

# Značaj proizvodnje uljarica za biodizel

---

**Anetić, Zvonimir**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:610337>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-21**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Zvonimir Anetić, apsolvant  
Diplomski studij Bilinogojstvo  
Smjer Biljna proizvodnja

**ZNAČAJ PROIZVODNJE ULJARICA ZA BIODIZEL**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2022.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Zvonimir Anetić, apsolvant  
Diplomski studij Bilinogojstvo  
Smjer Biljna proizvodnja

**ZNAČAJ PROIZVODNJE ULJARICA ZA BIODIZEL**

**Diplomski rad**

**Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:**

1. prof. dr. sc. Manda Antunović, predsjednica
2. doc. dr. sc. Ivana Varga, mentorica
3. doc. dr. sc. Bojana Brozović, članica

**Osijek, 2022.**

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Cilj istraživanja.....	2
2. OPĆENITO O BIODIZELU .....	3
2. POVIJEST BIODIZELSKOG GORIVA .....	5
3. SIROVINE ZA PROIZVODNJU BIODIZELA .....	6
3. 1. Soja.....	8
3. 2. Uljana repica.....	10
3. 3. Suncokret .....	12
3. 4. Ostale uljarice za proizvodnju biodizela .....	14
4. PROIZVODNJA BIODIZELA U EU I SVIJETU .....	16
5. PROIZVODNJA BIODIZELA U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	19
5. 1. Tvornice za proizvodnju biodizela u Republici Hrvatskoj.....	19
5. 2. Proizvodnja biodizela u RH danas.....	21
6. PREDNOSTI I NEDOSTATCI BIODIZELA .....	22
6. 1. Prednosti biodizela .....	22
6. 2. Nedostaci biodizela.....	24
7. SMJERNICE ZA BUDUĆNOST BIODIZELA .....	25
8. ZAKLJUČAK.....	27
9. POPIS LITERATURE.....	28
10. SAŽETAK.....	32
11. SUMMARY .....	33

## 1. UVOD

Biodizel predstavlja obnovljivo gorivo koje može biti održiva alternativa fosilnim gorivima. Biodizel je obnovljivo, biorazgradivo gorivo proizvedeno od biljnih ulja, životinjskih masti ili reciklirane masti. Ulje od soje, uljane repice, palmino ulje i suncokretovo ulje su među najčešćim sirovinama za biodizel. Poticanjem kemijske reakcije u biljnom ulju, bilo da je ono iz posebno uzgojenog usjeva ili iz komercijalnog otpada, sirovina se pretvara u gorivo koje može pokretati dizelske motore. Obnovljivi dizel, koji se naziva i "zeleni dizel", razlikuje se od biodizela. Biodizel je tekuće gorivo koje se često naziva B100 ili čisti biodizel u svom čistom, nepomiješanom obliku. Poput naftnog dizela, biodizel se koristi za gorivo motora s kompresijskim paljenjem.

Mješavina biodizela je čisti biodizel pomiješan s petrodizelom. Mješavine biodizela nazivaju se BXX. Oznaka „XX“ odnosi se na količinu biodizela u mješavini (tj. mješavina B80 je 80% biodizela i 20% petrodizela). Uslijed povećane potražnje za energijom, goriva kao što su biodizel i bioetanol prednjače među alternativnim tehnologijama. Biodizel je vrlo dobra zamjena za dizelsko gorivo u dizelskim motorima. S druge strane biodizel vjerojatno ima bolju učinkovitost od benzina. Biodizel također pokazuje odličan potencijal za motore s kompresijskim paljenjem (Demirbas, 2007.).

Svjetska potražnja za energijom neprestano raste, a najizvodljiviji način da se ispuni sve veća potražnja je korištenjem alternativnih goriva, a to je biodizel (Popovic i sur, 2012.). Dobro je poznato da promet gotovo u potpunosti ovisi o fosilnim gorivima, posebno o gorivima na bazi nafte kao što su benzin, dizelsko gorivo, ukapljeni naftni plin (LPG) i prirodni plin (NG), a alternativno gorivo petrodizelu mora biti tehnički izvedivo, ekonomski konkurentno, ekološki prihvatljivo i lako dostupno (Demirbas, 2007.).

Najčešći postupak proizvodnje biodizela je reakcija životinjskih masti ili biljnih ulja s metanolom ili etanolom u prisutnosti natrijevog hidroksida (koji djeluje kao katalizator). Reakcijom transesterifikacije dobivaju se metil ili etil-estri (biodizel) i nusprodukt glicerina (Jones i Peterson, 2002.).

Pojam biogorivo definira tekuće ili plinovito gorivo proizvedeno prvenstveno iz biomase i namijenjeno za prometni sektor. Trenutno se u svjetskim razmjerima proizvode dvije vrste biogoriva, a to su bioetanol i biodizel (Dworakowska i sur., 2011.).

## **1.1. Cilj istraživanja**

Biodizel je općenito naziv za gorivo dobiveno iz bioloških izvora koje se može koristiti u nemodificiranim dizelskim motorima umjesto uobičajenog plinskog ulja. Stoga je cilj ovog rada opisati značaj uljarica, a naročito uljane repice, soje i suncokreta za proizvodnju biodizela kao obnovljivih izvora energije.

## 2. OPĆENITO O BIODIZELU

Biogoriva su energenti koji pohranjuju energiju dobivenu iz biljaka, životinja i mikroorganizama te organskog otpada. Biogoriva su obnovljivi izvori energije zbog toga što se biljke mogu ponovno uzgajati. Prednosti i nedostaci od biogoriva ovise o vrsti biogoriva, sirovini i korištenoj tehnologiji. Biodizel se može koristiti kao zamjena za naftni dizel jer je ekonomičan i učinkovit (Adipah, 2019.).

Zbog ekonomičnosti i pouzdanosti dizelski motori postali su primarni izvor energije za automobile, brodove, građevinske strojeve i teške kamione. Prema Međunarodnoj agenciji za energiju, stopa potrošnje energije će doseći približno 53% 2030. godine (Zhang i sur., 2021.). Kao rezultat toga, iscrpljivanje fosilnih goriva dodatno će povećati potražnju za obnovljivim izvorima energije. Energetska kriza i ekološki problemi potaknuli su razvoj obnovljivih izvora energije u svijetu. Osim toga, dizelski motori također ispuštaju mnoge zagađivače, kao što su dušikov oksid i sulfidi. Za rješavanje navedenih problema mnogi istraživači potražili su alternativne izvore energije kao što su sunce, vjetar i biomasa kako bi se zadovoljio budući gospodarski razvoj i očuvanje okoliša. Biodizel proizveden od životinjskih masti i biljnih ulja ima izgaranje koje je jednako benzinskom dizelu i ekološki je prihvatljivije (Zhang i sur., 2021.).

Biodizel se smatra održivom zamjenom fosilnih goriva zbog njegove biorazgradive prirode, niske emisije stakleničkih plinova i netoksičnosti. Stoga je definiran kao „ekološki prijateljsko gorivo.” Međutim, biodizelsko gorivo još uvijek ima mnoga ograničenja, poput visoke gustoće, niske kalorične vrijednosti i lošeg svojstva hladnog tečenja (Zhang i sur., 2021.).

Transesterifikacija biljnog ulja smanjuje njegovu viskoznost, a svojstva biodizela ovise o sirovini tj. o biljnom ulju i primijenjenoj procesnoj tehnologiji. Viskoznost je jedan od najvažnijih parametara. Dakle, čisti biodizel ili mješavina biodizela treba zadovoljiti željenu viskoznost kako bi se izbjeglo oštećenje mlaznica za gorivo i pumpe za gorivo (Elangovan i Jeryraj Kumar, 2015.).

Prema Manuelu (2007.) istraživači sveučilišta u Minnesoti (SAD), navode da su bioetanol iz zrna kukuruza i biodizel iz sojinog ulja glavne sirovine za dobivanje biogoriva u SAD-u. Navedena biogoriva mogu se koristiti u konvencionalnim motorima automobila i kamiona u

obliku mješavine, dok se biodizel također može koristiti u čistom obliku ("B100") te su dostupni na sve većem broju veleprodajnih i maloprodajnih mjesta diljem SAD-a.

Prema Christi (2008.) bioetanol iz zrna kukuruza i biodizel iz soje imaju pozitivnu neto energetska bilancu (NEB), pri čemu etanol ima 25% NEB, a biodizel 93% NEB. Odnosno, etanol daje 25% više energije nego što je potrebno za njegovu proizvodnju, a biodizel daje 93% NEB-a. S druge strane, biodizel od soje zahtjeva daleko manje energije za pretvaranje biomase u biogorivo jer soja stvara dugolančane trigliceride koji se lako izlučuju iz sjemena.

Studija je pokazala da bi usmjeravanje cijele američke proizvodnje kukuruza i soje na etanol i biodizel nadoknadilo samo 12% odnosno 6% američke potražnje za benzinom i dizelom u 2005. godini (Christi, 2008.).

Biodizel i bioetanol su dva potencijalna obnovljiva goriva koja su privukla najviše pažnje. Biodizel i bioetanol proizvedeni iz poljoprivrednih usjeva postojećim metodama ne mogu održivo zamijeniti fosilna transportna goriva, ali postoji alternativa. Čini se da je biodizel iz mikroalgi jedino obnovljivo biogorivo koje ima potencijal u potpunosti zamijeniti transportna goriva dobivena iz nafte bez negativnog utjecaja na opskrbu hranom i drugim biljnim proizvodima. Većina uljarica, kao što je primjerice uljana palma, nisu ni blizu mikroalgama u mogućnosti održivog osiguravanja potrebnih količina biodizela. Slično tome, bioetanol iz šećerne trske kvalitetom ne može konkurirati biodizelu iz mikroalgi (Christi, 2008.).



## 2. POVIJEST BIODIZELSKOG GORIVA

Dizelski motor razvijen je iz želje za poboljšanjem neučinkovitih, glomaznih i ponekad opasnih parnih strojeva kasnih 1800-ih godina. Dizelski motor je razvijen 1890.-ih godina od strane njemačkog izumitelja Rudolpha Diesela. Dizelski motor postao je motor izbora po snazi i pouzdanosti (Saha i sur., 2015.). Dizelski motor radi na principu kompresijskog paljenja, pri čemu se gorivo ubrizgava u cilindar motora nakon što se zrak komprimirao do visokog tlaka i temperature. Rudolph Diesel, po kojem je motor dobio ime, ima prvi patent za motor s kompresijskim paljenjem, objavljen 1893. Rudolph Diesel je postao poznat u svijetu po svom inovativnom motoru koji je mogao koristiti različita goriva (Saha i sur., 2015.).

