

SPRACOVANIE ODPADOVÝCH KUCHYNSKÝCH OLEJOV NA BIONAFTU

LENKA BLINOVÁ – ALICA BARTOŠOVÁ

TREATMENT OF WASTE COOKING OIL TO BIODIESEL

ABSTRAKT

Ropa je významnou surovinou pre viacero priemyselných odvetví, preto sa v posledných rokoch vo svete silne presadzuje snaha ropu nahradiť, a to predovšetkým v oblastiach jej najväčšej spotreby, t.j. v oblasti výroby pohonných hmôt. Zaujímavou možnosťou riešenia je využitie olejnatých surovín ako paliva dieselových motorov. Najekonomickejšia a tiež aj najekologickejšia je výroba z použitého, prepáleného kuchynského oleja, pretože sa zužitkováva odpad a premieňa sa na kvalitné energeticky výdatné a všade použiteľné biodegradačné palivo – bionaftu. Tento článok sa zaoberá práve výrobou bionafty z použitého kuchynského oleja.

Kľúčové slová: biomasa, olejnaté suroviny, odpadový kuchynský olej, bionafta, transesterifikácia

ABSTRAKT

Crude oil is an important raw material for several industries, because in recent years the world strongly advocated efforts to replace oil, especially in the areas of greatest consumption, i. e. in the production of fuel. An interesting possibility is the use of solutions raw oil as fuel for diesel engines. Biodiesel production from waste cooking oil is the most economical and also the greenest of production. In this production is waste oil recovered and converted into a high-quality energy-dense and everywhere biodegradation usable fuel - biodiesel. This article looks at just the production of biodiesel from used cooking oil.

Key words: biomass, oilseeds materials, waste cooking oil, biodiesel, transesterification

ÚVOD

V dnešnej dobe je jednou z najaktuálnejších tém na poli Európskej únie otázka biopalív pre dopravu. Doprava sa stala nenahraditeľnou súčasťou ľudského života a svojím spôsobom sa aj ľudstvo stalo na doprave závislým. Svetové zásoby strategicky významnej suroviny ropy sa pomaly znižujú a jej ťažba je stále drahšia. Je významnou surovinou pre viacero priemyselných odvetví, preto sa v posledných rokoch vo svete silne presadzuje snaha ropu nahradiť, a to predovšetkým v oblastiach jej najväčšej spotreby, t.j. v oblasti výroby pohonných hmôt. Zaujímavou možnosťou riešenia je využitie olejnatých surovín ako paliva dieselových motorov. Najčastejšie používaným olejom na výrobu bionafty je repkový olej, ktorý má vysoký energetický obsah a patrí medzi obnoviteľné zdroje energie, čo možno považovať za jeho nezanedbateľnú prednosť. Toto palivo je však možné vyrábať aj z odpadových olejov. Bionafta alebo zmesná motorová nafta sa vyrába jednoduchým zmiešaním metylesterov repkového oleja s motorovou naftou podľa STN EN 590.

BIOMASA PRE VÝROBU BIONAFTY

V poslednom desaťročí energetický význam biomasy prudko vzrástol. Tlak na zvyšovanie výroby palív a energie z nej bude dlhodobo pokračovať, a to najmä z dôvodu klesajúcich svetových zásob fosílnych zdrojov energie. Vo viacerých krajinách sveta sa v súčasnosti experimentuje s pestovaním biomasy vo forme rýchloraštúcich rastlín. Prejavuje sa zvýšený záujem o energetické využívanie poľnohospodárskych odpadov z rastlinnej výroby a cieľené pestovanie energetických rastlín pre daný účel. Táto situácia je vyvolaná nadprodukciami poľnohospodárskych produktov vo vyspelých krajinách Európy a USA, ale hlavne úsilím o náhradu fosílnych palív a tým zníženie produkcie skleníkových plynov a ostatných škodlivín cestou ekonomického využitia poľnohospodárskej pôdy v ekologicky ohrozených oblastiach ako aj menej kvalitnej pôdy (okolie ciest, diaľnic).

