural gas consumption // Energy, 36 (2011); 1380-1385.
[82] Demirel, O.F.; Zaim, S.; Çalişkan, A.; Özuyar, P. Forecasting natural gas consumption in Istanbul using neural networks and multivariate time series methods // Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, 20 (2012), 5; 695-711.
[83] Soldo, Božidar. Forecasting natural gas consumption // Applied Energy, 92 (2012); 26-37.

Uvjeti pritezanja prirubnica plinskih cijevi
Gas Pipeline Flange Clamping Conditions

M. Opalić[1,*], N. Panić[1], K. Vučković[1], D. Žeželj[1], Ž. Pinjuh Ćorić[2], M. Kljajin[3]

[1]Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
[2]Gradska plinara Zagreb, Zagreb, Hrvatska
[3]Strojarski Fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski brod, Hrvatska

[*]Autor za korespondenciju. E-mail: mopalic@fsb.hr

Sažetak
U radu su dati rezultati ispitivanja prirubničkih spojeva plinskih cijevi glede potrebnih unesenih momenata pritezanja radi ostvarenja funkcije brtvljenja. Ispitivan je jedan konkretan problem iz eksploatacije.

Abstract
This paper present the results of the gas pipe flange connections with regard to the required tightening torque entered for the function of sealing. One isolated problem was studied from a particular operation.

Ključne riječi: vijak, prirubnica, cijev, moment pritezanja

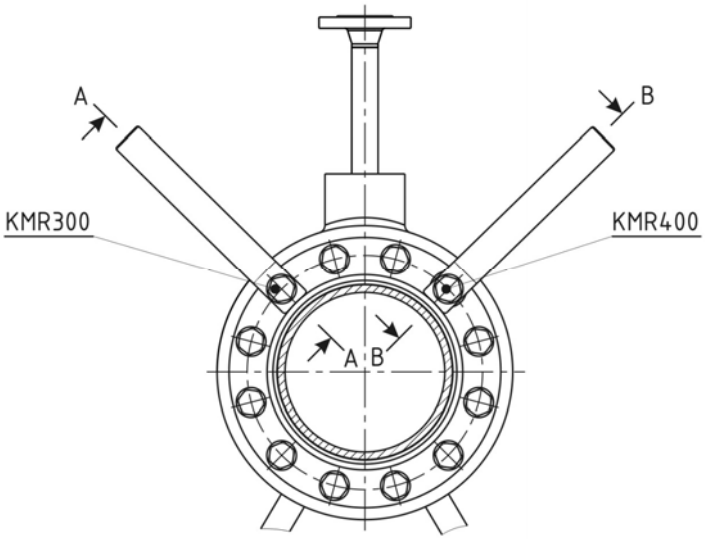
1. Predmet ispitivanja

Predmet ispitivanja je promjena i konačno postignuta sila prilikom pritezanja i tlačne probe na 2 kompleta vijčanog spoja M20 prirubničkog spoja DN200, PN16. Komplet vijak, matica, podložna pločica: M20 x 100

2. Opis ispitivanja

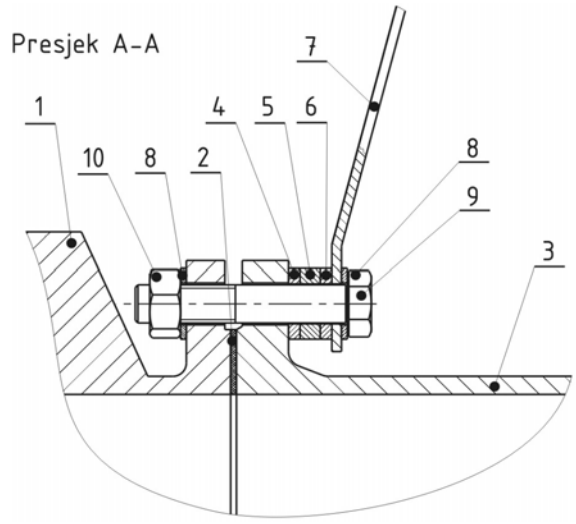
Sustav je pripremljen na način koji omogućava zanemarivanje utjecaja vlastitih masa pojedinih komponenti te pretpostavku paralelnih naležnih površina spojnih prirubnica. Ugrađeni su novi sklopovi nepodmazanih vijaka i nova brtva između prirubnice zavarene na cijev i prirubnice slavine na način kako se to čini u praksi. Na mjestu drugog provrta lijevo i drugog provrta desno obzirom na vertikalnu ravninu tijela slavine (gledano prema

prirubnici slavine, slika 1), na gornjoj strani prirubničkog spoja, ugrađeni su mjerni uređaji (HBM – KMR [1]).

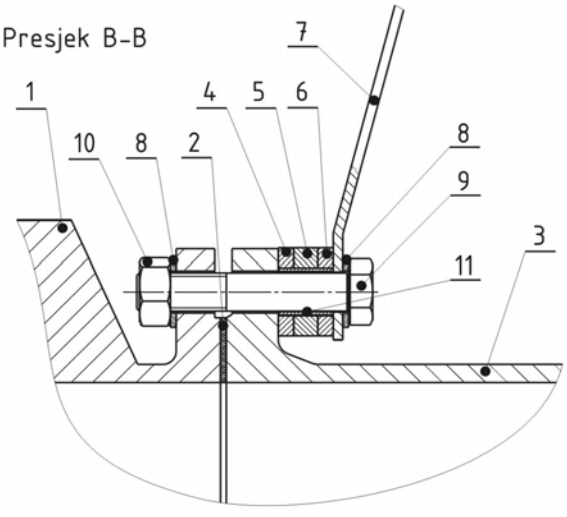


Slika 1. Pogled u smjeru osi sklopa

Uz mjerne uređaje ugrađene su i poluge radi osiguranja od zakretanja uređaja tijekom postupka pritezanja. Presjeci ispitnih mjesta prikazani su slikom 2.



Ispitno mjesto 1: KMR300



Ispitno mjesto 2: KMR400

Kazalo:

Poz.	Opis	Poz.	Opis
1	Tijelo slavine DN200	7	Poluga za osiguranje od vrtnje

2	Brtva	8	Podložna pločica
3	Cijev s prirubnicom DN200 PN16	9	Vijak M20
4	Pomoćni prsten mjerne doze	10	Matica M20
5	Mjerna doza	11	Vodilica
6	Pomoćni prsten mjerne doze		

Slika 2. Detalji presjeka ispitnih mjesta

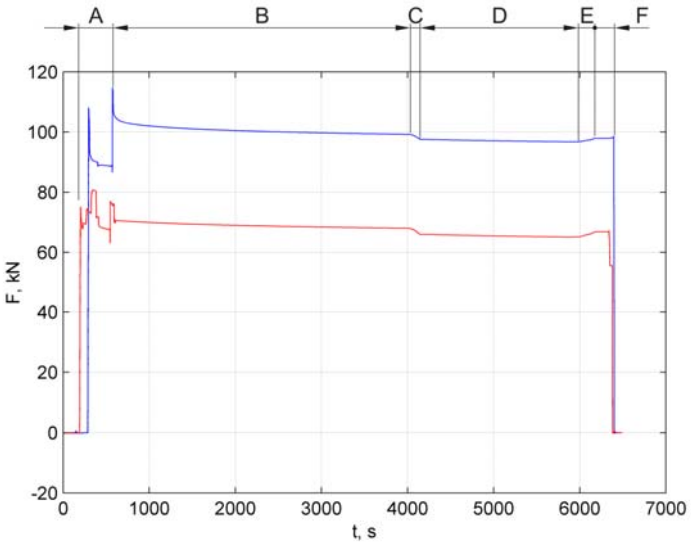
Svi vijci u ovoj fazi postupka pritegnuti su rukom. Od ovog trenutka preko mjernog pojačala počinje neprekinuto praćenje ostvarenih sila u mjernim uređajima i spremanje podataka na računalo. Provodi se postupak pritezanja vijaka na način kako se to inače čini u praksi. Vijke kod kojih su ugrađeni mjerni instrumenti priteže se uz pridržavanje ugrađenih poluga kako bi osigurali mjerne uređaje od oštećenja.

Nakon provedenog pritezanja sklopova vijaka i perioda stabilizacije sustava spaja se oprema potrebna za povećanje tlaka. Inertni plin (dušik) se pomoću spojnog crijeva dobavlja iz spremnika, a iznos tlaka prati putem odgovarajućeg mjernog uređaja.

Nakon dovođenja sustava na ispitni tlak, zatvaraju se zaporni organi te kontrolira propuštanje plina na spojim mjestima. Sustav ostaje pod tlakom od 13,73 bar dok se ne utvrdi da je stabilan, odnosno da nema istjecanja plina. Na kraju ispitivanja inertni plin se ispušta.

3. Rezultati mjerenja

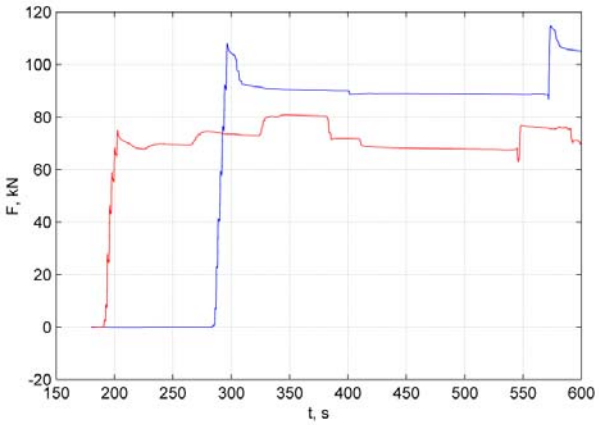
Ukupni rezultati mjerenja dani su dijagramom na slici 3. Efektivno trajanje mjerenja približno je iznosilo 1 sat i 45 minuta.



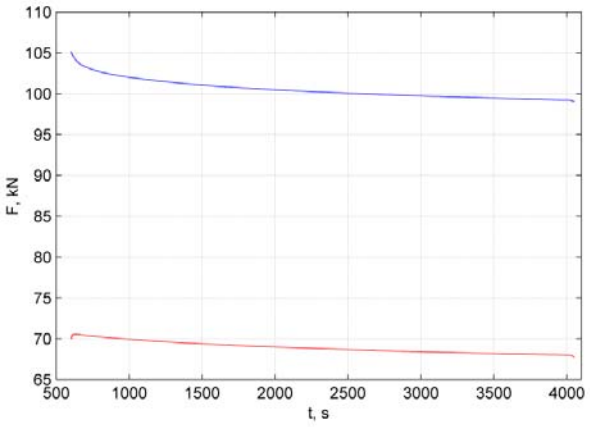
Slika 3. Ukupni rezultati mjerenja

Krivulja iscrtana crveno predstavlja promjenu sile u vremenu za vijak na ispitnom mjestu 1. Krivulja iscrtana plavo predstavlja promjenu sile u vremenu za vijak na ispitnom mjestu 2. Ukupni period mjerenja podijeljen je u 6 zasebnih faza:

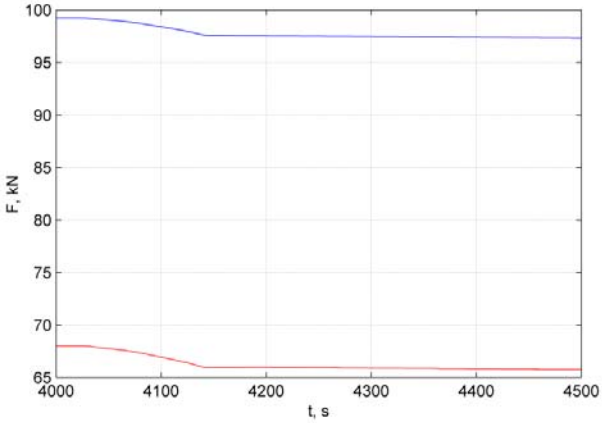
A. Pritezanje vijčanih spojeva (slika 4)
B. Mirovanje radi postizanja stabilnosti sustava (slika 5)
C. Punjenje sustava ispitnim plinom do nazivnog pritiska ispitivanja (slike 6, 7 i 8)
D. Mirovanje sustava pod pritiskom (slike 9, 10 i 11)
E. Rasterećivanje sustava (ispuštanje ispitnog plina) (slike 9, 10 i 11)
F. Završetak ispitivanja i otpuštanje vijčanih spojeva s mjernim uređajima (slike 9, 10 i 11)



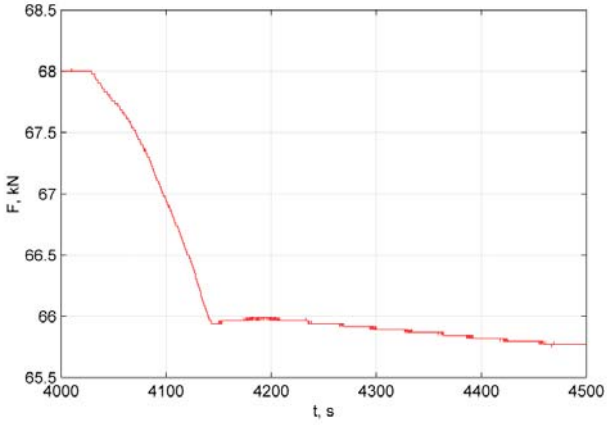
Slika 4. Stupnjevani rast sile u vijcima tijekom pritezanja (lijevo) i konačno pritezanje na ciljanu vrijednost (desno)



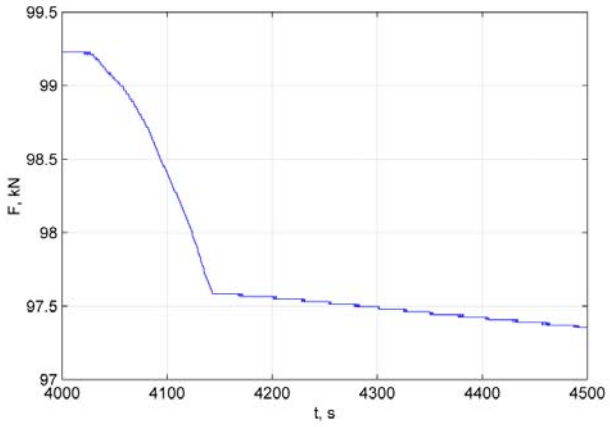
Slika 5. Period mirovanja sustava s gubitkom opterećenja uslijed relaksacije i puzanja



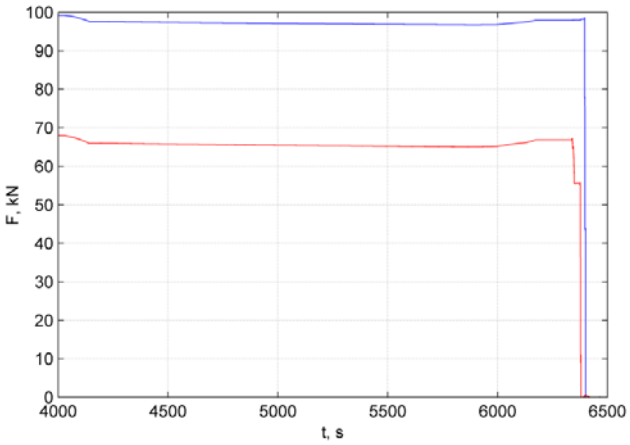
Slika 6. Pad sile u vijcima tijekom porasta pritiska u sustavu



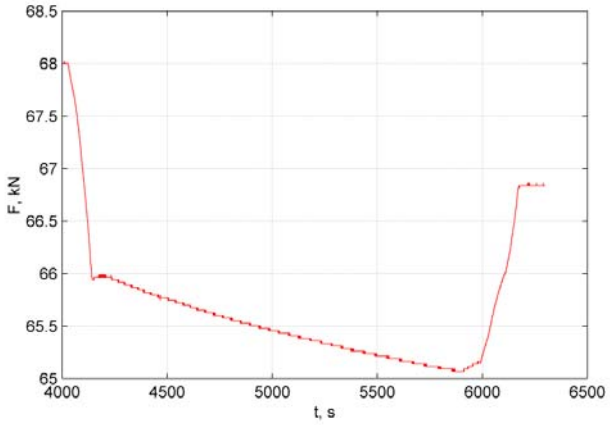
Slika 7. Detalj pada sile u vijku kod mjernog uređaja KMR300 (ispitno mjesto 1) tijekom porasta pritiska u sustavu



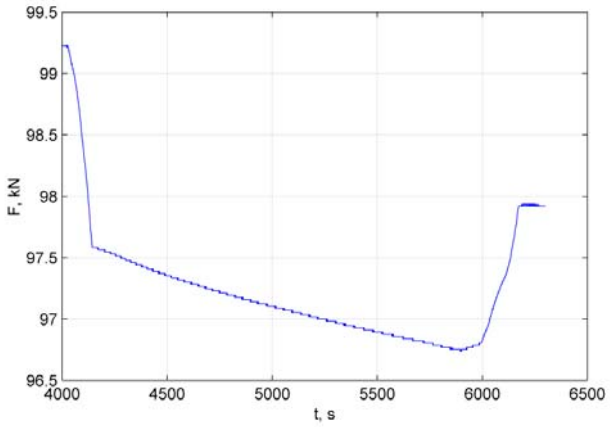
Slika 8. Detalj pada sile u vijku kod mjernog uređaja KMR400 (ispitno mjesto 2) tijekom porasta pritiska u sustavu



Slika 9. Pad, mirovanje i rast sila u vijcima kod mjernih uređaja zavisno od pritiska u sustavu



Slika 10. Detalj pada i rasta sile u vijku kod mjernog uređaja KMR300 (ispitno mjesto 1) tijekom porasta i pada pritiska u sustavu ($\Delta F_{aps} \cong 1{,}2$ kN)



Slika 11. Detalj pada i rasta sile u vijku kod mjernog uređaja KMR400 (ispitno mjesto 2) tijekom porasta i pada pritiska u sustavu ($\Delta F_{aps} \cong 1{,}3$ kN)

4. Analiza rezultata mjerenja

Na temelju pregleda rezultata mjerenja mogu se izdvojiti tri pojave:

1. Razlika u ostvarenim silama u vijcima kod mjernih uređaja KMR300 (ispitno mjesto 1) i KMR400 (ispitno mjesto 2) za isti moment pritezanja vijčanih spojeva
2. Pad sile u vijcima kod mjernih uređaja KMR300 (ispitno mjesto 1) i KMR400 (ispitno mjesto 2) tijekom porasta pritiska u sustavu
3. Porast sile u vijcima kod mjernih uređaja KMR300 (ispitno mjesto 1) i KMR400 (ispitno mjesto 2) tijekom pada pritiska u sustavu

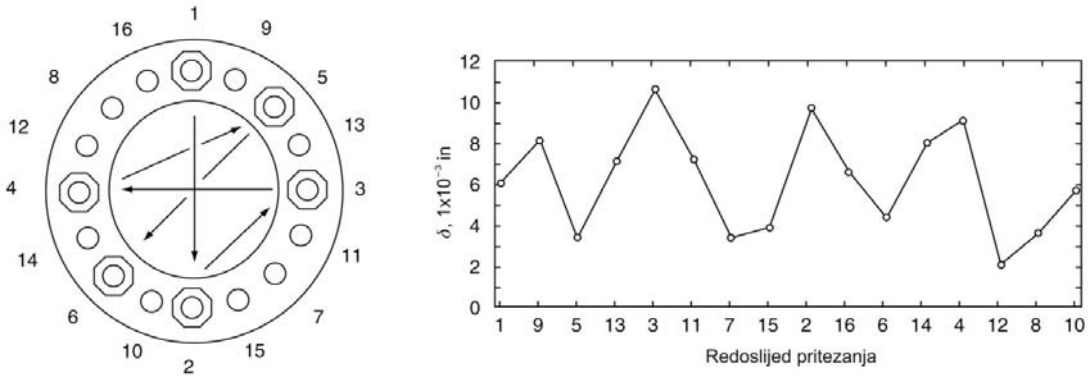
4.1 Razlika u ostvarenim silama

Pritezanje svakog vijka popraćeno je višestrukim, kratkotrajnim i dugotrajnim procesima (relaksacija vijka, relaksacija prirubnice, deformacija brtve itd.) [2]. Ovi procesi rezultiraju kratkoročnim i dugoročnim gubitkom opterećenja u vijku, tako da se vrijednost postignuta u trenutku pritezanja (indicirana otpuštanjem moment ključa) i zaostala vrijednost mogu razlikovati i do nekoliko desetaka posto, zavisno od proteka vremena, uvjeta rada i vanjskih utjecaja. Primjer ovakvih pojava vidljiv je na dijagramu na slici 4.

