



Časopis Naučnog društva za pogonske mašine, traktore i održavanje
Journal of Scientific Society of Power Machines, Tractors and Maintenance

TRAKTORI I POGONSKE MAŠINE

TRACTORS AND POWER MACHINES

4

UDK 631.372

ISSN 0354-9496

Godina 19

Dec. 2014.



Novi Sad, Srbija

Trakt. i pog. maš., Trac. and pow. mach., Vol. 19, No. 4, p.1-106, Novi Sad, Dec. 2014.

UVODNIK

Poštovani čitaoci,

Nastavljajući dugogodišnju tradiciju, časopis "Traktori i pogonske mašine" i ovog puta svoje stranice posvećuje naučnom skupu

"RAZVOJ TRAKTORA I PRIMENA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE"

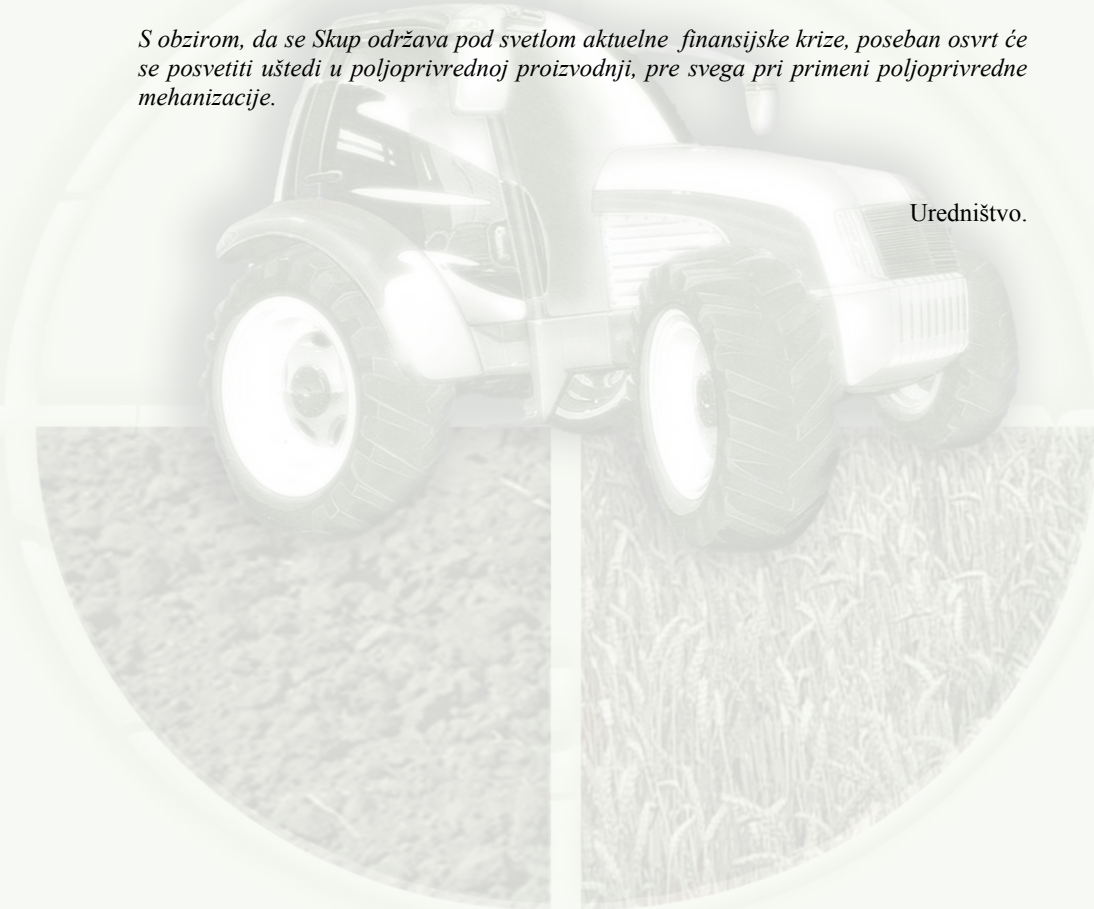
koji se po dvadesetiprvi put održava u Novom Sadu na Poljoprivrednom fakultetu, dana 05.12.2014. godine.

U časopisu su objavljeni radovi koji prikazuju trend razvoja i korišćenja savremenih traktora, mobilnih sistema i ostalih sredstava mehanizacije u poljoprivredi.

Zbog povećanog interesovanja za alternativne i obnovljive izvore energije, u časopisu je objavljen veći broj radova iz ove oblasti. Posebna pažnja posvećena je informisanju čitalaca u vezi proizvodnje i korišćenja biodizela.

S obzirom, da se Skup održava pod svetlom aktuelne finansijske krize, poseban osvrt će se posvetiti uštedi u poljoprivrednoj proizvodnji, pre svega pri primeni poljoprivredne mehanizacije.

Uredništvo.



