



TEHNOLOŠKI FAKULTET

SADRŽAJ

RIJEČ UREDNIKA	1
<i>Marjana Simonič</i> Tretman otpadnih voda nakon impregnacije netkanih vlakana	3
<i>Novak Damjanović, Mihailo Ristić, Radana Dučić, Borislav Malinović</i> Istraživanje laboratorijskog procesa proizvodnje biodizela	15
<i>Snježana Hodžić, Suad Širanović, Darja Kubiček, Amir Mujačić</i> Kontaminiranost radnih površina u mesnicama sa bakterijom <i>LISTERIA</i> <i>MONOCYTOGENES</i>	27
<i>Branko B. Pejović, Vladan M. Mičić, Miladin Gligorić, Mitar Perušić</i> Projektovanje pouzdanosti reaktora za proizvodnju polimera u hemijskoj industriji	33
<i>Siniša Đaković, Ana Velemir, Aleksandar Savić, Asima Davidović</i> Ispitivanje kvaliteta jabukovog sirćeta na banjalučkom tržištu	49
STUDIJSKI BORAVCI, SPECIJALIZACIJE, POSTDOKTORSKA USAVRŠAVANJA <i>Elvis Ahmetović</i> FULBRIGHT PROGRAM - Jedno od najboljih iskustava u životu	57
TEHNOLOŠKE ZABILJEŠKE	65
OPREMA RUKOPISA	71



TECHNOLOGICA ACTA

Naučno-stručni časopis za hemiju i tehnologiju
Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Tuzli

ISSN 1840-0426

Vol. 3
Broj 2
Decembar 2010. godine



TECHNOLOGICA ACTA

NAUČNO-STRUČNI ČASOPIS ZA HEMIJU I TEHNOLOGIJU TEHNOLOŠKOG FAKULTETA U TUZLI

Vol. 3 Broj 2, str. 1 – 72, Tuzla, decembar 2010. godine

TECHNOLOGICA ACTA

NAUČNO-STRUČNI ČASOPIS ZA HEMIJU I TEHNOLOGIJU TEHNOLOŠKOG FAKULTETA U TUZLI

Vol. 3 Broj 2, str. 1 – 72, Tuzla, decembar 2010. godine

Izdavač/Publisher

Tehnološki fakultet Univerziteta u Tuzli



Glavni i odgovorni urednik / Editor in chief

Amra Odošahić

Zamjenici urednika / Deputy Editors

Jasminka Sadadinović

Ivan Petric

Sekretar uredništva / Administrative Secretary

Vedran Stuhli

Naučni odbor / Scientific Board

Sadik Latifagić, Nihada Latifagić, Ranka Kubiček, Jozo Budimir, Sabit Begić, Midhat Suljkanović,
Muhamed Bijedić, Vjekoslav Selak, Esmā Velagić-Habul

Urednički odbor / Editorial Board

Midhat Jašić (BiH), Drago Šubarić (Hrvatska), Zoltan Zavargo (Srbija), Mustafa Burgić (BiH),
Vlasta Piližota (Hrvatska), Vahida Selimbašić (BiH), Tomislav Lovrić (Hrvatska), Vesna Rek (Hrvatska),
Meho Bašić (BiH), Sead Ćatić (BiH), Hatidža Pašalić (BiH), Žaneta Ugarčić-Hardi (Hrvatska),
Gordan Avdić (BiH), Elvis Ahmetović (BiH), Vladimir Jović (Srbija), Xavier Flotats (Španija),
Marijan Šeruga (Hrvatska), Tatjana Krička (Hrvatska), Jovica Hardi (Hrvatska), Mirsad Kurtović (BiH),
Mirjana Huković-Metikoš (Hrvatska), Radoslav Grujić (BiH), Stanko Blatnik (Slovenija)

Tehnički urednik / Technical Editor

Mirsad Fejzić

Štampa / Printing

Ars grafika

Časopis izlazi dva puta godišnje

Časopis se referira u sljedećim bazama: CAB Abstracts, COBISS, Index Copernicus Journal Master List,
EBSCO

Tiraž / Edition: 200

Uredništvo / Editorial Office

Sekretar/Secretary: Nermina Jahić
Tehnološki fakultet, Univerzitet u Tuzli
Univerzitetska 8, 75000 TUZLA
Tel/fax: +387 35 320 740

UPUTE AUTORIMA

1. TECHNOLOGICA ACTA objavljuje radove koji podliježu recenziji i svrstavaju se u sljedeće kategorije:

- izvorni naučni radovi (Original scientific papers)
- kratka priopćenja (Short communications)
- prethodna priopćenja (Preliminary communications)
- pregledi (Reviews)
- stručni radovi (Professional papers)
- izlaganja sa naučnih skupova (Conference papers)

Autori predlažu kategoriju svojih radova, ali konačnu odluku o tome donosi redakcija na osnovu zaključaka recenzenata.

2. TECHNOLOGICA ACTA objavljuje tekstove koji se ne recenziraju u sljedećim rubrikama:

- edukacija
- tehnološke zabilješke
- studijski boravci, specijalizacije, postdoktorska usavršavanja
- prikazi i priopćenja iz prakse u obliku dopisa ili prijevoda stranih članaka

U posebnim rubrikama koje uređuju urednici, objavljuju se industrijsko – privredni pregledi, prikazi knjiga, društvene vijesti, pregled tehničke literature i dokumentacije itd.

3. **Izvorni naučni radovi** sadrže neobjavljene rezultate izvornih istraživanja. Naučne informacije trebaju biti izložene da se može:

- Ponoviti eksperiment i dobiti rezultat jednake tačnosti ili tačnosti unutar granica eksperimentalne greške, kako navodi autor
- Provjeriti tačnost analiza i dedukcija na kojima se temelje rezultati.

Kratka priopćenja sadrže rezultate kratkih, ali završenih istraživanja ili opise izvornih laboratorijskih tehnika (metoda, aparata itd.)

Prethodna priopćenja sadrže nova naučna saznanja čija narav zahtijeva hitno objavljivanje. Ne moraju omogućavati ponavljanje ni provjeru iznesenih rezultata.

Pregledi su cjelokupni prikazi nekog područja ili problema izrađeni na osnovu već publiciranog materijala koji je u pregledu sakupljen, analiziran i raspravljen.

Izlaganja sa naučnih i stručnih skupova bit će po pravilu objavljena samo ako nisu štampana u dotičnim zbornicima. Iznimno će se štampati bitno prerađeni i dopunjeni članci.

Stručni radovi su korisni prilozi iz struke čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da materija ne mora značiti novost u svjetskim razmjerama. To se npr. odnosi na reprodukciju u svijetu poznatih istraživanja koja čine vrijedan material u smislu širenja znanja i prilagođavanje izvornih istraživanja potrebama industrije i nauke.

4. Radovi svrstani u te kategorije podliježu ocjenjivanju najmanje dvaju anonimnih recenzenata. Rad će se objaviti jedino na temelju pozitivnih recenzija, o čemu će Uredništvo obavjestiti autora. Recenzenti se biraju među stručnjacima u neposrednom području istraživanja na koja se odnosi rad predložen za objavljivanje. Autori mogu predložiti imena recenzenata, a Uredništvo može, ali ne mora prihvatiti njihov prijedlog. U pravilu recenzent ne može biti autorov saradnik niti pretpostavljeni.

5. Autor je potpuno odgovoran za sadržaj rada. Uredništvo pretpostavlja da su autori prije podnošenja rada regulirali pitanje objavljivanja sadržaja rada saglasno pravilima ustanove ili preduzeća u kojem rade.

6. Brzina kojom će se rad objaviti zavisit će o tome koliko rukopis (tekst) odgovara uputama. Radovi koji zahtijevaju veće prepravke ili dopune bit će vraćeni autoru na doradu prije recenzije.

SADRŽAJ

RIJEČ UREDNIKA	1
<i>Marjana Simonič</i> Tretman otpadnih voda nakon impregnacije netkanih vlakana	3
<i>Novak Damjanović, Mihailo Ristić, Radana Đudić, Borislav Malinović</i> Istraživanje laboratorijskog procesa proizvodnje biodizela	15
<i>Snežana Hodžić, Suad Širanović, Darja Kubiček, Amir Mujačić</i> Kontaminiranost radnih površina u mesnicama sa bakterijom <i>LISTERIA MONOCYTOGENES</i>	27
<i>Branko B. Pejović, Vladan M. Mičić, Miladin Gligorić, Mitar Perušić</i> Projektovanje pouzdanosti reaktora za proizvodnju polimera u hemijskoj industriji ...	33
<i>Siniša Đaković, Ana Velemir, Aleksandar Savić, Asima Davidović</i> Ispitivanje kvaliteta jabukovog sirćeta na banjalučkom tržištu	49
STUDIJSKI BORAVCI, SPECIJALIZACIJE, POSTDOKTORSKA USAVRŠAVANJA <i>Elvis Ahmetović</i> FULBRIGHT PROGRAM - Jedno od najboljih iskustava u životu	57
TEHNOLOŠKE ZABILJEŠKE	65
OPREMA RUKOPISA	71

Poštovane kolegice i kolege,

Od osnivanja Tehnološkog fakulteta u Tuzli 1959. godine do danas, sa zadovoljstvom možemo tvrditi da se na fakultetu paralelno i vrlo uspješno odvijaju aktivnosti u nastavnom procesu i naučno-istraživačkom radu.

Tehnološki fakultet educira mladi kadar iz područja hemijske tehnologije, hemijskog inženjerstva, ekološkog inženjerstva, prehrambene tehnologije i zaštite okoline. Na fakultetu se, uglavnom u kontinuitetu, još od davne 1963. godine organizira postdiplomski studij čiji je rezultat preko stotinu odbranih magistarskih i doktorskih radova.

Cilj nam je uspostaviti što čvršću saradnju i partnerstvo sa privrednim subjektima, kako bi mogli na najbolji mogući način angažirati vlastiti naučni i stručni kadar u rješavanju aktuelnih problema, ali i razvoju društva u cjelini.

Dobra međunarodna saradnja, koju smo uspostavili sa sličnim fakultetima na univerzitetima u okruženju (Sveučilište u Osijeku, Univerzitet u Novom Sadu, Univerzitet u Ljubljani, Sveučilište u Zagrebu, Univerzitet u Mariboru, itd.), ali i šire (Univerzitet u Leobenu, Univerzitet Lieda, Carnegie Mellon University, i dr.), omogućava da se zajednički realizuju međunarodni i domaći projekti. Trenutno je u toku realizacija dva TEMPUS projekta, dva EUREKA projekta i kao ravnopravan partner učestvujemo u dva FP7 projekta.

Rezultat kontinuiranog bavljenja naučno-istraživačkim radom je i nastanak časopisa *Tehnologica Acta*, čiji je prvi broj izašao 2004. godine. Nažalost, zbog nastalih finansijskih poteškoća (koje često prate svaki početak) nastao je prekid u izlaženju časopisa u periodu 2006.-2008. godina, a sa izlaženjem je nastavio 2009. godine. *Tehnologica Acta* je uspjela, za ovo kratko vrijeme, postati respektabilan časopis indeksiran u bazama podataka – CAB Abstracts, COBISS, Index Copernicus Journal Master List, a zadovoljstvo nam je saopštiti da je u toku realizacija indeksacije u bazi podataka EBSCO.

Kako nam je cilj stalno podizanje nivoa kvalitete i referentnosti časopisa, od idućeg broja čiji je izlazak planiran za juni 2011. godine, časopis će se štampati na engleskom jeziku.

Ostajemo otvoreni za saradnju u svim naučnim područjima koja se izučavaju na našem fakultetu i pozivamo Vas da sa svojim radovima u *Tehnologica Acta* zajedno radimo na promociji naučno-istraživačkih rezultata i naučne misli u cjelini.

Choices
Analysis



REACH FOR MORE
CHOICES
IN LC ANALYSIS.



FLEXAR™ Liquid Chromatography
Conventional LC / Ultra High Performance LC
Flexar / Flexar FX-10 / Flexar FX-15

For the Better



analitika d.o.o.

Sarajevo, Ferde Hauptmana 7,
tel: 033 712 060, fax: 033 712 061
analitika_sa@bih.net.ba



PerkinElmer
For the Better

EUTECH
INSTRUMENTS
Technology Made Easy ...

Cole-Parmer
Delivering Solutions You Trust

RESTEK

WASTEWATER TREATMENT AFTER IMPREGNATING NON-WOVEN FABRICS

IZVORNI NAUČNI RAD

Priljeno 2. jula 2010. godine

Priljeno u korigiranoj formi 8. septembra 2010. godine

Prihvaćeno 13. septembra 2010. godine

Marjana Simonič*

*Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, University of Maribor,
Smetanova ulica 17, SI-2000 Maribor, Slovenia*

Abstract

Impregnation of non-woven fabrics produces a highly polluted effluent. Chemical analyses of actual wastewater showed that COD values varied by up to 30 000 mg O₂/L. Improvement in the wastewater quality was studied in particular the removal of organic substances, sulphates and certain metals (Al, Zn and Cr) from the wastewater.

The combined coagulation/ultrafiltration/reverse osmosis system was proposed for efficient wastewater treatment. The wastewater samples were taken directly from a reservoir after the wastewater had been pre-treated using coagulation. Two types of coagulant were chosen according to preliminary tests: alum and PACl. The treated solution obtained under optimum conditions during the pre-treatment experiments was further treated using ultrafiltration/reverse osmosis experiments.

The wastewater's quality was improved when using ultrafiltration, however, only permeate coming from reverse osmosis met the required environmental regulations and, therefore, could be re-used after the washing process following impregnation of non-woven fabrics.

Keywords: *wastewater, non-woven fabrics, membrane filtrations, pilot plant.*

INTRODUCTION

Companies which produce silon and cleaning utensils, such as cloths, sponges, and mops, generate significant wastewater. Silon is a non-woven material produced by a special process. At the commencement, synthetic fibres are mechanically formed into a fleecelike form, which is then additionally strengthened by both mechanical and chemical treatments. The chemicals chosen for this process give silon high-level characteristics when manufacturing final product (in the footwear industry). Cleaning

cloths are made using high-quality cellulose and PES filters, plus additional synthetic binders. Finally, the cloths are chemically impregnated with latex, and rinsed. Effluents from the described industry are highly polluted by those chemicals used during the production process. Due to the nature of the production process, the values for COD and sulphate concentrations are expected to be very high. Wastewater has to be treated before its release, in order to meet environmental regulations¹, while chemicals should be reused as often as possible.

*Korespondentni autor; E-mail: marjana.simonic@uni-mb.si

Almost all the wastewater from the latex rinsing process could be quantitatively recycled.

Coagulation processes could be used for the wastewater's purification. However, physical-chemical processes alone were considered inappropriate for treatment of the above-described wastewater, for two main reasons:

1. high production of sludge during coagulation and
2. stringent standards imposed by the regulatory bodies for wastewater discharge limits are not met by conventional treatment techniques.

Therefore, other modern techniques need to be developed. Combined wastewater treatment is found in literature^{2,3}, such as coagulation/membrane separation. Shon² reported flocculation as an effective pre-treatment for ultrafiltration UF during wastewater treatment. 77% COD removal was observed using flocculation, and permeate flux during UF separation was higher than that without any pre-treatment by UF. Coagulation wastewater pretreatment before membrane treatment effectively reduces colloid content and improves the permeate's quality³.

Membrane processes represent very promising advanced treatment methods for reducing the volume of wastewater generated, and reuse of the treated wastewater⁴. Several approaches have been proposed to implement membrane processes during wastewater treatment from different production streams. UF is effective for the removal of particles and macromolecules but it does not sufficiently remove sulphate and metal ions⁵. Most of UF membranes used commercially are prepared from polymeric materials⁶. Poly-ether-sulphone membranes

are widely used for decolouring textile effluents⁷. Recently, inorganic (ceramic) materials have become more and more popular. Ceramic UF membranes pose several advantages over polymer such as recycling/regeneration of ceramic membranes by chemical cleaning or heat treatment at higher temperatures, the chemical inertness of the ceramic membranes, resistance to organic species or solvents, capability of ceramic membranes working over a wide pH range, consistent performance at high temperatures, etc⁸. Furthermore, ceramic membranes do not support those foulant biological species/micro-organisms growing therein⁹. Ceramic membranes are also able to retain suspended solids¹⁰.

Nanofiltration (NF) allows for the separation of low molecular weight organic compounds and divalent salts. Some authors have reported NF to be effective for sulphate removal from tanning¹¹ and chloralkali processes¹². Reverse osmosis (RO) is suitable for removing ions and metals from wastewater¹³. Fouling is one of the limiting factors for a successful membrane operation, thus pretreatment has been recommended before a membrane operation¹⁴. Colloids and suspended particles block UF membranes¹⁵.

UF and RO retentate disposals remain a big problem connected with membrane usage. UF and RO retentates could be treated in a packed-bed anaerobic reactor¹⁶. This kind of biological treatment is proposed for efficient sulphate removal within chemical industries producing organic peroxides. It has been reported that good anaerobic treatment was achieved (up to 97 % of sulphate removal) when the COD to SO_4^{2-} ratio was set at between 0.5 and 4. Therefore, retentate after UF and RO could be combined together, so that the COD to SO_4^{2-} ratio equals 1.

The main objective of this study was to investigate a combined coagulation/UF/RO wastewater treatment system which would allow reuse of treated wastewater. Coagulation as a pre-treatment process was carried out in order to apply membrane technology for reducing the high-contents of those organics in aqueous solution causing membrane fouling. In particular, the effects of inorganic and polymer aluminium coagulant on particle removal and membrane fouling were investigated, using UF and RO. The ceramic UF membrane used was proposed due its many advantages over polymeric material when applying it to wastewater treatments with very complex compositions¹³, and due to some preliminary tests with polyamide membranes, which showed the very high fouling potential of a polymeric UF membrane. UF and RO membrane efficiencies were tested for the removal of COD, sulphate, suspended solids SS, and three metals (Al, Zn, and Cr). In addition the toxicity of wastewater was determined by counting *Daphnia Magna* species.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Wastewater is generated in machine parts (especially vessels and pouts) during the cleaning process, after completion of the production process. The wastewater flows into the settling-reservoir and wastewater samples were taken here and carried to the laboratory for analyses, and further treatment. Six different samples were taken during a two month period.

Commercially-available reagents were used:

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, p.a., purchased from Merck, Germany,
Poly Aluminium Chloride (PACl), purchased from Esot, Slovenia,
10% w/w NaOH solution, purchased from Merck, Germany,
10% w/w HCl solution, purchased from Merck, Germany.

Analytical methods

Analyses were conducted in triplicates at the same experimental conditions. Parameters for the wastewater after the impregnation process were set according to European regulations¹. The concentration limit for emission into the water, the standard procedure, and the used methods for chemical analyses from the above regulation are given in Table 1.

All other measurements were carried-out in the laboratory at room temperature, 25°C.

Preliminary tests

Untreated wastewater was used as feed water to a UF unit (see section 2.5). Highly polluted wastewater caused low flux, and a high fouling tendency. Immediate after filtration was started, the flux dropped by more than 95%, and filtration was stopped. Particles had fouled the membrane pores, so therefore pre-treatment was needed. The coagulation process was chosen, since it had already been proven as efficient for particles, COD and sulphate removal.

Table 1. Concentration limits for emission into water, standard procedures and methods used¹

<i>Parameter</i>	<i>Concentration limit of emission into water</i>	<i>Standard</i>	<i>Method/Apparatus</i>
<i>pH-value</i>	<i>6,5-9,5</i>	<i>SIST ISO 10523</i>	<i>electrochemical / pH-meter Iskra MA 5740</i>
<i>Suspended solids (mg/L)</i>	<i>80</i>	<i>ISO/DIN 11923</i>	<i>gravimetical / weighing machine Mettler AE 100</i>
<i>Sediment substances (mL/L)</i>	<i>0,5</i>	<i>DIN 38409-H9</i>	<i>sedimentation</i>
<i>Daphnia Magna (Sd)</i>	<i>4</i>	<i>SIST EN ISO 6341</i>	<i>toxicity test/48 h-EC50</i>
<i>Al (mg/L)</i>	<i>3,0</i>	<i>DIN 38406-29</i>	<i>ICP-MS / Perkin-Elmer Elan 6000</i>
<i>Zn (mg/L)</i>	<i>3,0</i>	<i>DIN 38406-29</i>	<i>ICP-MS / Perkin-Elmer Elan 6000</i>
<i>Cr total (mg/L)</i>	<i>2,0</i>	<i>DIN 38406-29</i>	<i>ICP-MS / Perkin-Elmer Elan 6000</i>
<i>Cr⁶⁺ (mg/L)</i>	<i>0,1</i>	<i>DIN 38406-29</i>	<i>ICP-MS / Perkin-Elmer Elan 6000</i>
<i>Nitrogen ammonia (mg/L)</i>	<i>5</i>	<i>SIST ISO 6778</i>	<i>spectrophotometer / Perkin Elmer Cary 1E</i>
<i>Sulphate (mg/L)</i>	<i>400</i>	<i>SIST ISO 9280</i>	<i>titrimetric</i>
<i>COD (mg/L)</i>	<i>200</i>	<i>SIST ISO 6060</i>	<i>titrimetric</i>
<i>BOD₅ (mg/L)</i>	<i>30</i>	<i>SIST ISO 5815</i>	<i>electrochemical / oximeter WTW</i>

Jar tests

Jar tests were performed on a laboratory scale. The equipment used was a laboratory flocculator: solutions were observed in 4 parallel jars. The results that jar-tests produced were used to help optimize the Plant's performance.

Coagulation experiments were conducted using $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ and PACl at different doses (50–1000 mg/L¹). Optimum

coagulant concentration and pH were determined by jar tests on the basis of COD removal efficiency after treatment. Conventional jar tests were started by pipetting varying amounts of $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ from its 0.36 M (10% w/w) stock solution to 1000 ml pH-adjusted wastewater samples. After pH adjustment and coagulant addition, the jar tests were carried-out as

follows: first, rapid mixing (100 rpm impeller speed) was continued for 1 min followed by slow mixing applied for 20 mins at 20 rpm. Thereafter, the impeller was removed and the formed flocs were allowed to settle for another 30 mins. At the end of the settling period the supernatant water sample was withdrawn and analyzed for COD.

The same procedure was repeated using PACl (18% w/w) stock solution.

The treated solution obtained under optimum conditions in the pre-treatment experiments were further treated during the UF/RO experiments.

Membrane filtration plant

Studies of UF and RO were performed using a pilot Plant (Tehnobiro, Slovenia) (Fig. 1). The ceramic UF membrane was a multi-channel membrane with active surface layers made of Al_2O_3 , TiO_2 and ZrO_2 . This membrane was 12.05 mm in radius and 1,000 mm in length. It had a filtrating surface area of 0.15 m^2 . The nominal molecular cut-off size of the membrane was from 20 – 300 kD. The pre-treated wastewater was pumped into the UF module. 30-40 L of water was treated per one cycle and about 80 % of feed volume was separated as permeate, which was collected in storage the storage tank and was RO feed. 20% of the UF-feed volume circled back into the storage tank under pressure 3 bar as the retentate. The pressure of the permeate was regulated by the valve and the permeate flow velocity was 15 – 20 L/h. Back-flushing was achieved by using pressurized air to push small amounts of permeate through the membrane every 3 mins. The pressure of the back-flushing air was 5 bars.

UF permeate was introduced into the RO system from where it was pumped under normal pressure through a pre-filtration unit.

The feed was then pumped under high-pressure of 20 bar into the spirally-wound module from where permeate was collected to a storage vessel, while the retentate was recycled into the feed tank. The membrane used for the tests was made from poly-ether-sulphone material with a filtering surface area of 1.4 m^2 .

For any given membrane operation, the observed removal efficiency, R , is given by Eq (1).

$$R = 100 \cdot (1 - c_p / c_w) \quad (1)$$

where:

- c_p – concentration in permeate
- c_w – concentration in wastewater

RESULTS AND DISCUSSION

Coagulation study

Untreated wastewater from the collection reservoir and flocculated wastewater samples were analyzed. The results are presented in Table 2. Wastewater was highly polluted: COD values were almost reached $30\,000 \text{ g O}_2/\text{L}$, and BOD 2850 mg/L . The changes in the biodegradability parameter (expressed as the BOD_5/COD ratio) were comparatively evaluated before and after application of membrane separation. The BOD_5/COD ratio (biodegradability) in the original wastewater was determined to be 0.1. The value is so low, so we can assume that the wastewater is non-biodegradable. A toxicity test confirmed the fact that the wastewater is highly toxic in regard to the environment, following *Daphnia magna*. Such wastewater needs to be purified before discharge.

The effect of increasing the alum coagulant dosage upon COD reduction rates was studied at pH 7 and is presented in Table 2. Initial COD value was set at $30\,000 \text{ mg/L}$.

Table 2. Effect of alum and PACl dosage on the overall percentage of apparent colour and COD removal efficiencies obtained by alum coagulation at pH 7 ($COD_0=30000$ mg/L)

Coagulant dose (mg/L)	Final COD (mg/L)		Removal (%)	
	Alum	PACl	Alum	PACl
50	-	8300	-	72
100	20000	4700	33	82
200	-	3200	-	88
300	9900	3100	67	89
500	6000	2990	80	90
700	3300	-	89	-
1000	3100	-	89	-
1200	3000	-	90	-

As expected, increasing the alum dosage had a dramatically positive impact on any achieved removal efficiencies. Practically no difference in treatment efficiencies was observed for 700 and 1000 mg/L alum, revealing that the optimum coagulation conditions were already achieved using 700 mg/L $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ and at pH 7.

Comparatively, low removal efficiencies in apparent COD (30% and 67%) were obtained for varying coagulant dosages between 100 and 300 mg/L at pH 7.

Over separate runs, alum coagulation of the wastewater sample was examined at pH 4, 5, 6, 7 and 8 at a coagulant dosage of 700 mg/L.

As is apparent in Table 3, COD removal (89%) of the wastewater exhibited a distinct maximum at pH 7, whereas relatively low COD removal rates were obtained at pH-values 4 and 5. At pH 8 the removal efficiency started to decrease.

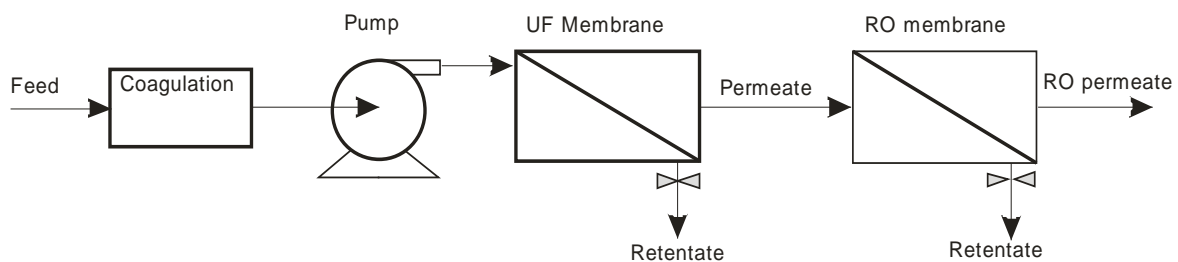


Fig. 1. Pilot plant for membrane filtration

Table 3. Effect of initial pH on the overall percentage of apparent colour and COD removal efficiencies obtained by alum coagulation with 700 mg/L $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ and 200 mg/L PACl ($COD_0=30000$ mg/L)

pH	Final COD (mg/L)		Removal (%)	
	Alum	PACl	Alum	PACl
4	9900	11000	67	63
5	6400	8300	79	72
6	3600	3400	88	88
7	3300	3200	89	89

The increasing coagulation efficiency at an optimum at pH 7 is attributable to the fact that sweep coagulation occurs when negatively-charged forms of alum predominate, which occurs when the pH is between 6 and 8.

Table 4 presents the results of analyzing the wastewater sample, the emitted concentration limits into water, and permeates from UF and RO.

Table 4. Determination of wastewater parameters before and after treatment with membrane technology

Parameters (mg/L)	MAC	WW	WWc	UFp	ROp
pH (25°C)	6,5–9,5	8,83	7,83	7,0	6,7
Suspended substances	80	6751	97	2	1
<i>Daphnia magna</i> (Sd)	4	20	15	2	<2
Al	3,0	3,5	3,1	0,1	0,07
Zn	3,0	10	10	6,2	1,5
Total Cr	2,0	5	4	0,6	<0,05
Cr 6+	0,1	0,1	0,1	0,03	<0,01
Sulphate	400	500	380	330	22
COD	200	30000	3300	680	33
BOD ₅	30	2900	530	200	15

p – permeate, MAC – maximum allowed concentration, WW – wastewater, WWc- wastewater after, PACl coagulation, UF feed stream, **bold** – exceeded concentrations

After coagulation several wastewater parameters were still too high under Slovenian regulations namely: sulphate, COD, BOD₅, Zn, Cr-total and suspended solids (SS). The biodegradability of wastewater rose a little: the BOD₅/COD

ratio was 0.1.

