

Maja Fabulić Ruszkowski, Marko Radošević, Ivica Jerbić, Jelena Parlov Vuković

ISSN 0350-350X

GOMABN 49, 1, 37-67

Prethodno priopćenje/Preliminary communication

UDK 665.644.2.002.33 : 665.334.94 : 665.347.8 : 665.353.4 : 665.112.2

KORIŠTENJE BIOKOMPONENTI U PROCESU KATALITIČKOG KREKIRANJA

Sažetak

U procesu fluid katalitičkog kreiranja moguće je kao udio u standardnoj FCC sirovini koristiti različite vrste biokomponenti kao što su sve vrste jestivih ulja (suncokretovo, repičino, palmino ulje) te otpadna jestiva ulja.

U radu je kao sirovina korišteno otpadno suncokretovo ulje koje se dodavalo standardnoj FCC sirovini u iznosu od 10 % v/v i 20 % v/v. Ispitivanja prinosa i raspodjele produkata načinjena su testom mikroaktivnosti te su dobiveni rezultati uspoređeni s prinosima i produktima dobivenim iz standardne FCC sirovine. U radu je korišten ravnotežni komercijalni katalizator iz FCC jedinice iz naših rafinerija.

Pokazano je kako se korištenjem biokomponenti kao komponenti standardne FCC sirovine mogu zadovoljiti zahtjevi za korištenje biogoriva u cestovnom transportu te omogućiti kvalitetno zbrinjavanje otpadnih jestivih ulja bez velikih dodatnih troškova.

Uvod

Povećanjem cijene nafte te smanjenjem njezinih rezervi, a time i pridobivih količina motornih goriva mineralnog porijekla, intenzivirana su istraživanja za dobivanje motornih goriva iz obnovljivih izvora. Najznačajnija goriva iz obnovljivih izvora koja se danas koriste u transportu su biodizel i bioetanol.

Direktiva EU 2003/30/EC koja promovira uporabu biogoriva u cestovnom transportu postavila je za indikativne ciljeve udjele biogoriva u ukupnoj količini goriva za 2005. g. od 2,0 % i 2010. g. od 5,75 %¹. Prema viziji Europske unije do 2020 g. biogoriva bi pokrivala oko 20 % ukupnog tržišta goriva.

Odlukom Vlade Republike Hrvatske od 19.4.2007. godine, distributere goriva se obavezuje da započnu s distribucijom biogoriva na tržištu RH u količini od 0,9 % od ukupne energetske potrošnje goriva u 2007².

Kao biogoriva najčešće se koriste različite vrste biokomponenti kao što su sve vrste jestivih ulja (suncokretovo, repičino, sojino, palmino ulje) te otpadna jestiva ulja (OJU). Iako prema Zakonu o otpadu kao i ostalim zakonima u Republici Hrvatskoj

upotrijebljeno, tj. otpadno jestivo ulje ne spada u opasan tehnološki otpad, potrebno je kontinuirano praćenje i kontrolirano postupanje i s ovom vrstom materijala. Biljna ulja se često poput mineralnih ulja zbrinjavaju na neadekvatan način.

U Republici Hrvatskoj godišnje se sakupi svega 3000-4000 t otpadnog jestivog ulja (izvor iz 2006. god.)³, tj. 7500 t (izvor 2007). god.⁴, dok se na tržište stavlja 50000 t. Dakle, iskorištavalo se samo 10 %, odnosno 15 % od ukupne količine stavljene na tržište. Cilj uvođenja Pravilnika o gospodarenju otpadnim uljima⁵ je uspostava sustava sakupljanja otpadnih ulja radi prerade ili zbrinjavanja. Do 2010. godine planira se znatno povećanje količine sakupljenog OJU kao i preradu 90% prosječne mase sakupljenih otpadnih ulja⁶.

1.1 Biljno ulje kao biokomponenta

Biljna ulja uključujući suncokretovo ulje sastavljena su od triglicerida, tj. lanaca masnih kiselina spojenih preko karboksilnih grupa u glicerinsku osnovu. Fizička i kemijska svojstva biljnih ulja vrlo ovise o sastavu masnih kiselina.

Glavni tehnički problem pri korištenju biljnih ulja kao tekućeg goriva su nestabilnost, visoka viskoznost i nastajanje koksnog taloga u dijelovima automobilskeg motora prilikom izgaranja.

Do sada su se biljna ulja najčešće prevodila niskotemperaturnim katalitičkim procesom u tekućoj fazi, tj. transesterifikacijom u prisutnosti baznih katalizatora i metanola u metilne estere masnih kiselina (FAME) koji se koriste kao biodizel. Za preradu se koristi i visokotemperaturni pirolitički proces sa čvrstim katalizatorom⁷.

1.2 Bioobnovljivi izvori i rafinerijski procesi

Bioobnovljivi izvori, tj. sirovine mogu se koristiti kao samostalno gorivo ili kao komponenta u namješanom gorivu mineralnog porijekla.

Postoji nekoliko pogodnih rafinerijskih procesa u kojima se mogu koristiti biljna ulja i masti u proizvodnji različitih biogoriva^{8, 9}. Odvajanje proizvodnje bioobnovljivih izvora poskupljuje njihovu proizvodnju te je najjednostavnije ukomponirati njihovu proizvodnju u postojeću infrastrukturu rafinerija prilikom proizvodnje i distribucije goriva. Danas u svijetu postoji čitav niz profitabilnih rafinerijskih postrojenja za proizvodnju biogoriva kao što je biodizel (FAME), zeleni dizel te zeleni benzin.

