



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 17

Dec. 2012.



Novi Sad, Srbija

Trakt. i pog. maš., Trac. and pow. mach., Vol. 17, No. 4, p.1-110, Novi Sad, Dec. 2012.



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, Mađarska

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 – Address

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 "Offsetprint" Novi Sad, Matice Srpske 6

Tiraž 200 primeraka

**Časopis Traktori i pogonske
mašine broj 4 posvećen je
XIX-om naučnom skupu "Pravci
razvoja traktora i obnovljivih
izvora energije"**

**The journal Tractors and power
machines number 4 is devoted to
XIX scientific meeting
"Development of tractors and
renewable energy resources"**

JUMTO 2012

Programski odbor

- ☐ Prof. dr Lazar Savin, predsednik
- ☐ Prof. dr Ratko Nikolić
- ☐ Prof. dr Timofej Furman
- ☐ Prof. dr Ivan Klinar

Program board

- ☐ Prof. dr Jozef Bajla
- ☐ Prof. dr Radojka Gligorić, sekretar
- ☐ Doc. dr Milan Tomić
- ☐ Dipl. inž. Milan Samardžija

Pokrovitelji skupa

- ☐ Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije
- ☐ Pokrajinski sekretarijat za nauku i tehnološki razvoj AP Vojvodine
- ☐ Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine AP Vojvodine
- ☐ Pokrajinski sekretarijat za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo AP Vojvodine
- ☐ Inženjerska komora Srbije

Godparent of meeting

Organizatori skupa

- ☐ Naučno društvo za pogonske mašine, traktore i održavanje

Organizers of meeting

JUMTO – Novi Sad

- ☐ Poljoprivredni fakultet, Departman za poljoprivrednu tehniku, Novi Sad
- ☐ Društvo za razvoj i korišćenje biogoriva – BIGO, Novi Sad
- ☐ Privredna komora Srbije, Beograd

Glavni donatori

- ☐ Agropanonka, Novi sad
- ☐ MasFerg Agro, Novi Sad
- ☐ Agro Cesla, Novi Sad
- ☐ Amazone, Novi Sad
- ☐ Agrovovodina Mehanizacija, Novi Sad

The main donators

- ☐ Res Trade, Novi Sad
- ☐ Inter Agrar, Novi Sad
- ☐ YU-DNI doo, Novi Sad
- ☐ Lemken, Novi Sad
- ☐ IMT, Beograd
- ☐ Agro Vesta, Sombor

Mesto održavanja

Place of meeting

Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 07.12.2012.

Štampanje ove publikacije pomoglo je:
Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije
Pokrajinski sekretarijat za nauku i tehnološki razvoj AP Vojvodine

SADRŽAJ – CONTENTS

Nikolić, Brkić M, Savin L, Furman T, Tomić M, Simikić M.

POTREBNE KOLIČINE GORIVA ZA POLJOPRIVREDU, VODOPRIVREDU I ŠUMARSTVO

FUEL QUANTITY NEEDED FOR AGRICULTURE, WATER MANAGEMENT AND FORESTRY

7

Radosavljević, D., Nikolić, R., Šotra, D., Šotra, V.

ENERGETSKA EFIKASNOST I ZELENA ENERGIJA

ENERGY EFFICIENCY AND GREEN ENERGY

15

Škobalj D., Đuričić M., Sonja Lukić

ODRŽIVO KORIŠĆENJE GEOTERMALNE ENERGIJE U SRBIJI

THE SUSTAINABLE USE OF GEOTHERMAL ENERGY IN SERBIA

29

Petrović Marija, Petrović P., Ružičić L.

DA LI SU NEKE NOVE MOGUĆNOSTI PROIZVODNJE ALTERNATIVNIH GORIVA U BUDUĆNOSTI "REALNE ILI IMAGENARNE"

WHETHER ARE SOME NEW OPPORTUNITIES PRODUCTION

ALTERNATIVE FUELS IN THE FUTURE "REAL OR IMAGENARNE"

43

Damjanović N, Zorica Davidović

BIOGORIVA ZA MOTORE SA UNUTRAŠNJIM SAGORIJEVANJEM

BIOFUELS FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES

52

Mićić R, Tomić M.

KATALIZATORI ZA BIODIZEL

CATALYSTS FOR BIODIESEL

60

Tomić M., Furman T., Samardžija M., Mićić M., Savin L., Simikić M.