Parameter study for membrane treatment

Correlation of flux decline over time was conducted, in order to obtain preliminary information about any fouling tendency of

the membrane. The behaviour of the permeate flux was studied as a function of operation time. After removal of macromolecular organic compounds by coagulation, a significant reduction in membrane fouling was observed during the tests. Therefore, the ultrafiltration step needs the coagulation pretreatment. The treated solution obtained under optimum conditions during the pre-

treatment experiments was used as feed water to UF. It can be seen from Fig. 2 that the UF permeate fluxes appear quite stable over the operating time, independently of the coagulant used.

Flux versus time experiments for the UF unit was performed under the optimum transmembrane pressure of 3 bar.

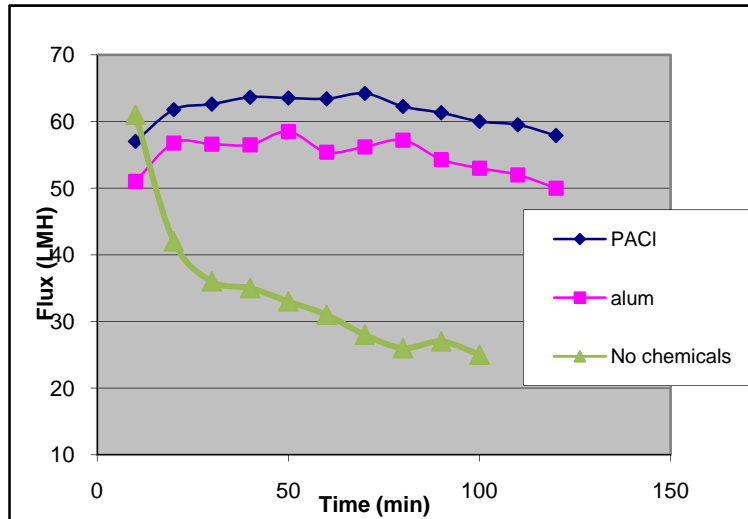


Fig. 2. Flux evolution during UF experiments

This indicates that fouling is not a problem in the UF system during a 120 min operation. The flux was maintained a little higher for always helped to reduce membrane fouling. Next, the behaviour of the permeate flux was studied as a function of operation time.

wastewater when PACI was used as coagulant (60 LMH).

Inorganic alum (50 LMH), however, has Fig. 3 shows the permeability of RO membrane using 2 types of feed water, firstly using alum then PACI

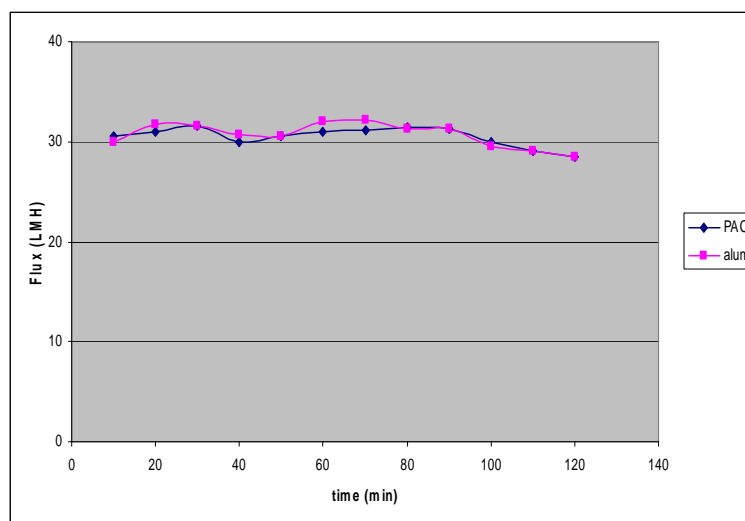


Fig. 3. Flux evolution during RO experiments

It can be seen from Fig. 3 that no fouling was observed at the RO unit. The performance was stable; the purity and consistency of the cleaned wastewater were maintained. No gradual increase in fouling was observed over 120 mins.

The results showed some advantages of PACl on alum. PACl coagulates' colloidal particles were better than alum. This is because PACl can result in a relatively high degree of destabilization while readily

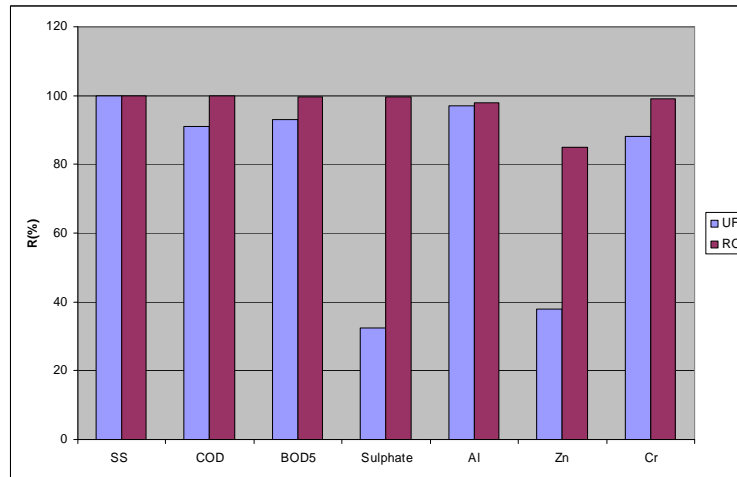


Fig. 4: Removal efficiencies during UF and RO experiments

assisting the aggre shearing conditions, gates to recover from their break-up under when compared to alum¹⁷. Smaller dosages were needed to have the same effect on COD removal, the flux decline was smaller using PACl and, consequently, flux control was better.

This is the reason for proposing PACl as the optimum coagulant. The removal efficiencies presented in Fig.4 were calculated using PACl as coagulant.

The removal efficiencies were calculated according to Eq (1). Several of the measured parameters were lowered after ultrafiltration, namely: sulphate by only 32%, COD 91%, BOD 93%, Al 97%, Zn 38%, Cr 88%, and suspended solids by 99.9%, respectively. All the encountered measurements still did not meet the required concentration for emission into water¹, therefore UF does require further treatments such as RO. UF permeate was not toxic due to the high number of surviving *Daphnia magna* species. The Sd number

dropped from 20 in wastewater to 2 in UF permeate.

The reverse osmosis permeate had good analytical characteristics: the removal efficiencies of sulphate, COD and BOD₅ were 99.5 %, 99.9 %, and 99.5 %, respectively. The results are in good agreement with other studies^{18,19}. Metals were removed sufficiently: Al at 98%, Zn at 85%, and Cr at 99%. Suspended solids were removed at 99.9%. In regard to RO permeate quality, the water samples were no longer toxic because almost all the *Daphnia magna* species survived. The reverse osmosis effluent had an average COD of 30 mg/L, and BOD₅ of 10 mg/L. The BOD₅/COD ratio increased from 0.16 prior to membrane separation to approximately 0.5, indicating improvement in the RO permeate's biodegradability.

The reverse osmosis permeate achieved such a quality that it could be reused in washing processes.

CONCLUSIONS

After pre-coagulation, the use of membrane technology consisting of ultrafiltration followed by reverse osmosis was discovered to be very effective in wastewater treatment after impregnation process regarding non-woven fabrics.

The main ecological parameters of the actual wastewater were very high: COD, BOD₅, sulphate and some metals (Al and Cr). The wastewater sample was quite poisonous, following the *Daphnia magna* toxicity test, and the BOD₅/COD ratio was as low as 0.1. After removal of colloidal particles by coagulation, a significant reduction in membrane fouling was observed during the tests. Therefore, any ultrafiltration step needs coagulation pre-treatment. Wastewater

quality improved after treatment in such a manner, but its effluent did not meet environmental regulations. Nevertheless, the ceramic ultrafiltration membrane was needed to ensure a good performance and to lower fouling of the reverse osmosis membrane, which followed the UF membrane. The removal efficiencies of the COD, sulphate and suspended solids were all above 99.5 % after RO treatment. The BOD₅/COD ratio increased from 0.1 to approximately 0.5, indicating improvement in the RO permeate's biodegradability. The quality of the reverse osmosis permeates not only meet the standards for wastewater discharge but can also be reused during a washing process after impregnation of non-woven fabrics.

REFERENCES

1. ECD, European Commission Directive, 06-11-EC, on pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community, Brussels, Belgium, 15 Feb 2006.
2. H. K. Shon, S. Vigneswaran, H.H. Ngo, R. Ben Aim. *Water Res.* 39 (2005) 147-153.
3. L-C. Juang, *Desalination* 202 (2007) 302-309.
4. A. Bes-Pia, J. A. Mendoza-Roca, M. I. Alcaina-Miranda, A. Iborra-Clar, M. I. Iborra-Clar, *Desalination* 149 (2002) 169-174.
5. Z. Zhong, W. Xing, X. Liu, W. Jin, and N. J. Xu, *Membr. Sci.* 301 (2007) 67-75.
6. M. Mulder, *Basic principles of Membrane technologies*, 2. ed., Kluwer Academic Publishers, Netherland, 2003, p. 293.
7. V. Golob, A. Ojstrsek, *Dyes and Pigm.* 64 (2005) 57-61.
8. S. M. Kumar, G. M. Madhu, S. Roy, *Sep. Pur. Technol.* 57 (2007) 25-36.
9. M. Bodzek, Y. K. Konieczny, *Sep. Pur. Technol.* 14 (1998) 69-78.
10. R. Sondhi, R. Bhave, G. Jung, *Membrane Technol.* 11 (2003) 5-8.
11. M. V. Galiana-Aleixandre, A. Iborra-Clar, B. Bes-Piá, J. A. Mendoza-Roca, B. Cuartas-Urbe, M. I. Iborra-Clar, *Desalination* 179 (2005) 307-313.
12. A. Barr, *Filtration+Separation* 4 (2001) 18-21.
13. Marcucci, M., G. Nosenzo, G. Capannelli, I. Ciabatti, D. Corrieri, G. Ciardelli, *Desalination* 138 (2001) 75-82.
14. B. Sarkar, N. Venkateswralu, R. Nageswara Rao, C. Bhattacharjee, V. Kale, *Desalination* 212 (2007) 129-140.
15. S. Xia, S., Xing Li, Q. Zhang, B. Xu, G. Li, *Desalination* 204 (2007) 351-358.
16. A. J. Silva, M. B. Varesche, E. Foresti, M. Zaiat, *Process Biochem.* 37 (2002) 927-935.
17. K. Mccurdy, K. Carlson, D. Gregory, *Water Res.* 38 (2004) 486-494.
18. K.Košuić, I. Novak, L. Sipes, B. Kunst, *Sep. Pur. Technol.* 37 (2004) 177-185
19. M. Fababuj-Roger, J. A. Mendoza-Roca, M. V. Galiana-Aleixandre, A. Bes-Pia, B. Cuartas-Urbe, A. Iborra-Clar. *Desalination* 204 (2007) 219-226

TRETMAN OTPADNIH VODA NAKON IMPREGNACIJE NETKANIH VLAKANA

M. Simonič

Sažetak

Impregnacija netkanih vlakana pouzrokuje veliko zagađenje zbog velike količine otpadnih voda. Kemijske analize realnih uzoraka pokazuju visoke vrijednosti za kemijsku potrebu po kisiku COD koja iznosi do 30 000 mg O₂/L. U ovom radu proučavali smo mogućnost sniženja koncentracije organske tvari iz vode kako i određenih metala (Al, Zn and Cr) da se poboljša kvaliteta vode. U to svrhu bila je upotrebljena kombinacija koagulacije ultrafiltracije i reverzne osmoze. Uzorci otpadne vode uzeti su direktno iz rezervoara nakon dodatka aluminijeveg sulfata za koagulaciju vode. Učinak aluminijeve soli smo usporedili sa učinkom polialuminijeveg klorida PACl. Nakon koagulacije uzorci su povezani u laboratorij gdje smo upotrebili ultrafiltraciju i reverzno osmozo. Kvaliteta vode nakon ultrafiltracije je mnogo bolji međutim još nisu svi parametri odgovarali propisanim vrijednostima za ispust vode. Zato smo upotrebili reverznu osmozu. Tako tretirana voda može se ponovo upotrebiti za impregnaciju netkanih vlakana.

Ključne riječi: *otpadna voda, vlakno, membranska filtracija, pilot postrojenje.*



????

M mjerača gustoće



DMA Generacija
pruža slijedeće mogućnosti:

- 4 FillingCheckTM automatski prepoznaje pogreške punjenja i upozorava operatora.
- 4 U-ViewTM prikazuje živu sliku za cijeli uzorak u U-cijevčici i sprema je u memoriju.
- 4 ThermoBalanceTM eliminira potrebu za multi-temperaturnom kalibracijom i omogućuje brzo i točno mjerenje gustoće u čitavom temperaturnom području.

Anton Paar GmbH
Podružnica Zagreb
Kamenarka 25a
10000 Zagreb
CROATIA
Tel: +385 1 660 9829
www.anton-paar.com



ISTRAŽIVANJE LABORATORIJSKOG PROCESA PROIZVODNJE BIODIZELA

STRUČNI RAD

Primljeno 27. januara 2010. godine

Primljeno u korigiranoj formi 14. aprila 2010. godine

Primljeno u korigiranoj formi 27. maja 2010. godine

Prihvaćeno 13. jula 2010. godine

Novak Damjanović^{1*}, Mihailo Ristić², Radana Đudić², Borislav Malinović²

¹*Tehnosint d.o.o., Ljevčanska bb., 78250 Laktaši, Bosna i Hercegovina*

²*Tehnološki fakultet Univerziteta u Banja Luci, Vojvode Stepe Stepanovića 73, 78 000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina*

Sažetak

Cilj rada je da se i pored nedostupnosti instrumenata za određivanje sadržaja metil estra izvrši definisanje osnovnih parametara laboratorijskog procesa proizvodnje biodizela - metil estera masnih kiselina (MEMK), kroz ispitivanje uticaja parametara (odnosa reaktanata, koncentracija katalizatora, temperatura, vremena reakcije i intenziteta mješanja) na prinos MEMK, vodeći računa o favorizovanju ekonomski prihvatljivijih procesa. Uticaji parametara procesa su ispitivani na bazno katalizovanoj reakciji transesterifikacije rafinisanog repičinog ulja metil alkoholom pri čemu nastaje biodizel i glicerol u prisustvu natrijum metilata kao baznog katalizatora.

Dobijeni rezultati bi poslužili kao osnova za laboratorijsku i poluindustrijsku proizvodnju biodizela, dalja laboratorijska istraživanja karakteristika proizvedenog biodizela i predprojektovanje industrijskog postrojenja za proizvodnju.

Dobijeni su zadovoljavajući prinosi metil estera, pri odigravanju reakcije transesterifikacije pod sledećim uslovima: masenom odnosu ulje/alkohol od 82,5:17,5 %, odnosu katalizator/ulje od 1,25 mas %, na temperaturi reakcije od 60°C, uz broj obrtaja turbinskog mješaća od 470 0/min (periferna brzina 0,74 m/s) i vremenu trajanja reakcije od 30 min. Dobijeni metil estri svojim kvalitetom zadovoljavaju uslove propisane standardom EN 14214.

Ključne riječi: *biodizel, transesterifikacija, prinos, odnos reaktanata, koncentracija katalizatora, temperatura reakcije, vrijeme reakcije, intenzitet mješanja.*

UVOD

Gotovo sve zemlje Evropske Unije i većina zemalja u tranziciji u posljednjem desetljeću, a neke i ranije, pokrenule su primjenu obnovljivih izvora energije među kojima značajno mjesto zauzima biodizel. Obnovljivi izvori energije su po definiciji oni izvori iz kojih se dobijena energija obnavlja istom brzinom kojom se eksploatiše. Biodizel je po definiciji mješavina metil estera masnih

kiselina (MEMK) standardizovanog kvaliteta (FAME Fatty Acid Methyl Ester). Biodizel je tečno obnovljivo biogorivo, proizvedeno iz biljnih ili životinjskih ulja i masti ili otpadnih ulja iz domaćinstava, restorana i industrije koja su korištena za pripremu hrane, kao obnovljivih resursa, koje u potpunosti može da zamijeni fosilno dizel gorivo u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem¹.

Osnovna prednost upotrebe biodizela kao obnovljivog goriva je značajno smanjenje emisije ugljen dioksida, suspendovanih

*Korespondentni autor; E mail: novak08@teol.net

čestica i ugljen monoksida. Prednosti i nedostaci upotrebe biodizela umnogome zavise od toga koja mješavina biodizela i fosilnog dizel goriva se koristi, kao i od uslova rada i tipa motora².

Direktivama i propisima Evropske Unije (2003/30/EC) definisano je da do 2010. godine sve države članice u ukupnoj potrošnji goriva moraju imati udio od 5.75% biogoriva³, a kako Bosna i Hercegovina teži evropskim integracijama biće prinuđena da ispuni prezentovane zahtjeve. Procjenjene godišnje potrebe Bosne i Hercegovine za biodizelom su oko 80 – 100 000 tona. Iz materijalnog bilansa proizvodnje biodizela proizilazi da je za datu proizvodnju potrebno kultivisati oko 70 - 90 000 hektara poljoprivrednih površina. Pored pozitivnih ekoloških efekata proizvodnje i korištenja biodizela postižu se i značajni ekonomski efekti: otvaranje novih radnih mjesta, kultivisu se neobrađene poljoprivredne površine, umanjuju se potrebe za uvozom nafte, rizici u snabdijevanju i manja zavisnost od makroekonomskih spoljnih parametara⁴.

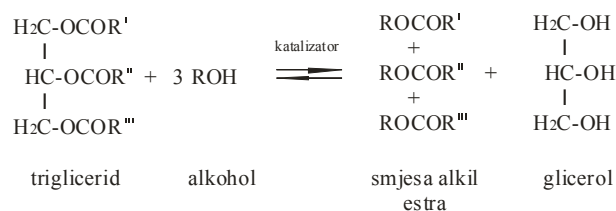
Postupci proizvodnja biodizela

U zavisnosti od toga da li se reakcija metanolize odigrava sa ili bez prisustva katalizatora, metanoliza može biti nekatalizovana i katalizovana.

Nekatalizovana metanoliza se odigrava pri visokim vrednostima temperature i pritiska, iznad kritičnih za metanol, pa se često naziva natkritična kataliza. U zavisnosti od vrste katalizatora, katalizovana metanoliza može biti hemijski, enzimski ili mikrobiološki katalizovana⁵.

Proces transesterifikacije sa tečnim katalizatorom je stari, najčešće primjenjivani postupak proizvodnje biodizela. Polazne sirovine su biljno ulje i alkohol koji u

prisustvu kiselog ili alkalnog katalizatora daju metil estre masnih kiselina (MEMK), odnosno biodizel i sporedni produkt glicerol. Reakcija je trostepena i povratna i u njoj učestvuje 1 mol triglicerida i 3 mola alifatskog alkohola.



Transesterifikacija sa heterogenim katalizatorom je noviji kontinuirani postupak proizvodnje biodizela. U odnosu na prethodni ovaj postupak ima značajne prednosti: uklanjanje katalizatora je jednostavno, pojednostavljuje se čišćenje estarske faze, a glavni nusproizvod glicerol može se bez posebne obrade dobiti kao vrlo čista hemikalija. Negativna strana heterogenih katalizatora je obično znatno manja efektivna koncentracija u poređenju sa homogenim katalizatorima, veći utrošci energije po jedinici mase biodizela i viša inicijalna investiciona ulaganja⁶.

Transesterifikacija bez prisustva katalizatora moguća je pod uslovima ekstremno visokih pritiska i temperatura iznad kritičnih vrijednosti za alkohol koji se koristi u procesu dobijanja biodizela. Prednost reakcije transesterifikacije u natkritičnim uslovima je kraće vrijeme reakcije, odsustvo katalizatora, prevođenje slobodnih masnih kiselina u estere i viši prinosi metil estera. Negativne strane ovog procesa su tehničke prirode (visoki pritisci i zahtjevni konstrukcioni materijali)⁷.

Jedan od novijih postupaka proizvodnje biodizela je transesterifikacija katalizovana lipazama. Prednosti ovog procesa ogledaju se u lakšem prečišćavanju glicerola, slobodne masne kiseline prevode se u alkil estere, voda

u sirovinama nema uticaja na proces, nema prečišćavanje metil estera i visoka konverzija triglicerida. Nedostatak procesa je visoka cijena biokatalizatora u odnosu na cijenu konvencionalnih katalizatora⁸.

Rezultati ovog rada poslužiće kao podloga za proizvodnju biodizela u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima i dalja laboratorijska istraživanja karakteristika proizvedenog biodizela.

MATERIJALI I METODE

Za izvođenje eksperimentalnog dijela ovog rada kao osnovne sirovine korištene su:

- rafinisano repičino ulje (jestivog nivoa kvaliteta) proizvođača "Bimal" d.o.o. Brčko, dobijeno postupkom solventne ekstrakcije i
- metil alkohol (99,5 %-tni) proizvođača "Alkaloid" Skoplje.

Tabela 1. Fizičko-hemijske karakteristike rafinisanog repičinog ulja
Table 1. Physical-chemical characteristics of refined rape oil

<i>Fizičko-hemijske karakteristike</i> <i>Physical-chemical characteristics</i>	<i>Metoda određivanja</i> <i>Determination method</i>	<i>Jedinica</i> <i>Unit</i>	<i>Rezultat</i> <i>Result</i>
<i>Gustina, (20°C)</i> <i>Density, (20°C)</i>		<i>g/cm³</i>	<i>0,790</i>
<i>Slobodne masne kiseline</i> <i>Free Fatty Acids (as oleinic acid)</i>	<i>ISO 660:1996</i>	<i>% mas</i>	<i>max. 0,2</i>
<i>Sadržaj vlage i isparljivih materija</i> <i>Content of moisture and evaporable substances</i>	<i>ISO 662:1998</i>	<i>% mas</i>	<i>max. 0,2</i>
<i>Jodni broj</i> <i>Iodic number</i>	<i>ISO 3961:2001</i>	<i>mg KOH/g</i>	<i>110-126</i>
<i>Neosapunjive materije</i> <i>Non-soapy substances</i>	<i>ISO 3596-2:1988</i>	<i>g/kg</i>	<i>max. 20</i>
<i>Sadržaj sapuna</i> <i>Soap content</i>	<i>DGF C-III 15 (97)</i>	<i>mg/kg</i>	<i>max. 50</i>
<i>Saponifikacioni broj</i> <i>Saponification number</i>	<i>ISO 3657:1998</i>	<i>mgKOH/g</i>	<i>182-193</i>

Kao pomoćne sirovine korištene su:

- natrijum metilat (30%-tni rastvor) kao katalizator, proizvođača "BASF";

- hlorovodonična kiselina za neutralizaciju katalizatora, proizvođača "MERCK" i
- demineralizovana voda kao sredstvo za ispiranje biodizela.

Tabela 2. Fizičko-hemijske karakteristike natrijum metilata
 Table 2. Physical-chemical characteristics of natrium methylat

<i>Fizičko-hemijske karakteristike</i> <i>Physical-chemical characteristics</i>	<i>Metoda određivanja</i> <i>Determination method</i>	<i>Jedinica</i> <i>Unit</i>	<i>Rezultat</i> <i>Result</i>
<i>Sadržaj metilata</i> <i>Methylate content</i>	<i>Titracija</i> <i>Titration</i>	% %	30,20
<i>Sadržaj vlage</i> <i>Moisture content</i>	<i>KF titracija</i> <i>KF titration</i>	% %	0,03
<i>NaOH</i>	<i>Računski</i> <i>Calculating</i>	% %	0,07
<i>Na₂CO₃</i>	<i>Titracija</i> <i>Titration</i>	% %	0,10
<i>CH₃OH</i>	<i>Računski</i> <i>Calculating</i>	% %	69,83

Usljed nedostupnosti instrumenata za određivanje sadržaja metil estera za svaku pojedinačnu promjenu parametara reakcije transesterifikacije izvršen je izbor alternativnih pokazatelja koji bi mogli da ukažu na potpunost reakcije.

Da bi se došlo do adekvatnog pokazatelja potpunosti reakcije transesterifikacije, čije je mjerilo nastajanje produkata reakcije, napravljena je višekomponentna smjesa reaktanata i produkata reakcije i izvršena procjena u kojoj fazi se nalazi veća količina neizreagovanog metil alkohola.

Izabrana su dva slučaja:

- pod pretpostavkom da je došlo do potpune konverzije rafinisanog

repičinog ulja u metil ester i da se u smjesi produkata reakcije nalaze metil alkohol, biodizel i glicerol, izvršeno je njihovo miješanje intenzivnim mućkanjem, u staklenoj menzuri i nakon 30 minuta ocjena separacije faza i

- pod pretpostavkom da nije došlo do potpune konverzije rafinisanog repičinog ulja u metil ester i da se u smjesi produkata reakcije nalaze metil alkohol, metil ester, rafinirano repičino ulje i glicerol, izvršeno je njihovo miješanje intenzivnim mućkanjem u staklenoj menzuri i nakon 30 minuta ocjena separacije faza.

Tabela 3. Ocjena separacije faza višekomponentnog sistema
 Table 3. Evaluation of phase separation of a multicomponent system

	Metil ester (%) Methyl ester (%)	Ulje (%) Oil (%)	Metanol (%) Methanol (%)	Glicerol (%) Glycerin (%)	Glicerolna faza (%) Glycerin phase (%)	Metil estarska faza (%) Methyl ester phase (%)	Metanol u (%) Methanol in (%)	
							Glicerolna faza (%) Glycerol phase (%)	Metil estarskoj fazi (%) Methyl ester phase (%)
Pomješano Mixed	70	10	10	10				
Separacija faza Phase separation	87				13	87	3	7
Pomješano Mixed	60		15	15				
Separacija faza Phase separation					18	82	3	12

Na osnovu tabele br. 3 moglo bi se očekivati da nakon završetka reakcije transesterifikacije, koja se izvodi u suvišku metil alkohola, dođe do potpune separacije faza na metil estarsku i glicerolnu fazu i da se veća količina neizreagovanog metil alkohola, koji se u potpunosti mješa kako sa glicerolom tako i sa metil esterom, nalazi se u metil esterskoj fazi.

Iz prethodna dva primjera separacije faza može se zaključiti, da usljed nemogućnosti određivanja sadržaja metil estera za svaku pojedinačnu promjenu parametara reakcije, da je prirast glicerolne faze (u kojoj se nalazi manji dio neizreagovanog ulja i metil alkohola) relevantnije mjerilo potpunosti reakcije transesterifikacije od prirasta metil esterske faze u kojoj se nalazi veći dio neizreagovanog ulja i metil alkohola.

Najvažnije parametri reakcije transesterifikacije koji utiču na prinos metil estera su: odnos alkohola i ulja, koncentracija kataliza-

tora, temperatura reakcije, vrijeme mješanja i intenzitet mješanja⁹.

Za potrebe laboratorijskih ispitivanja projektovan je i izrađen šaržni reaktor u kojem se odvijala reakcija transesterifikacije. Kako reaktor ima osnovnu ulogu u bilo kom hemijskom procesu, dobar dizajn i izbor odgovarajućeg reaktora ne samo da može da poboljša produktivnost i sigurnost procesa, već može i da utiče na smanjenje cijene sveukupnog procesa. Pri projektovanju reaktora korištene su empirijske jednačine, teorija sličnosti i dimenziona analiza^{10,11}.

Baza za dimenzionisanje i projektovanje laboratorijskog reaktora za proizvodnju biodizela je 1 L dobijenog biodizela.