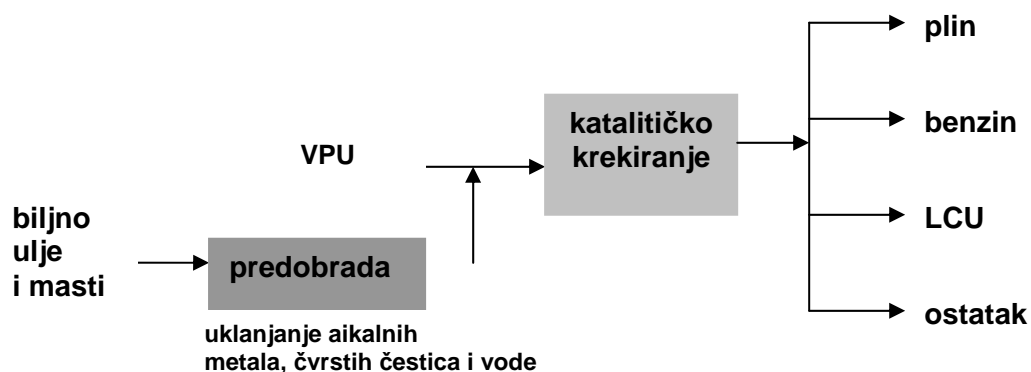
Problem biokomponenti kao komponenti u rafinerijskim procesima leži u tome da su biokomponente nesukladne s tipičnim rafinerijskim sirovinama i produktima radi velike kiselosti i visokog sadržaja alkalijskih metala. Zato se takva sirovina nužno obrađuje prije ulaska u rafinerijski proces. Postupak predobrade biokomponenti zahtijeva dodatne troškove prilikom proizvodnje.

1.3 FCC proces i bioobnovljivi izvori

Jedna od opcija korištenja biljnih ulja u proizvodnji goriva je korištenje u FCC procesu. Moguće je koristiti različite vrste biokomponenti kao što su sve vrste jestivih ulja te otpadna jestiva ulja. Zbog povećane ukupne kiselosti nastalog produkta koja izaziva koroziju opreme ne preporuča se korištenje biljnih ulja kao samostalne sirovine u ovom značajnom procesu.

Ako se u procesu kao sirovina koriste biljna ulja i masti, dobiva se tzv. zeleni benzin. Takva sirovina zahtijeva obaveznu predobradu kako bi se uklonili katalitički otrovi poput alkalijskih metala i drugih problematičnih komponenti kao što su voda i krutine. Stoga se biokomponenta najčešće namješava u standardnu FCC sirovinu (slika 1) ⁹.

U literaturi je pokazano da je moguće proizvoditi zeleni benzin kreiranjem biljnog ulja i masti u FCC jedinici. Korištenjem biljnih ulja i masti dobiven je prinos benzina sličan onom iz standardne FCC sirovine. Dobiveno je manje težih i često nepoželjnih produkata kao što su lako cikličko ulje (LCU) i teško cikličko ulje (TCU), značajne količine vode zbog dioksigenacije sirovine u FCC jedinici te CO_x (CO i CO₂). Dobiven je nešto viši prinos koksa, ali i viša vrijednost istraživačkog oktanskog broja (IOB) benzina ¹⁰.



Slika 1: Procesni pristup katalitičkom kreiranju biljnih ulja i masti

2. Eksperimentalni dio

2.1 Sirovine i katalizator

U eksperimentalnom dijelu rada korištena je standardna sirovina iz RN Sisak kojom se testiraju uzorci ravnotežnog FCC katalizatora, a koja je ujedno i realna sirovina koja se koristi u FCC jedinici u RN Sisak. Također su korištene i sirovine nastale miješanjem 10 % v/v i 20 % v/v otpadnog suncokretovog jestivog ulja u standardnoj FCC sirovini (mješavina 1 i mješavina 2). Fizikalno-kemijska svojstva otpadnog jestivog ulja te korištenih sirovina dana su u tablici 1 i 2.

Iz tablice 1 uočava se da OJU nije opterećeno sumporom ni ostalim metalima. Analizom NMR spektara dobivenih tehnikom NMR spektrometrije nije identificirana prisutnost vode u standardnoj sirovini, tj. u mješavinama.

Uočavaju se promjene fizikalno-kemijskih svojstava dodatkom OJU (tablica 2).

U radu je korišten ravnotežni komercijalni uzorak FCC katalizatora koji se koristi u FCC jedinici u RN Sisak.

Tablica 1: Fizikalno-kemijska svojstva otpadnog jestivog ulja

SVOJSTVO	OJU
Gustoća na 15°C, gcm ⁻³	0,9244
Sadržaj vode, mg/kg	125
Sumpor, mg/kg	4
Klor, mg/kg	10
Fosfor, mg/kg	51

Tablica 2. Fizikalno-kemijska svojstva korištenih sirovina

SVOJSTVO	STANDARDNA FCC SIROVINA	MJEŠAVINA 1	MJEŠAVINA 2
Gustoća na 15°C, gcm ⁻³	0,8712	0,8762	0,9115
Viskoznost (na 100 °C), mm ² s ⁻¹	5,37	6,21	6,11
°API	30,75	29,83	23,59
ASTM 2887 destilacija, T, °C, IBP	176,9	195,4	199,5
10 % v/v	334,8	336,3	341,0
30 % v/v	401,7	398,7	403,7
50 % v/v	436,8	432,1	438,6
70 % v/v	468,8	464,3	479,4
90 % v/v	510,2	505,0	512,3
FBP	552,5	554,1	552,0
Sumpor, % m/m	0,9210	0,7848	0,6960
Prisutnost vode, (NMR tehnika)	-	-	-

2.2 Provedba eksperimenta

Testiranja mješavina 1 i 2 načinjena su testom mikroaktivnosti pri temperaturi reakcije od 482, 510, 520, 530 i 540 °C (modificira na ASTM D 3907 metoda) te su dobiveni prinosi i raspodjele produkata uspoređeni s prinosisima i raspodjelom produkata dobivenim iz standardne FCC sirovine. Tekući produkt krekiranja rasfracionirao se na benzin i ostale tekuće produkte (LCU i TCU). Benzinima se odredila količina sumpora, sastav ugljikovodika i IOB. IOB FCC benzina određen je ¹H NMR spektrometrijom (metoda za određivanje sastava benzina ¹H NMR spektrometrijom, 3171-18-03). Ukupna kiselost sirovine i tekućeg produkta krekiranja određena je pomoću ASTM D 3242 metode. U produktima nije uočeno povećanje količine vode.