TEHNIČKO TEHNOLOŠKO REŠENJE POGONA ZA PROIZVODNJU

BIODIZELA ENGLESKOG PROIZVOĐAČA „EURO FUEL TECH“

TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL DESIGN OF BIODIESEL

PRODUCTION PLANT OF "EURO FUEL TECH" MANUFACTURER

70

Tomić M., Furman T., Samardžija M., Mićić M., Savin L., Simikić M.

IDEJNO REŠENJE POGONA ZA PROIZVODNJU BIODIZELA

KAPACITETA 10 T/DAN

CONCEPTUAL DESIGN OF BIODIESEL PRODUCTION PLANT WITH

CAPACITY OF 10 T/DAY

79

Desnica, E., Letić, D., Gligorić, R.

OBRAZOVANJE INŽENJERA U SKLADU SA PRIRODOM – KORISNOST

OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

ENGINEERING EDUCATION IN HARMONY WITH NATURE -

USEFULNESS OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

87

Martinov M, Đatkov D, Golub M, Bojić S, Višković M.

**BIOMETAN U POLJOPRIVREDI
BIOMETHANE IN AGRICULTURE**

94

Vulović A., Jovanović N., Savić S., Gordić D., Šušteršič V.

**UVOĐENJE SISTEMA TRIGENERACIJE U CILJU UŠTEDE ENERGIJE
SAVING ENERGY BY USING A TRIGENERATION SYSTEM**

102

UVOĐENJE SISTEMA TRIGENERACIJE U CILJU UŠTEDE ENERGIJE

SAVING ENERGY BY USING A TRIGENERATION SYSTEM

Vulović A., Jovanović N., Savić S., Gordić D., Šušteršič V.¹

REZIME

U radu se razmatra mogućnost uvođenja sistema trigeneracije u objekat zatvorenog bazena Sportskog Centra Park u Kragujevcu. Troškovi za zagrevanje vode bazena, zagrevanje prostorija zimi i njihovo hlađenje u toku leta kod ovakvih objekata su ogromni. Skoro uvek troškovi prevazilaze zaradu koju ovi objekti ostvaruju pa je postojeće stanje dugoročno neodrživo budući da se novac potreban za rad dotira iz gradskih budžeta. Zato je cilj ovog rada da se ispita mogućnost primene trigeneracije kao potencijalnog rešenja ovog problema.

U prvom delu rada daju se napomene o samoj trigeneraciji, kao i principi njenog funkcionisanja. Takođe, analiziraju se specifični uslovi u kojima objekat funkcioniše kao i njihov uticaj na izbor trigeneracionog postrojenja. U drugom delu rada se prezentuje proračunsko rešenje dobijeno uz pomoć programa RETScreen.

Bitno je napomenuti da je princip rada jednog trigenerativnog postrojenja ekološki potpuno prihvatljiv a da finansijske uštede po pitanju troškova energenata omogućavaju da zatvoreni bazen postane rentabilan.

Ključne reči: utrošak energije, zatvoreni bazen, trigeneracija

SUMMARY

This paper studies the possibility to introduce combined heat, cooling and power (CHCP) system at the indoor swimming pool at the Sports Centre Park in Kragujevac. Costs of heating the water and the swimming pool room in winter and their cooling in summer are huge in facilities of this kind. Costs usually exceed the income made so these facilities are most commonly subsidized from the city budget. Therefore, the aim of this paper is to investigate the possibilities to introduce a combined heat, cooling and power (CHCP) system in order to solve this problem.

The first part of the paper introduces CHCP systems and explains the ways they operate. It

¹ Vulović Aleksandra, student, Jovanović Nikola, student, prof. dr Slobodan Savić, prof. dr Dušan Gordić, prof. dr Vanja Šušteršič, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevac, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, e-mail: ssavic@kg.ac.rs

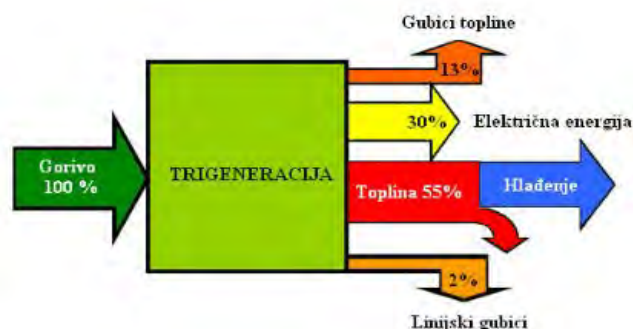
also analyses the conditions typical for this facility, which were one of the reasons the CHCP system was chosen. The second part of the paper presents numerical calculations and solutions obtained using RETScreen software.