Prirubnički spoj sustava na kojem je mjerenje provedeno pritezan je unakrsno, redoslijedom koji odražava uobičajenu praksu.

Premda je ovakav način pritezanja uobičajen i široko zastupljen u praksi u cilju postizanja ravnomjerne raspodjele opterećenja, u literaturi dostupni rezultati istraživanja [2], [3] i [4] upućuju na pojavu tzv. *efekta pile*. Naime, kako prirubnički spoj u cjelini (prirubnice, vijci, brtva, podložne pločice i matice) predstavlja elastičan sustav međusobno interaktivnih elemenata, pritezanje pojedinog vijka neizbježno utječe na stvarno opterećenje u

preostalim vijcima. Svakom fazom pritezanja i konačnog dotezanja vijaka ove se razlike mogu povećavati pa u konačnici omjer između opterećenja pojedinih vijaka može biti i nekoliko puta veći od jedan. Vrijednosti postignutih opterećenja spojene linijama formom podsjećaju na zupce pile. U primjeru prikazanom na slici 12 [2] konačan omjer najveće i najmanje postignute vrijednosti nakon posljednje, 3. faze pritezanja iznosi približno 5,5.



Slika 12. Primjer unakrsnog pritezanja spoja sa 16 vijaka momentom od 370 Nm [2]; lijevo – redoslijed pritezanja, desno – produljenja vijaka nakon pritezanja

Predmetnim mjerenjem utvrđene su nakon pritezanja i neposredno prije povećanja pritiska u sustavu sile u vijcima u iznosima prikazanim u tablici 1 (slika 5 i slika 6).

Tablica 1. Rezultati mjerenja nakon pritezanja i prije povećanja pritiska u sustavu

Ispitno mjesto	*t*=2000 s	*t*=4000 s	Gubitak sile u vijku, kN	Gubitak sile u vijku, %
	F, kN			
1	68,97	68,00	0,97	1,41
2	100,47	99,23	1,24	1,23
ΔF_{rel}*	31,4%	31,5%		

* relativna razlika vrijednosti izmjerenih na ispitnim mjestima 1 i 2

U obzir treba uzeti i deklariranu točnost mjernih instrumenta, konkretnije pojavu puzanja, odnosno tendencije da mjerena vrijednost s vremenom sustavno pada ili raste za određeni iznos. Kod instrumenata korištenih za predmetno mjerenje ista je navedena s 2% u periodu od 30 minuta na sobnoj temperaturi [1].

Imajući u vidu sve navedeno može se reći da su promjene sila u vijcima te konačno postignute vrijednosti u prihvatljivim granicama.

4.2 Pad sile u vijcima tijekom porasta pritiska u sustavu

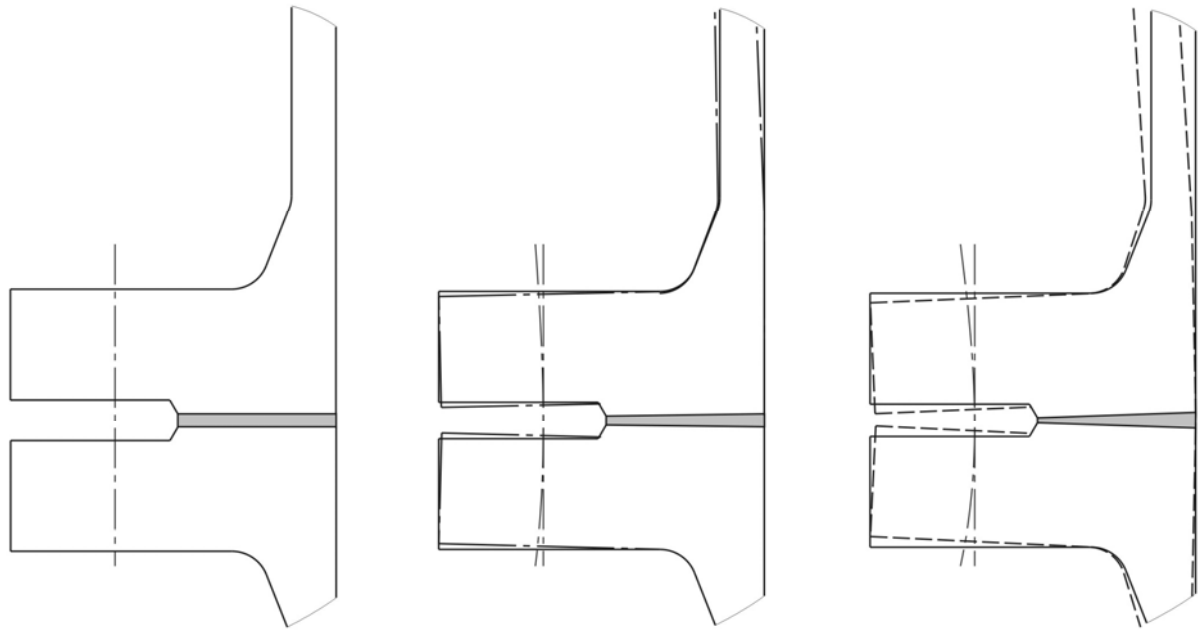
U trenutku početka povećanja pritiska u sustavu (t≅4029 s) zabilježen je istovremeni pad sila u vijcima na ispitnim mjestima 1 i 2 (slike 6, 7, 8, 9, 10 i 11). Nagli pad je zaustavljen (t≅4142 s) po postizanju ispitnog pritiska, odnosno prestanku povećavanja ispitnog pritiska u sustavu. Rezultati mjerenja prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Rezultati mjerenja u karakterističnim točkama ispitivanja

Ispitno mjesto	Početak porasta pritiska t≅4029 s	Postizanje ispitnog pritiska t≅4142 s	Gubitak sile u vijku, kN	Gubitak sile u vijku, %
	F, kN			
1	67,98	65,94	2,04	3,00
2	99,19	97,58	1,61	1,62
ΔF_{rel}*	31,46	32,42		
Ispitno mjesto	Početak pada pritiska t≅5913 s	Atmosferski pritisak t≅6173 s	Prirast sile u vijku, kN	Prirast sile u vijku, %
	F, kN			
1	65,09	66,81	1,72	2,64
2	96,75	97,92	1,17	1,21
ΔF_{rel}*	32,7	31,77		
Ispitno mjesto	Početak porasta pritiska t≅4029 s	Atmosferski pritisak t≅6173 s	Gubitak sile u vijku, kN	Gubitak sile u vijku, %
	F, kN			
1	67,98	66,81	1,17	1,72
2	99,19	97,92	1,27	1,28
ΔF_{rel}*	31,47	31,77		

* relativna razlika vrijednosti izmjerenih na ispitnim mjestima 1 i 2

Navedena pojava je rezultat deformacije prirubnice i spojnog cjevovoda uslijed povećanja pritiska u sustavu [5], [6], [7] i [8] (slika 13).



Slika 13. Shematski prikaz pojava kod prirubničkog spoja. Lijevo – neopterećen spoj, sredina – spoj opterećen pritezanjem vijaka, desno – spoj opterećen silama uslijed pritezanja i unutarnjim pritiskom u sustavu

Na nastanak pojave utječu veličina diobenog promjera provrta za vijke, dimenzije brtve, te omjer krutosti brtve i krutosti prirubnice. Konkretnije tumačenje je da će do pojave doći kada je brtva relativno kruta, a prirubnica prekomjerno savitljiva. Po prestanku povećanja pritiska u sustavu vrijednosti sila u vijcima na ispitnim mjestima 1 i 2 se stabiliziraju, a daljnja promjena vrijednosti se tumači relaksacijom dijelova spoja i ranije opisanom pojavom puzanja mjerene vrijednosti.

4.3 Porast sile u vijcima tijekom pada pritiska u sustavu

U trenutku početka smanjivanja pritiska u sustavu ($t \cong 5913$ s) zabilježen je istovremeni porast sila u vijcima na ispitnim mjestima 1 i 2 (slike 9, 10 i 11). Nagli rast je zaustavljen ($t \cong 6173$ s) po ispuštanju ispitnog plina, odnosno postizanju atmosferskog pritiska u sustavu. Rezultati mjerenja prikazani su u tablici 2.

Navedena pojava je rezultat smanjivanja pritiska u sustavu, odnosno relaksacije prirubnice i cjevovoda, radi čega dolazi do ponovnog povećanja sila u vijcima. Po učinku je suprotna onoj kod povećanja pritiska u sustavu.

5. Zaključak

Sustav je pripremljen za ispitivanje na način koji omogućava zanemarivanje utjecaja vlastitih masa pojedinih komponenti te pretpostavku paralelnih naležnih površina spojnih prirubnica. Sustav je sklopljen i podvrgnut unutarnjem tlaku inertnog plina u iznosu od 13,73 bar. Tijekom trajanja postupka (pritezanja spojeva, povećanja i smanjenja pritiska) praćena je promjena sile na dva ispitna mjesta te su zabilježene vrijednosti u dva vijčana sklopa.

Zabilježene pojave su utjecale na izmjerene vrijednosti sile u vijcima, ali nisu utjecale na pritisak u sustavu. Praćenjem vrijednosti na uređaju za mjerenje pritiska, a nakon stabilizacije sustava, nije utvrđeno istjecanje plina u bilo kojoj fazi postupka.

6. Literatura

[1] »KMR Force washer for monitoring tasks Data Sheet,« Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Darmstadt, 2004.

[2] J. H. Bickford, Introduction to the Design and Behavior of Bolted Joints, CRC Press, 2007.

[3] B. Walters, »A new approach to tightening bolts,« *Sealing Technology,* svez. 2005, br. 10, pp. 6-8, 2005.

[4] G. Davet, »Why Do Gasketed Joints Leak,« Solon Manufacturing Company, 2007.

[5] R. G. Blick, »Bending Moments and Leakage At Flanged Joints - Part I,« *Petroleum Reriner,* svez. 29, br. 2, pp. 101-103, 1950.

[6] R. G. Blick, »Bending Moments and Leakage At Flanged Joints - Part II,« *Petroleum Reriner,* svez. 29, br. 5, pp. 119-122, 1950.

[7] R. G. Blick, »Bending Moments and Leakage At Flanged Joints - Part III,« *Petroleum Reriner,* svez. 29, br. 6, pp. 130-133, 1950.

[8] W. P. Kerkhof, »New Stress Calculations and Temperature Curves for Integral Flanges,« u *3rd World Petroleum Congress*, Hague, 1951.

Energetska učinkovitost rasplinjavanja drvne biomase u proizvodnji električne energije
Energy efficiency of wood biomass gasification in electricity production

D. Šljivac[1], M. Stojkov[2,*], K. Markanović[1], D. Topić[1], Z. Janković[2], E. Hnatko[2]

[1]Elektrotehnički fakultet Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska
[2]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

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

Sažetak

Izgradnja i funkcioniranje reaktora za rasplinjavanje podrazumijeva razumijevanje i poznavanje procesa rasplinjavanja, sastav primarnog energenta (biomase), i utjecaj operacijskih parametara na radna svojstva elektrane. Dobro razumijevanje osnovnih procesa je ključno za planiranje, izgradnju, funkcioniranje, uklanjanje grešaka i unaprjeđenje procesa elektrana. Ovakva vrsta elektrana sa integriranom plinifikacijom, osim reaktora za rasplinjavanje, uključuje još i sustav za obradu biomase, sustav za opskrbu reaktora biomasom, sustav za čišćenje plina i sustav za uklanjanje pepela i krutih ostataka.

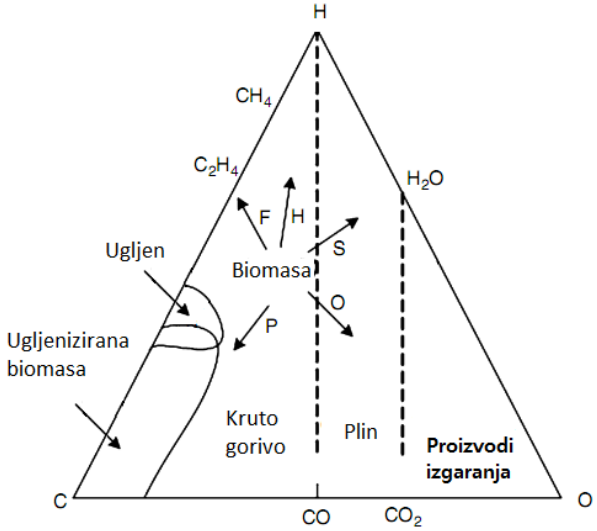
Abstract

The design and operation of a gasifier require an understanding of the gasification process and design process of gasifier, primary energy source (biomass), and operating parameters influence on the performance of the plant. A good comprehension of the basic reactions is fundamental to the planning, design, operation, troubleshooting, and process improvement of a gasification plant. The design of a gasification plant includes the gasifier reactor as well as its auxiliary or support equipment. A typical biomass gasification plant design comprises gasifier reactor, biomass handling system, biomass feeding system, gas cleanup system and ash and solid residue removal system. As with most process plant equipment, the design of a gasifier may be divided into major phases such as process design and preliminary sizing, optimization of design and detailed mechanical design.

Ključne riječi: rasplinjavanje biomase, reaktor za rasplinjavanje, piroliza, izgaranje, modeliranje reaktora za rasplinjavanje.

1. Uvod – proces rasplinjavanja

Rasplinjavanje s energetskog gledišta je kemijski proces pretvaranja neke čvrste ili tekuće tvari na primjer ugljena, biomase i sličnih tvari u plin. Ovim se procesom dobiva smjesa plinova poznata kao generatorski plin, koji u svom sastavu sadrži CO, CH_4 i H_2 i ima sljedeće prednosti obzirom na kruta goriva: lakša i učinkovitija regulacija snage u termoenergetskim postrojenjima, korištenje goriva s ekološko prihvatljivim emisijama i povećanje energetske učinkovitosti termoenergetskih blokova. Prilikom rasplinjavanja primarnom energentu se uslijed dodavanja vodika dobiva plin – ugljikovodik. Osnovni proces rasplinjavanja sastoji se od sušenja, toplinske razgradnje organske tvari ili pirolize, djelomičnog izgaranja plinova, para i ugljena iz biomase i rasplinjavanja ostataka. Sama piroliza se odvija na visokoj temperaturi uz dovedenu toplinu bez prisutnosti kisika i vode. Za rasplinjavanje je potreban rasplinjavajući medij (para, zrak ili kisik) za kemijsku promjenu molekularne strukture sirovine od složenih molekula primarnog energenta do manje složenih molekula plina. Kisik je vrlo čest medij koji se koristi pri rasplinjavanju, bilo da se koristi u čistoj formi (rijetko) ili se uzima iz zraka. Ogrjevna moć i kemijski sastav dobivenog plina značajno ovise o primarnom energentu i količini rasplinjavajućih reagensa. Trostruki dijagram (slika 1) ugljika, vodika i kisika zorno prikazuje pretvorbu i formiranje različitih plinova u reaktoru za rasplinjavanje, [1].



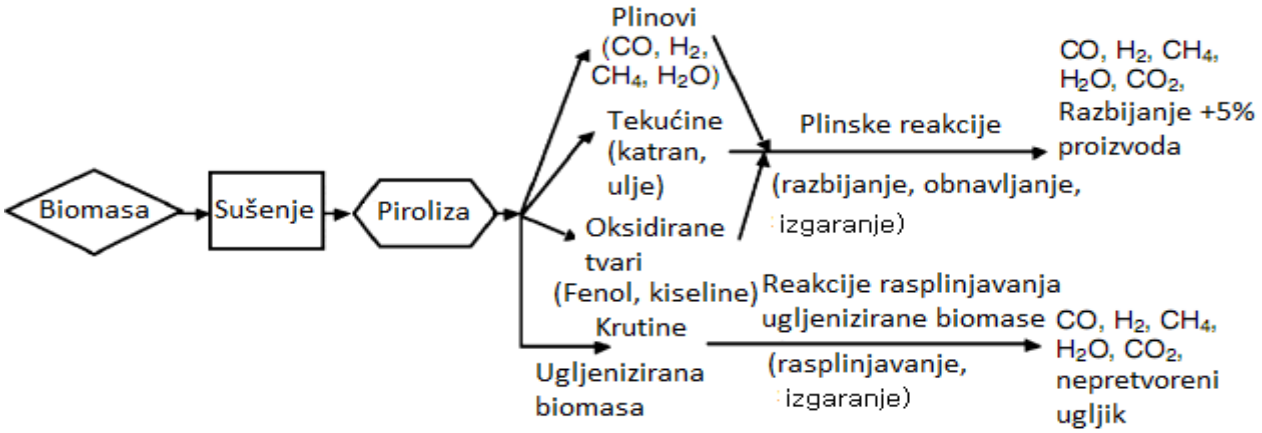
Slika 1. Trostruki (C-H-O) dijagram procesa rasplinjavanja, P spora i F brza piroliza

Uz odabir kisika kao medija pri rasplinjavanju, pretvorba se kreće prema vrhu O (kisik). Ovdje se pojavljuje nusproizvod CO za male količine kisika i CO_2 za velike količine kisika. Ako se količina kisika ne bi stehiometrijski podešavala, nastupilo bi izgaranje uz dobivanje dimnih plinova umjesto generatorskog plina. Krećući se prema vrhu O (kisik) sa slike 1., smanjuje se količina vodika, a povećava se udio spojeva ugljika kao što su CO i CO_2 u dobivenom plinu. Korištenjem pare kao medija za rasplinjavanje, dobiva se generatorski plin koji sadrži više vodika po jedinici ugljika, što rezultira većim H/C omjerom. Izbor medija za rasplinjavanje značajno utječe na ogrjevnu moć izraženu u MJ/m^3 (u cijelom radu

jedinica se odnosi za normne uvjete) koja se može dobiti izgaranjem generatorskog plina. Iz tablice 1. može se vidjeti da se uz kisik kao radni medij dobiva generatorski plin najveće ogrjevne moći. Ukoliko se za istu namjenu koristi zrak umjesto kisika, povećava se udio dušika u generatorskom plinu što za posljedicu ima smanjenje ogrjevne moći.

Tablica 1. Ogrjevna moć plina proizvedenog pomoću različitih reagensa

Reagens	Ogrjevna moć [MJ/m^3]
Zrak	4-7
Para	10-18
Kisik	12-28



Slika 2. Putevi rasplinjavanja biomase

Uobičajeno proces rasplinjavanja biomase započinje zagrijavanjem, sušenjem i pirolizom nakon čega dolazi do kemijske reakcije između nusproizvoda pirolize biomase i radnog medija i dobiva se željeni rasplinjeni plin (generatorski plin). Toplinska energija nužna za zagrijavanje, sušenje i pirolizu biomase dobiva se iz egzotermičkih reakcija pri izgaranju biomase. Svježe posječeno drvo sadrži 30-60% vlage, dok druge vrste biomase mogu imati udio vlage i do 90%, tablica 2, [2].

