

✓


# ZAKLJUČNO POROČILO

## O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROGRAMA (CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 – 2013«

### I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta

1. Naziv težišča v okviru CRP:

Trajnostno kmetijstvo, gozdarstvo in varna hrana  
Nacionalna in sektorska konkurenčnost

 REPUBLIKA SLOVENIJA  
NOSILEC JAVNEGA POOBLASTILA  
JAVNA AGENCIJA ZA RAZISKOVALNO DEJAVNOST  
REPUBLIKE SLOVENIJE, LJUBLJANA

2. Šifra projekta:

V4-0383

Prejeto: 15-10-2009	Sig. z.:
Številka zadeve: 63113-7/09	Pril.:
	Vrednost:

3. Naslov projekta:

Proizvodnja surovin in izdelava biodizla in biomaziv za potrebe slovenskega trga

3. Naslov projekta

3.1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Proizvodnja surovin in izdelava biodizla in biomaziv za potrebe slovenskega trga

3.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

Production of seeds with high oil content and manufacture of biodiesel and biolubricants for the needs of Slovenian market

4. Ključne besede projekta

4.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

pridelava oljnic, biodizel, biomaziva, rastlinska olja

4.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

crops with high oil content, biodiesel, biolubricants, vegetable oils

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

Fakulteta za strojništvo  
Biotehniška fakulteta

6. Sofinancer/sofinancerji:

MKGP  
MP  
MOP

7. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

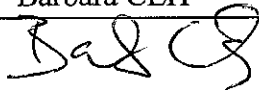
18132

Barbara ČEH

Datum: 10.10.2009

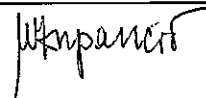
Podpis vodje projekta:

Barbara ČEH



Podpis in žig izvajalca:

Martina Zupančič, direktorica IHPS



## II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

### 1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi?

- a) v celoti  
 b) delno  
 c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

/

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

- a) da  
 b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

/

## 2. Vsebinsko poročilo o realizaciji predloženega programa dela<sup>1</sup>:

Priloženo.

<sup>1</sup> Potrebno je napisati vsebinsko raziskovalno poročilo, kjer mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

### 3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

3.1. Kakšen je potencialni pomen<sup>2</sup> rezultatov vašega raziskovalnega projekta za:

- a) odkritje novih znanstvenih spoznanj;
- b) izpopolnitev oziroma razširitev metodološkega instrumentarija;
- c) razvoj svojega temeljnega raziskovanja;
- d) razvoj drugih temeljnih znanosti;
- e) razvoj novih tehnologij in drugih razvojnih raziskav.

3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji (po metodologiji OECD-ja) sovpadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta:

- a) razvoj kmetijstva, gozdarstva in ribolova - Vključuje RR, ki je v osnovi namenjen razvoju in podpori teh dejavnosti;
- b) pospeševanje industrijskega razvoja - vključuje RR, ki v osnovi podpira razvoj industrije, vključno s proizvodnjo, gradbeništvom, prodajo na debelo in drobno, restavracijami in hoteli, bančništvom, zavarovalnicami in drugimi gospodarskimi dejavnostmi;
- c) proizvodnja in racionalna izraba energije - vključuje RR-dejavnosti, ki so v funkciji dobave, proizvodnje, hranjenja in distribucije vseh oblik energije. V to skupino je treba vključiti tudi RR vodnih virov in nuklearne energije;
- d) razvoj infrastrukture - Ta skupina vključuje dve podskupini:
  - transport in telekomunikacije - Vključen je RR, ki je usmerjen v izboljšavo in povečanje varnosti prometnih sistemov, vključno z varnostjo v prometu;
  - prostorsko planiranje mest in podeželja - Vključen je RR, ki se nanaša na skupno načrtovanje mest in podeželja, boljše pogoje bivanja in izboljšave v okolju;
- e) nadzor in skrb za okolje - Vključuje RR, ki je usmerjen v ohranjanje fizičnega okolja. Zajema onesnaževanje zraka, voda, zemlje in spodnjih slojev, onesnaženje zaradi hrupa, odlaganja trdnih odpadkov in sevanja. Razdeljen je v dve skupini:
- f) zdravstveno varstvo (z izjemo onesnaževanja) - Vključuje RR - programe, ki so usmerjeni v varstvo in izboljšanje človekovega zdravja;
- g) družbeni razvoj in storitve - Vključuje RR, ki se nanaša na družbene in kulturne probleme;
- h) splošni napredek znanja - Ta skupina zajema RR, ki prispeva k splošnemu napredku znanja in ga ne moremo pripisati določenim ciljem;
- i) obramba - Vključuje RR, ki se v osnovi izvaja v vojaške namene, ne glede na njegovo vsebino, ali na možnost posredne civilne uporabe. Vključuje tudi varstvo (obrambo) pred naravnimi nesrečami.