Prema Saha i sur. (2015.), eksperimenti na gorivima s biljnim uljem uključivali su francusku vladu i samog dr. Rudolf Diesela, koji je zamislio da bi čisto biljno ulje moglo pokrenuti rane dizelske motore za poljoprivredu u područjima svijeta gdje u to vrijeme nije bilo naftnih derivata. Suvremeno biodizelsko gorivo koje se proizvodi pretvaranjem biljnih ulja u spojeve koji se nazivaju metilni esteri masnih kiselina započeli su tridesetih godina prošlog stoljeća u Belgiji, ali današnja industrija biodizela u Europi nije uspostavljena sve do kasnih 1980.-ih (Saha i sur., 2015.).

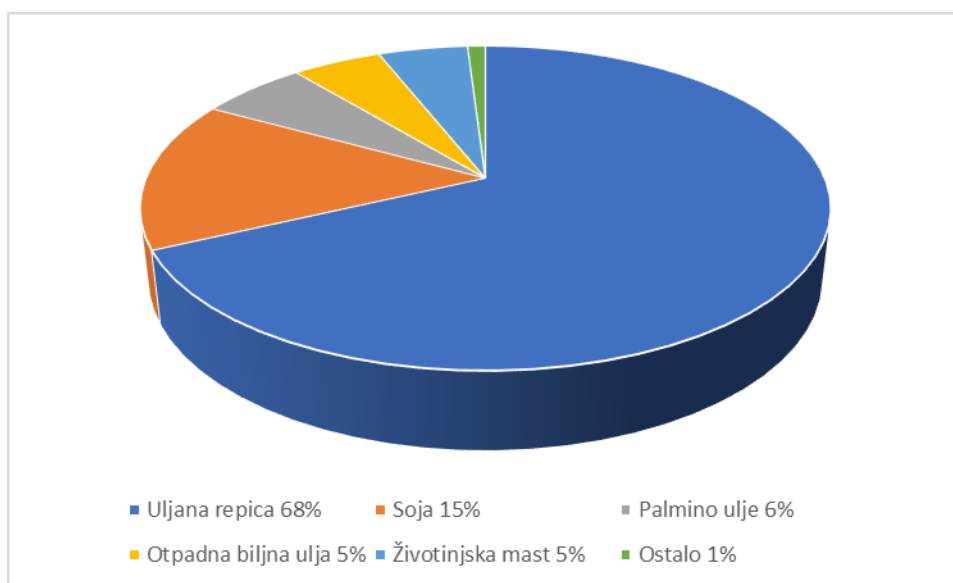
Dr. Rudolf Diesel zapravo je izumio dizelski motor kako bi radio na bezbroj goriva uključujući suspendiranu ugljenu prašinu, teško mineralno ulje i biljno ulje. Prvi njegovi pokusi nisu bili uspješni, ali kada je pokazao svoj motor na Svjetskoj izložbi u Parizu 1900. godine, njegov motor je radio na 100% ulje od kikirikija (Owolabi i sur., 2012.).

### 3. SIROVINE ZA PROIZVODNJU BIODIZELA

Biodizel se uglavnom i to više od 95% proizvodi iz jestivog ulja (biodizel prve generacije) diljem svijeta (Ahmia i sur, 2014.).

Oko 80% biljnog ulja proizvedeno u cijelom svijetu dolazi od ulja samo četiri uljarica: palme, soje, uljane repice i suncokreta. Ostali usjevi su kikiriki, pamuk i kokos. Što se tiče proizvodnje biodizela, s globalnom proizvodnjom od oko 35 milijardi litara, a koja godišnje zahtijeva preko 30 milijuna tona biljnog ulja i životinjske masti, četiri su aspekta ključna da bi se određeni usjev smatrao sirovinom: velika proizvodnja, dobro organiziran opskrbeni lanac, međunarodno tržište i konkurentna cijena (Soccol i sur., 2016.).

Uobičajeno korištene sirovine za proizvodnju biodizela su ulje iz sjemena soje, uljane repice i suncokreta, rabljena (otpadna) biljna ulja i loj/mast (životinjska mast) (Grafikon 1.). Ulja drvenih vrsta iz tople klime, poput palminog ulja, ulja kokosovog oraaha i jatrofe, također se koriste kao sirovine za biodizel u nekim dijelovima svijeta. Sirovine za biodizel općenito se biraju na temelju cijene koja varira ovisno o potražnji (Farm Energy, 2019.).



Grafikon 1. Osnovne sirovine za proizvodnju biodizela u Europi u 2006. godini (prilagođeno prema Costenobleu i sur., 2022.)

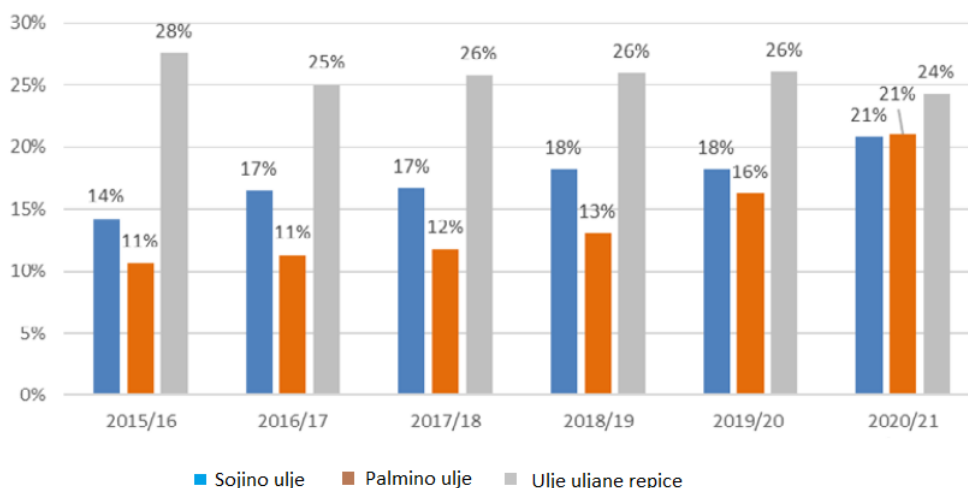
Međutim, kontinuirana i velika proizvodnja biodizela iz jestivih ulja ima i negativnu stranu jer se proizvodi iz prehrambenih kultura. Najveći proizvođači biodizela su Europska unija,

SAD, Brazil, Indonezija, s kombiniranom upotrebom jestivog ulja za proizvodnju biodizela od oko 8,6 milijuna tona u 2007. godini (Lustig, 2009.)

Biljna ulja dostavljena u postrojenja za proizvodnju biodizela su djelomično rafinirana biljna ulja. Prije isporuke (u skladu s FEDIOL-ovim sektorskim referentnim dokumentom) biljna ulja se podvrgavaju nizu koraka pročišćavanja kako bi se uklonile razne nečistoće, poput fosfatida, slobodnih masnih kiselina, voskova, tokoferola ili bojila, koja bi mogla sprječavati reakciju biodizela tijekom proizvodnog procesa. Većina sirovina je podvrgnuta nekom obliku predobrade u pogledu smanjenja nečistoća ili slobodnih masnih kiselina (FFA) prije nego ih se upotrijebe kao sirovine u proizvodnji biodizela (EFISC-GTP, 2022.).

Izbor ulja koji će se koristiti u proizvodnji biodizela važan je dio procesa. Cijena ulja izravno utječe na cijenu biodizela za čak 70 do 80%. Sirova biljna ulja sadrže nešto slobodnih masnih kiselina i fosfolipida koji se uklanjaju u koraku degumiranja, a slobodne masne kiseline se uklanjaju u procesu rafiniranja (Demirbas, 2007.)

Upotreba uljane repice kao inputa za proizvodnju raširena je u Europskoj uniji, dok se palmino ulje najviše koristi u Kolumbiji, Indoneziji i ostatku jugoistočne Azije. U 2020. godini 24% globalne proizvodnje uljane repice, 21% proizvodnje sojinog ulja i 21% palmिनog ulja bili su namijenjeni za proizvodnju biodizela (Grafikon 2.).



Grafikon 2. Postotak globalne proizvodnje palmिनog, sojinog ulja i ulja uljane repice namijenjen za proizvodnju biodizela (prilagođeno prema USDA, 2020.b)

### 3. 1. Soja

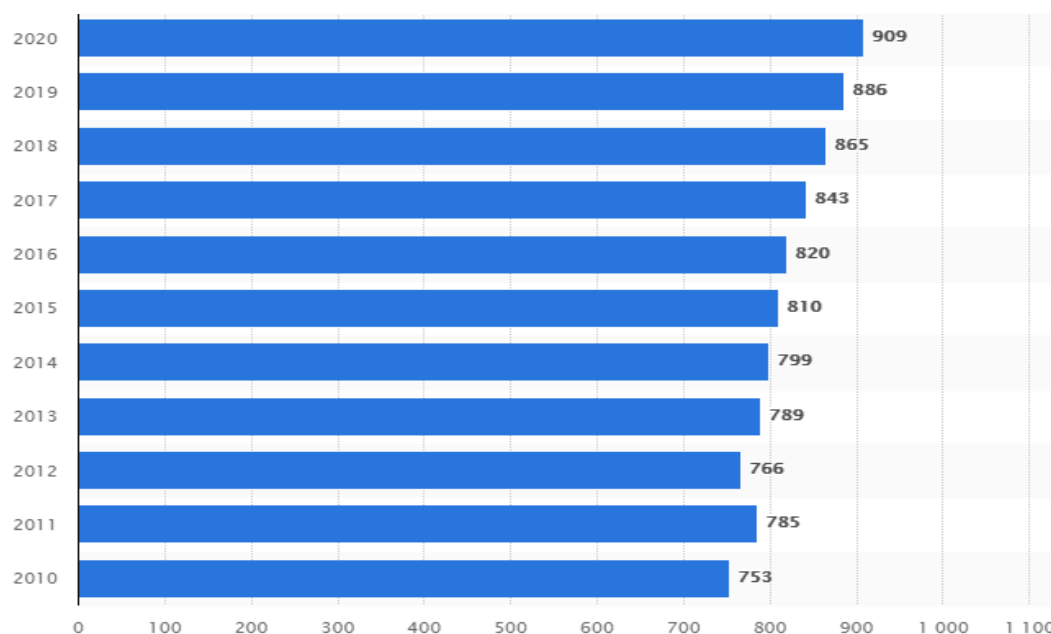
Soja je najzastupljenija i najbitnija leguminoza koja se proizvodi zbog visokog sadržaja ulja i bjelančevina u zrnu. U 2018. u svijetu je proizvedeno otprilike 398 milijuna tona soje, što iznosi oko 61% ukupne proizvodnje uljarica i 6% svjetskog korištenja obradivog zemljišta (Popović i sur., 2012.). Sjedinjene Države, Brazil i Argentina činile su oko 81% ukupne proizvodnje soje (Shea i sur., 2020.). Soja ima visoki sadržaj ulja (19-22%) i bjelančevina (35-41%) u zrnu, a koristi se u ljudskoj prehrani i hranidbi stoke (Popović i sur., 2012.).