Vzhľadom k znižovaniu svetových zásob ropy, ktorá je základnou surovinou pre výrobu benzínu a motorovej nafty a s ohľadom na znižovanie emisií CO₂ a iných škodlivých látok prijal Európsky parlament a Rada európskej únie v roku 2003 smernicu 2003/30/EC na postupné nahradzovanie klasických motorových palív za biopalivá a iné alternatívne palivá. Ako motorové biopalivá je možné použiť rastlinné oleje, ich deriváty, najmä estery mastných kyselín ako metylestery, prípadne etylestery, nižšie alkoholy ako je metanol, etanol, propanol a rôzne chemické produkty vyrobené z obnoviteľných surovín [1].

V súčasnosti sa zaraďujú medzi najpoužívanejšie dva druhy biopalív:

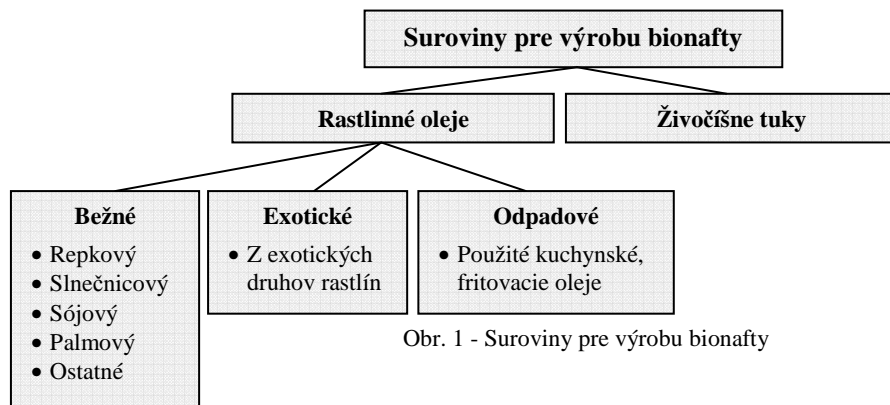
- bionafta alebo biodiesel,
- bioetanol (vyrábaný z cukornatých, škrobnatých, lignocelulózových surovín).

Hlavné suroviny pre výrobu bionafty pochádzajú z olejnatých surovín (Obr. 1), v Európskej únii prevažne z repky olejnej. Inými zdrojmi sú slnečnica, sója, lan, palma a ostatné olejnaté plodiny alebo použitý rastlinný olej. V minulých rokoch došlo

k technologickému rozvoju, ktorý priniesol širšie možnosti vo využívaní základných surovín a zlepšila sa výrobná technológia schopná spracovávať viac druhov týchto surovín [2].

Najvýznamnejšími reprezentantmi tejto skupiny sú masné kyseliny viazané v olejnatých poľnohospodárskych plodinách. Pestovanie týchto plodín pre potravinárske aj nepotravinárske použitie nie je náročné. Ďalej možno ako suroviny použiť živočíšne tuky (napr. hovädzí loj, hydinové a bravčové sadlo, rybí tuk). Táto výroba je však o niečo náročnejšia, pretože tuk treba najprv skvapalniť a potom ho v tomto stave udržiavať. V posledných rokoch sa kvôli neustále zvyšujúcim cenám olejnatých plodín hľadajú aj nové zdroje surovín, napr. použité fritovacie oleje a tuky. Najekonomickejšia a tiež aj najekologickejšia je výroba z použitého, prepáleného kuchynského oleja, pretože sa zužitkováva odpad a premieňa sa na kvalitné energeticky výdatné a všade použiteľné biodegradačné palivo – bionaftu [3]. Čoraz viac si uvedomujeme obmedzené zásoby energetických surovín, a tak sa zhodnotenie zozbieraných starých látok stáva neustále rastúcim hospodárskym odvetvím. Dôvody pre zber použitého kuchynského oleja sú viaceré. Použitý olej obsahuje karcinogény, ktoré môžu spôsobiť rakovinu, recykláciou použitého oleja sa zamedzí znečisteniu povrchových a podzemných vôd. Použitý jedlý olej škodí odpadovému potrubiu v dome a poškodzuje správny chod čistiarne odpadových vôd. Olej upcháva žumpu a kanalizáciu a slúži ako potrava hlodavcom. Ďalším dôvodom zberu odpadového oleja je skutočnosť, že takýto olej možno plnohodnotne využiť na výrobu biopalív [4].