Izdavač – Publisher



Naučno društvo za pogonske mašine, traktore i održavanje
Scientific Society of Power Machines, Tractors and Maintenance

Suizdavač – Copublisher

Poljoprivredni fakultet, Departman za poljoprivrednu tehniku, Novi Sad
 Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering, Novi Sad

Glavni urednik – Editor in chief

Dr Milan Tomić

Urednici - Editors

Dr Lazar Savin**Dr Timofej Furman****Dr Ratko Nikolić****Dr Ivan Klinar****Dr Radojka Gligorić**

Tehnički urednik - Technical Editor

Dr Mirko Simikić

Tehnički sekretar - Technical Secretary

Nevenka Žigić

Uređivački savet - Editorial Committee

Dr Timofej Furman, Novi Sad**Dr Ratko Nikolić, Novi Sad****Dr Ferenc Časnji, Novi Sad****Dr Radojka Gligorić, Novi Sad****Dr Tripo Torović, Novi Sad****Dr Ivan Klinar, Novi Sad****Dr Božidar Nikolić, Podgorica****Dr Milan Tomić, Novi Sad****Dr Rajko Radonjić, Kragujevac****Dr Zlatko Gospodarić, Zagreb****Dr Laszlo Mago, Gödöllő, Madarska****Dr Aleksandar Šeljcin, Moskva, Rusija****Mr Milan Kekić, Bečej****Dr Radivoje Pešić, Kragujevac****Dr Klara Jakovčević, Subotica****Dr Jozef Bajla, Nitra, Slovačka****Dr Roberto Paoluzzi, Ferrara, Italija****Dr Hasan Silleli, Ankara, Turska****Dr Valentin Vladut, Rumunija**

Adresa – Adress

Poljoprivredni fakultet**Trg Dositeja Obradovića br. 8****Novi Sad, Srbija****Tel.: ++381(0)21 4853 391****Tel/Fax.: ++381(0)21 459 989****e-mail: milanto@polj.uns.ac.rs**

Časopis izlazi svaka tri meseca

Godišnja pretplata za radne organizacije je 1500 din, za

Inostranstvo 5000 din a za individualne predplatnike 1000 din

Žiro račun: 340-4148-96 kod Erste banke

Rešenjem Ministarstva za informacije Republike Srbije, Br.651-115/97-03 od 10.02.1997.god., časopis je upisan u registar pod brojem 2310

Prema Mišljenju Ministarstva za nauku, Republike Srbije ovaj časopis je "PUBLIKACIJA OD POSEBNOG INTERESA ZA NAUKU"

Jurnal is published four times a year

Subscription price for organization is 40 EURO, for

foreign organization 80 EURO and individual

subscribes 15 EURO

Štampa – Printed by

Štamparija "Feljton" Novi Sad, Štražilovska 17

Tiraž 300 primeraka

SADRŽAJ – CONTENTS

<i>Mićić R., Tomić M., Simikić M.</i>	
FINALIZACIJA BIODIZELA, PREGLEDNI RAD	
BIODIESEL FINALIZATION, REVIEW	7
<i>Milojević S., Pešić R.</i>	
PRIMENA BIOMETANA U MOTORNIM VOZILIMA	
APPLICATION OF BIOMETHANE IN MOTOR VEHICLES	16
<i>Ješić D., Kovač P., Golubović D., Cvijanović N., Samardžija M.</i>	
PRIMENA ENERGIJE VETRA I SUNCA ZA POTREBE NAVODNJAVANJA	
POLJOPRIVREDNIH POVRŠINA	
THE USE OF WIND AND SOLAR ENERGY FOR AGRICULTURAL SURFACES	
WATERING	26
<i>Savić S., Bukvić L., Babić M., Šušteršič V., Vukašinović V.</i>	
UVOĐENJA SISTEMA KOGENERACIJE U INDUSTRIJSKI OBJEKAT U CILJU	
UŠTEDE ENERGIJE	
INTRODUCTION OF COGENERATION SYSTEM INTO INDUSTRIAL FACILITIES IN	
ORDER TO SAVE ENERGY	34
<i>Savić S., Mitić J., Babić M., Šušteršič V., Gordić D.</i>	
KORIŠĆENJE PROGRAMA RETSCREEN ZA ANALIZU UŠTEDE ENERGIJE PRI	
UGRADNJI KOGENERACIONIH POSTROJENJA U ŠKOLE	
THE USE OF RETSCREEN SOFTWARE FOR ANALYSIS OF ENERGY SAVINGS	
WHEN A COGENERATION PLANT IS USED IN SCHOOLS	44
<i>Rakić N., Canović D., Jurišević N., Šušteršič V., Babić M.</i>	
KOMBINOVANA PROIZVODNJA TOPLOTNE I ELEKTRIČNE ENERGIJE	
KOGENERATIVNIM GASNIM MODULOM „VITOBLOC 200 EM-20/39“	
COMBINED HEAT AND POWER PRODUCTION BY COGENERATIVE GAS MODUL	
„VITOBLOC 200 EM-20/39“	54
<i>Popović S., Mijić R., Grublješić Ž.</i>	
PROCENA PROIZVODNE I POLJOPRIVREDNE OPREME U SKLOPU UKUPNOG	
VREDNOVANJA POLJOPRIVREDNOG PREDUZEĆA	
EVALUATION OF PRODUCTION AND AGRICULTURAL EQUIPMENT WITHIN	
THE OVERALL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL COMPANY	61
<i>Popović S.</i>	
KONTROLNE FUNKCIJE U VOĐENJU FINANSIJSKE EVIDENCIJE TRAKTORA	
KONKRETNOG POLJOPRIVREDNOG PREDUZEĆA	
CONTROL FUNCTIONS IN MAINTAINING FINANCIAL RECORDS OF TRACTOR	
SPECIFIC AGRICULTURAL ENTERPRISE	67

Gajić Lj., Medved I.

**OBRAČUN TROŠKOVA PO AKTIVNOSTIMA U POLJOPRIVREDNOJ
PROIZVODNJI**

ACTIVITY-BASED COSTING IN AGRICULTURAL PRODUCTION

73

Danilović M., Dorđević Z., Antić S.