It should be pointed out that CHCP systems operate in environmentally friendly manner, while the energy savings make the indoor swimming pool profitable.

Key words: power consumption, indoor swimming pool, trigeneration

UVOD

Trigeneracija predstavlja proces gde se korišćenjem primarne energije goriva istovremeno proizvodi toplotna, električna i rashladna energija. Kod konvencionalnog načina proizvodnje električne energije dobijena toplota se najčešće gubi. Ovim procesom je omogućeno njeno iskorišćenje, a samim tim povećanje efikasnosti sistema i smanjenje troškova (sl. 1).



Sl. 1. Iskorišćenje primarnog goriva
Fig. 1. Primary fuel usage

Prednosti trigeneracije su mnogostruke:

- ♦ povećana iskorišćenost primarne energije (čak i u odnosu na kogeneraciju);
- ♦ nezavisnost u energetske smislu;
- ♦ smanjena emisija štetnih gasova u okolinu, posebno ugljen-dioksida CO₂ [1];
- ♦ neophodna su mala ulaganja koja su relativno brzo isplativa.

Kombinacijom postojećeg kogeneracijskog postrojenja i apsorpcionog rashladnog sistema moguće je iskoristiti sezonske viškove toplote za dobijanje rashladne energije.

Prednosti apsorpcionih rashladnih uređaja su:

- ♦ ne emituju freon u atmosferu;
- ♦ koriste otpadnu toplotu kogeneracijskog postrojenja, čime se povećava ekonomičnost;
- ♦ za održavanje su potrebna mala finansijska sredstva.

Primenom procesa trigeneracije povećava se ukupna iskorišćenost energije primarnog goriva (75-80%), što doprinosi i ekonomičnosti celog sistema [2].

KOGENERACIONI SISTEM

Kogeneracioni sistem se sastoji iz glavnog pogona koji pokreće generator i proizvodi električnu energiju. Pri proizvodnji električne energije oslobađa se toplota, koja se koristi pomoću izmenjivača toplote.

Gasna turbina je rotaciona turbomšina koju pokreće kinetička energija gasa, dobijenog sagorevanjem goriva (sl. 2). Na njenom prednjem kraju je kompresor a na zadnjem turbina.

Između kompresora i turbine nalaze se komore za sagorevanje. Gasne turbine pretvaraju strujnu energiju gasovitih produkata sagorevanja tečnog ili gasovitog goriva u komprimovanom vazduhu u mehanički rad [3].

Gasne turbine rade na principu Brajtonovog ciklusa. Tokom ovog ciklusa atmosferski vazduh se sabija, zagreva u komorama za sagorevanje, zatim ekspandira u turbini gde, zahvaljujući dodatnoj energiji oslobođenoj iz sagorelog goriva, oslobađa više snage nego što je potrebno za pokretanje kompresora, odnosno za prvi deo ciklusa-kompresiju [4]. Snaga proizvedena ekspanzijom gasa u turbini, koju većim delom troši kompresor, proporcionalna je apsolutnoj temperaturi gasa koji prolazi kroz lopatice turbine. Najefikasnije je koristiti gasnu turbinu na najvišim mogućim temperaturama gasa na lopaticama turbine (u zavisnosti od materijala i tehnologije unutrašnjeg hlađenja lopatica turbine). Istovremeno, kompresor treba da usisava vazduh što je moguće niže temperature. Temperature izlaznih gasova gasnih turbina su vrlo visoke (450°C - 550°C kod starijih modela), dok kod najnovijih modela mogu biti i preko 650°C .

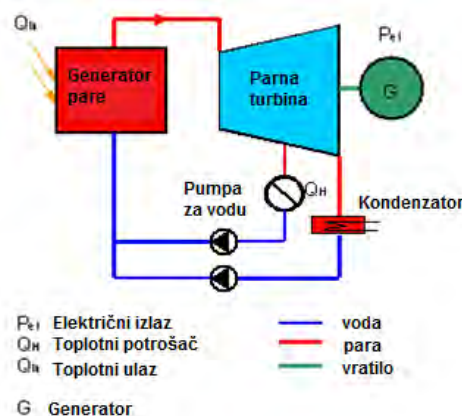
Raspon snage gasne turbine je od 1-100 MW.