3. Rezultati i rasprava

Cilj rada bio je pokazati kako se u FCC procesu kao važnom rafinerijskom procesu može koristiti određena količina bioobnovljivih komponenti - otpadnog jestivog ulja u mineralnoj sirovini - standardnoj smjesi plinskih ulja, kao FCC sirovini bez značajnih ulaganja u infrastrukturu te na taj način pridonijeti uvođenju zadanog udjela biogoriva na tržište.

3.1 Ukupna kiselost

Radi povećane ukupne kiselosti nastalog produkta krekiranja pri samostalnom korištenju biokomponenti kao sirovine u FCC korodira oprema. Zabilježeno je da ukupni kiselinski broj biokomponente može biti i do 0,6⁸. Zato se ne preporuča korištenje biokomponenti poput ulja kao samostalne sirovine, već kao određeni udio u standardnoj sirovini, ovisno o sadržaju vode i ukupnoj kiselosti. Određena je ukupna kiselost otpadnog jestivog ulja, tekućih produkata krekiranja dobivenih iz standardne FCC sirovine i tekućih produkata krekiranja dobivenih iz mješavine 1 i 2 (tablica 3).

Tablica 3: Ukupna kiselost ispitivanih sirovina

Sirovina/ produkti	Ukupna kiselost, mg KOH/g
Otpadno jestivo ulje (OJU)	1,883
Produkt dobiven iz standardne FCC sirovine	0,032
Produkt dobiven iz mješavine 1	0,067
Produkt dobiven iz mješavine 2	0,101

Uočava se da je ukupna kiselost otpadnog jestivog ulja vrlo visoka. Ukupna kiselost produkta dobivenog iz mješavine 1 i mješavine 2 nije visoka i ne uzrokuje koroziju te je moguće koristiti 10 % v/v i 20 % v/v biokomponente u standardnoj FCC sirovini bez značajnog povećanja ukupne kiselosti produkta.

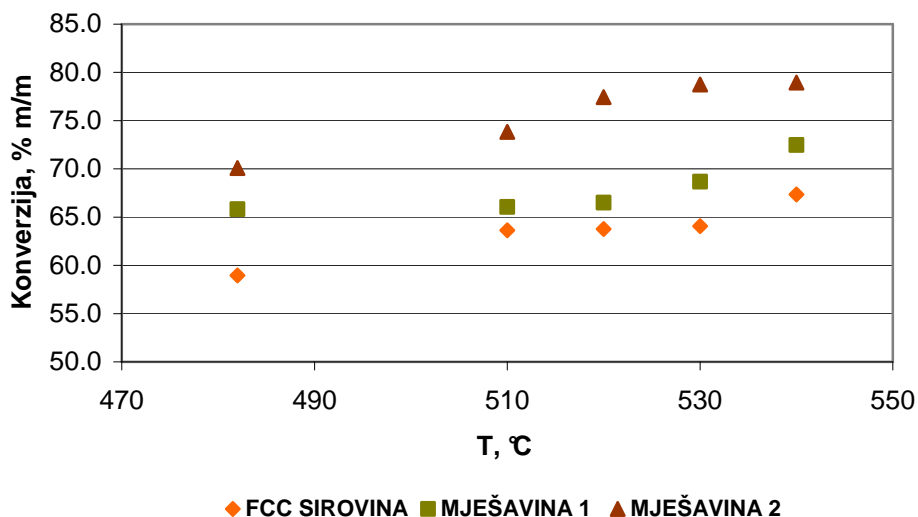
3.2 Krekiranje biljnih ulja i ovisnost konverzije o temperaturi

Na slikama 2-11 prikazana je ovisnost konverzije o temperaturi te raspodjela i prinosi produkata dobivenih u ispitivanju. Prilikom krekiranja biljnih ulja trigliceridi iz biljnih ulja reakcijama krekiranja prevode se u međuspojeve koji daljnjim reakcijama prelaze u masne kiseline iz kojih reakcijama krekiranja, aromatizacije, dealkilacije i hidrolize nastaju plinoviti i tekući ugljikovodici¹⁰.

Iz slike 2 vidljivo je da je porastom temperature došlo do porasta konverzije kod svih ispitivanih sirovina. Mješavina 2 ostvarila je najveću konverziju, a slijede mješavina 1 te standardna sirovina. U literaturi je navedeno da sirovina s većim dodatkom OJU ostvaruje manju konverziju u odnosu na standardnu sirovinu zbog prisutnosti veće količine vode i CO₂ iz karboksilnih grupa iz ulja.

3.3 Prinos plinovitih produkata

Porastom temperature reakcije kreiranja kod svih sirovina došlo je do porasta zasićenih komponenti plina. Detaljna analiza plinskog produkta dobivena tehnikom plinske kromatografije ukazuje da je korištenjem mješavina 1 i 2 dobivena veća količina zasićenih plinskih komponenti C1-C3 (metana, etana i propana) u odnosu na standardnu FCC sirovinu (tablice 4, 5 i 6). Uočen je značajan porast prinosa propana kod mješavine 2.



