



## Стратегија и правни аспекти одрживог обезбјеђења биомасе за производњу биодизела

Вера Поповић, Јела Икановић, Андреја Михаиловић,  
Милена Аћимић Ремиковић, Драгана Поповић

***Сажетак.** Индустријализација и демографска експанзија довеле су до повећања свјетске потражње за енергијом. Евидентне климатске промјене и велика зависност од енергије условили су одлучност ЕУ у својој мисији транзиције, од употребе фосилних горива, ка нискокарбонској економији и постизања климатске неутралности до 2050. године. У реализацији те мисије, као прворазредни циљ одређена је производња и потрошња одрживе, стабилне, локално произведене и конкурентне енергије из обновљивих извора. У свијету је евидентан тренд раста примјенљивости биомасе за добијање течног горива, биодизела.*

*Биодизел или метил-естар добија се трансестрификацијом виших незасићених масних киселина и алкохола у присуству катализатора. Као споредни производ настаје трохидроксилни алкохол, глицерол, који има широку примјену у индустрији. Биодизел је гориво које се добија из обновљивих сировина биљног и животињског поријекла.*

---

*Цитирање:* Поповић В, Икановић Ј, Михаиловић А, Аћимић Ремиковић М, Поповић Д (2023) Стратегија и правни аспекти одрживог обезбјеђења биомасе за производњу биодизела. У: Тркуља В, Говедар З, Пржуљ Н (уредници) Управљање ресурсима у производњи и преради биомасе. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LII:393–429

---

*Cite as:* Popović V, Ikanović J, Mihailović A, Aćimić Remiković M, Popović D (2023) Strategy and legal aspects sustainable biomass supply for biodiesel production. In: Trkulja V, Govedar Z, Pržulj N (eds) Resource management in biomass production and processing. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LII:393–429

*Биодизел биљног поријекла може да се добије из уљане репице, сунцокрета, соје, кукуруза, ланика, лана, кокоса, бадема, палме, кикирикија и других биљних уља, док се биодизел животињског поријекла добија од триглицерида (масноћа) животињског поријекла. За производњу естара масних киселина, у земљама Европе највише се користе уља уљане репице (82,8%), соје, сунцокрета (12,5%) и др.*

*Све већа производња и примјена биодизела посљедица је његових добрих карактеристика као еколошки „чистог“ горива, знатно мање токсичности у односу на дизел фосилног поријекла, биоразградивости, обновљивости сировина од којих се он добија, као и могућности примјене у моторима са унутрашњим сагоријевањем.*

*Кључне ријечи: Биодизел, биолошки материјал, енергетски усјеви, уље, уљана репица*

## **9.1. Увод**

Због тренутног глобалног стања загађења животне средине, ограничене количине фосилног горива и његове све веће потрошње, намеће се потреба за коришћењем алтернативних и обновљивих извора енергије у која спадају и биогорива. Да би замијенило нафтне деривате, алтернативно гориво мора бити технички прихватљиво, економско исплативо, еколошки исправно и лако доступно (Мићић и Томић 2011). Биомаса је једини обновљиви извор енергије који се може користити за добијање течних горива, упоредних карактеристика са постојећим фосилним течним горивима.

У обновљиве изворе енергије спадају енергија сунца, вјетра, хидроенергија, геотермална енергија и биомаса. Енергија сунца, вјетра, хидроенергија и геотермална енергија углавном се користе за добијање електричне и топлотне енергије, док се биомаса, осим тога, може примјеном различитих процеса претворити у биогорива, па самим тим представља најперспективнији обновљиви извор енергије. У односу на фосилна, која садрже углавном угљоводонике, биогорива садрже више кисеоника, па се називају и *оксиногена горива* (оксигенатори). Користе се као погонска горива у транспорту, као и за производњу топлотне и електричне енергије. Биогорива се дијеле на *конвенционална и напредна*, тј. биогорива сљедеће генерације, при чему се конвенционална биогорива производе од јестивих гајених биљака која садрже шећер, скроб или биљна уља, која се уједно користе и у људској исхрани, док се напредна биогорива добијају од нејестивих сировина (Ђуришић-Младеновић и сар. 2015).

*Биодизел* и *биоетанол* представљају течна горива која имају велику примјену у свијету, чиме су показала добру примјенљивост биомасе као обновљивог извора за добијање транспортних горива (Alonso et al. 2010). Конвенционални процеси добијања ових горива подразумијевају коришћење гајених биљака, али како коришћење оваквих сировина има утицај на раст цијене хране, то се најновија истраживања биогорива искључиво односе на конверзију нејестивих биљака, отпадне органске материје и водених организама у биогорива. Посљедњих година интензивно се ради на развоју технологије за добијање биогорива из лигноцелулозних извора биомасе, као што су шумски, пољопривредни и комунални отпад. Употреба лигноцелулозне биомасе за производњу биогорива биће наша будућности када се очекује да се течна фосилна горива замијене са обновљивим одрживим алтернативама (Semenčenko i sar. 2011). Поред тога што спадају у обновљиве изворе енергије, биогорива су еколошки прихватљивија и имају позитиван економски ефекат (Miladinović 2013).

Биодизел представља гориво биљног или животињског поријекла, које се састоји од дугих ланаца алкил (углавном метил) естара масних киселина. Добија се у реакцији између триглицерида (биљна уља, животињске масти и алкалних уља) и алкохола. Биодизел се може користити у стандардним дизел моторима, за разлику од биљних уља, која се могу користити само у прилагођеним моторима. Он се може користити као чист или помијешан са конвенционалним дизелом (Miladinović i sar. 2010). По дефиницији америчког националног одбора за биодизел (стандард ASTM D6751), биодизел је смјеша моно-алкил естар масних киселина, док се по европском стандарду EN 14214, биодизел дефинише као смјеша метил естара масних киселина (Lukić 2015). Биодизел представља одличну замјену јер је компатибилан са фосилним горивом, базиран је на обновљивим сировинама и еколошки је прихватљивији од фосилног горива. Биљке из којих се производе биогорива користе свој раствор CO<sub>2</sub> у процесу фотосинтезе који се ослобађа приликом сагоријевања биодизела, што значи да је биодизел практично неутралан у односу на CO<sub>2</sub> што је битна чињеница за очување животне средине. Употребом биодизела не повећава се удио CO<sub>2</sub> у атмосфери. Посматрано са економског аспекта, биодизел није конкурентан фосилном дизелу јер је цијена производње биодизела висока. Очекује се да ће се даљим развојем технологије, примјеном отпадних уља, као и отпадних сировина за синтезу катализатора, смањити цијена биодизела (Miladinović 2013). Оптимизација процеса омогућиће поједностављење производње биодизела, а самим тим и веће производне капацитете.

Енергетски систем, као водећи извор антропогених емисија гасова са ефектом стаклене баште, суочава се са радикалним промјенама, вођеним глобалним трендовима, као што су декарбонизација и дигитализација. Иако су се у првој декади XXI вијека економске и финансијске кризе посматрале као највеће пријетње глобалном развоју, садашње перцепције ризика пребачене су на екстремне временске услове (суше, поплаве, и др.), еколошке катастрофе, губитак биодиверзитета, природне катастрофе и неуспјех у ублажавању климатских промјена. Промјенљива глобална клима праћена несташицом воде и хране постала је покретач глобалне несигурности. У 14. извјештају о глобалним ризицима Свјетског економског форума (WEF) истакнуто је да су први пут у историји овог извјештаја сви „највећи потенцијални дугорочни ризици“ еколошки (World Economic Forum 2019). Све већи докази о климатским промјенама и неизбјежној зависности од енергије потврдили су одлучност ЕУ у својој мисији транзиције, од употребе фосилних горива ка нискокарбонској економији и постизању климатске неутралности до 2050. године. У реализацији те мисије, као прворазредни циљ одређена је производња и потрошња одрживе, стабилне, локално произведене и конкурентне енергије из обновљивих извора.

## **9.2. Енергетска политика ЕУ до усвајања Лисабонског споразума**

Историјски развој законодавства у области енергетских тржишта Европске уније обухвата 4 сета легислативних инструмената усвојених: 1996/98, 2003, 2009. и 2018. године. Процес је започео усвајањем Директиве 96/92/ЕС (Directive 96/92/EC 1996) о заједничким правилима за унутрашње тржиште електричне енергије и Директиве 98/30/ЕС (Directive 98/30/EC 1998) о заједничким правилима за унутрашње тржиште гаса. У том смислу, фокус првог (1996/98) и другог (2003) енергетског пакета ЕУ био је развој приступа тржишту и његова либерализација. Из тог разлога је Директивом 2003/54/ЕС (Directive 2003/54/EC 2003) и Директивом 2003/55/ЕС (Directive 2003/55/EC 2003) уведена слобода избора добављача електричне енергије и гаса.

Трећи енергетски пакет, усвојен 2009. године са циљем даље интеграције европских енергетских тржишта, садржи сет правних инструмената: Директива 2009/72/ЕС Европског парламента и Савјета (Directive 2009/72/EC 2003) о заједничким правилима за унутрашње тржиште електричне енергије и укидању Директиве 2003/54/ЕС (Directive 2003/54/EC 2003), Уредба (ЕС) бр. 714/2009 Европског парламента и Савјета (Regulation (EC) No 714/2009 2009) о условима за приступ мрежи за прекограничну размјену електричне

енергије; Директива 2009/73/ЕС Европског парламента и Савјета (Directive 2009/73/EC 2009) о заједничким правилима за унутрашње тржиште природног гаса и укидању Директиве 2003/55/ЕС (Directive 2003/55/EC 2003), Уредба (ЕС) бр. 715/2009 Европског парламента и Савјета (Regulation (EC) No 715/2009 2009) о условима за приступ мрежама за пренос природног гаса и укидању Уредбе (ЕС) бр. 1775/2005 (Regulation (EC) No 1775/2005 2005) и Уредба (ЕЗ) бр. 713/2009 Европског парламента и Савјета (Regulation (EC) No 713/2009 2009) о успостављању Агенције за сарадњу енергетских регулатора. Наведени инструменти садрже одредбе о низу аспеката који се односе на снабдијевање електричном енергијом и гасом, посебно у областима јачања прекограничне сарадње и стварање европских мрежа за операторе преносних система (ENTSO-E и ENTSO-G); обрачуну потрошње електричне енергије и гаса, праву на добијање информација о потрошњи енергије, као и брзом и јефтином рјешавање спорова. У дијелу заштите потрошача, државама чланицама ЕУ прописана је обавеза да дефинишу концепт рањивих категорија на националном нивоу и усвоје мјере за заштиту таквих потрошача и рјешавање енергетског сиромаштва (European Union Emissions Trading Scheme 2020).

### **9.3. Пост-лисабонски регулаторни оквир**

Специфична основа за област енергетике, заснована на сепарацији надлежности ЕУ и њених чланица уведена је чланом 194 Лисабонског споразума, гдје се наводи да „политика Уније у енергетици има за циљ да, у духу солидарности између држава чланица: 1) обезбиједи функционисање тржишта енергије; 2) обезбиједи сигурност снабдијевања енергијом у Унији; 3) промовише енергетску ефикасност, уштеду и развој нових обновљивих облика енергије, и 4) промовише међусобно повезивање енергетских мрежа“ (Lisbon Treaty 2009).

Додатан импулс употреби обновљивих извора енергије (биомаса, биогорива, хидроенергија, соларна енергија, енергија вјетра и геотермална енергија), у циљу редукације зависности од тржишта фосилних горива упућен је и Директивом о енергији из обновљивих извора (RED I) из 2009. године. RED I дефинише механизме подршке производњи енергије из обновљивих извора као „било који инструмент или шему који примјењује држава чланица или група држава чланица који промовише употребу енергије из обновљивих извора смањењем трошкова те енергије, повећањем цијене по којој се може продати, прописивањем обавеза за обновљиву енергију или други начин повећања обима њене употребе. То укључује, али се не

ограничава на: инвестициону помоћ, пореске олакшице или смањења, повраћај пореза, шеме подршке за обавезе обновљиве енергије, укључујући оне које користе зелене сертификате, као и шеме директне подршке цијена, укључујући плаћања премија“ (Directive 2009/28/EC).