TRANSPORT OGREVNOG DRVETA U RAVNIČARSKOM PODRUČJU SRBIJE

TRANSPORT OF STACK WOOD IN LOWLAND AREAS OF SERBIA

82

Barać S., Biberdžić M., Dikić A., Milenković Bojana, Koprivica R.

**REZULTATI ISPITIVANJA PIK-AP PRESA PRI SPREMANJU LUCERKINOG SENA
RESULTS OF TESTING THE PICK-UP PRESSES WHILE PREPARING THE
ALFALFA HAY**

92

Božić M., Koprivica R., Bošković N., Veljković B.

**MERNO AKVIZICIONI SISTEM ZA MERENJE SILE OTVARANJA PLODOVA
POLJOPRIVREDNIH KULTURA**

**DATA ACQUISITION SYSTEM FOR MEASUREMENT THE FORCE CRACKING OF
HARVESTED CROPS**

98



UVODENJA SISTEMA KOGENERACIJE U INDUSTRIJSKI OBJEKAT U CILJU UŠTEDE ENERGIJE

INTRODUCTION OF COGENERATION SYSTEM INTO INDUSTRIAL FACILITIES IN ORDER TO SAVE ENERGY

Savić S.¹, Bukvić L., Babić M., Šušteršič V., Vukašinović V.

REZIME

U radu se razmatra mogućnost upotrebe kogeneracionog postrojenja u cilju povećanja energetske efikasnosti, smanjenja troškova električne i toplotne energije, kao i smanjenje emisije gasova staklene bašte. Analiza obuhvata određivanje i izbor najoptimalnijeg kogeneracionog modela sa najkraćim periodom otplate za objekat firme „ALUROLL“ čija je delatnost proizvodnja aluminijske i PVC stolarije. Na početku je objašnjen pojam kogeneracije, navedene su njene prednosti i nedostaci i opisano odgovarajuće kogeneraciono postrojenje. U drugom delu rada je pomoću softverskog paketa RETScreen izvršena analiza i potvrđena isplativost i održivost projekta izabranog kogeneracionog postrojenja.

Ključne reči: kogeneracija, utrošak energije, program RETScreen

SUMMARY

This paper studies the possibility to use a cogeneration plant in order to enhance energy efficiency, reduce electric power and heating costs and reduce greenhouse gas emission. The analysis involves determination and choice of the optimum cogeneration model with the shortest payment terms for the company ALUROLL, which produces aluminium and PVC carpentry. The first part of the paper introduces cogeneration with all its advantages and disadvantages and describes the given cogeneration plant. The second part presents the analysis performed using RETScreen software which confirms the cost effectiveness and sustainability of the chosen cogeneration system.

Key words: cogeneration, energy consumption, RETScreen software

UVOD

Stepen iskorišćenosti postrojenja u termoelektrani, koja kao energent koristi ugalj, kreće se od 35-40%, što govori da se veći deo energije nepovratno gubi. U cilju iskorišćenja te energije primenjuje se postupak kogeneracije. Kogeneracija predstavlja proces korišćenja primarne energije goriva u cilju proizvodnje toplotne energije i dobijanja korisnog rada [1]. Dobijeni mehanički rad najčešće se koristi za proizvodnju električne energije, dok se toplotna energija

¹ Prof. dr Slobodan Savić, Luka Bukvić, ing., prof. dr Milun Babić, prof. dr Vanja Šušteršič, Vladimir Vukašinović, dipl.ing., Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevac, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, e-mail: ssavic@kg.ac.rs

može koristiti u raznim tehnološkim procesima, procesima grejanja, odnosno hlađenja. Kao gorivo može se koristiti prirodni gas, biomasa, drvna građa ili vodonik (u slučaju gorivnih ćelija), a izbor tehnologije za kogeneraciju zavisi od raspoloživosti i cene goriva [2]. Kogeneracione jedinice različitih nazivnih snaga koncipirane su tako da je pomoću njih moguće snabdevanje širokog spektra korisnika [3]: velikih i malih industrijskih pogona, zdravstvenih ustanova, javno-obrazovnih zavoda, trgovačkih i sportskih centara, prirodnih parkova i planinskih domova, poljoprivrednih gazdinstava, poslovnih prostora i stambenih objekata.

PREDNOSTI PRIMENE KOGENERACIJE

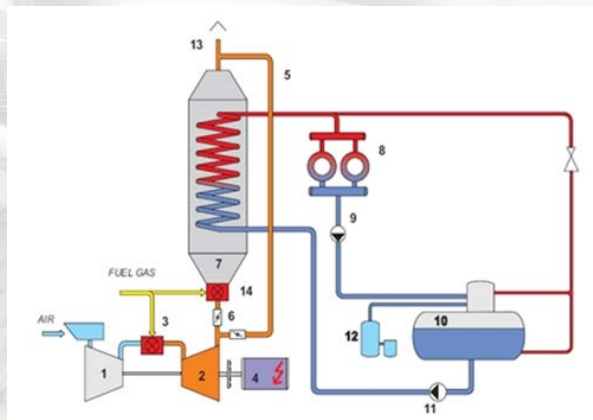
Najznačajnije prednosti kogeneracijske proizvodnje u odnosu na odvojenu proizvodnju električne energije u klasičnoj elektrani i toplotne u kotlarnici ogleda se [1] kroz: povećanu uštedu primarne energije, veću pouzdanost pri snabdevanju energijom, smanjenje štetnog uticaja na okruženje, smanjenje otpadne toplote i emisije buke, kao i finansijsku isplativost u kraćem vremenskom periodu. Kogeneracija, takođe, ima značajnu ulogu kao distribuirani izvor energije zbog sledećih pozitivnih učinaka: manjih gubitaka u mreži, smanjenja zapušnja u prenosu, povećanja kvaliteta napona i povećanja pouzdanosti snabdevanja električnom energijom.