Slika 2: Ovisnost konverzije o temperaturi

Tablica 4: Prinos metana u plinu

T reakcije, °C	STANDARDNA FCC SIROVINA, % m/m	MJEŠAVINA 1, % m/m	MJEŠAVINA 2, % m/m
482	0,45	0,52	0,61
510	0,66	0,66	0,77
520	0,76	0,73	0,87
530	0,89	0,86	0,99
540	0,97	1,00	1,15

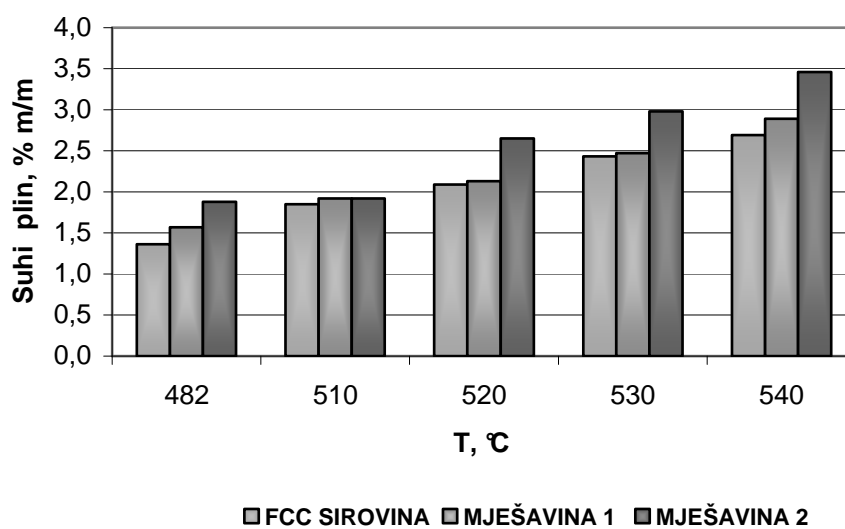
Porast metana i etana koji uz vodik čine suhi plin nije poželjan u FCC jedinici. Količina suhog plina povećava se porastom temperature u reaktoru, a najveći porast suhog plina zabilježen je kod mješavine 2 (slika 3).

Tablica 5: Prinos etana u plinu

T reakcije, °C	STANDARDNA FCC SIROVINA, % m/m	MJEŠAVINA 1, % m/m	MJEŠAVINA 2, % m/m
482	0,44	0,52	0,57
510	0,56	0,61	0,61
520	0,63	0,67	0,83
530	0,72	0,78	0,90
540	0,81	0,91	1,02

Tablica 6: Prinos propana u plinu

T reakcije, °C	STANDARDNA FCC SIROVINA, % m/m	MJEŠAVINA 1, % m/m	MJEŠAVINA 2, % m/m
482	0,98	1,10	1,67
510	1,21	1,20	1,68
520	1,34	1,29	1,77
530	1,48	1,45	1,93
540	1,59	1,63	3,09



Slika 3: Prinos suhog plina kod različitih temperatura reakcija

Korištenjem mješavina 1 i 2 dobivena je i veća količina nezasićenih C2=, C3= i C4= ugljikovodičnih komponenti (eten, propen i ukupni buteni, tablice 7, 8 i 9). U literaturi je zabilježeno da katalitička konverzija masnih kiselina povećava nastajanje nezasićenih komponenti u plinu ¹⁰. Porast nezasićenih C2= do C4= olefina porastom temperature rezultat je i vrlo endotermnih reakcija termičkog kreiranja koje rezultiraju porastom cijepanja C-C veze C5⁺ alifatskog ugljikovodika iz čega slijedi povećanje količine nastalih C2= do C4= olefina ¹¹.

Tablica 7: Prinos etena kod različitih temperatura reakcija

T reakcije, °C	STANDARDNA FCC SIROVINA, % m/m	MJEŠAVINA 1, % m/m	MJEŠAVINA 2, % m/m
482	0,48	0,54	0,69
510	0,63	0,66	0,87
520	0,71	0,73	0,96
530	0,81	0,83	1,09
540	0,71	0,98	1,29

Tablica 8: Prinos propena kod različitih temperatura reakcija

T reakcije, °C	STANDARDNA FCC SIROVINA, % m/m	MJEŠAVINA 1, % m/m	MJEŠAVINA 2, % m/m
482	2,4	2,74	3,21
510	2,8	2,9	3,75
520	3,03	3,01	3,85
530	3,26	3,37	4,07
540	3,41	3,59	3,96

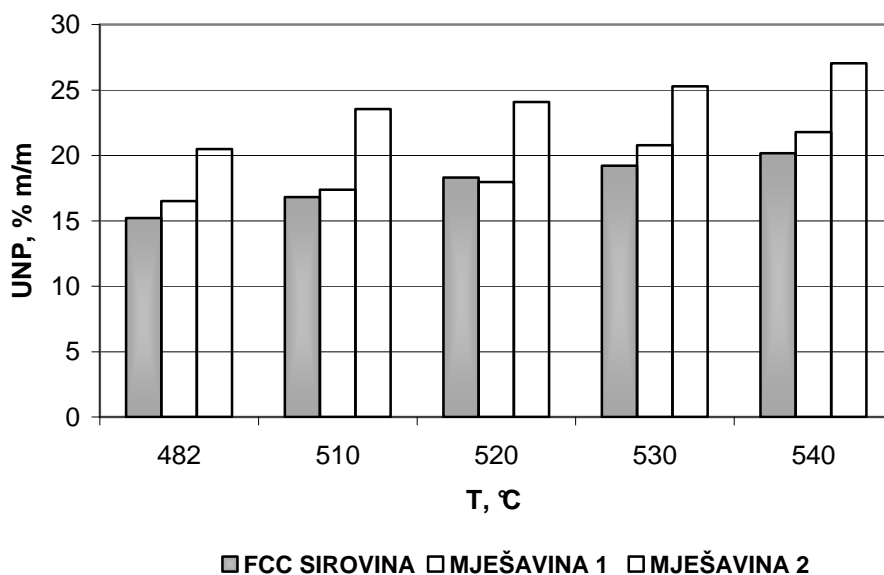
Tablica 9: Prinos ukupnih butena kod različitih temperatura reakcija