Gasna turbina ima tri osnovna dela: kompresor, komoru za sagorevanje i turbinu.

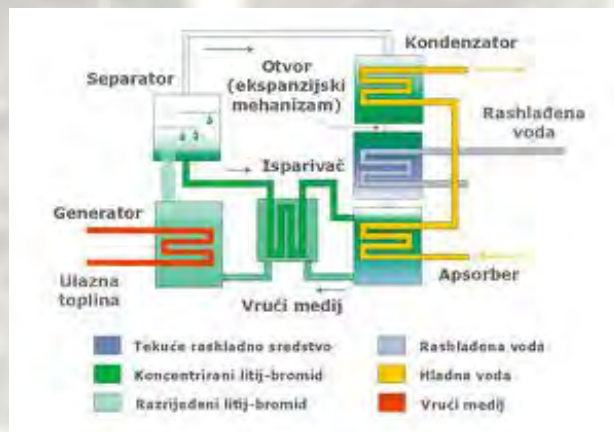
APSORPCIJSKO HLAĐENJE

Apsorpcijski rashladni uređaj sastoji se od generatora, apsorbera, kondenzatora, isparivača, dva prigušna ventila i pumpe [5].

Da bi uređaj mogao da hladi, potrebna mu je mešavina dve materije. Jedna je rashladna i ona cirkuliše kroz isparivač i kondenzator, dok druga radna materija ima mogućnost da otopi, odnosno apsorbuje prvu radnu materiju. Najčešće se koristi kombinacija amonijaka i vode, gde voda predstavlja rastvarač dok amonijak kruži, kao i kombinacija litijum bromida i vode (sl. 3).



Sl. 2. Kogeneracija pomoću gasne turbine
Fig. 2. Cogeneration using a gas turbine



Sl. 3. Šema trigeneracije
Fig. 3. Trigeneration scheme

Generator (pare) se zagreva pomoću grejnih fluida. To ima za posledicu da se rastvor radne materije pretvara u paru bogatu litijum bromidom ili amonijakom. Slab rastvor iz generatora preko prvog prigušnog ventila odlazi u apsorber. Apsorber se hladi pomoću rashladne vode iz rashladnog tornja. Slab rastvor koji je doveden iz generatora (pri čemu se odvodi toplota), apsorbuje bogatu paru, koja dolazi iz isparivača kontinuirano. Tu obogaćenu tečnost pumpa vraća u generator, pri čemu rastu pritisak i temperatura. Istovremeno, bogata para nastala u generatoru se odvodi u kondenzator. Tečnost odlazi na drugi prigušni ventil, na sebe preuzima rashladnu toplotu i isparava. Apsorpcijski proces se stalno ponavlja u zatvorenom radnom krugu.

Rashladni toranj se koristi za preuzimanje toplote kod vodom hlađenog kondenzatora. Potrošnja vode u rashladnom tornju je veoma mala, pa je ovaj sistem najjeftiniji za rad s rashladnom vodom. Takođe, gubici zagrejanе vode su vrlo mali, čime je smanjen negativni uticaj na okolinu. Rashladni tornjevi mogu ohladiti rashladnu vodu za 3-6°C.

PREDNOSTI PRIMENE TRIGENERATIVNOG SISTEMA

Potrošnja električne i toplotne energije, kao i energije potrebne za rashlađivanje pratećih prostorija zatvorenog bazena u Sportskom centru Park u Kragujevcu je izrazito velika. Veliki deo energije troši se na zagrevanje, kako sanitarne vode, tako i vode potrebne za optimalan rad samog bazena. U letnjim mesecima dolazi do povećanja potreba za hlađenjem prostorija objekta. Neophodna količina energije za funkcionisanje sistema trenutno dolazi iz više različitih izvora, što ima za posledicu rast gubitaka energije. Spajanjem izvora energije u samo jedan, koje je omogućeno trigenerativnim sistemom, došlo bi se do znatnog

umanjenja gubitaka pri samom procesu dobijanja energije. Time bi se postigle znatne uštede, odnosno došlo bi do unapređenja energetske efikasnosti [6]. Na taj način bi se, u energetskom smislu, obezbedila relativno velika samostalnost Sportskog centra u odnosu na centralnu mrežu.