Kogeneracijska proizvodnja ima i određene nedostatke [1]: izostanak jasno definisanog i jednostavnog postupka priključenja na mrežu, složenu građevinsko-tehničku proceduru izgradnje kogeneracijskog postrojenja, nepostojanje utvrđivanja i postupka sticanja prava prodaje kao i iznosa otkupne cene za višak električne energije, nedovoljna zainteresovanost i nerazumevanje finansijskih institucija za financiranje projekata kogeneracije, izostanak obrazovanja i osposobljavanja stručnjaka za usluge konsultovanja o energetskej efikasnosti, nepostojanje zakonskog akta za kogeneraciju u kojem bi se celokupna problematika mogla sistemski definisati.

KOGENERACIONA POSTROJENJA

Kogeneraciona postrojenja su postrojenja u kojima se odvija proces kogeneracije. U njima se vrši konverzija hemijske energije u električnu i toplotnu. Pri tome se za postupke konverzije koriste: parne i gasne turbine, motori sa unutrašnjim sagorevanjem kao i razne vrste gorivih ćelija.

Postrojenja sa gasnim turbinama, kao glavnom pogonskom mašinom u kogenerativnom ciklusu, postižu najveći stepen efikasnosti i imaju najveći stepen iskorišćenja. Način funkcionisanja ovakvog postrojenja predstavljen je na sl. 1.



Sl. 1. Šema kogeneracijskog postrojenja na bazi gasne turbine
Fig. 1. Scheme of cogeneration plant based on a gas turbine

Vazduh [4] dolazi u kompresor 1 i tu mu se povećava radni pritisak, zatim odlazi u komoru za sagorevanje 3 u kojoj se vrši sagorevanje goriva. Turbina 2 koristi produkte sagorevanja tako što kinetičku energiju pretvara u mehaničku energiju vratila, koje pogoni električni generator 4. Pomoću regulacionih ventila 6 određuje se odnos proizvedene snage i toplote. Bay-pass izduvni kanal 5 zajedno sa dimnjakom 13 odvodi izduvne gasove. Kotao za izduvne gasove 7 služi da bi zagrejao vodu koja dolazi iz napojnog rezervoara 10. Voda se priprema u 12, a do kotla u kojem se greje, dolazi pomoću napojne pumpe 11. Kada voda izađe iz kotla, predaje toplotu potrošačima 8. Da bi se voda vratila u rezervoar potrebna je još jedna pumpa 9. Ukoliko je potrebno da temperatura u kotlu bude veća, postoji gorionik za dodatno loženje 14.

PRIMENA PROGRAMA RETSCREEN I ANALIZA REZULTATA

RETScreen je vodeći svetski softver za podršku pri donošenju odluka u oblasti "čiste" energije. Sastoji se od određenog broja radnih listova koje korisnik tokom rada popunjava. U radnom listu *Početak* (sl. 2) unose se osnovne informacije o projektu: naziv projekta, lokacija objekta, tip projekta, tip mreže, vrsta analize, referentna vrednost grejanja, jezik, valuta i lokacija najbliže meteorološke stanice [5, 6].

Program u narednim kalkulacijama računa donju toplotnu moć goriva (voda u produktima sagorevanja goriva ostaje u stanju pare). Izborom Kraljeva kao najbližeg ponuđenog mesta, usvajaju se klimatski podaci (sl. 3) izmereni za taj grad u prethodnoj godini po mesecima (dnevno toplotno zračenje, atmosferski pritisak, brzina vetra, temperature vazduha i zemlje).

Na osnovu tih informacija *RETScreen* omogućava određivanje temperatura grejanja koje se smatraju optimalnim u različitim periodima godine i na osnovu njih računa potrošnju goriva

Sl. 2. Osnovne informacije o projektu
Fig. 2. Basic project information

	Air temperature °C	Relative humidity %	Daily solar radiation - horizontal kWh/m ² /d	Atmospheric pressure kPa	Wind speed m/s	Earth temperature °C	Heating degree-days °C-d	Cooling degree-days °C-d
Jan	0.7	81.4%	1.64	94.4	1.4	-2.0	536	0
Feb	1.6	74.2%	2.39	94.2	1.6	-0.4	459	0
Mar	5.7	69.1%	3.36	94.1	2.1	4.7	381	0
Apr	11.5	66.0%	4.11	93.9	1.8	10.0	195	45
May	16.6	68.5%	4.96	94.1	1.4	15.7	43	205
Jun	19.5	70.2%	5.63	94.1	1.2	19.5	0	285
Jul	21.6	68.2%	5.92	94.1	1.2	22.2	0	360
Aug	21.7	66.5%	5.26	94.2	1.2	22.2	0	353
Sep	17.0	72.7%	3.85	94.3	1.3	17.0	30	210
Oct	11.8	77.5%	2.64	94.5	1.5	11.1	192	56
Nov	5.3	79.9%	1.60	94.3	1.7	4.3	381	0
Dec	1.3	82.9%	1.32	94.4	1.5	-0.9	518	0
Annual	11.3	73.1%	3.56	94.2	1.5	10.3	2,736	1,523
Source	Ground	Ground	NASA	NASA	Ground	NASA	Ground	Ground
Measured at	m				10	0		

Sl. 3. Klimatski podaci grada Kraljevo
Fig. 3. Climate data for Kraljevo

potrebno za zadovoljavanje toplotnih zahteva objekta.