T reakcije, °C	STANDARDNA FCC SIROVINA, % m/m	MJEŠAVINA 1, % m/m	MJEŠAVINA 2, % m/m
482	6,08	6,48	7,77
510	6,55	6,92	9,64
520	7,21	7,15	10,01
530	7,47	8,62	10,27
540	7,92	9,01	10,43

Svi nabrojani plinovi koriste se kao daljnje sirovine u petrokemijskoj i naftnoj industriji te su zadnjih godina načinjeni veliki napori kako bi se povećala njihova količina u rafinerijskim procesima. Posebice su vrijedne komponente ukapljenog

naftnog plina (UNP), izobuteni i buteni koji imaju visoki oktanski broj i koriste se u proizvodnji oksigenata i alkilata ¹².

Porastom konverzije, tj. temperature dolazi do porasta UNP kao smjese C3 i C4 ugljikovodika kod svih korištenih sirovina (slika 4). Najviši porast prinosa UNP ostvaren je korištenjem mješavine 2. Izobutan iz UNP-a koristi se s ostalim olefinima kao sirovina za proces alikilacije.

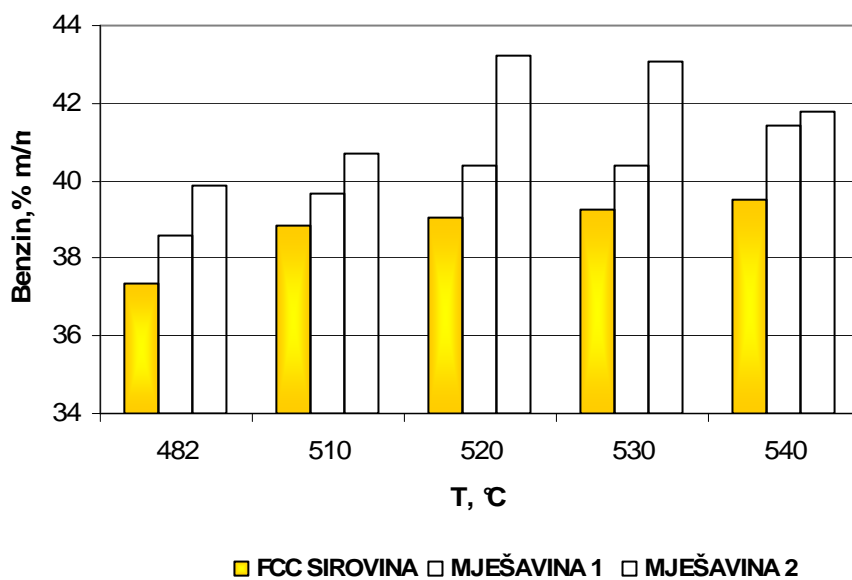


Slika 4: Prinos UNP kod različitih temperatura reakcija

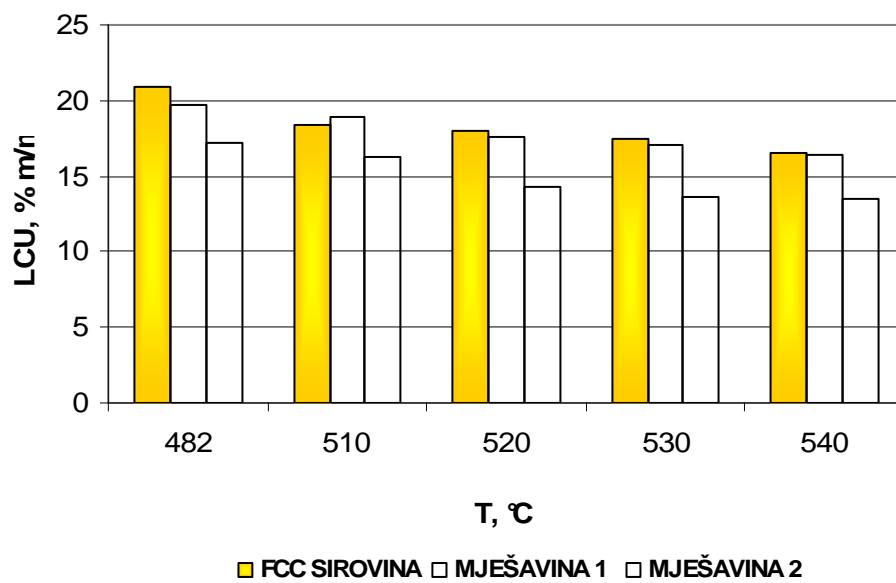
3.4 Prinos tekućih produkata i koksa

Najviši prinos benzina dobiven je korištenjem mješavine 2, a najmanji korištenjem standardne FCC sirovine (slika 5). Jestiva ulja sastavljena su od dugolančanih ugljikovodičnih molekula koje pri katalitičkom krekiranju pucaju u kraće lance. Porastom temperature raste prinos benzina zbog porasta reakcija krekiranja ^{13, 14}.