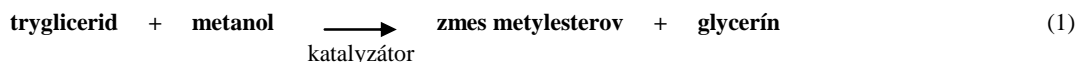
V zahraničí je jeho recyklácia úplne bežná. Ak tu takáto iniciatíva nie je, olej väčšinou skončí vo výlevkách, následne v kanalizačnej sieti a tak znečisťuje vodu. Na Slovensku sú skúsenosti so spracovaním použitých kuchynských olejov pri výrobe bionafty v spoločnosti Meroco, a. s. v Leopoldove, kde bežne spracúvajú tieto kuchynské oleje spolu s čerstvými rastlinnými olejmi. Aj čerpacie stanice spoločnosti Slovnaft sú od mája 2011 zapojené do ekologického projektu „Aj kvapka oleja sa ráta“. Na odovzdanie sú vhodné všetky typy rastlinných olejov, ktoré zostanú v domácnostiach po vyprášaní na panvici alebo vo fritéze, prípadne oleje slúžiace ako nálev rôznych potravín. Zbieranie takto prebytočného rastlinného oleja môže byť pre nás spôsobom, ako urobiť pozitívne kroky. Zozbieraný olej v PET fľašiach možno kedykoľvek bezplatne odovzdať na vybraných čerpacích staniaciach Slovnaft. Cieľom projektu je umožniť jednotlivcom a domácnostiam separovať použitý kuchynský olej. Zozbieraný olej a tuk je následne odborne spracovaný a ekologicky zhodnotený na ďalšie použitie. Z 1 litra použitého oleja sa dokáže vyrobiť až 9 decilitrov biozložky [5, 6]. Odstránenie, úprava a spracovanie starého kuchynského tuku na bionaftu je oproti všetkým možným spôsobom zhodnotenia najekologickejšie. Cena je podstatne nižšia ako cena čerstvých rastlinných olejov, ale kvalita týchto použitých olejov je rôzna, podľa toho, kto na čom vypráza (rastlinný olej alebo tuk).



Obr. 1 - Suroviny pre výrobu bionafty

TECHNOLÓGIA VÝROBY BIONAFTY

Výroba bionafty predstavuje preverenú a dobre zvládnutú technológiu, ktorá je úspešne prevádzkovaná vo veľkokapacitnom meradle i v našich podmienkach. Aby bolo možné rastlinné oleje použiť priamo v bežných motoroch, je nutné ich upravovať rafinačným procesom nazývaným transesterifikácia. Je to chemická reakcia založená na zmiešaní metanolu s olejom, kde pri procese miešania sa používa katalyzátor (NaOH alebo KOH) [7]. Nevýhodou je nemožnosť získať katalyzátor späť z reakcie. Z olejov sa transesterifikáciou získavajú metylestery pri súčasnom uvoľňovaní glycerolu. Chemickú reakciu je možné schematicky vyjadriť nasledovne [8]:



Najdôležitejšími parametrami pri reakcii sú molárny pomer metanol/olej, typ a množstvo katalyzátorov, teplota a čas chemickej reakcie, intenzita miešania a zloženie vstupného rastlinného oleja (najmä množstvo voľných masných kyselín a vody) [9].

Olej sa v transesterifikačnom reaktore vyhreje a pomocou miešadla sa privedie do krátkodobého kontaktu s určeným množstvom roztoku NaOH/KOH v metanole. V porovnaní NaOH s katalyzátorom KOH, ktorý sa používa napr. v Rakúsku, má NaOH nižšiu mólovú hmotnosť, preto na rovnaký účinok postačuje nižšia hmotnostná koncentrácia a je lacnejší. Po reakcii sa reakčná zmes rozdelí na dve nemiešateľné fázy. *Esterová fáza* sa neutralizuje, premýva a zjavuje metanolu a vody,

čím sa získava metylester. V druhej, tzv. *glycerolovej fáze* sa najskôr odstráni metanol. Surový metylester repkového oleja sa stripuje vzduchom s cieľom odstrániť nezreagovaný metanol, ktorého podstatná časť už bola odvedená s polárnou glycerolovou fázou. Odstripovaním nezreagovaného metanolu (MeOH) na hodnotu pod 0,1 % hm. sa zabezpečí dôležitý parameter bionafty – bod vzplanutia nad 55 °C [10].