Ovisno o uvjetima okoliša i genetike sorte, biljke pokazuju velike varijacije u visini prinosa sjemena. Proizvodnja biodizela iz sojinog ulja daje druge vrijedne nusproizvode: sojinu sačmu i pogače koje se koriste kao hrana za stoku. Važan proizvod je sojino brašno koje ima visok sadržaj lecitina i proteina. Prinos zrna varira između 2 i 4 t/ha. Sjeme soje je vrlo bogato proteinima (36 %) i uljem (19-22%) (Romano, 2011.).

Tablica 1. Žetvena površina, proizvodnja i prinos oraničnih usjeva soje u RH (DZS, 2022.)

Kultura	Godina	Površina (ha)	Prinos (t/ha)	Proizvodnja (t)
Soja	2010.	56 456	2,7	153 580
	2011.	58 896	2,5	147 271
	2012.	54 109	1,8	96 718
	2013.	47 156	2,4	111 316
	2014.	47 104	2,8	131 424
	2015.	88 867	2,2	196 431
	2016.	78 614	3,1	244 075
	2017.	85 133	2,4	207 765
	2018.	77 087	3,2	245 188
	2019.	78 334	3,1	244 279
Prosjek	-	67 176	2,6	177 805

Posljednjih godina, najveći prinos soje u Republici Hrvatskoj bio je 2018. kada je iznosio 3,2 t/ha, dok je najniži bio u 2012. godini, a iznosio je 1,8 t/ha (Tablica 1.). Prosječan prinos soje u razdoblju od 2010. do 2019. godine bio je 2,6 t/ha. Republici Hrvatskoj je 2015. bila najviše zasijana sojom unutar navedenih 10 godina, a ta površina iznosila je 88 867 ha, dok je požnjevenih površina bilo najmanje u 2014. godini kada je bila zasijana na 47 104 ha (Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske - DZS, 2022.).



Grafikon 3. Uporaba sojinog ulja za proizvodnju biodizela u Europskoj uniji od 2010. do 2020. godine (izražena u tisućama litara) (Statista, 2022.)

Prema statističkom izvješću Statista (2022.), upotreba sojinog ulja za proizvodnju biodizela konstantno raste. Od 2010. godine u EU je proizvedeno 753 000 L biodizela, a do 2020. godine vidljiv je trend povećanja proizvedene količine biodizela, kada je proizvedeno 909 000 L (Grafikon 3.).

Izdvajanje ulja iz zrna soje se ostvaruje korištenjem mehaničkih preša ili ekstrakcije otapalom. Ekstrakcija otapalom potpomognuta je mikrovalovima i ultrazvukom. Dobiveno ulje se pretvara u biodizel putem transesterifikacije. Transesterifikacija je proces kemijske reakcije tijekom kojeg se ulje spaja s alkoholom, obično etanolom ili metanol, u prisutnosti katalizatora za stvaranje masnih estera i glicerola (Bargale i sur., 1999.)

### 3. 2. Uljana repica

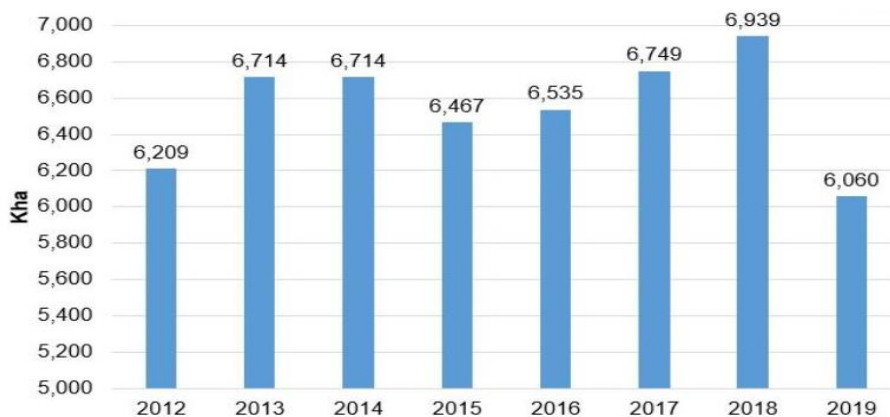
Najpopularnije ulje koje u velikim količinama proizvode američke tvrtke je sojino ulje, dok je u Europi najpopularnije i najjeftinije ulje uljane repice (Dworakowska i sur., 2011.). U sjemenu uljane repice ima oko 40 % ulja i oko 20 % bjelančevina (Gagro, 1998.).

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske, u 2014. i 2016. godini uljana repica imala je najveći prinos od 3,1 t/ha promatrajući period od 2010. do 2019. godine. Najmanji prinos sjemena uljane repice bio 2010. godine, a iznosio je 2 t/ha (Tablica 2.). U razdoblju od 2010. do 2019. najveće površine pod uljanom repicom bile su 2018. godine, kada je bilo zasijano 55 032 ha, a najmanje 2012. godine kada je bilo zasijano 9 893 ha (DZS, 2022.).

Tablica 2. Žetvena površina, proizvodnja i prinos oraničnih usjeva uljane repice u RH (DZS, 2022.)

<b>Kultura</b>	<b>Godina</b>	<b>Površina (ha)</b>	<b>Prinos (t/ha)</b>	<b>Proizvodnja (t)</b>
<b>Uljana repica</b>	2010.	16 339	2	33 047
	2011.	17 563	2,8	49 483
	2012.	9 893	2,7	26 406
	2013.	17 972	2,7	47 827
	2014.	23 122	3,1	71 228
	2015.	21 977	2,6	56 783
	2016.	36 778	3,1	112 990
	2017.	48 616	2,8	135 810
	2018.	55 032	2,8	155 842
	2019.	41 36,1	2,5	103 900
<b>Prosjek</b>	-	<b>28 865</b>	<b>2,7</b>	<b>79 332</b>

Uljana repica je jedna od uljarica koja se najviše uzgaja u Europi na koju otpada više od polovice proizvodnje. U 2008. godini u Europi je korišteno 79% svih usjeva odnosno sirovina za proizvodnju biodizela koja potječe iz uljane repice. Uzgaja se u većini europskih zemalja, a proizvodnja uljane repice pozitivno utječe na potencijal prinosa, kao pretkultura (Firrisa, 2011.).



Grafikon 4. Površine uljane repice država EU-28 (Byrne, 2019.)

Ulje uljane repice koristi se u proizvodnji biodizela za pogon motornih vozila. Biodizel se može koristiti u čistom obliku u novijim motorima bez oštećenja motora, a često se kombinira sa standardnim dizelom u omjerima koji variraju od 2% do 20% biodizela (AGFlow, 2022.). Ranije, zbog troškova uzgoja, drobljenja i rafiniranja biodizela uljane repice, proizvodnja biodizela dobivenog uljane repice koštala je više od standardnog dizelskog goriva. Repičino ulje je preferirana zaliha ulja za proizvodnju biodizela u većini Europe, djelomično zato što uljana repica proizvodi više ulja po jedinici površine u usporedbi s drugim izvorima ulja, kao što je soja (Grafikon 4.) (AGFlow, 2022.).

### 3. 3. Suncokret

Većina suncokretovog ulja proizvodi se za ljudsku prehranu. Ulje uljanog suncokreta (*Helianthus annuus* L.) može također biti sirovina za biodizel jer dijeli nekoliko pozitivnih agronomskih karakteristika s drugim uobičajenim uljaricama kao što su već spomenuta uljana repica i soja. Suncokret daje dobre prinose u različitim uvjetima i može se lako i isplativo uzgajati i na malim farmama i na velikim poljima. Sjeme sadrži oko 50% ulja i 20% bjelančevina i ugljikohidrata. Suncokretovo ulje ima veliki potencijal za kompenzaciju potrošnje naftnog dizela, posebno na gospodarstvima. Suncokretovo ulje već se koristi za visokokvalitetna prehrambena ulja, a pogače i sačma se mogu koristiti kao hrana za stoku. Sastav ulja sličan je sastavu drugih biljnih ulja kao što je soja, a biodizel iz suncokreta ima svojstva slična biodizelu iz soje (Farm Energy, 2019.).

Prinos suncokreta u vremenu od 2010. do 2019. godine ne varira previše, a prosjek je 2,8 t/ha (Tablica 3.). Zasijana površina isto tako, s prosjekom od 35 067 ha. Najviše sjemena suncokreta proizvelo se u 2013. godini, 130 576 tona, a najmanje u 2010. godini, 61 789 tona (DZS, 2022.).

Tablica 3. Žetvena površina, proizvodnja i prinos oraničnih usjeva suncokreta u RH (DZS, 2022.)

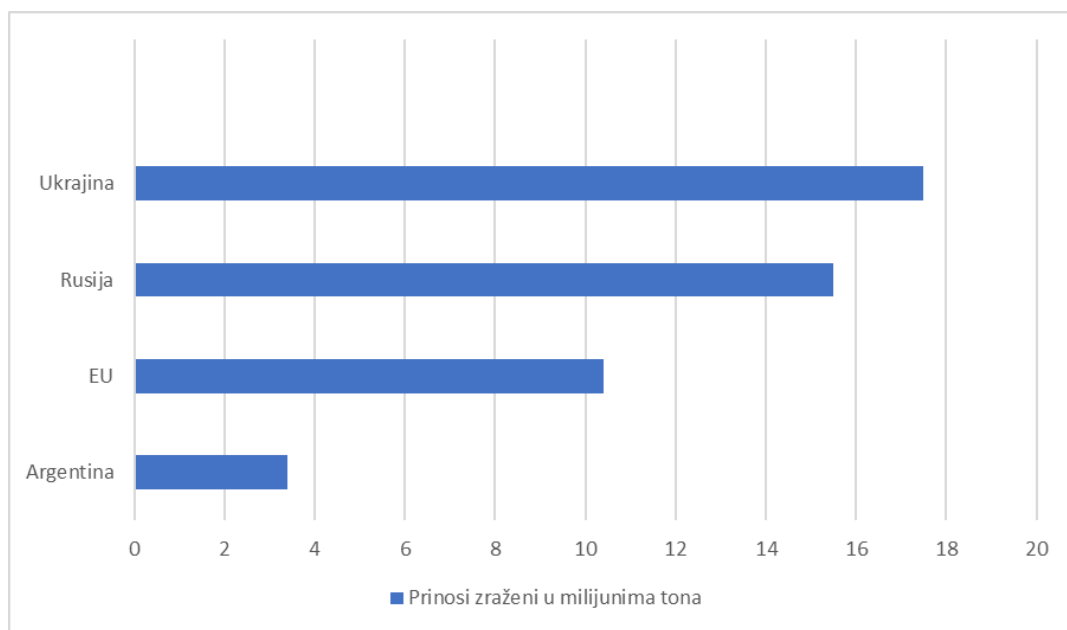
<b>Kultura</b>	<b>Godina</b>	<b>Površina (ha)</b>	<b>Prinos (t/ha)</b>	<b>Proizvodnja (t)</b>
<b>Suncokret</b>	2010.	26 412	2,3	61 789
	2011.	30 041	2,8	84 960
	2012.	33 534	2,7	90 019
	2013.	40 805	3,2	130 576
	2014.	34 869	2,9	99 489
	2015.	34 494	2,7	94 075
	2016.	40 254	2,7	110 566
	2017.	37 152	3,1	115 880
	2018.	37 128	3	110 790
	2019.	35 982	3	106 555
<b>Prosjek</b>	<b>-</b>	<b>35 067</b>	<b>2,8</b>	<b>100 470</b>



Suncokretovo ulje ima dobra svojstva za proizvodnju biodizela. Prema Salesu (2011.) u 2002. godini 13% svjetske proizvodnje biodizela bilo je od suncokretovog ulja. Suncokretovo ulje je druga sirovina za proizvodnju biodizela nakon uljane repice, ali visoka cijena suncokretovog ulja je često problem zbog ekonomičnosti proizvodnje (Sales, 2011.).