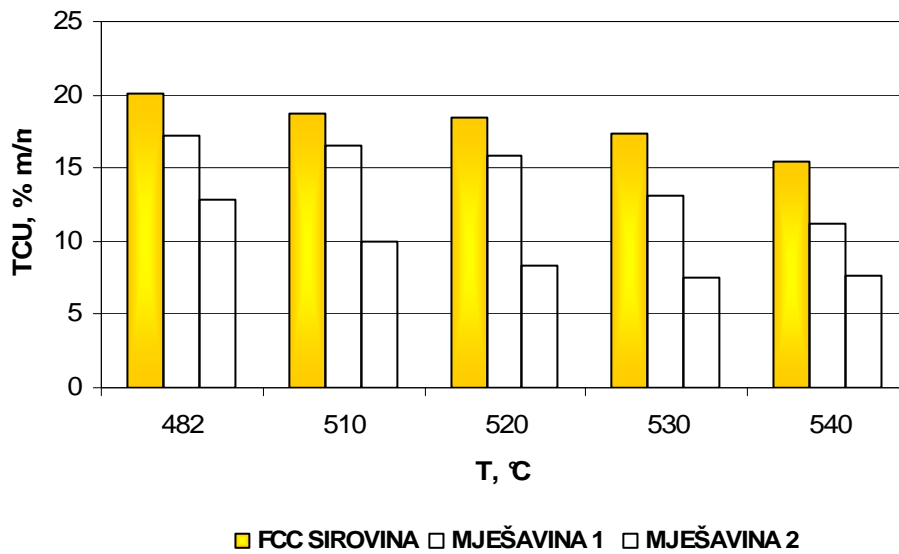
Kod standardne FCC sirovine i mješavine 1 nije zabilježen pad prinosa benzina s porastom temperature, tj. konverzije, kao što je to u slučaju mješavine 2. Iznad vrijednosti konverzije od 74 % m/m dolazi do prekreiranja sirovine jer se odvijaju neselektivne reakcije krekiranja kojima nastaju veće količine plina, UNP-a i koksa na račun prinosa benzina. U slučaju vođenja procesa kada je cilj maksimiziranje prinosa benzina, treba voditi računa o visini konverzije kako ne bi došlo do prekreiranja sirovine.



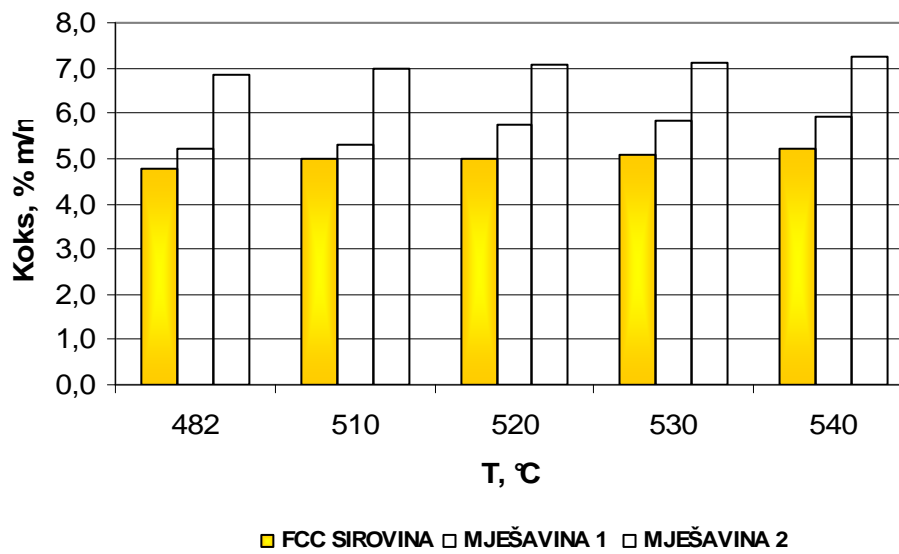
Slika 5. Prinos benzina kod različitih temperatura reakcija



Slika 6: Prinos lakog cikličkog ulja (LCU) kod različitih temperatura reakcija



Slika 7: Prinos teškog cikličkog ulja (TCU) kod različitih temperatura reakcija



Slika 8: Prinos koksa kod različitih temperatura reakcija

U dobivenim FCC benzinima određena je količina sumpora te je zaključeno da OJU nije znatno utjecalo na promjenu količine sumpora u navedenim produktima. Količine sumpora u dobivenim benzinima iz mješavina 1 i 2 kretale su se od 800-700 mg/kg što odgovara smanjenju udjela mineralne sirovine, odnosno porastu dodatka OJU koji gotovo nema sumpora.

Pri radu FCC jedinice čiji je cilj proizvesti maksimalnu količinu produkata nižeg vrelišta poput UNP-a i benzina, lako cikličko ulje (LCU) i posebice teško cikličko ulje (TCU) smatraju se nepoželjnim produktima katalitičkog krekiranja. Korištenjem mješavine 1 dobivena je neznatno manja količina LCU u odnosu na standardnu FCC sirovinu, dok je korištenjem mješavine 2 dobivena još manja količina ove komponente (slika 6). Porastom temperature došlo je do smanjenja prinosa LCU i TCU. Najviši prinos TCU ostvaren je korištenjem standardne FCC sirovine, nešto manji korištenjem mješavine 1, a najmanji korištenjem mješavine 2 (slika 7). Dobiveni rezultati u skladu su s literaturnim podacima^{8,10}.