Pôsobením minerálnej kyseliny sa neutralizuje zvyškový katalyzátor a rozložia sa obsiahnuté mydlá, čím sa získava surový glycerol a masťné kyseliny. Zvyškový metanol, ktorý vzniká pri jednotlivých etapách čistenia tak metylesterového, ako aj glycerínového prúdu, je dopravovaný do destilačnej kolóny. Vzniknutý metanol a voda sú opätovne použité v hlavnom výrobnom procese [11].

Okrem transesterifikácie existujú ešte tri metódy výroby bionafty, ktoré sú vo vývojovej fáze:

- **Heterogénna katalýza**
Ide o špeciálne katalyzátory na báze organokovových komplexov alebo pevných kyselých katalyzátorov (zeolity), či oxidov kovu (MgO) alebo zmesných oxidov. Výhodou je opakované použitie katalyzátora po reakcii, čo u klasickej homogénnej katalýzy nie je možné. Nevýhodou je väčšia náročnosť a cena prípravy katalyzátora.
- **Enzymatická katalýza**
Používajú sa rôzne druhy enzýmov, ktoré sú izolované z príslušných mikroorganizmov (napríklad *Rizhomucormiehei*, *Pseudomonascepacia*, *Caidaantarctica*). Výhodou je, že reakcia prebieha pri relatívne nízkych teplotách (25 – 35 °C). Nevýhodou je dlhé trvanie reakcie prebiehajúcej pri uvedených teplotách (desiatky hodín). Hlavnými prekážkami používania lipáz v priemyselnom meradle je ich cena, čiastočná strata aktivity v metanolu a dlhé reakčné časy.
- **Bez katalyzátora**
Ďalšou vyvíjanou metódou je príprava bionafty pomocou metanolu v superkritickom stave, ktorá prebieha bez katalyzátora. Tento postup však vyžaduje vysokú teplotu (cca 350 °C) a tlak (45-65 MPa), ktoré je možné znížiť prídavkom pomocného rozpúšťadla. Výhodou je rýchla reakcia a získanie relatívne čistého glycerolu [12].

BIONAFTA AKO EKOLOGICKÉ BIOPALIVO

Bionafta je alternatívne, ekologické palivo, ktoré má veľa rovnakých vlastností ako normálna nafta (Tab. 1), ale na rozdiel od nafty, nie je pôvodom z petroleja, ale z rastlinného oleja alebo živočíšneho tuku. Je označovaná ako zmes metylesterov kyselín skratkou MERO (methyl ester repkového oleja). V zahraničí sa používa termín RME (rapeseed methyl ester) [4, 13]. Súčasne sa stretávame aj s európskou skratkou FAME (fatty acid methyl ester). V praxi oba pojmy označujú bionaftu, FAME je však všeobecný názov pre masťné kyseliny a MERO sa používa na pomenovanie bionafty, ktorá je vyrobená výlučne z oleja repky olejnej [14].

Bionafta je číra, horľavá kvapalina III. triedy nebezpečnosti bez akýchkoľvek nečistôt, zafarbená do žltá, s vodou nemiešateľná. Neobsahuje PCB ani látky obsahujúce ťažké kovy. Pri znečistení pôdy sa MERO samo biologicky odbúra [15].

Podľa v súčasnosti platných noriem musia metylestery spĺňať požiadavky normy STN EN 14214, čo striktné spĺňajú iba metylestery vyrobené z repkového oleja. MERO je síce chemicky odlišný od ropných produktov, ale jeho hustota, viskozita, výhrevnosť a priebeh spaľovania sa motorovej naftě veľmi približujú. V porovnaní s motorovou naftou sa však vyznačuje podstatne lepšími parametrami v emisiách CO₂ a SO₂, mierne vyššie má iba emisie NO_x. Je netoxický, neobsahuje žiadne ťažké kovy ani zdraviu škodlivé látky [15, 16].