U literaturnim podacima se navodi da je za 1 L biodizela potrebno oko 1 l ulja, pri orijentacionom odnosu ulje/alkohol od 80/20 mas %, pa je ukupna zapremina reaktanata oko 1,25 l. Ako pretpostavimo da ćemo imati 5 % gubitka biodizela separacijom faza, neutralizacijom katalizatora i ispiranjem

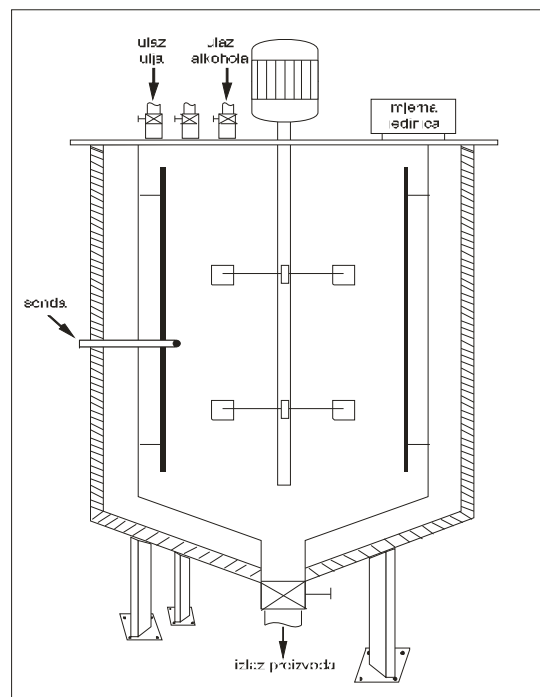
sirovog biodizela vodom, kao i da oko 5 % zapremine zauzimaju mješač i odbojnici ukupna zapremina reaktora bi trebala iznositi 1,39 l. Ako reaktor punimo do 75 % zapremine potrebna ukupna zapremina reaktora iznosi 1,85 l.

Pošto su metanol i biodizel su agresivne i korozivne hemikalije kao osnovni konstrukcioni materijal za izradu reaktora korišten nehrđajući je čelik.

Na raspolaganju je bila cijev od nehrđajućeg čelika prečnika 0,11 m i već izrađen grijač za zagrijavanje termalnog ulja, kojim je grijan sadržaj u reaktoru pa je minimalna visina reaktora morala iznositi 0,195 m a zapremina reaktora 1,95 l.

Miješanje sadržaja u reaktoru vršeno je sa dva turbinska mješača (tipa disk sa ravnim krilcima) postavljena na osovini koju pokreće dvobrzinski elektromotor. Zagrijavanje sadržaja u reaktoru vršeno je termalnim uljem, koje se nalazi u plaštu reaktora. Temperatura reakcione smjese kontrolisana je sa Fe-Pt sondom. Radi sprječavanja gubitka toplote u okolinu i lakše termoregulacije reaktor je izolovan slojem staklene vune, koja je od okoline zaštićena limom.

U toku određivanja optimalnih uslova transesterifikacije u reaktor je sipano 940 g rafinisanog repičinog ulja i uz konstantno miješanje turbinskim mješačem brzinama od 470 i 670 o/min grijano do dostizanja definisanih temperatura (50, 55, 60, 63°C).

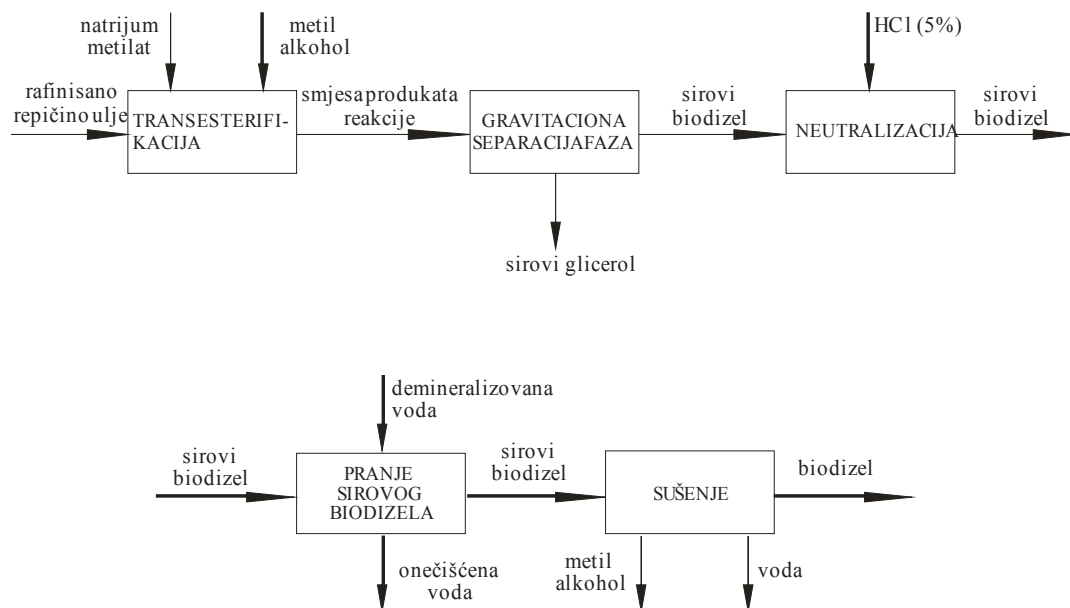


Slika 1. Projekcija reaktora u kom su vršena ispitivanja

Picture 1. Projection of the reactor where the testings were carried out

Zatim je dodavana smjesa metil alkohola (10, 15, 17.25, 20 i 25 % u odnosu na masu ulja) i natrijum metilata (0.75, 1.0, 1.25, 1.5 i 1.75 % u odnosu na masu ulja) i mješano 10, 20, 30, 40 i 50 min. Nakon isteka zadanog vremena sadržaj iz reaktora je prenesen u lijevak za odjeljivanje u kom je stajao 20 sati kako bi se izvršila vizuelna ocjena i gravitaciona separacija faza kao i mjerenje prinosa glicerolske faze.

Da bi se izvršila verifikacije predpostavljenih optimalnih uslova laboratorijskog procesa proizvodnje biodizela izvršeno je određivanje sadržaja metil estera u po dva uzorka za svaki parametar reakcije transesterifikacije.



Slika 2. Blok dijagram procesa proizvodnje biodizela u laboratorijskim uslovima
 Picture 2. Block diagram of biodiesel production process in laboratory conditions

Priprema uzorka za analizu sadržaja metil estera vršena je na taj način što je metil esterska faza nakon separacije faza vraćena nazad u reaktor, gdje je izvršena neutralizacija katalizatora zaostalog u metil esteru i cijepanje eventualno nastalih sapuna sa 15 ml 5 %-tne hlorovodonične kiseline. Ispiranje suviška kiseline, zaostalog metil alkohola i glicerola iz metil estera izvršeno je dodavanjem 150 ml demineralizovane vode u reaktor i polusatnim mješanjem pri 470 o/min. Sadržaj iz reaktora ponovo je kvantitativno prenesen u lijevak za odjeljivanje, u kom je gravitacionom separacijom došlo do izdvajanja donje teže vodene i lakše gornje metil esterske faze. Metil ester je zatim vraćen u reaktor gdje je uz mješanje, na atmosferskom pritisku, kontrolisano zagrijavan do temperature od 105°C. Na ovoj temperaturi došlo je do isparavanja zaostalog metil alkohola i demineralizovane vode iz metil estera. U ovako pripremljenom uzorku izvršeno je određivanje sadržaja metil estera na gasnom hromatografu proizvođača *Agilent technologies*

po metodi EN 14103 na kapilarnoj koloni sa tankim filmom i injektorom na samoj koloni ili ekvivalentnom uređaju i plamenonjuzujućom detekcijom.

Aparaturu za analizu sadržaja metil estera masnih kiselina čine: kapilarna kolona, injektor, gas nosač- vodonik ili helijum, detektor jonizacije plamena i peć - koja omogućava postizanje i održavanje temperature od 200°C.

Odmjeri se definisana količina homogenizovanog uzorka u koji se pipetom doda definisana količina rastvora metil heptadekanoata i dopuni do 10 mL n-heptanom. Analizira se 1 µL ove reakcione smese na gasnom hromatografu prema tačno definisanim uslovima temperature i vremena zagrijavanja kolone, temperature detektora i pritiska gasa nosača (helijum). Utvrđivanjem retencionih vremena dobijenih pikova uzoraka i internog standarda analiziranih pod istim uslovima moguće je odrediti sadržaj metil estera masnih kiselina.

REZULTATI I RASPRAVA

U ovom radu ispitivan je uticaj odnosa reaktanata, koncentracije katalizatora, temperature reakcije, vremena i intenziteta miješanja na iskorištenja reakcije transesterifikacije

rafinisanog repičinog ulja metil alkoholom u prisustvu natrijum metilata kao katalizatora, čije mjerilo je prinos glicerolske faze.

Tabela 4. Uticaj masenog odnosa alkohol/ ulje na separaciju faza pri uslovima: odnos katalizator/ulje 1,25 mas %, temperatura reakcije 60°C, vrijeme miješanja 30 min i brzina obrtaja od 670 o/min

Table 4. Influence of the mass ratio alcohol/ oil on the separation faze under following conditions: catalyst/oil 1,25 mass %, reaction temperature 60°C, mixing time 30 min and rotation speed 670 r/min

<i>Odnos alkohol/ulje (mas, %) Ratio alcohol/ oil (mass, %)</i>	<i>10:90</i>	<i>15:85</i>	<i>17,5:82,5</i>	<i>20:80</i>	<i>25:75</i>
<i>Separacija faza Phase separation</i>	<i>Loša Bad</i>	<i>Loša Bad</i>	<i>Dobra Good</i>	<i>Dobra Good</i>	<i>Dobra Good</i>

Iz tabele br. 4 vidljivo je da pri masenom odnosu alkohol/ulje od 10/90 i 15/85 % imamo lošu separaciju faza i nepotpunu transesterifikaciju. Pri masenom odnosu alkohol/ulje od 20/80 i 25/75 mas % imamo dobru separaciju faza i potpuniju transesterifikaciju, ali se istovremeno pri odnosu alkohol/ulje od 25/75 mas % u produktima reakcije osjeti izrazito oštar miris metil alkohola, što ukazuje na neprihvatljivo visok

suvišak alkohola u reakcionoj smjesi. Iz ovih razloga izvedena je i transesterifikacija pri masenom odnosu alkohola/ulje između vrijednosti 15 i 20 mas %, odnosno pri odnosu alkohol/ulje od 17.5/82.5 mas % i dobili smo dobru separaciju faza. Optimalna količina alkohola u odnosu na ulje nalazi se između 17,5 i 20 mas %.

Tabela 5. Uticaj masenog odnosa katalizator/ulje na transesterifikaciju pri uslovima: odnos alkohol/ulje 20/80 mas %, temperatura reakcije 60C, vrijeme miješanja 30 min, brzina obrtaja 670 o/min

Table 5. Influence of mass ratio catalyst/oil on the transesterification under following conditions: ratio alcohol/oil 20/80 mass %, reaction temperature 60C, mixing time 30 min and rotation speed 670 r/min

<i>Odnos katalizator/ulje (mas, %) Catalyst concentration (mass, %)</i>	<i>0,75</i>	<i>1,0</i>	<i>1,25</i>	<i>1,5</i>	<i>1,75</i>
<i>Pojava međusloja Appearance of the inter layer</i>	<i>Da Yes</i>	<i>Da Yes</i>	<i>Ne No</i>	<i>Ne No</i>	<i>Da Yes</i>

Tabela br. 5 pokazuje da pri odnosu katalizator/ulje od 1.25 i 1.52 mas % ne dolazi do formiranja međusloja na granici glicerolske i biodizelske faze. Pojava međusloja na granici faza ukazuje na nepotpunost reakcije transesterifikacije i formiranje intermedijarnih jedinjenja, što dalje može da prouzrokuje

probleme prilikom separacije faza i prečišćavanja gotovih proizvoda. Kako se katalizator u procesu nepovratno troši, smanjenje koncentracije katalizatora u toku procesa direktno smanjuje troškove proizvodnje.

Tabela 6. Uticaj temperature reakcije na prinos glicerolske faze pri: odnos katalizator/ulje 1,25 mas %, odnos alkohol/ulje 20/80 mas %, vrijeme mješanja 30 min i brzina obrtaja 670 o/min

Table 6. Influence of the temperature on the yield of glycerol phase when the ratios are: catalyst/oil 1.25 mass %, alcohol/oil 20/80 mass %, mixing time 30 min and rotataion speed 670 r/min

<i>Temperatura reakcije (°C)</i> <i>Reaction temperature (°C)</i>	50	55	60	63
<i>Prinos glicerinske faze (%)</i> <i>Yield of the glycerin phase (%)</i>	12,83	13,36	13,8	13,97

Iz tabele br. 6 vidljivo je da se veći prinosi glicerolske faze ostvaruju na temperaturama bližim tački ključanja metil alkohola. Optimalna temperatura reakcije nalazi se u

blizini tačke ključanja metil alkohola, ali treba uzeti u obzir i činjenicu da povećanje temperature reakcije neminovno vodi i poskupljenju procesa.

Tabela 7. Uticaj vremena mješanja na prinos glicerolske faze pri uslovima: odnos katalizator/ulje 1,25 mas %, odnos alkohol/ulje 20/80 mas %, temperaturi reakcije od 60°C i brzina obrtaja 670 o/min

Table 7. Influence of mixing time on the glycerol phase yield when the ratios are: catalyst/oil 1,25 mass %, alcohol/oil 20/80 mass %, reaction temperature 60°C and rotataion speed 670 r/min

<i>Vrijeme mješanja (min)</i> <i>Mixing time (min)</i>	10	20	30	40	50
<i>Prinos glicerinske faze (%)</i> <i>Glycerin phase yield (%)</i>	13,01	13,25	13,8	13,9	14,13

Iz tabele br. 7 vidljivo je da se pri dužem kontaktu između dvije nemješljive organske faze (metil alkohol i ulje) ostvaruju veći

prinosi glicerolske faze. Međutim, treba voditi računa da dužina vremena mješanja poskupljuje proces.

Tabela 8. Uticaj intenziteta mješanja na prinos glicerolske faze pri: odnosu katalizator/ulje 1,25 mas %, alkohol/ulje 20/80 mas %, vrijeme miješanja 30 min i temperatura reakcije od 60°C

Table 8. Influence of the mixing intensity on the glycerol phase yield when the ratios are: catalyst/oil 1,25 mass %, alcohol/oil 20/80 mass %, mixing time 30 min and reaction temperature 60°C.

Brzina mješanja (o/min) Mixing speed (turn/min)	470	670
Prinos glicerinske faze (%) Glycerin phase yield (%)	13,65	13,80

Iz tabele br. 8 vidljivo je da se veći prinosi glicerolske faze ostvaruju pri intenzivnijem mješanju, ali da je dobrom konstrukcijom reaktora i pri nižoj brzini turbinskog mješača ostvaruje dobar prenos mase između dvije faze (alkohol/ulje). Povećanje intenziteta miješanja može se provesti do određenog maksimuma jer se povećanjem intenziteta

mješanja troši više energije i pred konstrukciji materijale se postavljaju strožiji zahtjevi, što direktno poskupljuje proces.

Rezultati analize određivanja sadržaja metil estra (tačnost metode 1 %) u biodizelu u svih deset uzoraka dali su vrijednosti koje su u skladu sa zahtijevom Evropskog standarda za kvalitet biodizela (EN 14214).

Tabela 9. Rezultati određivanja sadržaja metil esatra

Table 9. Results of determination of methyl ester content

Parametar Parameter		Parametri reakcije	Sadržaj metil estera (mas %) Methyl ester content (mass %)
Odnos alkohol/ulje (mas %) Ratio of alcohol/oil (mass %)	17.5:82.5	katalizator/ulje=1,25 mas % t=30 min $\omega=470$ o/min T=60°C	99,61
	20 : 80		98,30
Odnos katalizator/ulje (mas %) Ratio catalyst/oil (mass %)	1.25	alkohol/ulje=17,25/82,5 mas % t=30 min $\omega=470$ o/min T=60°C	98,30
	1.5		98,67
Temperatura reakcije (°C) Reaction temperature (°C)	60	alkohol/ulje=17,25/82,5 mas % t=30 min $\omega=470$ o/min	98,30
	63	katalizator/ulje=1,25 mas %	97,82
Vrijeme mješanja (min) Mixing time (min)	50	alkohol/ulje=17,25/82,5 mas % T=60°C $\omega=470$ o/min	99,10
	30	katalizator/ulje=1,25 mas %	98,30
Broj obrtaja (o/min) Rotation number (rpm)	470	alkohol/ulje=17,25/82,5 mas % T=60°C t=30 min	98,91
	670	katalizator/ulje=1,25 mas %	98,30

Kao optimalne uslove reakcije transesterifikacije, uz uslov da se u gotovom proizvodu ostvari prinos od 96,5 % sadržaja metil estera (zahtijev EN 14214 standarda), treba odabrati niže vrijednosti sadržaja metil alkohola u početnoj reakcionoj smjesi, manje koncentracije katalizatora, niže temperature, kraće vrijeme reakcije, kao i manji broj obrtaja turbinskog mješača, jer se u industriji favorizuju ekonomski prihvatljiviji procesi. To u konkretnom slučaju znači smanjenje utroška energije za regeneraciju metanola, izdvajanje katalizatora iz produkata reakcije, dostizanje više temperature reakcije, duže vrijeme i intenzitet mješanja a samim tim i procesa proizvodnje.

Optimalni uslovi konkretnog laboratorijskog, šaržnog, bazno katalizovanog procesa proizvodnje biodizela su:

- maseni odnos metil alkohol/rafinisano repičino ulje 17,5/82,5 %;
- maseni odnos katalizator/ulje 1,25 %;
- temperatura reakcije 60°C;
- vrijeme mješanja od 30 min i
- broj obrtaja turbinskog mješača 470 0/min (periferna brzina 0,74 m/s).

ZAKLJUČCI

Sadržaj metil alkohola u reakcionoj smjesi od 17,5 mas % je dovoljan za dobru separaciju glicerolske i metil estarske faze kao i da se ostvari prinos metil estera od 99,61 mas %, što prevazilazi zahtjeve EN 14214 standarda. Odnos katalizator/ulje od 1,25 mas % je dovoljan za iniciranje i dalje odvijanje reakcije transesterifikacije, a da se istovremeno umanje problemi prilikom separacije faza i prečišćavanja gotovih proizvoda uz prinos metil estera od 98,3 mas %.

Ostvaren je zadovoljavajući prinos glicerolske faze i prinos metil estera od 98,3 mas %, koji prevazilazi zahtjeve prema standardu EN 14214, pri sljedećim uslovima:

- temperatura reakcije transesterifikacije od 60°C,
- vrijeme mješanja od 30 min. i
- brzina turbinskog mješača od 470 0/min (periferna brzina 0,74 m/s).

Dobijeni rezultati su pokazali da je u laboratorijskim uslovima i pored nedostupnosti uređaja za određivanje sadržaja metil estera moguće definisati osnovne parametre procesa, proizvesti biodizel koji zadovoljava i prevazilazi zahtjeve EN 14214 standarda u pogledu sadržaja metil estera i doći do alternativnih pokazatelja potpunosti reakcije transesterifikacije.

LITERATURA

1. M. Samardžija, T. Furman, M. Tomić, L. Savin, R. Nikolić, M. Simikić, "Prednosti proizvodnje biodizela u malim postrojenjima", Savremena poljoprivredna tehnika, Novi Sad (2007) 196-204.
2. G. Knothe, "The Biodiesel Handbook", Champaign, Illinois (2005) 7.1.
3. Zbornik radova, P-2 Prerada, s. 11-16, YUNG, Novi Sad, 04-07 oktobar (2005.).
4. Zbornik radova, P-2 Prerada, s. 29-44, YUNG, Novi Sad, 04-07 oktobar (2005.).
5. O. Stamenković, "Kinetika bazno-katalizovane metanolize suncokretovog ulja na niskim temperaturama" Doktorska disertacija, Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu, Leskovac (2008) 7.
6. D. Sinčić, "Biodizel, svojstva i tehnologija proizvodnje", Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Zagreb, (2008) 57-74.
7. D. Kusdiana, S. Saka, "Biodiesel fuel for diesel fuel substitute prepared by a catalyst-free supercritical methanol", Grad. School of Energy Science, Kyoto University, Yoshida-honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan.
8. H. Fukuda, A. Kondo, H. Noda, "Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils", Journal of

- Bioscience and Bioengineering, 92 (2001) , 5, 405-416.
9. M. Todorović, T. Todorović, "Biodizel humano gorivo", Srpska akademija inovacionih nauka, Beograd, (2007) 37-54.
10. M. Maksimović, "Operacijski aparati u procesnoj industriji", Tehnološki fakultet, Banja Luka, (2002) 94-102.
11. M. Maksimović, "Tehnološke operacije", Tehnološki fakultet, Banja Luka, (2001) 82-97.

INVESTIGATION OF THE LABORATORY PROCESS OF BIODIESEL PRODUCTION

Novak Damjanović, Mihailo Ristić, Radana Đudić, Borislav Malinović

Abstract

The goal of this work is, besides the unreachable of the instruments for determination of the content of methyl ester, to make a material balance and define basic parameters for the laboratory production process of biodiesel - fatty acid methyl ester (FAME), through testing the influence of parameters (the ratio of reactants, catalyst concentrations, temperatures and reaction times and mixing intensity) on the yield of the FAME, taking care about favouring the economically acceptable processes.

The influence of the process parameters is tested on the base-catalyzed transesterification reaction of refined rapeseed oil with methyl alcohol while biodiesel and glycerol are made with the presence of natrium methylate, as a base catalyst.

The attained results would serve as a basis for: laboratory and semi-industrial biodiesel production, further testing of the characteristics of the produced biodiesel and pre-projection of an industrial facility for biodiesel production.

A satisfying yield of methyl ester, in terms of meeting the EN 14214 standard, is achieved when the mass ratios are: oil/alcohol 82,5 : 17,5 %, ratio catalyst/oil 1,25 mass %, reaction temperature 60°C, number of turbin mixing rotations is 470 r/min (periphery speed is 0,74 m/s) and mixing time 30 min.

Keywords: *biodiesel, transesterification, yield, ratio of reactants, catalysts concentration, reaction temperature, reaction time, mixing intensity*

KONTAMINIRANOST RADNIH POVRŠINA U MESNICAMA SA BAKTERIJOM *LISTERIA MONOCYTOGENES*

STRUČNI RAD

Primljeno 17. septembra 2010. godine

Primljeno u korigiranoj formi 5. novembra 2010. godine

Prihvaćeno 11. novembra 2010. godine

Snežana Hodžić¹, Suad Širanović^{1*}, Darja Kubiček¹, Amir Mujačić

*Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Tuzli, Univerzitetska 4,
75000 Tuzla, Bosna i Hercegovina*

Sažetak

Listeria monocytogenes (*L. monocytogenes*) je patogena bakterija, uzročnik listerioze, oboljenja ljudi i životinja. U prirodnim uslovima od listerioze oboljevaju razne životinje, a najčešće ovce i goveda. Obzirom da je *L. monocytogenes* ubikvitarni mikroorganizam i da je izolovana iz gotovo svih sredina jasno je da se ona širi ne samo kao zoonoza, već da postoje mnogobrojni izvori nastanka listerioze. Cilj ovog istraživanja je bio ispitati stepen kontaminiranosti radnih površina bakterijama iz roda *Listeria* u mesnicama sa područja grada Tuzle. Uzorci su uzimani brisom sa slijedećih radnih površina: panj, nož, mašina za mljevenje mesa, frižider-izlog i frižider-hladnjača. Od ukupno 50 uzoraka radnih površina iz 10 mesnica *L. innocua* je izolovana u 8% (4/50), a *L. monocytogenes* u 6% (3/50) uzoraka. Ovo istraživanje je potvrdilo ranija saznanja o prisustvu *L. monocytogenes* na prostorima Bosne i Hercegovine te je ukazalo na potrebu ozbiljnog pristupa u prevenciji ove pojave. Jedan od prvih koraka na tom planu je uvođenje zakonske obaveze kontrole namirnica na ovaj patogen.

Ključne riječi: *L. monocytogenes*, radne površine, mesnice

UVOD

Listeria je rod u kome se nalaze mali, Gram-pozitivni štapići bez spore i kapsule. Jedina vrsta iz ovog roda kojoj se pridaje veliki značaj i koja je patogena i za ljude i životinje je *L. monocytogenes*¹.

L. monocytogenes se odlikuje znatnom otpornošću prema spoljašnjim faktorima zbog čega je veoma raširena u prirodi. Otporna je prema niskim temperaturama i aktivno se razmnožava na temperaturi +4°C (neki sojevi mogu preživjeti čak i na -0,4°C). Otporna je i prema povišenim temperaturama i razmnožava se na temperaturi do 45°C. Temperatura pasterizacije ubija je sporo, a neke sojeve i ne

ubija. Optimalna temperatura za rast i razmnožavanje *Listeria* je 35°C. Osjetljiva je na uobičajene koncentracije najčešće korištenih dezinfekcionih sredstava². Otporna je i prema alkalnoj i prema kiselj sredini. Kardinalne vrijednosti pH su ispod 4,4 i iznad 9,4, dok je optimalan rast u neutralnoj ili blago alkalnoj sredini³.

L. monocytogenes izaziva oboljenje koje se naziva listerioza. Ona se ispoljava sa nizom veoma diferentnih kliničkih slika. Listerioza može biti lokalizovana u tonzilo-faringealnom predjelu i u gornjim djelovima respiratornog trakta. U žena često izaziva oboljenja reproduktivnih organa. Listerioza žena se redovno transplacentarno prenosi na fetus i često dovodi do abortusa². Iako se listerioza

*Korespondentni autor; E-mail: suad.siranovic@untz.ba

obično opisuje kao sporadična, ona se također može pojaviti kao epidemija uslijed ingestije hrane kontaminirane *L. monocytogenes*. Alimentarne infekcije se manifestuju kao bakterijemija ili meningitis s prosječnom smrtnosti oko 20%. U rizičnim skupinama (trudnice, novorođenčad, imunokompromitovane osobe), postotak smrtnih ishoda može iznositi i do 75%³.

U prirodnim uslovima od listerioze oboljevaju razne životinje a najčešće ovce i goveda. Nešto rjeđe oboljevaju svinje, koze, konji i peradi². Visoka prevalenca *L. monocytogenes* u okolišu povećava zdravstveni rizik kod potrošača. Otpadne vode, tlo i biljke, posebno one koje su u fazi truljenja ili koje su u silažnom materijalu, predstavljaju glavni rezervoar ovih mikroorganizama. Sa krmnih biljaka i silaže, *Listeria monocytogenes* može biti prenesena u digestivni trakt životinja i tokom klanja postaje primarni potencijal kontaminacije mesa⁴. Listerije dopijevaju u spoljašnju sredinu izlučevinama ne samo oboljelih ljudi i životinja već i klinički zdravih jedinki. Često su zdrave životinje, nosioci **L. monocytogenes**, i takođe mogu biti potencijalni izvor za kontaminaciju sredine. Fekalni materijal od asimptomatično zaražene stoke, koji sadrži listeriju, može biti prenesen u klaoničko područje i kontaminirati sirovo meso. *L. monocytogenes* je izolovana iz svih glavnih kategorija hrane, uključujući mlijeko i mliječne proizvode, meso i živinski proizvodi, povrće, i morski proizvodi.

Nizak inokulum *L. monocytogenes*, u namirnicama, može preći u značajnu dozu za potrošača, u zavisnosti od dužine uskladištenja i rukovanja pojedinim produktom što predstavlja novo žarište infekcije. Može preživjeti u dužem vremenskom periodu u smrznutoj i sušenoj hrani. Može rasti u proizvodnim linijama, u proizvodnom okruženju i može opstati na opremi koja se

teško čisti. Čak i u proizvodnim cjelinama za preradu hrane sa visokim higijenskim uslovima, rekontaminacija se ne može potpuno spriječiti⁵.

Prisustvo *L. monocytogenes* u mesu može da potiče od zaražene stoke ili je do kontaminacije došlo uslijed kontakta mesa sa kontaminiranim radnim površinama u mesnicama. Prema različitim autorima, učestalost listerija u mesu različitih životinja kreće se od 16 do 17% pa i preko 60%^{6,7}. *L. monocytogenes* izolirana je u 8 - 70% uzoraka uzetih iz okoliša klaonica i mesnih pogona^{8,9,10,11}. Istraživanja u Bosni i Hercegovini (BiH) su pokazala visoku kontaminaciju sirovog mesa sa *L. monocytogenes*¹². Publikovanih radova o prisustvu *L. monocytogenes* na radnim površinama u mesnoj industriji i mesnicama sa područja BiH nema. BiH je jedna od rijetkih zemalja u kojoj ne postoje zakonske odredbe koje obavezuju testiranje prisustva *L. monocytogenes* u hrani.

Pošto su dosadašnja malobrojna istraživanja u BiH pokazala visoku kontaminaciju mesa sa *Listeria* spp. glavni cilj ovog istraživanja je utvrditi kontaminiranosti različitih radnih površina bakterijama iz roda *Listeria* u mesnicama sa područja grada Tuzle.