Ukrajina je imala najveći obujam proizvodnje sjemeni suncokreta od bilo koje zemlje u svijetu u sezoni 2021./2022. Tijekom tog razdoblja Ukrajina je proizvela oko 17,5 milijuna tona sjemenki suncokreta. Rusija je također veliki proizvođač sjemenki suncokreta u svijetu, s obujmom proizvodnje od 15,5 milijuna tona u 2021./2022. (Grafikon 5.) (Statista, 2022.).

Osim što je vodeći svjetski proizvođač sjemenki suncokreta, Ukrajina također izvozi najveću količinu ulja sjemenki suncokreta od svih zemalja. U Sjedinjenim Državama domaća potrošnja suncokretovog ulja bila je na vrhuncu 2019., ali je pala u obujmu potrošnje 2020. (Statista, 2022.).



Grafikon 5. Proizvodnja suncokreta u 2022. godini (Statista, 2022.).

Ostale popularne vrste biljnog ulja među američkim potrošačima su ulje uljane repice i palmino ulje. Od svih glavnih vrsta jestivog ulja u Sjedinjenim Državama, ulje sjemenki suncokreta je drugo do najmanje popularno, s volumenom potrošnje većim samo od ulja kikirikija.

### 3. 4. Ostale uljarice za proizvodnju biodizela

Sjetveni podlanak ili lažni lan (*Camelina sativa*) se potencijalno može uzgajati po nižoj cijeni u usporedbi s uljanom repicom jer ne zahtijeva toliko gnojiva ili pesticida. Istraživači na sjeverozapadu Tihog oceana uzgajaju i proučavaju ovu kulturu.

Privlači pozornost znanstvenika diljem svijeta zbog svoje sposobnosti proizvodnje ulja prikladnog za mnoge primjene kao što su maziva, aditivi za gorivo, mlazno gorivo i biodizel. *Camelina* se smatra boljim usjevom od mnogih drugih uljarica zbog svog kratkog životnog ciklusa od 85-100 dana i svoje sposobnosti da raste u uvjetima stresa, u tlima niske plodnosti i umjerenoj klimi s malim zahtjevom vode i gnojiva. *Camelina* ima visok prinos sjemena od 1,5 do 3 t/ha i sadrži 30%-43% ulja koje ima oko 45% linolne i linoleinske kiseline (višestruko nezasićene kiseline) i 17% oleinske kiseline (jednostruko nezasićene kiseline). Nadalje, dostupnost različitih genetskih resursa rezultira stvaranjem novijih i bolje projektiranih linija s poboljšanim prinosom ulja (do 26%) i sastavom u kojem je sadržaj oleinske kiseline značajno povećan na >60%. Na temelju povoljnog potencijala usjeva poput visokog prinosa biljke i sadržaja ulja u sjemenu te visokog omjera neto energije i niskih troškova proizvodnje ulja, *camelina* je vrlo pogodna za proizvodnju biodizela, što je također podržano velikim količinama glukozinolata i eruka kiseline koje ograničavaju njegovu upotrebu u hrani (Stamenković i sur., 2022.).

Bijela ili žuta gorušica (*Sinapsis alba* L.) se također pokazala kao izvrstan pokrovni usjev s velikim potencijalom kao sirovina za biodizel. Iako proizvodi manje ulja od uljane repice, otporna je na sušu, dobro raste na rubnim tlima i sadrži spojeve koji djeluju kao prirodni fumiganti protiv patogena u tlu (Mitrović i sur., 2020.). Bijela gorušica ima mnoge primjene uključujući jestive sjemenke kao salata, začina, stočna hrana i zelena gnojidba. Biljka može ekstrahirati toksične teške metale iz tla (Sáez-Bastante i sur., 2016.).

Gorušica je jednogodišnja biljka roda obitelji *Brassicaceae* koja potječe s područja Sredozemlja. U svijetu se nalazi kao kultivirana biljna vrsta, ali i kao korov. To je zimsko-proljetna biljka koja se može uzgajati u kratkim ciklusima, obično u rotaciji s drugim usjevima žitarica. U Europi se najviše koristi bijela gorušica. Mladi listovi sadnica, koji su bogati vitaminom A, C i E, jestivi su kao svjež i ukusni listovi salate i imaju ljekovita svojstva. Sjeme bijele gorušice ima značajnu agronomsku vrijednost zbog visokog sadržaja

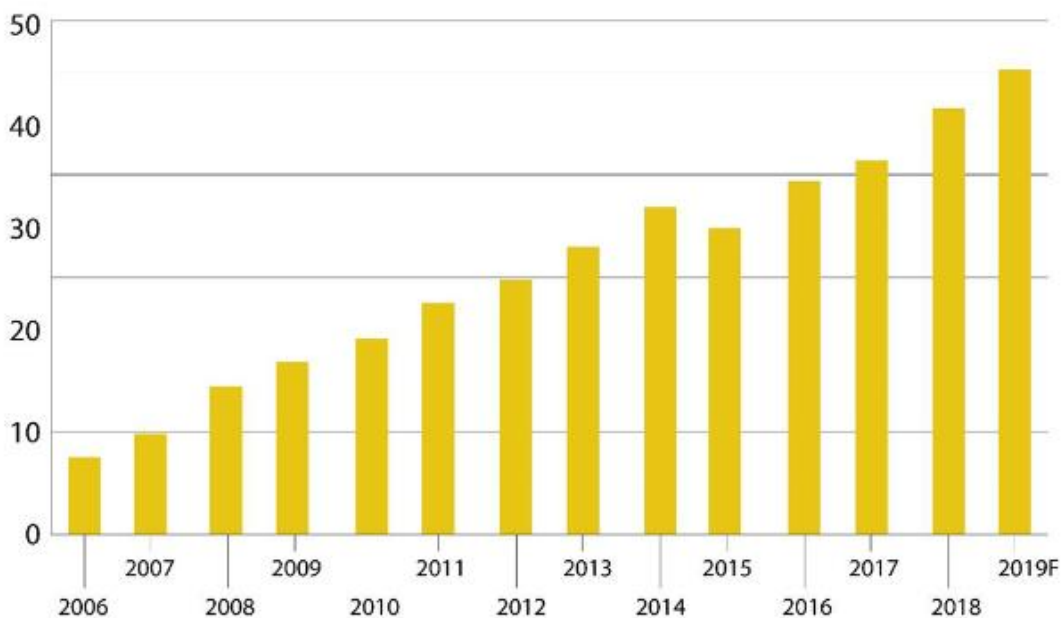
bjelančevina i ulja te niskog sadržaja škroba. Njegovo dobro izbalansiran profil aminokiselina čini sjeme atraktivnim izvorom proteina prehrambene kvalitete.

Slijedeća uljarica koju valja istaknuti je ricinus (*Ricinus communis*). Glavno ograničenje za korištenje ricinusovog ulja kao sirovine za biodizel je visoka cijena ulja kao industrijske i farmaceutske sirovine. Ricinusovo ulje ima visoke karakteristike mazivosti, tako da biodizel dobiven iz ricinusovog ulja može postići potrebnu mazivost za standarde biodizela u koncentracijama mnogo nižim od koncentracija uljane repice ili soje. Međutim, visoka viskoznost ricinusovog ulja može ograničiti njegovu upotrebu na niže postotke u mješavinama biodizela (Farm Energy, 2019.).

#### 4. PROIZVODNJA BIODIZELA U EU I SVIJETU

Stroge standarde održivosti biogoriva u Europskoj uniji (EU) postavlja Europski povjerenik za energiju. Biogoriva se smatraju obnovljivom alternativom fosilnim gorivima u transportnom sektoru za EU. Europska unija je odigrala veliku ulogu u povećanju korištenja biogoriva u državama članicama, međutim, također je imala za cilj, u određenoj mjeri, ublažiti potencijalne negativne učinke proizvodnje biogoriva. Trenutačno zakonodavstvo EU-a o biogorivima ima cilj povećanja potrošnje obnovljive energije za 20%, izbacivanje sirovina za biogoriva koja potječu iz tla koja su bogata ugljikom te smanjenje intenziteta stakleničkih plinova iz goriva koja se koriste u transportu i strojevima (Wikipedia, 2022.).

Globalna proizvodnja biodizela iznosi otprilike 35 do 45 milijuna tona danas. Razvoj proizvodnje biodizela je brz u posljednjih 10-15 godina (Grafikon 6.). Samo u Europskoj uniji potrošnja dizela je oko 210 milijuna tona. Biogorivo iz uzgojene biomase je jedina dostupna alternativa fosilnim gorivima regionalno i šire u zemljama EU koje su danas važne, ali i u Sjevernoj i Južnoj Americi te u Aziji (Indonezija, Maleziji, Tajlandu i početkom u Kini i Indiji) (Bockey, 2019.).