RED I поставља правно обавезујући циљ за удио обновљиве енергије за сваку државу чланицу и захтијева од њих да укључују информације о планираним или предузетим мјерама за промоцију развоја обновљиве енергије (Banja et al. 2019). Пројектовани циљ 2009. године био је да до 2020. године 20% потрошње енергије у Унији долази из обновљивих извора. Усвајањем ревидиране Директиве о енергији из обновљивих извора (Directive (EU) 2018/2001), 2018. године, постављен је циљ (RED II) да удио потрошње енергије из обновљивих извора до 2030. године износи најмање 32% у финалној потрошњи енергије ЕУ. Директива је ступила на снагу као дио пакета „Чиста енергија за све Европљане“, првенствено усмјереног на очување статуса глобалног предводника у домену обновљивих извора енергије (Knowledge Centre for Bioeconomy 2019). У ширем смислу, овај пакет тежи подстицању држава чланица да испуне своје обавезе у погледу смањења емисија у оквиру Париског споразума (Paris Agreement 2015).

#### **9.4. Биоенергија (биомаса и биогорива)**

Повећање глобалне потражње за енергијом, високе цијене горива и исцрпљивање фосилних горива, као и забринутост због глобалног загријавања, довели су до потребе за изналажењем алтернативних стратегија за производњу енергије. Из тог разлога присутна је тенденција ка актуелизацији теме биомасе, као најстаријег извора енергије који је константно доступан у екосистемима. За разлику од осталих обновљивих извора енергије, биомаса се може претворити директно у течна „биогорива“ како би се помогло у задовољењу потреба за горивом за транспорт. Етанол и биодизел, представљају прву генерацију технологије биогорива. Биодизел, као течна гориво произведено из обновљивих извора, нетоксичан је и биоразградив и производи се комбиновањем алкохола са биљним уљем, животињском масти или рециклираном масти за кување (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy 2020). Биогорива су једна од кључних алтернативних опција за замјену фосилних горива. Изазови повезани са комерцијализацијом биогорива добијених из биомасе могу се превазићи интеграцијом процеса, прецизним подешавањем различитих индикатора који утичу на производњу, као и изналажењем адекватних рјешења за проблем сезонске доступности биомасе (Sindhu et al. 2019).

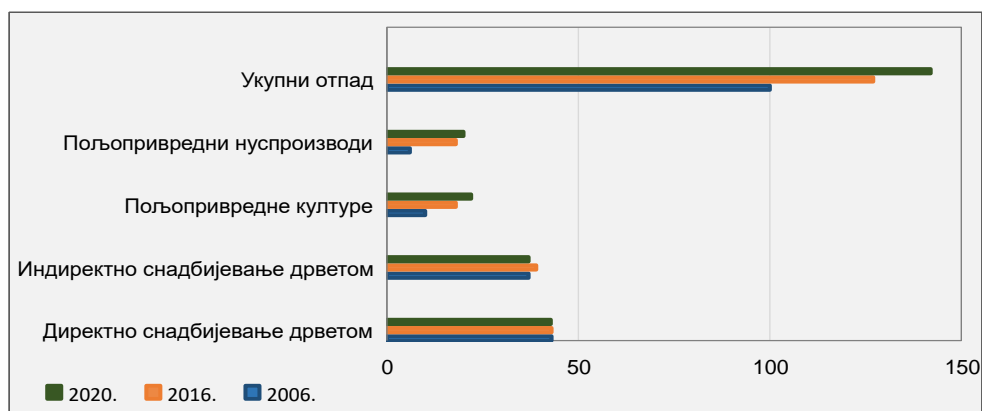
До ревизије Директиве о енергији из обновљивих извора и Директиве о квалитету горива (Directive 2009/30/EC), ЕУ је поставила два циља у области биогорива:

- 1) производњу најмање 10% горива намијењених за употребу у промету из обновљивих извора енергије, и
- 2) обавезу добављача горива да смање интензитет емисија гасова са ефектом стаклене баште у својим горивима за 6%.

Након објављивања необавезујућих критеријума за биомасу 2010. године (COM(2010)0011), Европска комисија је одлучила да преиспита мјере и оцијени успјешност својих првих препорука, те установи хоће ли у будућности бити потребни обавезни стандарди. Приједлог ревидиране Директиве о енергији из обновљивих извора који је Комисија поднијела (COM(2016)0767) садржи ажуриране критеријуме одрживости за биогорива која се користе у промету, као и течна, чврста и гасовита горива из биомасе која се користе за гријање и хлађење. Приједлогом је задржано постојеће ограничење од 7% за биогорива прве генерације на нивоу ЕУ и уведена обавеза снабдјевача за осигурањем одређеног удјела (6,8%) ниско-емисијских и обновљивих горива. Осим тога, поље примјене стандарда ЕУ проширено је и на одрживост биоенергије како би се обухватили биомаса и биоплин за гријање и хлађење, те производња електричне енергије (Ciucci 2020). Крајем 2018. године Европски парламент је усвојио четири нова прописа којима је потврђено постепено укидање државне помоћи за фосилна горива са највећим емисијама CO<sub>2</sub> до 2025. године. Тим правилима уведена су оштрија ограничења за чланице које субвенционису електране, што ће спријечити пружање државне помоћи електранама на фосилна горива, укључујући угаљ, који највише загађује животну околину (Balkan Green Energy News 2019).

У већини држава чланица ЕУ дрво представља најважнији појединачни извор енергије из обновљивих извора, при чему највеће учешће дрвета и производа од дрвета у бруто унутрашњој потрошњи енергије имају Летонија (29%), Финска (24%), Шведска (20%), Литванија (17%) и Данска (15%) (Eurostat 2020). Велики удио чврсте биомасе директно користе домаћинства и други крајњи потрошачи (индустрија, услуге, пољопривреда/шумарство). Дрвени пелет је постао важан носилац енергије којим се тргује у великој мјери и на великим удаљеностима, због велике густине енергије и стабилних карактеристика. Укупна производња пелета у свијету у 2016. години достигла је 29 милиона тона, од чега је у ЕУ произведено више од 50%. ЕУ је такође главни потрошач пелета на глобалном нивоу (23 милиона тона, од чега се 32,6% троши у Великој Британији, 9,1% у Италији, 8,7% у Њемачкој, 8,7% у Данској и 7,4% у Шведској). У неким државама чланицама потрошња дрвених пелета

углавном се ослања на увоз, нпр. Велика Британија (94,7%) и Италија (81%). Дрвени пелет се углавном користи у стамбеном сектору за гријање (у Италији, Аустрији итд.), као и за производњу електричне енергије (у Великој Британији, Аустрији, итд.). Тако је планирани удио биомасе из шумарства у ЕУ у 2016. години био већи од оног предвиђеног у пројекцијама за 2020. годину, док је удио пољопривредних нуспроизвода и осталог отпада ипак заостајао за пројекцијама за 2020. годину (EU Progress Reports 2020), што је приказано на Граф. 9.1.



Граф. 9.1. Домаћа биомаса испоручена за енергију у 2006, 2016. и 2020. години (према подацима из националних акционих планова држава чланица ЕУ за обновљиве изворе енергије) (EU Progress Reports 2020)

*Graph. 9.1. Domestic biomass delivered for energy in 2006, 2016 and 2020 (according to data from the national action plans of EU Member States for renewable energy sources) (EU Progress Reports 2020)*

## 9.5. Значај биомасе енергетских усјева

Биоенергија је енергија добијена сагоријевањем биолошког материјала. У биолошки материјал убрајамо гасовита, течна и чврста фосилна горива, затим биомасу ратарских и шумских биљних врста, жетвене остатке и остатке после прераде биљака, као и пољопривредни и комунални отпад. За разлику од фосилних горива, остали извори енергије (Схема 9.2) добијени сагоријевањем биолошког материјала имају предности које се огледају кроз годишњи циклус стварања, као резултат годишње биљне и сточарске производње или индустријске прераде и називају се обновљиви ресурси. Како се овакав облик енергије добија из обновљивих извора, ове сировине



представљају стални извор енергије, за разлику од фосилних горива чије су резерве у земљи ограничене (Janković i sar. 2017).

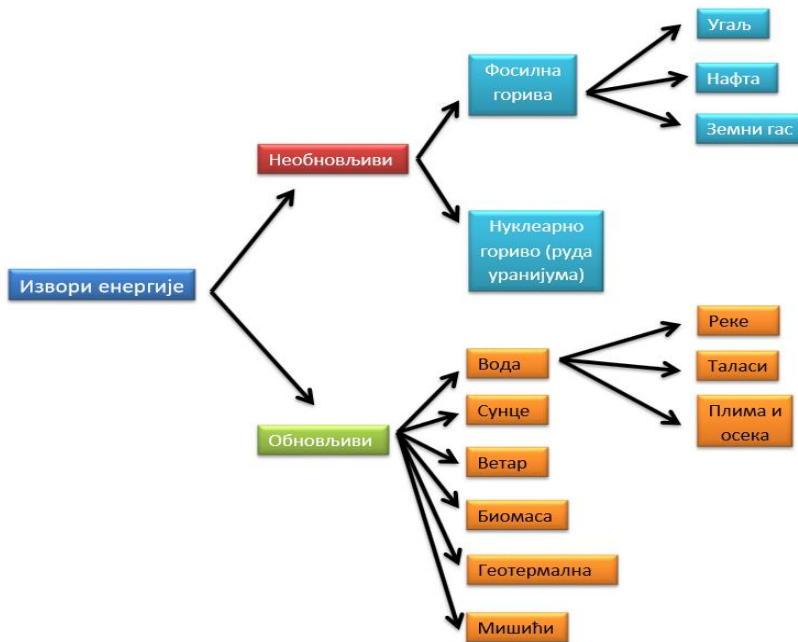


Схема 9.1. Извори енергије (Фото: [www.tiotit.blogspot.com/2019/03/blog-post\\_25.html](http://www.tiotit.blogspot.com/2019/03/blog-post_25.html))

*Scheme 9.1. Energy sources (Photo: [www.tiotit.blogspot.com/2019/03/blog-post\\_25.html](http://www.tiotit.blogspot.com/2019/03/blog-post_25.html))*

Биоенергија ће у будућности имати све већи значај. Тенденција је повећање производње биодизела и тиме смањење зависности од увоза сирове нафте, чије су резерве ограничене, а процјене су да ће извори бити дефицитарни од 2047. године. Енергенти спадају у основне човјекове потребе и могу се добити од отпада и биомасе биљака. Биомаса је органска материја која је настала растом биљака. Сваке године на Земљи настаје око 2.000 милијарди тона биомасе. Од тога се за храну користи око 1,2%, за папир 1% и за биогориво 1%, док остатак од преко 96% иструне. Од неискоришћене биомасе могу се производити обновљиви извори енергије, као што су биодизел, биоplin и биобензин, док се сува биомаса може самљети у ситне комаде, брикете и пелете, који се могу спаљивати у посебним пећима за производњу топлотне и електричне енергије. Једна тона брикета мијења 3–4 кубика дрва. Брикет је алтернативна замјена за чврста горива, попут дрва или угља (Јанковић и сар. 2019).

Прерадом енергетских усјева добијају се и важни економски производи, биогорива. У биогорива спадају: биоетанол, биодизел, млазно биогориво, биогаз, биоуље, сингаз, биоводоник и чврсто гориво. Велика глобална забринутост због недостатка енергије и загађења животне средине, подстакла је истраживања која су имала за циљ развој одрживих биорафинеријских процеса за економично искоришћење биомасе и отпада из њене примарне прераде у производе с додатом, а великом вриједношћу. Производи с додатом вриједношћу били су отпадни материјали са примјеном у пољопривреди, а у последње вријеме су и значајне могућности за добијање високо вриједних биоактивних једињења из сјемења биљака и њихове биомасе (Vanamala et al. 2018; Duodu and Awika 2019).