Tablica 2. Količina vlage izražene u % u nekim vrstama biomase

Biomasa	Kukuruzna stabljika	Pšenična slama	Rižina slama	Rižina ljuska	Stočni izmet	Kora drveta	Piljevina	Ostaci hrane	RDF peleti
Vlažnost [%]	40-60	8-20	50-80	7-10	88	30-60	25-55	70	25-35

Po svakom kilogramu vlage biomase dobivena energija je manja za minimalno 2260 kJ jer je to potrebna toplina za isparavanje vlage. Iz tog se razloga biomasa prethodno suši na suncu i na taj se način uklanja vlaga iz vanjskog sloja biomase (ostatak vlage u idealnom slučaju je 10-20%). Posljednja faza sušenja odvija se u reaktoru gdje povratna toplina

dobivena izgaranjem biomase dodatno isušuje biomasu. Pri temperaturama iznad 100 ºC dolazi do nepovratnog izdvajanja vode iz biomase te se uz daljnje povećanje temperature voda iz biomase u potpunosti isparava (do 200 ºC), [3].
Nadalje nastupa proces pirolize. Tijekom spore pirolize, plin po svojem kemijskom sastavu ide prema vrhu C (ugljik), slika 1., pa se proizvodi više ugljenizirane biomase. Tijekom brze pirolize kemijski sastav plina se kreće prema C-H osi nasuprot vrha kisika. Udio kisika se tada lagano smanjuje i povećava udio ugljikovodika. Nakon pirolize slijedi rasplinjavanje a obuhvaća kemijske reakcije između ugljikovodika u primarnom energentu, pare, ugljičnog dioksida, kisika, i vodika u reaktoru, kao i kemijske reakcije između molekula nastalih plinova. Slijede kemijske jednadžbe koje opisuju moguće kemijske reakcije:

$$Ugljenizirana\ biomasa + O_2 \rightarrow CO_2\ i\ CO \quad (1)$$

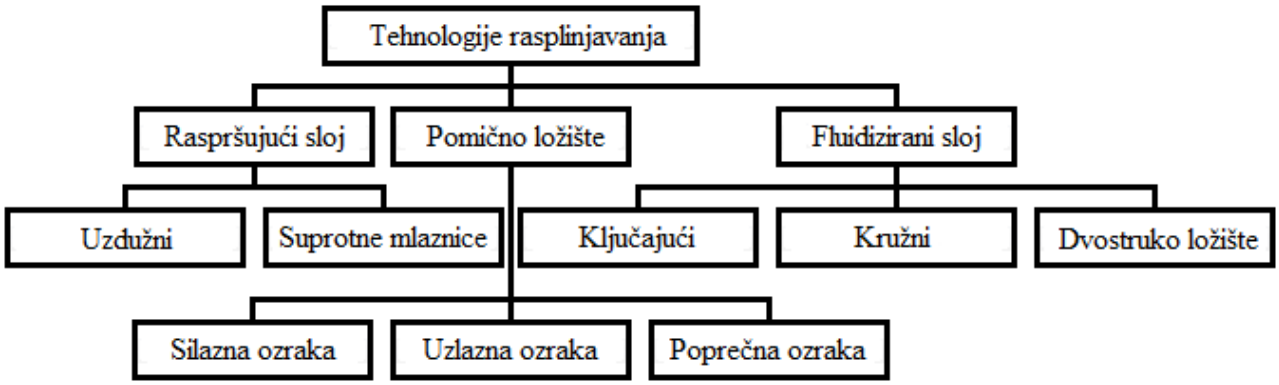
$$Ugljenizirana\ biomasa + CO_2 \rightarrow CO \quad (2)$$

$$Ugljenizirana\ biomasa + H_2O \rightarrow CH_4\ i\ CO \quad (3)$$

$$Ugljenizirana\ biomasa + H_2 \rightarrow CH_4 \quad (4)$$

2. Modeliranje reaktora za rasplinjavanje

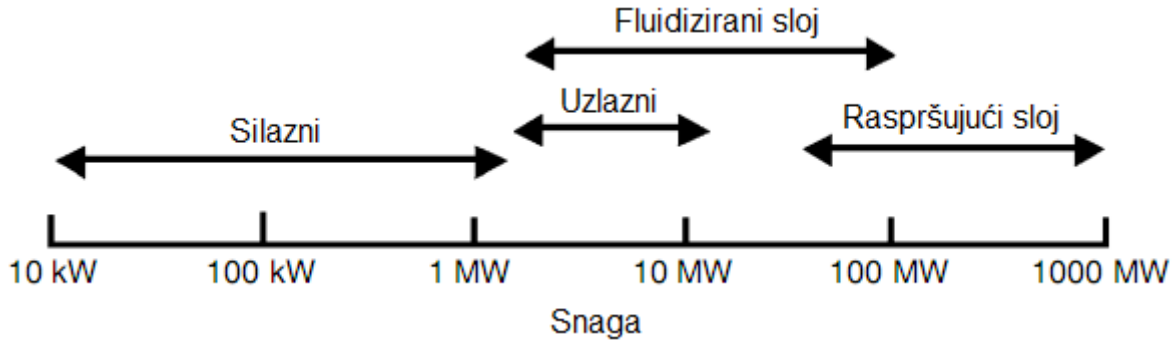
Elektrane sa integriranom plinifikacijom osim reaktora za rasplinjavanje sadrže sustav za obradu biomase, sustav za opskrbu reaktora biomasom, sustav za čišćenje plina i sustav za uklanjanje pepela i krutih ostataka.
Reaktori za rasplinjavanje se mogu sistematizirati prema vezi između plina i primarnog energenta i prema radnom mediju za rasplinjavanje. Prema vezi između plina i primarnog energenta reaktori za rasplinjavanje se mogu podijeliti na reaktore sa fiksnim ili pomičnim ložištem, reaktore sa fluidiziranim slojem i reaktore sa raspršujućim slojem. Svaki od nabrojenih tipova reaktora za rasplinjavanje može se dodatno podijeliti sukladno slici 3.



Slika 3. Vrste tehnologija za rasplinjavanje

Važno je naglasiti da svaki reaktor za rasplinjavanje funkcionira isključivo za uzak radni kapacitet. Primjerice, reaktori za rasplinjavanje s pomičnim ložištem (silazna i uzlazna ozraka) koriste se za manje snage (10 kW - 10 MW), reaktori sa fluidiziranim slojem su

prikladni za srednje snage (5 MW - 100 MW), a reaktori sa raspršujućim slojem za velike snage (>50 MW), kako je prikazano na slici 4.



Slika 4. Tipovi reaktora za rasplinjavanje korišteni pri različitim opsezima snaga

Tablica 3. Usporedba nekih komercijalnih reaktora za rasplinjavanje

Parametar	Fiksno/pomično ložište	Fluidizirani sloj	Raspršujući sloj
Širina otvora za gorivo	< 51 mm	< 6 mm	< 0,15 mm
Tolerancija prema sitnim nečistoćama	Ograničena	Dobra	Odlična
Tolerancija prema sirovosti	Vrlo dobra	Dobra	Loša
Temperatura izlaznog plina	450-650 °C	800-1000 °C	> 1260 °C
Sirovina	Niskokalorični ugljen	Niskokalorični ugljen i biomasa	Bilo koji ugljen, ali neprikladan za biomasu
Potreba za reagensom	Niska	Umjerena	Visoka
Temperatura reakcijske zone	1090 °C	800-1000 °C	1990 °C
Potreba za parom	Visoka	Umjerena	Niska
Pepeo	Suh	Suh	Rastaljen
Korisnost hladnog plina	80%	89%	80%
Volumen	Mali	Srednji	Veliki
Problemi	Proizvodnja katrana i iskorištenje nečistoća	Ugljeniziranje	Hlađenje sirovog plina

Potrebno je kod projektiranja reaktora za rasplinjavanje odrediti osnovnu masenu bilancu tvari i energetsku bilancu koja uključuje izračun masenog toka proizvedenog plina i izračun potrebne mase goriva. Najvažnije je znati kolika je snaga (MW) na izlazu iz reaktora odnosno ulazna snaga plina (volumni i maseni protok plina uz poznatu donju ogrjevnu moć plina) u primarni agregat (TE, TE-TO, PTE, plinski motor). Iz proračuna slijedi:

$$\dot{V}_g = \frac{\dot{Q}}{H_{d,g}} \left[\mathrm{m}^3/\mathrm{s}\right] \tag{5}$$

Ovdje je $\dot{Q}$ snaga reaktora za rasplinjavanje, a $H_{d,g}$ donja ogrjevna moć goriva (MJ/m^3). Za određivanje potrebnog masenog protoka goriva, $\dot{M}_f$ mora se znati snaga reaktora $\dot{Q}$, donja ogrjevna moć biomase $H_{d,bm}$ [MJ/kg] i stupanj korisnog djelovanja reaktora η_{gef} :

$$\dot{M}_f = \frac{\dot{Q}}{H_{d,bm} \cdot \eta_{gef}} \left[\mathrm{kg}/\mathrm{s}\right] \tag{6}$$

Važno je odrediti stehiometrijsku masu zraka potrebnu za potpuno izgaranje jedinice mase goriva m_{th}. Ako je zrak radni medij reaktora za rasplinjavanje, masa potrebnog zraka m_a za rasplinjavanje jedinice mase goriva računa se:

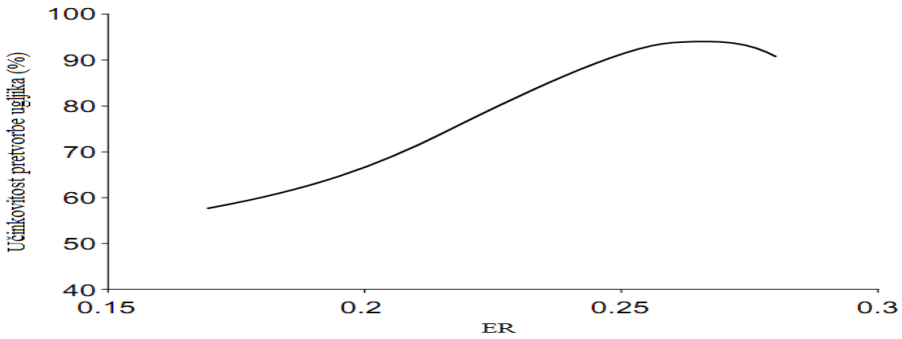
$$m_a = m_{th} \cdot ER \tag{7}$$

gdje je m_{th} jedinica mase goriva, a *ER* omjer korištenog radnog medija i stehiometrijske vrijednosti radnog medija. Ako se u račun uzme maseni protok potrebnog goriva:

$$\dot{M}_{fa} = m_{th} \cdot ER \cdot \dot{M}_f \left[\mathrm{kg}/\mathrm{s}\right] \tag{8}$$

$$ER\left(<1,0\right)_{rasplinjavnja} = \frac{\textit{korištena količina zraka}}{\textit{stehiometrijska količinaz zraka}} = EA(>1,0)_{izgaranja} \tag{9}$$

Ovdje je *EA* koeficijent pretička zraka. *ER* određuje svojstva reaktora za rasplinjavanje: tijekom pirolize ovaj je parametar nula, a za vrijeme rasplinjavanja biomase kreće se između 0,2 i 0,3. Kvaliteta generatorskog plina značajno ovisi o vrijednosti *ER* jer mora biti manja od 1,0 radi osiguravanja rasplinjavanja (bez izgaranja) i veća od 0,2 da ne dolazi do nepotpunog rasplinjavanja, koji ima za posljedicu pretjerano gomilanje ugljenizirane biomase i u konačnici nisku ogrjevnu moć plina. Obično je *ER* između 0,2 i 0,4.



Slika 5. Učinkovitost rasplinjavanja u ovisnosti o *ER*, reaktor sa fluidiziranim slojem

Kisik je potrebno dovesti kao preduvjet za dobivanje toplinske energije nužne za endotermičke kemijske reakcije rasplinjavanja. Veći dio toplinske energije generira se prilikom rasplinjavanja biomase:

(10)

$$C + 0{,}5O_2 \rightarrow CO + 111\text{kJ/mol}$$

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 394\text{kJ/mol} \quad (11)$$

Reaktor treba i toplinsku energiju nužnu za podizanje temperature biomase i radne tvari na temperaturu odvijanja kemijskih reakcija, kao i za nadoknadu toplinskih gubitaka na vanjskoj oplati reaktora. Kod samoodrživog procesa u reaktoru, dio nužne toplinske energije dobiva se iz kemijskih reakcija u reaktoru a dio dolazi iz procesa izgaranja.
Ako je radna tvar zrak (70% slučajeva), dušik iz zraka razrjeđuje plin. U ovom je slučaju ogrjevna moć plina prilično niska, približno 4 - 6 MJ/m^3. Ako je pak radna tvar čisti kisik dobiven odvajanjem (separacijom) iz zraka, ogrjevna moć je puno veća i kreće se od 10 - 15 MJ/m^3. Značajan nedostatak korištenja kisika je utrošak velike količine energije za odvajanje kisika iz zraka (~2,18 MJ/kg O_2). Za slučaj da se kao radna tvar koristi pregrijana para sama ili u kombinaciji sa zrakom, ili kisikom, dobiva se više vodika:

$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2 \quad (12)$$

Potrebna masa pare po jedinici mase goriva, m_{fh}, dobiva se iz molarnog omjera pare i ugljika (*S/C*):

$$m_{fh} = 18 \cdot \frac{M_f \cdot C}{12}(S/C)[\text{kg}_\text{h}] \quad (13)$$

gdje je M_f masa goriva, a *C* postotak ugljika u gorivu. Uz *ER*, *S/C* molarni omjer također ima velik utjecaj u sastavu plina, vrijednost mu se kreće između 2,0 - 2,5. Za rasplinjavanje biomase potrebne su temperature između 800 - 900 °C, a temperature dimnih plinova su niže. Projektiranje i odabir reaktora započinje sa željenim sastavom izlaznog plina. Kroz odabir vrste korištene biomase i kroz proračun, uzimajući u obzir sve parametre dobiva se kemijski sastav izlaznog plina. Sastav dimnih plinova nastalih izgaranjem određenog goriva uz poznatu količinu dovedenog zraka pretežno je načinjen od ugljičnog dioksida i pare čija se količina vrlo lako može prilično dobro procijeniti na osnovi kemijskih relacija. Pri kemijskim reakcijama rasplinjavanja ovaj proračun nije tako jednostavan. Količina potrebnog goriva i sastav izlaznog plina moraju se vrlo oprezno procjenjivati jer kemijske reakcije rasplinjavanja nisu uvijek u ravnoteži, pa se može dobiti samo gruba procjena odvijanja reakcija kroz ravnotežne proračune.

3. Proizvodnja električne energije rasplinjavanjem drvne biomase

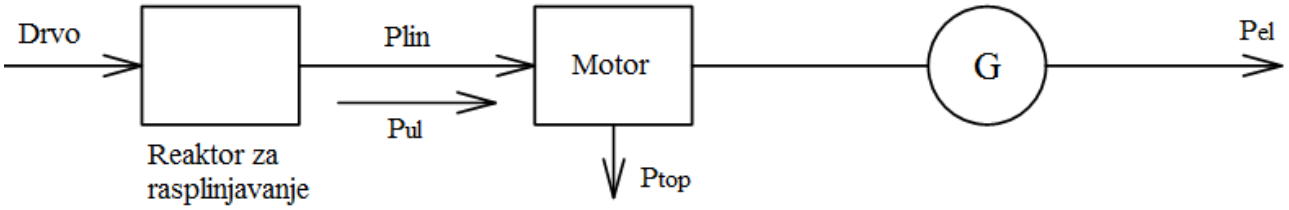
Krajnji proizvod rasplinjavanja drvne biomase je plin bogat metanom, koji se koristi pri proizvodnji električne energije uz pomoć plinskog motora. Izgaranjem rasplinjenog plina u motoru, na vratilu motora se dobiva okretni moment. Vratilo motora je čvrsto spojeno s rotorom generatora. Kao posljedica rada motora dolazi do vrtnje rotora generatora i stvaranja okretnog magnetskog polja. Isto to okretno magnetsko polje presijeca namot statora generatora i dolazi do proizvodnje električne energije. Osnovna shema sustava za proizvodnju električne energije pomoću rasplinjavanja drvne biomase mora sadržavati slijedeće dijelove: reaktor za rasplinjavanje, motor i generator. U sustavu za proizvodnju

električne energije rasplinjavanjem drvne biomase sustav sadrži sve one pomoćne sustave i komponente koje su mu neophodne za proizvodnju plina. Motor i generator uglavnom dolaze u kompletu. Pri modeliranju sustava koristio se reaktor učinkovitosti 80% i Jenbacherov modul za proizvodnju električne energije JMS 420 GS-N.L., [4].

Tablica 4. Tehničke karakteristike modula za proizvodnju električne energije

CO-GEN modul		
Izlazna snaga	kWe	1415
Izlazna toplinska snaga (120 °C)	kW	1492
Ulazna snaga	kW	3373
Potrošnja goriva bazirana na H_d od 9,5 kWh/m^3	m^3/h	355
Električna učinkovitost	%	41,9
Toplinska učinkovitost	%	44,2
Ukupna učinkovitost	%	86,2
Izgubljena toplina (LT-krug)	kW	110
Emisija plinova	Nox < 250 mg/m^3 (5% O_2)	

Na slici 6 prikazan je primjer sustava za proizvodnju električne energije rasplinjavanjem drvne biomase, [5].



Slika 6. Primjer sustava za proizvodnju električne energije rasplinjavanjem drvne biomase

Kako su poznati podaci motora i generatora te količina i ogrjevna moć plina za proizvodnju 1,415 MWe energije, treba proračunati masu drva potrebnu za proizvodnju iste električne energije. Drvo korišteno pri rasplinjavanju sastoji se od 50,6% ugljika, 6,0% vodika, 0,3% dušika, 41,7% kisika i 1,4% pepela (p), a gornja ogrjevna moć mu je 24 MJ/kg. Ova vrijednost ogrjevne moći od 24 MJ/kg vrijedi samo za suho drvo. Kako drvo koje se koristi u postrojenjima za rasplinjavanje nikada nije apsolutno suho, prava ogrjevna moć se mora izračunavati uz poznatu vlažnost drva. Ako je poznata gornja ogrjevna moć drva, vlažnost i udio vodika u strukturi drva, donja ogrjevna moć računa se prema:

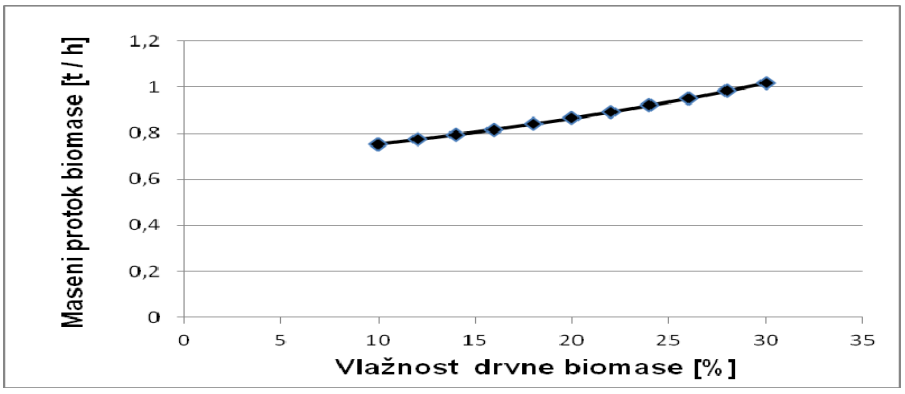
$$H_{d,bm} = H_{g,bm} \cdot \left(1 - \frac{w}{100}\right) - 20300 \cdot \frac{h}{100} - 2260 \cdot \frac{w}{100} \qquad (14)$$

gdje je *w* vlažnost izražena u postotcima, *h* udio vodika izražen u postotcima. Nakon uspješnog određivanja ogrjevne moći drva, može se započeti izračunavanje mase goriva potrebnog za proizvodnju 355 m^3/h volumnog protoka izlaznog plina donje ogrjevne moći

9,5 kWh/m^3. Upravo su te vrijednosti plina potrebne za proizvodnju 1,415 MW električne energije (podaci za plin i električnu energiju definirani su tehničkim podacima JMS 420 GS-N.L modula). Maseni protok potrebne biomase određene vlažnosti računa se prema:

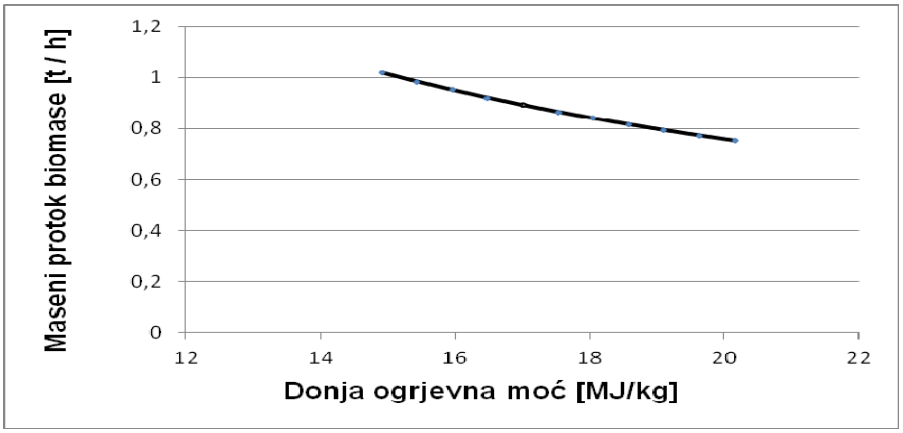
$$\dot{M}_{bm} = \frac{\dot{Q}}{H_{d,bm} \cdot \eta_{gef}} \tag{15}$$

Ovdje je η_{gef} učinkovitost, a $\dot{Q}$ snaga reaktora za rasplinjavanje na izlazu.