Bitno je i napomenuti da je navedeni način dobijanja energije ekološki u potpunosti prihvatljiv.

PRIMENA PROGRAMSKOG PAKETA RETSCREEN I ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

RETScreen je vodeći svetski softver za podršku pri donošenju odluka u oblasti "čiste" energije. Ovaj programski alat omogućava inženjerima, arhitektama kao i finansijskim stručnjacima da utvrde finansijsku isplativost projekta iz oblasti obnovljive energije, energetske efikasnosti,

The screenshot displays the 'Clean Energy Project Analysis Software' interface. It is divided into two main sections: 'Project information' and 'Site reference conditions'. The 'Project information' section includes fields for Project name (Zatvoreni bazen), Project location (Kragujevac), Prepared for, Prepared by, Project type (Combined cooling, heating & power), Grid type (Central-grid), Analysis type (Method 2), Heating value reference (Lower heating value (LHV)), Show settings (checked), Language - Langue (English - Anglais), User manual (English - Anglais), Currency (Euro), and Units (Metric units). The 'Site reference conditions' section includes a field for Climate data location (Kraljevo). There are also links for 'See project database' and 'Select climate data location'.

Sl. 4. Radni list Start
Fig. 4. Worksheet Start

kogenerizacije ili trigeneracije [7]. Sam softver se sastoji od određenog broja radnih listova koje korisnik tokom rada popunjava.

Prvi je Start, prikazan na sl. 4, u koji se unose podaci o projektu: ime, lokacija, tip projekta, valuta, tip elektro-distributivne mreže, klima. Zbog nemogućnosti izbora tačne lokacije-Kragujevac, izabrana je najbliža moguća lokacija-Kraljevo. Budući da se klima u ova dva grada

neznatno razlikuje, ovakav izbor je moguć i opravdan.

Za Projekat grejanja (sl. 5) neophodno je uneti podatke o broju zgrada, površini, vrsti goriva koja se koristi, ceni goriva i sl.

Base case heating system		Single building - space heating	
Heated floor area for building	m ²	5,600	
Fuel type		Natural gas - m ³	
Seasonal efficiency	%	65%	
Heating load calculation			
Heating load for building	W/m ²	435.0	
Domestic hot water heating base demand	%	95%	
Total heating	MWh	83,121	
Total peak heating load	kW	2,436.0	
Fuel consumption - annual	m ³	13,549,003	
Fuel rate	€/m ³	0.400	
Fuel cost	€	5,419,601	
Proposed case energy efficiency measures			
End-use energy efficiency measures	%	20%	
Net peak heating load	kW	10,900.7	
Net heating	MWh	66,497	

Sl. 5. Projekat grejanja
Fig. 5. Heating Project

Objekat u kome se nalazi zatvoreni bazen u Kragujevcu u sastavu je Sportskog centra Park i ima površinu od 5600 m². Počeo je sa radom krajem decembra 2011. godine. Za zagrevanje se koristi

prirodni gas, čija je cena u trenutku izrade ovog rada 0.4 €/m³, sa tendencijom rasta u narednom periodu.

Zbog pojednostavlje

Base case cooling system		Single building - space cooling	
Cooled floor area for building	m ²	5,600	
Fuel type		Electricity	
Coefficient of performance - seasonal		3.00	
Cooling load calculation			
Cooling load for building	W/m ²	240.0	
Non-weather dependant cooling	%	0%	
Total cooling	MWh	2,471	
Total peak cooling load	kW	1,344.0	
Fuel consumption - annual	MWh	824	
Fuel rate	€/kWh	0.050	
Fuel cost	€	41,186	
Proposed case energy efficiency measures			
End-use energy efficiency measures	%	0%	
Net peak cooling load	kW	1,344.0	
Net cooling	MWh	2,471	

Sl. 6. Projekat hlađenja
Fig. 6. Cooling Project

enja proračuna sva potrebna toplotna energija (toplotna energija za zagrevanje vode bazena, sanitarne vode, kao i energija potrebna za radijatorsko i podno grejanje) svedena je na toplotno opterećenje po jedinici površine. Trenutno se ova energija dobija iz dva izvora: iz električne energije centralne mreže i korišćenjem prirodnog gasa. Podaci su uzeti za prva tri mesca ove godine kada je potrošnja usled nižih temperatura i najveća.