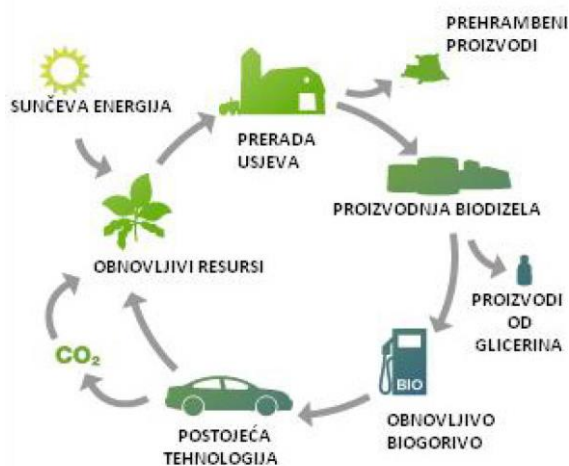


Схема 9.2. Циклус производње и потрошње биодизела (Milačić 2016)  
*Scheme 9.2. Biodiesel production and consumption cycle (Milačić 2016)*

Из године у годину тржиште многих пољопривредних производа све је нестабилније, са ниским откупним цијенама, због чега пољопривредници траже алтернативу како би повећали профит. Један од начина за повећање профита од уљарица је да се, осим производње уља и протеинских погача, из њих производе и биогорива (Схема 9.2). Различита употреба биомасе доприноси развоју, побољшању и одрживости биорафинерија код нас и у свијету. Квалитетан биодизел је безбједан за употребу, не штети моторима и може служити као потпуна замјена за дизел гориво (Milovanović 2017). За производњу биогорива, естара масних киселина, у земљама Европе највише се користе уља уљане репице (82,8%) и сунцокрета (12,5%), док у САД доминира уље соје, а у азијским земљама палмино уље и др. Биодизел је биоразградив и релативно безопасан за околину (Šljivic i Šimić 2009).

Сјеме сунцокрета садржи између 35%–40% уља. Биљно уље може да се искористи и као основна сировина за производњу биодизела, а од остатка може да се добије протеинска погача која се користи као храниво у сточној исхрани. Од 1 т добија се 350–400 литара уља и 600–650 кг протеинске погаче. Сунцокретова погача садржи 28%–33% протеина у себи. Од 1 тоне сунцокрета са откупном цијеном од 37 динара по кг, добија се вриједност од 37.000 динара. Цијеђењем уља добија се око 350 литара уља и 650 кг протеинске погаче. Од 650 кг сунцокрете протеинске погаче по цијени од 37 динара добит је 24.050 динара. Од 350 литара уља добија се 350 литара биодизела, чија је вриједност (по цијени дизела од 145 динара) 51.800 динара. При чему је за производњу уложено 7.000 дин. (Milovanović 2017). Из зрна соје се цијеђењем добија мањи проценат уља, око 8–10%. За већи проценат сојиног уља неопходно је користити екструдер, тада се добија 13–18% уља. Од једне тоне соје, пресовањем добија се 80 литара уља и 920 кг сојине погаче. Екструдирањем соје може се добити око 150 литара уља и 850 кг сојине погаче. Са откупном цијеном соје од 40 динара за килограм, приходује се 40.000 динара за једну тону зрна соје, а за 920 кг сојине погаче по цијени од 50 динара добије се 46.000 динара. Евидентан је профит већ на самој сојиној погачи. Вриједност сојиног уља од 11.840 динара је бонус. Од 80 литара сојиног уља добија се 80 литара биодизела, чија је вриједност 148 динара. Цијеђењем уљане репице добије се 33% до 42% уља у зависности да ли је добијено уље у једном пролазу кроз пресу или у два пролаза (са два пролаза добија се више уља). Од остатка се добија протеинска погача, која има 30%–37% протеина. Уљана репица је нешто мање исплатива за цијеђење у односу на сунцокрет и соју. Протеинска погача од уљане репице може се искористити за сточну исхрану. Од једне тоне уљане репице добије се 420 литара уља (поступком са два проласка кроз пресу). На основу наведеног евидентна је значајно већа исплативост од продаје производа добијених прерадом уљарица у односу на продају сирових производа (Milovanović 2017).

### 9.5.1. Сировине за производњу биодизела у свијету

Сировине за производњу биодизела су биљне масноће (уља) добијене из зрна најважнијих ратарских биљака које представљају сировину прехрамбене индустрије, тако да повећана употреба може пореметити снабдјевеност свјетског тржишта основним прехрамбеним производима. Због наведеног, у већини земаља интензивно се ради на промовисању гајења алтернативних уљаних биљака, односно врста чије се уље не користи као јестиво. Постоји велики број сировина за добијање уља, али су само

неке од њих економски важне за индустрију. У Таб. 9.1. дат је преглед биљних уља чија је производња најзаступљенија у свијету, као и њихових главних произвођача.

Таб. 9.1. Уљане биљне врсте које доминирају у свјетској производњи биодизела (OECD/FAO 2019)

Table 9.1. Oil crops that dominate world biodiesel production (OECD/FAO 2019)

Биљна врста	Садржај уља у сјемену (%)	Принос биодизела л/ха	Значајни произвођачи
Уљана репица	40–45	954	Канада, Кина, Индија, Француска, Аустрија, В. Британија, Њемачка, Пољска, Америка, Србија, БиХ
Сунцокрет	35–45	767	Русија, Србија, Аргентина, Аустрија, Италија, Француска, Њемачка, Шпанија, САД, Велика Британија
Соја	18–22	550–700	Америка, Бразил, Аргентина, Аустрија, Кина, Индија, Парагвај, Боливија, Србија
Памук	18–22	–	Кина, Русија, Америка, Индија, Бразил, Пакистан, Египат, Турска, Аустралија
Кикирики	45–50	–	Кина, Индија, Нигерија, САД, Јужна Африка, Сенегал, Аргентина
Конопља	28–35	242	Француска, Кина
Алге	–	3.000	САД, Велика Британија
Палма	45–50	4.752	Малезија, Индонезија, Кина, Мексико, Пакистан, Филипини, Колумбија, Еквадор
Маслине	15–35	–	Шпанија, Италија, Грчка, Тунис, Турска, Мароко, Португал, Сирија, Кипар, Израел, Египат, Либија, Мексико, Перу
Кокос	65–85	2.150	Филипини, Индонезија, Индија, Мексико, Шри Ланка, Тајланд, Малезија, Вијетнам, Нова Гвинеја

Биогорива (биоетанол и биодизел) производе се из биомасе од различитих сировина (Таб. 9.2). Данас се око 60% етанола производи од кукуруза, 25% од шећерне трске, 7% од меласе, 4% од пшенице, а остатак од осталих жита или шећерне репе, док се око 77% произведеног биодизела заснива на биљним уљима (30% сојиног уља, 25% палминог уља и 18% уља од уљане репице) или отпаду уља за јело (22%). У Европи уљана репица доминира у производњи биодизела са удјелом од 85%.

Таб. 9.2. Рангирање производње биогорива и кључне сировине (OECD/FAO 2019)  
Table 9.2. Ranking of biofuel production and key raw materials (OECD/FAO 2019)

Параметар	Рангирање производње (основни период)		Главне сировине	
	Етанол	Биодизел	Етанол	Биодизел
САД	1 (50%)	2 (19%)	Кукуруз	Сојино уље/ разна уља
ЕУ	4 (5%)	1 (36%)	Кукуруз/пшеница/ шећерна репа	Уље репице/ отпадна уља
Бразил	2 (24%)	3 (12%)	Шећерна трска	Сојино уље
Кина	3 (8%)	8 (3%)	Кукуруз	Отпадна уља
Индија	5 (2%)	15(0,5%)	Меласа	Палмино уље
Канада	6 (1,6%)	10 (1,4%)	Кукуруз	Отпадна уља
Индонезија	23 (0,2%)	4 (10%)	Меласа	Палмино уље
Аргентина	9 (1%)	5 (7%)	Кукуруз/шећерна трска	Сојино уље
Тајланд	7 (1,5%)	6 (4%)	Меласа/палма	Палмино уље
Колумбија	13 (0,4%)	9 (1,5%)	Шећерна трска	Палмино уље
Парагвај	15 (0,3%)	19 (0,03%)	Кукуруз/шећерна трска	Сојино уље

Напомена: Процентуални бројеви односе се на производни удио земаља у базном периоду.

Удио енергије која у транспортни сектор улази кроз биогорива премашује 10% само у САД и Бразилу. Међутим, циљ многих политика о биогоривима, посебно у земљама у развоју, смањење је енергетске зависности од фосилних извора. Тај циљ је далеко од постигнутог у многим земљама (Janković i sar. 2017).

## 9.5.2. Нови правци у производњи биодизела

Тренутно у свијету постоји већи број нових праваца у производњи биодизела, као што су коришћење микроалги и примјена конопље у производњи биоенергије.

### 9.5.2.1. Примјена микроалги у производњи биоенергије

Алге су врло разнолика група прокариотских и еукариотских организама. Биогорива произведена из биомасе алги могла би у блиској будућности

постати одржива и економски конкурентна фосилним горивима због брзог прираста и велике биомасе, као и великог садржаја липида и других важних метаболита. Најпознатији представници који се масовно гаје и користе у производњи биогорива су цијанобактерије или модрозелене алге (*Cyanobacteria*), црвене алге (*Rhodophyta*), зелени бичаши (*Euglenophyta*), дијатомеје (*Bacillariophyceae*), смеђе алге (*Phaeophyceae*), зелене алге (*Chlorophyta*) и једноћелијске алге (*Haptophyta*). Алге се називају трећом генерацијом биомасе због своје бројности, одсуства лигнина, високе стопе фотосинтетске активности и важне улоге у редукцији стакленичких гасова (Kiridžija 2017). Један од обећавајућих алтернативних извора уља који се може употријевити као сировина за производњу биодизела су микроалге. До сада је проучено око 35.000 врста алги, али се претпоставља да их има знатно више, око 800.000. Гајењем алги може се постићи већи енергетски принос у односу на ратарске усјеве, а једна од главних предности су нижи трошкови производње. Алге се могу гајити на више начина и у више различитих услова, што представља једну од погодности. Истраживања алги за масовну производњу биогорива усмјерена су углавном на микроалге које имају мање захтјевну структуру, брзу стопу раста и висок садржај уља. За производњу биодизела користе се микроалге са високим садржајем стеаринске и олеинске киселине, које поспјешују оксидативну стабилност и имају већу могућност прилагођавања у индустријској производњи биодизела. Ако се упореди принос уља из алги с неким другим биљкама, види се да је принос далеко већи и по једној јединици површине износи 7.570 кг уља по једном хектару. Код палме принос износи 5.000 килограма по хектару, код јатропха 1.640, уљане репице 1.000, сунцокрета 800, а соје само 500 килограма. Током фотосинтезе, као и остали аутотрофни организми, алге скупљају угљен-диоксид и сунчеву енергију па их конвертују у кисеоник и биомасу. Алге се сматрају готово савршеним горивом јер расту 50 до чак 100 пута брже од традиционалних гајених биљака. Биодизел се из алги може добити на два начина. Први начин подразумеива екстракцију уља из биомасе микроалги уз помоћ растварача који је праћен реакцијом трансестерификације. Други начин је директна трансестерификација биомасе алги или тзв. *in situ* поступак којим се унапређује процес производње биодизела из микроалги у смислу смањења производних трошкова (Kiridžija 2017).

### 3.5.2.2. Примјена конопље у производњи биоенергије

Конопља (*Cannabis sativa* L.) и њени производи (марихуана, хашиш, хашиш уље) дуги низ година представљају највише злоупотребљавану дрогу у свијету. Присуство психоактивног канабиноида тетрахидроканабинола (Tetrahydro-

cannabinol,  $\Delta^9$ -THC), сврстао је ову биљку у психоактивне супстанце. Према Закону о психоактивним контролисаним супстанцама, забрањено је посједовање, узгајање и промет варијетета конопље које садрже више од 0,3% супстанци из група тетрахидроканабинола. Веома је важно одредити концентрацију и однос главних канабиноида  $\Delta^9$ -THC-а и канабидиола (CBD) и на основу тога направити разлику између конопље индустријског типа и дроге (Janković i sar. 2017).