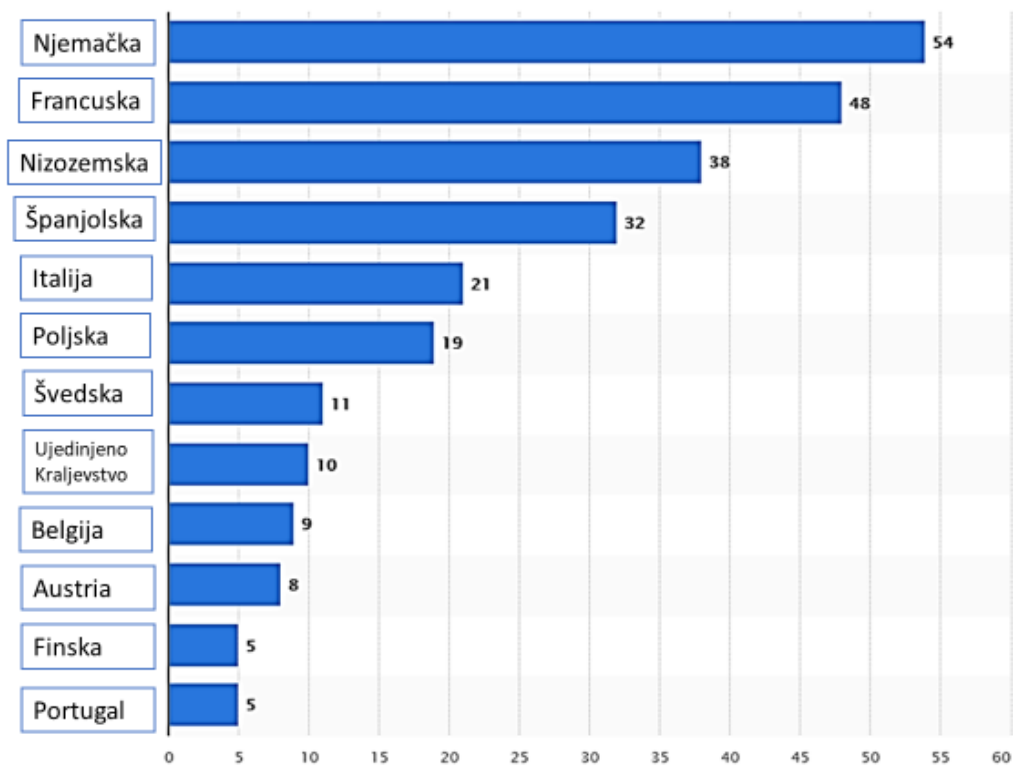
Grafikon 6. Svjetska proizvodnja biodizela (Bockey, 2019.)

Europska unija ima vlastito pomoćno tijelo koje se bavi svim pitanjima vezanim uz energiju, a koje se zove Europska komisija za energiju. Primjenom ovih proizvoda energetske prinos po hektaru poljoprivrednog zemljišta povećava se za čak 50%. U usporedbi s naftom, ovaj proces dovodi do smanjenja proizvodnje ugljičnog dioksida do 80%. Etanolska goriva mogu se koristiti kao zamjena za gorivo ili kao aditiv u vozilima koja sadrže motore s unutarnjim izgaranjem (Wikipedia, 2022.).

Ciljevi EU-a su smanjiti emisije stakleničkih plinova i smanjiti njihovu ovisnost o fosilnim gorivima o drugim zemljama. Kako bi se ovaj resurs smatrao obnovljivim, EU ima stroge standarde održivosti za proizvodnju i korištenje biogoriva, tri glavna kriterija da bi biogoriva bila održiva i dopuštena za upotrebu. Jedan od njih je da biogoriva moraju postići uštedu stakleničkih plinova od najmanje 35% u usporedbi s fosilnim gorivima, što zatim raste na 50% u 2017., a zatim ponovno raste na 60% u 2018. Sve veći standardi odnose se samo na nove proizvodne pogone. Nadalje, drugi kriterij je da se biogoriva ne smiju uzgajati u područjima koja su trenutno ili su prije bila ponori ugljika (npr. močvare, šume). Zadnji kriterij je da sirovine dobivene iz područja s visokom bioraznolikošću, kao što su šume ili travnjaci, ne mogu se koristiti za proizvodnju biogoriva (Wikipedia, 2022.).

Njemačka je na prvom mjestu po proizvodnji biogoriva u EU (Grafikon 7.), dijelom zbog rane primjene takvih izvora goriva. Nicolaus August Otto, njemački inženjer, bio je jedan od prvih ljudi u korištenju biogoriva. Njegovi rani prototipovi motora s unutarnjim izgaranjem radili su na etanolu 1860-ih. Kako je naftna industrija nastavila rasti, početak Drugog svjetskog rata prisilio je Njemačku da nastavi s istraživanjem alternativa za uvozno gorivo zbog zategnutih međunarodnih odnosa. S povećanim pritiskom za alternativne izvore goriva, njemački izumitelji uveli su upotrebu benzina zajedno s alkoholom dobivenim iz krumpira (Wikipedia, 2022.).

Godine 2018. Europska unija postavila je svoje energetske ciljeve za 2030. godinu. Uključivali su smanjenje stakleničkih plinova od najmanje 40% i najmanje 32% udjela potrošnje obnovljive energije u svim sektorima (Giuntoli, 2018.).



Grafikon 7. Proizvodnja biodizela u EU 2021. godine izražena u tisućinama barela (Statista, 2022.)

## **5. PROIZVODNJA BIODIZELA U REPUBLICI HRVATSKOJ**

### **5. 1. Tvornice za proizvodnju biodizela u Republici Hrvatskoj**

Prema Domazetu (2018.), u energetske krugovima Hrvatska svoje ciljeve u prometu slabo zadovoljava, jer godišnje od 2010. godine bilježi pad potrošnje energije od prosječno samo 0,4%, a broj vozila kontinuirano raste. Prema autoru, do 2020. godine 10% goriva u potrošnji trebala su imati predznak „zelenih“, dakle u obzir dolazi primjena biogoriva, plina ili električne energije u prometu, a od spomenutih 10% ne više od 7% trebaju biti biogoriva. U sva ta tri energenta u prometu Hrvatska vrlo loše stoji, a u primjeni biogoriva postoji poseban problem, jer njih će za razliku od plina i električne energije morati uvoziti, jer su svi proizvodni kapaciteti u međuvremenu ugašeni. O biogorivima se u Hrvatskoj počelo intenzivno razgovarati 2005. godine, a godinu kasnije otvorena je i prva tvornica biogoriva. Tada se govorilo o velikom broju potencijalnih novih kapaciteta koja bi pratili pa i dizali poljoprivrednu proizvodnju. Hrvatska je tada slijedila cilj EU o postizanju udjela 5,75% biogoriva u ukupnoj količini stavljenoj na tržište do 2010. godine, što je značilo proizvodnju od 157.000 tona po godini. Tvrtke koje su proizvodile biodizel u Hrvatskoj (Modibit, Biodizel Vukovar i Vitrex) patile su zbog nedovoljnih ulaganja i visokih opterećenja i nisu se mogle nositi s tehnološki naprednijom inozemnom konkurencijom koja je (ionako nedostatnu) sirovinu kupovala po povoljnijim uvjetima. Dugovi za poticaje prema tim tvrtkama nisu plaćeni, što je dovelo i do sudskih procesa, a proizvodnja je ugašena.

Tvrtka Biodizel Vukovar d.o.o. (2022.) jedna je od tri bioenergane u Hrvatskoj koja je s radom počela 2008. godine zapošljavajući oko 40 uglavnom visokostručnih djelatnika proizvodeći godišnje prosječno 40.000 litara biogoriva. Tvrtka Biodizel Vukovar d. o. o. ne radi zbog nerentabilnosti, odnosno neusklađenosti zakonskih propisa Republike Hrvatske. U vukovarsku bioenerganu uloženo je 30 milijuna eura u vrijeme najveće energetske krize, kada su se svugdje tražili zamjenski i ekološki prihvatljiviji izvori. Vremena su se promijenila, a cijena običnog dizelskog goriva drastično je pala u odnosu na biodizel, što je utjecalo na njegovu rentabilnost, a što je dalje utjecalo na zatvaranje vukovarske, kao i ostale dvije hrvatske bioenergane. Tvrtka Biodizel Vukovar d. o. o., zadnje je litre sirovine od uljane repice i palminog ulja preradila još u drugoj polovici 2016. godine. Od te godine skupi pogon s kontrolnom sobom i laboratorijem stoji netaknut propadajući i kaskajući za međunarodnom konkurencijom (Tvrtka Biodizel Vukovar d. o. o., 2022.).

Tvrtka „Modibit“ iz Ozlja za proizvodnju dizela imala je kapacitet od 30.000 litara dizela godišnje a njezin vlasnik bio je Vlado Rožić (Bičak, 2002.).

Modibit je na domaće tržište plasirao tek 30% svoje proizvodnje, a 70% je izvezio u Italiju i Austriju iz koje su uvozili sirovinu, uljanu repicu, suncokret, soju, ricinus... U moderno i u potpunosti automatizirano postrojenje uloženo je 6 milijuna eura, a izgrađeno je u roku od jedne godine. Bilo je sposobno preraditi sve uljane sirovine, pa čak i otpadna jestiva ulja pretvoriti u obnovljivo gorivo. Modibit nije imao financijsku mogućnosti razviti vlastiti sustav poljoprivredne proizvodnje, zbog čega su sirovinu uvozili (Kukec, 2006.).

Tvrtka „Vitrex“ iz Virovitice datira od 1951. godine. Osnovna djelatnost bila je tada proizvodnja prepleta od trske i vrbove šibe. Daljnjim razvojem, tvrtka je postala jedini proizvođač muznih uređaja u Hrvatskoj. Godine 1992. postaje dioničko društvo, a daljnjom privatizacijom, koncem 1997. godine dobija većinskog vlasnika g. Marijana Kesericu, dipl. ing.. Tvrtka „Vitrex“ uspješno je poslovala sa 70 zaposlenih djelatnika, a svojim kvalitetnim proizvodima bila je prisutna na Američkom i Europskom tržištu. Od 2006. godine Vitrex d.o.o. počinje s proizvodnjom biodizela iz otpadnog jestivog ulja i ostalih uljarica, a navedeni otpad sakuplja na području cijele Republike Hrvatske (Vitrex d.o.o., 2022.).



## 5. 2. Proizvodnja biodizela u RH danas

Jedina tvornica biodizela u Hrvatskoj, „Adriatic biodizel“, omogućava proizvodnju biodizela od uljane repice i otpadnih jestivih ulja. Manšped grupa kojoj pripada i tvrtka „Adria oil“ krenula je u projekt razvoja tvornice biodizela koja se zove „Adriatic biodizel“, koja je smještena u Netretiću u Karlovačkoj županiji. Tvornica biodizela u Netretiću proizvodi nešto manje od 18 miliona litara biodizela i zadovoljava sadašnje, ali i buduće potrebe „Adria oil“ (Glas Istre, 2022.). Temelji održivog razvoja zemalja Europske unije polaze od stvaranja okruženja koje potiče razvoj gospodarstva koje je bazirano na zelenim tehnologijama ugrađenima u održivu industriju i promet uz smanjenje onečišćenja.

Tvrtka „Adria oil“ kao jedina značajna privatna domaća naftna kompanija lider je u ulaganjima u zelenu tranziciju koja je neophodna da bi usporili negativne klimatske promjene i spriječili devastaciju okoliša kroz uvođenje "nature friendly" poslovnih praksi i tehnologija. Prioritet tvrtke „Adria oil“ je održiva mobilnost podržana „zelenom energijom“. Tvrtka trenutno posluje na 34 lokacije, a razvojnim planom predviđeno je otvaranje još 16 prodajnih mjesta u Republici Hrvatskoj u iduće dvije godine (Glas Istre, 2022.).

Naime, hrvatsko zakonodavstvo koji prati smjernice Europske uniji predviđa da će se do kraja 2030. godine umješavati minimalno 14% biodizela u mineralni dizel (Glas Istre, 2022.).