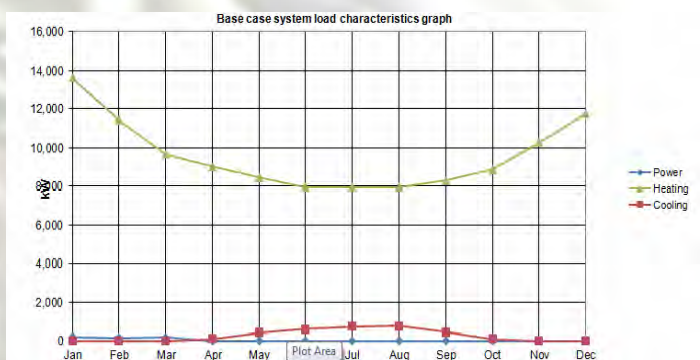
Kod Projekta hlađenja, prikazanog na sl. 6, unose se podaci o površini objekta, načinu hlađenja, ceni električne energije. Ovi podaci se većim delom poklapaju sa predašnjim.

Power project		Unit		
Base case power system		Central-grid		
Grid type				
Base case load characteristics				
Month	Power gross average load kW	Power net average load kW	Cooling average load kW	Heating average load kW
January	204	204	0	13.626
February	159	159	0	11.441
March	188	188	0	9.680
April	Check value	0	95	9.034
May	Check value	0	418	8.452
June	Check value	0	602	7.965
July	Check value	0	735	7.965
August	Check value	0	742	7.965
September	Check value	0	444	8.293
October	Check value	0	114	8.875
November		0	0	10.293
December		0	0	11.765
System peak electricity load over max monthly average	10.0%			
Peak load - annual	224	204	1,344	2,436
Electricity	MWh	424		360
Electricity rate - base case	€/kWh	0.054		0.054
Total electricity cost	€	22.903	€	19.444

Sl. 7. Projekat električne energije
Fig. 7 Power Project

Tokom izrade rada bili su dostupni podaci o potrošnji električne energije samo za prva tri meseca 2012. godine što je prikazano na sl. 7. Osim podataka o potrošnji električne energije, uneta je i cena struje 0.054 €/kWh.

Na sl. 8 dat je dijagram potrošnje energije. Plavom bojom prikazana je potrošnja električne energije, zelenom



Sl. 8. Potrošnja energije (električne, za grejanje, za hlađenje)
Fig. 8. Power consumption (electric power, for heating and cooling)

toplotne energije a crvenom bojom potrošnja energije za hlađenje. Sa dijagrama se jasno vidi da su najveći zahtevi za energijom zatvorenog bazena Sportskog centra Park usmereni ka toplotnoj energiji, što je i logično (velika potrošnja tople vode za zagrevanje samog bazena, za potrebe sanitarne vode kao i grejanja-radijatorskog i podnog). Takođe, može se videti zavisnost potrošnje toplotne energije od perioda godine. Najveća potrošnja je tokom zimskog perioda, u decembru, januaru i februaru. Tokom letnjeg perioda bi se smanjila potreba za toplotnom energijom, sa minimumom u julu i avgustu.

Suprotno tome, tokom zimskih meseci nije potrebno rashlađivanje prostorija. Potreba za rashlađivanjem se javlja krajem aprila i početkom maja, da bi maksimum bio zabeležen u julu i avgustu, posle čega dolazi do ponovnog pada i zadržavanja na nuli.

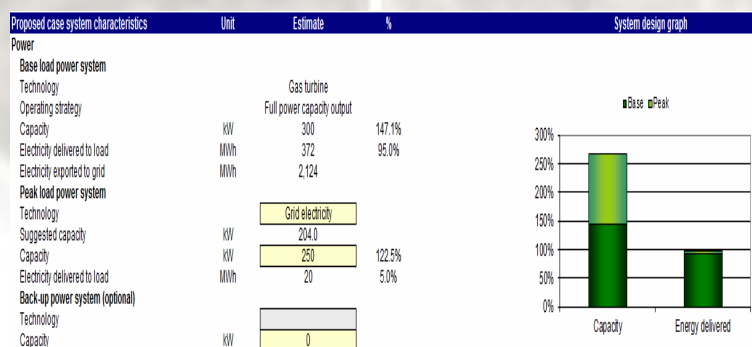
Potrošnja električne energije (sl. 8) prikazana je plavom linijom. Uočava se da je ona znatno manja u odnosu na potrošnju toplotne energije, a relativno manja i u odnosu na energiju potrebnu za rashlađivanje. Potrošnja električne energije je ujednačena tokom godine, sa neznatnim povećanjem tokom zimskog perioda.