Конопља се гаји у индустријске сврхе јер представља добар извор влакана, сјемена и биомасе. Садржај уља у сјемену конопље износи 28–35%, што зависи од сорте конопље, климатских услова и географског поднебља гајења биљке (Matthäus et al. 2008). Уље сјемена конопље обилује есенцијалним масним киселинама које имају позитивно дјеловање на људски организам. Осим уља, сјеме конопље садржи и 20–25% протеина, 20–30% угљених хидрата и 10–15% минерала. Сјеме конопље не садржи глутен, па се може користити за добијање безглутенског брашна. Посљедњих година, интересовање за протеине из сјемена конопље расте због изузетног аминокиселинског састава, прије свега због високог садржаја аргинина. Уље конопље, које се добија хладним пресовањем сјемена, зелене је боје, орашастог укуса и мириса и има широку примјену у људској исхрани из сљедећих разлога:

- због својих нутритивних вриједности и оптималног односа  $\omega$  3- и  $\omega$  6- масних киселина позитивно дјелује на здравље људи јер снижава холестерол и високи крвни притисак (Kupos et al. 2000);
- због садржаја одређених хемијски активних компоненти ( $\Delta^9$ -THC) може се користити у медицини у лијечењу канцера (Petrocellis et al. 20013) и глаукома (Järvinen et al. 2002);
- због добрих зачинских особина користи се као додаток у припреми различитих јела;
- може да се користи и као додаток у козметичким препаратима јер спречава процес старења коже;
- сјеме конопље садржи значајну количину минерала и витамина, због чега конопља добија све већу примјену у прехранбеној индустрији и у производњи биоенергије и биогорива (Костић 2018).

Влакна конопље се већ деценијама широко примјењују за производњу изолационих подних облога и унутрашњих панела за аутомобиле, као и у производњи текстила, папира и у грађевинској индустрији (Kumäläinen and Sjöberg 2008). Поред влакана, посљедњих година постоје велика интересовања истраживача за примјену сјемена и биомасе конопље у производњи биоенергије (Rehman et al. 2013), и то за добијање етанола (Kuglarz et al. 2014), биодизела (Li et al. 2010) и биогаса (Prade et al. 2011).

### **9.5.3. Значај енергетских усјева код нас и у окружењу**

Агроеколошки и земљишни услови Србије, Босне и Херцеговине и земаља у окружењу пружају могућност гајења многих агроенергетских усјева који представљају велику шансу за производњу значајних количина биогорива. Румунија је један од лидера у производњи биогорива у Источној Европи, али се и они сусрећу са потешкоћама у испуњењу циљева ЕУ. Одлука Министарског савјета ЕУ (13.06.2014) да се ограничи употреба биогорива произведених од сировина које могу да се користе за храну на 7%, отвара нове могућности за развој пољопривредне производње у Србији и Босни и Херцеговини. Ограничење представљају још увијек недовољно развијена и скупа технолошка рјешења. Нафтна индустрија Србије наговјештавала је могућност изградње фабрике, односно погона за производњу биодизела капацитета 50.000 тона годишње.

Највећу производњу биодизела у Републици Србији има фабрика за производњу по лурги технологији „Victoria Oil“ у Шиду, која ради од 2007. године. Ова фабрика производи биодизел од сојиног уља и пласира га само на домаћем тржишту. За сада нема извоз, јер се биодизел у Западној Европи углавном прави од коришћеног уља, због чега је биодизел домаћих произвођача нешто скупљи од онога што производе европски произвођачи. Неки од значајнијих производних капацитета у Србији су: Victoria Oil, Шид, са годишњом производњом од 75.000 т (100.000 т); Биопланта, Бачка Топола, са производњом од 4.000 т (20.000 т); Фам, Крушевац, са производњом од 25.000 т и Bioenergo Oil, Сомбор, са годишњом производњом од 1.400 т. Теоријски потенцијал производње биодизела у Србији износи око 200.000 тона годишње и утврђен је на основу анализа површина обрадивог земљишта за гајење усјева, од којих биодизел може да се производи док је реални потенцијал знатно нижи и варира из године у годину у зависности од више фактора: избора биљних врста које ће се узгајати, примијењене технологије гајења, климатских фактора и др. Према урађеним анализама, у Србији има око 350.000 хектара пољопривредних површина намијењених производњи усјева од којих би се могао добити биодизел. Потенцијал у Србији лежи у више од 100.000 тона јестивог коришћеног уља, од чега десети дио може бити искоришћен као сировина за биодизел. За производњу 10.000 тона биодизела потребно је око 14.000 хектара пољопривредних површина. Примјера ради, уколико се уљаном репицом засије 200.000 хектара, уз просјечан принос од 2,3 т/ха, могло би се добити око 150.000 тона биодизела. Уљарице се тренутно у Србији узгајају на површини од преко 450.000 ха, од чега 93% у Војводини, док је удио уљарица у пољопривредној производњи у централној Србији око 1% (Energetski portal 2019).



У Хрватској послују компаније биодизела: Биодизел Вуковар д.о.о. Осим производње биодизела, компанија производи и сирови глицерин чији је годишњи капацитет производње приближно 6.500 тона. „Еуропа Мил – Биогорива“ у Вуковару капацитета 40.000 тона годишње, „Модибит“ у Озљу капацитета 20.000 тона годишње, један произвођач биодизел технологије „Интерпласт“ из Сесвете (Tadić 2019).

Фабрика „Систем Екологика“ код Српца, једина је већа фабрика биодизела у Републици Српској и БиХ и сву своју производњу извози за ЕУ и на српско и македонско тржиште. Ова фабрика је почела са радом у септембру 2008. године као прва фабрика еколошког горива у БиХ која је саставни дио америчке компаније „Best Inc“. Вриједност фабрике у којој је планирано да се запосли 150 радника, износила је око 30 милиона долара. У БиХ се није пуно урадило како би се омогућило стављање биодизела у промет. Главни проблем зашто нема веће производње биодизела у Републици Српској и БиХ је недостатак сировине – уљане репице. У Републици Српској и БиХ се за производњу биодизела највише користи уљана репица, која се производи на површинама од око 3.000 ха. У плану је да се послјије пуштања у пуни капацитет сировине обезбиједи производња уљане репице од стране србачких пољопривредника. У међувремену, фабрика производи биодизел од сировина из увоза, при чему је 2018. године произведено око 5.500 тона овог горива у вриједности од око 10 милиона марака.

#### **9.5.4. Основи технологије производње усјева за производњу биогорива**

Технологија производње, гајење или агротехника, представља скуп свих агротехничких мјера које се примењују у пољопривредној производњи са циљем да се створе што повољнији услови за несметан раст биљака током вегетационог периода. Основни елементи технологије гајења су плодоред, обрада земљишта, исхрана биљака, избор сорте, сјетва, њега и заштита усјева, берба/жетва и чување производа. Правилан избор агротехничких мјера пружа могућност што бољег и потпунијег коришћења плодности земљишта, агроеколошких услова и генетичког потенцијала родности сорте у циљу остварења највећег приноса (Ikanović et al. 2011; Živanović et al. 2014; Terzić et al. 2018, 2019; Popović et al. 2012a, 2012b, 2013, 2015, 2020; Поповић 2015; Воžović et al. 2018, 2020; Rajčić et al. 2020; Ugrenović et al. 2021).

У свијету постоји велики број биљака, претежно вишегодишњих самониклих врста, које током вегетационе сезоне дају велику биомасу која на различите начине може послужити као извор енергије. Прије увођења ових биљака у производњу, неопходно је проучити њихове биолошке особине и однос

према агроеколошким и земљишним условима, затим погодним методама оплемењивања створити најприносније генотипове (Јанковић и сар. 2019). Успјех у производњи зависи од правилног избора сорте и најпогоднијих агротехничких мјера, начина њихове примјене, правремености њиховог извођења и сажетости рокова рационалним коришћењем расположиве пољопривредне механизације. Значајну групу условно-енергетских биљака представљају биљне врсте забарених акватичних подручја, које расту у повољним условима влажности током цијеле године и дају велику количину биомасе подесне за коришћење у биоенергетске сврхе. У Републици Српској постоје значајне забарене површине поред ријека и језера које би се правилним избором акватичних врста могле искористити као мјеста за интензивну производњу биоенергетских усјева.

У производњи биоенергије важно мјесто заузимају и жетвени остаци ратарских биљака, посебно оних врста које се гаје ради зрна. Послије бербе главног производа (зрна), на њивама остају велике количине жетвених остатака, које код неких врста (сунцокрета, уљане репице, кукуруза) чине и више од 50% укупног приноса биомасе. Технолошка вриједност жетвених остатака за прераду у биогорива зависи од њиховог хемијског састава. Уколико садрже веће количине целулозе и уља (слама соје), жетвени остаци су подеснији извор биоенергије (Јанковић и сар. 2019). Да би се продуктивни органи енергетских усјева – сува или свјежа стабла са листовима, зрна или кртоле – искористили за добијање гасовитих, течних и чврстих биогорива, неопходно их је одговарајућим технолошким поступком припремити за даљу употребу. Технологија прераде подразумијева поступке припреме сировине, за коју, осим продуктивних органа енергетских усјева, могу послужити биљни остаци послије бербе и примарне прераде њивских усјева, затим различити биљни и анимални отпад прехрамбене индустрије, органски комунални отпад, стајњак, канализациони и ријечни муљ и тако даље. Производња биогаса, биоетанола, биодизела, биобрикета или биопелета из наведених сировина, може се одвијати у великим индустријским погонима, али и у постројењима мањег капацитета која су покретна и погодна за фармере (Јанковић и сар. 2019; Rakašćan et al. 2021).

### **9.5.5. Примјена биомасе**

Значај биомасе веома је значајан при задовољењу потреба за повећаном потражњом енергије у домену саобраћаја због чињенице да се једино биомаса може користити за производњу течних горива, као алтернатива постојећим фосилним течним горивима чија је потрошња данас доминантна.

Биомаса је окарактерисана врстама сировине, технологијама конверзије и финалним производима. Послије жетве, биомаса се може директно користити за претварање у енергију или наставити даље да се прерађује. Биљке претварају воду и угљен-диоксид из атмосфере у угљене хидрате у присуству сунчеве свјетлости процесом фотосинтезе, који се складишти у биљци у разним полимерним облицима, попут целулозе, хемицелулозе и скроба, које служе као сировине за добијање биогорива. OECD/FAO (2019) говори о двије главне врсте биогорива: примарна (необрађена) биомаса и секундарна (прерађена) биомаса, при чему:

- 1) **примарна (необрађена) биомаса** је она биомаса у којој се органски материјал користи претежно у свом природном облику (нпр. сјечка, цјепанице) и користи се за стварање енергије за кување, гријање простора, снабдијевање електричном енергијом, паром и процесном топлотом;
- 2) **секундарна (прерађена) биомаса** може бити у облику чврстих материја (нпр. дрвени угаљ, торификована биомаса, пелет), течности (нпр. етанол, биљно уље) или гасова (нпр. биогаз, биометан, биоH<sub>2</sub>), који се могу користити у различитим секторима, укључујући транспорт и високо температурне индустријске процесе.