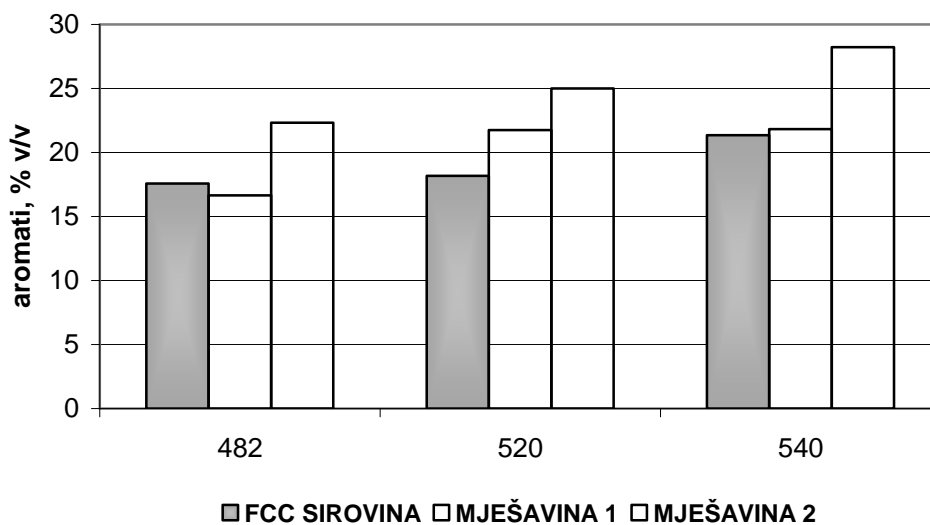
Koks je također nepoželjni produkt koji nastaje prilikom reakcija katalitičkog krekiranja. Tijekom reakcija katalitičkog krekiranja nastalo je više koks korištenjem mješavina, posebice mješavine 2 u odnosu na standardnu sirovinu (slika 8). Povećana količina koks nepovoljna je jer se koks taloži na površini katalizatora smanjujući njegovu aktivnost. Pretpostavka je da na površini katalizatora slobodne masne kiseline međusobno reagiraju pri čemu nastaju radikali koji vode do nastajanja koks¹⁰. Koks nastaje i učestalim reakcijama dehidrogenacije aromata.

3.5 Ugljikovodični sastav i IOB benzina

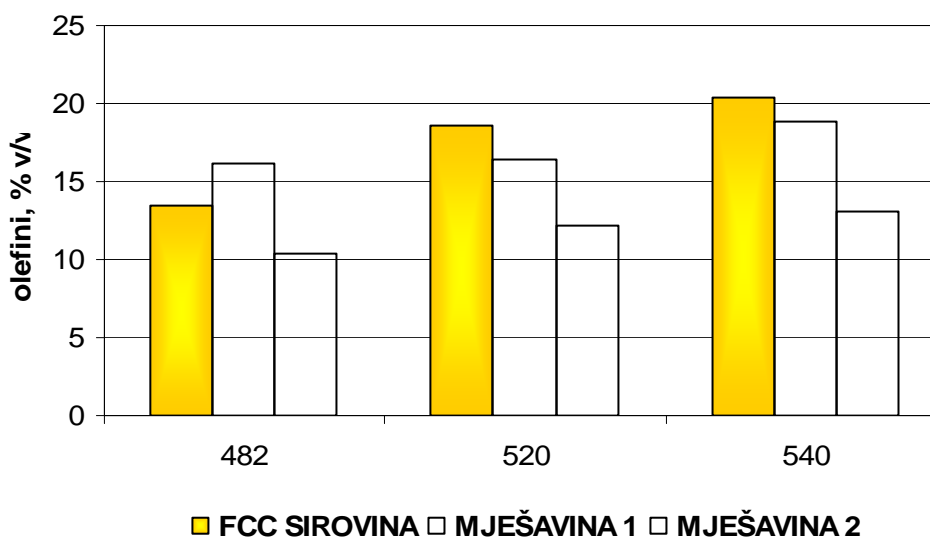
Porastom temperature krekiranja uočava se porast količine aromata i olefina u benzinu dobivenom iz svih sirovina (slika 9 i 10). Količina aromata kretala se od 16,65 do 28,23 % v/v. Znatan porast aromata zabilježen je kod benzina dobivenog iz mješavine 2. Do nastajanja aromatskih ugljikovodika u benzinu vode sekundarne reakcije izomerizacije, alkilacije, ciklizacije i prijenosa vodika koje se odvijaju nakon reakcija krekiranja u kojima sudjeluju spojevi s dvostrukim vezama, odnosno reakcije kondenzacije olefina i ostalih dehidriranih vrsta^{10, 13, 14, 16}.

Ponavljanje reakcija dehidrogenacije i prijelaza vodika dovode do nastajanja olefina i koks¹⁵. Količina olefina kretala se od 10,39 do 20,35 % v/v. Najveći porast olefina zabilježen je kod standardne sirovine, a najmanji kod mješavine 2. Količina nastalih olefina iz molekula biljnih ulja ovisi o međusobnom odnosu reakcija dehidrogenacije i hidrogenacije. Olefini sudjeluju i u reakcijama kondenzacije pri čemu nastaju aromati.

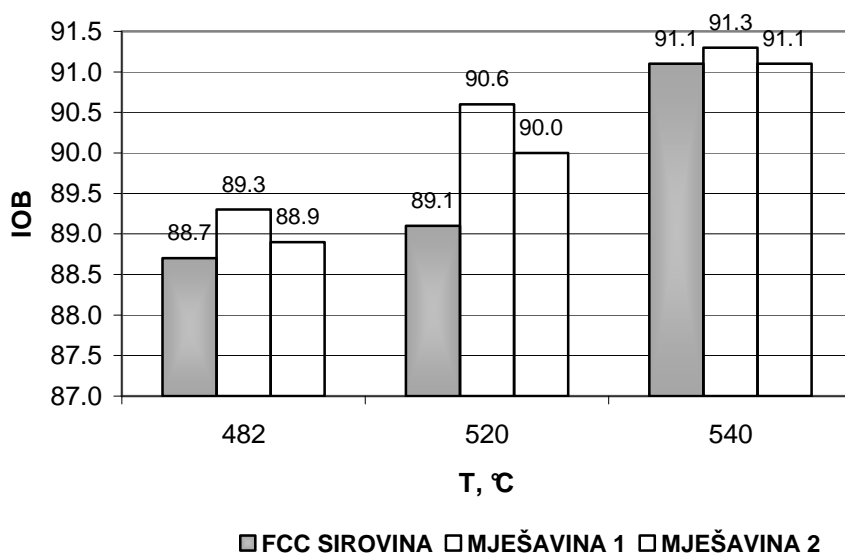
Najviši IOB određen je u benzinu dobivenom iz mješavine 1 kod sve tri ispitane temperature, dok je najniži IOB zabilježen korištenjem standardne FCC sirovine (slika 11).