U radnom listu *Mreža i opterećenje* unose se podaci koji se odnose na uslove i stanje objekta, a sastoje se od dela u kome se ubacuju podaci vezani za grejanje i dela gde se unose informacije vezane za potrošnju električne energije.

Heating project	Unit	
Base case heating system		
Single building - space heating		
Heated floor area for building	m ²	4,830
Fuel type		Coal
Seasonal efficiency	%	70%
Heating load calculation		
Heating load for building	W/m ²	90.0
Domestic hot water heating base demand	%	5%
Total heating	MWh	917
Total peak heating load	kW	434.7
Fuel consumption - annual	t	145
Fuel rate	Rsd/t	12500.000
Fuel cost	Rsd	1,811,133
Proposed case energy efficiency measures		
End-use energy efficiency measures	%	5%
Net peak heating load	kW	413.0
Net heating	MWh	872

Sl. 4. Projekat grejanja
Fig. 4. Heating project

Projekat grejanja (sl. 4) podrazumeva unošenje informacija o tome koliko zgrada ima, kolika je površina objekata, koje se gorivo koristi, koliko je toplotno opterećenje zgrade i sl.

Za razmatrani objekat, koji spada u srednje izolovane, usvojeno je toplotno opterećenje 90 W/m². Korisnik unosi snagu srednjeg opterećenja električne mreže u kW (sl. 5), odnosno snagu za obračun (ukoliko se čitaju računi za električnu energiju), kao i cenu struje po kWh.

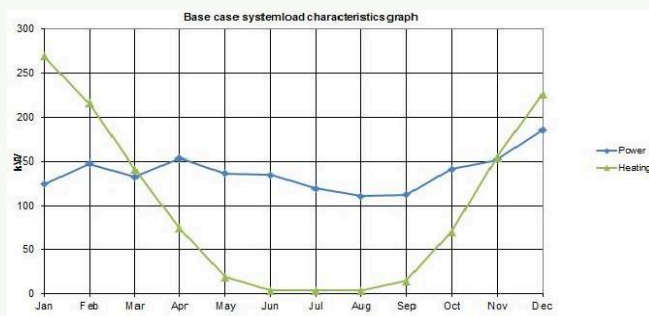
Power project	Unit		
Base case power system			
Grid type	Central-grid & internal load		
Base case load characteristics			
	Power gross average load kW	Power net average load kW	Heating average load kW
Month			
January	125	125	248
February	148	148	199
March	133	133	130
April	154	154	69
May	137	137	17
June	135	135	4
July	120	120	4
August	111	111	4
September	113	113	13
October	142	142	65
November	152	152	143
December	185	185	208
System peak electricity load over max monthly average	10.0%		
Peak load - annual	204	204	400
Electricity	MWh	1,217	1,217
Electricity rate - base case	Rsd/kWh	5,315	5,315
Total electricity cost	Rsd	6,467,061	Rsd 6,467,061

Sl. 5. Obračunska snaga po mesecima
Fig. 5. Power consumption per months

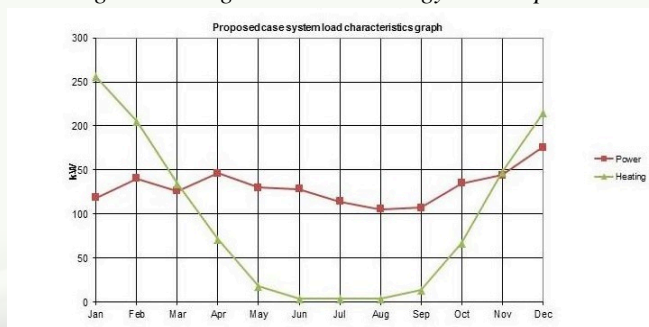
Za prekoračeni pik iznad maksimalne mesečne vrednosti usvaja se vrednost od 10%, odnosno 204 kW snage. Na osnovu unetih podataka dobijen je grafik potrošene toplotne i električne energije na godišnjem nivou (sl. 6).

Ako se usvoje mere energetske efikasnosti od 5%, predložen slučaj potrošnje izgleda kao na slici 7. Uočava se da je potrošnja toplote i struje nešto smanjena (u poređenju sa dijagramom na sl. 6), ključne tačke grafika će biti niže na osi koja pokazuje potrošnju u kW.

Izbor tehnologije koja se primenjuje, kapacitet mašine, broj sati koje ta radna mašina treba da obavlja, kao i vrsta i cena goriva vrše se u radnom listu *Energetski model* (sl. 8). Ovdje postoji mogućnost izbora konkretnog modela motora iz baze podataka koju poseduje *RETScreen*.



Sl. 6. Potrošnja toplotne i električne energije
Fig. 6. Heating and electric energy consumption



Sl. 7. Predloženi slučaj potrošnje
Fig. 7. Proposed case

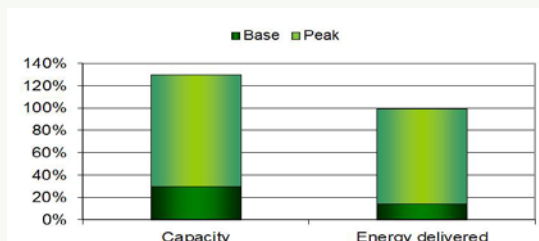
Proposed case power system			
System selection	Base load system		
Base load power system	Reciprocating engine		
Technology	h	2,800	32.0%
Availability			
Fuel selection method	Single fuel		
Fuel type	Natural gas - m ³		
Fuel rate	Rsd/m ²	39.750	
Reciprocating engine	Ford Power Products		
Power capacity	kW	58	30.0%
Minimum capacity	%	50.0%	
Electricity delivered to load	MWh	162	14.0%
Electricity exported to grid	MWh	0	
Manufacturer	LRG 425 EFI		
Model	1 unit(s)		
Heat rate	kJ/kWh	12,000	
Heat recovery efficiency	%	47.0%	
Fuel required	GJ/h @	0.7	
Heating capacity	kV	63.6	15.4%