<sup>2</sup> Označite lahko več odgovorov.

3.3. Kateri so **neposredni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

V projektu je ključno spoznanje, da Slovenija ima resurse za proizvodnjo Biodizla in Biomazalnih olj. S tem se uvršča med države, ki lahko pripomorejo k varovanju okolja na področju transporta in kmetistva. Vprašanje je ali se bo Slovenija za to vrstno pridelavo surovin odločila in ali bo s tem podprla delovanje tovarne Biodizla v Pinusu Rače. V nasprotnem primeru bomo še naprej uvažali surovine, jih predelovali in nato izvažali biodizel, seveda z bistveno manjšim dobičkom. V procesu bomo le proizvozniki, ne bomo pa vodili svojega razvoja. Razvoj tovrstne dejavnosti bi pomenil tudi oživitev kolobarja v kmetistvu, predvsem na območjih, kjer smo prenehali pridelovati sladkorno peso in na sedaj morda premalo izkoreščenih območjih. Uvedba tovrstne pridelave in proizvodnje pomeni tudi zagon malih in srednje velikih kmetij in kombinatov. Smatramo, da je to v nacionalnem interesu Slovenije, saj si s tem zagotavljamo določeno količino goriva iz lastnih resursov za krizne čase.

3.4. Kakšni so lahko **dolgoročni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Proizvodnja biodizla in bio mazalnih olj za potrebe transporta in vojske.  
Oživitev kmetij in kmetijskih kombinatov s pridelovanjem kultur za omenjeno proizvodnjo.

3.5. Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- a) v domačih znanstvenih krogih;
- b) v mednarodnih znanstvenih krogih;
- c) pri domačih uporabnikih;
- d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

Kmetijski kombinati, posamezne kmetije, tovarna biodizla Pinus. Pričakujemo, da bo zainteresirana tudi vojska in slovenski distributer goriv in maziv Petrol.

3.7. Število diplomantov, magistrov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

1

4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami.

Tehniker iz Aibara v Španiji.

4.2. Kakšni so rezultati tovrstnega sodelovanja?

Sodelovanje pri pripravi EU-projekta.

**5. Bibliografski rezultati<sup>3</sup> :**

*Za vodjo projekta in ostale raziskovalce v projektni skupini priložite bibliografske izpise za obdobje zadnjih treh let iz COBISS-a) oz. za medicinske vede iz Inštituta za biomedicinsko informatiko. Na bibliografskih izpisih označite tista dela, ki so nastala v okviru pričujočega projekta.*

**6. Druge reference<sup>4</sup> vodje projekta in ostalih raziskovalcev, ki izhajajo iz raziskovalnega projekta:**

/

<sup>3</sup> Bibliografijo raziskovalcev si lahko natisnete sami iz spletne strani:<http://www.izum.si/>

<sup>4</sup> Navedite tudi druge raziskovalne rezultate iz obdobja financiranja vašega projekta, ki niso zajeti v bibliografske izpise, zlasti pa tiste, ki se nanašajo na prenos znanja in tehnologije.