U Hrvatskoj postoje dobri uvjeti za uzgoj uljane repice, koja je primarna sirovina sa sigurnom distribucijom prema uljarama koje će, osim prehrambenoj industriji, u bliskoj budućnosti svoje proizvode moći usmjeriti i prema tvornici u Netretiću (Glas Istre, 2022.). Pozitivni sinergijski učinci odrazit će se i na razvoj ruralnih područja na kojima postoji veliki potencijal za gospodarski rast. Uljana repica nije jedina moguća ekološki prihvatljiva i obnovljiva sirovina pa se tako ubrzano razvijaju i nove generacije biogoriva. U vrlo bliskoj budućnosti se očekuje široka primjena biodizela proizvedenog od trava ili algi (Glas Istre, 2022.). Konačni cilj je sveukupna dekarbonizacija prometa i transporta, ali se to ne može dogoditi preko noći pa je energetske strategijama koje sagledavaju potrebe do 2050. godine planirano da primjena biodizela igra sve značajniju ulogu, u kojoj će „Adria oil“ kao i dosada biti lider i promicatelj zelene tranzicije.

## **6. PREDNOSTI I NEDOSTATCI BIODIZELA**

### **6. 1. Prednosti biodizela**

Biodizel je proizveden iz obnovljivih izvora energije, za razliku od ostalih naftnih derivata koji će u godinama koje dolaze nestati. Proizvodi se od životinjske i biljne masti, a uzrokuje manje zagađenja od naftnog dizela (S&P Global, 2022.).

Biodizel se može koristiti u postojećim dizelskim motorima. Jedna od glavnih prednosti korištenja biodizela je ta što se može koristiti u postojećim dizel motorima uz male ili nikakve izmjene i može zamijeniti fosilna goriva i postati najpoželjniji primarni izvor energije u prometu. Biodizel se može koristiti u 100% (B100) ili u mješavini s naftnim dizelom. Na primjer, varijanta B20 je mješavina 20% biodizela s 80% dizelskog goriva (S&P Global, 2022.). Poboljšava podmazivanje motora i produljuje životni vijek motora jer gotovo ne sadrži sumpor.

Biodizel u odnosu na fosilna goriva ima manje emisije stakleničkih plinova (npr. B20 smanjuje CO<sub>2</sub> za 15%). Fosilna goriva, kada izgaraju, oslobađaju stakleničke plinove poput ugljičnog dioksida u atmosferu koji podiže temperaturu i uzrokuje globalno zagrijavanje. Kako bi zaštitili okoliš od daljnjeg zagrijavanja, mnogi su ljudi prihvatili korištenje biogoriva. Stručnjaci vjeruju da korištenje biodizela umjesto naftnog dizela može smanjiti stakleničke plinove do 78% (S&P Global, 2022.).

Fosilna goriva su ograničena i možda neće moći ispuniti našu potražnju za ugljenom, naftom i prirodnim plinom nakon određenog razdoblja, a biodizel je uzgajan, proizveden i distribuiran lokalno. Biodizel može poslužiti kao alternativni oblik goriva i može smanjiti našu ovisnost o stranim dobavljačima nafte jer se proizvodi od domaćih energetske usjeva. Proizvodi se u lokalnim rafinerijama, što smanjuje potrebu za uvozom skupih gotovih proizvoda iz drugih zemalja (S&P Global, 2022.).

Nakon što se nafta izvadi, mora se rafinirati da bi pokretala dizelske motore, odnosno ne može se odmah koristiti u sirovom obliku. Kada se rafinira, oslobađa mnoge kemijske spojeve, uključujući benzen i butadien u okoliš koji su štetni za životinje, biljke i ljudski život. Rafinerije biogoriva, koje uglavnom koriste biljne i životinjske masti u biogorivu,

ispuštaju manje otrovne kemikalije ako se proliju ili ispuste u okoliš. Dakle, biogoriva daju čišće rafinerije biogoriva (Jaeger, 2022.).

Biogoriva su biorazgradiva i netoksična za razliku od fosilnih goriva. Kada se biogoriva koriste, proizvode znatno manje ugljika. U usporedbi s naftnim dizelom, biodizel proizvodi manje čađe, ugljičnog monoksida, neizgorjelih ugljikovodika i sumpornog dioksida. Plamište biodizela je više od 150°C, dok je to isto oko 52°C za naftni dizel, što ga čini manje zapaljivim. Stoga je siguran za rukovanje, skladištenje i transport (S&P Global, 2022.).

Vozila koja se pokreću na biodizel postižu značajnu uštedu goriva u usporedbi s dizelskim motorima na bazi nafte. S obzirom na to, biodizel je ekonomičniji od fosilnih goriva. Budući da se biodizel proizvodi iz usjeva, povećanje potražnje za biodizelom dovodi do odgovarajućeg povećanja potražnje za odgovarajućim usjevima za biogoriva. Štoviše, stvara manje emisije smanjujući količinu lebdećih čestica u zraku. Time se smanjuju troškovi zdravstvenih proizvoda. S domaće proizvedenim biogorivima mnoge su zemlje smanjile svoju ovisnost o fosilnim gorivima.

Biodizel ima više zdravstvenih dobrobiti. Onečišćenje zraka uzrokuje više smrti i bolesti nego bilo koji drugi oblik onečišćenja. Zagađivači iz benzinskih motora, kada se ispuste u zrak, stvaraju smog i čine tisuće ljudi bolesnim svake godine. Biodizel proizvodi manje toksičnih zagađivača od ostalih naftnih proizvoda (S&P Global, 2022.).

Budući da se ugljikov dioksid proizveden izgaranjem biodizela troši u uzgoju usjeva koji se koriste za proizvodnju biodizela u svrhu fotosinteze, ciklus se održava. Ovaj ciklus pomaže Zemlji od problema globalnog zatopljenja. Sve u svemu, korištenjem biodizela uvelike se poboljšava kvaliteta zraka.

Biodizel poboljšava rad motora vozila. Biodizel pomaže da motor vozila ima dužu vijek trajanja. Povećava cetanski broj goriva, a također povećava i mazivost goriva (S&P Global, 2022.).

Fosilno dizelsko gorivo je ograničen resurs, ali biogoriva se mogu proizvoditi od širokog izbora sirovina (Viesturs i Melece, 2014.).

## 6. 2. Nedostaci biodizela

Biodizel se proizvodi od raznih usjeva uljarica. Kada se nafta ekstrahira i pretvori u gorivo pomoću kemijskog procesa, rezultat može varirati u sposobnosti proizvodnje energije. Ukratko, nisu svi usjevi za biogoriva isti jer količina biljnog ulja može varirati (S&P Global, 2022.).

Brojna istraživanja između 1980. i 2000. godine pokazala su da uporaba čistog biljnog ulja, uključujući sojino ulje, uzrokuje naslage ugljika i skraćuje vijek trajanja motora (Jones i Peterson, 2002.).

Biodizel nije prikladan za korištenje na niskim temperaturama. Najbolji način korištenja biodizela tijekom hladnijih mjeseci je njegovo miješanje s zimskim dizel gorivom.

Biodizel je skuplji od nafte. Posljednjih godina činjenica je da je biodizel mnogo skuplji od ostalih konvencionalnih goriva. Trenutno je gotovo 1,5 puta skuplji od nafte.

Budući da se biogoriva proizvode od životinjskih i biljnih masti, veća potražnja za tim proizvodima može povećati cijene tih proizvoda i stvoriti prehrambenu krizu u nekim zemljama. Idući problem kod biodizela je nedostatak vode i povećana upotreba gnojiva te uzgoj u monokulturi.

Biodizel prouzrokuje blago povećanje emisija dušikovih oksida. Biodizel ima oko 10% više dušikovog oksida (NO<sub>x</sub>) od ostalih naftnih proizvoda (S&P Global, 2022.).

## 7. SMJERNICE ZA BUDUĆNOST BIODIZELA

Problem buduće dostupnosti sirovina za proizvodnju biodizela u cijelom svijetu je značajan. Dodatni izvori uključuju proširenu proizvodnju uljarica, sorte sa većim sadržajem ulja i zamjena uljarica sa uljaricama koje sadrže veće količine ulja (Hanna i sur., 2005.).

Do 2030. godine, do jedne četvrtine prometa u EU moglo bi se zadovoljiti čistim CO<sub>2</sub> učinkovitim biogorivom. Postoje mnoge alternativne vrste biogoriva. Kako bi se osigurala konkurencija za isporuku konkurentnih, obnovljivih i sigurnih biogoriva važno je ne zaključati se u jedan proizvod ili tehnologiju danas, ali stvoriti okruženje u kojem se takvi proizvodi i tehnologije mogu razvijati.

Daljnji napredak je u konvencionalnim biogorivima koja mogu biti postignuta korištenjem inovativnih sirovina i procesa za pretvorbu biomase.

Potrebno je unaprijediti tehnologiju za drugu generaciju biogoriva. Za proizvodnju etanola iz više resursa potrebne su nove metode, uključujući lignocelulozu biomase. Nove metode potrebne su za proizvodnju etanola iz šireg niza resursa, uključujući lignocelulozu biomase.

Za opskrbu sirovinama moraju se stvoriti zemljišne strategije koje su kompatibilne s klimatskim, okolišnim i socioekonomskim uvjetima koji vladaju u svakoj regiji (EUR 22066, 2006.).

Biogoriva se uglavnom temelje na sirovinama poput ulja uljane repice ili soje (tzv. biogoriva 1. generacije). Nastale su dvojbe oko toga hoće li obradivo zemljište biti korišteno za prehranu ili za proizvodnju biodizela. Tada je otkriveno da biogoriva prve generacije ponekad imaju lošije rezultate od goriva na bazi nafte, zbog promjene zemljišta i upotrebe gnojiva. Zbog toga je istraživanje biogoriva usmjereno na lignoceluloznu sirovinu, koje ima u izobilju. Zbog stabilnosti ovih biopolimera, druga generacija biogoriva sada je na rubu komercijalizacije. Budući da alge mogu formirati do 200 puta više biomase po površini od kopnene biomase, one imaju veliki značaj za buduću proizvodnju biogoriva na rubu kopna ili u oceanu. Korištenjem soje, bilo bi potrebno 73 % globalne kopnene površine za pokrivanje globalne potražnje za naftom, dok je kod algi prostor znatno manji, procijenjenih 0,3–2,7 % (Lackner, 2015.).

Mikroalge mogu pružiti nekoliko različitih vrsta obnovljiva biogoriva. To uključuje metan proizveden od anaerobne digestije biomase algi, biodizel dobiven iz ulja mikroalgi i fotobiološki proizvedeni biovodik (Chisti, 2008.).