MATERIJALI I METODE

Mikrobiološka ispitivanja su rađena u periodu juli-septembar 2007. godine u laboratoriju za mikrobiologiju Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Tuzli. Ispitivanja su obuhvatala 50 uzoraka u 10 mesnica na području grada Tuzle. U mesnicama su analizirane sljedeće radne površine: panj, nož, mašina za mljevenje mesa, frižider-izlog i frižider-hladnjača. Uzorci su uzimani sterilnim brisevima. Iz epruvete se izvadi štapić sa vatom (bris) i

laganim pritiskom o stjenku epruvete se istisne višak fiziološke otopine. Vlažnim brisom se pređe nekoliko puta preko površine sa koje se uzima uzorak, a zatim se ubaci štapić brisa u epruvetu sa 9 ml Fraser-bujona i aseptično se odlomi vrh štapića kako bi bris bio uronjen u podlogu. Uzorci su transportovani isti dan u prenosnom frižideru do laboratorije gdje su inkubirani na 37°C/48 sati. Izolacija i identifikacija bakterija iz roda *Listeria* je vršena primjenom metode ISO 11290-1:1996/Amd.1:2004 (E)¹³. Nakon 48 sati svaki uzorak koji je prouzročio promjenu boje Fraser-bujona (pozitivna reakcija na eskulin) presijan je na Oxford agar i inkubiran 24 sata na 37°C. Nakon inkubacije posmatrane su porasle kolonije. Karakteristične kolonije za bakterije iz roda *Listeria* na Oxford agaru su okrugle, prečnika 1-2 mm, sivo-crne sa udubljenim centrom u sredini i sa smeđe-crnim oreolom oko kolonije. Karakteristične kolonije listerija sa Oxford agara su presijane na triptona soja agar sa 0,6% ekstrakta kvasca (Tryptone soya yeast extract agar - TSYEA) i inkubirane na 37°C od 18 do 24 sata. U cilju identifikacije iz čistih kultura sa TSYEA vršena su sljedeća

testiranja: katalaza test, pokretljivost, bojenje po Grammu, hemoliza i razgradnja ugljikohidrata (ramnoze i ksiloze)¹³. Kao dodatni test za identifikaciju vrsta iz ovog roda ispitivana je sposobnost razgradnje riboze.

REZULTATI I DISKUSIJA

Mikrobiološka analiza radnih površina u mesnicama na prisustvo bakterija iz roda *Listeria* je pokazala prisustvo navedenih bakterija u 14% uzoraka (7/50). Iz ovog roda identifikovane su dvije vrste: *L. monocytogenes* i *L. innocuae*. *L. monocytogenes* je prisutna u 6% uzoraka (3/50), *L. innocua* je izolovana u 8% uzoraka (4/50). Sve izolovane vrste su imale karakterističnu mikroskopsku sliku Gram-pozitivnih štapića sa palisadnim rasporedom i formirale su na Oxford agaru sivo-crne kolonije sa udubljenim centrom u sredini i sa smeđe-crnim oreolom oko kolonije. Sve izolovane vrste su bile pokretne kada su kultivisane na 25°C/8-24sata i katalaza pozitivne. Rezultati ostalih biohemijskih testova korištenih u identifikaciji prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Biohemijske karakteristike izolovanih listerija
Table 1. Biochemical characteristics of isolated *Listeria*

Vrsta Species	Testovi -Tests				
	Hemoliza Haemolysis	Eskulin Aesculin	Ramnoza Rhamnose	Ksiloza Xylose	Riboza Ribose
<i>L. monocytogenes</i>	+	+	+	-	-
<i>L. innocua</i>	-	+	+	-	-

Sumarni rezultati mikrobioloških analiza radnih površina u mesnicama su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati mikrobioloških analiza
Table 2. Results of microbiological analysis

Mesnica br. Butcher shop no.	Panj Stump	Nož Knife	Mašina za mljevenje mesa Meat grinder	Frižider izlog Refrigerator- -shop window	Frižider hladnjača Refrigerator- -chamber
1.	-	-	-	-	-
2.	-	-	<i>L.monocytogenes</i>	-	-
3.	-	-	-	-	-
4.	-	-	<i>L.innocua</i>	<i>L.innocua</i>	-
5.	-	-	-	-	-
6.	-	-	-	-	-
7.	-	-	-	-	<i>L.innocua</i>
8.	-	-	-	-	-
9.	<i>L.innocua</i>	-	-	-	-
10.	<i>L.monocytogenes</i>	-	<i>L.monocytogenes</i>	-	-

Naša istraživanja su pokazala prisustvo patogene *L. monocytogenes* u brisu mašine za mljevenje mesa u dva uzorka (mesnice br.2 i br.10) kao i brisu panja mesnice br.10. Do kontaminacije ovih površina najvjerovatnije je došlo putem kontaminiranog sirovog mesa. U prilog tome govore i podaci o visokoj kontaminiranosti mesa na području sjeverno-istočne Bosne¹². Pošto je mašina za mljevenje mesa složene građe, njen higijenski tretman i dezinfekcija su zahtjevniji u odnosu na ostale analizirane površine. Loš higijenski tretman i neadekvatna dezinfekcija omogućavaju opstanak i razmnožavanje različitih vrsta bakterija. Prisustvo *L. monocytogenes* u mašini za mljevenje mesa, na panju, kao i na drugim radnim površinama, predstavlja potencijalnu opasnost za kontinuiranu kontaminaciju svih vrsta mesa koje dolaze u kontakt sa ovim površinama, a samim tim i opasnost po zdravlje ljudi. Istraživanja provedena u Italiji¹⁴ takođe su pokazala prisustvo *L. monocytogenes* u 10% (2/20) briseva frižidera. Prisustvo apatogene bakterije *L. innocuae* konstatovano je u brisevima radnih površina kontroliranih mesnica. Pošto sve listerije žive u sličnim uslovima moguće

je očekivati i pozitivan nalaz na patogenu *L. monocytogenes*.

Listerije se aktivno razmnožavaju na +4°C. Ukoliko je meso kontaminirano sa listerijama ono može biti i u frižideru dobra podloga za razmnožavanje kako patogenih tako i apatogenih listerija. Rezultati naših istraživanja pokazali su prisustvo *L. innocua* u dva uzorka uzetih u frižideru hladnjači mesnice br.7 i u frižideru-izlogu mesnice br.4., odnosno 10% (2/20) uzoraka je bilo pozitivno na ovu bakteriju. Slične rezultate su objavili istraživači u Portugalu gdje je konstatovano prisustvo *Listeria* spp. u frižiderima u 9,3% (8/86) uzoraka¹⁵. *L. innocua* je izolovana i u brisu panja u mesnici br.9.

Da *L. innocua* i nije tako bazazlena pokazuje i prvi zabilježeni slučaj fatalne bakteriemije uzrokovane sa ovom bakterijom¹⁶.

Svi ovi podaci ukazuju na to da se čišćenju i dezinfekciji navedenih površina treba posvetiti veća pažnja jer loše higijenske procedure koje se primjenjuju u mesnicama i neadekvatna primjena dezinfekcije omogućava preživljavanje *Listeria* spp. na različitim radnim površinama u mesnicama.

ZAKLJUČCI

Sa radnih površina u mesnicama izolovane su dvije vrste bakterija iz roda *Listeria* i to: *L. innocua* i *L. monocytogenes*. Od ukupnog broja analiziranih uzoraka *L. innocua* je izolovana u 8% uzoraka (4/50), a *L. monocytogenes* u 6% uzoraka (3/50). *L. innocua* je izolovana u mesnicama sa radnih površina: mašina za mljevenje mesa, frižider-izlog, frižider hladnjača i na panju za sječenje mesa, dok je *L. monocytogenes* izolovana u brisu uzetog sa mašine za mljevenje mesa i panju za sječenje mesa. U brisevima uzetih sa noževa nisu izolovane bakterije iz roda *Listeria*.

Higijenska ispravnost mesa zavisi od stepena zdravstvene kulture odnosno prosvijećenosti radnika koji dolaze u kontakt sa mesom, higijeni pribora, posuđa, strojeva i radnih površina s kojima namirnica dolazi u kontakt. Mikrobiološka čistoća radnih površina u mesnicama može se ostvariti samo uz upotrebu sistemskih i naučno provjerenih mjera.

Ovo istraživanje potvrđuje ranija saznanja o postojanju bakterija iz roda *Listeria*, odnosno *L. monocytogenes* na prostorima Bosne i Hercegovine, te ukazuje na potrebu ozbiljnijeg pristupa u prevenciji ove pojave. Jedan od prvih koraka je uvođenje zakonske obaveze kontrole namirnica na ovaj patogen.

LITERATURA

1. F. Allerberger, *Listeria*, In: Simjee S (ed.), *Foodborne Diseases. Humana Press, Totowa, New Jersey, 2007*, pp. 27-39.
2. M. Hukić, Gram-pozitivni aerobni nesporogeni bacili, U: M. Hukić i sar. (eds.), *Bakteriologija*. Jež, Sarajevo, 2005, pp. 195-199.
3. A. Malicki, S. Brużewicz, J. Molenda. *EJPAU, Veterinary Medicine*, 8 (3) (2005) (<http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue3/art-37.html>)
4. E. T. Ryser, S. M Arimi, C. W. Donnelly, *Appl. Environ. Microbiol.* 63 (9) (1997) 3695-3697.
5. M. VanSchothorst, *Food Control* 7 (1996) 203-208.
6. J. G. Amoril, A. K Bhunia, *J. Food Saf.* 19 (1999) 195-207.
7. J. Jay, *Food Control* 7 (1996) 209-214.
8. E. Chasseignaux, P. Gerault, M.T. Toquin, G. Salvat, P. Colin, G. Ermel, *FEMS Microbiol. Lett.* 210 (2002) 271-275.
9. L. Lawrence, A. Gilmoure, *Appl. Environ. Microbiol.* 60 (1994) 4600-4604.
10. B. Ojeniyi, H. Wegener, N. Jensen, M. Bisgaard, *J. Appl. Bacteriol.* 80 (1996) 395-401.
11. G. Salvat, M. Toqui, Y. Miche, P. Colin, *Int. J. Food Microbiol.* 25 (1995) 75-81.
12. S. Hodžić, M. Hukić, *Veterinaria*, 53 (1) (2004) 1-12.
13. ISO 11290-1:1996/Amd.1:2004 (E) *Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes**, International standard.
14. S. M. Lucia, R. Giancarlo, R. Addolorato, I. Giorgio, G. G.Maria, *J. Food Prot.* 60 (4) (1997) 367-371.
15. I. Azevedo, M. Regalo, C. Mena, G. Almeida, L. Carneiro, P. Teixeira, T. Hogg, P. A. Gibbs, *Food Control*, 16 (2) (2005) 121-124.
16. M. Perin, M. Bemer, C. Delamare, *J. Clin. Microbiol.* 41 (11) (2003) 5308-5309.

CONTAMINATION OF WORKING SURFACES IN BUTCHER SHOPS WITH BACTERIA *LISTERIA MONOCYTOGENES*

Snježana Hodžić, Suad Širanović, Darja Kubiček, Amir Mujačić

Abstract

Listeria monocytogenes (*L. monocytogenes*) is pathogenic bacteria cause of listeriosis, diseases of humans and animals. Under natural conditions, from listeriosis suffer a variety animals, most often sheep and cattle. Since *L.monocytogenes* is an ubiquitous microorganism and has been isolated from almost all environments, it is clear that it is spread not only as zoonosis, but there are different sources of listeriosis outbreak. The aim of this study was to assess the degree of contamination of working surfaces by bacteria of the genus *Listeria* in a butcher shops from the town of Tuzla. Samples were taken by swabbing of working surfaces: stump, knife, meat grinder, refrigerator-shop window and refrigerator-chamber. From a total of 50 samples of working surface from 10 butcher shops *L. innocua* was isolated in 8% (4/50) and *L. monocytogenes* in 6% (3/50) patterns. This research confirmed the earlier cognitions on existence of *L.monocytogenes* in Bosnia and Herzegovina and indicates a need for more serious approach in prevention of this phenomena. One of the first steps taken in that regard is introduction of the legal obligation of food control to this pathogen.

Keywords: *L. monocytogenes*, working surface, butcher shops.

PROJEKTOVANJE POUZDANOSTI REAKTORA ZA PROIZVODNJU POLIMERA U HEMIJSKOJ INDUSTRIJI

IZVORNI NAUČNI RAD

Primljeno 23. februara 2010. godine
Primljeno u korigiranoj formi 8. aprila 2010. godine
Primljeno u korigiranoj formi 21. aprila 2010. godine
Prihvaćeno 14. maja 2010. godine

Branko B. Pejović, Vladan M. Mičić*, Miladin Gligorić, Mitar Perušić
*Tehnološki fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu, Karakaj bb,
75400 Zvornik, Bosna i Hercegovina*

Sažetak

U uvodnom dijelu rada date su definicije i relacije za određivanje pouzdanosti i verovatnoće otkaza tehničkog sistema. Nakon toga, za analizu i proračun pouzdanosti, predložena je deduktivna metoda zasnovana na konstruisanju strukturne šeme, na bazi induktivnog zaključivanja u obliku logičke strukture. Za međusobno povezivanje događaja, pogodno je koristiti standardizovane logičke simbole, koji su u radu detaljno opisani.

U nastavku rada pokazano je, da je za analitičko predstavljanje pouzdanosti sistema efikasno koristiti pravila matematičke logike odnosno Bulove algebre. Sve relacije za proračun dobijaju se na bazi teorema verovatnoće zbira i proizvoda posmatranih događaja.

U drugom delu rada, izvršena je verifikacija postavljenog modela na jednom karakterističnom primeru iz hemijske industrije gde je posmatrana grupa reaktora u kojima se obavlja proces polimerizacije. Pri ovome za neželjeni događaj posmatranog tehnološkog sistema uzeta je neispravna partija. Na bazi konstruisane strukturne šeme pouzdanosti, za posmatrani primer analitički je određena verovatnoća pojave neželjenog događaja odnosno pouzdanost, u zavisnosti od svih ulaznih uticajnih događaja. Projektovanje pouzdanosti, izvršeno je na bazi logičkih kola i pravila Bulove algebre.

Na kraju rada, izvršena je kvalitativna i kvantitativna analiza posmatranog problema što je omogućilo donošenje odluka kojima bi se minimizirali očekivani gubici kao i njihova kontrola, a sve u cilju kvalitetnije proizvodnje. Isto tako, pokazano je da se prikazani model može efikasno primeniti u mnogim oblastima hemijske tehnologije, posebno u slučajevima gde postoji informacioni sistem i baza podataka o tehnološkom procesu.

Ključne riječi: *Bulova algebra, verovatnoća događaja, logičke strukture i relacije, minimizacija gubitaka, projektovanje pouzdanosti, otkaz reaktora, strukturna šema otkaza, reakcija polimerizacije, hemijska industrija, tehnološki sistem.*

UVOD

Nauka koja se bavi izučavanjem otkaza, (engl. failure), tehničkih sistema i njihovih sastavnih elemenata, je teorija pouzdanosti. Otkaz rada elemenata sistema nastaje ako se dostignu kritična stanja u osnovnim delovima

u kojima oni ne mogu da vrše svoju funkciju. Pouzdanost, (engl. reliability), sa praktičnog stanovišta najpotpunije može da se shvati kao svojstvo sistema da radi bez otkaza u određenim uslovima (režimi rada i okolina) u određenom periodu vremena,^{1,2,3}.

*Korespondentni autor; E-mail: vlado21micic@ptt.rs

Opšta relacija za pouzdanost biće, ^{3,4}:

$$P(t) = \frac{N_d(t)}{N_o} \quad (1)$$

Ovde $P(t)$, kao merilo pouzdanosti predstavlja verovatnoću rada bez neispravnosti za neko vreme manje ili jednako t . U relaciji (1), $N_d(t)$ predstavlja broj ispravnih elemenata ili mašina, dok je N_o broj posmatranih elemenata ili mašina.

Za slučaj da je poznata verovatnoća otkaza $R(t)$, odnosno nepouzdanost, pouzdanost $P(t)$ se može odrediti iz relacije:

$$P(t) + R(t) = 1 \quad (2)$$

Prema tome, zbir verovatnoće ispravnog rada i verovatnoće pojave otkaza je jednak jedinici.

Analiza pouzdanosti podrazumeva analiziranje otkaza tehničkih sistema i sastavnih elemenata, kao i svih činilaca koji na određeni način utiču na njihovu pojavu ^{5,6}. Osnovni aparat koji se koristi za ove analize je teorija verovatnoće, odnosno statistička matematika i druge srodne matematičke discipline, na primer matematička logika.

Na osnovu prethodnog određuju se kvantitativne karakteristike pouzdanosti sistema ili elemenata sistema. Pri ovome neophodno je: definisati uslove ispitivanja u kojima sistem treba normalno da funkcioniše; odrediti parametre koji se posmatraju; definisati otkaz; odrediti obim uzorka i način uzorkovanja; definisati slučajne veličine; definisati plan ispitivanja; utvrditi vreme trajanja ispitivanja; odrediti karakteristike pouzdanosti, ^{3,4,5}.

Da bi se prethodno ostvarilo potrebno je da uzorak bude homogen to jest da su svi elementi istog tipa, proizvedeni pod istim uslovima i da se ispitivanje sprovodi u istim uslovima. Za obezbeđivanje potrebnih i dovoljnih podataka za određivanje karakteristika pouzdanosti potrebno je postojanje određenih

podataka sa odgovarajućom tehničkom dokumentacijom. Informacije o pouzdanosti neophodne su kako proizvođačima tako i korisnicima tehničkih sistema ^{5,6}.

Kao jedna od bitnih komponenata kvaliteta tehničkih sistema, pouzdanost u savremenim uslovima ima značajnu ulogu. Polazeći od ove činjenice danas se teži proizvodnji što pouzdanijih sistema i njihovih elemenata. Da bi se ovo postiglo potrebno je pristupiti pouzdanosti još u razvojnoj fazi, odnosno u fazi projektovanja novog sistema, a u laboratoriji i eksploataciji analizi pouzdanosti. Neophodno je da sistem koji se projektuje poseduje određene, unapred zadate karakteristike i pokazatelje pouzdanosti ^{3,4,6,7}.

Tehnički sistemi predstavljaju skupove elemenata i relacija između njih i njihovih karakteristika, povezanih međusobno u celinu na način pogodan za vršenje korisnog rada ^{6, 8}.

Tehnološki sistemi predstavljaju deo tehničkog sistema. To znači, da je za funkcionisanje sistema, pored kvaliteta elemenata u celini, neophodna određena veza između njih ^{9,10,11}. Svaki složeni sistem objedinjuje veći ili manji broj sastavnih elemenata, te se o njegovoj pouzdanosti može suditi samo ako se analiziraju i analitički obuhvate pouzdanosti svakog detalja ponaosob ^{3,6,12,13}.

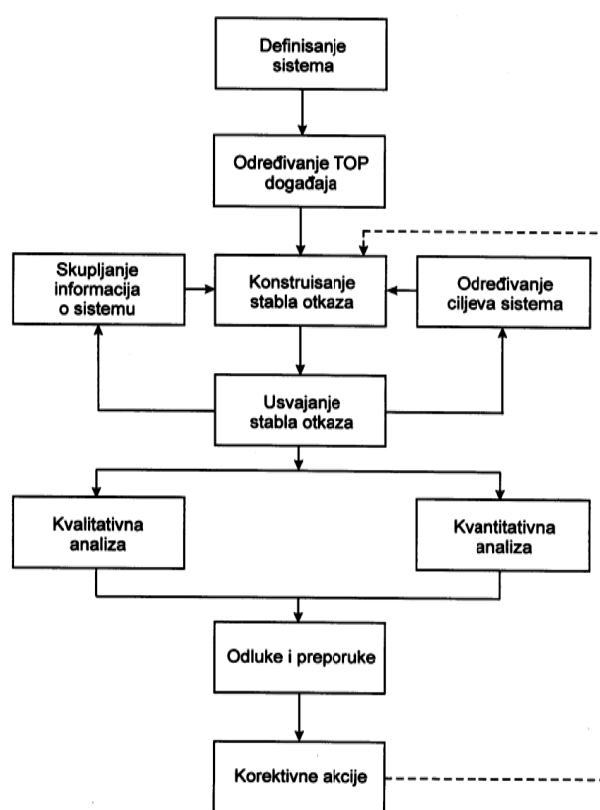
U cilju omogućavanja analize, u teoriji pouzdanosti se posebno analiziraju načini povezivanja elemenata sistema sa stanovišta oblikovanja strukturne šeme pouzdanosti, na osnovu koje treba izvesti analitičke izraze za izračunavanje pouzdanosti sistema ^{5,7,8,12}. Pri oblikovanju šeme pouzdanosti, posebno treba voditi računa o tehnološkom načinu međusobnog povezivanja elemenata sistema radi vršenja određene funkcije i veze ovih elemenata u šemi pouzdanosti.

STRUKTURNA ŠEMA POUZDANOSTI SISTEMA

Jedna od osnovnih metoda analize sigurnosti sistema zasniva se na bazi konstruisanja strukturne šeme otkaza, koja se ponekad naziva i stablo otkaza. Ovde se na početku definiše neželjeni događaj, (engl. “top event”), a zatim se analizira uticaj ponašanja pojedinih elemenata sistema na njegovo ponašanje. Analiza se oslanja na dijagramske opise koji simbolično opisuju logičke relacije između događaja^{1,4,7,9}. Neželjeni događaji sistema od kojih se ovde polazi, otkrivaju se induktivnom analizom,^{10,11,13}. Otkazi sistema, ovde su neželjena stanja sistema koji se mogu pojaviti kao rezultat funkcionalnih otkaza pojedinih elemenata sistema. Analiza počinje kvalitativnim definisanjem neželjenog događaja a potom se ide unazad kroz konfiguraciju sistema kako bi se pronašli otkazi elemenata sistema i proceduralne greške koje mogu dovesti do neželjenog događaja. Odnosi između specifičnih događaja se prikazuju grafički. Isto tako, prati se kako ovi događaji mogu prouzrokovati prethodno naznačen neželjeni događaj, od koga se polazi u analizi. Događaji koji mogu prouzrokovati neželjeni događaj prikazuju se po redosledu. Putevi otkaza odnose se na logičke redoslede događaja koji vode do neželjenog događaja. Treba prilično vremena i iskustva da se pripremi strukturna šema otkaza. Obično se počinje sa izradom projekta i montažom postrojenja, a onda se pristupa poboljšanju kako kvalitativne tako i kvantitativne informacije u šemi. Pri ovome pored iskustva neophodno je skupiti i istorijske podatke.

Metodologija analize strukturne šeme pouzdanosti

Metodologija analize otkaza obuhvata^{4,6,12,13}: određivanje neželjenog događaja; upoznavanje rada sistema koji treba da se analizira; konstruisanje strukturne šeme otkaza; usvajanje strukturne šeme; ocena strukturne šeme; obezbeđenje preporuka i alternativa za donošenje odluka. Šematski prikaz metodologije analize otkaza sistema prikazan je na slici 1.



Slika 1. Metodologija analize otkaza
Figure 1. Failure analysis methodology

Neželjeni događaj je onaj koji se želi sprečiti i koji je od primarnog značaja, a koji predstavlja neželjeni rezultat. Logična i kompletna analiza, može se izvršiti samo potpunim poznavanjem sistema, njegovih sastavnih elemenata podataka i njihovih međusobnih odnosa.

Sve informacije treba da se pribave i ispitaju. Takva dokumenta obuhvataju: šematske crteže, tehnološke šeme postupka, dijagrame, priručnike za rad i održavanje, itd. Na početku se izlaže kako sistem koji se razmatra treba da funkcioniše kada normalno radi. Na osnovu ovog pregleda mogu se nabrojati načini na koje elementi sistema mogu da otkazu čime se dolazi do neželjenog događaja. Vođenje evidencije o nezgodama koje su dovele do slabog učinka u proizvodnji ili neočekivanih prekida rada mogu biti korisne. To je obično prikazano u izveštajima o proizvodnji i održavanju, odnosno u tehničkim izveštajima. Iz ovakvih izveštaja može se dobiti uvid o uzroku lošeg funkcionisanja i proizvodnih gubitaka. Prema ovim dokumentima mogu se odrediti vrednosti verovatnoće kod ulaznih događaja što će omogućiti da se izračuna verovatnoća neželjenog događaja.






Nakon što je naznačen neželjeni događaj, sastavlja se analitička šema koristeći logička kola i standardizovane simbole događaja. Mora se ići odgovarajućom logikom da bi se obezbedilo da svi događaji zadovolje potrebne i dovoljne kriterijume. Svaki događaj je bitan za logiku šeme (potreban), a ni jedna druga informacija nije potrebna (dovoljna) da bi se dobio navedeni izlaz. Svi ostali događaji su isključeni kao nebitni ili su dodati osnovnom ili nižem redu. Ovakav postupak dovodi do razvoja šeme otkaza sa Bulovim (Booleovim) logičkim kolima koje međusobno povezuju događaje koji bi mogli dati navedeni izlaz. Dobijena šema otkaza treba da zadovoljava namenjene svrhe. Funkcionisanje sistema treba da bude potpuno jasno opisano, dok događaji na ulazu u logička kola treba da budu potrebni i dovoljni.

Nakon usvajanja strukturne šeme otkaza, njeno proučavanje može biti kako

kvalitativno tako i kvantitativno. Kvalitativne ocene se odnose na povezivanje puteva sa neželjenim događajem. Ukoliko je potrebno predlažu se promene u sistemu. Pri ovome, ugrađuju se odgovarajući rizici kao i primena najefikasnije kontrole za sprečavanje neželjenog događaja. Kvantitativne procene se vrše primenom odgovarajućih statističkih tehnika, da bi se odredila verovatnoća neželjenog događaja pomoću ovih mogućih puteva. Iz dobijenih rezultata, mogu se predložiti razne preporuke i alternativna rešenja korektivne izmene, odluke o kontroli postupka, modifikaciji, popravci i preuzimanju rizika itd. Nakon definisanja neželjenog događaja, u šemu se uvode oni događaji koji su neophodni za odstranjenje neželjenog događaja. Zatim se po redu svaki od ovih događaja razdvaja na sastavne delove da bi se otkrili oni događaji koji doprinose pojavi neželjenog događaja.

Konstrukcija strukturne šeme pouzdanosti

Konstruisanje strukturne šeme otkaza očigledno predstavlja deduktivnu analizu sistema (analiza unazad), koja se vrši od opšteg ka posebnom,^{7,12,13,14}. Da bi se mogla konstruisati strukturna šema mora se razumeti logička struktura konstrukcije sistema i simboli za njeno sastavljanje. Najpogodnije je da se koristi standardizovani princip konstruisanja strukturne šeme i usvojeni logički simboli, prema slici 2. Dat je prikaz najvažnijih simbola, ali postoje i drugi koji se ređe koriste.

Naziv	Simbol	Opis
Događaj na izlazu iz kapije ili opšti događaj		Događaj koji se javlja kao posledica logičke kombinacije ulaznih događaja koji deluju kroz logičku kapiju.
Bazični događaj		Događaj koji ne zahteva dalje razvijanje. To je nezavisan događaj koji se koristi samo kao ulaz u logičku kapiju.
Nerazvijeni događaj		Događaj koji nije razvijen do sopstvenog uzorka. Razvoj je prekinut zbog nepostojanja raspoloživih informacija ili sredstava ili zbog niskog rizika.
I kapija		Logička kapija koja proizvodi izlaz samo ukoliko se dese svi ulazni događaji. Sadrži identifikacionu reč "I".
ILI kapija		Logička kapija koja proizvodi izlaz ukoliko se desi jedan ili više ulaznih događaja. Sadrži identifikacionu reč "ILI".

Slika 2. Standardizovani logički simboli

Figure 2. Standardized logical symbol

Pri konstruisanju, najčešće se koriste dve opšte kategorije simbola^{7,8,15,16}:

- simboli za događaje, koji izražavaju prirodu događaja;
- simboli za logička kola, koji izražavaju zahteve potrebne za pojavljivanje izlaznog događaja.

Za međusobno povezivanje događaja koji dovode do neželjenog događaja u šemi otkaza koriste se logička kola Bulove algebre. To su logička kola predstavljena logičkim simbolima I, ILI, kao kola koja se u praksi najčešće primenjuju:

- a) I kolo – proizvodi izlazni događaj samo ako se istovremeno dese svi ulazni događaji.
- b) ILI kolo – proizvodi izlazni događaj ukoliko se desi jedan ili više ulaznih događaja.

Analitička šema otkaza treba da bude onoliko jednostavna koliko to dozvoljava složenost sistema. Izgradnja logičke progresije, vrši se od neželjenog do bazičnih događaja^{2,6,12,17}. Šema otkaza koja se razvija treba da bude logična. Isto tako nije potrebno razvijati neobične događaje čija je vjerovatnoća da se dese vrlo mala^{3,6,7,18}. Izlaz iz strukturne

šeme otkaza može da bude onoliko dobar koliko su dobri ulazi u šemu^{13,14,19}.