Sl. 8. Energetski model
Fig. 8. Energy model

Za radnu mašinu odabran je klipni motor relativno male snage od 58 kW/h koji kao gorivo koristi prirodan gas. Broj radnih sati je određen na osnovu potreba proizvodnje i odabrano je da motor radi 32% vremena (2800 h). Jako bitno je odrediti snagu motora i opterećenje koje motor zadovoljava. Izabrano je bazno opterećenje koje zadovoljava 30% kapaciteta. Minimalni kapacitet kojim motor može da radi je 50%. Na osnovu ovoga, količina električne energije koja se dostavlja sistemu je svega 14%. Na slici 9 prikazani su kapacitet koji ovakav sistem

zadovoljava i isporuka energije.

Maksimalni kapacitet sistema koji se očitava sa grafika iznosi 130%. Tu spada električna energija koju obezbeđuje izabrani motor, dok ostalih 100% potiče od elektrodistributivne mreže na koju je objekat priključen. Motor je izabran tako da ispunjava bazni model opterećenja, koji iznosi oko 30%. To znači da motor radi sa predloženih 100% kapaciteta, tj. celokupna energija koju proizvodi iskoristi se za potrebe objekta. Karakteristike preporučenog grejnog sistema su prikazane na slici 10.



Sl. 9. Kapacitet električne energije i isporučena energija

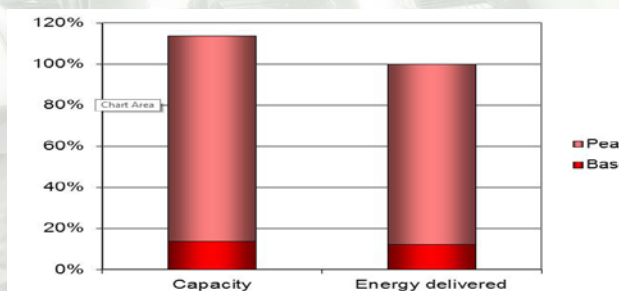
Fig. 9. Electric power capacity and energy delivered

Heating			
Base load heating system			
Technology		Reciprocating engine	
Capacity	kW	63.6	13.9%
Heating delivered	MWh	116	11.9%
Intermediate load heating system			
Technology		Not required	
Peak load heating system			
Technology		Boiler	
Fuel type		Natural gas - m ³	
Fuel rate	Rsd/m ³	39,750	
Suggested capacity	kW	458.9	
Capacity	kW	459	100.0%
Heating delivered	MWh	852.8	88.1%
Manufacturer			See PDB
Model			
Seasonal efficiency	%		
Back-up heating system (optional)			
Technology			
Capacity	kW	0.0	

Sl. 10. Karakteristike preporučenog grejnog sistema
 Fig. 10. Characteristics of the proposed heating system

Ukupan kapacitet u pogledu toplotne energije koji motor zadovoljava iznosi 14%, a isporučena toplota je 12% (sl. 11).

Softver u posebnom radnom listu omogućava unošenje troškova instalacije postrojenja, troškove samog motora, održavanja i zamene delova. Početni troškovi projekta dati su na sl. 12.



Sl. 11. Dijagram karakteristika grejnog sistema
 Fig. 11. Diagram of heating system characteristics

Initial costs (credits)	Unit	Quantity	Unit cost	Amount	Relative costs
Feasibility study					
Feasibility study	cost	1	Rsd 120,000	Rsd 120,000	
Sub-total:				Rsd 120,000	1.6%
Development					
Development	cost	1	Rsd 100,000	Rsd 100,000	
Sub-total:				Rsd 100,000	1.3%
Engineering					
Engineering	cost			Rsd -	
Sub-total:				Rsd -	0.0%
Power system					
Base load - Reciprocating engine	kW	58.00	Rsd 128,700	Rsd 7,464,600	
Peak load - Grid electricity	kW	195.00		Rsd -	
Road construction	km			Rsd -	
Transmission line	km			Rsd -	
Substation	project			Rsd -	
Energy efficiency measures	project			Rsd -	
User-defined	cost			Rsd -	
Sub-total:				Rsd 7,464,600	97.1%
Heating system					
Base load - Reciprocating engine	kW	63.6	Rsd -	Rsd -	
Peak load - Boiler	kW	413.0		Rsd -	
Energy efficiency measures	project			Rsd -	
User-defined	cost			Rsd -	
Sub-total:				Rsd -	0.0%
Balance of system & miscellaneous					
Spare parts	%			Rsd -	
Transportation	project			Rsd -	
Training & commissioning	p-d			Rsd -	
User-defined	cost			Rsd -	
Contingencies	%		Rsd 7,684,600	Rsd -	
Interest during construction			Rsd 7,684,600	Rsd -	
Sub-total:				Rsd -	0.0%
Total initial costs				Rsd 7,684,600	100.0%

Sl. 12. Početni troškovi
 Fig. 12. Initial costs

U okviru ovog prozora ponuđena je mogućnost upisivanja troškova koji se tiču studije izvodljivosti, razvoja projekta, inženjeringa, kao i troškova radne mašine po kW. U narednom delu unose se godišnji troškovi koji uključuju cenu održavanja i cenu goriva, koja i predstavlja nezaobilazni i najveći trošak. Nakon toga izračunava se godišnja ušteda koju korisnik ostvaruje (sl. 13).