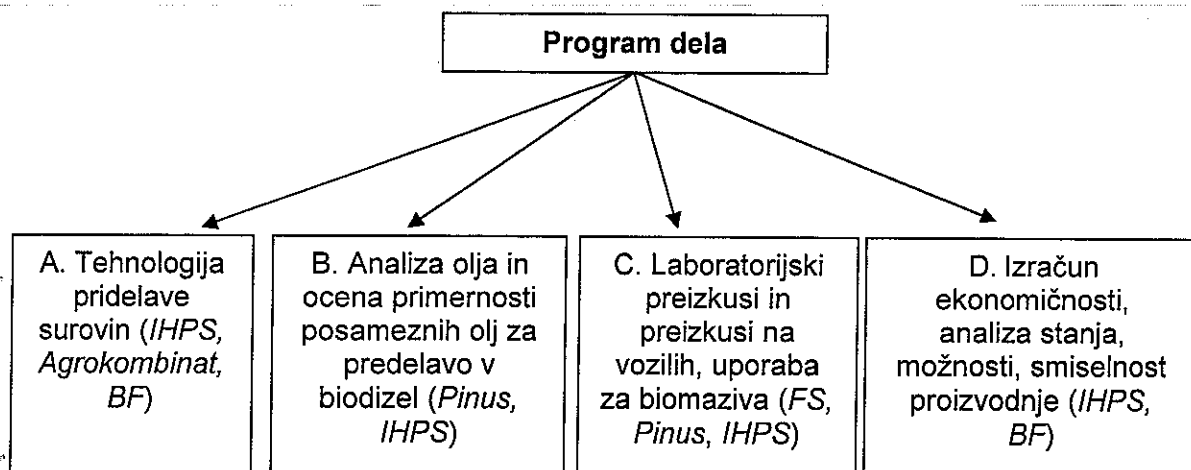
Navedite tudi podatke o vseh javnih in drugih predstavitev projekta in njegovih rezultatov vključno s predstavitvami, ki so bile organizirane izključno za naročnika/naročnike projekta.

## Priloga: Vsebinsko poročilo



## 2. Vsebinsko poročilo o realizaciji predloženega programa dela

Kot končen izdelek smo ob zaključku projekta, v septembru 2009, izdali monografijo ***Oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel*** (priložena), ki smo jo podarili **28 knjižnicam** v najmanj dveh izvodih (priložen seznam knjižnic), sofinancerjem projekta ter ministrom in dekanom fakultet, ki se ukvarjajo z navezujočimi tematikami. Ostali izvodi bodo na voljo za zainteresirane na IHPS in SF, Centru za tribologijo in tehnično diagnostiko.



## **A) Tehnologija pridelave surovin v naših pedoklimatskih razmerah, pregled površin in pridelkov**

V letih 2007 in 2008 smo postavili bločni poljski poskus (velikost osnovne parcelice najmanj 30 m<sup>2</sup>), v katerem smo posejali spodaj navedene poljščine (pri vsaki najmanj dve sorti oziroma hibrida), ki vsebujejo večje količine olja v semenu. Že v začetku smo izključili oljnice, ki so se v preteklosti pokazale kot neprimerne za naše pedoklimatske razmere in tudi oljne buče, ki imajo zelo kakovostno in drago olje, katerega izplen je prenizek za uporabo v preučevane namene.

V preučevanje in v mikroposkus smo vključili:

*I Oljnice, ki jih v Sloveniji že pridelujemo za olja*

- sončnica (*Helianthus annuus* L.)
- oljna ogrščica (*Brassica napus* L. var. *napus*)

*II Oljnice, ki jih v Sloveniji ne pridelujemo za olja v večjem obsegu*

- bela gorjušica (*Sinapis alba* L. subsp. *alba*)
- kloščevец (*Ricinus communis* L.)
- riček (*Camelina sativa* L.)