Slika 9: Aromati u FCC benzinima kod različitih temperatura reakcija



Slika 10: Olefini u FCC benzinima kod različitih temperatura reakcija



Slika 11: Istraživački oktanski broj (IOB) u FCC benzinima kod različitih temperatura

3.6 Izračun mogućih potrošenih količina OJU u FCC jedinici u RN Sisak

Kapacitet FCC jedinice u RN Sisak iznosi 1400 t/d, tj. približno pola milijuna tona godišnje. Za namješavanje 5 % OJU u FCC sirovinu potrebno je 23800 t/g OJU, dok bi za namješavanje 10 % OJU u FCC sirovinu bilo potrebno 47600 t/g OJU.

Uvođenju 0,9 % biogoriva u ukupnom udjelu energetske potrošnje goriva u RH za 2007. g. odgovara 22 000 t biogoriva², što bi s obzirom na Inno tržište u RH iznosilo 16 500 t biogoriva. Namješavanjem samo 5 % OJU u FCC sirovinu zadovoljila bi se gotovo ukupna količina biogoriva u ukupnom udjelu energetske potrošnje goriva u RH, tj. cjelokupni potrebni iznos za tvrtku.

4. Zaključci

Iz rada proizlaze sljedeći zaključci:

1. Zbrinjavanje OJU treba dalje razmatrati u tehničkom i ekonomskom pogledu, kao i u pogledu aspekta zaštite okoliša.
2. Dodatak 10 % v/v i 20 % v/v otpadnog jestivog ulja u standardnu FCC sirovinu ne bi zahtijevao velike dodatne investicijske troškove (izuzev filtriranja OJU), a dobiveni produkti kreiranja ne prelaze dopuštenu ukupnu kiselost koja bi izazvala koroziju opreme.
3. Uspoređeni su prinosi i raspodjela produkata dobivenih s mješavinama u odnosu na standardnu FCC sirovinu. Korištenjem mješavina zabilježena je pozitivna promjena kod višeg prinosa benzina i UNP-a i manjeg prinosa LCU i TCU te negativni viši prinos suhog plina i koksa.

4. IOB benzina dobivenog s mješavinama viši je od IOB benzina dobivenog sa standardnom sirovinom.
5. OJU nije opterećen sumporom te njegov dodatak u standardnu sirovinu ne bi dodatno opteretio FCC benzin i druge produkte sumporom.
6. Uvođenjem određene količine biokomponenti u FCC proces supstituira se dio mineralne sirovine te se na taj način može doprinijeti uvođenju biogoriva na hrvatskom tržištu.

Literatura

1. Direktiva EU 2003/30/EC
2. Odluka od postotku biogoriva u ukupnom udjelu goriva u 2007. god. i količini biogoriva koje se mora staviti u promet na domaće tržište u 2007. godini, Vlada RH od 19.04.2007.
3. www.mzoup.hr
4. Seminar o gospodarenju otpadnim uljima 20.05.2008., Zagreb
5. Pravilnik o gospodarenju otpadnim uljima, NN 124/06
6. www.azo.hr
7. Vonghia E., Boocock D.G.B., Konar S.K., Leung A., *Energy & Fuels*, 9 (1995) 1090-1096
8. Opportunities for Biorenewables in Oil Refineries, Final Technical Report, UOP, 2005.
9. Holmgren J., Gosling C., Couch K., Kelnes T., Marker T., McCall M., Marinangeli R. *Petroleum Technology Quarterly*, 12 (2007) 4, 119-125
10. Dupain X., Costa D.J., Schaverin C.J., Makkee M., Moulijn J.A., *Applied Catalysis B: Environmental*, 72 (2007) 44-61
11. Katlikaneni S.P.R., Adjaye J.D., Idem R.O., N.N. Bakhshi N.N., *Ind. Eng. Chem. Res.*, 35 (1996) 3332-3346
12. Sadeghbeigi R., FCC Handbook, Gulf Publishing Company, Houston, 2000
13. Charusiri W., Vitidsant T., *Energy & Fuel*, 19 (2005) (1783-1789)
14. Lappas A.A., D.K. Iatridis D.K., I.A. Vasalos I.A., ERTC 12th, Annual Meeting, Barcelona, 2007.
15. Corma A., Huber G.W., Sauvinaud L., O'Connor P., *Journal of catalysis*, 247 (1997) 307-327

UDK	ključne riječi	key words
665.644.2.002.33	sirovine za FCC	raw materials for FCC
.002.3	gledište sastava sirovine	raw material constituents viewpoint
.002.33	gledište podobnosti sirovine za obradbu	process capability of feedstock viewpoint
665.334.94	repičino ulje	rapeseed oil
665.347.8	suncokretovo ulje	sunflower oil
665.353.4	palmino ulje	palm oil
665.112.2	otpadno jestivo ulje	waste cooking oil

Autori

Dr. sc. Maja Fabulić Ruszkowski¹, e-mail: maja.fabulic-ruszkowski@ina.hr,
Marko Radošević¹, Ivica Jerbić², Jelena Parlov Vuković¹

¹ INA, Služba za tehnološki razvoj i upravljanje projektima, Lovinčićeva bb, Zagreb

² INA, Rafinerija nafte Sisak, A. Kovačića 1, Sisak

Primljeno / 2.2.2009.

Prihvaćeno / 5.1.2010.