Комисија УН је у јулу 2007. године упозорила да коришћење пољопривредног земљишта и обезбјеђење храном и водом не смију бити угрожени производњом енергетских усјева јер то може бити директна пријетња неразвијеним земљама. Зато би производњу енергетских усјева требало ускладити са производњом хране усаглашеном са свјетским потребама. Ово подразумијева да се ратарски производи, који су најважнији снабдјевачи хране, искључе из употребе за производњу биогорива. Предност треба дати вишегодишњим биљкама чији продуктивни органи имају мали значај у исхрани људи. Ове врсте, захваљујући вишегодишњем животном циклусу и снажним коријеновима, боље користе воду и биљна хранива из земљишта и усвајају велике количине угљен-диоксида из ваздуха. Истовремено, оне спречавају ерозију земљишта, представљају станиште племенитој дивљачи и дају велику биомасу за прераду у биогорива (Janković i sar. 2017).

## 9.6. Биодизел

Биодизел представља смјешу моноалкил естара виших масних киселина добијених из обновљивих извора липида, као што су биљна уља и животињске масти, која задовољава захтјеве стандарда квалитета. Према европском (EN 14214) и стандарду Сједињених Америчких Држава (ASTM

Д6751), биодизелом се сматра смјеша масних киселина које задовољавају прописане захтјеве квалитета. Биодизел укључује обновљиви дизел и има потенцијални допринос у ублажавању климатских промјена у транспортном сектору. Према Narasimha Rao et al. (2007) и Костић (2018), предности биодизела у односу на фосилни дизел су:

- добија се из обновљивих извора (различите земље у свијету посједују одговарајуће биљне врсте које се могу искористити у производњи биодизела, чиме се смањује зависност појединих земаља од увоза горива, те се на тај начин рјешава и проблем око пољопривредних хиперпродукција у неким земљама;
- није токсичан, садржи 10% кисеоника и мали проценат сумпора и ароматичних компонената који утичу на много чистије сагоријевање, што доводи до знатно нижих емисија штетних гасова ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) у околину. Осим тога, коришћење биодизела не доводи до повећања количине  $\text{CO}_2$  у атмосферу, што значи да је количина  $\text{CO}_2$  ослобођена током сагоријевања једнака количини  $\text{CO}_2$  коју апсорбују биљке током процеса фотосинтезе;
- биоразградив је, више од 90% биодизела може се разградити за 21 дан;
- стабилнији је и сигурнији за складиштење и транспорт. Има вишу температуру паљења (око 150 °C) у односу на дизел гориво (око 50 °C), тј. посједује боље мазиве особине.

Недостаци биодизела у односу на дизел гориво према Misra and Murthy (2010) јесу:

- оксидативна нестабилност, која се јавља током дужег периода складиштења и контакта са ваздухом;
- показује лошије особине при ниским температурама (при ниској температури биодизел кристалише, што доводи до потешкоћа при убризгавању и стартовању мотора);
- биодизел има нешто већу емисију оксида азота (2–4%), и
- биодизел произведен из јестивих уља и животињских масти има већу цијену од фосилног дизел горива, што представља главну препреку у његовој комерцијализацији.

Напредније технологије засноване на целулозним сировинама (нпр. остаци усјева, дрво или намјенски енергетски усјеви), не чине велики удио у укупној производњи биогорива. Ипак, на њих се често гледа као на релевантне технологије за будућност зато што су мања конкуренција прехрамбеним производима и емитују сигурније нивое емисије гасова са ефектом стаклене баште. Међународни производња биогорива је под

снажним утицајем националних политика са три главна циља: подршка пољопривредницима, смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште и смањена енергетска независност (Janković i sar. 2017).

Биодизел је течно гориво произведено из биљних и анималних масноћа. Да би биодизел замијенио дизел, гориво поријеклом из сирове нафте, он треба да је биоразградив, нетоксичан по околину, да производи мање дима и прашине, испушта мање угљеникових једињења и да је мање запаљив. Савременим поступком прераде сировина може се добити биогориво које садржи око 10% кисеоника, тако да потпуније сагоријева и испушта мање гасова у атмосферу од течних горива минералног поријекла. У новије вријеме чине се значајни напори како би се повећала производња биодизела и тиме смањила зависност од увоза сирове нафте, чије су резерве ограничене, а према процјенама стручњака ти извори ће пресушити после 2047. године. Еколошки разлози и жеља да се активно допринесе Кјото протоколу, довели су до Препоруке 2003/30/ЕС Европског парламента, којом је одређено да до 2010. године 5,75% конвенционалних горива буде замијењено алтернативним. Ово је допринијело брзом повећању производње биодизела у европским земљама. Према Европском одбору за биодизел производња биогорива је повећана за 54% у 2006. години у односу на 2005. годину, односно за 16,8% у 2007. години у односу на претходну 2006. годину. Највећи произвођачи биодизела у 120 постројења, са укупним капацитетом 6.100.000 тона годишње, су у земљама Европске уније, Њемачкој, Француској, Италији и Аустрији (Naumann et al. 2019).

Са становишта енергетске вриједности и сагорљивости, биогорива могу бити квалитетнија јер, поред угљоводоника, садрже и кисеоник који позитивно утиче на сагоријевање. Еколошки су прихватљивија јер испуштају мање штетних гасова у атмосферу, што има значаја и за очување животне средине. Стратегијом ЕУ и Конференцијом Уједињених нација о климатским промјенама „Париз 2015“ обухваћени су: производња хране, шумарство, дио хемијске, биотехнолошке и индустрије енергије. Снажан иновациони потенцијал овим областима даје велики број научника из области природних (агрономија, екологија и прехранбена технологија) и социолошких научних области. Економска оправданост употребе биогорива добијених из обновљивих биолошких материјала огледа се у чињеници да се смањује издвајање средстава за увоз неопходних фосилних горива (Janković i sar. 2017).

Проблеми у производњи и употреби биогорива могу бити социјални, економски, еколошки и технички. На производњу ових горива велики утицај имају цијене нафте и нафтних деривата, затим главно питање „храна или гориво“, ниво емисије CO<sub>2</sub>, одрживи развој у производњи биогорива,

појачана сјеча шума, ерозија земљишта, смањење биодиверзитета, утицај на изворе питке воде, као и на ефикасност и баланс у коришћењу енергије. Осим тога, немају сва биогорива исти утицај на климу, сигурност обезбјеђења енергије и екосистеме. Стога би утицај појединих биогорива на друштво и екосистем требало анализирати на дужи период (Bentsen and Felby 2012).

### 9.6.1. Хемијски састав биодизела и трансестерификација

По хемијском саставу, биодизел је смјеша метил (алкил) естара масних киселина и метил-естра, односно етил-естра (Сл. 9.3). Добија се алкохолизом триглицерида (из биљних уља или животињских масти) помоћу алкохола мале молске масе. Технолошки поступци добијања биодизела засновани су на континуалном двостепеном поступку хомогено-катализоване, тј. хетерогено-катализоване реакције трансестерификације која представља реакцију триглицерида из уља са алкохолом (најчешће метанолом). Овом реакцијом се добијају естри масних киселина, уз издвајање глицерола као споредног производа, тј. реакција замјене једне алкил групе естра другом у реакцији естра са алкохолом. Зато се појмови трансестерификација и алкохолизација користе као синоними. Она уједно представља и најкоришћенији поступак за синтезу биодизела, тј. МЕМК. У реакцији трансестерификације реагује један мол триглицерида са три мола метанола, при чему настају три мола метил естара масних киселина и један мол глицерола (Стаменковић и сар. 2009) (Схема 9.3 и 9.4).

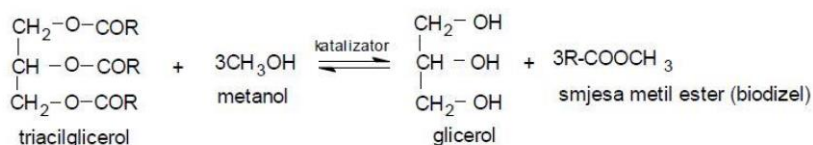


Схема 9.3. Приказ реакције трансестерификације (Tadić 2019)

*Scheme 9.3. Representation of transesterification reaction (Tadić 2019)*

Индустријски каталитички поступци одвијају се уз присуство хомогених катализатора. Иако је њихова предност брже одигравање реакција при умјереним условима, основни им је недостатак сложен поступак раздвајања оваквих катализатора од производа, праћен настајањем отпадних вода. За разлику од хомогених, хетерогени катализатори могу се релативно лако одвојити од реакције смјеше филтрацијом или центрифугирањем, што води ка сигурнијем, јефтинијем и чистијем поступку, уз елиминисање проблема

отпадних вода насталих током неутрализације хомогеног катализатора. Примјена хетерогених катализатора омогућава и њихово вишеструко коришћење. Међу чврстим, базним катализаторима, СаО заузима обећавајуће мјесто, због добрих каталитичких особина, ниске цијене и доступности (Voeu et al. 2011; Kouzu and Hidaka, 2012; Marinković 2016). Међутим, поред његових добрих каталитичких особина и ниске цијене, проблем може бити излуживање у метанолу и производима реакције (Lopez Granados et al. 2009), па су нова истраживања усмјерена у правцу повећања стабилности СаО као катализатора, како би се избјегао допринос хомогено катализоване реакције (Sadaba et al. 2015). Стабилност СаО може да се повећа коришћењем у комбинацији са ZnO. На основу истраживања, уочено је да катализатор на бази СаО и ZnO даје веома добру конверзију триглицерида, било да се ради о једноставној смјеси оксида (Rubio-Caballero et al. 2009; Taufiq-Yap et al. 2011) или СаО имрегнираним на ZnO као носачу (Alba-Rubio et al. 2010).

Због смањења трошкова издвајања производа и занемарљивих еколошких проблема, трансестерификација катализованих ензима ће у будућности добити примат у комерцијалној производњи биодизела у односу на процесе засноване на примјени хемијских катализатора. Такође, према Стаменковић и сар. (2009), осим каталитичких поступака добијања биодизела, све већу пажњу заокупљују некаталитички поступци у којима се реакциона смјеша излаже повишеном притиску и температури (преко 20 ба и 150 °C).

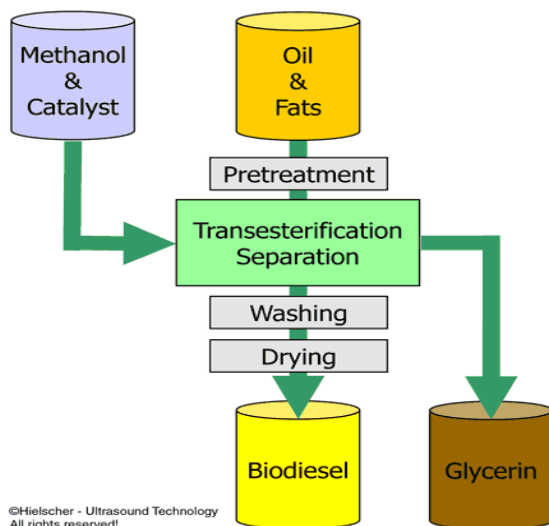


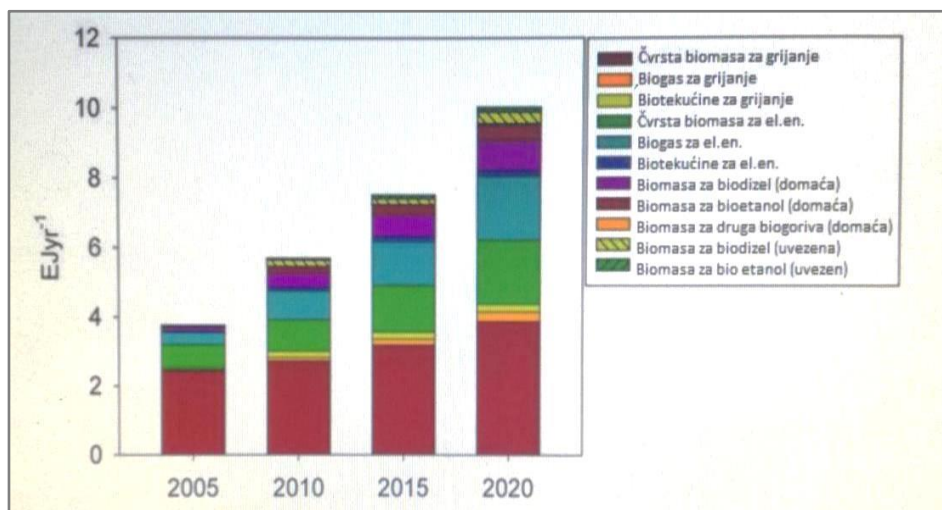
Схема 9.4. Шематски приказ производње биодизела (Фото: Hielscher – Ultrasound Tehchnology)

*Scheme 9.4. Schematic representation of biodiesel production (Photo: Hielscher – Ultrasound Tehchnology)*

Међународни дан биодизела обиљежава се 10. августа у част Рудолфа Дизела (Rudolf Diesel) који је свој први челични, једноцилиндрични мотор са замајцем, погонио уљем кикирикија, 10.08.1893. године у Аугсбургу, у Њемачкој. У говору 1912. године, Рудолф Дизел је истакао да је употреба јестивог уља за дизел моторе можда била безначајна за то вријеме, али да ће доћи вријеме када ће јестиво уље као гориво бити исте важности као и нафта (Azad et al. 2015).