Sumirajući ove činjenice zaključuje se da je najbitnije obezbediti dovoljnu količinu toplotne energije koja je nužna za pravilno funkcionisanje celokupnog sistema, dok je neminovno postojanje i viška proizvedene električne energije koja će se prodavati po subvencionisanoj ceni i time "pokriti" deo troškova.

Proposed case cooling system				Incremental initial costs
Base load cooling system				
Technology	Desiccant			
Fuel source	Heating system			
Capacity	kW	1,500.0	111.6%	
Coefficient of performance - seasonal		1.50		
Manufacturer				
Model				
Cooling delivered	MWh	2,471	100.0%	
Peak load cooling system				
Technology	Not required			
Proposed case power system				
System selection	Base load system			
Base load power system				
Technology	Gas turbine			
Availability	%		95.0%	8,322 h
Fuel selection method				
Single fuel				
Fuel type	Natural gas - m³			
Fuel rate	€/m³	0.400		
Gas turbine				
Power capacity	kW	300	147.1%	
Minimum capacity	%			
Electricity delivered to load	MWh	372	95.0%	
Electricity exported to grid	MWh	2,124		
Manufacturer				
Model				
Heat rate	kJ/kWh	10,000		
Heat recovery efficiency	%	75.0%		
Fuel required	GJ/h	3.0		
Heating capacity	kW	400.0	3.7%	

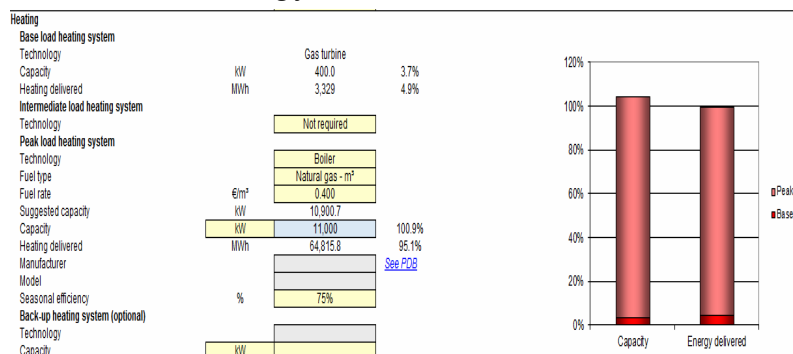
Sl. 9. Predloženo rešenje
Fig. 9. Proposed case system

Na sl. 9 prikazano je predloženo rešenje trigenerativnog sistema. Za hlađenje je izabrana tehnologija primene jedinjenja koje upija vodu. Takođe, uneti su podaci o kapacitetu postrojenja. Kod grejanja su primenjeni podaci o tehnologiji kogeneracije i gorivu. Na osnovu podataka o potrošnji električne energije, izabran je gasni motor snage 300 kW. Ovaj motor zadovoljava 95% potrebe za električnom energijom. Višak električne energije nastao prilikom proizvodnje energije bi iznosio 2124 MWh i prodavao bi se po subvencionisanoj ceni.



Sl. 10. Karakteristike predloženog sistema – električna energija
Fig. 10. Properties of the proposed power system

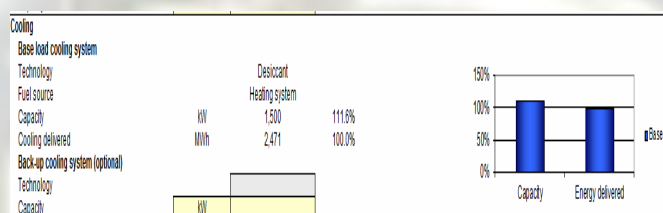
Na grafiku sa sl. 10 primećuje se da izabrani motor zadovoljava skoro 150% kapaciteta, a isporučuje oko 95% električne energije.