Kvantitativna faza nastanka strukturne šeme nastaje ako se za različite događaje obezbede podaci o verovatnoći. Osnovni događaji u stablu se biraju tako da budu statistički nezavisni događaji, tj. da ostvarenje nekog od događaja ne utiče na verovatnoću nastankom drugog događaja. Za kvantitativne proračune koriste se sledeće dve teoreme iz teorije verovatnoće^{2,7}

- a) Teorema o verovatnoći zbira nesaglasnih događaja

Verovatnoća da nastupi jedan, svejedno koji od dva događaja A i B koji se međusobno isključuju, tj. kad pojava jednog isključuje istovremeno pojavu drugog, jednaka je zbiru verovatnoća tih događaja:

$$P(A + B) = P(A) + P(B) \quad (3)$$

Za paralelne događaje A i B, za slučaj ILI kola, verovatnoća na izlazu iz kola jednaka je :

$$P(AB) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B) \quad (3a)$$

koji odgovara preseku skupova, član $P(A) \cdot P(B)$ normalno se zanemaruje u

proračunima verovatnoće jer su njihove veličine obično malog reda.

a) Teorema verovatnoće proizvoda nezavisnih događaja

Verovatnoća zajedničkog nastupanja dva nezavisna događaja A i B, tj ako pojava jednog od njih ne utiče na verovatnoću pojave drugog, jednaka je proizvodu verovatnoće svakog od tih događaja:

$$P(AB) = P(A) \cdot P(B) \quad (4)$$

Iz prethodne dve teoreme sledi:

- ako je slučaj sa ILI kolom, verovatnoća nastanka događaja na izlazu je suma verovatnoća na ulazu.
- verovatnoća da će rezultat biti takav da će se javiti na izlazu kola I je proizvod verovatnoće svih ulaznih događaja;

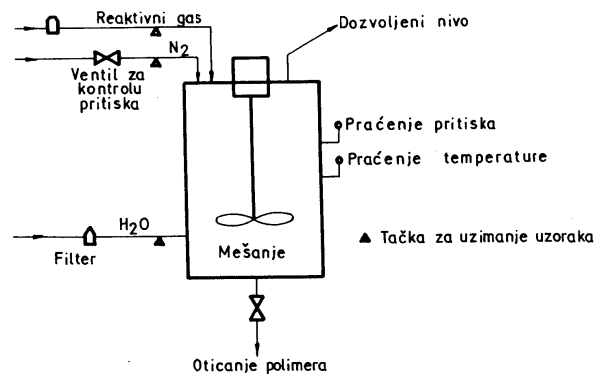
Data analiza, kao što je rečeno važi samo u slučaju kada se događaji uneti u šemu otkaza uzajamno isključuju, tj. kada jedan izlaz može nastati jednom jedinom akcijom, što je najčešći slučaj u praksi. U tom slučaju relacije (3) i (4) se mogu direktno primeniti. Kada se događaji ne isključuju uzajamno mora se napraviti korekcija oduzimanjem verovatnoće $P(AB)$ prema relaciji (3a). Ova korekcija je obično nevažna jer je njena veličina malog reda.

PRIKAZ MODELA NA PRIMERU POLIMERIZACIJE

Postavka problema

Posmatrana hemijska fabrika ima u pogonu reaktor u kome se obavlja proces polimerizacije polipropilena prema slici 3. Proizvedeni polimer može imati različite osobine zavisno od uslova polimerizacije i prirode katalizato-

ra, kao i od stepena čistoće i koncentracije komponentata polimerizacione sredine.



Slika 3. Šematski prikaz reakcije polimerizacije
Figure 3. Polymerization reaction layout

Tabela 1. Osnovni parametri za analizu
Table 1. Prime parameters for analysis

1	Broj reaktora Number of reactors	-	5
2	Trajanje reakcije Reaction time	<i>h</i>	3,5
3	Trajanje čišćenja Cleaning time	<i>h</i>	1
4	Posmatrani period Observed time	<i>dan</i> <i>day</i>	271
5	Ukupan broj partija Total number of batches	-	6500
6	Broj partija na dan Number batches for day	-	24
7	Broj neispravnih partija Number fault batches	-	106
8	Broj ispravnih partija Number true batches	-	6394

Polimerizacija propilena se izvodi u propanu pri temperaturi 65 - 70°C i pritisku od 1 - 4 MPa, kontinualno. Gotovi proizvod, polipropilen predstavlja tvrdi termoplastični polimer koji zahvaljujući izvanrednim tehničkim osobinama ima široku primenu kod

pravljenja cevi, posuda, armature, delova pumpi itd.

Za svaki primljeni nalog, operativno odeljenje fabrike definiše vrednosti parametara procesa, tako da se proizvede potrebna količina proizvoda sa osobinama koje kupac zahteva.

Svaka reakcija traje u proseku 3,5 sata, a zatim se reaktor posle svakog punjenja odnosno partije mora čistiti.

Tokom posmatranog perioda od oko devet meseci, pet reaktora proizvede 6500 posmatranih partija od kojih određen broj nije ispravan. Osnovni parametri posmatranog procesa prikazani su detaljno u tabeli 1. Ispitivanje je, obzirom na neispravne partije, izvršeno pod približno istim proizvedenim uslovima, dok se težilo da posmatrani uzorak bude homogen i dovoljno velik, kako bi se dobili što tačniji rezultati.

Treba zapaziti da neispravne partije utiču pored troškova proizvodnje i na ispunjenje rokova isporuke, s obzirom da je svaka upropašćena partija skupa. Na bazi ove činjenice proizašla je i ideja za rad.

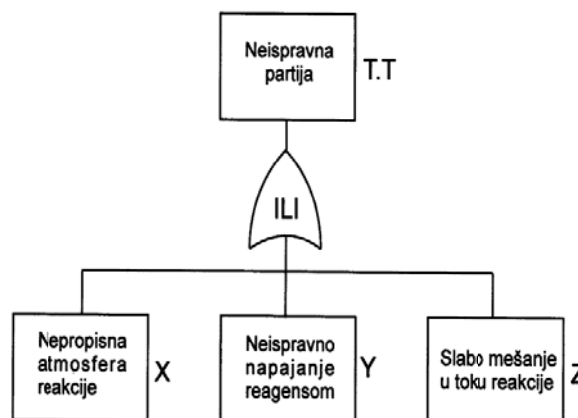
Poznavanje verovatnoće pojavljivanja različitih događaja omogućilo bi donošenje odluka kojima bi se minimizirali očekivani gubici kao i njihova kontrola, što bi bio glavni cilj ovoga rada.

Kvalitativna analiza i konstruisanje strukturne šeme pouzdanosti

U ovom primeru ukupan broj otkaza, definisani kao neispravna partija, odnosno neželjeni događaj (*TT*), dogodiće se: ako je reaktivna sredina neadekvatna (događaj *X*), ili ako je napajanje reagensom neispravno

(događaj *Y*), ili ukoliko je mešanje neadekvatno (događaj *Z*). Ova konstatacija je proizišla iz detaljne analize posmatranog procesa.

S obzirom na prethodno, na slici 4 je prikazana osnovna strukturna šema pouzdanosti.

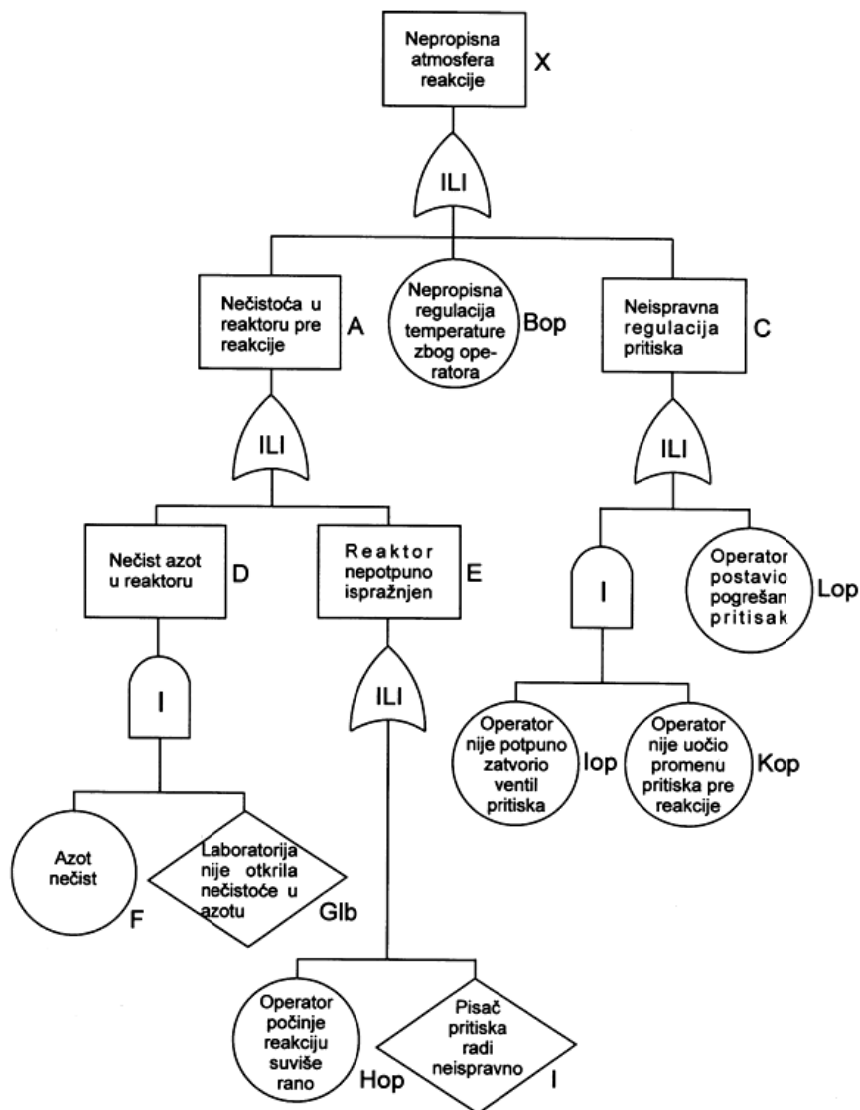


Slika 4. Osnovna šema stabla otkaza za posmatrani primer

Figure 4. Prime scheme of fault free analysis for observational example

Reaktivna sredina je neadekvatna (*X*), ili zbog prisustva nečistoća u reaktoru pre početka novog punjenja odnosno reakcije (*A*), ili zbog lošeg održavanja pritiska (*C*), što je prikazano na slici 5.

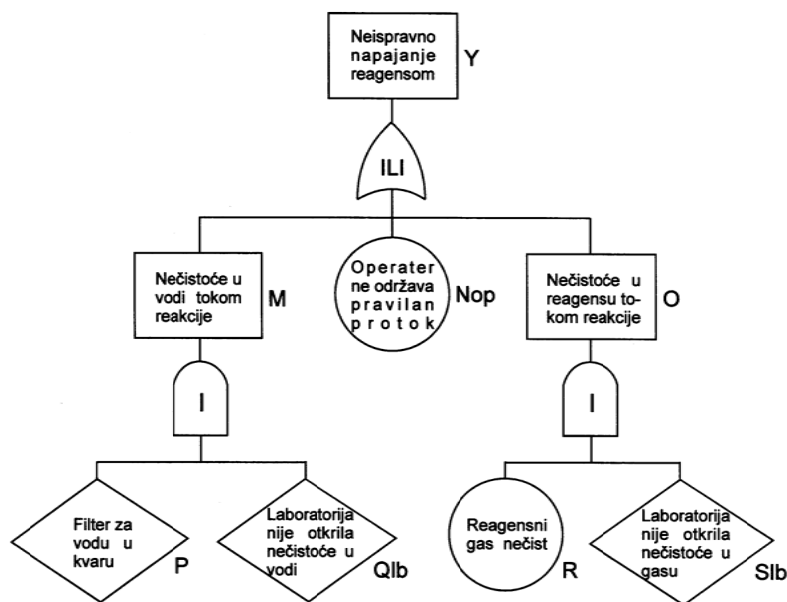
Događaj *A* je ili posledica nečistoće azota u reaktoru (*D*) ili zbog toga što reaktor posle prethodne reakcije nije potpuno ispražnjen (*E*). Događaj *D* je i posledica nečistog gasa azota (*F*) i zbog toga što u laboratoriji nije otkrivena nečistoća gasa azota (*G_{1b}*).



Slika 5. Šema stabla otkaza koja se odnosi na nepropisnu atmosferu reakcije
 Figure 5. Scheme of fault free analysis for incorrect reaction atmosphere

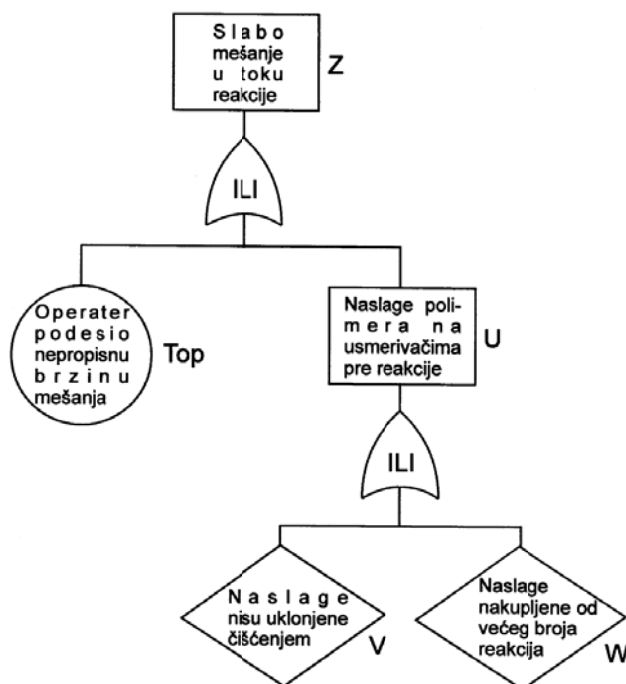
Reaktor nije u potpunosti ispražnjen (E) ili zbog toga što je greškom operatora reakcija započeta pre nego što je to potrebno (H_{op}) ili zbog toga što je neispravan instrument za kontrolu pritiska (I). Održavanje pritiska (C) ili je posledica loše podešenog pritiska od strane operatera (L_{op}) ili zbog toga što operator nije dobro zatvorio ventil za

kontrolu pritiska (J_{op}) i nije zapazio promenu pritiska, do koje je došlo pre reakcije (K_{op}). Dovod reaktoru nije odgovarajući (Y) ili zbog prisustva nečistoća u vodi tokom reakcije (M) ili zbog toga što operator ne održava odgovarajući protok (N_{op}) ili zbog prisustva nečistoća u reaktoru tokom reakcije (O), što je prikazano na slici 6. što se talog nakupio od prethodnog punjenja (W).



Slika 6. Šema stabla otkaza koja se odnosi na nepropisno napajanje reagensom
 Figure 6. Scheme of fault free analysis for incorrect reagens feed

Događaj M će se dogoditi i ako se dogodi otkaz filtera za vodu (P) i ako u laboratoriji nije otkriveno prisustvo nečistoća u vodi (Q_{1b}). Događaj O će se dogoditi i ako reaktivni gas ima nečistoća (R) i ako u laboratoriji nije otkrivena nečistoća (S_{1b}).



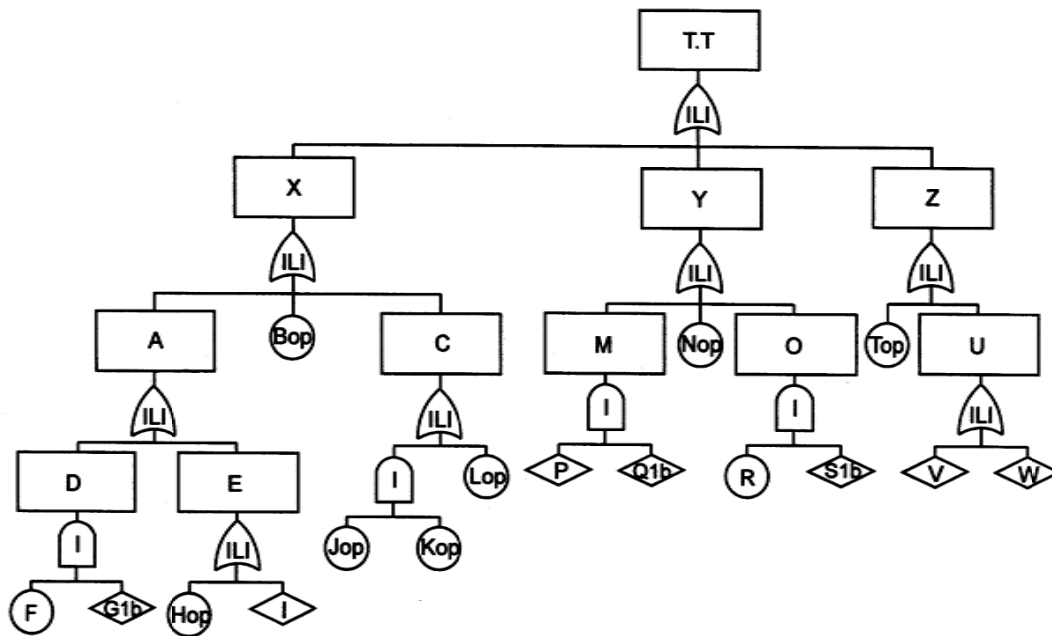
Slika 7. Šema stabla otkaza koja se odnosi slabo mešanje u toku reakcije
 Figure 7. Scheme of fault free analysis for low level mixing in the reaction during

Mešanje za vreme reakcije je loše (Z) ili zbog toga što operator nije dobro podesio brzinu mešanja (T) ili zbog toga što se polimer

nataložio na zidovima i pregradama usmerivača reaktora (U) što je prikazano na slici 7. Taloženje (U) dogodiće se ili zbog toga što

talog od prethodnog punjenja nije očišćen ili što se talog nakupio od prethodnog punjenja Vidi se da otkazi usled uticaja izvan sistema nisu uzeti u razmatranje. Koristeći slike 5, 6 i 7 konstruisana je kompletna strukturna šema pouzdanosti za posmatrani primer polime-

rizacije, slika 8. Ovo na neki način predstavlja i blok šemu otkaza posmatranog procesa. Ovde treba napomenuti da su moguće i drugačije strukturne šeme od prikazane.



Slika 8. Kompletna šema stabla otkaza za posmatrani primer polimerizacije
Figure 8. Complete scheme of fault free analysis for observational polymerization example

Treba zapaziti da šema na slici 8 daje potpuni odgovor na pitanje: “Kako je mogao da se desi neželjeni događaj, odnosno neispravna partija“.

Kod prethodne analize treba zapaziti da je ILI kolo u blok šemi upotrebljeno uvek kada se desi jedan, odnosno bilo koji od ulaznih događaja, a I kolo kada se istovremeno dešavaju svi ulazni događaji. Isto tako, uvek je korišćen romb kao simbol nerazvijenog događaja, kada god je jasno da dalji razvoj događaja nije opravdan, dok je krug korišćen uvek za događaje kada se ne zahteva dalje razvijanje. Takođe, težilo se da odabrani opisi događaja budu jednostavni, razumljivi i sažeti.

Verovatnoća pojave neželjenog događaja, koji je prouzrokovan događajima X, Y, Z za konstruisanu strukturnu šemu pouzdanosti (slika 8), biće:

$$P_{TT} = P_X + P_Y + P_Z \quad (5)$$

Ovi događaji povezuju se logičkim ILI kolom sa tri ulaza. Ovi događaji se dalje analiziraju pošto nisu bazični već posebni. Verovatnoće događaja X biće:

$$P_x = P_A + P_{Bop} + P_C \quad (6)$$

Za događaje A, D, E, i C možemo pisati, redom:

$$P_A = P_D + P_E \quad (7)$$

$$P_D = P_F \cdot P_{Glb} \quad (8)$$

$$P_E = P_{Hop} + P_I \quad (9)$$

$$P_C = P_{Jop} \cdot P_{Kop} + P_{Lop} \quad (10)$$

Za događaj A , prema (7), zamenom (8) i (9) biće:

$$P_A = P_F \cdot P_{Glb} + P_{Hop} + P_I \quad (11)$$

Zamenom relacija (10) i (11) u (6), dobijamo verovatnoću događaja X :

$$P_X = P_F \cdot P_{Glb} + P_{Hop} + P_I + P_{Bop} + P_{Jop} \cdot P_{Kop} + P_{Lop} \quad (12)$$

Isto tako, verovatnoća događaja Y biće:

$$P_Y = P_M + P_O + P_{Nop} \quad (13)$$

Za događaje M i O važi da je:

$$P_M = P_P \cdot P_{Qlb} \quad (14)$$

$$P_O = P_R \cdot P_{Sib} \quad (15)$$

Zamenom relacija (14) i (15) u (13) dobija se verovatnoća događaja P_Y :

$$P_Y = P_P \cdot P_{Qlb} + P_R \cdot P_{Sib} + P_{Nop} \quad (16)$$

Na kraju, za događaj Z biće:

$$P_Z = P_{Top} + P_U \quad (17)$$

Za događaj U važi da je:

$$P_U = P_V + P_W \quad (18)$$

Verovatnoća događaja Z dobija se zamenom (18) u (17):

$$P_Z = P_{Top} + P_V + P_W \quad (19)$$

Kod izvođenja prethodnih relacija korišćeni su komutativni, asocijativni i distributivni zakoni Bulove algebre [7, 14, 15, 21, 22]. Sve date relacije, formirane su na bazi teorema (3) i (4).

Zamenom relacija (12), (16) i (19) u (5) dobijamo verovatnoću pojave neželjenog događaja:

$$P_{TT} = P_F \cdot P_{Glb} + P_{Hop} + P_I + P_{Bop} + P_{Jop} \cdot P_{Kop} + P_{Lop} + P_P \cdot P_{Qlb} + P_R \cdot P_{Sib} + P_{Nop} + P_{Top} + P_V + P_W \quad (20)$$

Relacija (20) predstavlja konačnu funkciju pouzdanosti posmatranog reaktora, kao tehnološkog sistema u zavisnosti od ulaznih događaja. Ista sadrži sve ulazne događaje sadržane u tabeli 2 (kojih ima ukupno šesnaest), i pogodna je kako za kvalitativnu tako i za kvantitativnu analizu, s obzirom da je formirana na bazi Bulovih promenljivih.

Proračun glavnih karakteristika pouzdanosti

Kvantitativni proračuni se vrše na osnovu tabele 2, gde su za određene događaje iz posmatranog procesa izračunate njihove verovatnoće prema broju neispravnih partija, a na bazi ukupnog broja partija koji iznosi 6500, odnosno primenom statističke analize.

Verovatnoće događaja koji se odnosi na neadekvatnu reakcionu sredinu, prema (12), biće:

$$P_X = 0,002310608$$

Na isti način, verovatnoća događaja koji se odnosi na neodgovarajući dovod reaktoru, prema (16) biće:

$$P_Y = 0,001081494$$

$$P_Z = 0,004923$$

Na kraju, verovatnoća događaja koji se odnosi na nepropisno mešanje prema (19) biće:

Tabela 2. Verovatnoće događaja posmatranog tehnološkog sistema
Table 2. Event probability of observed technological system

	<i>Oznaka događaja</i> <i>Event marked</i>	<i>Broj neispravnih partija</i> <i>Number of fault batches</i>	<i>Verovatnoća</i> <i>Stochastic</i>	<i>Opis događaja</i> <i>Event description</i>
1	B_{op}	6	0,000923	<i>Nepropisna regulacija temperature</i> <i>Uncorrect temperature regulation</i>
2	F	12	0,001846	<i>Azot nije čist</i> <i>Nitrogen is not clear</i>
3	G_{ib}	4	0,000615	<i>Nisu otkrivene nečistoće u azotu</i> <i>There are not impjurity in nitrogen</i>
4	H_{op}	3	0,000462	<i>Reakcija počela suviše rano</i> <i>Reaction is started too early</i>
5	I	3	0,000462	<i>Pisač pritiska neispravan</i> <i>Pressure recorder is fault</i>
6	J_{op}	4	0,000615	<i>Ventil pritiska nije potpuno zatvoren</i> <i>Pressure valve is not closed all</i>
7	K_{op}	5	0,000769	<i>Nije uočena promena pritiska pre reakcije</i> <i>Pressure change is not seen before reaction</i>
8	L_{op}	3	0,000462	<i>Postavljen pogrešan pritisak</i> <i>Fault pressure is set up</i>
9	N_{op}	7	0,00108	<i>Ne održava se pravilan protok</i> <i>Correct flow does not maintain</i>
10	P	7	0,00108	<i>Filteri za vodu u kvaru</i> <i>Water filters in defect</i>
11	Q_{ib}	3	0,000462	<i>Nisu otkrivene nečistoće u vodi</i> <i>There are not impjurity in water</i>
12	R	14	0,002154	<i>Reagensni gas nije čist</i> <i>Reagent gas is not clear</i>
13	S_{ib}	3	0,000462	<i>Nisu otkrivene nečistoće u gasu</i> <i>There are not gas imjurities</i>
14	T_{op}	5	0,000769	<i>Podušena nepropisna brzina mešanja</i> <i>Uncorrect speed of mixing was set up.</i>
15	V	7	0,001077	<i>Naslage nisu uklonjene čišćenjem</i> <i>Deposits did not remove with cleaning</i>
16	W	20	0,003077	<i>Naslage nakupljene od većeg broja reakcija</i> <i>Deposits collects from many reactions</i>

Greške od strane operatera, mogu se prikazati prema (20) kao:

$$P_{op} = P_{Hop} + P_{Bop} + P_{Jop} \cdot P_{Kop} + P_{Lop} + P_{Nop} + P_{Top} \quad (21)$$

$$P_{op} = 0,00360042$$

Nepropisno čišćenje reaktora posle reakcije, može se prikazati s obzirom na (20) kao:

$$P_U = P_V + P_W = 0,004154 \quad (22)$$

Verovatnoće pojave neželjenog događaja prema (20) biće:

$$P_{TT} = 0,0083151$$

što prema (2) daje pouzdanost:

$$R_T = 1 - P_{TT} = 0,9916849$$

Iako je dobijena relativno visoka pouzdanost, ne ispravne partije znatno povećavaju troškove proizvodnje, što znači da treba težiti većoj pouzdanosti od izračunate. Zapaža se da manja verovatnoća neželjenog događaja dovodi do veće pouzdanosti sistema i obrnuto.

KRATKA ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Analizom konačnog izraza (20) odnosno (21) i (22), može se uočiti da su osnovni faktori koji doprinose lošoj proizvodnji: nepropisno čišćenje reaktora posle reakcije (P_U) i određen broj grešaka od strane operatera (P_{op}). Isto tako gubici vezani za laboratoriju nisu relativno visoki.

Na osnovu ovoga može se zaključiti da će najveće smanjenje verovatnoće pojavljivanja neželjenog događaja biti postignuto

ulaganjem u bolje sisteme za čišćenje reaktora odnosno u opremu za automatsku kontrolu procesa, što bi uticalo na povećanje pouzdanosti sistema.

Kod hemijskih postrojenja, kakva su prikazani reaktori u kojima se odvija proces polimerizacije, značajan je uticaj načina vođenja procesa na njihovu pouzdanost u radu. Manuelni način upravljanja procesom, treba kad je god to moguće, isključiti jer je to glavni razlog koji utiče na dobijanje lošeg proizvoda. Isto tako, na pouzdan rad postrojenja, bitan uticaj imaju kako kontrola procesa tako i upravljanje radnim parametrima, i čistoća ulaznih reaktanata.

ZAKLJUČCI

Model prikazan u radu, baziran na konstrukciji strukturne šeme pouzdanosti, primenjuje se u mnogim oblastima tehnike. Na konkretnom primeru iz prakse, pokazano je da se isti može efikasno primeniti i u oblasti hemijske tehnologije.

Za primenu datog modela dobijenog na bazi dedukcije, neophodno je potpuno poznavanje sistema koji se analizira, odnosno njegovih sastavnih elemenata, njihovih tehnoloških veza, kao i odgovarajućih tehničko-tehnoloških podataka.

Strukturna šema, odnosno stablo otkaza se konstruiše u obliku logičke progresije, na bazi poznavanja komponenti sistema i induktivnog zaključivanja.

Kod praktične primene modela posebno treba obratiti pažnju da ne dođe do izostavljanja pojedinih događaja kao i do netačne logike. Pri ovome, kod praktičnih primera iz hemijske industrije, skoro uvek se posmatraju statistički nezavisni događaji.