Postoji mnogo razloga zašto ljudi prelaze na električna vozila (EV) kako bi ih doveli do mjesta na kojima trebaju biti, a to uključuje smanjenje štetnih stakleničkih plinova i smanjenje cijene 10 puta u odnosu na benzinska vozila. Električna vozila su pametan i praktičan izbor. Postoje 3 vrste električnih vozila: električna vozila na baterije, „Plug-in“ hibridna električna vozila i hibridno električno vozilo. Električno vozilo na baterije radi u potpunosti pomoću elektromotora i baterije i mora se priključiti na vanjski izvor električne energije za ponovno punjenje baterije. „Plug-in“ hibridi koriste električni motor i bateriju koji se mogu priključiti na napajanje na mrežu za punjenje baterije, ali ima i podršku motora s unutarnjim izgaranjem koji može koristiti za ponovno punjenje akumulatora. Hibridna električna vozila imaju dva komplementarna pogonska sustava: benzinski motor spremnik goriva i elektromotor s baterijom (Carley, 2014.).

## 8. ZAKLJUČAK

Energija je bitan čimbenik industrijskog rasta i pružanja potrebnih usluga koje poboljšavaju kvalitetu života čovječanstva. Biodizel je biogorivo, a u ovom radu opisan je kao gorivo s velikim potencijalom za zamjenu fosilnog dizela u budućnosti. Ispitivanjem biodizela i njegove mješavine s mineralnim dizelom istražuju se prednosti i nedostaci njegove upotrebe, uključujući dobrobiti za okoliš koje su mu pripisane, što ima ključnu ulogu u ispunjavanju budućih potreba za gorivom. Dostupnost glavne sirovine, naime ulja iz bio-izvora, i jednostavnost tehnologije transesterifikacije koja osigurava njegovu pretvorbu u biodizel dodatna su prednost u pogledu budućih potreba za biodizelom. Korištenje nejestivog ulja i otpadnog ulja od prženja/kuhanja jednako je pomoglo u uspostavljanju ravnoteže između energetske i prehrambene sigurnosti. Međutim, ozbiljni naponi moraju se intenzivirati na projektiranju velikih bio-rafinerija za buduću proizvodnju biodizela. Svjetska potražnja za energijom nastavlja rasti, a najizvodljiviji način da se ispuni sve veća potražnja je korištenje alternativnih goriva, a jedno takvo gorivo koje ima odličan potencijal je biodizel. Biodizel i bioetanol su dva potencijalna obnovljiva goriva koja su privukla najviše pažnje. Biodizel se uglavnom, i to više od 95%, proizvodi iz jestivog ulja diljem svijeta, a oko 80% biljnog ulja proizvedeno u cijelom svijetu dolazi od samo četiri uljarice: palminog ulja, soje, uljane repice i suncokreta, koje su glavne sirovine za proizvodnju biodizela. Biodizel je proizveden iz obnovljivih izvora energije, za razliku od ostalih naftnih derivata koji će u godinama koje dolaze nestati. Proizvodi se od životinjske i biljne masti, a uzrokuje manje zagađenja od naftnog dizela

## 9. POPIS LITERATURE

1. Adipah, S. (2019.): Introduction of Biodiesel as a Sustainable Resource. *Journal of Environmental Science and Public Health*, 3(1), 99-103.
2. AGFlow (2022.): Effortless and real-time access to cash prices & dry bulk quotes on Biofuels Feedstock (dostupno na: <https://www.biodieseltechnologiesindia.com/rapeseed.html>, pristup 22. 8. 2022.).
3. Ahmia, A. C., Danane, F., Bessah, R., & Boumesbah, I. (2014.): Raw material for biodiesel production. Valorization of used edible oil. *Journal of Renewable Energies*, 17(2), 335-343.
4. Bargale, P. C., Ford, R. J., Sosulski, F. W., Wulfsohn, D., Irudayaraj, J. (1999.): Mechanical Oil Expression from Extruded Soybean Samples, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 223-224.
5. Bičak, D. (2002.): Danas počinje proizvodnja biodizela u Ozlju (dostupno na: <https://www.poslovni.hr/hrvatska/danas-pocinje-proizvodnja-biodizela-u-ozlju-12748>, pristup 14. 8. 2022.)
6. Bockey, D. (2019.): The significance and perspective of biodiesel production—A European and global view. *OCL*, 26, 40.
7. Byrne, J. (2019.): Let's go East: EU dependance on rapeseed imports likely to grow (dostupno na: <https://www.feednavigator.com/Article/2019/02/22/EU-dependence-on-rapeseed-imports-likely-to-grow>, pristup 25.8.2022.)
8. Carley, D. (2014.): *The Beginners Guide to Electric Vehicles (EV)*
9. Cerić, E. (2012.): Nafta, procesi i proizvodi, IBC d.o.o, Sarajevo, 287-288.
10. Chisti, Y. (2008.): Biodiesel from microalgae beats bioethanol. *Trends in biotechnology*, 26(3), 126-131.
11. Costenoble, Ortwin & Nen, & Mittelbach, Martin & Fischer, Jürgen & Agqm, & Haupt, Jens. (2022.): Improvements needed for the biodiesel standard EN 14214.
12. Demirbas, A. (2007.): *Biodiesel: A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines*, Springer Science & Business Media, London, str. 111-167
13. Demirbas, A. (2007.): Importance of biodiesel as transportation fuel. *Energy policy*, 35(9), 4661-4670.



14. Domazet, N. (2018.): Zašto Hrvatska ne voli biogoriva? (dostupno na: <http://www.energetika-net.com/u-fokusu/komentar-kratki-spoj/zasto-hrvatska-ne-voli-biogoriva-27656>, pristup 14. 8. 2022.).
15. Dworakowska, S., Bednarz, S., Bogdal, D. (2011.): Production of Biodiesel from Rapeseed Oil, Department of Biotechnology and Renewable Materials, Cracow University of Technology, 1, 30.
16. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, DZS (2022.) (dostupno na [https://web.dzs.hr/PXWeb/DataSort.aspx?layout=tableViewSorted&px\\_tableid=BP2.px&px\\_path=Poljoprivreda,%20lov,%20c5%a1umarstvo%20i%20ribarstvo\\_Biljna%20proizvodnja&px\\_language=hr&px\\_db=Poljoprivreda,%20lov,%20c5%a1umarstvo%20i%20ribarstvo&rxid=1a4b02cc-b557-4b80-9c7e-ae1819bb4a78](https://web.dzs.hr/PXWeb/DataSort.aspx?layout=tableViewSorted&px_tableid=BP2.px&px_path=Poljoprivreda,%20lov,%20c5%a1umarstvo%20i%20ribarstvo_Biljna%20proizvodnja&px_language=hr&px_db=Poljoprivreda,%20lov,%20c5%a1umarstvo%20i%20ribarstvo&rxid=1a4b02cc-b557-4b80-9c7e-ae1819bb4a78), pristup 14.8.2022.)
17. EFISC-GTP (2022.): European Feed and Food Ingredient Safety Certification Aisbl (dostupno na <https://www.efisc-gtp.eu/>, pristup 13. 8. 2022.)
18. Elangovan, T., Jeryraj Kumar, L. (2015.): Biodiesel and its properties from Various feedstocks. Int J Trends Eng Technol, 1.
19. EUR 22066 (2006.): Final report of the Biofuels Research Advisory Council (dostupno na: [https://etipbioenergy.eu/images/biofuels\\_vision\\_2030.pdf](https://etipbioenergy.eu/images/biofuels_vision_2030.pdf), pristup 19. 8. 2022.).
20. Farm Energy (2019.): Sunflowers for biofuel production (dostupno na <https://farm-energy.extension.org/sunflowers-for-biofuel-production/>, pristup 22. 8. 2022.).
21. Firrisa, M. T. (2011.): Energy Efficiency for Rapeseed Biofuel Production in Different Agro-Ecological Systems
22. Gagro, M. (1998.): Industrijsko i krmno bilje, Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb, 40-49.
23. Glas Istre (2022.): Biodizel od uljane repice i otpadnih jestivih ulja (dostupno na: <https://www.glasistre.hr/istra/biodizel-od-uljane-repice-i-otpadnih-jestivih-ulja-jedina-tvornica-biodizela-u-hrvatskoj-adriatic-biodizel-omogucit-ce-proizvodnju-ovog-energenta-792996>, pristup 8.9.2022.)
24. Giuntoli, J. (2018.): Final recast Renewable Energy Directive for 2021-2030 in the European Union, (ICCT:Washington, DC)
25. Hanna, M. A., Isom, L., & Campbell, J. (2005.): Biodiesel: current perspectives and future

26. Jaeger, W. (2008.): Economics of Oilseed Crops and Their Biodiesel Potential in Oregon's Willamette Valley, Oregon State University, Department of Agricultural and Resource Economics
27. Jones S., Peterson C.L. (2002.): Using Unmodified Vegetable Oils as a Diesel Fuel Extender – A Literature Review. Department of Biological and Agricultural Engineering, University of Idaho, Moscow
28. Kukec, T. (2006.): Modibit izvozi 70 posto proizvodnje (dostupno na: <https://www.jutarnji.hr/naslovnica/modibit-izvozi-70-posto-proizvodnje-3232817>, pristup 8.9.2022.)
29. Lackner, M. (2015.): 3rd-Generation Biofuels: Bacteria and Algae as Sustainable Producers and Converters, Institute of Chemical Engineering, Vienna University of Technology, Vienna, Austria
30. Lustig, N. (2009.): The curse of volatile food prices: policy dilemmas in the developing world. Natural Resources and Development, Cheltenham: Edward Elgar
31. Manuel, J. (2007.): Battle of the biofuels. Environmental Health Perspectives, 115 (2): 92-95.
32. Mitrović, P. M., Stamenković, O. S., Banković-Ilić, I., Djalović, I. G., Nježić, Z. B., Farooq, M., Siddique, K. H. M., Veljković, V. B. (2020.): White mustard (*Sinapis alba* L.) oil in biodiesel production: A review. Frontiers in plant science, 11, 299.
33. Mustapić, Z., Krička, T., Stanić, Z. (2006.): Biodizel kao alternativno motorno gorivo, Energija, god. 55 (6): 634-657.
34. Owolabi, R. U., Adejumo, A. L., & Aderibigbe, A. F. (2012.): Biodiesel: Fuel for the future (a brief review). International Journal of Energy Engineering, 2(5), 223-231.
35. Popovic V., Jaksic S., Glamoclija D., Grahovac N., Djekic V., Mickovski Stefanovic V. (2012.): Variability and correlations between soybean yield and quality components. Romanian Agricultural Research. 29: 131-137.
36. Romano, S. D., & Sorichetti, P. A. (2010.): Dielectric spectroscopy in biodiesel production and characterization. Springer Science & Business Media.
37. S&P Global (2022.): Biofuels Information Services (dostupno na: [https://www.conserve-energyfuture.com/advantages\\_disadvantages\\_biodiesel.php](https://www.conserve-energyfuture.com/advantages_disadvantages_biodiesel.php), pristup 14. 8. 2022.)