Annual costs (credits)	Unit	Quantity	Unit cost	Amount
O&M				
Parts & labour	project			Rsd -
User defined	cost	100	Rsd 1,000	Rsd 100,000
Contingencies	%		Rsd 100,000	Rsd -
Sub-total:				Rsd 100,000
Fuel cost - proposed case				
Natural gas	m³	57,355	Rsd 39,750	Rsd 2,279,888
Electricity	MWh	994	Rsd 5,315,000	Rsd 5,280,552
Sub-total:				Rsd 7,560,420
Annual savings				
Fuel cost - base case				
Electricity	MWh	1,217	Rsd 5,315,000	Rsd 6,467,061
Coal	t	173	Rsd 12,500,000	Rsd 2,167,168
Sub-total:				Rsd 8,634,229

Sl. 13. Godišnji troškovi i ušteda
 Fig. 13. Annual costs and savings

Program *RETSscreen* sadrži i deo posvećen upravo izračunavanju smanjenja emisije štetnih gasova, što značajno utiče na očuvanje životne sredine. Korišćenjem predloženog sistema kogeneracije u radu, ta vrednost se smanjuje za 505 t (sl. 14).

Base case electricity system (Baseline)					
Country - region	Fuel type	GHG emission factor (excl. T&D) tCO ₂ /MWh	T&D losses %	GHG emission factor tCO ₂ /MWh	
Serbia	Natural gas	0.271	5.0%	0.285	
<input type="checkbox"/> Baseline changes during project life					
Base case system GHG summary (Baseline)					
Fuel type	Fuel mix %	Fuel consumption MWh	GHG emission tCO ₂ /MWh	GHG emission tCO ₂	
Coal	56.3%	1568	0.350	548.3	
Electricity	43.7%	1,217	0.285	347.1	
Total	100.0%	2,785	0.321	895.3	
Proposed case system GHG summary (Combined heating & power project)					
Fuel type	Fuel mix %	Fuel consumption MWh	GHG emission tCO ₂ /MWh	GHG emission tCO ₂	
Natural gas	35.3%	541	0.137	106.9	
Electricity	64.7%	994	0.285	283.4	
Total	100.0%	1,535	0.264	390.3	
GHG emission reduction summary					
Combined heating & power project	Base case GHG emission tCO ₂	Proposed case GHG emission tCO ₂	Gross annual GHG emission reduction tCO ₂	GHG credits transaction fee %	Net annual GHG emission tCO ₂
	895.3	390.3	505.0		505.0

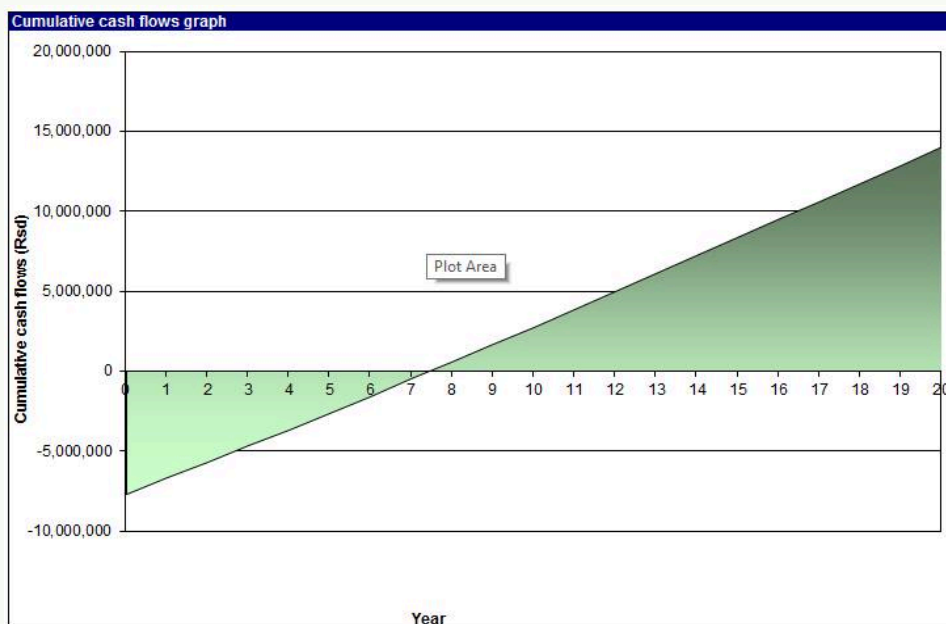
Sl. 14. Redukcija emisije CO₂
Fig. 14. CO₂ emission reduction

U konkretnom slučaju projekat kogeneracije se odnosi na period od 20 godina, pa treba imati u vidu promene cene električne energije na tržištu i stopu inflacije. Empirijski je određeno da porast cene goriva iznosi 2%, a stopa inflacije 8%. Ovo su poslednji finansijski parametri koji se unose pre prikaza ukupnih troškova i uštede za odabrani period. Ukupni početni kapital potreban za ugradnju kogeneracionog postrojenja, godišnji troškovi goriva i održavanja, kao i tok novca za svaku godinu pojedinačno, a u ukupnom intervalu od 20 godina, predstavljeni su na slici 15.