Sl. 11. Karakteristike predloženog sistema – grejanje

Fig. 11. Properties of the proposed heating system

Zbog pojednostavljenog računa, podaci na sl. 11 pokazuju da je toplotni kapacitet motora nedovoljno iskorišćen, oko 3%, pri čemu je sistemu dostavljeno oko 5% od ukupne toplote, što praktično nije tako (znatno veći procenat toplotne energije bi se dostavljao sistemu). U budućim istraživanjima, sa kompletnijim ulaznim podacima i ovaj deo će biti detaljnije razrađen.



Sl. 12. Karakteristike predloženog sistema – hlađenje

Fig. 12. Properties of the proposed cooling system

Izabrani način hlađenja zadovoljava 105% kapaciteta, pri čemu se koristi oko 97% energije (sl. 12).

Proposed case system summary		Fuel type	Fuel consumption - unit	Fuel consumption	Capacity (kW)	Energy delivered (MWh)
Power						
Base load		Natural gas	m³	734,775	300	372
Peak load		Electricity	MWh	20	250	20
Electricity exported to grid						2,124
					Total	2,516
Heating						
Base load		Recovered heat			400	3,329
Peak load		Natural gas	m³	9,156,454	11,000	64,816
					Total	68,145
Cooling						
Base load		Heating system			1,500	2,471
					Total	2,471

Sl. 13. Sažetak predloženog sistema

Fig. 13. Proposed case system summary

Pregled predloženog rešenja dat je na sl. 13. Prikazana je količina energije koja se dobija za svaki od tri sistema (električna energija, grejanje i hlađenje).

ZAKLJUČAK

Najdinamičniji privredni sektor u Republici Srbiji je, bez sumnje, energetski [8]. U novoj strategiji razvoja energetike Srbije značajno mesto zauzimaju korišćenje obnovljivih izvora energije kao i nove, energetski efikasnije i ekološki prihvatljive tehnologije. Imajući u vidu prethodno navedeno, u ovom radu je razmatrana mogućnost primene trigenerativnog sistema na zatvoreni bazen Sportskog centra Park u Kragujevcu. Budući da je ovaj objekat nov, bili su dostupni podaci samo za prva tri meseca 2012. godine. Iako raspoloživi ulazni podaci nisu dovoljni za tačan opis ponašanja sistema tokom cele godine, dobijeni rezultati jasno pokazuju pozitivnu stranu eventualne primene trigeneracije na ovaj objekat.

Prednost razmatranog procesa trigeneracije u odnosu na ostale ogleda se u velikoj iskorišćenosti energenata. Višak proizvedene električne energije bi se prodavao elektrodistribuciji po subvencionisanoj ceni, čime bi se značajno smanjili gubici usled velike potrebe za toplotnom energijom. Toplotna energija bi se koristila za grejanje sanitarne vode a u zimskom periodu i za podno i radijatorsko grejanje. Istovremena proizvodnja energije za hlađenje bi dosta uticala na uštedu, jer je tokom letnjeg perioda potreba za hlađenjem prostorija objekta velika. Dakle, primena trigeneracije kod zatvorenog bazena u Kragujevcu bi dovela do značajnih finansijskih ušteda.

ZAHVALNICA

Rad je rezultat istraživanja u okviru projekta III 42013 koji finasira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

LITERATURA

- [1.] 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.
- [2.] <http://www.zelenaenergija.org/srbija/clanak/trigeneracija-i-solarno-apsorpcijsko-hlađenje/1670>.
- [3.] Vulović, A., Jovanović, N., Savić, S., Gordić, D. (2012). Neke mogućnosti povećanja energetske efikasnosti zatvorenog bazena sportskog centra Park u Kragujevcu. 7. Nacionalna konferencija o kvalitetu života, Kragujevac, 7-9. jun 2012, pp. B 73-B 76.
- [4.] Bojić, M.: Termodinamika, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 2011.
- [5.] <http://www.zelenaenergija.org/hrvatska/clanak/trigeneracija/2969>.
- [6.] 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.
- [7.] http://www.retscreen.net/ang/g_combine.php.
- [8.] Sokolović, S. (2006). Stanje i pravci razvoja energetike Srbije. Traktori i pogonske mašine, 11(1), 7-10.

Rad primljen: 22.10.2012.

Rad prihvaćen: 05.11.2012.