Tab. 1 - Porovnanie vybraných parametrov MERO a motorovej nafty [17]

Vlastnosti paliva	Bionafta (MERO)	Motorová nafta
Rel. molekulová hmotnosť [g mol ⁻¹]	~ 300	170 – 200
Cetánové číslo [-]	~54	51
Hustota pri 15 °C [kg m ⁻³]	880	840
Výhrevnosť [MJ kg ⁻¹]	37,3	42,7
Výhrevnosť [MJl ⁻¹]	32,0	35,7
Stechiometrický pomer vzduch/palivo [hm.]	12,3	14,53
Obsah kyslíka [% hm.]	9 - 11	<0,6
Kinematická viskozita pri 20 °C [mm ² s ⁻¹]	7,4	4,0
Bod vzplanutia [°C]	91 - 135	77

Vysoké cetánové číslo zabezpečí, že MERO sa dobre vznieti, jeho stechiometrické spaľovanie vyžaduje menej vzduchu. Spaľovaním bionafty vzniká špecifický zápach, ktorý môže pôsobiť nepríjemne. Má tiež väčšiu viskozitu a jeho hustota je v porovnaní s naftou o niečo väčšia. Týmito vlastnosťami sa čiastočne kompenzuje jeho menšia výhrevnosť na jednotku objemu, ktorá súvisí s veľkým obsahom kyslíka. Negatívnym dôsledkom menšieho energetického obsahu na jednotku objemu je väčšia spotreba MERO v porovnaní s klasickou motorovou naftou. Prejavuje sa rast objemovej spotreby o 6 až 10 %. Vplyvom rozdielnej hustoty a výhrevnosti dochádza taktiež k poklesu výkonu motora o 3 až 8 % [17]. MERO má tiež vyšší bod vzplanutia, ktorý je dôležitý z hľadiska bezpečného zaobchádzania s palivom. Transport bionafty a manipulácia s ňou sú teda bezpečnejšie ako u klasickej motorovej nafty. Vďaka vyššiemu bodu vzplanutia vyžaduje bionafta ohrev na

vyššiu teplotu ako klasická nafta pre vznik plynnej zmesi so vzduchom pred jej vznietením vo valci. To má za následok horšiu štartovateľnosť automobilu pri nízkych teplotách. Výhodou sú dobré mazacie vlastnosti (vyššie než u motorovej nafty) a z ekologického hľadiska veľmi dobrá biologická odbúrateľnosť (z 98 % za 21 dní). Na druhej strane to však znamená nevýhodu, že z pohľadu skladovania bionafta je menej stabilná [7, 17].

Bionafta sa okrem klasických naftových vozidiel (prispôsobených pre takéto palivo) využíva hlavne v poľnohospodárskych a lesníckych dopravných prostriedkoch (traktory). Je možné ju využívať aj ako palivo lodí a člnov, čo súvisí s tým, že bionafta neznečisťuje vodu. [19]

Bionaftu je možné využiť:

- ako palivo na vykurovanie a ohrev vody pomocou naftových kotlov a ohrievačov,
- na výrobu elektrickej energie prostredníctvom naftovej elektrocentrály,
- ako palivo do všetkých dnes dieselových motorov [18].

SEKUNDÁRNE PRODUKTY VÝROBY

Samotný technologický proces výroby bionafty však popri hlavnom produkte vedie k vzniku vedľajších (sekundárnych) produktov, ktoré sú taktiež využiteľné. Je potrebné zabezpečiť ich zneškodnenie, zhodnotenie prípadne recyklovanie. Nakladanie s nimi nemá žiadny negatívny vplyv na životné prostredie. Obsahujú určité množstvá použitých vstupov a môžu nachádzať uplatnenie v iných výrobných systémoch.

Ako vedľajší produkt výroby bionafty z odpadových kuchynských olejov vzniká glycerol (ako technický produkt sa nazýva glycerín), ktorého vrstva sa po transesterifikácii oddelí od vrstvy bionafty. Je to viskózna kvapalina sirupovitej konzistencie, bez zápachu, netoxická so sladkou chuťou. Je dobre rozpustná vo vode a v alkoholoch.

Oddelená fáza sa nazýva aj g-fáza. Zloženie g-fázy nie je konštantné a závisí od použitých surovín a podmienok transesterifikácie. Táto surovina môže byť ďalej upravovaná a dočisťovaná. Glycerín nachádza uplatnenie v kozmetickom, farmaceutickom, chemickom a potravinárskom priemysle. Každá jednotlivá aplikácia glycerínu v daných smeroch si vyžaduje rôznu čistotu a koncentráciu od tzv. surového glycerínu cca 80 až 90 %, cez 96 % (technický) až nad 99,5 % čistotu.