### 9.6.2. Производња и примјена биодизела

У Европској унији пољопривреда представља највећи сектор који обезбјеђује биомасу и релативним удјелом од око 65% (од 13% у Финској до 90% у Грчкој, Малти, Мађарској и Кипру), након које слиједи шумарство са 34% удјела суве материје (од 8% на Малти до 87% у Финској), док је релативни удио сектора рибарства прилично мали (мање од 1%). У пољопривреди гајене биљке представљају готово 62% обезбијеђене биомасе, сакупљени остаци усјева 23% и испаша биомасе 15%, док је доминантни извор шумске биомасе примарна дрвна биомаса која чини готово 70% укупног износа (Gurría et al. 2017). Процјена потражње за биомасом и њеном коришћењу за енергију у земљама ЕУ приказана је на Граф. 9.2.

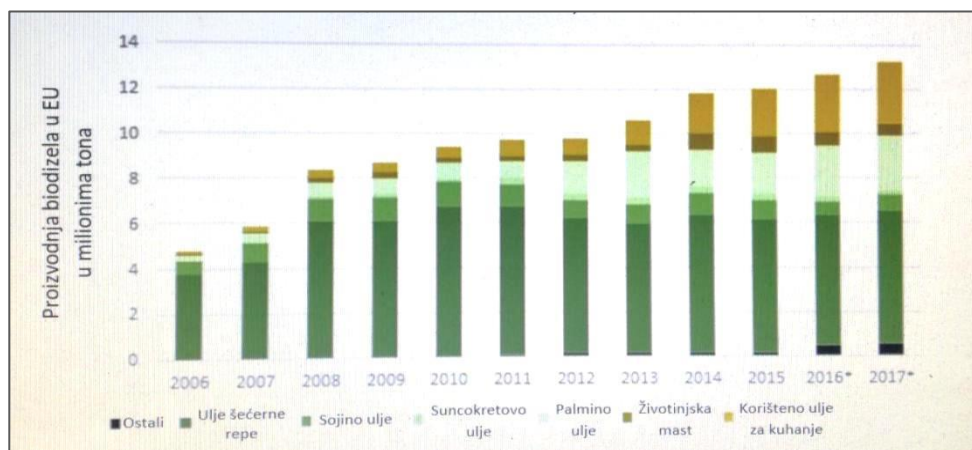


Граф. 9.2. Потражња за производњом биомасе и енергијом у земљама ЕУ27, 2005, 2010, 2015. и 2020. (Eurostat 2020)

Graph. 9.2. Production biomass demand and energy in EU27 countries, 2005, 2010, 2015 and 2020 (Eurostat 2020)



До 2010. године производња биодизела у ЕУ базирала се углавном на уљаној репици. Од тада се повећао удио осталих уљаних биљака попут соје, сунцокрета и палме. Укупна производња биодизела добијених из уљаних биљака није се значајно повећала од 2014. године. Повезивање производње у посљедњим годинама углавном се темељи на додатној производњи биодизела из коришћеног уља за кување, животињских масти и других извора. На Граф. 9.3. приказан је тренд производње биодизела и хидрогенизираног биљног уља у ЕУ од 2006. до 2017. године (Naumann et al. 2019).



Граф. 9.3. Производња биодизела у ЕУ у мил. тона (Naumann et al. 2019)  
*Graph. 9.3. EU biodiesel production in mill. of tons (Naumann et al. 2019)*

Прва генерација биогорива у Европској унији је у почетку укључивала производњу биодизела, хидрогенизованог биљног уља и биоетанола из различитих прехранбених производа. Биоетанол се производио из усјева који садрже шећер или скроб, као што су нпр. шећерна репа, пшеница и друга жита. Главна предност ових горива је што се могу мијешати са горивима за транспорт. У Европској унији је производња биодизела (12,5 мил. тона) 2015. године била важнија од производње биоетанола (1,9 мил. тона). Међутим, прва генерација биогорива (биодизел, биоплин, биоетанол) сада се у Европској унији већ увелико производи од скроба или шећера из кукуруза, пшенице, палме, шећерне репе и биљака које у себи садрже већи проценат скроба или шећера (Gurría et al. 2017; Naumann et al. 2019).

Примјена биодизела, у поређењу са фосилним дизелом, обезбјеђује, у смислу заштите животне средине, смањење ефекта стаклене баште, као и редуковану емисију сумпорних оксида, суспендованих честица и CO<sub>2</sub>.

Квантификација ових ефеката на животну средину врши се популарним приступом „Well-to-Wheel“ (WTW), гдје се врши мјерење нето емисије штетних гасова током цјелокупног ланца производње–потрошње. Биодизел веома чисто сагоријева, те се може користити независно или у мјешавини са дизелом добијеним рафинацијом сирове нафте и то у било ком односу (Azad et al. 2015). У зависности од удјела биогорива у мјешавини, биодизели се називају Б100 (чист, 100% биодизел), Б5 (5% биодизел и 95% фосилни дизел), Б20 (20% биодизел и 80% фосилни дизел), итд. (Joksimović i sar. 2008).

Биогорива друге генерације (целулозни етанол, биоводоник (биохидроген), биометанол, биодиметилетен (био – ДМЕ), диметил-формаид (ДМФ), ХТУ дизел Fischer–Tropschov дизел, мјешавине алкохола, дрвни плин) добијају се прерадом пољопривредног и шумског отпада. За разлику од прве генерације, од биогорива друге генерације се очекује значајније смањење емисије CO<sub>2</sub> и већа ефикасност (Gurría et al. 2017).

Трећа генерације биогорива подразумејева њихову производњу из алги, при чему на основу лабораторијских испитивања алге могу произвести и до тридесет пута више енергије по хектару земљишта од жита. Једна од великих предности оваквог биогорива је у томе што је биоразградиво, тако да је релативно безопасно за животну средину у случају еколошких ексцеса (Rudela 2015).

Недостатак прве генерације биогорива је што су сировине за њихову производњу уједно и храна, због чега се често упућују критике на рачун неодрживости производње биодизела, будући да може имати негативан утицај на цијену основних животних намирница и економију у цјелини. Осим тога, у неким земљама се врши сјеча шума да би се ослободило ново пољопривредно земљиште за гајење, што узрокује додатне количине гасова стаклене баште (Centar za energetsku efikasnost 2013).

Институт за заштиту животне средине и енергетике (EESI) истакао је да, упркос постојању извјесних емисија гасова са ефектом стаклене баште из етанола, њихова све већа редукција пружа обећавајуће резултате. Такође, кукурузни етанол и друга биогорива могу дугорочно да допринесу и индиректном смањењу емисије гасова са ефектом стаклене баште. На крају, Институт сматра да нема мјеста ни критикама да се становништву одузима храна како би се претварала у гориво – аргумент „храна против горива“, из разлога што се за производњу биогорива не користи људска храна, при чему при процесу производње етанола остаје високо-протеинска сточна храна као главни копродукт, која се даље користи од стране узгајивача домаћих животиња (Judge and Unnasch 2020).

## 9.7. SWOT анализа производње биодизела

SWOT анализа представља камен темељац сваког успјешног стратешког плана и корисну технику за разумијевање снаге и слабости пословања, као и за препознавање прилика које су вам отворене и пријетње које би могле угрозити пословање (Таб. 9.3). Акроним SWOT потиче од енглеских ријечи Strengths (снаге), Weaknesses (слабости), Opportunities (шансе) и Threats (пријетње) и представља аналитичку технику помоћу које се могу сагледати највеће предности и изазови у производњи, коришћењу и продаји биодизела (Joksimović i sar. 2008).

Таб. 9.3. SWOT анализа производње биодизела (Joksimović i sar. 2008; Стаменковић и сар. 2009; Поповић и сар. 2020)  
*Table 9.3. SWOT analysis of biodiesel production* (Joksimović i sar. 2008; Стаменковић и сар. 2009; Поповић и сар. 2020)

---

Снаге/Strengths
1) Биодизел је обновљиви извор енергије, који може да се производи од алги, биљног уља, животињских масноћа и рециклираних масноћа.
2) Биоразградив је и није опасан по средину. Послије доспијевања у земљиште, више од 90% биодизела може се разградити за 28 дана.
3) По својим енергетским способностима, једнак је обичном фосилном дизелу, али има пуно бољу мазивост, због чега продужава трајање мотора.
4) Биодизел смањује загађење средине. При раду мотора ослобађа 10% кисеоника, није отрован, производи 60% мање емисије CO <sub>2</sub> за животни вијек.
5) Биодизелска горива не садрже сумпор и олово, главне загађиваче ваздуха приликом рада машина са дизел мотором добијеног из нафте.
6) Биодизел има знатно вишу тачку запаљивости (изнад 160 °C) од обичног дизела, због чега је ризик од запаљења приликом превоза, складиштења и употребе мањи него код уобичајених дизел горива.
7) При процесу производње биодизела из уљане репице, настаје читав низ веома профитабилних нуспродуката: а) погача или сачма (вриједан протеински додаток сточној храни); б) глицерол (значајна сировина у козметичкој и фармацеутској индустрији) и в) на крају технолошког процеса, као нуспродукт добија се уљани муљ (високо квалитетно храниво за повртарске биљке у органској пољопривреди).
8) Биодизел има смањени ниво емисије полицикличних ароматичних угљоводоника или ПАХ (енгл. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons), који су идентификовани као супстанце које потенцијално изазивају рак.

---

- 9) Повећањем производње биће омогућено отварање нових радних мјеста и повећање броја запослених.
  - 10) Повећање индустријске производње, увођењем више биљних врста.
  - 11) Повећање девизних резерви и задржавање девизних средстава у земљи.
  - 12) Међутим за успјех ове производње неопходан је прогресиван став државе у погледу: а) политике субвенција; б) пореске политике и в) дугорочне стратегије управљања енергетским ресурсима.
- 

#### Слабости/Weaknesses

---

- 1) Биодизел је нешто скупљи за куповину од нормалних фосилних дизел горива, али би та разлика могла да нестане због економије величине, растућих цијена горива и пореских подстицаја од стране државе. У Њемачкој је, на примјер, биодизел јефтинији од нормалног дизела на бензинским пумпама које продају оба горива.
  - 2) Енергетска вриједност биодизела је мања и износи 37,2 MJ/l (нафта 42 MJ/l), што значи да је већа потрошња, јер је енергетска вриједност биодизела око 90% енергетске вриједности обичног фосилног дизела.
  - 3) Постоји могућност зачепљења инјектора на дизел мотору.
  - 4) Биодизел има нижу рН вриједност од обичног дизел горива, због чега може да штети неким пластичним и гуменим дијеловима аутомобила који нису сертифицирани за коришћење биодизела.
  - 5) Уколико би се користила дефорестација (сјеча) шума, биодизел би могао постати озбиљна пријетња природном окружењу и смањењу биодиверзитета.
  - 6) Употреба прехрамбених сировина за производњу биогорива повећава цијену сировина на свјетским берзама.
  - 7) Раст цијене хране највише погађа најсиромашније популације у земљама „трећег свијета“.
- 

#### Шансе/Opportunities

---

- 1) Могућност веће биљне производње омогућиће већу и стабилнију производњу биодизела у будућности.
  - 2) Биодизел је једино алтернативно гориво које се може користити за погон било ког конвенционалног дизел мотора без модификације.
  - 3) Повећањем производње биогорива смањиће се увоз сирове нафте.
  - 4) Производња биодизела у Републици Српској и БиХ, као и у Србији, прилика је за развијање пољопривредних руралних подручја, гдје живи значајан проценат становништва.
  - 5) Производња биодизела била би добар подстицај за мала и средња предузећа, мале уљаре и фирме за производњу биодизела, јер је 85% земљишта у Републици Српској, као и у Србији у приватном власништву.
-

---

Пријетње / Threats

---

- 1) Ограниченост могућности производње биодизела доводи у питање његову очекивану употребу у не тако далекој будућности.
  - 2) Мала ефикасност производних погона и мотора који требају биодизел због чега се ставља под упитник будуће коришћење биодизела.
- 

Немају сва биогорива исти утицај на климу, сигурност обезбјеђења енергије и екосистеме. Зато би требало анализирати појединачни утицај сваког од њих на друштво и екосистем на дужи период (Janковић i sar. 2017).