U radu je pokazano, da se složeni tehnološki procesi mogu opisati jednostavnim simbolima i logičkim relacijama između pojedinih

događaja, što znatno olakšava primenu u praksi, posebno za slučaj minimiziranja, analize i kontrole gubitaka u sistemu.

Prikazani model, na neki način predstavlja pregledno sređenu analitičku šemu pouzdanosti gde je prethodno data sistematizacija razmišljanja o celokupnom procesu na jednom mestu što olakšava primenu u inženjerskoj praksi. Ovo se posebno odnosi na: logičke i kompleksne analize, kako kvalitativne tako i kvantitativne, odnosno dobijanje kompletnih informacija o stanju procesa. Informacija o ukupnoj verovatnoći neželjenog događaja, odnosno funkciji pouzdanosti sistema, dobija se pomoću svih mogućih puteva i verovatnoće svakog detalja.

U odnosu na druge metode koje se u teoriji i praksi primenjuju za rešavanje date problematike, očigledna je prednost primene Bulovalove algebre i njenih zakona, gde se opisivanje i povezivanje mogućih događaja odnosno logičkih odnosa, izvodi logičkim kolima I i ILI, odnosno standardizovanim simbolima, i na kraju logičkim relacijama. Pri ovome mora se razumeti logička struktura konstrukcije posmatranog sistema. Pri projektovanju tehnoloških sistema i procesa neophodno je voditi računa o potrebnoj pouzdanosti kao jednom od važnih podataka, s obzirom da danas projektovanje sa stanovišta pouzdanosti nije dovoljno zastupljeno u praksi od strane projektanata, što se ne može opravdati.

Prikazani model omogućuje donošenje objektivnih odluka čime se izbegava prosuđivanje na osnovu intuicije koje je ponekad neopravdano prisustvo u praksi. Isto tako utvrđuju se osnovni faktori koji doprinose lošoj proizvodnji, odnosno alternativna rešenja, što može takođe imati praktičan značaj.

Data strukturna šema je pogodna za automatizovanu analizu primenom odgovara-

jućeg algoritma i računarskog programa, što je posebno važno kod složenih tehnoloških procesa.

Prikazani model može efikasno poslužiti kao podloga za analizu pouzdanosti kod mnogih procesa u hemijskoj industriji, kako u periodu eksploatacije tako i u fazi projektovanja. Glavni razlog za ovo je što se ovde redovno vodi detaljna evidencija o procesu dok često postoji informacioni sistem kao i baza podataka za proces, što olakšava prikupljanje neophodnih podataka, potrebnih za projektovanje pouzdanosti.

LITERATURA

1. E. Kozlov, I. Ušakov, Sprovočnik po rasčete nadežnosti, Sovetskoe radio, Moskva, 1985.
2. B. V. Gnedenko, Y. K. Belyaev, Matematičeskie metodi v teorii nadežnosti, Nauka, Moskva, 1984
3. G. H. Sandler, System reliability engineering, Prentice Hall, Englewood cliffs, New Jersey, 1983
4. A. G. Green, A. J. Bourne, Reliability technology, John Wiley, New York, 1988.
5. K. C. Kapur, L. R. Lamberson, Reliability engineering design, John Willey, New York, 1989
6. D. Zelenović, D. Stanivuković, Pouzdanost sistema, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1979.
7. A. M. Polovko, Sbornik zadač po teorii nadežnosti, Sovetskoe radio, Moskva, 2001.
8. F. C. Thompkins, A methodology for failure analysis in chemical processing systems, D. S. Diss, MIT, cambridge, 1984.
9. O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, 3rd ed. New York, Wiley, 1999.
10. H. Scott Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, 4rd ed. New York, Michigan, 2008
11. J. Sadadinović, Organska tehnologija, Tehnološki fakultet Univerziteta u Tuzli, Tuzla, 2008.
12. D. Kececioglu, Pouzdanost, predviđanje pouzdanosti, ispitivanje pouzdanosti i konstruisanje po principima teorije pouzdanosti, Saobraćajni fakultet Beograd, 2002.
13. S. R. Calabro, Reliability principles and practices, Mc Graw-Hill, New York, 2003.
14. M. Vujošević, Analiza stabla neispravnosti, Tehnička knjiga, Beograd, 1983
15. R. E. Barlow, F. Proshan, Mathematical theory reliability. Wiley, new York, 1984.

16. D. Stanivuković, G. Ivanović, Efektivnost tehničkih sistema, Zbirka zadataka, FTN, Novi Sad, 1978.
17. Y. B. Šor, F. I. Kuzmin, Tablici analiza i kontrolya nadežnosti, Sovetskoe radio, Moskva 1988.
18. V. R. Milačić, Informacioni sistem i pouzdanost proizvoda, Mašinski fakultet, Beograd, 1970.
19. J. Todorović, Pouzdanost mašinskih sistema, Mašinski fakultet, Beograd, 1977.
20. B. Vojnović, Pristupi određivanju efikasnosti tehničkih sistema, IEFTES, Novi Sad, 1975.
21. B. Borojević, Metodologija naučnoistraživačkog rada, Naučna knjiga, Beograd, 1992.
22. B. Vukadinović, Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd, 1978.
23. J. Todorović, D. Zelenović, Efektivnost sistema u mašinstvu, Naučna knjiga, Beograd, 1994.
24. D. J. Smith, Reliability engineering, Pitman Publishing, London, 1996.
25. T. M. Apostol, Mathematical Analysis, Reading, Mass, Addison – Wesley, 1987
26. S. Vukadinović, Zbirka rešenih zadataka iz teorije verovatnoće, Privredni pregled, Beograd, 1995.
27. R. Bellman, Dynamic Programming, Princeton, N. J. Princeton University Press, 1988.
28. A. D. S. Carter, Mechanical reliability, the Macmilan Press Ltd, London, Basing stoke, 1983.

DESIGN REACTOR RELIABILITY FOR POLYMER PRODUCTION IN CHEMICAL INDUSTRY

Branko B. Pejović, Vladan M. Mičić, Miladin Gligorić, Mitar Perušić

Abstract

In the introduction of this paper, definitions and relations for calculation reliability and failure probability of technical system were given. Afterwards, deductive method based on structural construction scheme, with inductive conclusion in the logic structure form was suggested for analysis and calculation reliability. Standardized logical symbols detailed described in the paper are used for connecting events. In continue, it was shown that mathematical logic rules or Boolean algebra can be successfully used for analytical presentation of system reliability. Theory of sum probability and multiplication observed events is used for all calculations.

In second part of this paper, verification of established model for characteristic example from chemical industry was performed. Reactors for polymerization process were considered for application. In this case, the incorrect party was taken as undesirable event of observed technological system. On the base of structural scheme of reliability, probability phenomenon of undesirable event in the function of all input events was calculated for given example. Logical circuits and Boolean algebra rules were used in this case.

At the end of this paper, qualitative and quantitative analysis of observed problem was performed and it enabled that we made decision for minimization of loss and their control.

Also, we showed that model can be effectively used in many chemical technology areas, especially where information system and data base for technological system exist.

Keywords: *Boolean algebra, probability of event, logical structures and relations, loss minimization, reactor failure, design reliability, structural scheme failure, reaction of polymerization, chemical industry, technological system.*



ISO 22000 U PPM TUZLA

Briga o proizvodnji sigurnih i kvalitetnih proizvoda te zadovoljstvo kupaca i potrošača glavna je odrednica politike poslovanja PPM Tuzla. U našoj firmi poslovni uspjeh smatramo odista uspjehom samo ako smo u njegovom postizanju ostali dosljedni proizvodnji sigurnih i kvalitetnih proizvoda uz poštivanje ekoloških normi.

Upravo zbog toga opredjelili smo se da pored već implementiranog HACCP sistema idemo i u implementaciju i certifikaciju sistema upravljanja sigurnošću hrane tj. međunarodne norme ISO 22000. Smatramo da ćemo implementacijom norme ISO 22000 dosegnuti naš strateški cilj tj. sigurnost proizvoda što je i naša zakonska obaveza. Na ovaj način u sklopu standarda ISO 22000 certificirati ćemo HACCP sistem, kao i standard ISO 9001, jer su ta dva standarda njegov sastavni dio.

Nastojat ćemo da naši kupci i konačni potrošači prepoznaju naše kontinuirano nastojanje:

- da proizvedemo i ponudimo im sigurne i visoko kvalitetne proizvode,
- da se odgovorno ponašamo prema zaštiti okoliša,
- da ispunjavamo zakonske obaveze.

Zaposleni i menadžment PPM Tuzla će u periodu koji je pred nama uz asistenciju stručnog tima iz LM pripremiti i realizovati sve što je nužno za uspostavljanje i poštivanje politike sigurnosti hrane što i jeste suština norme ISO 22000. Stručni tim iz LM će nas pripremiti i dovesti do postupka certificiranja od strane certifikacijske kuće Bureau Veritas.

Vođa kontrole i kvaliteta:
Vilušić Ljiljana, dipl. ing.

ISPITIVANJE KVALITETA JABUKOVOG SIRĆETA NA BANJALUČKOM TRŽIŠTU

STRUČNI RAD

Primljeno 23. septembra 2009. godine

Primljeno u korigiranoj formi 17. maja 2010. godine

Prihvaćeno 20. maja 2010. godine

Siniša Đaković, Ana Velemir, Aleksandar Savić, Asima Davidović*

*Tehnološki fakultet Univerziteta u Banja Luci, Vojvode Stepe Stepanovića 73,
78000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina*

Sažetak

Zbog sve veće potražnje, ali i ponude jabukovog sirćeta na tržištu, nametnula se potreba ispitivanja i provjere kvaliteta ovog sve popularnijeg proizvoda. Cilj ovog rada je bio da se provjeri kvalitet ove vrste proizvoda, koji se mogu naći na banjalučkom tržištu. U tu svrhu, nabavljeno je 10 uzoraka jabukovog sirćeta od različitih proizvođača. Ispitivanje kvaliteta vršeno je određivanjem ukupne kiselosti, suhe materije, ekstrakta, koncentracije ukupnog SO₂ i vol % etanola. Osim toga, uzorci su takođe ocijenjeni organoleptički. Sve analize su provedene u saglasnosti sa zahtjevima koje propisuje pravilnik o kvalitetu ove vrste proizvoda^{1,2}. Na osnovu dobijenih rezultata, zaključeno je da 6 od 10 ispitanih uzoraka jabukovog sirćeta u potpunosti odgovara zahtjevima koje propisuje Pravilnik¹. Tri uzorka su djelimično ispunila uslove kvaliteta, a jedan uzorak se pokazao neispravnim.

Ključne riječi: *jabukovo sirće, analiza kvaliteta, Pravilnik.*

UVOD

Jabukovo sirće dobija se mikrobnom oksidacijom prevrelog jabučnog soka (jabučnog vina) dobijenog od različitih sorti jabuke, a posebno divlje jabuke. To je aerobni proces u kojem bakterije roda *Acetobacter* oksidiraju etil-alkohol u sirćetnu kiselinu³. Zbog nedovoljnih količina divlje jabuke dostupne za preradu, a i zbog nepovoljnog odnosa šećera i kiselina u plodu divlje jabuke, u industrijskoj proizvodnji se koriste sorte jabuka iz plantažnih zasada kao što su: *Zlatni delišes, Jonatan, Ajdared*⁴. Imajući u vidu sve veću potražnju, kao i ponudu jabučnog sirćeta na tržištu od strane različitih proizvođača, nameće se potreba da se provjeri kvalitet ovih proizvoda i ustanovi

da li je u saglasnosti sa važećim Pravilnikom¹. Zato je cilj ovog rada bio da se izvrši ispitivanje nekoliko različitih uzoraka jabukovog sirćeta dostupnih potrošačima na području banjalučke regije.

MATERIJALI I METODE

Materijal

Nabavljeno je 10 uzoraka jabukovog sirćeta od različitih proizvođača. Organoleptičku ocjenu (boje, mirisa i okusa) ispitivanih uzoraka izvršila je tročlana laička komisija, a rezultati su prikazani u tabeli 1.

Nakon otvaranja svakog uzorka ispitivan je i ocijenjen miris, boja i okus, tj. njegova

*Korespondentni autor: E-mail: dasima323@yahoo.com

senzorna svojstva. Kvalitetno sirće mora biti svijetlo-žute do zlatno-žute boje, bistro, bez taloga i sluzavih materija, oštrog, ali prijatnog mirisa⁴. Za organoleptičke osobine sirćeta posebno je važna proizvodna faza odležavanja sirovog sirćeta, kao i filtracija koja nakon toga slijedi. Da bi se povećao efekat bistrenja mogu se dodati specijalna dozvoljena sredstva (bjelance jajeta, želatin), koja olakšavaju taloženje koloidnih čestica iz mutnog sirćeta, što je posebno važno prilikom proizvodnje jabukovog sirćeta. Ukoliko se pomenute operacije ne obave na kvalitetan način, može doći do nepoželjnog naknadnog zamućenja proizvoda⁵.

Metode

Određivanje ukupnih kiselina vršeno je titrimetrijski sa rastvorom 1M NaOH uz fenolftalein kao indikator. Sadržaj ukupnih kiselina preračunat je na dominantnu sirćetnu kiselinu i izražen u %. Za određivanje pH vrijednosti korišten je pH-metar HANNA tip 211 (sa tačnošću 0,05 jedinica pH). Suha materija je određena refraktometrom LEICA tip MARK II PLUS. Ekstrakt sirćeta je određen uparavanjem i sušenjem do konstantne mase. Određivanje etanola vršeno je volumetrijskom metodom, dok je određivanje sumporaste kiseline vršeno jodometrijskom titracijom uz škrob kao indikator⁶.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati organoleptičke ocjene uzoraka prikazani su tabeli 1.

Tabela 1. Organoleptička ocjena uzoraka jabukovog sirćeta
Table 1. Sensory analyses of the tested samples

Broj uzorka Sample number	Zemlja i godina proizvodnje jabukovog sirćeta Manufacturer and the year of apple vinegar production	Boja i izgled Color and appearance	Miris Odour	Okus proizvoda Product taste
1	BiH/ Bosnia and Herzegovina/2008.	Žuta-nešto tamnije nijanse, bistar i bez taloga Yellow with brownish shades, clear and without sediment	Pijatan, slabije izražen Pleasant, light	Prijatno kiseo, svojstven proizvodu Pleasantly soar, typical for vinegar
2	BiH/ Bosnia and Herzegovina/2008.	Svijetlo žuta, bistar i bez taloga Bright yellow, clear and without sediment	Svojstven sa naknadnim mirisom jabuke Typical for vinegar with apple flavor in the background	Prijatan i svojstven proizvodu Pleasantly soar, typical for vinegar

3	Srbija/ Serbia/2008.	Zlatno-žuta, bistar i bez taloga Golden yellow, clear and without sediment	Oštar, ali svojstven proizvodu Sharp but typical for vinegar	Svojstven proizvodu Typical for vinegar
4	Srbija/Serbia/2008.	Zlatno-žuta, bistar i bez taloga Golden yellow, clear and without sediment	Prijatan i svojstven Pleasant and typical	Prijatan i svojstven proizvodu Pleasantly soar, typical for vinegar
5	Srbija/Serbia/2008.	Žute do zlatno-žute boje, bistar i bez taloga Yellow with golden shades, clear and without sediment	Prijatan i svojstven Pleasant and typical	Prijatno kiselog i osvježavajućeg okusa Pleasantly soar and refreshing
6	Srbija/Serbia/2008.	Zlatno-žuta, bistar i bez taloga Golden yellow, clear and without sediment	Prijatan i svojstven Pleasant and typical	Prijatan i svojstven proizvodu Pleasantly soar, typical for vinegar
7	Hrvatska/Croatia/2008.	Svijetlo žuta, bistar i bez taloga Bright yellow, clear and without sediment	Oštar, sa slabim mirisom na nagnjile jabuke Harsh with weak smell of the rotten apples	Prijatno kiseo okus Pleasantly soar
8	Srbija/Serbia/2008.	Svijetlo žute do zlatno- žute boje, bistar i bez taloga Yellow with golden shades, clear and without sediment	Oštar, ali prijatan sa naknadnim mirisom jabuke Sharp with apple flavor in the background	Prijatno kiselog i osvježavajućeg okusa Pleasantly soar and refreshing
9	Srbija/Serbia/2008. (sa dodatkom začinskog bilja/with spicy herbs)	Žute do tamno-žute boje, izrazito mutan, ali bez taloga Yellow with brownish shades, pretty turbid but without sediment	Oštar, sa mirisom dodanih začina Harsh with spicy flavor	Prijatan sa ugodnom aromom Pleasant and aromatic
10	Hrvatska/Croatia/2008.	Žuta sa nešto tamnijom nijansom, bistar i bez taloga Yellow with brownish shades clear and without sediment	Slabo izražen, sa naknadnim mirisom jabuke Light with apple flavor in the background	Svojstven proizvodu Typical for vinegar

Nakon toga uzorci su analizirani određivanjem sadržaja ukupnih kiselina, pH, suhe materije, etanola, te sadržaja sumporaste kiseline odn. SO₂ (ukupne i slobodne) i

ukupnog ekstrakta metodama propisanim Pravilnikom⁶.

Rezultati hemijske analize deset ispitivanih uzoraka jabukovog sirćeta prikazani su u tabeli 2.

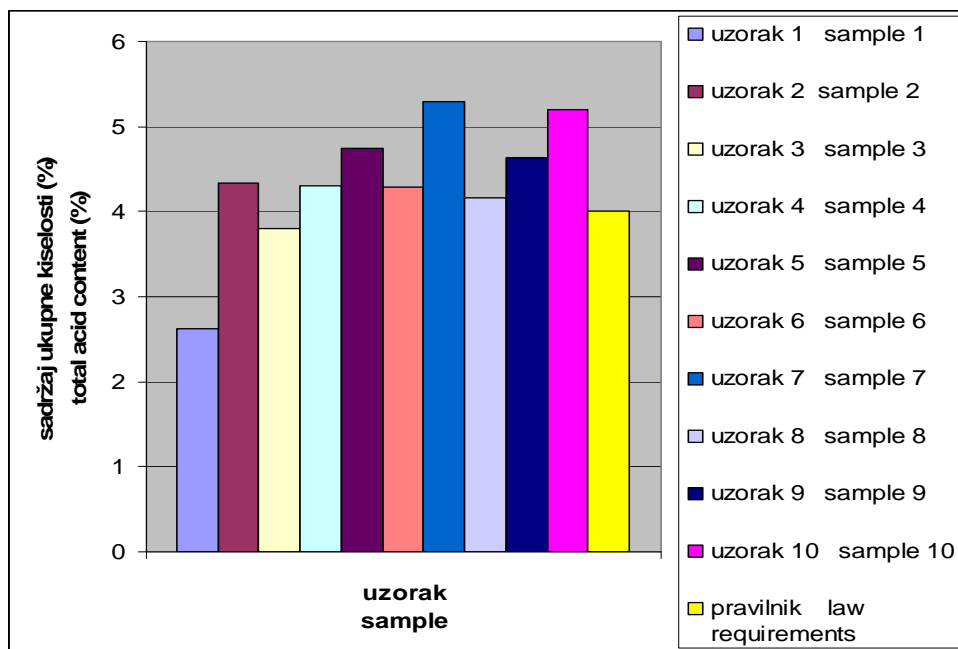
Tabela 2. Rezultati hemijske analize uzoraka jabukovog sirćeta
Table 2. Results of chemical analysis of apple vinegar samples

Uzorak	Ukupna kiselost (%)	pH	Ukupni ekstrakt (g/L)	Slobodni SO ₂ (mg/L)	Ukupni SO ₂ (mg/L)	Suva materija (%)	Etanol (vol %)
Sample	Total acidity (%)		Total extract (g/L)	Free SO ₂ (mg/L)	Total SO ₂ (mg/L)	Dry matter (%)	Ethanol (vol%)
1	2,62	2,82	22,13	6,4	8,32	2,75	0,014
2	4,33	1,32	18,44	1,92	2,56	3,3	0,007
3	3,80	0,83	10,63	0,64	0,94	2,35	0,022
4	4,31	1,03	31,34	1,28	1,92	4,5	0,015
5	4,75	2,38	14,22	0,64	0,96	3,5	0,010
6	4,29	1,3	24,93	0,64	1,28	3,8	0,006
7	5,29	1,68	11,96	4,48	7,04	3,25	0,020
8	4,17	1,75	14,16	0,64	0,96	3,0	0,048
9	4,63	2,14	16,32	0,96	1,92	3,15	0,038
10	5,20	1,80	7,99	0,96	1,28	2,7	0,009
Vrijednosti propisane Pravilnikom¹	Ne manja od 40g/L (4%)	-	Ne manji od 10g/L	Ne veći od 30 mg/L	Ne veći od 300 mg/L	-	Ne veći od 0,5 vol%
Values by law requirements¹	Not less than 40 g/L (4%)	-	Not less than 10g/L	Not higher than 30mg/ L	Not higher than 300 mg/L	-	Not higher than 0,5 vol%

Kao što se može uočiti iz tabela 1 i 2, uzorci 2, 4, 5, 6, 7, 8 u potpunosti zadovoljavaju uslove definisane Pravilnikom¹. Što se tiče uzorka 1, osim što je imao niži sadržaj ukupnih kiselina (2,62), imao je i najlošiju organoleptičku ocjenu, kao i nepotpunu deklaraciju. Uzorak 3 je takođe imao nešto niži procenat ukupnih kiselina (3,80) od vrijednosti propisane Pravilnikom. Hemijska analiza uzorka 9 pokazala je da je njegov kvalitet zadovoljavajući, ali je zbog pojave mutnoće loše organoleptički ocjenjen. Uzorak 10 je imao nešto niži sadržaj

ekstrakta (7,99) od dozvoljenog, dok su ostali pokazatelji kvaliteta bili zadovoljavajući.

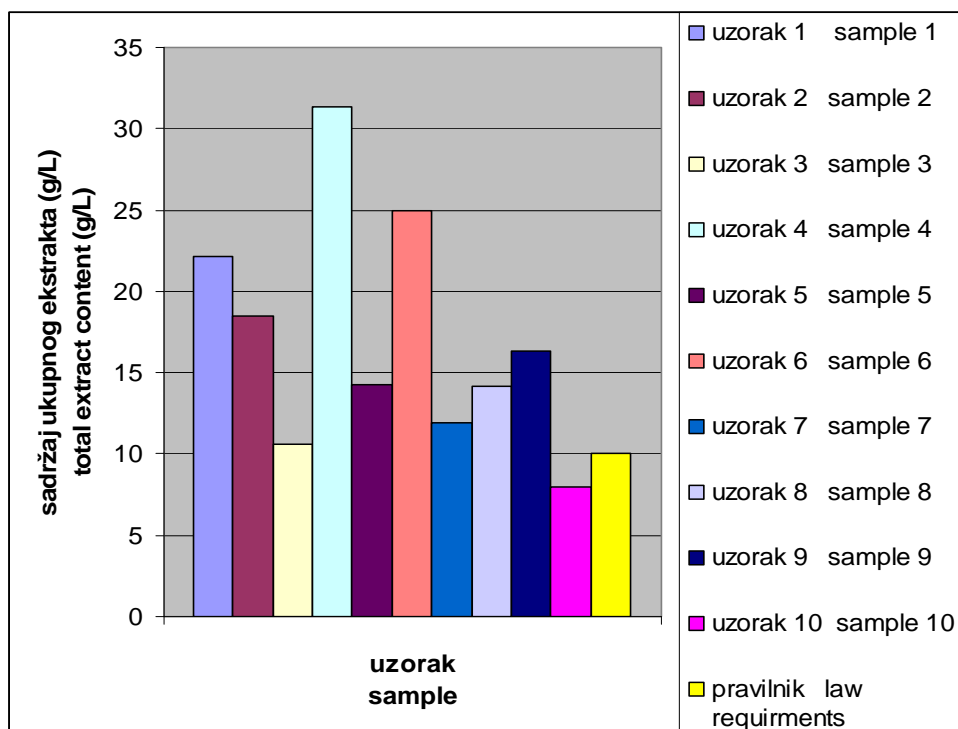
Na slikama 1, 2, 3 dat je grafički prikaz najvažnijih parametara kvaliteta (ukupna kiselost, sadržaj ekstrakta i ukupnog SO₂) analiziranih uzoraka jabukovog sirćeta. Pravilnikom¹ je propisano da u voćnom sirćetu treba biti najmanje 40g/L (odnosno 4%) ukupnih kiselina, računato kao sirćetna kiselina. Niži sadržaj od dozvoljenog može ukazati na loš kvalitet polazne sirovine ili na mogućnost nedozvoljenog razblaživanja proizvoda.



Slika 1. Ukupna kiselost (%)

Figure 1. Total acid (%)

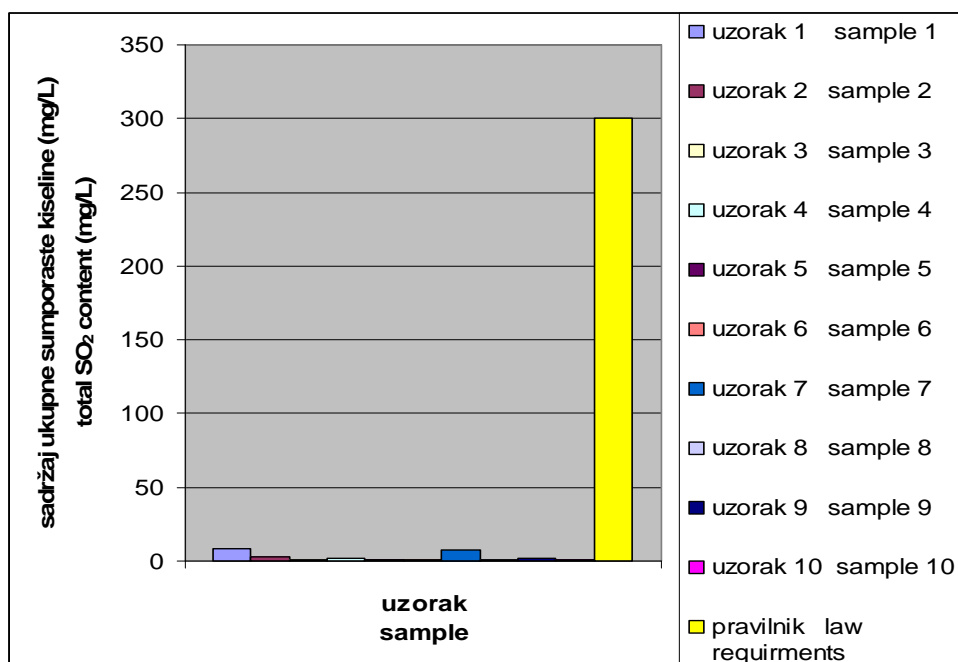
Ekstrakt sirćeta predstavlja dio neprevrelih nastalih metabolita sirćetnih bakterija u toku materija iz polaznih sirovina, kao i sadržaj procesa vrenja.



Slika 2. Ukupni ekstrakt (g/L)

Figure 2. Total extract (g/L)

Pravilnik¹ je između ostalog definisao i kiseline (300 mg/L) u voćnom sirćetu, kako maksimalno dozvoljenu količinu sumporaste bi se zaštitilo zdravlje potrošača.



Slika 3. Ukupna sumporasta kiselina (mg/L)

Figure 3. Total SO₂ (mg/L)

ZAKLJUČCI

Na području Banjalučke regije moguće je kupiti jabukovo sirće od velikog broja proizvođača iz republika bivše Jugoslavije. Zbog sve veće ponude ovih proizvoda, kako onih iz industrijskih pogona, tako i onih proizvedenih od strane individualnih proizvođača, nužno je provjeriti njihov kvalitet, odnosno ispitati da li ispunjavaju minimalne uslove koje propisuje Pravilnik¹. Na osnovu prikazanih rezultata, dobijenih prilikom ispitivanja deset uzoraka jabukovog sirćeta nabavljenog na banjalučkom tržištu, može se zaključiti slijedeće:

- Četiri uzorka (uzorci 1, 3, 9, 10) od deset analiziranih nisu u potpunosti zadovoljili propisane uslove kvaliteta za ovu vrstu proizvoda.
- Uzorak broj 1 je bio najlošijeg kvaliteta: procenat kiselina je bio niži od onog propisanog Pravilnikom¹. Uzorak je bio nesta-

bilan i ubrzo nakon otvaranja je došlo do promjene organoleptičkih osobina, a uz to je imao i nepotpunu deklaraciju.