*III Oljnice in predivnice*

- lan (*Linum usitatissimum* L.)
- navadna konoplja (*Cannabis sativa* L. var. *sativa*)

*IV Druge rastline, iz katerih se lahko proizvaja biodizel*

- soja (*Glycine max* (L). Merr.)
- kuruza (*Zea mays* L.)

Med rastno dobo smo opazovali odziv na naše pedoklimatske razmere, opazovali dovzetnost za napad škodljivcev in bolezni, merili pridelek ter vsebnost olja v semenu (ekstrakcija po ISO 659:1988) in izračunali pridelek olja na enoto površine. V drugem letu smo na makro površinah Agrokombinata Maribor vključili v pridelavo štiri sorte/hibride oljne ogrščice. Izmerili smo pridelek ter iz pridelanega semena stisnili olje za nadaljnje analize olje. Ob koncu druge sezone so bile narejene tehnološke karte za vse v poskus vključene oljnice, vključno s pripravo tal, gnojenjem, varstvom pred boleznimi in škodljivci. Navedeno je predstavljeno v priloženi monografiji *Oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel* na straneh 7 do 82.

### **Agrotehnika pridelave**

Agrotehnika pridelave za naše razmere natančno predstavljena in zapisana na straneh 7 do 64. Večnamenske možnosti uporabe olj ponujajo možnosti za razširitev kolobarja, poseljenost tudi demografsko bolj ogroženih območij podeželskih območij, so možna alternativa sladkorni pesi in koruzi, vendar le pri nekaterih oljnicah za biodizel (oljna ogrščica, sončnice in soja) (strani 98 do 100), pri drugih je potrebno glede na kakovost olja najti druge načine uporabe (tudi biomaziva za posebne namene; strani 101 do 114 in 7 do 64).

## **Bolezni in škodljivci oljnic**

Glede bolezni in škodljivcev na posameznih rastlinah v poljskem poskusu v obeh letih ni bilo nič posebnega. Razlog za to je v tem, da je infekcijski potencial bolezni in škodljivcev posameznih rastlin še zelo nizek, ker se pri nas večina teh rastlin ne prideluje. Tako smo se soočali predvsem s škodljivci, ki so neke vrste polifagi (torej se prehranjujejo tudi na drugih gojenih rastlinah). Na križnicah smo se srečevali s kapusovimi bolhači, na oljni ogrščici smo zasledili nekatere vrste kljunotajev in repičarja. Proti koncu rastne dobe je bilo na kloščevcu opaziti pepelovko. Tako nismo bili priča kakšnim posebnim škodljivim organizmom. Prav tako nismo opazili posebnih razlik pri posamezni vrsti rastline glede na različne sorte. Vendar v bodoče pričakujemo, da se bomo večkrat srečevali z »novimi« bolezni in škodljivci, katerih do sedaj nismo bili vajeni. V ta namen bo potrebno več aktivnosti usmeriti v registracijo FFS v nekaterih poljščinah, za katere nimamo na razpolago nobenega pripravka.

Več o tej tematiki (bolezni in škodljivci oljnic ter možnost njihovega zatiranja) je zapisano v priloženi monografiji na straneh 73 do 82.

## **Pleveli v oljnicah**

Pri pridelavi lana, navadne konoplje, kloščevca, rička in bele gorjušice smo se srečali s problemom zatiranja ozkolistnih in širokolistnih plevelov, saj v RS ni registriranih herbicidov za uporabo v posevkih teh poljščin. Tako nam preostane le mehansko zatiranje plevelov, kar pa je na velikih površinah in ob današnji agrotehniko premalo učinkovito in nerentabilno. S tega stališča teh poljščin zaenkrat pri nas ne bi priporočali za širjenje na velike površine kot surovino za pridobivanje biodizla.