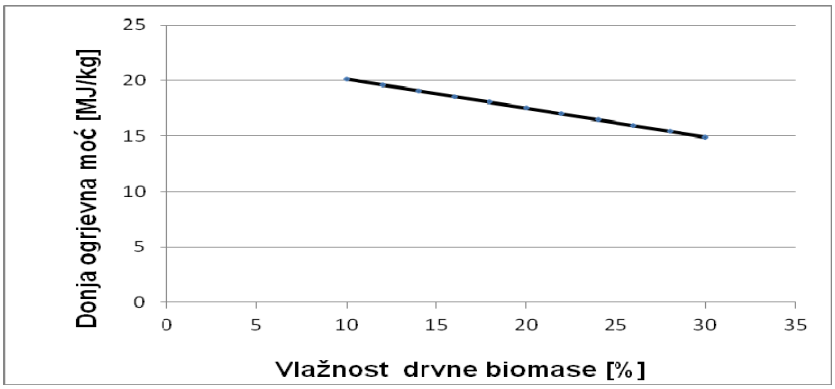
Slika 7. Ovisnost masenog protoka potrebne biomase za rasplinjavanje o vlažnosti

Slika 7 prikazuje ovisnost mase potrebnog goriva za rasplinjavanje o vlažnosti drva. Jasno je vidljivo da se sa povećanjem vlažnosti drva povećavaju i zahtjevi za masom drvne biomase koju koristimo kao gorivo. Pri najmanjoj vlažnosti koja se koristila u proračunu (10%), najmanja je i potrošnja drvne biomase (0,753 t/h). Kao što se može očekivati s povećanjem udjela vlage veća je i potrošnja drvne biomase.



Slika 8. Ovisnost masenog protoka potrebne biomase o donjoj ogrjevnoj moći

Kao što je slučaj kod vlažnosti, masa goriva potrebnog za rasplinjavanje uvelike ovisi o ogrjevnoj moći drvne biomase. Koristi li se drvna biomasa najveće ogrjevne moći, masa drvne biomase potrebne za rasplinjavanje će biti najmanja.



Slika 9. Ovisnost donje ogrjevne moći drvne biomase o vlažnosti

Povećanjem vlažnosti drvne biomase smanjuje se donja ogrjevna moć drva. Za donju ogrjevnu moć potrebno je osim vlažnosti poznavati i postotak vodika u drvnoj biomasi (6%). Kao i kod mase potrebnog goriva, donja ogrjevna moć se smanjuje sa povećanjem vlažnosti.

4. Zaključak

Rasplinjavanje drvne biomase u proizvodnji električne energije je vrlo zanimljiva tehnologija. Mnoge su prednosti rasplinjavanja drvne biomase: lakša i bolja regulacija snage u termoenergetskim postrojenjima, osnovna tehnologija korištenja ugljena s ekološki prihvatljivim emisijama, povećanje energetske učinkovitosti termoenergetskih blokova na kruta goriva, vrlo dobar stupanj upravljivosti, velike ekonomske prednosti na prostorima gdje je drvna biomasa dostupna pri relativno niskim cijenama. Osim velikih prednosti rasplinjavanja drvne biomase, tehnologija rasplinjavanja ima i neke nedostatke: rasplinjavanje je poprilično složen i osjetljiv proces, drvna biomasa je poprilično glomazna i za konstantan rad sustava potrebno je često punjenje spremnika goriva, nemogućnost korištenja suhe drvne biomase, poprilično nezgodno čišćenje pepela i katranskih kondenzata, unatoč lakšem dobivanju plina, korištenje istog nije tako jednostavno.
Uz sve prednosti i manje nedostatke, proizvodnja električne energije rasplinjavanjem drvne biomase, uz ostale obnovljive izvore energije, predstavlja budućnost u energetici. Zbog porasta svijesti čovječanstva prema okolišu i njegovom očuvanju, ekonomska isplativost ovakvih postrojenja je sve manje bitna.

5. Literatura

[1] P. Basu, Biomass gasification and pyrolysis practical design and theory, Elsevier inc., 2010.
[2] A. K. Rajvanshi, Biomass gasification, Nimbkar Agricultural Research Institute, Maharashtra, India
[3] http://www.eecabusiness.govt.nz/
[4] FAO (Food and agriculture organization, United Nations), Wood gas as engine fuel
[5] E. D. Larson, Small-scale gasification-based biomass power generation

Iskustva iz primjene međunarodnih normi ISO u vodoopskrbi Varkom d.d. iz Varaždina

Experiences from applying the international standards ISO in water supply Varkom d.d. from Varaždin

Ž. Kondić[1], M. Kljajin[2,*], L. Maglić[2], Đ. Tunjić[3], N. Horčička Novotny [4]

[1]Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska
[2]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska
[3]TÜV Croatia d.o.o., Zagreb, Hrvatska
[4]Varkom d.d., Varaždin, Hrvatska

*Autor za korespodenciju. E-Mail: mkljajin@sfsb.hr

Sažetak
U članku se ukratko prezentiraju postupci implementacije zahtjeva niza međunarodnih normi ISO 9000, ISO 14000 i ISO 22000 u postojeći proces vodoopskrbe kao i razlozi za njihovu primjenu te rezultati ostvareni uspješnom primjenom i stalnim poboljšavanjem sustava. Težište se stavlja na efikasnost i učinkovitost procesa distribucije vode za piće, kao i kvalitetu i sigurnost vode za piće.

Summary
The article briefly presents the methods of implementation of the series of international standards ISO 9000, ISO 14000 and ISO 22000 in the existing water supply process and the reasons for their application and achieved results of successful application and continuous improvement of system. The focus is placed on efficiency and effectiveness of the process of distribution of drinking water, as well as on the quality and safety of drinking water.

Ključne riječi: sustav upravljanja kvalitetom, sustav upravljanja zaštitom okoliša, sustav upravljanja sigurnošću vode za piće, ISO 9000, ISO 14000, ISO 22000.

1. Uvod

Dostupnost sigurne i kvalitetne vode za piće uz poštivanje zaštite okoliša neophodna je za zdravlje i osnovno je ljudsko pravo. U tom smislu, sve organizacije koje se bave vodoopskrbom i distribucijom pitke vode poslovno upravljanje temelje na općim i suvremenim principima kvalitete, sigurnosti i zaštiti okoliša. Ostvarenje ovih zahtjeva uz efikasan i učinkovit tržišni plasman od današnjih distributera pitke vode zahtjeva:

- osiguranje i dobavu dovoljne količine pitke vode izgradnjom kapaciteta vodocrpilišta, s ciljem podmirenja potreba svih razvojnih projekata gospodarstva i proširenja distributivnog područja,

- kontinuiranu optimalizaciju pogona i modernizaciju sustava uvođenjem nadzora i daljinskog upravljanja osnovnim funkcijama centralnih vodoopskrbnih građevina (povećanje sigurnosti pogona u akcidentnim situacijama, smanjenje utroška električne energije, brza detekcija kvara, rekonstrukcije i sl.),
- stalnu brigu smanjenja gubitaka vode u distributivnoj vodoopskrbnoj mreži,
- pravilan i pravovremen odziv u akcidentnim situacijama,
- povećanje tlakova primarne zone vodoopskrbe radi stvaranja preduvjeta za efikasnu protupožarnu zaštitu (naročito područje većih gradova),
- provođenje mjera zaštite vodonosnika od zagađenja u zonama sanitarne zaštite vodocrpilišta realizacijom projekata kanaliziranja otpadnih voda.

Sve su ove aktivnosti vrlo važne za život i zdravlje ljudi, stoga proizvođači i distributeri pitke vode moraju osigurati potrebne preduvjete kako bi uspješno obavljali svoju misiju [4]. Pri tome se međunarodne norme niza ISO 9000, 14000, 18000, 22000 i dr. nameću kao normalan i logičan zahtjev. Njihovom uspješnom implementacijom stvaraju se svi potrebni organizacijski, tehnološki i sigurnosni uvjeti za kvalitetnu distribuciju vode za piće, i to od izvorišta do konačnih potrošača. U nastavku se ukratko opisuju zahtjevi normnih nizova, te iskustva u njihovoj implementaciji i primjeni na primjeru komunalnog poduzeća Varkom d.d. iz Varaždina, koje se uz primarnu djelatnost vodoopskrbe bavi i drugim djelatnostima. Procjenjuje se da ovo poduzeće opskrbljuje vodom za piće oko 150 000 stanovnika, te da ima vrlo razgranatu vodovodnu mrežu u ukupnoj dužini od približno 1500 km, sa 17 vodosprema i 11 precrpnih stanica.

2. Osnovni zahtjevi normnih nizova ISO 9000, 14000 i 22000

2.1 Normni niz ISO 9000

Razvoj normi ISO 9000 vezanih za kvalitetu i sustave upravljanja kvalitetom započeo je krajem osamdesetih. Odvijao se usporedo s tehničko – tehnološkim razvojem i potrebama da se elementi poslovanja normiziraju i pretvore u određene norme kao veoma važno sredstvo komuniciranja u procesima rada diljem svijeta [2,10].
Norme definiraju zahtjeve za ustroj sustava upravljanja kvalitetom koji ima tri osnovna zadatka: planiranje kvalitete, osiguranje kvalitete i nadzor nad kvalitetom proizvoda i procesa. Usmjeravaju kompletno poslovanje prema kupcima i korisnicima. Korisnik proizvoda ili usluga je u centru zbivanja, pokretač i razlog proizvodnje i svih drugih aktivnosti. Kupac očekuje da se njegovi zahtjevi, želje, potrebe i očekivanja u cijelosti ispune, a proizvođači i dobavljači trebaju dati sve od sebe da ostvare zadovoljstvo kupca.
Za ove norme se kaže da nisu ni tehničke ni tehnološke, već organizacijske. Prvi put u povijesti svjetske normizacije napisan je niz organizacijskih normi, koji je danas u svjetskim razmjerima najkorišteniji. Našao je plodno tlo u proizvodnim i uslužnim te velikim, srednjim i malim organizacijama. Kaže se da nije zakon ni propis, već mnogo više od toga, zahtjev kupca.

Implementacija normnog niza ISO 9000 u poslovanje temelji se na načelima modernog menadžmenta, što podrazumijeva: sustavni i procesni pristup, usmjerenost prema kupcima, donošenje odluka na temelju činjenica, partnerske odnose s dobavljačima, vodstvo i timski rad, te stalno poboljšavanje. Ovakav pristup osigurava dobru organizaciju rada, gdje svaki radnik točno zna što, zašto, tko, kako, gdje i kada treba učiniti kako bi se

ostvario plan, odnosno cilj. Posao se planira, izvršava, nadzire, zapisuje, analizira i poduzimaju se mjere poboljšavanja.

2.2 Normni niz ISO 14000

Danas se sa sigurnošću može reći da je nastupio period eko kvalitete prepoznatljiv po nizu normi ISO 14000. To znači da se zahtjevi suvremenog tržišta i dalje "zaoštravaju". Osim kvalitete u fizičkom smislu, faktor konkurentnosti na tržištu razvijenih zemalja postaju ekološki parametri. Zelena nit prožima sve, od dobavljača, organizacije, do korisnika. Sve se više izražavaju ekološki zahtjevi po pitanjima tehnologije proizvodnje, ambalaže, recikliranja i sl. Zahtjevi tržišta su dio općeg procesa poboljšanja kvalitete življenja u trajanju od nekoliko desetljeća, koji je međunarodna organizacija za normizaciju "ozakonila" i internacionalizirala usvajanjem niza normi ISO 14000. Norme niza ISO 14000 ne bave se stručnim pitanjima fiziološke, populacijske, biocenozne, krajobrazne ili globalne ekologije, već pitanjima zaštite okoliša (engl. environmental protection). To je ustvari strukovno područje koje ima zadaću očuvanja zdravog životnog okruženja. Ekološki problemi kao posljedica čovjekove djelatnosti danas su veoma izraženi i poprimaju zastrašujuće razmjere. Ukoliko se ne primijeni sustavni pristup zaštiti okoliša ostvarit će se sve "crne" prognoze [3,11].

2.3 Normni niz ISO 22000

Ove međunarodne norme daju zahtjeve za sustav upravljanja sigurnošću hrane (vode za piće) u situacijama kada organizacija mora dokazivati svoju sposobnost da kontrolira opasnosti po sigurnost hrane (vode za piće). Osim toga, norme preciziraju zahtjeve koji omogućavaju bolje planiranje, održavanje i ažuriranje svih postupaka vezanih uz sigurnost hrane (vode za piće), kao i za dokazivanje usklađenosti sa zakonskom regulativom koja se odnosi na sigurnost hrane, odnosno vode za piće.

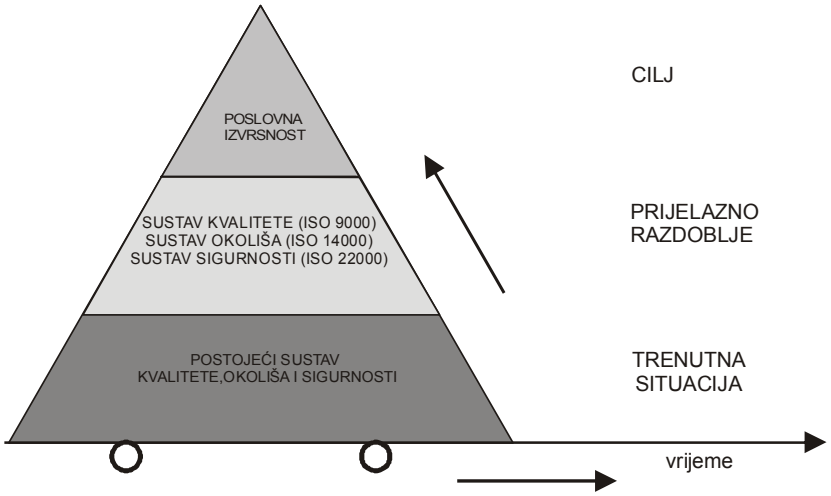
Primjenljive su na sve organizacije, bez obzira na njihovu veličinu i angažiranje u bilo kojem aspektu lanca ishrane. Potrošač ima pravo znati što konzumira i očekivati da je to što konzumira zdravstveno ispravno. Upravo je to osnova na kojoj se temelje zahtjevi ovih normi. U njima se naglašava prisustvo bioloških opasnosti (bakterija, parazita, virusa i dr.), prisustvo kemijskih opasnosti (aditivi, toksini, pesticidi, sredstva za čišćenje, teški metali i dr.), te prisustvo fizičkih onečišćenja (drvo, kamen, staklo,zemlja i dr.) [1].

Norme se baziraju na općim principima higijene hrane (vode za piće) kao što su: primarna proizvodnja; dizajn prostora, opreme i uređaja; kontrola procesa prema HACCP zahtjevima; održavanje čistoće objekata i sanitacija; osobna higijena, transport, izobrazba radnika i dr.

3. Postupak implementacije normi u postojeći sustav vodoopskrbe

Ustrojiti sustav upravljanja prema zahtjevima međunarodnih normi, znači realizirati projekt kojeg nije dobro podcjenjivati ni precjenjivati. Iskustvo pokazuje da ga je najbolje shvatiti ozbiljno i pristupiti mu na objektivan i realan način. Treba ga gledati kao projekt koji ima za cilj poboljšati postojeći sustav kvalitete, okoliša i sigurnosti, odnosno, kao prijelazno

razdoblje između postojećeg sustava upravljanja i sustava koji preferira poslovnoj izvrsnosti (slika 1).



Slika 1. Prijelaz iz postojećeg sustava u poslovnu izvrsnost

Implementacija zahtjeva navedenih normi u postojeći sustav vodoopskrbnih organizacija može biti provedena na više načina. To ovisi o nekoliko faktora koji imaju odlučujući utjecaj na donošenje odluke o primjeni. Pod tim se faktorima podrazumijeva:

- funkcionalnost, učinkovitost i stupanj organiziranosti postojećih sustava upravljanja (kvalitetom, okolišem i sigurnošću) koji funkcioniraju u organizaciji,
- tijek poslova i informacija i njihova složenost,
- veličina organizacije i njene specifičnosti (male, srednje i velike),
- zahtjevi potrošača i tržišta,
- opća klima u društvu i podizanje svijesti o kvaliteti, okolišu i sigurnosti vode za piće,
- pokrivenost zakonskom i drugom regulativom,
- infrastruktura organizacije i primjena tehnoloških postupaka u procesima (zgrade, radni prostor i pripadajuća sredstva, oprema u procesima, softverska i hardverska podrška, transport, komunikacije i dr.),
- stupanj educiranosti i osposobljenosti ljudi u organizaciji da prihvate suvremene načine poslovanja, odnosno, da prate trendove razvoja,
- utjecaj na okoliš,
- dislociranost organizacije,
- vremenski rok za implementaciju normi i dr.

Projekt primjene normi može se realizirati sukcesivno i istovremeno (paralelno sve tri norme ili kombinacija). Iskustva pokazuju da se najbolji rezultati ostvaruju istovremenim integriranjem sve tri norme što osigurava solidne temelje za daljnji proces normizacije u vodoopskrbnim organizacijama (ISO 50001, ISO 27001, ISO 18001 i dr.). Bez obzira na pristup, važno je naglasiti da realizacija ovog projekta treba biti sistematska, po redoslijedu faza i aktivnosti koje nužno slijede jedna za drugom. Ovakav pristup je poznat kao "projektni pristup" i svoje dobre rezultate je verificirao u mnogim organizacijama, kao i u

poduzeću Varkom d.d. iz Varaždina. Slika 2 prikazuje postupak koji se sastoji iz sljedećih faza [10].:

1. faza - uočavanje problema i orijentacija u vezi problema (zadatka),
2. faza - definiranje problema,
3. faza - konstatacija postojećeg stanja,
4. faza - edukacija,
5. faza - izrada dokumentacije,
6. faza - implementacija dokumentacije (usklađivanje dokumentacije i prakse),
7. faza - interni audit (interna prosudba) i pregled sustava od strane uprave,
8. faza - otklanjanje nađenih nesukladnosti,
9. faza - certifikacija sustava,
10. faza - poboljšanje.

Metoda je koncipirana tako da onemogućuje uspješan prijelaz na jednu od slijedećih faza, ukoliko nisu realizirani rezultati trenutne faze.