Ekonomické využitie surového glycerolu je kľúčovým faktorom pre zefektívnenie výroby bionafty. Zvyšujúca sa produkcia a spotreba bionafty znamená aj zvýšenú produkciu glycerínu. Pre nadbytok surového glycerínu na trhu a v snahe zvýšiť konkurencieschopnosť bionafty sa hľadajú rôzne alternatívy na zhodnotenie tohto vedľajšieho produktu.

Ďalší vedľajší produkt z výroby bionafty predstavuje odpadová voda, ktorá je produkovaná pri prepieraní surovej bionafty. Pri bežnom spôsobe výroby vzniká na 100 litrov bionafty okolo 20 litrov prácej vody. Pracia voda je olejnatá, mydlovitá kvapalina. Obsahuje najmä zanedbateľné množstvá metanolu, glycerínu a mydiel. Nachádzajú sa v nej tiež metylestery naviazané na mydlá, hydroxid sodný alebo draselný z katalyzátora, sodné alebo draselné soli a stopové množstvá mono-, di- a triglyceridov naviazaných na mydlá [18].

ZÁVER

Význam a úloha biomasy stále rastie, pričom význam biomasy zdôrazňujú všetky energetické a plynové krízy za posledné roky. Nielen vo výskume, ale aj v aplikácii do praxe je jej využitie na energetické účely jednou z rozvíjajúcich sa oblastí. Vyčerpávajúce sa energetické zásoby fosílnych palív, ich rastúce ceny na svetovom trhu, politická nestabilita a prebiehajúce konflikty v regiónoch s náleziskami ropy, zemného plynu a uránovej rudy majú za následok zhoršovanie stavu životného prostredia. Narastá intenzívny záujem o alternatívne zdroje energie. Environmentálne prijateľnou technológiou je výroba biopalív z obnoviteľných zdrojov energie. Jednou z konkrétnych možností využitia je produkcia bionafty, ktorá sa v súčasnosti vyrába hlavne z olejnatých plodín. Pestovanie týchto plodín nie je náročné. Pre nepotravinárske účely sa môžu využívať menej kvalitné pôdy v ekologicky ohrozených oblastiach. Vedľajšie produkty z výroby ako sú výpalky, šrot, surový glycerín môžu byť využité v potravinárskom, farmaceutickom alebo kozmetickom priemysle.

Bionaftu je možné vyrábať nielen z čistého rastlinného oleja, ale aj z odpadového kuchynského oleja, ktorý obsahuje karcinogény. Jeho zberom a zhodnocovaním - recykláciou sa môže zamedziť znečisteniu povrchových a podzemných vôd. Ľudia si raz uvedomia, že vylievať použitý kuchynský olej z panvice do záchodu či na smetisko je nezmysel. Ďalším dôvodom zberu odpadového oleja je jeho plnohodnotné využitie na výrobu bionafty v krajinách bez ropy. Je síce pravda, že takto sa závislosť krajín Európskej Únie na dovoze ropy z politicky nestabilných častí planéty radikálne neznižuje, ale vytvorí sa predpoklad na trvalo udržateľnú výrobu bionafty v budúcnosti.

ZOZNAM BIOBLOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY č. 2003/30/EC z 08. mája 2003 o podpore používania biopalív alebo iných obnoviteľných palív v doprave. – [on-line] Dostupné na internete: ><http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2003L0030:20100401:SK:PDF>< [cit.: 2012-12-14]
- [2] MŽP CZ. Tekuté biopalivá. – [on-line] Dostupné na internete: >http://www.mzp.cz/cz/tekuta_biopaliva< [cit.: 2012-12-17]
- [3] Rastlinný olej a živočíšny tuk. – [on-line] Dostupné na internete: >http://www.bionafta.com/index.php?option=com_content&view=article&id=82%3Arastlinny-olej-a-zivocisny-tuk&Itemid=28&lang=hu< [cit.: 2012-12-17].