## **9.8. Закључак**

Упркос још увијек присутним драстичним разликама у политикама унутар земаља чланица ЕУ, Европска комисија подстиче интензивнију употребу пољопривредне биомасе. Неизвјесност, како у погледу пројектованог утицаја фосилних горива на климатске промјене, тако и улоге коју нове технологије могу имати у пружању одрживих алтернатива, довеле су до тога да владе и компаније инвестирају у алтернативне енергетске портфеље, нарочито биогорива.

Биогорива се добијају из обновљивих сировина, биоразградива су, доприносе енергетској сигурности и смањењу загађења околине. Очекивања су да ће се у будућности све више користити обновљиви извори енергије првенствено због потребе рјешавања проблема климатских промјена. Биомаса може дати значајан допринос у њеној примјени за повећање производње топлотне и електричне енергије, као и за производњу биогорива. Коришћењем обновљивих извора енергије, обезбиједиће се значајно смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште, побољшање у енергетској сигурности и трговинским билансима, замјена увоза фосилних горива са домаћом биомасом, могућност за економски и социјални развој у руралним срединама и смањење проблема са одлагањем отпада и бољим искоришћењем ресурса. Производњу енергетских усјева требало би ускладити са производњом хране усаглашеном са свјетским потребама. Прогнозе су да ће улагање у биогорива довести до значајних користи у економском развоју, укључујући стварање нових радних мјеста и прихода за пољопривреднике. Међутим, присутна су и страховања да претјерано коришћење прехранбених сировина за производњу биогорива може утицати на повећање цијена

сировина на свјетским берзама, при чему раст цијена хране највише може погодити најсиромашније популације у земљама „трећег свијета“.

## Литература

- Azad AK, Rasul MG, Khan MMK, Sharma SC, Hazrat MA (2015) Prospect of biofuels as an alternative transport fuel in Australia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 43:331–351
- Alba-Rubio AC, Santamaria-Gonzalez J, Merida-Robles JM, Moreno-Tost R, Martin-Alonso D, Jimnez-Lopez A, Maireles-Torres P (2010) Heterogeneous transesterification processes by using CaO supported on zinc oxide as basic catalysts. *Catalysis Today* 149:281–287
- Alonso DM, Bond JQ, Dumesic JA (2010) Catalytic conversion of biomass to biofuels. *Green Chemistry* 12:1493–1513
- Balkan Green Energy News (2019) EP potvrdio postepeno ukidanje subvencija za fosilna goriva do 2025. Доступно на: <https://balkangreenenergynews.com/rs/ep-potvrdio-postepeno-ukidanje-subvencija-za-fosilna-goriva-do-2025/> Приступљено: 15.12.2020
- Banja M, Sikkema R, Jégarda M, Motola V, Dallemanda JF (2019) Biomass for energy in the EU – The support framework. *Energy Policy* 131:215–228
- Bentsen NS, Felby C (2012) Biomass for energy in the European Union – A review of bioenergy resource assessments. *Biotechnology for Biofuels* 5:25. doi.org/10.1186/1754-6834-5-25
- Boey P-L, Maniam GP, Hamid SA (2011) Performance of calcium oxide as a heterogeneous catalyst in biodiesel production. *The Chemical Engineering Journal* 168:15–22
- Božović D, Živanović T, Popović V, Tatic M, Gospavić Z, Miloradović Z, Stankovic G, Đokić M (2018) Assessment stability of maize lines yield by GGE-biplot analysis. *Genetika* 50(3):755–770
- Božović D, Popović V, Rajičić V, Kostić M, Filipović V, Kolarić Lj, Ugrenović V, Spalević V (2020) Stability of the expression of the maize productivity parameters by AMMI models and GGE-biplot analysis. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 48(3):1387–1397
- Vanamala JKP, Massey AR, Pinnamaneni SR, Reddivari L, Reardon KF (2018) Grain and sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) serves as a novel source of bioactive compounds for human health. *Food Science and Nutrition* 58:2867–2881
- Gurría, P., Ronzon, T., Tamosiunas, S., López, R., García Condado, S., Guillén, J., Cazzaniga, N. E., Jonsson, R., Banja, M., Fiore, G., M'Barek R. (2017) Biomass flows in the European Union: The Sankey biomass diagram – towards a cross-set integration of biomass. Publications Office of the European Union, Luxembourg, pp 1–78. doi:10.2760/35241

- Directive 96/92/EC of the European Parliament and of the Council concerning common rules for the internal market in electricity (1996) OJ L 27, pp 20–29. <http://data.europa.eu/eli/dir/1996/92/oj>
- Directive 98/30/EC of the European Parliament and of the Council of 22 June concerning common rules for the internal market in natural gas (1998) OJ L 204, pp 1–12. <http://data.europa.eu/eli/dir/1998/30/oj>
- Directive 2003/54/EC of the European Parliament and of the Council concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 96/92/EC - Statements made with regard to decommissioning and waste management activities (2003) OJ L 176, pp 37–56. <http://data.europa.eu/eli/dir/2003/54/oj>
- Directive 2003/55/EC of the European Parliament and of the Council of 26 June 2003 concerning common rules for the internal market in natural gas and repealing Directive 98/30/EC (2003) OJ L 176, pp 57–78. <http://data.europa.eu/eli/dir/2003/55/oj>
- Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC (2009) OJ L 140, pp 16–62. <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/28/oj>
- Directive 2009/30/EC Directive 2009/30/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 amending Directive 98/70/EC as regards the specification of petrol, diesel and gas-oil and introducing a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions and amending Council Directive 1999/32/EC as regards the specification of fuel used by inland waterway vessels and repealing Directive 93/12/EEC (2009) OJ L 140, pp 88–113. <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/30/oj>
- Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC (2009) OJ L 211, pp 55–93. <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/72/oj>
- Directive 2009/73/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in natural gas and repealing Directive 2003/55/EC (2009) OJ L 211, pp 94–136. <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/73/oj>
- Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources (2018) OJ L 328, pp 82–209. <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/2001/2018-12-21>
- Duodu KG, Awika JM (2019) Phytochemical-related health promoting attributes of sorghum and millets. In: Taylor JRN, Duodu KG. (eds) Sorghum and millets, chemistry, technology and nutritional attributes, 2nd ed. AACC International, Eagan, Minnesota, USA, pp 225–258
- Đurišić-Mladenović N, Predojević Z, Škrbić B (2015) Konvencionalna i napredna tečna biogoriva. *Hemijska industrija* 70(3):225–241

- Energetski portal (2019) Mogućnosti proizvodnje biodizela u Srbiji. Доступно на: <https://www.energetskiportal.rs/predstavljamo-mogucnosti-proizvodnje-biogasa-u-srbiji>. Приступљено: 14.12.2020
- EU Progress Reports (2020) National renewable energy action plans 2020. Available from: [https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/national-renewable-energy-action-plans-2020\\_en?redir=1](https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/national-renewable-energy-action-plans-2020_en?redir=1) [Accessed: 16 December 2020]
- European Union Emissions Trading Scheme (2020) Energy Package. Available from: <https://www.emissions-euets.com/third-energy-package> [Accessed: 12 December 2020]
- Eurostat (2020) Statistical reports. Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/publications/all-publications> [Accessed: 16 December 2020]
- Živanović L, Ikanović J, Popović V, Simić D, Kolarić L, Maklenović V, Bojović R, Stevanović P (2014) Effect of planting density and supplemental nitrogen nutrition on the productivity of miscanthus. *Romanian Agricultural Research* 31:291–298
- Ikanović J, Glamočlija Đ, Maletić R, Popović V, Sokolović D, Spasić M, Rakić S (2011) Path analysis of the productive traits in *Sorghum species*. *Genetika* 43(2):253–262
- Јанковић С, Гламочлија Ђ, Икановић Ј, Ракић С (2019) Секундарни ратарски производи. Монографија. Институт за примену науке у пољопривреди, Београд, стр 1–385
- Janković S, Glamočlija Đ, Prodanović S (2017) Energetski usevi – tehnologija proizvodnje i prerade. Institut za primenu nauke u poljoprivredi, Beograd, str 1–272
- Järvinen T, Pate WD, Laine K (2002) Cannabinoids in the treatment of glaucoma. *Pharmacology & Therapeutics* 95(2):203–220
- Joksimović V, Stevanović M, Marjanović Z (2008) Biogoriva - prednosti i nedostaci upotrebe. Festival kvaliteta. 3. Konferencija o kvalitetu života, 13-15.05.2008. Kragujevac, str 1–6
- Judge P, Unnasch S (2020) The Bioeconomy's Role in COVID-19 Recovery and Climate Solutions. Environmental and Energy Study Institute (EESI). Available from: <https://www.eesi.org/briefings/view/061720rural> [Accessed: 17 December 2020]
- Kiridžija M (2017) Upotreba alga u proizvodnji biogoriva. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, str 1–20
- Knowledge Centre for Bioeconomy (2019) The European Commission's Knowledge Centre for Bioeconomy. Available from: [https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC109354/biomass\\_4\\_energy\\_brief\\_online\\_1.pdf](https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC109354/biomass_4_energy_brief_online_1.pdf) [Accessed: 16 December 2020]
- Костић М (2018) Екстракција уља из семена конопље (*Cannabis sativa* L.) и његова примена у синтези биодизела. Докторска дисертација. Универзитет у Нишу, Технолошки факултет Лесковац, стр 1–145
- Kouzu M, Hidaka J (2012) Transesterification of vegetable oil into biodiesel catalyzed by CaO: A review. *Fuel* 93:1–12
- Kuglarz M, Gunnarsson IB, Svensson S-E, Prade T, Johansson E, Angelidak I (2014) Ethanol production from industrial hemp: Effect of combined dilute acid/steam pretreatment and economic aspects. *Bioresour Technol* 163:236–243