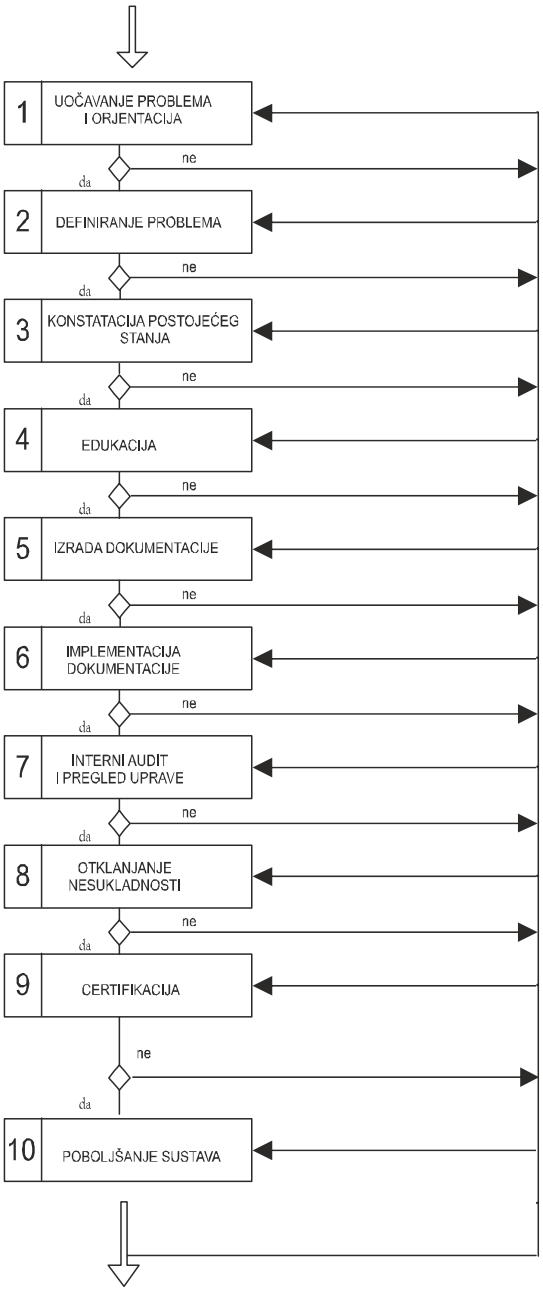
U cijelom projektu ističu se tri karakteristična razdoblja, svako s posebnim sadržajem rada i svrhom. To su:

1. **Pripremni dio** za realizaciju projekta obuhvaća: uočavanje problema, orijentaciju o problemu, definiranje problema, te snimku odnosno konstataciju postojećeg stanja sustava upravljanja kvalitetom, okolišem i sigurnošću;
2. **Stvarni rad na projektu** obuhvaća: edukaciju, izradu dokumentacije te njenu implementaciju;
3. **Završni dio projekta** obuhvaća: provedbu nadzora sustava kvalitete (interni auditi, pregled od strane najviše uprave), te certifikaciju sustava od nezavisne certifikacijske kuće;
4. **Stalno poboljšanje** sustava upravljanja kvalitetom, okolišem i sigurnošću.

Na prvi pogled je vidljivo da pojedinac ne može uspješno i na vrijeme realizirati ovako složeni projekt. Predviđeni poslovi su vrlo opsežni i raznoliki, pa je potrebno i uputno da se formiraju timovi ili radne grupe. Obzirom da većina naših organizacija nema iskustva u realizaciji ovako opsežnih projekata preporuča se angažiranje stručnjaka za konzalting koji mogu pomoći svojim znanjem i iskustvom. U izboru vanjskih suradnika treba biti oprezan.

Tijekom realizacije projekta treba koristiti pozitivna iskustva organizacija koje se bave istom ili sličnom aktivnošću u smislu "ne treba izmišljati toplu vodu". Preporuča se korištenje znanosti, jer je svima dostupna i pristupačna, a predstavlja najjeftiniji izvor iskustva i znanja, potrebnog za poboljšanje svake djelatnosti pa tako i sustava kvalitete, okoliša i sigurnosti.

Prije realizacije ovoga projekta (i svakog drugog) mora biti jasno da **sve počinje i završava edukacijom.** Stav najvišeg vodstva je veoma bitan. Uprava mora stvarno stajati iza projekta, uključiti se u njegovu realizaciju, poticati, motivirati i stalno nadzirati članove tima. U suprotnom, formalna podrška će dati i formalne rezultate.



Slika 2. Proces implementacije normi ISO 9000, 14000 i 22000 u poduzeću Varkom d. d. (Poslovna jedinica Vodoopskrba) iz Varaždina

4. Iskustva u primjeni normi u poduzeću Varkom d.d. Varaždin

Nakon osam godina od implementacije normi kvalitete i zaštite okoliša i četiri godine od integriranja norme sigurnosti vode za piće u poslovanje poduzeća Varkom d.d. (Poslovna jedinica Vodoopskrba), sumirane se prednosti ogledaju u sljedećem [7,8]:

- Dokumentiranje svih aktivnosti je omogućilo objektivno i cjelovito sagledavanje svih poremećaja, propusta i "uskih grla" u procesima. Osim toga, dokumentiranjem sustava

omogućen je lakši prijenos znanja, osiguran je siguran izvor informacija za sve analize i buduća poboljšavanja, olakšana je provjera i nadzor sustava i dr.

- Procesni pristup omogućio je sagledavanje glavnih, logističkih i upravljačkih aktivnosti u svim segmentima djelovanja. Sve aktivnosti koje se obavljaju u vodoopskrbi i koriste resurse kojima se transparentno upravlja, tako da se osigura transformacija ulaznih elemenata u izlazne, smatraju se procesom. Često izlazni elementi jednog procesa direktno formiraju ulazne elemente slijedećeg procesa. Nema djelatnosti u vodoopskrbi kojoj se ne bi moglo procesno pristupiti. Svaka djelatnost ima svoj početak i kraj, odnosno, ulaz i izlaz. Između ulaza i izlaza odvija se veći ili manji broj aktivnosti s ciljem dobivanja kvalitetnog konačnog izlaza (kvalitetna i sigurna voda za piće). Procesni pristup u djelatnostima vodoopskrbe osigurava mnoge prednosti. Primjerice, postavlja zahtjeve potrošača pitkom vodom u prvi plan, uspostavlja međufunkcionalno upravljanje, definira vlasnike procesa, osigurava logično odvijanje aktivnosti (bez poremećaja, zastoja, čekanja i sl.), rasterećuje radnike suvišnih aktivnosti (točno definirani zadaci, obveze i odgovornosti), zahtijeva točno predviđenu dokumentaciju i zapise koji se koriste u procesu, olakšava prepoznavanje aspekata okoliša u svakoj aktivnosti i njihov utjecaj na okoliš, omogućuje sagledavanje negativnih utjecaja na sigurnost vode za piće (biološki, kemijski i mehanički faktori), te osigurava niz drugih pogodnosti [5,6].

  Procesni pristup u implementaciji, održavanju i poboljšavanju sustava kvalitete, okoliša i sigurnosti vode za piće je baza za analizu efikasnosti i učinkovitosti svih aktivnosti, te početak razmišljanja u poduzeću Varkom d.d. o prijelazu iz funkcionalne u procesnu organizaciju.

- Kvalitetna i sigurna voda za piće uz zadovoljstvo potrošača i pravilan odnos prema okolišu je imperativ svih strategijskih i operativnih planova, ciljeva i projekata u poduzeću Varkom d.d. [7].

- Izrada sistematizacije radnih mjesta omogućila je točno definiranje zadataka (poslova), odgovornosti, ovlasti, kriterija kompetencija, uvjeta rada, te druge detalje vezane uz svako radno mjesto. Mapa procesa, makro i mikro organizacijska shema i timski rad svih odgovornih voditelja omogućio je izradu dokumenta Sistematizacija radnih mjesta, koji se smatra temeljem organizacijske strukture s ciljem preciznog delegiranja poslova, kako bi svaki radnik snosio odgovornost za dio poslova koje obavlja u smislu kvalitete, zaštite okoliša i sigurnosti vode za piće.

- Uspostavljen je sustavni pristup praćenju i primjeni zakonske i druge regulative u području vodoopskrbe, zaštite okoliša i postupaka vezanih na sigurnost hrane, odnosno vode za piće. To se odnosi na nacionalnu, internacionalnu i lokalnu zakonsku regulativu. Periodična ocjena usklađenosti poslova vodoopskrbe poduzeća Varkom d.d. sa zakonskom regulativom osigurava stalni nadzor i primjenu trenutno važećih propisa. Zakonski zahtjevi smatraju se minimumom koji se mora zadovoljiti. Permanentno se teži ostvarenju rezultata koji nadilaze zakonske okvire po čemu se ovo poduzeće razlikuje od drugih u istoj branši, koji nisu uveli navedene norme.

- Sustav izobrazbe radnika podignut je na znatno višu razinu u smislu planiranja, praćenja i ocjene učinkovitosti. Kroz interni i eksterni oblik edukacije radnici se usavršavaju za svoje redovite aktivnosti u vodoopskrbi, prate se nove tehnologije, koristi se suvremena informatička podrška, primjenjuju se nove metode analize i nadzora, koriste se alati i metode za poboljšavanje rada, provode se statističke analize procesa, prati se utjecaj na okoliš i dr. Uvođenjem kaskadnog sustava edukacije znatno su smanjeni troškovi i povećana je ukupna efikasnost, što je osiguralo da svi radnici koji obavljaju poslove bitne za kvalitetu i sigurnost vode za piće te zaštitu okoliša budu kompetentni na osnovu odgovarajuće edukacije, osposobljavanja, uvježbavanja i iskustva [8].

  Uprava je u normama prepoznala važnost zahtjeva za edukacijom te osigurava sve potrebne resurse, približava radnicima znanja i vještine, aktivno se uključuje u procese izobrazbe. U izradi planova izobrazbe najviše vodstvo naglašava značaj podizanja općeg, stručnog i specijalističkog znanja svih zaposlenika. Provedba planova organizira se kroz različite oblike izobrazbe: izvanredno školovanje, seminari, posjete stručnim i znanstvenim skupovima i konferencijama, posjete različitim prezentacijama, učenje stranih jezika, informatička naobrazba i sl.

- Ulažu se veliki napori kako bi se od proizvođača, odnosno, dobavljača pribavili certifikati o kvaliteti, zdravstvenoj ispravnosti materijala i predmeta koji dolaze u neposredan dodir s vodom za piće, kao i ekološki certifikati. Izbor i ocjena dobavljača svih materijala i roba koje se koriste je obveza zaposlenika koji rade u procesu nabave. Verifikacijom robe od dobavljača i uspostavom partnerskih odnosa osigurana je kvaliteta i sigurnost roba i materijala.

- Identifikacija aspekata okoliša i mogućih opasnosti na zdravstveno stanje potrošača pitke vode omogućila je kvalitetnu ocjenu i pronalaženje značajnih aspekata okoliša i kritičnih opasnosti. Za aspekte okoliša i opasnosti koje se procjenjuju kao kritične i značajne provodi se odabir i procjena kontrolnih mjera. Te mjere postaju dio HACCP plana ili operativnih preduvjetnih programa, te programa u okolišu.

  Primjerice, u prvoj fazi procesa vodoopskrbe – zahvaćanje i crpljenje podzemne vode – procijenjeno je da može doći do biološke i kemijske kontaminacije vode, te prisutnosti fizičkih čestica (pijeska) u vodi. Kontrolne mjere u toj fazi su analiza sirove vode i vode iz piezometarskih bušotina, nadzor u zonama sanitarne zaštite i pridržavanje agrikulturnih mjera, ispiranje i preventivno održavanje.

  HACCP plan je najvažniji dokument u sustavu sigurnosti vode za piće. Ima veliku praktičnu vrijednost, jer su u njemu točno određeni procesni koraci i mjere koje kontroliraju neku opasnost, dopuštene granice, tko, što, kako i kada kontrolira i provodi popravne radnje u slučaju potrebe, zapisi proizašli iz tog postupka, te verifikacija svega navedenog [8,1].

- Uspostavljeni su postupci odziva i pripravnost u slučaju izvanrednih događaja sa shemama obavješćivanja, redovitim vježbama i uvježbavanjima radnika te zapisima koji iz toga proizlaze. Procjena vjerojatnosti izvanrednih događaja u vodoopskrbi se

provodi na osnovu vlastitog dugogodišnjeg iskustva, iskustva drugih poduzeća te matematičke statistike. Za događaje s najvećim vjerojatnostima pojavljivanja izrađuju se posebni planovi i programi kako bi se ublažile njihove posljedice.

- Sva mjerna i kontrolna oprema u procesu vodoopskrbe stavljena je pod nadzor. Postupci upravljanja mjernom opremom osigurali su popis svih mjernih uređaja i instrumenata, njihovu preciznost i točnost, zahtjeve u pogledu umjeravanja i kalibracije kao i postupke pravilnog rukovanja, održavanja i čuvanja. U postupcima nabave osigurano je da se pribavlja samo suvremena mjerna oprema s mogućnošću mjerenja zahtijevanih parametara određene točnosti. Uspostavljen je postupak izbora i nadzora ovlaštenih institucija koje se bave umjeravanjem mjernih uređaja.

- Postupci kontrole kvalitete su podignuti na znatno višu razinu i to u pogledu planiranja kontrole, uzimanja uzoraka, primjene suvremenih metoda, evidentiranja zapisa, analize i poduzimanja mjera poboljšanja. To je zahtijevalo znatna ulaganja u opremanje internog laboratorija i ljude koji provode uzorkovanje, analizu i nadzor nad kvalitetom.

- Nadzor nad sustavom upravljanja kvalitetom, zaštitom okoliša i sigurnosti vode za piće rezultirali su znatno manjim brojem nesukladnosti u distribuciji, smanjenjem gubitaka vode, eliminacijom akcidentnih situacija, poboljšanim zadovoljstvom potrošača i zaposlenika te drugim pozitivnim pokazateljima. Sustav se ocjenjuje postupcima internih prosudbi i preispitivanjima sustava od strane najvišeg vodstva, a na osnovu ocjena pokreću se mjere za poboljšanje.

5. Zaključak

Iskustva iz primjene međunarodnih normi serije ISO 9000, ISO 14000 i ISO 22000 u Varkom d.d. (Poslovna jedinica Vodoopskrba) iz Varaždina mogu poslužiti kao dobar primjer upravljačkih alata upravama sličnih poduzeća te poticaj za primjenu i drugim poduzećima čija je djelatnost distribucija vode, plina ili električne energije.

6. Literatura

[1] Norma ISO 22000:2005; Sustav upravljanja sigurnošću hrane
[2] Norma ISO 9001:2008; Sustav upravljanja kvalitetom
[3] Norma ISO 14001:2004; Sustav upravljanja zaštitom okoliša
[4] Zakon o vodama (NN 153/09, 130/11)
[5] Zakon o hrani (NN 46/07, 84/08, 55/11)
[6] Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/08)
[7] Priručnik kvalitete i okoliša, Varkom d.d., Varaždin, 2009.
[8] Dokumentacija Sustava upravljanja sigurnošću vode za piće, Varkom d. d., Varaždin, 2011.
[9] Kondić, Živko. Kvaliteta i ISO 9001 - primjena, TIVA, Varaždin, 2002.
[10] Kondić, Živko; Kondić, Veljko. Okoliš i ISO 14000 - primjena, Kron, Čakovec, 2009.

Neke specifičnosti ispitivanja čeličnih bešavnih boca za ukapljene plinove

Some specifics of testing of seamless steel pressure vessels for liquefied gases

P. Todorić[1,*], B. Grizelj, S. Aleksandrović[3] , V. Marušić[2]

[1]Zvijezda d.d., Zagreb, Hrvatska
[2]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska
[3]Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Kragujevac, Srbija

[*]Autor za korespondenciju. e-mail: petar.todoric@zvijezda.hr

Sažetak

Čelične bešavne boce za ukapljene plinove, nakon oblikovanja iz cijevi, toplinski se obrađuju kaljenjem i potom popuštanjem. Obavljena su ispitivanja mehaničkih svojstava na uzorcima izrađenim iz tijela i iz grla boce. Pri vlačnom pokusu snimljene su krivulje plastičnog tečenja materijala. Izračunat je intenzitet deformacijskog očvršćenja, a iz omjera ukupne istezljivosti i istezljivosti pri maksimalnom opterećenju procjenjena je sklonost krhkom lomu. Na temelju tih rezultata konstatirano je da su kod grla boce karakteristike čvrstoće gotovo nepromjenjene u odnosu na tijelo boce, uz povećanje minimalne deformacije pri razaranju s 12,8% na 15,1%. Zaključeno je da rezultati snimanja krivulja naprezanja plastičnog tečenja mogu poslužiti kao prethodni pokazatelj anomalija koje bi mogle doprinijeti nezadovoljavajućim rezultatima na testu rasprskavanja.

Abstract

Seamless steel pressure vessels for liquefied gases, are thermal treated by quenching and tempering after the formation of tubes. Tests of the mechanical properties have been conducted on specimens made from bodies and from the vessel neck. In tensile tests, curves of plastic flow of material were recorded. Intensity of hardening deformation is calculated. From the ratio of total elongation and elongation at maximum load is estimated affinity to the brittle fracture. Based on these results it was concluded that the vessel neck characteristics of strength are almost unchanged compared to the body of the vessel, increasing the minimum deformation of the devastation from 12.8% to 15.1%. It was concluded that results of the stress curve flow recording can serve as a preliminary indicator of anomalies that could contribute to unsatisfactory results of the burst test.

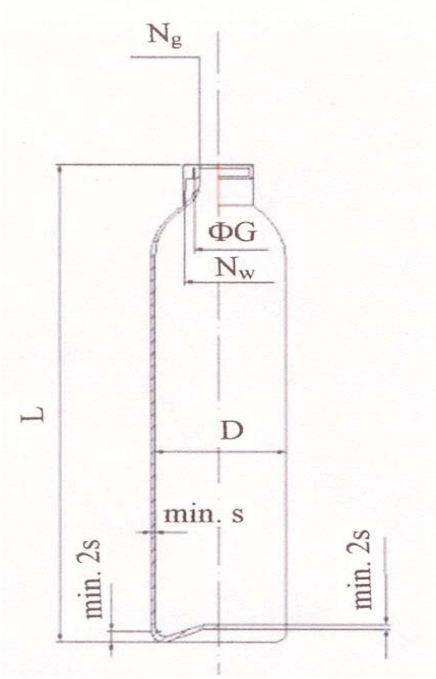
Ključne riječi: bešavne boce, kidanje, deformacijska čvrstoća

1. Uvod

Tijekom oblikovanja boce iz čelične bešavne cijevi, dno i grlo se plastično deformiraju na povišenoj temperaturi. Zbog specifičnosti primjene, prije svega radnog tlaka 200 bara (boce za kisik, dušik, argon, mješavine argona i ugljičnog dioksida, vodik), čelične bešavne boce trebaju zadovoljiti propisane zahtjeve u pogledu mehaničkih svojstava [1]. Budući da se boce odmah nakon oblikovanja toplinski obrađuju kaljenjem i potom popuštanjem, ispitivanjem mehaničkih svojstava na uzorcima izrađenim iz boce potrebno je provjeriti da li su ispunjeni normom propisani zahtjevi. Cilj ispitivanja uzoraka vlačnim pokusom je snimiti krivulje plastičnog tečenja materijala, čvrstoću i istezljivost, a međusobnom usporedbom izračunatih vrijednosti vlačne čvrstoće i granice razvlačenja potrebno je ocijeniti intenzitet deformacijskog očvršćenja, a iz omjera ukupne istezljivosti i istezljivosti pri maksimalnom opterećenju procijeniti sklonost krhkom lomu.