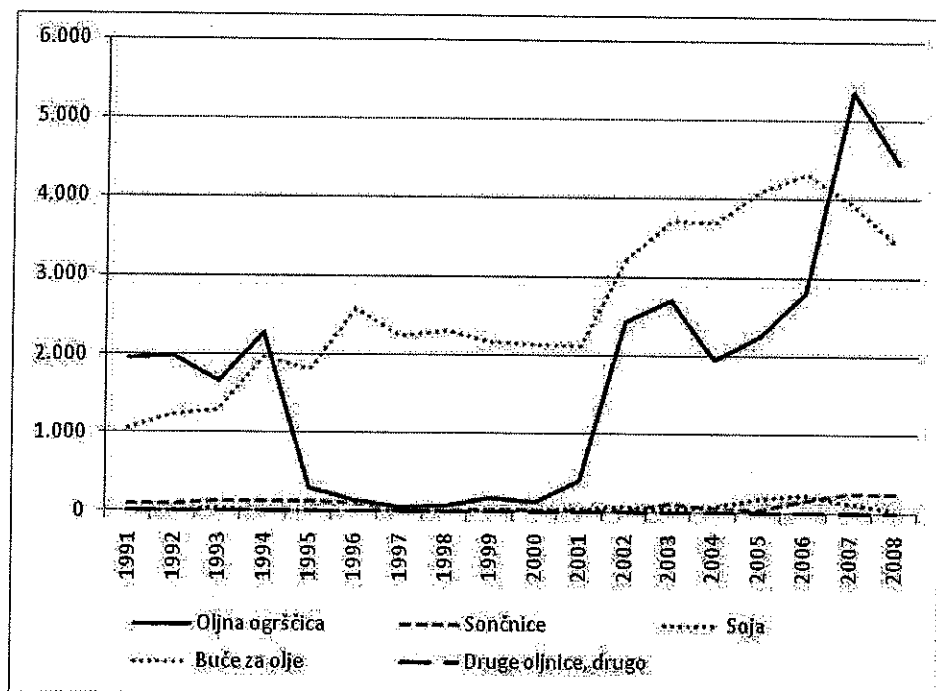
Pri oljni ogrščici, soji, sončnici in koruzi pa imamo po drugi strani kar dober nabor potrebnih herbicidov s katerimi lahko obvladamo plevela. Vsekakor je potrebno poudariti, da je ustrezen kolobar s primernim vrstjenjem poljščin že prvi korak v boju s pleveli. Strmeti je potrebno, da nam že predhodna poljščina zapusti čim bolj ne zapleveljeno površino. Ob upoštevanju dobre agronomske prakse so oljna ogrščica, soja, sončnica in koruza poljščine, katere bi lahko sejali na velike površine kot osnovne surovine za pridobivanje biodizla. Seveda pa moramo imeti kompletno strojno linijo za pridelavo teh poljščin.

Več o tej tematiki (pleveli v oljnicah ter možnost njihovega zatiranja) je zapisano v priloženi monografiji na straneh 65 do 72.

## **Povprečen pridelek semena, pridelek olja in pregled površin**

Kmetijske rastline, ki jih pridelujemo z namenom stiskanja olja, imajo v semenu večji odstotek olja oziroma maščob; od 20% pri soji do več kot 40% pri sončnicah in oljni ogrščici. Olje vsebujejo tudi semena bombaževca, arašidov, oljnih palm,... V Sloveniji od oljnic pridelujemo v glavnem oljno ogrščico in oljne buče, pa tudi sončnice in sojo (slika 1). Pridelava ostalih oljnic je majhna. Ker se v svetu buče, razen na nekaj redkih lokacijah, ne pridelujejo za olje, v pregled niso zajete, vključili pa smo nekaj tistih kmetijskih rastlin, ki bi se

v Sloveniji lahko pridelovale oziroma se pridelujejo ampak na manjših površinah ali v druge namene (riček, kloščevac, bela gorjušica, konoplja, lan).