- Uzorak broj 3 se takođe može smatrati neispravnim zbog nižeg sadržaja kiselina u odnosu na vrijednost propisanu Pravilnikom¹. Ostale osobine uzorka 3 su bile zadovoljavajuće.
- Uzorak broj 10 je imao niži udio ekstrakta od dozvoljenog pa i on u ovom smislu nije zadovoljio Pravilnik¹, dok su mu ostali parametri kvaliteta bili zadovoljavajući.
- Uzorak broj 9 je ispunjavao uslove propisane Pravilnikom¹ u pogledu hemijskih osobina ali je bio mutan, što mu je svakako dalo negativnu ocjenu organoleptičkih osobina.
- Ostalih šest uzoraka (60% od ispitivanog broja) je u potpunosti bilo saglasno sa zahtjevima koje je

Pravilnik¹ propisao, a uz to su imali i dobre organoleptičke osobine, pa su u svakom pogledu bili prihvatljiviji, kvalitetni i privlačni proizvodi.

LITERATURA

1. Pravilnik o kvalitetu sirćeta i razblažene sirćetne kiseline, Službeni list SFRJ br.24/89
2. Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtjevima za sirće, Službeni list S.R.J br.17/2002
3. http://www.narodnamedicina.com/kovacevic/jabukovo_sirce.doc
4. M.B.Mihajlović, Vino, rakija i sirće u narodnoj medicini, Partenon, Beograd, 2002
5. V. Johanides i sar., Industrijska mikrobiologija I, Tehnološki fakultet Zagreb, 1976
6. Pravilnik o metodama uzimanja uzoraka i metodama hemijskih i fizičkih analiza radi kontrole kvaliteta sirćeta i razblažene sirćetne kiseline, Sl. list SFRJ, br. 26/89

QUALITY ANALYSIS OF COMMERCIAL APPLE VINEGAR AVAILABLE ON BANJA LUKA MARKET

Siniša Đaković, Ana Velemir, Aleksandar Savić, Asima Davidović

Abstract

Due to growing need for apple vinegar as well as its satisfactory influence on human health, the necessity of testing different commercial vinegar products on the market is of great importance. The aim of this work was to examine the quality of vinegar products available on Banja Luka market. For this purpose ten different samples from the market were analyzed in accordance with the current law demands. Our analysis showed that the quality characteristics of six samples were in accordance with the current law regulations. Three samples of apple vinegar had less quality than required by the law, while one sample was not in accordance with law regulation.

Keywords: *vinegar, quality analysis, law requirements.*

Periodni sistem elemenata

Simboli

Atomski broj Naziv

Table for Hydrogen (H) with properties: Atomic number 1, Symbol H, Atomic mass 1.00794, Name Vodik, Specific heat capacity 14.30 J/g°C, Electronegativity 2.2, First ionization energy 13.81 eV, Atomic volume 0.32 Å³, Oxidation status 1, Density 0.0899 g/ml at 300K, Melting point 13.81 K, Boiling point 20.28 K, Covalent radius 0.32 Å, Electronic configuration 1s.

Oksidacioni status

Gustina (g/ml) na 300K, gasa u g/l

Tačka topljenja (K)

Tačka ključanja (K)

Kovalentni radijus (Å)

Elektronska konfiguracija

13/IIIA 14/IVA 15/VA 16/ VIA 17/VIIA



Bihacka 21-23, BH - 71000 Sarajevo
tel.: +387 33 713 900, 713 3000
fax: +387 33 651 963
E-mail: semikem@bih.net.ba
www.semikem.com.ba

2 I/IA Helij

Periodic table grid from element 3 (Li) to 118 (Og), including Lanthanide and Actinide series at the bottom.

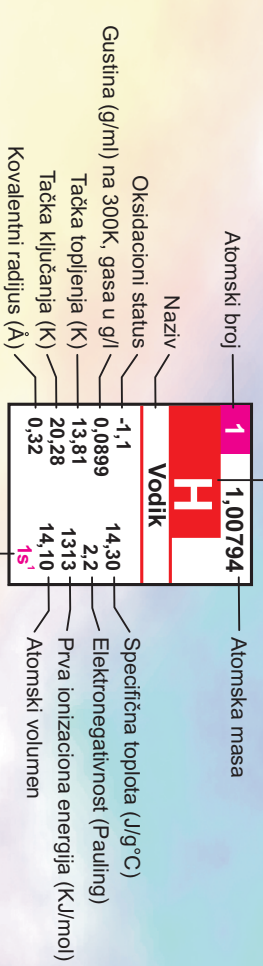
Continuation of the periodic table grid from element 119 to 180, including Lanthanide and Actinide series at the bottom.

Periodni sistem elemenata



Bihacka 21-23, BH - 71000 Sarajevo
tel.: +387 33 713 900, 713 3000
fax: +387 33 651 963
E-mail: semikem@bih.net.ba
www.semikem.com.ba

1/a	1	1.00794	H	Vodik	1.00794	1
	2	4.002602	He	Helij	4.002602	2
1	3	6.941	Li	Litij	6.941	3
2	4	9.012182	Be	Berilij	9.012182	4
1	5	10.811	B	Bor	10.811	5
2	6	12.0107	C	Ugljik	12.0107	6
3	7	14.0067	N	Azot	14.0067	7
4	8	15.9994	O	Kisik	15.9994	8
5	9	18.9984032	F	Fluor	18.9984032	9
6	10	20.1797	Ne	Neon	20.1797	10



3	11	22.989770	Na	Natrij	22.989770	11
4	12	24.3050	Mg	Magnezij	24.3050	12
5	13	26.981538	Al	Aluminij	26.981538	13
6	14	28.0855	Si	Silicij	28.0855	14
7	15	30.973761	P	Fosfor	30.973761	15
8	16	32.005	S	Sumpor	32.005	16
9	17	35.453	Cl	Hlor	35.453	17
10	18	39.948	Ar	Argon	39.948	18

19	21	44.955910	Sc	Skandij	44.955910	21
20	22	47.867	Ti	Titanij	47.867	22
21	23	50.9415	V	Vanadij	50.9415	23
22	24	51.9961	Cr	Krom	51.9961	24
23	25	54.938049	Mn	Manganij	54.938049	25
24	26	55.845	Fe	Željezo	55.845	26
25	27	58.933200	Co	Kobalt	58.933200	27
26	28	58.9334	Ni	Nikel	58.9334	28
27	29	63.546	Cu	Bakar	63.546	29
28	30	65.409	Zn	Cink	65.409	30

37	39	88.90585	Y	Itrij	88.90585	39
38	40	91.224	Zr	Cirkonij	91.224	40
39	41	92.90638	Nb	Niobilij	92.90638	41
40	42	95.94	Mo	Molibden	95.94	42
41	43	98	Tc	Tehnelcij	98	43
42	44	101.07	Ru	Rutenij	101.07	44
43	45	102.90550	Rh	Rodij	102.90550	45
44	46	106.42	Pd	Paladij	106.42	46
45	47	107.8682	Ag	Srebro	107.8682	47
46	48	112.411	Cd	Kadmij	112.411	48

55	57	138.9055	La	Lantan	138.9055	57
56	58	137.327	Ba	Barij	137.327	58
57	59	140.90765	Pr	Prazeodij	140.90765	59
58	60	144.24	Nd	Neodimij	144.24	60
59	61	144.9128	Pm	Prometij	144.9128	61
60	62	150.36	Sm	Samarij	150.36	62
61	63	151.964	Eu	Europij	151.964	63
62	64	157.25	Gd	Gadolij	157.25	64
63	65	158.9234	Tb	Terbij	158.9234	65
64	66	162.500	Dy	Disprozij	162.500	66

87	89	173.04	Yb	Ytterbij	173.04	89
88	90	174.967	Lu	Lutecij	174.967	90
89	91	175.053	Tm	Terimij	175.053	91
90	92	176.93122	Rn	Radon	176.93122	92

87	88	173.04	Yb	Ytterbij	173.04	89
88	89	174.967	Lu	Lutecij	174.967	90
89	90	175.053	Tm	Terimij	175.053	91
90	91	176.93122	Rn	Radon	176.93122	92

87	88	173.04	Yb	Ytterbij	173.04	89
88	89	174.967	Lu	Lutecij	174.967	90
89	90	175.053	Tm	Terimij	175.053	91
90	91	176.93122	Rn	Radon	176.93122	92

Information source: IUPAC Commission on Atomic Weights and Isotopic Abundances - European Synchrotron Facility - MIT Course 3.091 (Massachusetts Institute of Technology) - University of Sheffield, England

FULBRIGHT PROGRAM

Jedno od najboljih iskustava u životu

Elvis Ahmetović

*Tehnološki fakultet, Univerzitet u Tuzli, Univerzitetska 8, 75000 Tuzla, Bosna i Hercegovina
Tel.: +387 35 320 756; Fax: +387 35 320 741; E-mail: elvis.ahmetovic@untz.ba*

U akademskoj 2008/2009 godini obavio sam jednogodišnje postdoktorsko usavršavanje i specijalizaciju na Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA u okviru Fulbright Visiting Scholar programa. Cilj ovog rada je predstaviti osnovne informacije o realiziranom Fulbright programu, njegovim rezultatima, te stečenim znanjima i iskustvima. Ohrabrujem sve kolege da se prijave na Fulbright program ili bilo koji drugi program u vezi s studijskim boravkom na institucijama širom svijeta. Na taj način je moguće predstaviti svoj matični Univerzitet, steći nova korisna i vrijedna znanja, upoznati nove kolege, te uspostaviti s njima dugoročnu međunarodnu saradnju.

MOTIVACIJA ZA APLICIRANJE

Jedna od mojih vizija je formirati novu istraživačku grupu i Centar za procesno sistemsko inženjerstvo i održivi razvoj na Tehnološkom fakultetu Univerziteta u Tuzli, koji će biti prepoznati u užem i širem okruženju po rezultatima naučno-istraživačkog rada. Centar bi bio fokusiran na razvoj optimizacijskih modela i njihovu aplikaciju u procesnoj industriji. Pored navedenog, uspostavljanje međunarodne saradnje s naučno-istraživačkim grupama širom svijeta koje se bave procesnim sistemskim inženjersvom i održivim razvojem, jedan je od mojih prioritetnih planova. Na taj način je moguće steći nova vrijedna saznanja i iskustva koja mogu imati veliki uticaj na kvalitetniji rad u edukaciji i istraživanju te diseminaciji znanja na Univerzitetu u Tuzli. Po mom mišljenju,

to je jedan od najboljih načina za podizanje kvaliteta u naučno-istraživačkom radu na Univerzitetu. Također, međunarodna saradnja predstavlja i odličnu priliku da se nauči puno o drugim Univerzitetima, historiji, tradiciji, kulturi i običajima u drugim državama, te da se predstavi matični Univerzitet/Fakultet, država, njena historija, kultura, običaji i sl. U cilju ostvarivanja svoje vizije, aplicirao sam na Fulbright program jer njegovom realizacijom mogu biti korak bliže ka postavljenim budućim ciljevima.

INSTITUCIJA KOJU SAM POSJETIO

Nakon prisustvovanja na nekoliko prezentacija Fulbright programa, koji su održani na Univerzitetu u Tuzli, u oktobru 2007. godine aplicirao sam na Fulbright Scholar Program za akademsku 2008/2009. godinu.



Zbog međunarodnog ugleda u području procesnog sistemskog inženjerstva, kao instituciju na kojoj sam namjeravao realizirati Fulbright projekat odabrao sam Carnegie

Mellon University (CMU), u okviru kojeg se nalazi Center for Advanced Process Decision-making (CAPD), i Department of Chemical Engineering.



tradiciju i jedinstvena je u edukaciji i istraživanju. Ona je locirana u poznatom Doherty Hall-u koji je renoviran u 2008. godini čime su stvoreni savremeniji uslovi za izvođenje naučno-istraživačkog rada.



Nakon dobijanja pozivnog pisma od navedene institucije, kompletirao sam neophodne dokumente i predao Fulbright aplikaciju. Naziv naučno-istraživačkog projekta je bio "Energy and Water Optimization of Bioprocess Systems". U decembru 2007. godine bio sam pozvan na razgovor u vezi predloženog Fulbright projekta u Office of Public Affairs of the U.S. Embassy u Sarajevu. Bio sam sretan odgovoriti na sva pitanja u vezi aplikacije ali isto tako diskutovati o mojim budućim planovima nakon završetka projekta. U junu 2008. godine, dobio sam email sa odličnim vijestima da sam izabran kao Fulbright Visiting Scholar. Bio sam zaista presretan. S obzirom da nisam nikada bio u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD), pretpostavljao sam da će to biti novo životno i korisno iskustvo, ne samo za mene nego i za moju porodicu.

Department of Chemical Engineering na Carnegie Mellon University, koji se nalazi u Pittsburghu, Pennsylvania, predstavlja jednu od vodećih katedri za hemijsko i procesno sistemsko inženjerstvo u svijetu. Katedra za hemijsko inženjerstvo ima 100 godina dugu

U okviru katedre nalazi se Center for Advanced Process Decision-Making (CAPD), koji predstavlja konzorcijum od oko 20 članova iz hemijske i petrohemijske industrije i određenog broja inženjerskih i softverskih kompanija. U navedenom Centru se generišu trendovi i daju smjernice za buduća aktuelna istraživanja u polju procesnog sistemskog inženjerstva i kompjuterskih tehnika za sintezu, optimizaciju, planiranje, i kontrolu procesa i energetskih sistema. Direktor Centra je profesor Ignacio E. Grossmann, a u njemu rade i sljedeći poznati profesori: Larry Biegler, Nick Sahinidis i Erik Ydstie, kao i veliki broj PhD kandidata i istraživača.

MENTOR I NJEGOVA ISTRAŽIVAČKA GRUPA

Istraživačka grupa Ignacio E. Grossmanna, Rudolf Dean and Florence University profesora u akademskoj 2008/2009 godini sastojala se od osam PhD i tri postdoktorska istraživača. Istraživački rad grupe je usmjeren na razvoj diskretno-kontinuiranih optimizacijskih modela i metoda za različite



vrste problema (sinteza i planiranje procesa) koristeći nove pristupe matematičkog programiranja koji se baziraju na linearnim i nelinearnim modelima s diskretno-kontinuiranim varijablama. Ovi modeli uključuju Mixed-Integer Linear Programming (MILP), Mixed-Integer Nonlinear Programming (MINLP), General Disjunctive Programming (GDP), te globalnu optimizaciju. Istraživački rad predstavlja ravnotežu između teorije i aplikacija u praksi. Kao član istraživačke grupe, bio sam kontinuirano uključen u naučno-istraživačke aktivnosti iz tematike predloženog Fulbright projekta.

KRATAK OPIS, CILJEVI I REALIZIRANE AKTIVNOSTI PROJEKTA

Istraživanje u vezi optimizacije potrošnje vode i energije u procesnoj industriji predstavlja jedno od najznačajnijih sadašnjih i budućih istraživačkih izazova za procesne inženjere. Danas postoji veliki interes u korištenju alternativnih izvora energije koji se očekuje i u narednih nekoliko decenija. Energija koja se bazira na biomasi, okupirala je veliku pažnju istraživača u svijetu. Mada je jasno da biomasa neće moći zamijeniti fosilna tečna goriva, ona ima potencijal da obezbijedi značajni udio energetske potrebe do oko 15%. Najznačajnija goriva koja se baziraju na biomasi su biodizel i bioetanol.

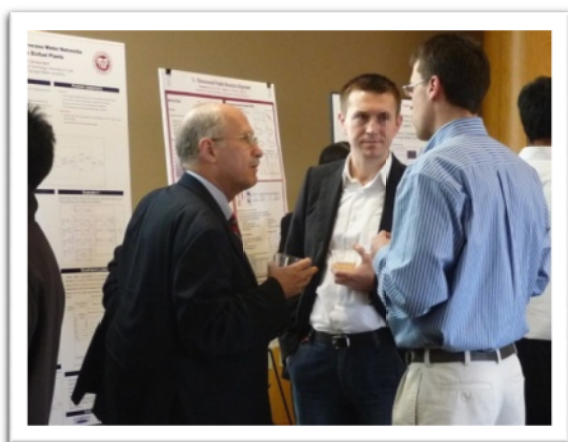
U skladu sa navedenim, glavni cilj naučno-istraživačkog projekta je bio istražiti mogućnosti za smanjenje potrošnje energije i vode u postrojenjima za proizvodnju bioetanola, te razviti superstrukturu i optimizacijski model za projektovanje integriranih mreža tokova vode u procesnoj industriji. Pored navedenog, ciljevi projekta su bili i: uspostavljanje profesionalnih kontakata, sticanje novih znanja i iskustava u vezi s matematičkim programiranjem, modeliranjem, sintezom, projektovanjem i optimizacijom procesa, zatim uspostavljanje zajedničke saradnje sa kolegama iz SAD i drugih zemalja, diseminacija stečenih znanja i iskustava, pretraživanje i prikupljanje literature, pohađanje kurseva i seminara, sticanje novih iskustava i znanja o historiji, kulturi, tradiciji i običajima naroda SAD i naroda drugih zemalja, kao i predstavljanje matičnog Univerziteta u Tuzli i Bosne i Hercegovine.

U cilju minimizacije potrošnje vode u procesnoj industriji, prvo je razvijena generalna superstruktura i globalni optimizacijski model za projektovanje integriranih mreža tokova vode. Nakon razvoja superstrukture i globalnog optimizacijskog modela daljnje istraživanje je bilo fokusirano na aplikaciju modela na postrojenja za proizvodnju bioetanola. U cilju minimizacije potrošnje vode u ovim postrojenjima predložili smo pristup koji se sastoji iz dva koraka. Prvi

korak je energetska integracija postrojenja, a drugi aplikacija principa ponovnog korištenja vode, regeneracije i recirkulacije vode. Dobi-jena nova mreža tokova vode za razmatrano postrojenje ima bolju efikasnost vode od pre-zentiranih rezultata u dostupnoj literaturi.

PREZENTIRANJE I PUBLICIRANJE REZULTATA PROJEKTA

Prve rezultate istraživanja na Carnegie Mel-lon University prezentirao sam na CAPD Annual Review Meeting, koji je održan 9-10 marta 2009. godine u Pittsburghu.



Nakon toga, rezultati istraživanja su pred-stavljeni na tradicionalnim godišnjim skupov-ima hemijskog i procesnog sistemskog inženjerstva AIChE 2009 (8-13 novembar 2009, Nashville, TN, USA), AIChE 2010 (7-12 novembar 2010, Salt Lake City, UT, USA), ESCAPE 20 (6-9 juni, 2010, Ischia, Naples, Italy) i Slovenski Kemijski Dnevi (SKD 2010) (23-24 septembar, 2010, Maribor, Slovenia).



Rezultati istraživanja u vezi s razvojem generalne superstrukture mreže tokova vode, globalnog optimizacijskog modela kao i aplikacije modela na postrojenja za proiz-vodnju bioetanol, publicirani su u časopi-sima *American Institute of Chemical Engi-neers (AIChE) Journal* i *Industrial & Engi-neering Chemistry Research (I&ECR) Journal*:

Ahmetović, E., Grossmann, I. E. (2010). Global superstructure optimization for the design of integrated process water networks. *The AIChE Journal* (In press). (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aic.12276/abstract>).

Ahmetović, E., Martin, M., Grossmann, I. E. (2010). Optimization of energy and water consumption in corn-based ethanol plants. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2010, 49 (17), pp 7972–7982. (<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie1000955>).

Martin M., Ahmetović, E., Grossmann, I. E. (2010). Optimization of Water Consumption in Second Generation Bioethanol Plants. *Ind. Eng. Chem. Res.* (In press). (<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie101175p>).

Također, želio bih pomenuti da sam 28 avgusta, 2009. godine održao prvi Process Systems Engineering (PSE) seminar na De-partment of Chemical Engineering, Carnegie Mellon University gdje sam pored rezultata istraživanja u sklopu Fulbright projekta prezentirao i bazne informacije u vezi Bosne i Hercegovine, Univerzita u Tuzli, kao i moje prethodno istraživanje na Tehnološkom fakultetu.

U povodu obilježavanja 50 godina postojanja Tehnološkog fakulteta, 23 oktobra 2009. go-dine, organizovao sam Seminar pod nazi-vom “The Fulbright Visiting Scholar Prog-ram 2008-2009“, gdje sam prezentirao rezul-tate istraživanja u sklopu Fulbright projekta i prezentirao znanja i iskustva stečena za vrije-me Fulbright programa. Istraživački rezultati

projekta, predstavljeni su pod temom "Sistemska pristup u smanjenju potrošnje vode u procesnoj industriji". Na navedenom seminaru je učestvovao Dr.sc. Edwin Zonderman, sa Eindhoven University of Technology, koga sam upoznao na Carnegie Mellon University u istraživačkoj grupi profesora Ignacio E. Grossmanna. Kolega Edwin je predstavio svoj Univerzitet i aktuelna istraživanja (Energy optimization in the process industries: unit commitment at systems level), kojima se on i njegova grupa bavi. Također, na seminaru je učestvovala i Prof. Dr. Azra Jaganjac sa Prirodno-matematičkog fakulteta u Sarajevu, koja je bila Fulbright stipendista iste akademske godine. Ona je predstavila svoje istraživanje u sklopu Fulbright projekta (Ugradnja principa obrazovanja za održivi razvoj u programe na univerzitetima i razvoj svijesti o okolišu kroz obrazovni sistem u zemljama u razvoju koristeći Američki EPA program "Zelena hemija" i "Zelena inženjerstvo"). Glavni ciljevi seminara su bili diseminacija stečenih iskustava za vrijeme Fulbright programa, uspostavljanje i širenje međusobne saradnje sa kolegama, kao i davanje doprinosa obilježavanju 50-to godišnjice postojanja Tehnološkog fakulteta.

KURSEVI I SEMINARI

U zimskom i ljetnom semestru prisustvovao sam predavanjima iz kurseva, čija je tematika bila usko vezana za moje istraživanje na projektu, kao što su: "Chemical Process Systems Design", "Models and Methods for Optimization", "Linear Programming", "Computational Methods for Process Engineering", i "Advanced Process Systems Engineering". To je bila izvanredna prilika za sticanje novih korisnih znanja, ali isto tako i metoda izvođenja nastave korištenih od strane različitih profesora na pomenutim

kursevima. Navedena znanja će mi sigurno dobro pomoći pri razvijanju i uvođenju novih nastavnih sadržaja i predmeta u okviru dodiplomskog, postdiplomskog i doktorskog studija na Tehnološkom fakultetu u Tuzli, kao i u kvalitetnijem organizovanju nastave i naučno-istraživačkog rada.

U oktobru 2008. godine prisustvovao sam "30th Annual Chemical Engineering Research Symposium" koji je organizovan od strane Chemical Engineering Graduate Student Association (ChEGSA) na Carnegie Mellon University. Glavni cilj ovog simpozijuma bio je izmjena istraživačkih ideja unutar katedre i povezivanje doktorskih kandidata sa industrijom. Na tom simpoziju se mogao dobiti pregled istraživanja koja se provode na Carnegie Mellon University.

Pored navedenog, prisustvovao sam seriji seminara koji su održani na Katedri za hemijsko inženjerstvo. Seriju seminara su održali razni eminentni profesori iz cijelog svijeta koji su predstavili rezultate svojih istraživanja. Također, svakog petka imali smo PSE seminare u okviru katedre, gdje su se prezentirala aktuelna istraživanja na katedri. Dobra ideja bi bila nastojati uvesti slične seminare na našem fakultetu i univerzitetu jer bi se na taj način malo više svi skupa družili, imali bolju diseminaciju znanja, timski rad i sigurno kvalitetnije odvijanje edukacijskog i naučno-istraživačkog procesa.

Nakon završetka "the Annual Review Meeting", pohađao sam the "CAPD Short Course" od 12-18 marta 2009. godine. Kurs "Optimization Modeling and Integrated Process Operations" je bio organizovan u dva dijela i sastojao se od šest modula. Na navedenom kursu sam stekao vrijedna iskustva i znanja i to je jedan od najboljih kurseva kojima sam prisustvovao u mom životu.

PRETRAŽIVANJE LITERATURE I KORIŠTENJE SOFTVERSKIH ALATA

Korištenjem biblioteke i elektronske baze na Carnegie Mellon University pretražio sam dostupnu literaturu (knjige, monografije, časopise, i sl.) iz oblasti naučno-istraživačkog projekta i generisao vlastitu bazu literature u vezi s matematičkim programiranjem, modeliranjem, projektovanjem, optimizacijom, procesnom integracijom i sl. Navedena literatura se koristi u edukaciji i istraživanju na Tehnološkom fakultetu u Tuzli.

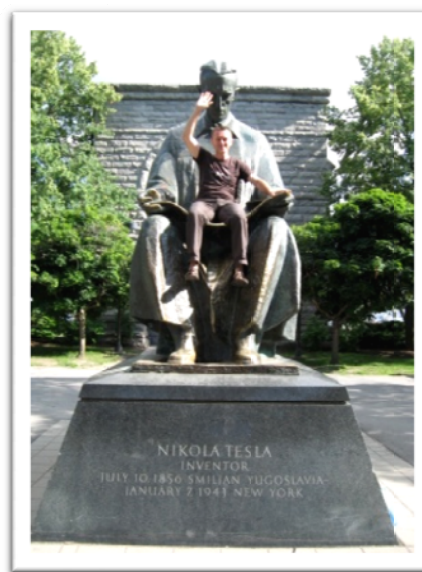


Pored navedenog, stekao sam korisna znanja i iskustva u vezi s korištenjem različitih softvera u modeliranju, simulaciji i optimizaciji procesa. Kompletan projekat sam uradio u General Algebraic Modeling System (GAMS), koji predstavlja jedan od najboljih alata za modeliranje i optimizaciju procesa sa širokom lepezom solvera za različito formulirane optimizacijske probleme. Na osnovu stečenih znanja i iskustava, u narednom periodu bilo bi korisno inovirati postojeće kurikulume kurseva ili razviti nove kurseve koji se baziraju na projektovanju i optimizaciji procesa, na dodiplomskom, post-diplomskom i doktorskom studiju. (<http://capd.cheme.cmu.edu/shortcourse/index.html>).

OSTALE AKTIVNOSTI U SKLOPU FULBRIGHT PROJEKTA

Pored rada na naučno-istraživačkom projektu, bio sam uključen u mnoge druge aktivnosti koje su u skladu sa načelima Fulbright programa, a podrazumijevanju razumijevanje između ljudi SAD i ljudi drugih zemalja.

Posjetio sam neke od najznačajnijih turističkih atrakcija u SAD kao što su: "White House", "Capitol Hill", "Museums", "Niagara Falls", i mnoga druga kulturna i historijska mjesta.



Imao sam priliku da razmijenim razna iskustva sa mnogim Amerikancima kao i ljudima koje sam upoznao u SAD a koji su iz različitih zemalja širom svijeta, te da više naučim o njihovom načinu života, kulturi, historiji, ali i da predstavim svoju zemlju i Univerzitet.

Unutar Carnegie Mellon University imali smo organizovana različita druženja i aktivnosti kao što su: sastanci na katedri, "open houses", ali smo organizirali i mnoge druge aktivnosti izvan CMU kampusa.



Bio sam uključen i u različite sportske aktivnosti zajedno sa mojim kolegama na katedri. Ovdje bih želio istaći da smo u “soccer intramurals” u timu CMU asocijacije iz Port-ugala pobijedili u finalu i postali šampioni na Carnegie Mellon University.



Imena igrača s lijeva na desno su: Sylvain Mouret (Francuska), Elvis Ahmetović (Bosna i Hercegovina), Ricardo Pinto de Lima (Porto), Juan Pablo Ruiz (Argentina), Pedro Castro (Portugal), Sebastian Terrazas Moreno (Mexico).

U februaru 2009. godine zajedno sa svim članovima istraživačke grupe bio sam pozvan od strane profesora Ignacio E. Grossmanna na zajedničko druženje u njegovoj kući. Kako su svi njegovi istraživači iz različitih zemalja širom svijeta, to je bila odlična prilika da diskutujemo o sličnosti i razlikama u kulturi, običajima i tradiciji, kao i drugim zanimljivim temama iz svakodnevnog života. Ponosan sam što sam bio pozvan od strane Fulbright organizacije iz Washingtona da učestvujem na Fulbright Visiting Scholar konferenciji koja je održana u Washington D.C. od 19-21 aprila 2009. godine. Fulbright konferencija je bila izvanredna prilika za upoznavanje mnogih Fulbrightovaca iz čitavog svijeta, kao i proširenje znanja i iskustava u vezi s razumijevanjem SAD i njenih građana prema nacionalnom i internacionalnom značaju.