2. Neke specifičnosti postupka izrade i kontrole boca

U radu će biti analizirane specifičnosti boca Ø 229 mm. Oblik dna boce ovisi o zahtjevu i želji kupca. Na slici 1 prikazan je proizvođački crtež čelične bešavne boce [2], [3] i zahtjevi za materijal (cijevi) te glavni i tehnički podaci o boci.



a)

- deklarirani materijal boce 34CrMo4 : C= 0,30÷0,37; Si=0,15÷0,35; Mn=0,5÷0,8; P i S max. 0,02; Cr=0,9÷1,2 i M_O=0,15÷0,3 [3]

- propisana minimalna svojstva gotove boce R_e=840 MPa; R_m=990 MPa; A_5=14 %; K=25 J/cm^2

(ISO V),

- glavni tehnički podaci boce: volumen 50 l; radni tlak 200 bar; ispitni tlak 300 bar; minimalna debljina stijenke 5,4 mm; duljina 1510 mm (+15/-10); masa prazne boce 56,5 kg (+5,85/-4,52).

b)

Slika 1. Karakteristike čelične bešavne boce

a) dimenzije boce Ø 229 mm; b) materijal cijevi i tehnički podaci o boci

Na slici 2 prikazana je pojednostavljena shema tehnološkog procesa izrade čeličnh bešavnih boca [4].

Bešavna cijev Zatvaranje dna Oblikovanje dna Pregled Oblikovanje grla Toplinska obrada Rezanje navoja

Pregled Pjeskarenje Pregled Tlačna proba Označavanje Zaštita i bojenje

Slika 2. Shema tehnološkog procesa izrade čeličnih bešavnih boca [4]

Tehnološki proces izrade boca iz cijevi na CNC strojevima sastoji se od faza u kojima je, nakon kontrole ulazne cijevi, potrebno obaviti: zatvaranje i oblikovanje dna i njegov kontrolni pregled, oblikovanje grla, toplinsku obradu boce, urezivanje navoja u grlo boce i kontrolu, čišćenje pjeskarenjem i ponovnu kontrolu; ispitivanje pod tlakom te označivanje boce i zaštitu bojom. Nakon toga boca je spremna za isporuku.

2.1. Zatvaranje dna i oblikovanje grla boce

Zagrijavanje se vrši tako da se jedan kraj cijevi stavi u plinsku komornu peć. Potrebna duljina zagrijavanja cijevi uzima se iskustveno i iznosi cca 150 mm pri zatvaranju dna cijevi, a cca 190 mm pri oblikovanju grla boce. Cijev se drži na temperaturi između 1223 °C i 1273 °C u trajanju 3 minute. Zagrijana se cijev iz peći transportira do Spinning stroja, a oblikovanje se vrši prema unaprijed zadanom programu. Nakon završetka postupka boca se skida iz stezne glave, a potom se obavlja vizualna kontrola.

2.2. Toplinska obrada boce – kaljenje i popuštanje

Oblikovana boca se uvodi u protočnu peć za kaljenje. Nakon držanja na temperaturi $\vartheta_a \approx$ 870ºC/5', boca se kali u emulziji, a potom odmah premješta u protočnu elektrokomornu peć za popuštanje. Postupak od ulaska boce do izlaska iz peći za popuštanje traje ≈ 55 minuta.

2.3. Test rasprskavanja

Test raprskavanja provodi se nakon toplinske obrade, obavezno na svakih 200 izrađenih boca ispituje se jedna. Postupak se obavlja (u prisustvu inspektora) na način da se boca napuni vodom i tlači na tlak koji mora biti 50% veći od radnog. Boce za visokoukapljene plinove (kisik, dušik, argon, mješavine argona i ugljičnog dioksida, vodika) moraju izdržati ispitni tlak od 300 bar s obzirom na to da je za te boce predviđeni radni tlak 200 bar. Boca se tlači sve do rasprskavanja. Tijelo boce se mora rasprsnuti u formi „riblje kosti“ pri čemu ne smije doći do otkidanja dijela materijala u formi „gelera“. Karakteristični izgled boce nakon testa rasprskavanja prikazan je na slici 3.

Ukoliko se dogodi da ispitna boca ne zadovolji, iz iste serije se u prisustvu inspektora slučajnim izborom odabiru još dvije boce na kojima se provodi isti test rasprskavanja. Ukoliko i samo jedna od ove dvije boce ne zadovolji, obavezno je provesti ponovnu toplinsku obradu

na cijeloj seriji, prethodno odžariti, a potom zakaliti i popustiti.

Slika 3. Karakteristični izgled boce nakon testa rasprskavanja

a)

b)

Slika 4. Boce iz kojih su izrađeni ispitni uzorci a) sirova; b) nakon toplinske obrade

3. Eksperimentalni dio

Sa stajališta oblikovljivosti, ali i utjecaja postupka izrade neminovan je utjecaj postupka izrade na svojstva materijala. Kod boca ta se ovisnost može odraziti na pojavu razlike svojstava između tijela odnosno grla boce. Naime, grlo i dno boce se oblikuju deformiranjem na toplo iz cijevi standardnog promjera dok tijelo boce ostaje nedeformirano.

Planom eksperimenata predviđeno je da budu izrađeni ispitni uzorci za kidanje, i to:

1) - iz „sirove“ boce prije toplinske obrade;

2) - iz tijela gotove boce, nakon toplinske obrade;

3) - iz grla gotove boce nakon toplinske obrade.

Za potrebe ispitivanja odabrane su jedna sirova boca-prije toplinske obrade i jedna gotova boca, slika 4.

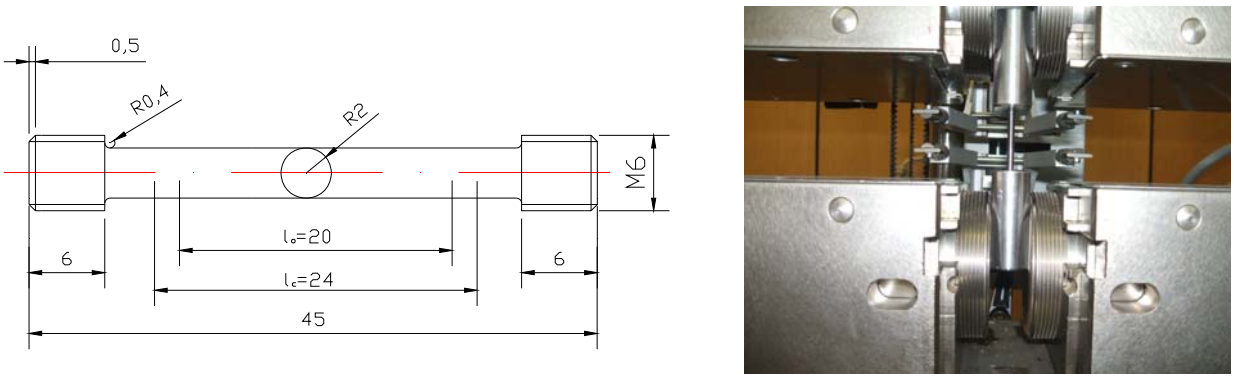
3.1. Ispitni uzorci za vlačni pokus

Na uzorcima izrezanim iz tijela boce, sirove i toplinski obrađene, obavljena je dimenzionalna kontrola debljine stjenke. Mjerenje je obavljeno umjerenim pomičnim mjerilom na 15 mjesta razmaknutih po ≈15 mm, tablica 1.

Tablica 1. Rezultati dimenzionalne kontrole debljine uzoraka stijenki boca

Boca	Redni broj mjerenja														
	Debljina stijenke *s*, mm														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
sirova	6,9	6,8	6,6	6,6	6,8	6,9	6,8	6,8	6,8	6,7	6,8	6,8	6,8	6,6	6,7
gotova	6,7	6,6	6,9	6,7	6,7	6,8	6,8	6,7	6,6	6,7	6,9	6,6	6,7	6,8	6,7

Karakteristično je uočiti da se izmjerene vrijednosti, kako na uzorcima iz sirove boce tako i na uzorcima iz gotove boce, kreću između 6,6 i 6,9 mm.Na slici 5.a date su dimenzije ispitnih uzoraka, prema zahtjevima norme DIN 50125 [5], u skladu s nazivnom debljinom stijenke cijevi (boce).



a) b)

Slika 5. Ispitni uzorci i adapteri stegnuti u čeljusti kidalice

a) dimenzije ispitnih uzoraka za kidanje statičkim vlačnim pokusom; b) uzorak u adapterima

3.2. Rezultati ispitivanja kidanjem

Pokus kidanjem uz snimanje svih željenih karakteristika obavljen je na kidalici koja je opremljena dodatnom elektronikom. S obzirom na dimenzije ispitnih uzoraka za potrebe njihovog prihvata i stezanja u čeljusti kidalice izrađeni su odgovarajući adapteri.

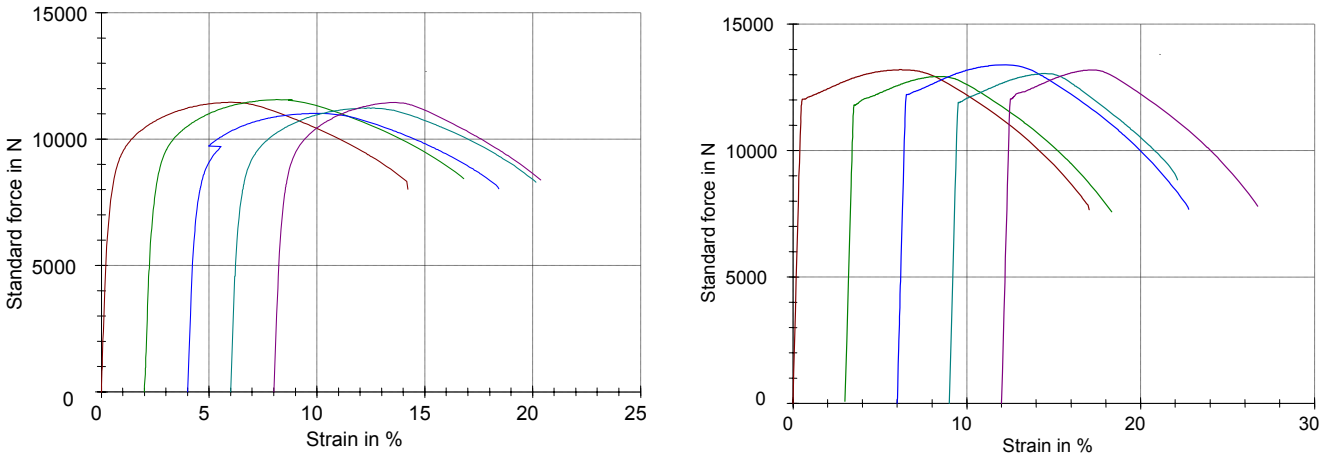
Na slici 5.b prikazan je uzorak nakon prihvata u čeljusti kidalice i sa spojenim ticalima ekstenziometra. Ticala su pomoću odgovarajućih kompenzacionih vodova spojena s računalom, a aktiviranjem odgovarajućeg programa na ekranu se ispisuju rezultati ispitivanja: sile, relativna promjena duljine, te se crta krivulja naprezanja plastičnog tečenja. Snimljene su vrijednosti sile na granici tečenja i maksimalne sile te su iz njih izračunate konvencionalna granica razvlačenja $R_{p0,2}$ i vlačna čvrstoća R_m kao i modul elastičnosti E, a na temelju produljenja izračunata je istezljivost A. Rezultati su prikazani u tablici 2.

Tablica 2. Rezultati kidanja uzoraka izrađenih iz boca

Vrsta boce	Uzorak broj	L_0	S_0	E	$R_{p0,2}$	R_m	A_g	A
		mm	mm^2	GPa	MPa	MPa	%	%
Tijelo sirove boce	1	20,00	12,57	200,4	640,99	911,24	5,55	13,91
	2	20,00	12,57	151,7	685,51	919,52	5,50	14,37
	3	20,00	12,57	176,3	626,09	875,69	5,21	14,08
	4	20,00	12,57	177,6	630,32	892,59	5,89	13,78
	5	20,00	12,57	174,2	650,55	910,21	4,91	12,00
Tijelo poboljšane boce	1	20,00	12,57	200,7	956,80	1049,39	5,67	16,73
	2	20,00	12,57	195,6	940,97	1028,35	5,03	15,03
	3	20,00	12,57	204,3	972,71	1065,05	5,65	16,48
	4	20,00	12,57	200,1	949,00	1037,21	4,83	12,77
	5	20,00	12,57	203,0	962,82	1048,89	4,78	14,44
Grlo	1	20,00	12,57	200,9	943,51	1029,34	4,83	15,14

poboljšane boce	2	20,00	12,57	195,5	942,67	1034,90	6,01	16,74
	3	20,00	12,57	204,6	961,07	1052,77	5,38	15,43

Dijagramom na slici 6.a prikazane su originalne krivulje kidanje 5 ispitanih uzoraka izrađenih iz sirove boce, a na slici 6.b dijagrami kidanja 5 uzoraka izrađenih iz tijela boce u poboljšanom stanju.

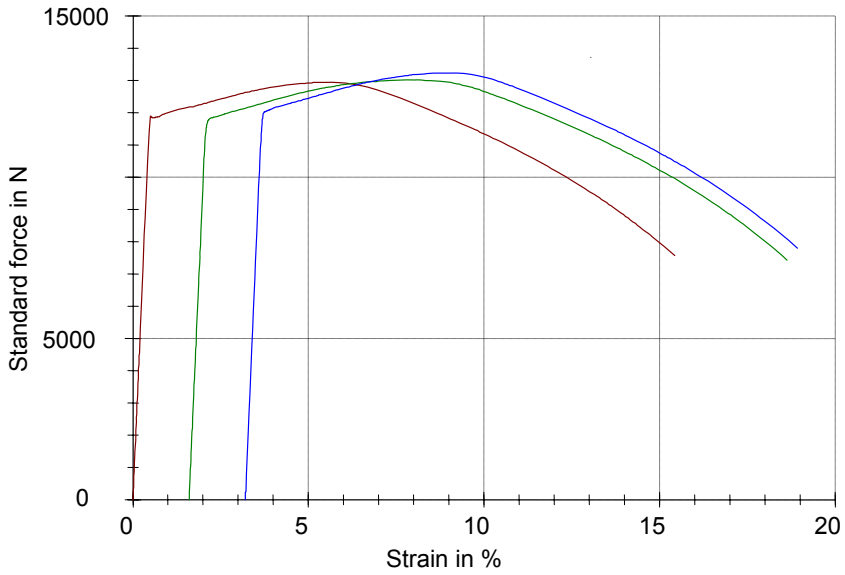


a) b)

Slika 6. Originalni dijagrami kidanje ispitnih uzoraka

a) tijela sirove boce; b) tijela boce nakon poboljšavanja

Rezultati kidanja uzoraka izrađenih iz poboljšanog grla boce prikazani su dijagramima na slici 7.



Slika 7. Originalni dijagrami kidanje ispitnih uzoraka izrađenih iz grla poboljšane boce

4. Analiza rezultata

Ispitivanjem je utvrđeno da u dostavnom stanju (sirova boca) ispitivani čelik (34CrMo4) ima granicu tečenja oko 650 MPa (srednja vrijednost) i vlačnu čvrstoću oko 900 MPa. Modul elastičnosti je oko $1{,}75 \cdot 10^5$ MPa. Relativno produljenje pri kidanju je između 12% i 14,4%. Produljenje pri maksimalnoj sili je između 4,9% i 5,5%. Plastičnost je relativno malo izražena, uz prisutnu sklonost lokalnom deformiranju. Pri deformaciji manjoj od polovine ukupno ostvarenog produljenja pri kidanju počinje proces lokalnog deformiranja koji, prema tome, traje duže nego što je prva faza deformiranja do ostvarivanja maksimuma sile kidanja, dijagrami prikazani na slici 6.a.

Za uzorke tijela boce u poboljšanom stanju granica tečenja je znatno većeg intenziteta u odnosu na sirovo stanje i dostiže vrijednost oko 950 MPa. Porast u odnosu na stanje prije poboljšavanja pokazuje i vlačna čvrstoća, koja doseže vrijednost 1050 MPa. U skladu s ovom promjenom je i efekt očvršćenja koji je manje izražen i ima gotovo linearni karakter. Plastičnost nije opala, čak je postotna deformacija pri razaranju nešto veća (od 12,8% do 16,7%). Deformacija pri maksimalnoj sili ostala je na istom nivou (od 4,8% do 5,7%), uz sličnu sklonost lokalnom deformiranju koje prevladava u području plastičnog deformiranja, dijagrami na slici 6.b.

Za uzorke grla poboljšane boce može se konstatirati da su karakteristike čvrstoće gotovo nepromjenjene u odnosu na uzorke poboljšanog tijela boce. Iznos minimalne deformacije pri razaranju povećao se od 12,8% na 15,1%. I dalje dominira lokalno deformiranje, a prema dijagramu prikazanom na slici 7 očvršćenje i u ovom slučaju ima skoro linearni karakter.

Iz dostupnih literaturnih podataka [6] općeniti izraz za aproksimaciju krivulje naprezanja plastičnog tečenja (prema Reihle-u) konačni izraz glasi:

$$k_f = \frac{k_m}{\varphi_m^{\varphi_m}} \varphi^{\varphi_m}, \text{ MPa}$$

(4.1)

Pri tome se prirodna deformacija pri maksimalnoj sili izračunava po formuli:

$$\varphi_m = \ln \frac{l_m}{l_0}, \text{ odnosno } \varphi_m = \ln\left(\frac{A_g}{100} + 1\right)$$

(4.2)

Deformacijska čvrstoća (ekvivalentno naprezanje) pri maksimalnoj sili računa se prema izrazu:

$$k_m = R_m \cdot e^{\varphi_m}, \text{MPa}$$

(4.3)

Na primjeru rezultata snimljenih kidanjem uzorka izrađenog iz tijela sirove boce (prva krivulja u dijagramu prikazanom na slici 6.a, odnosno rezultata u prvom redu tablice 2), prikazan je princip izračunavanja $\boldsymbol{k_f}$ i $\boldsymbol{\varphi_m}$:

- Postotno produljenje pri maksimalnoj sili: A_g=5,55% i R_m=911,24 MPa.
- Uvrštavanjem tih vrijednosti u formulu (4.2) dobije se vrijednost prirodne deformacije pri maksimalnoj sili φ_m=0,054.
- Uvrštavanjem u formulu 4.1 dobije se konačni izraz za deformacijsku čvrstoću (ekvivalentno naprezanje) pri maksimalnoj sili: k_f=1126 · $\varphi^{0,054}$, MPa, gdje je φ logaritamska deformacija.

Istim principom izračunate su vrijednosti prirodne deformacije i deformacijske čvrstoće za sve ostale ispitne uzorke, tijelo sirove boce, poboljšano tijelo boce i poboljšano grlo boce, a rezultati su prikazani u tablici 3.

Tablica 3. Vrijednosti prirodne deformacije i deformacijske čvrstoće svih ispitnih uzoraka

Ispitni uzorci	Redni br.uzorka	Vlačna čvrstoća R_m, MPa	Relativno produljenje pri maks. sili A_g, %	Prirodna deformacija pri maks. sili φ_m	Deformacijska čvrstoća k_m, MPa	Izraz za deformacijsku čvrstoću k_f, MPa
Tijelo sirove boce	1	911,24	5,55	0,054	961,80	$k_f=1126\varphi^{0,054}$
	2	919,52	5,50	0,05354	970,10	$k_f=1134,6\varphi^{0,05354}$
	3	875,69	5,21	0,05079	921,31	$k_f=1071,86\varphi^{0,0508}$
	4	892,59	5,89	0,05723	945,16	$k_f=1113,29\varphi^{0,05723}$
	5	910,21	4,91	0,0479	954,90	$k_f=110457\varphi^{0,0479}$
Poboljšano tijelo boce	1	1049,39	5,67	0,0551	1108,89	$k_f=1145,9\varphi^{0,0551}$
	2	1028,35	5,03	0,04907	1080,07	$k_f=1192,3\varphi^{0,04907}$
	3	1065,05	5,65	0,05496	1125,23	$k_f=1319,76\varphi^{0,0549}$
	4	1037,21	4,83	0,0472	1087,30	$k_f=1255,83\varphi^{0,0472}$
	5	1048,89	4,78	0,0467	1099,03	$k_f=1268,09\varphi^{0,0467}$
Poboljšano grlo boce	1	1029,34	4,83	0,04717	1079,06	$k_f=1246,3\varphi^{0,0472}$
	2	1034,90	6,01	0,0584	1097,09	$k_f=1299,1\varphi^{0,0584}$
	3	1052,77	5,38	0,0524	1109,40	$k_f=1294,81\varphi^{0,0524}$

5. Zaključak

U radu je ukazano na specifičnosti pojedinih operacija s težištem na onima koje mogu direktno utjecati na rezultate kontrole svojstava boce prije isporuke.