Slika 1: Površina pod oljnicami (ha) v Sloveniji med letoma 1991 in 2008 po podatkih SURS

### Oljna ogrščica

Oljna ogrščica se prideluje na vseh kontinentih. Ker je pridelek odvisen od podnebnih razmer, rodovitnosti tal, intenzivnosti pridelave, gnojenja ter sorte/hibrida, se povprečje med deželami pridelovalkami zelo razlikuje. V letih 1991 do 2008 je bil povprečni pridelek v Sloveniji med 1,8 in 2,9 t/ha, na svetu med 1,3 in 1,8 t/ha, v Evropi med 2,3 t/ha in 3,2 t/ha (slika 2), posamezni pridelovalci pa dosegajo tudi več kot 5 t/ha. Največja proizvodnja je na Kitajskem (25%) in v Kanadi (20%), sledi Indija (14%).

V Evropi je bilo z oljno ogrščico med letoma 1991 in 2007 zasejanih med 3,2 in 8,1 mio ha, na svetu med 20 in 30,8 mio ha (slika 3), v Sloveniji med 54 in 5358 ha.

Vsebnost olja v semenu je okrog 50%, odvisna pa je od sorte/hibrida, vremenskih razmer in gnojenja z dušikom. Če računamo s 50% vsebnostjo olja, pridelkom 2,5 t/ha in predvidimo, da bi vso zrnje stisnili v olje, smo v zadnjih osemnajstih letih v Sloveniji pridelali od 67.500 litrov do 6,7 mio litrov olja oljne ogrščice letno.

### Soja

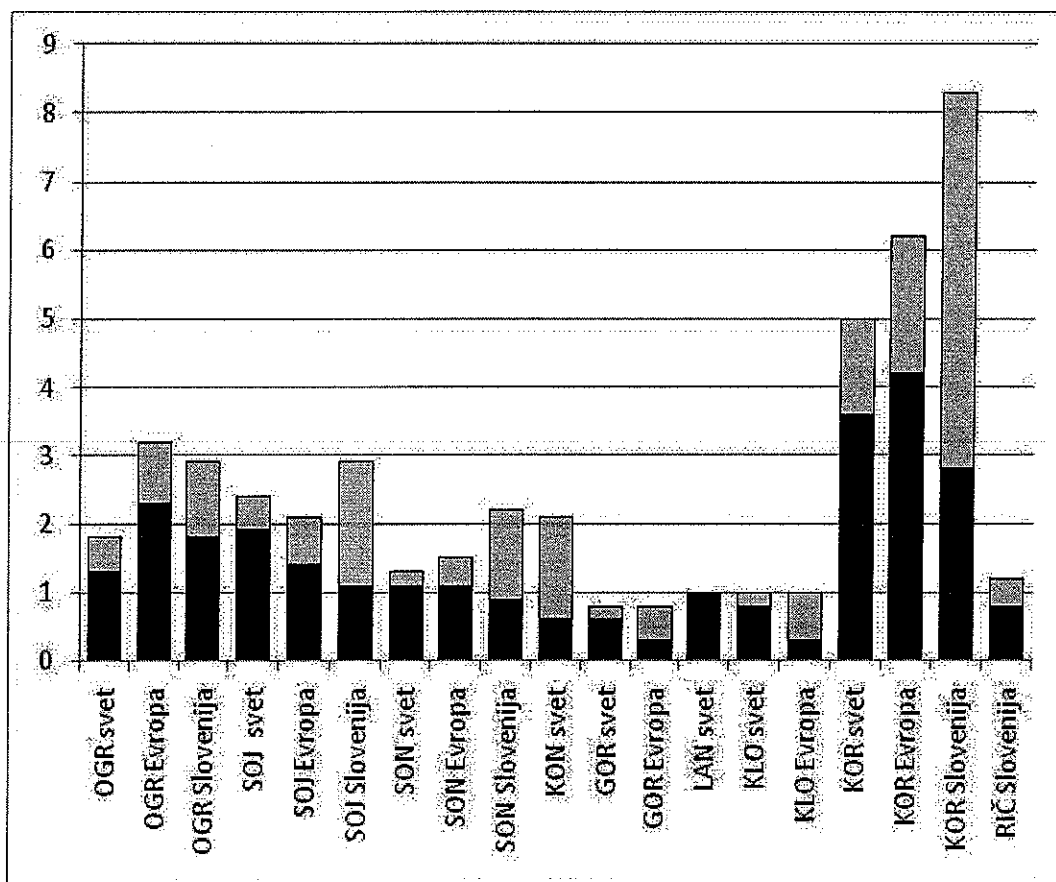
Soja je svetovna strateška kultura. Med poljščinami zaseda četrto mesto (za pšenico, rižem in koruzo). Največjo površino pod sojo imajo v Severni Ameriki, sledi Azija. Od leta 1989 se površina pod to stročnico povečuje; v letu 1991 je bila okrog 55 mio ha, v letu 2007 95 mio