- Kunos G, Jarai Z, Batkai S, Goparaju SK, Ishac EJ, Liu J, Wang L, Wagner JA (2000) Endocannabinoids as cardiovascular modulators. *Chemistry and Physics of Lipids* 108:159–168
- Kymäläinen H, Sjöberg A (2008) Flax and hemp fibres as raw materials for thermal insulations. *Building and Environment* 43:1261–1269
- Li S-Y, Stuart JD, Li Y, Parnas RS (2010) The feasibility of converting *Cannabis sativa* L. oil into biodiesel. *Bioresour Technology* 101:8457–8460
- Lisbon Treaty (2009) Available from: [http://publications.europa.eu/resource/cellar/688a7a98-3110-4ffe-a6b3-8972d8445325.0007.01/DOC\\_19](http://publications.europa.eu/resource/cellar/688a7a98-3110-4ffe-a6b3-8972d8445325.0007.01/DOC_19) [Accessed: 7 December 2020]
- Lopez Granados M, Martin Alonso D, Alba-Rubio AC, Mariscal R, Ojeda M, Brettes P (2009) Transesterification of Triglycerides by CaO: Increase of the Reaction Rate by Biodiesel Addition. *Energy Fuels* 23(4):2259–2263
- Lukić I (2015) Kinetika heterogene metanolize svežeg i korišćenog biljnog ulja. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, str 1–158
- Marinković D (2016) Sinteza, karakterizacija i primena katalizatora CaO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> u metanolizi suncokretovog ulja. Doktorska disertacija. Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu, str 1–215
- Matthäus B, Schumann E, Brühl L, Kriese U (2008) Hempseed oil – influence of the genotype on the composition in a two-year study. *Journal of Industrial Hemp* 10(2):45–65
- Miladinović M (2013) Metanoliza suncokretovog ulja katalizovana negašenim krečom. Doktorska disertacija. Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu, str 1–159
- Miladinović M, Lukić I, Stamenković O, Veljković V, Skala D (2010) Heterogena bazno katalizovana metanoliza biljnih ulja: presek stanja. *Hemijska industrija* 64(2):63–80
- Milačić J (2016) Ekstrakcija glicerola iz biodizela sintetiziranog iz otpadnih ulja. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, str 1–51
- Milovanović M (2017) Ideja za porodični biznis – proizvodnja briketa. Доступно на: <http://bio-dizel.rs/ideja-za-porodicni-biznis-proizvodnja-briketa/> Приступљено: 17.12.2020
- Misra RD, Murthy MS (2010) Straight vegetable oils usage in a compression ignition engine – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14:3005–3013
- Mićić R, Tomić M (2011) Metode i hemizmi dobijanja biodizela. *Traktori i pogonske mašine* 16(3):57–69
- Narasimharao K, Lee A, Wilson K (2007) Catalysts in production of biodiesel: A review. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy* 1:1–12
- Naumann K, Schröder J, Oehmichen K, Etzold H, Müller-Langer F, Remmele E, Thuncke K, Raksha T, Schmidt P (2019) Monitoring Biokraftstoffsektor. 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. Leipzig: DBFZ (DBFZ-Report Nr. 11). ISBN 978-3-946629-36-8, pp 1–172

- OECD/FAO (2019) OECD Agriculture statistics (database). Available from: <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en> [Accessed: 16 December 2020]
- Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (2020) Bioenergy Technologies Office: Biofuel Basics. Available from: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/biofuels-basics> [Accessed: 15 December 2020]
- Paris Agreement (2015) Available from: [https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_en) [Accessed: 15 December 2020]
- Petrocellis L, Ligresti A, Schiano Moriello A, Iappelli M, Verde R, Stott CG, Cristino L, Orlando P, Di Marzo V (2013) Non-THC cannabinoids inhibit prostate carcinoma growth *in vitro* and *in vivo*: Pro-apoptotic effects and underlying mechanisms. *British Journal of Pharmacology* 168(1):79–102
- Поповић В (2015) Појам, подела и значај биолошких ресурса у пољопривреди. У: Миловановић Ј, Ђорђевић С (уредници) *Очување и унапређење биолошких ресурса у служби екоремедијације*. Монографија. Универзитет Сингидунум, Београд, Факултет за примењену екологију, стр 29–50
- Popović V, Glamočlija Đ, Sikora V, Đekić V, Červenski J, Simić D, Ilin S (2013) Genotypic specificity of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] under conditions of foliar fertilization. *Romanian Agricultural Research* 30:259–270
- Popović V, Vidić M, Jocković Đ, Ikanović J, Jakšić S, Cvijanović G (2012a) Variability and correlations between yield components of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Genetika* 44(1):33–45
- Popović V, Vučković S, Jovović Z, Ljubičić N, Kostić M, Rakaščan N, Glamočlija Đ, Mladenović M, Ikanović J (2020) Genotype by year interaction effects on soybean morpho-productive traits and biogas production. *Genetika* 52(3):1055–1073
- Popovic V, Jaksic S, Glamoclija Đ, Djekic V, Grahovac N, Mickovski Stefanovic V (2012b) Variability and correlations between soybean yield and quality components. *Romanian Agricultural Research* 29:131–138
- Popovic V, Miladinovic J, Vidic M, Vuckovic S, Drazic G, Ikanovic J, Djekic V, Filipovic V (2015) Determining genetic potential and quality components of NS soybean cultivars under different agroecological conditions. *Romanian Agricultural Research* 32:35–42
- Prade T, Svensson S-E, Andersson A, Mattsson JE (2011) Biomass and energy yield of industrial hemp grown for biogas and solid fuel. *Biomass & Bioenergy* 35:3040–3049
- Rajičić V, Popovic V, Perišić V, Biberdžić M, Jovović Z, Gudžić N, Mihailović V, Čolić V, Đurić N, Terzić D (2020) Impact of nitrogen and phosphorus on grain yield in winter triticale grown on degraded vertisol. *Agronomy* 10(6):757. [doi.org/10.3390/agronomy10060757](https://doi.org/10.3390/agronomy10060757)
- Rakaščan N, Dražić G, Popović V, Milovanović J, Živanović Lj, Remiković-Aćimić M, Malanović T, Ikanović J (2021) Effect of digestate from anaerobic digestion on *Sorghum bicolor* L. production and circular economy. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 49(1):1–13

- Regulation (EC) No 1775/2005 of the European Parliament and of the on conditions for access to the natural gas transmission networks (2005) OJ L 289, pp 1–13. <http://data.europa.eu/eli/reg/2005/1775/oj>
- Regulation (EC) No 713/2009 of the European Parliament and of the Council establishing an Agency for the Cooperation of Energy Regulators (2009) OJ L 211, pp 1–14. <http://data.europa.eu/eli/reg/2009/713/oj>
- Regulation (EC) No 714/2009 of the European Parliament and of the Council on conditions for access to the network for cross-border exchanges in electricity and repealing Regulation (EC) No 1228/2003 (2009) OJ L 211, pp 15–35. <http://data.europa.eu/eli/reg/2009/714/oj>
- Regulation (EC) No 715/2009 of the European Parliament and of the Council on conditions for access to the natural gas transmission networks and repealing Regulation (EC) No 1775/2005 (2009) OJ L 211, pp 36–54. <http://data.europa.eu/eli/reg/2009/715/oj>
- Rehman MSU, Rashid N, Saif A, Mahmood T, Han J-I (2013) Potential of bioenergy production from industrial hemp (*Cannabis sativa*): Pakistan perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 18:154–164
- Rubio-Caballero JM, Santamaría-González J, Mérida-Robles JM, MorenoTost R, Jiménez-López A, Maireles-Torres P (2009) Calcium zincate as precursor of active catalysts for biodiesel production under mild conditions. *Applied Catalysis B: Environmental* 91(1–2):339–346
- Rudela N (2015) Biogoriva. Veleučilište u Šibeniku. Prometni odjel, str 1–35
- Sadaba I, Lopez Granados M, Riisager A, Taarning E (2015) Deactivation of solid catalysts in liquid media: The case of leaching of active sites in biomass conversion reactions. *Green Chemistry* 17:4133–4145
- Semenčenko VV, Mojović LjV, Petrović SD, Očić OJ (2011) Novi trendovi u proizvodnji bioetanola. *Hemijska industrija* 65(2):103–114
- Sindhu R, Gnansounou E, Rebello S, Binod P, Varjani S, Thakur IS, Nair RB, Pandey A (2019) Conversion of food and kitchen waste to value-added products. *Journal of Environmental Management* 241:619–630
- Стаменковић И, Банковић-Илић И, Стаменковић О, Вељковић В, Скала Д (2009) Континуални поступци добијања биодизела. *Хемијска индустрија* 63(1):1–10
- Ugrenović V, Popović V, Ugrinović M, Filipović V, Mačkić K, Ljubičić N, Popović S, Lakić Ž (2021) Black oat (*Avena strigosa* Schreb.) ontogenesis and agronomic performance in organic cropping system and pannonian environments. *Agriculture* 11(1):55. [doi.org/10.3390/agriculture11010055](https://doi.org/10.3390/agriculture11010055)
- Tadić T (2019) Proizvodnja lipaze iz *Thermomyces lanuginosus* u cilju razvoja održivog procesa enzimske sinteze biodizela. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet, str 1–57
- Taufiq-Yap YH, Lee HV, Hussein MZ, Yunus R (2011) Calcium-based mixed oxide catalysts for methanolysis of *Jatropha curcas* oil to biodiesel. *Biomass and Bioenergy* 35:827–834

- Terzic D, Djekic V, Jevtic S, Popovic V, Jevtic A, Mijajlovic J, Jevtic A (2018) Effect of long-term fertilization on grain yield and yield components in winter triticale. *Journal of Animal and Plant Sciences* 28(3):830–836
- Terzic D, Popovic V, Malić N, Ikanović J, Rajčić V, Popović S, Lončar M, Lončarević V (2019) Effects of long-term fertilization on yield of siderates and organic matter content of soil in the process of recultivation. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 29(3):790–795
- Centar za energetska efikasnost (2013) Bogovira – tipovi i generacije. Доступно на: <https://serbio.rs/item/149-biogoriva-tipovi-i-generacije>. Приступљено: 17.12.2020
- Ciucci M (2020) Energija iz obnovljivih izvora, Informativni članci o EU. Доступно на: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hr/sheet/70/energija-iz-obnovljivih-izvora>. Приступљено: 14.12.2020
- COM(2010)0011 (2010) Report from the Commission to the Council and the European Parliament on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling. Available from: [https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri= COM:2010:0011: FIN:EN:PDF](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0011:FIN:EN:PDF) [Accessed: 14 December 2020]
- COM(2016)0767 (2016) Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources. Available from: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri= CELEX%3A52016PC0767](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52016PC0767) [Accessed: 15 December 2020]
- Šljivac D, Šimić Z (2009) Obnovljivi izvori energije – najvažnije vrste, potencijal i tehnologija. Доступно на: <http://oie.mingorp.hr/UserDocImages/OIE%20Tekst.pdf>, str. 1–114. Приступљено: 15.12.2020
- World Economic Forum (2019) The Global Risks Report 2019, 14<sup>th</sup> Edition. World Economic Forum, Geneva, Switzerland, pp 1–107

## **Strategy and legal aspects of sustainable biomass supply for biodiesel production**

Vera Popović, Jela Ikanović, Andreja Mihailović,  
Milena Aćimić Remiković, Dragana Popović

### **Summary**

Industrialization and demographic expansion have led to an increase in global energy demand. Evident climate change and high energy dependence have conditioned participation of EU in mission of transition from using fossil fuels to a low-carbon economy and achieving climate neutrality by 2050. In the realization of this mission, as first-class aim was determined the production and consumption of sustainable, stable, locally produced and competitive energy from renewable sources. The world is evident trend of growth the applicability of biomass to produce liquid biodiesel fuel.

Biodiesel is a fuel obtained from renewable raw materials plant and animal origin. Biodiesel of plant origin can be obtained from: oilseed rape, sunflower, soybean, maize, flax, coconut, almonds, firewood, peanuts, etc. while ani-diesel is obtained from triglycerides (fats) of animal origin. Biodiesel or methyl ester is obtained by transesterification of higher unsaturated fatty acids and alcohols in the presence of a catalyst. The by-product is trihydroxyl alcohol, glycerol, which is widely used in industry.

For the production of fatty acid esters, rapeseed oil is mostly used in European countries, soybean oil in the USA, palm oil in Malaysia and others. The advantage of biodiesel is that it is biodegradable and relatively harmless to the environment. The increasing production and application of biodiesel is a consequence of its good characteristics as an environmentally friendly "fuel"; significantly lower toxicity compared to diesel of fossil origin; bioavailability; raw materials renewability for its production and the possibility of application in internal combustion engines.

*Keywords:* Biodiesel, biomass, energy crops, oil, oil crops, rape seed