- [4] REFPEAT, A. A. a kol., 2008. Production optimization and quality assessment of biodiesel from waste vegetable oil. – [on-line] Dostupné na internete: ><http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111003248>< [cit.: 2013-03-07]
- [5] Slovnaft, a.s., Aj kvapka oleja sa ráta.– [on-line] Dostupné na internete: >http://www.slovnaft.sk/sk/o_nas/spolocenska_zodpovednost/aj_kvapka_oleja_sa_rata/< [cit.: 2013-04-13]
- [6] KUKUČKOVÁ, H., 2011. Na čerpacej stanici SLOVNAFT môžete odovzdať použitý kuchynský olej. – [on-line] Dostupné na internete: >http://www.benzin.sk/index.php?selected_id=97&article_id=5126< [cit.: 2013-04-13]
- [7] Johnson Matthey Group, Trans Esterification Technology, 2003. – [on-line] Dostupné na internete: ><http://www.jmcatalysts.com/vertec/pdfs/TransEsterification.pdf>< [cit.: 2013-03-13]
- [8] ŠEBOR, G., POSPÍŠIL, M., ŽÁKOVEC, J., 2006. Technicko – ekonomická analýza vhodných alternatívnych palív v dopravě. Praha. – [on-line] Dostupné na internete: >http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf< [cit.: 2013-03-26]
- [9] KIAKALAEIH, A. T., AMIN, A. S., MAZAHARI, H., 2013. A review on novel processes of biodiesel production from waste cooking oil. – [on-line] Dostupné na internete: ><http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261912008665>< [cit.: 2013-03-17]
- [10] VASUDEVAN, P. T., BRIGGS, M., 2008. Biodiesel production – current state of the art and challenges. – [on-line] Dostupné na internete: >http://www.skylinecollege.edu/case/biol230/algae/sim_algae.pdf< [cit.: 2012-03-17]
- [11] MIKULÍK, M., MÜLLEROVÁ, J., 2007. Technológia výroby metylesterov repky olejnej. Energie z biomasy VI. – odborný seminár Ostrava. – [on-line] Dostupné na internete: >http://www.biomasa-info.sk/docs/Mikulik_Mullerova-MERO.pdf< [cit.: 2013-03-17]
- [12] BOURNAY, L. a kol., 2005. New process for biodiesel production: A way to improve the quality and the value of the crude glycerin produced by biodiesel plants. Catalyst Today. s. 190–192.
- [13] PODOLÁK, A., PETRANSKÝ, I., 1998. *Metylester repkového oleja MERO – obnoviteľné palivo pre vznietové spaľovacie motory*. Krakow: Medzinárodná konferencia KONMOT 98. s. 171–177.
- [14] SKOPAL, F. a kol. Bionafta (FAME) - náhrada za fosilnú naftu. – [on-line] Dostupné na internete: >http://kfch.upce.cz/htmls/vedecka_cinnost_bionafta.htm< [cit.: 2013-03-20]
- [15] KBÚ Biodiesel. – [on-line] Dostupné na internete: >http://www.tsocorp.com/stellent/groups/corpcomm/documents/tsocorp_documents/msdsbiodiesel.pdf< [cit.: 2013-03-20]
- [16] STN EN 14214 dostupná z Centra vedecko-technických informácií
- [17] KRÁLOVÁ, T. *Bio bio bionafta*. Euro. 2007, č. 49, s. 58. ISSN 1212-3129
- [18] Zverejnená patentová prihláška od Považskej cementárne, a.s. Ladce. Palivová zmes. – [on-line] Dostupné na internete: ><http://registre.indprop.gov.sk/registre/pdf/patprihl/2006/20060071.pdf>;jsessionid=55C8083FCF96575CDD0E2A54D995A5D2< [cit.: 2013-03-26]
- [19] KRÁLIKOVÁ, R. - BADIDA, M., 2010: *Environmentálne merania a monitoring v strojárstve*. Košice : Reprocentrum. 150 s., ISBN 978-80-553-0646-9.

ADRESY AUTOROV:

Lenka BLINOVÁ, Ing. PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Botanická 49, Trnava, e-mail: >lenka.blinova@stuba.sk<

Alica BARTOŠOVÁ, Ing., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Botanická 49, Trnava, e-mail: >alica.bartosova@stuba.sk<

RECENZENT:

Vojtech KOLLÁR, prof. Ing., PhD., Vysoká škola ekonómie a manažmentu verejnej správy v Bratislave, Ústav verejnej správy, Furdekova 16, 851 04 Bratislava 5, Slovenská republika