38. Sáez-Bastante, J., Fernández-García, P., Saavedra, M., López-Bellido, L., Dorado, M. P., & Pinzi, S. (2016.): Evaluation of *Sinapis alba* as feedstock for biodiesel production in Mediterranean climate. *Fuel*, 184: 656-664.
39. Saha, S., Ahamed, J. U., Razzaq, M. A., Fahadullah, S. M., Barman, H., & Bala, S. K. (2015.): Production of Biodiesel from Waste Vegetable Oil. In *Proceedings of the International Conference on Mechanical Engineering and Renewable Energy* (pp. 26-29)
40. Sales, A. (2011.): Production of biodiesel from sunflower oil and ethanol by base catalyzed transesterification
41. Shea, Zachary & Singer, William & Zhang, Bo. (2020.): Soybean Production, Versatility, and Improvement. 10.5772/intechopen.91778.
42. Soccol, C. R., Brar, S. K., Faulds, C., & Ramos, L. P. (2016). *Green fuels technology* (pp. 1865-3529). *Biofuels: Springer*
43. Stamenković, O. S., Gautam, K., Singla-Pareek, S. L., Dhankher, O. P., Djalović, I. G., Kostić, M. D., ... & Veljković, V. B. (2021.): Biodiesel production from camelina oil: Present status and future perspectives. *Food and Energy Security*, e340.
44. Statista (2022.): <https://www.statista.com/statistics/332510/biofuels-production-in-selected-countries-in-europe/>, pristup 16.08.2022.
45. Tvrtka Biodizel Vukovar d. o. o. (2022.) (dostupno na <https://www.biodizel.hr/hr/>, pristup 22.08.2022.)
46. USDA (2022.): Oilseeds: World Markets and Trade (dostupno na: <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/tx31qh68h?locale=en>, pristup 22.8.2022.)
47. Viesturs, D., Melece, L. (2014.): Advantages and disadvantages of biofuels: observations in Latvia. *Latvia University of Agriculture*
48. Vitrex d.o.o. (2022.): O nama (dostupno na: <https://vitrex.hr/>, pristup 7.9.2022.)
49. Wikipedia (2022.): Biofuel in the European Union. (dostupno na: [https://en.wikipedia.org/wiki/Biofuel\\_in\\_the\\_European\\_Union](https://en.wikipedia.org/wiki/Biofuel_in_the_European_Union), pristup 22. 8. 2022.)
50. Zhang, Y., Zhong, Y., Wang, J., Tan, D., Zhang, Z., & Yang, D. (2021.): Effects of different biodiesel-diesel blend fuel on combustion and emission characteristics of a diesel engine. *Processes*, 9(11), 1984.

## 10. SAŽETAK

Proširena ekološka svjesnost i potrošnja imovine potiču industriju na izradu goriva od obnovljivih izvora koji su dostupniji u prirodi. Biodizel je alternativno dizelsko gorivo koje se proizvodi od biljnih ulja, ponovno korištenih ulja za kuhanje ili životinjskih masti. Biodizel je u usporedbi s običnim dizelom zapravo i financijski više fokusiran u vidu svoje obnovljivosti, biorazgradljivosti, niskog profila emisija, netoksičnosti i visoke točke paljenja. Nadalje, biodizel povećava mazivost što produljuje vijek trajanja motora i smanjuje ponavljanje zamjena dijelova motora. Primarni problem koji usporava korištenje biljnog ulja kao goriva je njegova izraženija viskoznost uz nisku hlapljivost i loša svojstva hladnog protoka koja utječu na legitiman rad dizel motora. Mnoge konvencionalne kulture (suncokret, soja, uljana repica) i nekonvencionalne (palmino ulje) uljarice su proučavane i smatra se dobrim gorivom za dizel motore. Transesterifikacija je postupak preraspodjele masnih estera (ulja ili masti). To se uglavnom događa alkoholom (metanol ili etanol). Promjena konvencionalnih ulja u biodizel je produktivna tehnika za dobivanje biodizela sa karakteristikama sličnim fosilnom gorivu. Biogoriva su manje zagađujuće alternative jer nisu fosilna goriva. Sadržaj ulja u zrnu soje je oko 19%, dok uljane repice i suncokreta imaju 38, odnosno 42% ulja. Proizvodnost ulja (u kg/ha) i uljane repice i suncokreta također nadmašuje soju. Uz tri već navedena ulja (uljana repice, suncokretovo i sojino), proučavana su kokosova i kukuruzna ulja. Transesterifikacija je korištena s etanolom putem bazične katalize uz korištenje katalizatora natrijevog hidroksida. U Hrvatskoj postoje dobri uvjeti za uzgoj uljane repice, koja je primarna sirovina sa sigurnom distribucijom prema uljarama.

## **11. SUMMARY**

Expanded environmental awareness and asset consumption are pushing the industry to make fuels from renewable sources that are more readily available in nature. Biodiesel is an alternative diesel fuel that is produced from vegetable oils, reused cooking oils or animal fats. Compared to regular diesel, biodiesel is actually more financially focused in terms of its renewability, biodegradability, low emission profile, non-toxicity and high ignition point. Furthermore, biodiesel increases lubricity, which extends the life of the engine and reduces the frequency of replacing engine parts. The primary problem that slows down the use of vegetable oil as a fuel is its higher viscosity along with low volatility and poor cold flow properties that affect the legitimate operation of diesel engines. Many conventional crops (sunflower, soybean, canola) and non-conventional (palm oil) oilseeds have been studied and are considered good fuels for diesel engines. Transesterification is a process of redistribution of fatty esters (oil or fat). This mostly happens with alcohol (methanol or ethanol). Changing conventional oils to biodiesel is a productive technique for obtaining biodiesel with characteristics similar to fossil fuel. Biofuels are fewer polluting alternatives because they are not fossil fuels. The oil content of soybeans is about 19%, while oilseed rape and sunflower have 38 and 42% of oil, respectively. Oil production (in kg/ha) of both rapeseed and sunflower also surpasses soybeans. In addition to the three oils already mentioned (rapeseed, sunflower and soybean), coconut and corn oils were studied. Transesterification was used with ethanol via base catalysis using a sodium hydroxide catalyst.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

**Diplomski rad**

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja

## Značaj proizvodnje uljarica za biodizel

Zvonimir Anetić

**Sažetak:** Proširena ekološka svjesnost i potrošnja imovine potiču industriju na izradu goriva od obnovljivih izvora koji su dostupniji u prirodi. Biodizel je alternativno dizelsko gorivo koje se proizvodi od biljnih ulja, ponovno korištenih ulja za kuhanje ili životinjskih masti. Biodizel je u usporedbi s običnim dizelom zapravo i financijski više fokusiran u vidu svoje obnovljivosti, biorazgradljivosti, niskog profila emisija, netoksičnosti i visoke točke paljenja. Nadalje, biodizel povećava mazivost što produljuje vijek trajanja motora i smanjuje ponavljanje zamjena dijelova motora. Primarni problem koji usporava korištenje biljnog ulja kao goriva je njegova izraženija viskoznost uz nisku hlapljivost i loša svojstva hladnog protoka koja utječu na legitiman rad dizel motora. Mnoge konvencionalne kulture (suncokret, soja, uljana repica) i nekonvencionalne (Palmino ulje) uljarice su proučavane i smatra se dobrim gorivom za dizel motore. Transesterifikacija je postupak preraspodjele masnih estera (ulja ili masti). To se uglavnom događa alkoholom (metanol ili etanol). Promjena konvencionalnih ulja u biodizel je produktivna tehnika za dobivanje biodizela sa karakteristikama sličnim fosilnom gorivu. Biogoriva su manje zagađujuće alternative jer nisu fosilna goriva. Sadržaj ulja u zrnu soje je oko 19%, dok uljane repice i suncokreta imaju 38, odnosno 42% ulja. Proizvodnost ulja (u kg/ha) i uljane repice i suncokreta također nadmašuje soju. Uz tri već navedena ulja (uljana repica, suncokretovo i sojino), proučavana su kokosova i kukuruzna ulja. Transesterifikacija je korištena s etanolom putem bazične katalize uz korištenje katalizatora natrijevog hidroksida.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti osijek, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

**Mentor:** doc. dr. sc. Ivana Varga

**Broj stranica:** 39

**Broj grafikona i slika:** 7

**Broj tablica:** 3

**Broj literaturnih navoda:** 50

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** ulje, uljarice, soja, suncokret, uljana repica, biodizel

**Datum obrane:** 28. 9. 2022. godine

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. **prof. dr. sc. Manda Antunović** - predsjednica
2. **doc. dr. sc. Ivana Varga** – mentorica
3. **doc. dr. sc. Bojana Brozović** – članica

**Rad je pohranjena u:** Rad je pohranjena u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1.

**Importance of oilseeds production for biodiesel****Zvonimir Anetić**

**Abstract:** Expanded environmental awareness and asset consumption are pushing the industry to make fuels from renewable sources that are more readily available in nature. Biodiesel is an alternative diesel fuel that is produced from vegetable oils, reused cooking oils or animal fats. Compared to regular diesel, biodiesel is actually more financially focused in terms of its renewability, biodegradability, low emission profile, non-toxicity and high ignition point. Furthermore, biodiesel increases lubricity, which extends the life of the engine and reduces the frequency of replacing engine parts. The primary problem that slows down the use of vegetable oil as a fuel is its higher viscosity along with low volatility and poor cold flow properties that affect the legitimate operation of diesel engines. Many conventional crops (sunflower, soybean, canola) and non-conventional (palm oil) oilseeds have been studied and are considered good fuels for diesel engines. Transesterification is a process of redistribution of fatty esters (oil or fat). This mostly happens with alcohol (methanol or ethanol). Changing conventional oils to biodiesel is a productive technique for obtaining biodiesel with characteristics similar to fossil fuel. Biofuels are less polluting alternatives because they are not fossil fuels. The oil content of soybeans is about 19%, while oilseed rape and sunflower have 38 and 42% of oil, respectively. Oil production (in kg/ha) of both rapeseed and sunflower also surpasses soybeans. In addition to the three oils already mentioned (rapeseed, sunflower and soybean), coconut and corn oils were studied. Transesterification was used with ethanol via base catalysis using a sodium hydroxide catalyst.

**Thesis performed at** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

**Mentor:** PhD Ivana Varga, Assistant professor

**Number of pages:** 39

**Number of figures:** 7

**Number of tables:** 3

**Number of references:** 50

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** oil, oilseeds, soybean, sunflower, oilseed rape, biodiesel

**Thesis defended on date:** 28<sup>th</sup> September 2022

**Reviewers:**

1. **PhD Manda Antunović, Professore - tenure** - president
2. **PhD Ivana Varga, Assistant professor** – mentor
3. **PhD Bojana Brozović, Assistant professor** – member

**Thesis deposited at:**

Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Vladimira Preloga 1.