Iz rezultata dimenzionalne kontrole uočava se da je debljina stjenke na svim uzorcima veća od minimalno zahtijevane vrijednosti 5,4 mm dobivene proračunom.

Ispitivanja kidanjem statičkim vlačnim pokusom na uzorcima izrađenim iz boce prije toplinske obrade (sirovi uzorci) uočava se da je sklonost plastičnom deformiranju relativno malo izražena, uz izraženu sklonost lokalnom deformiranju. Kod uzoraka poboljšanog tijela boce granica tečenja je za 46,1% viša nego kod boca prije toplinske obrade i dostiže vrijednost oko 950 MPa. Vlačna čvrstoća doseže vrijednost oko 1050 MPa, što je porast

za oko 17% u odnosu na stanje prije poboljšavanja. U skladu s ovom promjenom je i efekt deformacijskog očvršćenja koji je manje izražen i ima gotovo linearni karakter.

Kod grla boce karakteristike čvrstoće su gotovo nepromenjene u odnosu na uzorke poboljšanog tijela boce. Zapaža se da je iznos minimalne deformacije pri razaranju porastao od 12,8% na 15,1%. Očvršćenje i u ovom slučaju ima skoro linearni oblik. Zaključno se može konstatirati da kod uzoraka izrađenih iz gotove boce nakon toplinske obrade poboljšavanjem nije prisutna sklonost krhkom lomu. Pri tome rezultati snimanja krivulja naprezanja plastičnog tečenja mogu poslužiti kao prethodni pokazatelj anomalija koje bi mogle doprinijeti nezadovoljavajućim rezultatima na testu rasprskavanja.

6. Literatura

[1] Pravilnici o pregledima i ispitivanjima opreme pod tlakom NN 138/ 08, prema: HRN EN ISO 11623, HRN EN 1968 i HRN EN 1802.
[2] http:// www.csc-sb.hr/proizvodni_program.pdf, 03.08.2010
[3] BS EN 10083-3:2006 Steels for quenching and tempering. Technical delivery conditions for alloy steels
[4] Certificates ISO 9001 and ISO 11439. Design, finishing and testing ...www.csc-sb.hr/quality_control.html, 02.05.2011
[5] DIN 50125:2009: Testing of metallic materials - Tensile test pieces Description: Deutsches Institut Fur Normung E.V.
[6] Grizelj, B.: Obrada metala deformiranjem, Sveučilište J. J. Strossmayera, Strojarski fakultet Slavonski Brod, 2002.

Numerička i termografska analiza oštećenosti izolacije toplovoda

Numerical and thermographic determination of damage of hot water pipeline insulation

M. Holik[1,*], Z. Janković[1], R. Končić[1], M. Živić[1], A. Galović[2]

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

[2]Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

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

Sažetak

U radu su prikazani rezultati numeričke simulacije dvodimenzijskog stacionarnog provođenja topline kroz sloj zemlje i sloj izolacije oko ukopanog toplovoda. Zadana je temperatura vode u polaznom vodu koja iznosi 90°C, a u povratnom 70°C, te su poznati rubni uvjeti. U simulaciji je varirana toplinska provodnost sloja izolacije i sloja zemlje i dobiveno temperaturno polje u zemlji oko toplovoda uključujući i temperaturu zemlje na površini. Kontrola izračunate temperature izvršena je mjerenjem temperature na površini zemlje pomoću termografske kamere. Numerička analiza je pokazala, a mjerenje termografskom kamerom potvrdilo, da je za signifikantno povećanje površinske temperature zemlje, bitan utjecaj imala vrijednost toplinske provodnosti izolacijskog sloja. Loše izvedena izolacija, ili vremenom dotrajala izolacija bitno povećava toplinske gubitke toplovoda, što predstavlja i ekonomski (energijski) gubitak. Stoga je iz rada vidljivo da je termografska kamera moćan alat za detektiranje postojećih mjesta loše izolacije na nekoj trasi toplovoda, a u kombinaciji s numeričkim proračunom i za indirektno utvrđivanje toplinske provodnosti izolacijskog sloja.

Abstract

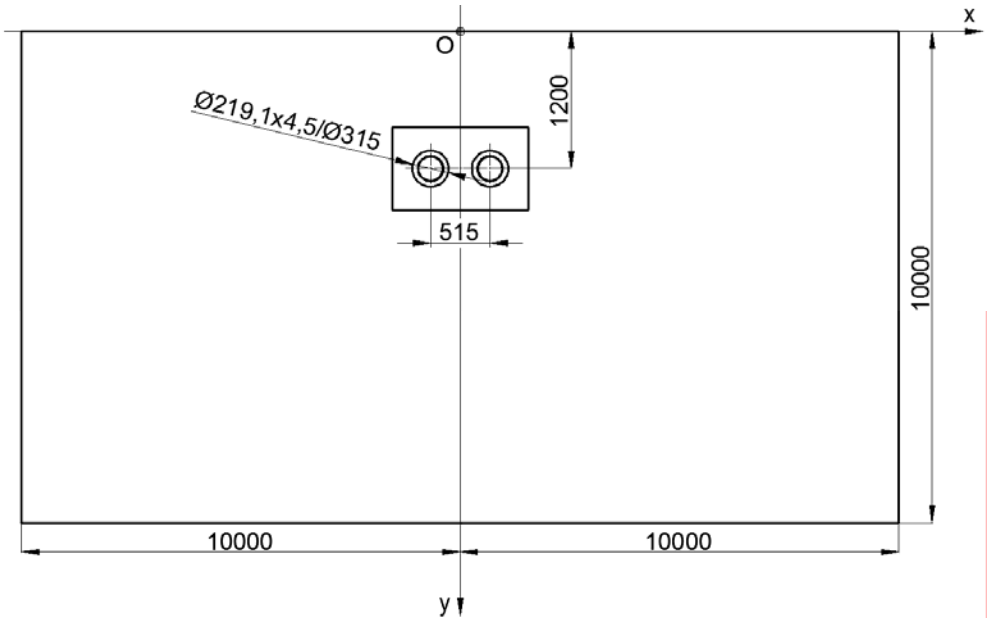
This paper presents the results of numerical simulations of two-dimensional steady state heat conduction through a layer of ground and a layer of insulation around the buried hot water pipeline. The temperature of the water in supply pipe of 90 °C, and in return pipe of 70 °C is given and boundary conditions are known. In the simulation the thermal conductivity of the pipe insulation and the thermal conductivity of the ground layer are varied and the temperature field in the ground around hot water pipeline is obtained, including the temperature on the ground surface. Verification of the computed temperature field is performed by the measuring of the ground surface temperature using

thermographic camera. The numerical analysis showed and the measuring using thermographic camera confirmed that the thermal conductivity of the pipe insulation had important effect for the significant increasing of the ground surface temperature. A poorly assembled insulation significantly increases heat losses of hot water pipeline, meaning also the economic and energy loss. It is evident from this work that the thermographic camera is a powerful tool for detecting the existing places of poor insulation on the hot water pipeline, and to indirectly, with the numerical computation, determine the thermal conductivity of the pipe insulation.

Ključne riječi: toplovod, izolacija, numerička simulacija, površinska temperatura zemlje, termografska kamera.
Key words: hot water pipeline, insulation, numerical simulation, ground surface temperature, thermographic camera.

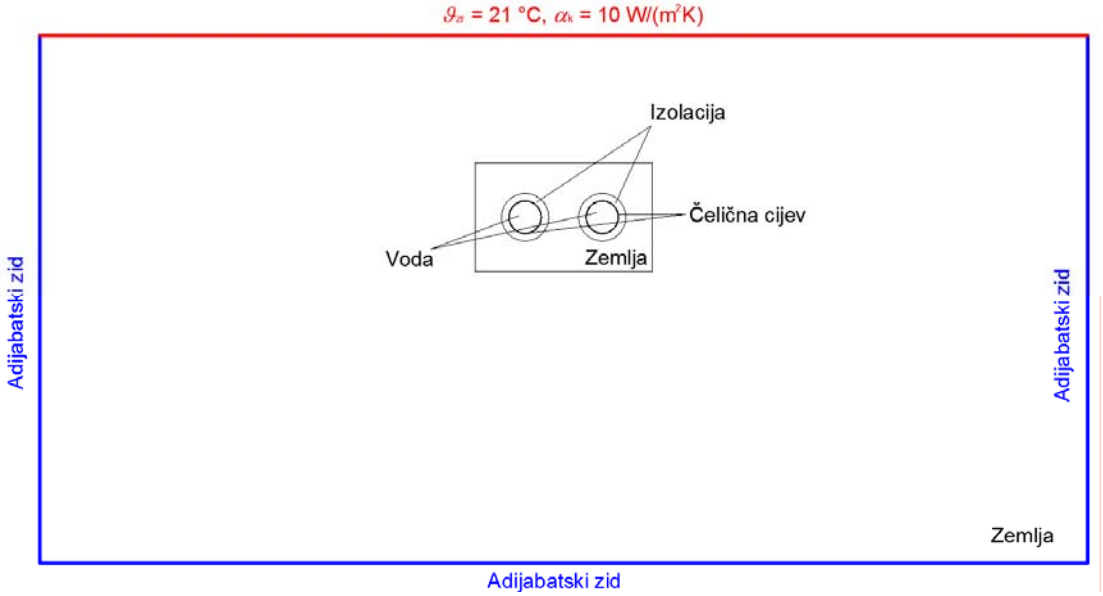
1. Uvod

U novije vrijeme termografska kamera nalazi svoju primjenu u vrlo širokom području, budući da se njome omogućava detekcija nastalih oštećenja u materijalu, bez da se pri tome dotični materijal mora razarati. Stoga, primjena termografske kamera pripada nerazarajućim detekcijskim metodama. Sam princip rada kamere temelji se na činjenici da se promatrani objekt mora s jedne strane toplinski stimulirati da bi s druge strane njegova površina odašiljala infracrveno zračenje prema kameri, koje je izravno povezano s temperaturom (temperaturnim poljem) promatrane površine. Toplovod ukopan u zemlju može se promatrati kao stimulator toplinskog toka kroz cijev, izolaciju i sloj zemlje, a iznos tog toplinskog toka je izravno povezan s površinskom temperaturom zemlje, čije infracrveno zračenje registrira termografska kamera.



Slika 1. Dimenzije i koordinate promatranih cijevi toplovoda s izolacijom

2. Matematički opis problema



Slika 2. Shematski prikaz promatranog problema

Kako se vidi iz slike 2, u promatranom slučaju se radi o dvodimenzijskom modelu širenja topline, pri čemu postoje temperaturni gradijenti u smjeru osi *x* i smjeru osi *y*, pa diferencijalna jednadžba nestacionarnog provođenja topline glasi

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = a\left(\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2}\right) \tag{1}$$

gdje je *a* temperaturna provodnost krutine, koja se izražava jednadžbom:

$$a = \frac{\lambda}{\rho c} \tag{2}$$

Jednadžbi (1) treba, glede jednoznačnosti rješenja problema, pridružiti rubne uvjete.

Prema slici 2, rubni uvjeti su definirani na sljedeći način:

$$-0,36255 \le x \le -0,2575 \text{ i } 1,2 - \sqrt{0,10505^2 - \left(x - 0,2575\right)^2} \le y \le 1,2 + \sqrt{0,10505^2 - \left(x - 0,2575\right)^2};$$

$$\vartheta = 90\ ^{\circ}\mathrm{C} \tag{3.1}$$

$$0,2575 \le x \le 0,36255 \text{ i } 1,2 - \sqrt{0,10505^2 - \left(x - 0,2575\right)^2} \le y \le 1,2 + \sqrt{0,10505^2 - \left(x - 0,2575\right)^2}$$

$$\vartheta = 70\ ^{\circ}\mathrm{C} \tag{3.2}$$

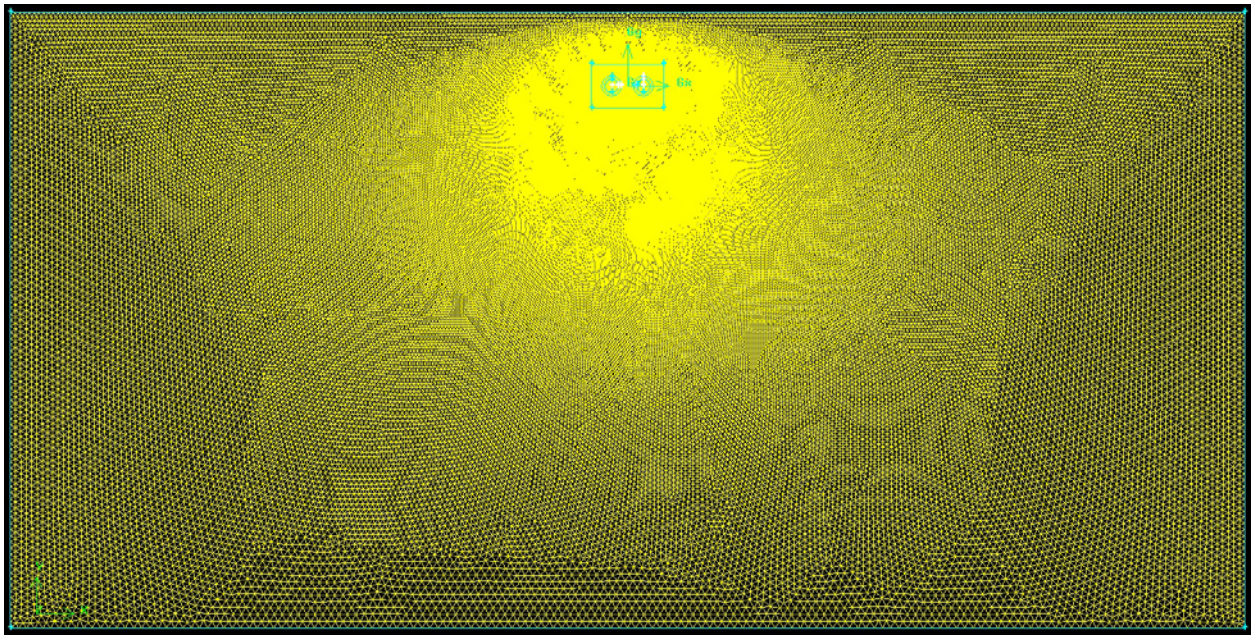
Ostali rubni uvjeti su adijabatski zidovi jer se te granice nalaze dovoljno daleko od pozicije toplovoda, te se mogu izraziti sljedećim jednadžbama:

$$y = 10; \quad \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial y}\right)_{y=10} = 0 \tag{4.1}$$

$$x = -10; \quad \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial x}\right)_{x=-10} = 0 \tag{4.2}$$

$$x = 10; \quad \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial x}\right)_{x=10} = 0 \tag{4.3}$$

Danom diferencijalnom jednadžbom (1) kao i pridruženim rubnim uvjetima (3.1) – (4.3) problem je u potpunosti definiran na diferencijalnoj razini. Rješenje sustava je provedeno numerički, korištenjem računalnog paketa FLUENT, za što je prethodno generirana geometrijska mreža koju prikazuje slika 3.



Slika 3. Prikaz strukture mreže za analizirani problem

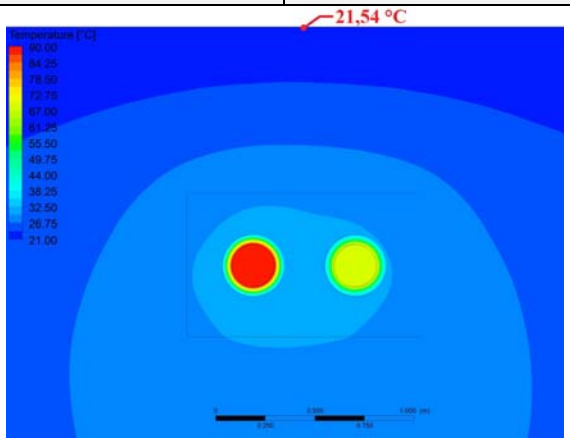
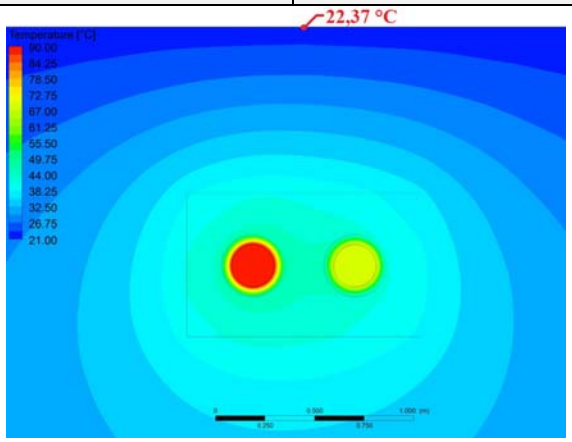
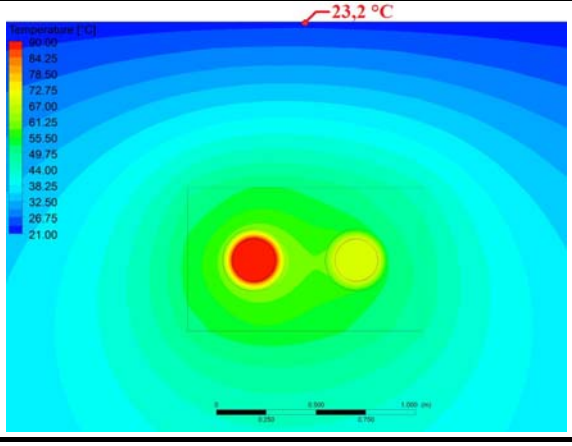
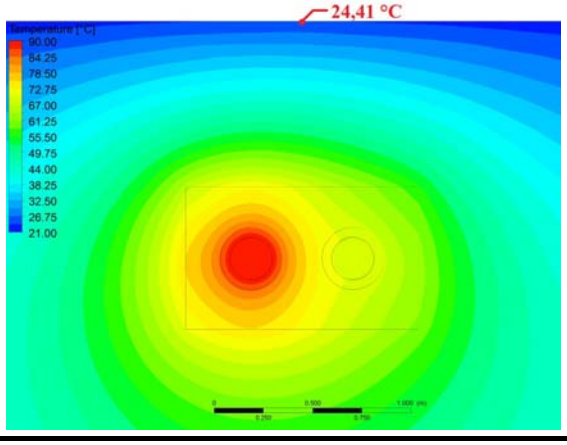
Iz strukture mreže je vidljivo da je gustoća mreže izravno povezana s očekivanim temperaturnim gradijentima u promatranom problemu. Jasno je da su ti gradijenti najveći na dodiru cijevne stijenke i izolacije, pa je na tom mjestu i mreža najfinija.

3. Prikaz i analiza rezultata proračuna

Tijekom proračuna varirana je toplinska provodnost izolacije i toplinska provodnost zemlje dok je koeficijent prijelaza topline između površine zemlje i okolišnjeg zraka bio konstantan i iznosio 10 W/(m^{2}K), a temperatura zraka iznad površine zemlje je iznosila 21 °C. Rezultate proračuna prikazuju dijagrami na sljedećim slikama.