Project costs and savings/income summary				Yearly cash flows			
				Year	Pre-tax	After-tax	Cumulative
Initial costs				#	Rsd	Rsd	Rsd
Feasibility study	1.6%	Rsd	120,000	0	-7,684,600	-7,684,600	-7,684,600
Development	1.3%	Rsd	100,000	1	987,285	987,285	-6,697,315
Power system	97.1%	Rsd	7,464,600	2	1,000,551	1,000,551	-5,696,764
Heating system	0.0%	Rsd	0	3	1,013,564	1,013,564	-4,683,200
				4	1,026,277	1,026,277	-3,656,923
				5	1,038,639	1,038,639	-2,618,284
Balance of system & misc.	0.0%	Rsd	0	6	1,050,596	1,050,596	-1,567,688
Total initial costs	100.0%	Rsd	7,684,600	7	1,062,087	1,062,087	-505,601
				8	1,073,046	1,073,046	567,445
				9	1,083,401	1,083,401	1,650,846
Annual costs and debt payments				10	1,093,075	1,093,075	2,743,921
O&M		Rsd	100,000	11	1,101,983	1,101,983	3,845,903
Fuel cost - proposed case		Rsd	7,560,420	12	1,110,033	1,110,033	4,955,936
Total annual costs		Rsd	7,660,420	13	1,117,124	1,117,124	6,073,060
Periodic costs (credits)				14	1,123,149	1,123,149	7,196,210
				15	1,127,989	1,127,989	8,324,198
				16	1,131,516	1,131,516	9,455,714
				17	1,133,590	1,133,590	10,589,304
				18	1,134,062	1,134,062	11,723,366
				19	1,132,767	1,132,767	12,856,134
				20	1,129,528	1,129,528	13,985,662
Annual savings and income							
Fuel cost - base case		Rsd	8,634,229				
Total annual savings and income		Rsd	8,634,229				

Sl. 15. Troškovi, ušteda i tok kapitala
Fig. 15. Costs, savings and cash flow

Kao rezultat analiza vršenih u program, dobija se krajnji grafik toka novca koji daje jasniju sliku otplate projekta (sl. 16).



Sl. 16. Grafik toka novca

Fig. 16. Cash flow

ZAKLJUČAK

Primena kogeneracionog postrojenja razmatrana je prvenstveno zbog mnogobrojnih prednosti koje ovakav proces poseduje u odnosu na ustaljene načine snabdevanja energijom [7]. Stepenn efikasnosti je znatno veći, a u zavisnosti od konkretnih uslova može dostići i 85%. Implementacija ove tehnologije je izvršena za konkretan industrijski objekat, a dobijeni rezultati pokazuju da uz pravilan izbor tehnologije [8] i opterećenja, kogeneracija može da donese, posle određenog perioda, povraćaj uloženi sredstava, nakon čega se ostvaruje finansijska ušteda.

Cilj ovog rada je da se pokaže da uvođenje kogeneracije u industrijski objekat ima ekonomsku opravdanost, tj. finansijsku isplativost i održivost. Ovo neminovno vodi ka unapređenju energetske efikasnosti [9]. Za analizu je poslužio program *RETScreen*. Uočeno je da od izbora snage motora, odnosno modela opterećenja, najviše zavisi finansijska analiza. U razmatranom slučaju, za odabrani industrijski objekat, proces uvođenja kogeneracije je finansijski isplativ.

Civilizacija ljudskog društva je bazirana na razvoju tehnologije i svoj današnji izgled duguje napretku tehnologije i sposobnosti inženjera da omoguće primenu tehničkih dostignuća u različitim oblastima društvenog života [10]. Neka od tih dostignuća su, svakako, nova kogeneraciona postrojenja, trigeneraciona postrojenja [11], pa je njihova primena u inženjerskoj praksi imperativ za sve nas.

ZAHVALNICA

Ovaj rad predstavlja deo istraživanja realizovanih na projektu III 42013, finansiranom od strane

Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1.] Marković, D., Procesna i energetska efikasnost, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2010.
- [2.] Kočović, V., Upotreba kogeneracije u zemljama iz okruženja kroz primenjene tehnologije, ostvarene ekonomske i ekološke dobiti, Završni rad, Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu, Kragujevac, 2012.
- [3.] <http://www.gorenje-indop.si/sr/43391>
- [4.] <http://www.enerkon.hr/Web%20HR/Plina4.pdf>
- [5.] Vulović, A., Jovanović, N., Savić, S., Gordić, D., Neke mogućnosti povećanja energetske efikasnosti zatvorenog bazena sportskog centra Park u Kragujevcu, 7. Nacionalna konferencija o kvalitetu života, Festival kvaliteta 2012, Kragujevac, 2012, 7-9. jun, B 73-B 76.
- [6.] <http://www.retscreen.net/ang/home.php>
- [7.] Nikolić, R., Furman, T., Tomić, M., Simikić, M., Samardžija, M. (2011). Korišćenje obnovljivih izvora energije u Srbiji. Traktori i pogonske mašine, 16(3), 7-14.
- [8.] Sokolović, S. (2006). Stanje i pravci razvoja energetike Srbije. Traktori i pogonske mašine, 11(1), 7-10.
- [9.] Pešić, R., Veinović, S., Adžić, M., Petković, S., Hnatko, E., Đokić, D. (2011). Budućnost je u ekološkom angažovanju energije. Traktori i pogonske mašine, 16(3), 24-31.
- [10.] Desnica, E., Letić, D., Gligorić, R. (2012). Obrazovanje inženjera u skladu sa prirodom-korisnost obnovljivih izvora energije. Traktori i pogonske mašine, 17(4), 87-93.
- [11.] Vulović, A., Jovanović, N., Savić, S., Gordić, D., Šušteršič, V. (2012). Uvođenje sistema trigeneracije u cilju uštede energije. Traktori i pogonske mašine, 17(4), 102-110.

Rad primljen: 03.11.2014.

Rad prihvaćen: 12.11.2014.