Nakon konferencije, posjetili smo neke od najznačajnijih turističkih destinacija u Washingtonu, a na kraju smo imali zajedni-



čko druženje.

ZAKLJUČCI

Želio bih istaći da Fulbright program predstavlja jedinstveno, nezaboravno i jedno od najboljih iskustava koje sam ikada imao u svom životu. Kroz Fulbright program sam stekao korisna znanja, iskustva, ideje i smjernice za buduća istraživanja, edukaciju i generalno nove poglede na život. Za vrijeme Fulbright programa sam upoznao mnoge ljude i razmijenio korisna iskustva sa njima, uspostavio međunarodne kontakte, naučio mnogo o SAD i drugim zemljama, njihovoj istoriji, tradiciji, kulturi, ali isto tako iskoristio sam priliku da predstavim svoju zemlju i univerzitet ljudima iz različitih zemalja širom svijeta. Posebno zadovoljstvo

mi je istaći da sam postdoktorsko usavršavanje i specijalizaciju u okviru Fulbright Visiting programa, na Carnegie Mellon University, obavio na desetogodišnjicu svoga rada na Tehnološkom fakultetu Univerziteta u Tuzli i pedesetogodišnjicu postojanja Tehnološkog fakulteta. Na osnovu svojih pozitivnih iskustava tokom Fulbright programa ohrabrujem sve kolege da se prijave na Fulbright ili bilo koji drugi program u vezi s studijskim boravkom na institucijama širom svijeta jer stečena znanja i iskustva na taj način su nezaboravna i izuzetno vrijedna.

ZAHVALE

Na kraju, zahvaljujem se Fulbright programu, mentoru Profesoru Ignacio E. Grossmannu, Center for Advanced Process Decision-making, Department of Chemical Engineering na Carnegie Mellon University, Univerzitetu u Tuzli i Tehnološkom fakultetu na podršci i omogućavanju odsustva u cilju realizacije postdokorskog usavršavanja i specijalizacije, te sticanja vrijednih znanja i iskustava tokom Fulbright programa.



Fotokatalitička proizvodnja vodika pod vidljivim svjetlom

Jednostavan i lak način za proizvodnju cink-kadmijum sulfidnih materijala koji proizvode vodik cijepanjem vode pod vidljivim svjetlom, razvili su naučnici iz Sjedinjenih Američkih Država i Kine. Miješani materijali mogu postići širi spektar talasnih dužina u odnosu na konvencionalne materijale, što ih čini efikasnijim.

Fotokatalitičko pretvaranje sunčeve energije u hemijsku energiju, na primjeru proizvodnje vodika je atraktivni izvor energije i održiv način rješavanja problema sa povećanom upotrebom energije u svijetu i krizom usljed zagađenja okoline. Konvencionalni fotokatalizatori kao što su TiO_2 , CdS , ili ZnS , posjeduju odličnu aktivnost i stabilnost, ali apsorbiraju samo slabe ultraljubičaste zrake što iznosi samo 4% solarnog spektra. Skupi plemeniti metali kao što je npr. platina, mogu su dodavati kako bi povećali njihov apsorpcionu razinu, ali to istovremeno povećava njihovu cijenu.

Mietek Jaroniec sa Kent State Univerziteta i Jiaguo Yu sa Wuhan Univerziteta tehnologije, napravili su miješani cink-kadmijum sulfidni komplekse sa dodanim kadmijum sulfidnim kvantnim tačkicama koje pokazuju visoku fotokatalitičku aktivnost pod vidljivim svjetlom, bez ikakve potrebe za aditivima plemenitih metala.

Kvantitativne analize pokazuju, da je fotokatalitička proizvodnja vodika od novog materijala čak 50 puta veća nego proizvodnja samog CdS , kao i znatno veća nego proizvodnja ZnS sa dodatkom platinom pod ultraljubičastim i vidljivim svjetlom.

Max Lu, stručnjak za čistu energiju i okolišnu tehnologiju na Univerzitetu Queenslend, Australija, izjavio je „da su rezultati fascinantni i da CdS kvantne tačke mogu biti snažne u fotokatalitičkom cijepanju

vode čak i bez upotrebe platine. Ako se dokaže stabilnost, sistem bi mogao ponuditi mogućnost povećanj saamoodrži-vosti proizvodnje vodika pod vidljivim svjetlom“.

Izvor:

http://www.rsc.org/Publishing/ChemTech/Volume/2010/09/photocatalytic_production.asp

Nano-hladnjaci

Po riječima evropskih naučnika, nova vrsta kobalt-gadolinijum spojeva pokazala se visoko efikasnom za niske temperature hlađenja.

Tekući helij se trenutno koristi da bi se postigla veoma niska temperatura u većini današnjih tehnologija, kao što su visoko provodljivi magneti koji se koriste za skenere magnetne rezonance. Ali, helij je dosta skup i kao alternativna metoda za niske temperature hlađenja se koristi demagnetizacija magnetnih materijala.

Richard Winpenny i njegove kolege sa Univerziteta u Mančesteru, sintetizirali su novu vrstu kobalt-gadolinijum rešetkastih, spojeva korištenjem heterometalične molekularne strukture kvadrata, koji pokazuju potencijal za stvaranje magnetnog hlađenja. Winpenny objašnjava da magnetno hlađenje radi na principu demagnetizacije, povećava entropiju materijala a ovo povećanje entropije dolazi preuzimanjem topline iz okoline.

Juergen Schnack sa Univerziteta u Biefeldu, Njemačka, stručnjak u oblasti magnetnih molekula, daje svoj komentar: „ono što me najviše impresionira jeste sposobnost sintetiziranja takvih struktura na više načina i primjena na različite načine u ovom poslu. Ovo povećava šanse da kreiramo spojeve sa željenim mogućnostima, na primjer veliki magneto-kalorični efekat, gdje spojevi

pokazuju velike promjene u temperaturi sa promjenama u magnetnom polju.“

Od visoko asinotropnih iona kobalta u ovim spojevima očekuje se da imaju suprotan efekat na magnetokalorični efekat, ali anti-feromagnetna razmjena između oktaedarskih kobaltnih iona dovodi do smanjenog doprinosa u ovom procesu.

Izvor:

http://www.rsc.org/Publishing/ChemTech/Volume/2010/11/nano_refridgerators.asp

Thermal Technology proizvodi solarne silicijske ploče iz ljuski od riže

Thermal Technology je razvila novi način proizvodnje solarne energije koristeći ljusku od riže kao sirovinu. Matt Mede, predsjednik Thermal Technology, predstavio je svoje istraživanje na Materials Challenges in Alternative & Renewable Energy Conference, Florida.

Da bi se zadovoljile sve potrebe tržišta, veliki proizvođači čistog fotogalvanskog silicija povećavaju proizvodnju koristeći nove tehnologije proizvodnje. Nove tehnologije se razvijaju s ciljem proizvodnje proizvodnje fotogalvanskih silicijskih ploča uz smanjene troškove nego po trenutnim standardima.

„Postoji mogućnost za nove inovativne pristupe za proizvodnju fotogalvanskih silicijskih ploča, posebno metode koje mogu predstaviti smanjenje troškova u odnosu na već prisutne procese.“, izjavio je Mede. *„Uznapredovala karbotermička redukcija silicij dioksida je ključ koji otvara vrata za traženje rješenja za smanjenje troškova proizvodnje.“*

U posljednjim istraživanjima koja se provode, Thermal Technology kombinira proces karbotermičnog smanjenja sa tehnologijom pirolize biomase, radi pretvaranja ljuske od riže u solarne silicijske ploče. Mede naglašava da *„Koristeći kombinaciju pirolize i karbotermičke redukcije moguće je napraviti materijal zadovoljavajuće čistoće za solarnu upotrebu. Piroliza kreira savršenu smjesu silicij dioksida i ugljika, pogodnu za redukciju procesa sa postrojenjem koje će biti pogodno za uklanjanje nekih elemenata.“* Ovaj novi proces ima manja početna ulaganja i proizvodne troškove nego što to daju postojeće tehnologije.

Izvor: <http://www.chemie.de/news/e/114385/>

Organski uzgojena hrana nema prednost u pogledu hranljivosti?

Prema najnovijoj studiji, organski uzgojena hrana nema veću prehrambenu vrijednost u odnosu na hranu koja je tradicionalno uzgojena. Studija iz časopisa *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, ukazuje na nove dokaze da organski uzgojeni luk, mrkva i krumpir općenito nemaju višu razinu polifenola nego povrće koje je uzgojeno sa tradicionalnim gnojivima i pesticidima.

„Na temelju ovog istraživanja provedenog u skladu s dobro kontroliranim uvjetima, ne može se zaključiti da organski uzgojeni luk, mrkva, krumpir općenito imaju viši sadržaj sekundarnih metabolita za poboljšanje zdravlja, u usporedbi s konvencionalno uzgojenim povrćem“, izjavili su istraživači na čelu s Pia Knuthsen iz Nacionalnog instituta za hranu sa Tehničkog Sveučilišta iz Danske.

Nova studija predstavlja konfuziju rasprava o tome da li organski uzgojeno voće i povrće hranljivije nego isto to voće i povrće uzgojeno na tradicionalni način.

Temeljne razlike između organske i konvencionalne poljoprivrede su u primjenjenom gnojivu i plodnosti tla, koja teoretski utječe na sastav hranljivih tvari u biljkama i osiguravaju zdraviju hranu. No, dosadašnja istraživanja sadržaja hranljivih tvari u organski i konvencionalno uzgojenim biljkama dale su kontradiktorne rezultate.

U 2009. godini FSA (Food Standard Agency) dala je osvrt na nutritivni sadržaj u organskoj i konvencionalnoj hrani što je izazvalo kontroverzu nakon što je zaključeno da nema razlike. Istraživanje provedeno na London School of Hygiene and Tropical Medicine dalo je rezultate da „*nema dokaza da će se uzimanjem (konzumiranjem) organski proizvedenih namirnica povećati unos određenih nutritivnih tvari*“.

Međutim, nekoliko manjih studija koje su provedene dokazalo je veće prisutvo određenih hranljivih tvari u organski uzgojenim proizvodima, uključujući i jagode. Osim toga, francuska studija dala je rezultate istraživanja koji su u suprotnosti sa rezultatima FSA zaključivši da su „*organski uzgojeni biljni proizvodi sadrže više suhe tvari i minerala - kao što su željezo i magnezij, i više polifenola (antioksidansa) poput fenola i salicilne kiseline*“.

Knuthsen i kolege su istakli da postoji mnogo razloga da se daju podsticaji za proizvodnju organske hrane, uključujući da se time postiže dobrobit životinja, zaštita okoliša i bolji okus i svježina. Međutim, primjetili su da utjecaj konzumiranja organske hrane na zdravlje još uvijek nije dokazan i da znanstveno nije dobro dokumentiran.

„*Cilj naše studije bio je usporediti sadržaj odabranih flavonoida i fenolnih kiselina u organski i konvencionalno uzgojenom luku,*

krumpiru i mrkvi i procijeniti da li će godišnji periodi i tipovi zemljišta imati utjecaja na rast sekundarnih metabolita“, izjavio je autor.

Istraživači su izvijestili, da luk i mrkva nisu pokazali statistički značajne razlike povećanja za bilo koji od analiziranih polifenola za razdoblje uzgoja, koje je trajalo više od dvije godine.

Organski uzgojen krumpir pokazao je veći sadržaj jednog polifenola - klorogenske kiseline (5-CQA) - u usporedbi s konvencionalno uzgojenim krumpirom.

Na temelju rezultata svoga istraživanja, istraživači su zaključili da ne može se tvrditi da organski uzgojeni luk, mrkva i krumpir imaju viši sadržaj polifenola i srodnih sekundarnih metabolita, u odnosu konvencionalni uzgoj istih.

„*Sposobnost usjeva da sintetiziraju sekundarne metabolite, neovisno je o različitom godišnjem periodu i o zemljopisnoj lokaciji*“, izjavili su.

Izvor: <http://www.foodnavigator.com/Science-Nutrition/No-nutritional-benefit-for-organic-produce-says-new-study>

Stabilan način za skladištenje sunčeve energije: Skladištenje toplinske energije u hemijsku energiju može dovesti do napretka u prenosivosti i skladištenju energije

Istraživači sa MIT-a otkrili su tačan naziv za molekul *fulvalene diruthenium*, koja je otkrivena 1996. godine a ima sposobnost da pohranjuje i otpušta enegiju po potrebi. Ovo otkriće objavljeno je u članku 20. oktobra 2010. godine u časopisu *Angewandte Chemie*, koje će omogućiti otkrića sličnih molekula u većim količinama i otkriće manje

skupih materijala od rutenija, što bi se moglo iskoristiti za punjenje baterija ovom vrstom topline.

Molekula prolazi kroz strukturne transformacije, apsorpcijom sunčeve svjetlosti molekula prelazi u više energetske stanje, to jest dolazi do procesa ekscitacije i u tom stanju molekula može ostati neodređeno vrijeme. Malim dovodjenjem topline ili katalizatora, molekula se vraća u osnovno stanje i emitira višak topline. Međutim, tim istraživača je otkrio da je proces ipak malo složeniji.

„Izgleda da postoji međukorak koji igra važnu ulogu“, rekao je Jeffrey Grossman, Carl Richard Soderberg vanredni profesor energetike na Katedri za nauku o materijalima i inženjerstvu. „U ovom međukoraku, molekule postoje u polustabilnom stanju između osnovnog i pobuđenog oblika, što je bilo neočekivano“. Proces u dva koraka pomaže u objašnjenju zašto je molekula toliko stabilna, zašto je proces lako reverzibilan i zašto zamjena za rutenij nije otkrivena do sada. „Ustvari“, objasnio je Grossman, „tim procesom moguće je proizvesti bateriju punjenu toplinom, koja opet može pohraniti ili osloboditi toplinu od sunca ili drugih izvora.“ „U principu“, rekao je Grossman, „pohranjeno gorivo iz fulvalene diruthenium može davati toplinu od 200°C koja je dovoljna za grijanje stambenog prostora ili čak za pokretanje motora za proizvodnju električne energije.“

„U usporedbi sa drugim pokušajima dobivanja solarne energije, solarne toplinske energija daje niz prednosti, ali toplinu pohranjuje u obliku goriva. Proces je reverzibilan, stabilan na duže vrijeme i primjenjuje se po potrebi. Može se puniti na suncu zatim se koristi toplina i nakon toga ponovo se puni na suncu.“

Osim Grossmana, u istraživanja su učestvovali i Yosuke Kanai sa Lawrence

Livermore National Laboratory, Varadharajan Srinivasan sa MIT Department of Materials Science and Engineering, i Steven Meier i Peter Vollhardt sa University of California, Berkeley.

„Problem rutenija je njegova rijetkost i visoka cijena“, rekao je Grossman, „ali je sada na osnovu mehanizma shvatio kako molekule rade i da bi trebalo biti lakše pronaći druge materijale koji bi pokazivali iste osobine. Sledeći korak je kombiniranje primjene simulacija, zatim hemijske intuicije i baze od nekoliko desetina miliona poznatih molekula koje su slične strukture i mogu pokazivati isto ponašanje.“

Izvor:

<http://www.sciencedaily.com/releases/2010/10/101025161219.htm>

Nove Nano tehnike integriraju proizvodnju plinovitih oksida sa silicijem

Tokom hladnog vremena, mnoga djeca ne mogu odoljeti disanju na prozor i pisanju po nastalom kondenzatu. Zamislite prozor kao platformu elektroničkog uređaja, kondenzat kao specijalno vodljivi plin a pismo kao linije od nano provodnika.

Tim Univerziteta Wisconsin-Madison na čelu sa profesorom nauke o materijalima i inženjerstvu

Chang-Beom Eom demonstrirao je ovaj koncept kao osnovni način za široku primjenu u nano elektronskim uređajima, kao što su sljedeće generacije memorija ili malih tranzistora. Ova otkrića objavljena su 19. oktobra 2010. godine u časopisu *Nature Communications*.

Eom-ov tim je razvio tehnike za izradu struktura na bazi elektronskih oksida koji se mogu integrirati na silicij kao podlogu – najčešći uređaj elektroničke platforme. „Razvili smo strukture kao i kod ostalih oksida – bazi elektroničkih uređaja koji će vjerovatno biti važni u nano elektroničkim primjenama kada se integriraju sa silicijem“, kaže Eom.

Pojam oksid odnosi se na spoj s kisikom kao temeljnim elementom. Oksidi uključuju milione spojeva, svaki sa jedinstvenim osobinama koje bi mogle biti vrijedne u elektronici i nano elektronici. Obično, oksidni materijali se ne mogu nanijeti na silicij jer oksidi i silicij imaju različite, nespojive kristalne strukture. Eom – ova tehnika kombinira monokristalni expitaxy, postannealin i bakropis stvarajući proces koji dopušta oksidnoj strukturi da se zadrži na siliciju. Novi proces omogućava formiranje strukture koji dovodi tri atoma slojeva lantan-aluminij–oksida u kontakt sa stroncij-titan-oksdom a zatim postavlja čitavu strukturu na vrhu silicijeve podloge. Ova dva oksida su važna, jer elektron plin gradi međupovršine ovih slojeva, a skeniranje probe mikroskopom mogu napraviti taj sloj plina vodljivim. Tip mikroskopa prelazi po površini sa nanometarskom tačnošću ostavljajući trag elektrona, koji čine jedan sloj plina nanometarske debljine.

Koristeći taj tip, Eom-ova ekipa može "izvući" linije od tih elektrona u obliku vodljivosti nanoprovodnika. Također, mogu izbrisati one linije koje uzimaju vodljivost u području plina.

U cilju integriranja oksida na siliciju, kristali moraju imati malu grešku a istraživači moraju imati kontrolu sučelja na nivou atoma. Naime, gornji sloj stroncij-titan-oksida mora biti potpuno čist i podudarati se sa potpuno čistim slojem

lantan-oksida na dnu lantan-aluminijum oksida, inače plinoviti sloj neće nastati između oksida. Konačno, cijela struktura mora biti usklađena da bi bila kompatibilna sa silicijem kao osnovom.

Izvor:

<http://www.sciencedaily.com/releases/2010/10/101019111530.htm>

SEMIKEM: najmanje troškova, najmanja greška, maksimalna sigurnost, maksimalna fleksibilnost!

KLINIČKA HEMIJA

- ✓ koagulacija, hemostaza
- ◆ brza dijagnostika
- ✓ reumatologija
- ◆ test trake za analizu urina
- ✓ infektivne bolesti
- ◆ tumor markeri
- ✓ polni i hormoni štitne žlijezde
- ◆ imunohematologija
- ✓ testovi za trudnoću...

HEMATOLOGIJA

- ✓ otopine za brojače krvnih stanica
- ◆ boje i reagensi za hematologiju
- ✓ boje i reagensi za **histopatologiju, citologiju, mikologiju, parazitologiju, bakteriologiju i mikobakteriologiju**
- ◆ otopine za **fiksiranje** u mikroskopiji
- ✓ otopine za **utemeljenje** uzoraka u mikroskopiji...

LABORATORIJSKI REAGENSI

- ✓ kvalitativna i kvantitativna određivanja
- ◆ pomoćni proizvodi za mljekarstvo,
- ✓ vinogradarstvo i industriju hrane
- ◆ tvrdoća vode
- ✓ pomoćni proizvodi za medicinu
- ◆ acidometrijski indikatori, puferi
- ✓ volumetrijske otopine - titralovi
- ◆ pomoćni proizvodi za industriju i zanatstvo...

SREDSTVA ZA PRANJE I DEZINFEKCIJU

- ✓ sredstva za pranje laboratorijskog posuđa
- ◆ dezinfekciona sredstva...

OPREMA I PRIBOR

- ✓ laboratorijska stakla
- ◆ termometri, sterilizatori
- ✓ inkubatori, autoklavi
- ◆ termostati, vodena kupatila, destilatori
- ✓ peći, centrifuge, spektrofotometri, mikroskopi
- ◆ filtracija, hromatografija
- ✓ filter papiri, membran filteri
- ◆ pH indikator papiri
- ✓ guma, keramika, plastika
- ◆ oprema i pomoćna sredstva u ginekologiji
- ✓ anatomski modeli, botanički modeli
- ✓ biološki i histološki gotovi
- ✓ preparati na slajdovima...
- ✓ ambalaža u farmaciji i ostalim oblastima...

VAGE

- ✓ za laboratorij
- ◆ za farmaciju, za bebe
- ✓ za industriju i zanatstvo...

KEMIKALIJE

- ✓ P.A. ACS i ISO kemikalije
- ◆ CODEX (Ph.Eur.) po farmakopeji
- ✓ PAI za pesticide i kromatografiju
- ◆ SUPRAPUR
- ✓ CG standardi za gasnu kromatografiju
- ◆ F.C.C. aditivi za prehrambenu industriju
- ✓ PB za biohemiju
- ◆ DC za kliničku dijagnostiku
- ✓ PS za sintezu
- ◆ PRS purum
- ✓ AA standardi za AAS...

MIKROBIOLOŠKE PODLOGE I BIO-DISKVI

API IDENTIFIKACIJA U BAKTERIOLOGIJI

- ✓ API - identifikacija...
- ✓ brza dijagnostika u serologiji i imunologiji
- ◆ testovi za hemokulturu

DERMATOKOZMETIKA I KOZMETIKA

- ✓ medicinski preparati na prirodnoj osnovi
- ◆ galenski preparati
- ✓ prirodna kozmetika za njegu i zaštitu normalne, osjetljive i oštećene kože
- ◆ ostala prirodna ljekovita i kozmetička sredstva...

DIJAGNOSTIČKI LABORATORIJ

- ✓ biohemijsko - hematološki...

KONSALTING

- ✓ pri projektovanju laboratorija
- ◆ za primjenu proizvoda...

...i mnogo,
mnogo više...



Svaki posao se mora dobro uraditi prvi put, jer naknadne ispravke, izmjene i dorade povećavaju troškove i unose nered u Društvu!

OPREMA RUKOPISA

1. Rukopis članka koji se podnosi Uredništvu treba biti pisan s dvostrukim proredom na jednoj stranici formata A4, sa svim marginama od 2,54 cm (1"), fontom Times New Roman veličine 12 pt. Rad se šalje u elektronskom obliku, pripremljenom isključivo s pomoću programa za obradu teksta Microsoft Word, zaključno sa verzijom 2003. Datoteku imenovati na slijedeći način: TA_prezime prvog autora _prva riječ naslova.doc. Slike ne uklapati u tekst, nego ih u elektronskom obliku, pohraniti svaku u zasebnu datoteku. Datoteke sa slikama imenovati na slijedeći način: TA_prezime prvog autora_slika_broj slike.odgovarajuća ekstenzija. Ekstenzija mora odgovarati formatu slike (tif, pcx, jpg, png...). Slike trebaju biti rezolucije min. 300 dpi i biti pripremljene na taj način da se mogu kvalitetno odštampati u C/B tehnici. Svaka pojedinačna slika ne smije biti veća od A4 formata Oznake slika napisati ispod slike.
2. Naslove i potpise ispod crteža i dijagrama treba priložiti u posebnoj datoteci (na jeziku članka i engleskom jeziku), koja će biti imenovana na slijedeći način: TA_prezime prvog autora_naslovi.doc.
3. Članci se objavljuju latinicom, na engleskom jeziku ili na jednom od BHS (bosanski – hrvatski – srpski) jezika. Iznimno, prema autorovoj želji, a u dogovoru s Uredništvom, rad se može objaviti i na nekom drugom jeziku.
4. Obim članka (tekst članka, zajedno sa sažetcima, slikama i crtežima i popiso literaturnih navoda, ne računajući naslove i potpise, kao ni podatke o autorima) treba ograničiti na 15 stranica (dvije ilustracije odgovaraju otprilike jednoj stranici). Iznimno će se, po dogovoru sa Uredništvom, primati i radovi većeg obima ako njihov sadržaj i kvalitet to opravdavaju.
5. Radi uspješnog uključivanja članaka objavljenih na BHS jezicima u međunarodne informacijske tokove, dijelove rukopisa treba pisati kako na jeziku članka, tako i na engleskom jeziku, i to: tekst u tablicama, slikama, dijagramima i crtežima, njihove naslove i potpise, te popis kratica i oznaka.
6. Rukopisu treba priložiti sažetke:
 - sažetak (sinopsis) na jeziku članka maksimalnog obima od jedne štampane stranice. U njemu se mora objasniti namjena rada, a mora sadržavati važnije podatke i zaključke, te ključne riječi. Taj sažetak treba unijeti u rukopis odmah nakon zaglavlja članka
 - isti takav sažetak na engleskom jeziku (summary) s ključnim riječima (descriptors – keywords).
7. Ako je rad pisan na engleskom jeziku, dijelovi rukopisa pod 5 i 6 trebaju biti napisani i na jednom od BHS jezika.
8. Rad mora sadržavati punu službenu adresu, telefon i e-mail adresu svih autora (na posebnom listu). Naglasiti korespondentnog autora, s kojim će se Uredništvo konsultirati.
9. Naslov rada treba biti specifičan i informativan, da što bolje odredi sadržaj rada. Poželjno je da bude što kraći. Naslov navesti na jednom od BHS jezika i na engleskom jeziku.
10. Rad treba biti napisan u najkraćem obliku što ga jasnoća izlaganja dopušta. Tekst treba biti jasan, sažet, gramatički ispravan, bez tipografskih grešaka, pisan u trećem licu (impersonalno).
11. Radove treba pisati uz pretpostavku da čitatelji poznaju područje o kojemu se

- govori. Stoga u (što kraćem) uvodu treba ukratko iznijeti samo ono što je prijeko potrebno za razumijevanje teksta.
12. Eksperimentalna tehnika i uređaj opisuju se detaljno samo onda ako znatno odstupaju od opisa već objavljenih u literaturi; za poznate tehnike i uređaje navodi se samo izvor potrebnih obavijesti.
 13. Tablice i dijagrami moraju biti sastavljeni i opisani tako da budu razumljivi i bez čitanja teksta. Iste podatke ne treba iznositi u tablicama i dijagramima, osim u iznimnim slučajevima. Autor će tada navesti svoje razloge, a njihova opravdanost podliježe konačnoj ocjeni Uredništva i recenzenata.
 14. Tablice koje sadrže mnogo podataka, a svi nisu prijeko potrebni za razumijevanje teksta valja skratiti na potreban minimum. Prema želji autora, urednik će potpune tablice pohraniti u arhivi i zainteresiranim čitateljima omogućiti uvid u arhivu. To će se navesti kao napomena uz skraćenu tablicu.
 15. Simbole fizičkih veličina treba napisati kurzivnim, a mjerne jedinice uspravnim slovima, npr. *V*, *m*, *p*, *t*, *T*, ali: m³, kg, Pa, °C, K.
 16. Formule i jednadžbe treba pisati, ako je moguće, u jednom retku (koristiti kosu razlomačku crtu umjesto horizontalne). Indekse, gornje i donje, treba pisati jasno. Valja izbjegavati gornje indekse da se ne bi zamijenili s numeričkim eksponentima. Sve posebne znakove (grčka slova i sl.) koji mogu uzrokovati zabunu autori trebaju posebno objasniti.
 17. U radu treba upotrebljavati veličine i mjerne jedinice u skladu s Međunarodnim sistemom jedinica (SI). Za specifične nomenklature treba dodati popis upotrijebljenih oznaka i definicija na jeziku članka i na engleskom jeziku.
 18. Navedena literatura treba biti selektivna, a ne ekstenzivna, osim kad je riječ o preglednom članku. Literaturne citate valja priložiti na posebnom listu papira i numerirati ih onim redoslijedom kojim se pojavljuju u tekstu. Brojevi citata pišu se u tekstu kao eksponent, npr.: Kepplinger³ navodi... Ako autorima nije bila dostupna originalna literatura koju citiraju treba navesti izvor odakle je citat preuzet. Kratice za časopise moraju biti strogo u skladu s kraticama kako ih navodi Chemical Abstract.
- Primjer citiranja časopisa:
1. J. J. Sangiovanni, A. S. Kesten, Chem. Eng. Sci. 26 (1971) 533.
- Primjer citiranja patenata:
2. J. Ehrenfreund (Ciba Geigy A. -G.), Eur. Pat. Appl. 22748, 21 Jan 1981; C. A. 95 (1981) 7078b.
- Primjer citiranja knjige:
3. W. Mehl, J. M. Hale, Insulator Reactions, in: P. Delahay and C. W. Tobias (ed.), Advances in Electrochemistry and Electrochemical Engineering. Vol. 6, Interscience Publ., New York, 1967, pp. 399-458.
19. U korekturnim otiscima autor može ispravljati samo tekstualne pogreške. Za eventualne promjene teksta (dopune i sl.) autor snosi troškove.