Slika 4. prikazuje stacionarno temperaturno polje u ravnini *x,y* za različite vrijednosti toplinske provodnosti izolacije, koja je varirana od vrijednosti 0,025 W/(m·K), (izrazito dobra izolacija) do vrijednosti 1,745 W/(m·K), što je izrazito loša izolacija. Fizikalna svojstva zemlje, cijevi i vode dana su u sljedećoj tablici. Te su vrijednosti tijekom proračuna držane konstantnima!

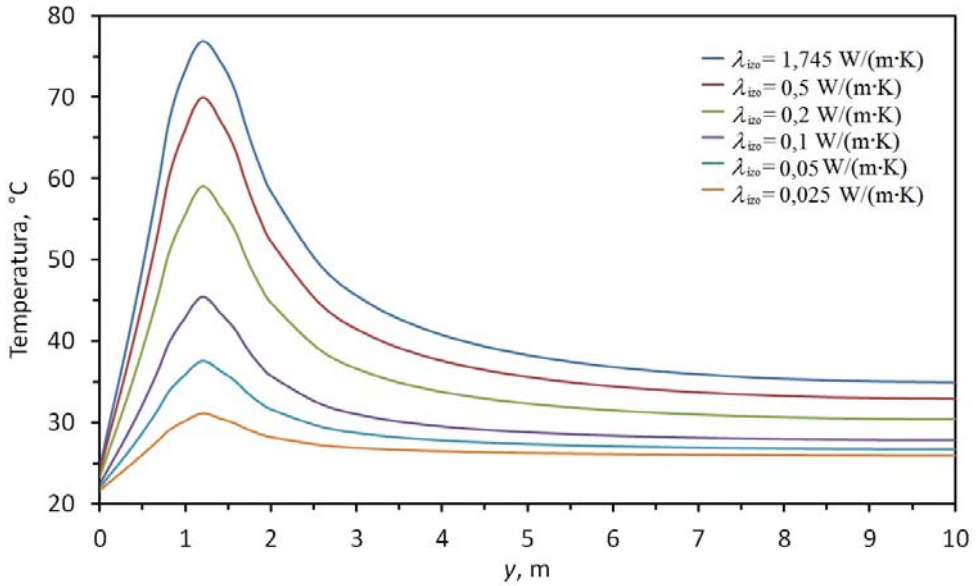
Podatci za zemlju:	Podatci za čelik:	Podatci za vodu:
ρ = 2000 kg/m^3 c_p = 1842 J/(kg·K) λ = 1,745 W/(m·K)	ρ = 7800 kg/m^3 c_p = 465 J/(kg·K) λ = 60 W/(m·K)	ρ = 1000 kg/m^3 c_p = 4216 J/(kg·K) λ = 0,677 W/(m·K)

λ_{izo} = 0,025 W/(m·K)	ϑ_{pov} = 21,54 °C	λ_{izo} = 0,1 W/(m·K)	ϑ_{pov} = 22,37 °C
			
λ_{izo} = 0,2 W/(m·K)	ϑ_{pov} = 23,2 °C	λ_{izo} = 1,745 W/(m·K)	ϑ_{pov} = 24,41 °C
			

Slika 4. Temperaturno polje u ravnini *x,y* (oko ukopanog toplovoda) u ovisnosti o toplinskoj provodnosti izolacije

Iz gornjeg prikaza je evidentan snažan utjecaj toplinske provodnosti izolacije na temperaturno polje, a time i na okolišu predani toplinski tok. Vidi se da u slučaju dobre izolacije, (λ_{izo} = 0,025 W/(m·K)) cjelokupno temperaturno polje je „zgusnuto“ oko cijevi i izolacije. Površinska temperatura zemlje se u tom slučaju promijenila za samo 0,54 °C. Toplinski tok kojeg toplovod predaje zemlji, što ujedno predstavlja i toplinski gubitak toplovoda iznosi 45 W/m. Daljnjim slabljenjem efikasnosti izolacije, tj. povećavanjem njezine toplinske provodnosti temperaturno polje se širi i na sve većem području oko toplovoda se pojavljuju izoterme više temperature. U varijanti jako loše izolacije, tj., za λ_{izo} = 1,745 W/(m·K), koji je jednak λ_{zem} = 1,745 W/(m·K), što znači da izolacije zapravo nema, temperaturno polje je izrazito široko, a površinska temperatura zemlje postigla je vrijednost 24,41 °C. Toplinski gubitak toplovoda je tada 180 W/m.

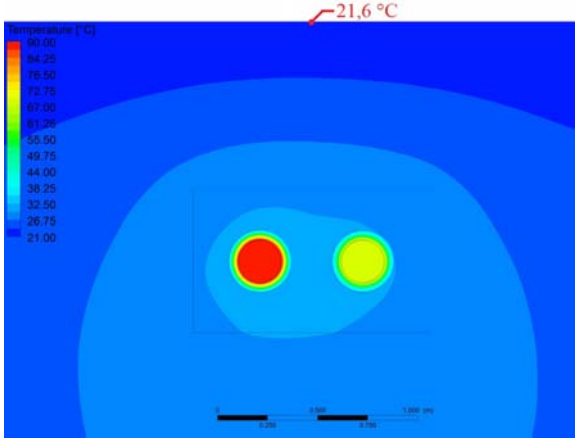
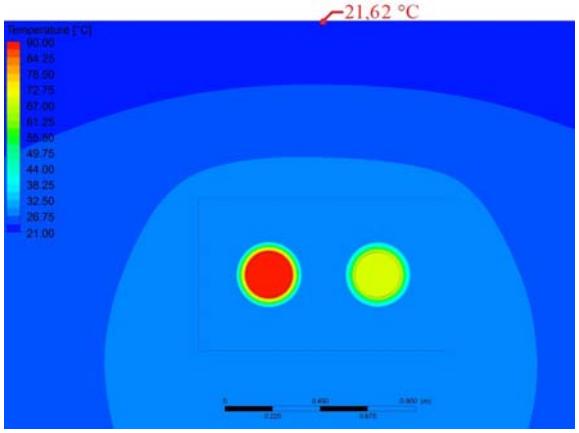
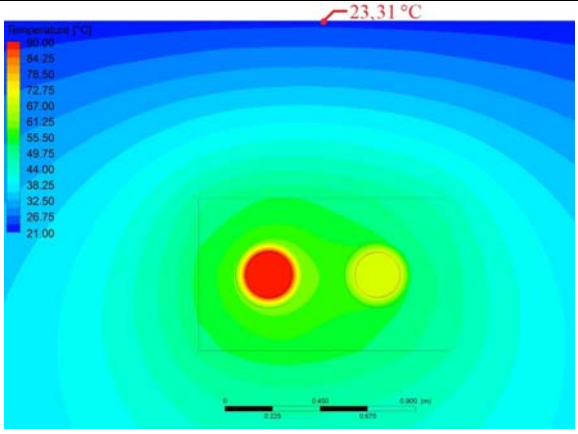
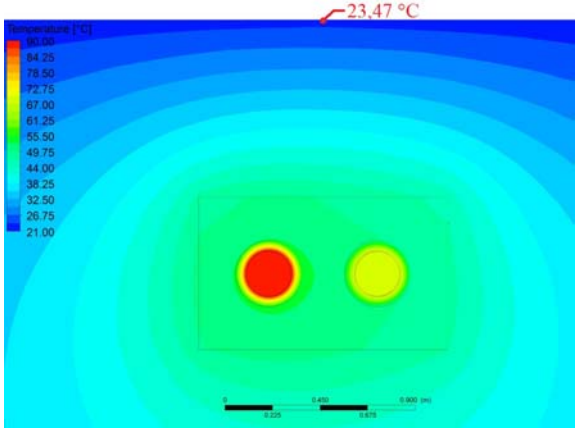
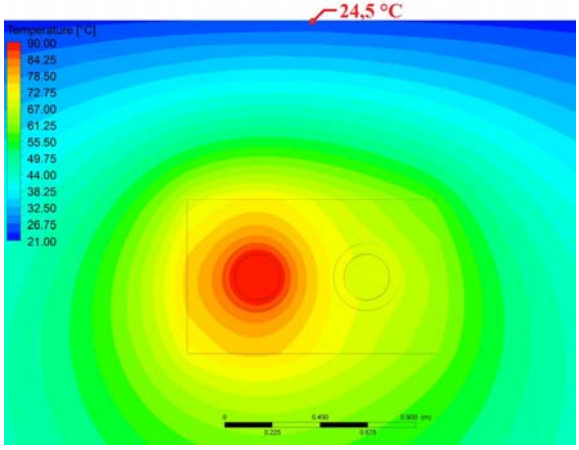
Na temelju rezultata provedene numeričke simulacije može se prikazati profil temperatura po dubini zemlje iznad ukopanog toplovoda što prikazuje dijagram na slici 5.



Slika 5. Promjena temperature po osi y (dubini zemlje), na poziciji *x*=0, za različite vrijednosti toplinske provodnosti izolacije

Dijagram jasno pokazuje da se primjetna promjena temperature po osi *y* (dubini zemlje) uočava pri povećanoj vrijednosti toplinske provodnosti izolacije. Nadalje se vidi da se pozicija maksimalne temperature (lokalnog ekstrema) javlja u svim slučajevima na istoj poziciji (*y*=1,2 m), ali vrijednosti tih maksimalnih temperatura se povećavaju s porastom toplinske provodnosti izolacijskog sloja.

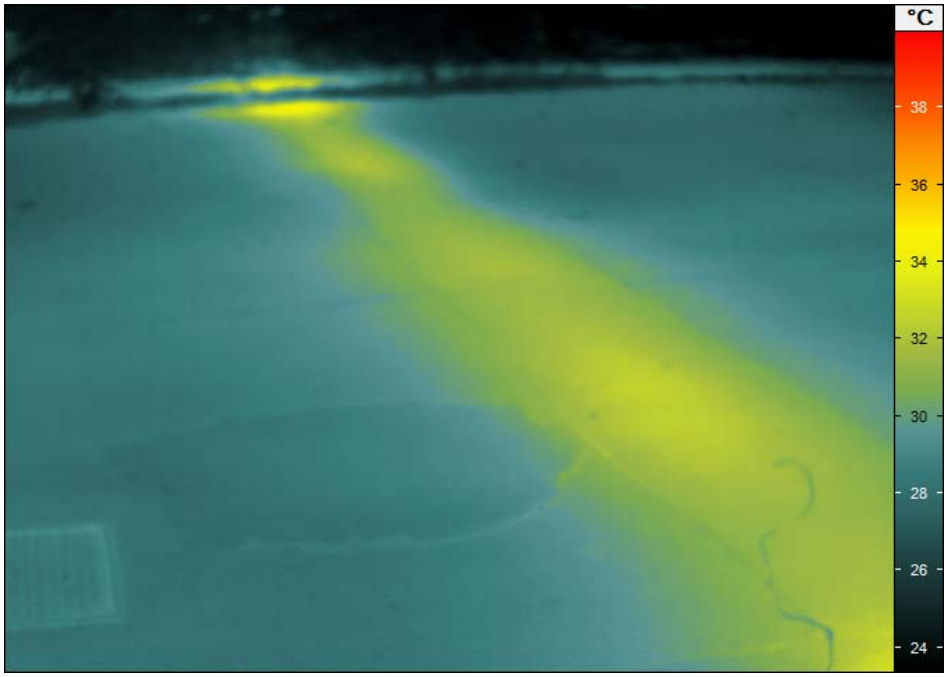
Slika 6. prikazuje temperaturno polje u ravnini *x*,*y* za različite vrijednosti toplinske provodnosti zemlje, pri čemu su vrijednosti toplinske provodnosti izolacije držane konstantnima. Vrijednosti toplinske provodnosti zemlje su uzete 2 W/(m·K) i 5 W/(m·K), dok su vrijednosti toplinske provodnosti izolacije 0,025 W/(m·K), 0,2 W/(m·K) i 2 W/(m·K).

λ_{izo} = 0,025 W/(m·K)			
λ_{zem} = 2 W/(m·K)	ϑ_{pov} = 21,6 °C	λ_{zem} = 5 W/(m·K)	ϑ_{pov} = 21,62 °C
			
λ_{izo} = 0,2 W/(m·K)			
λ_{zem} = 2 W/(m·K)	ϑ_{pov} = 23,31 °C	λ_{zem} = 5 W/(m·K)	ϑ_{pov} = 23,47 °C
			
λ_{izo} = 2 W/(m·K)			
λ_{zem} = 2 W/(m·K)		ϑ_{pov} = 24,5 °C	
			

Slika 6. Temperaturno polje u ravnini *x,y* (oko ukopanog toplovoda) u ovisnosti o toplinskoj provodnosti zemlje

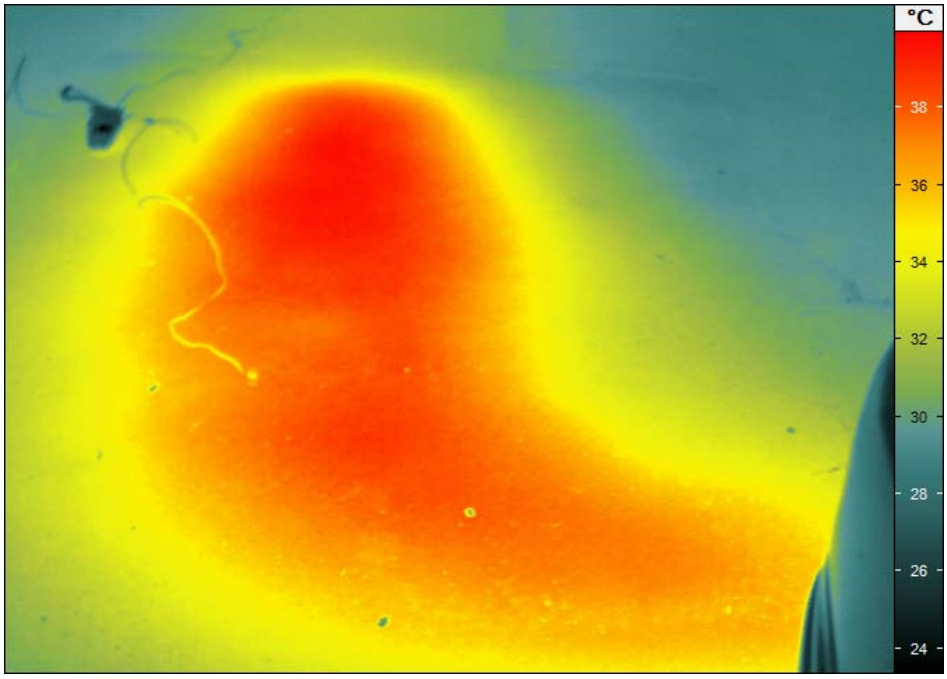
Iz slike 6 je jasno da za jako dobro izolacijsko svojstvo, λ = 0,025 W/(m·K), povećavanje vrijednosti toplinske provodnosti zemlje ima praktički minorni utjecaj na temperaturno polje, a time i na vrijednost površinske temperature zemlje. Tako se vidi da povećanjem toplinske provodnosti zemlje od 2 W/(m·K) na 5 W/(m·K), površinska temperatura zemlje se promijenila od 21,6 °C na 21,62 °C. No, slabljenjem izolacijskog svojstva, tj., povećavanjem toplinske provodnosti izolacije, utjecaj toplinske provodnosti zemlje na temperaturno polje postaje značajniji. Tako, za odabranu vrijednost λ_{izo} = 0,2 W/(m·K), povećanjem λ_{zem} od 2 W/(m·K) na 5 W/(m·K), površinska se temperatura promijenila od 23,31 °C na 23,47 °C. Zadnja slika na slici 6 prikazuje temperaturno polje u slučaju jednakih vrijednosti toplinske provodnosti zemlje i izolacije $\lambda_{zem} = \lambda_{izo}$ = 2 W/(m·K). Tada je vrijednost površinske temperature zemlje najveća i iznosi 24,5 °C.

Na slikama 7 i 8 prikazani su termogrami temperaturne razdiobe na površini zemlje iznad toplovoda. Temperaturno polje, koje se uočava na promatranoj dionici, ukazuje na gubitke toplovoda prilikom njegovog korištenja. O kvantitativnim iznosima toplinskih gubitaka nije moguće govoriti na temelju ovih termograma, ali je moguće detektirati mjesta bolje i lošije izolacije.



Slika 7. Termogram temperaturnog polja promatrane dionice toplovoda

Na termogramu površinske temperature (slika 7) na dionici izoliranog toplovoda, starosti tridesetak godina, uočavaju se vrijednosti površinskih temperatura od 28 °C do 30 °C, dok se na slici 8, koja prikazuje dio površine zemlje iznad neizoliranog koljena toplovoda, može očitati temperatura od 34 °C.



Slika 8. Termogram temperaturnog polja iznad neizoliranog koljena toplovoda

Numerički rezultati su pokazali da i u slučaju neizoliranog toplovoda i vlažne zemlje (toplinske provodnosti zemlje $\lambda_{zem} = \lambda_{izo}$ = 2 W/(m·K),) površinska temperatura zemlje iznosi 24,4 ^{o}C, što je puno manje od izmjerenih vrijednosti. Činjenica je da je snimanje termokamerom izvršeno iznad dionice vrlo starog toplovoda, koji može biti ukopan na dubinu manju od 1,2 m, te u kojem je bilo pojava curenja tople vode, što značajno mijenja uvjete koji su uzeti proračunom. U radu [1], objavljenom na konferenciji PLIN 2010, prikazane su oštećene cijevi toplovoda starosti preko trideset godina u naselju Slavonija I i utvrđeno postojanje pukotina. Dionica toplovoda prikazana na slikama 7 i 8 snimljena je u istom naselju.

U daljnjem istraživanju snimanje termografskom kamerom izvršit će se na dionici novoizgrađenog toplovoda za kojeg je dostupna sva potrebna dokumentacija, te će se rezultati mjerenja temperature usporediti s numerički dobivenim rezultatima. U slučaju slaganja izmjerene i izračunate površinske temperature, moći će se zaključiti o vrijednosti toplinske provodnosti izolacije, a time i trenutnog stanja ugrađene izolacije toplovoda. Također se kao rezultat numeričke simulacije pojavljuje vrijednost toplinskog toka koji toplovod predaje zemlji, čime su poznati toplinski gubitci toplovoda na određenim dionicama. U razmatranje treba uzeti i promjenu temperature zemlje uslijed vremenskih prilika, kao što je to npr. učinjeno u [2].

4. Zaključak

Provedena analiza pokazuje da toplinska provodnost izolacijskog sloja ima najveći utjecaj na temperaturno polje oko ukopanog toplovoda. Lošija izolacija znači i veće toplinske gubitke, koji se mogu učetverostručiti, kada toplovod izgubi, projektom definirana, izolacijska svojstva, a što ima za posljedicu povećanje površinske temperature zemlje. Kako se upravo termografskom kamerom registrira površinska temperatura, tada se na osnovu, iz termograma određene površinske temperature, može zaključiti o efikasnosti ugrađenog izolacijskog sloja.

Stoga se primjenom termografske kamere, kao nerazarajuće metode, može izravno detektirati loše izvedenu izolaciju, vremenom dotrajalu izolaciju ili dijelove toplovoda bez izolacije. Jasno je da izolacija tijekom vremena gubi izolacijska svojstva, pa je stoga preporučljivo napraviti, nakon određenih vremenskih intervala, termografski pregled trase toplovoda s ciljem detektiranja pozicije dotrajale izolacije, te njezine naknadne zamjene.

5. Literatura

[1] Ravlić, A., Vitez, I., Aračić, S., Marušić, V.: Uzroci oštećivanja toplovodnih cijevi/Causes od damages hot water pipes, 8. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi/1. International Natural Gas, Heat and Water Conference, Osijek, 29.rujna -1. listopada 2010.

[2] Dalla Rosa*, A., Li, H., Svendsen, S.: Method for optimal design of pipes for low energy district heating, with focus on heat losses, Energy, Vol. 36, pp. 2407-2418, 2011.