ha (slika 3). V Evropi je bilo v letih od 1991 do 2007 s sojo zasejanih med 0,9 in 2,3 mio ha, v Sloveniji med 4 ha in 226 ha.

Seme soje vsebuje okrog 20% (14% do 27%) olja, povprečni hektarski pridelki pa so po svetu zelo različni; odvisno od klimatskih in talnih dejavnikov ter agrotehnik. Leta 1989 je bilo svetovno povprečje 1,9 t/ha, do leta 2000 se je povečalo na 2,2 t/ha, v letu 2007 je bilo 2,3 t/ha (slika 2). Največji povprečni pridelok dosegajo v Severni Ameriki (leta 2000 2,6 t/ha). V ugodnih talnih in vremenskih razmerah ter z intenzivnimi agrotehničnimi ukrepi so pridelali tudi več kot 5 t/ha zrnja. V Evropi je bil v tem času povprečen pridelok med 1,4 in 2,1 t/ha.

V Sloveniji se pridelava soje ni razširila, saj so pridelovalci dosegali majhne pridelke, pridelki so med leti zelo nihali, poleg tega jo je potrebno v primerjavi s krmnim grahom pred krmljenjem toplotno obdelati. V letih 1991 do 2008 je bil povprečni pridelok soje v Sloveniji po podatkih Statističnega urada RS med 1,1 t/ha in 2,9 t/ha.

Če računamo z 20% vsebnostjo olja, povprečnim pridelkom 2 t/ha in predvidimo, da bi vsa zrnja soje stisnili v olje, smo v zadnjih osemnajstih letih pridelali v Sloveniji **od 1.600 do 90.400 litrov sojinega olja letno**.



Slika 2: Povprečni pridelok semena nekaterih oljnic (OGR – ogrščica, SOJ – soja, SON – sončnica, KON – konoplja, GOR – bela gorjušica, LAN – lan, KLO – kloščevca, RIČ – riček) in koruze (KOR) (v t/ha) na svetu, v Evropi in v Sloveniji v letih od 1991 do 2007 po podatkih FAOSTAT, 2009; Črni del stolpca predstavlja najmanjši povprečni pridelok oljnice, celoten stolpec največjega.

### Sončnica

Na svetu je bilo med letoma 1991 in 2007 s sončnico zasejanih med 17 mio ha in 23,8 mio ha (slika 3), v Evropi med 8,3 mio in 14,3 mio ha, v Sloveniji med 9 ha in 256 ha. Povprečen svetovni pridelok semena je bil v teh letih med 1,1 in 1,3 t/ha, v Evropi med 1,1 in 1,5 t/ha, v Sloveniji med 0,9 in 2,2 t/ha (slika 2).

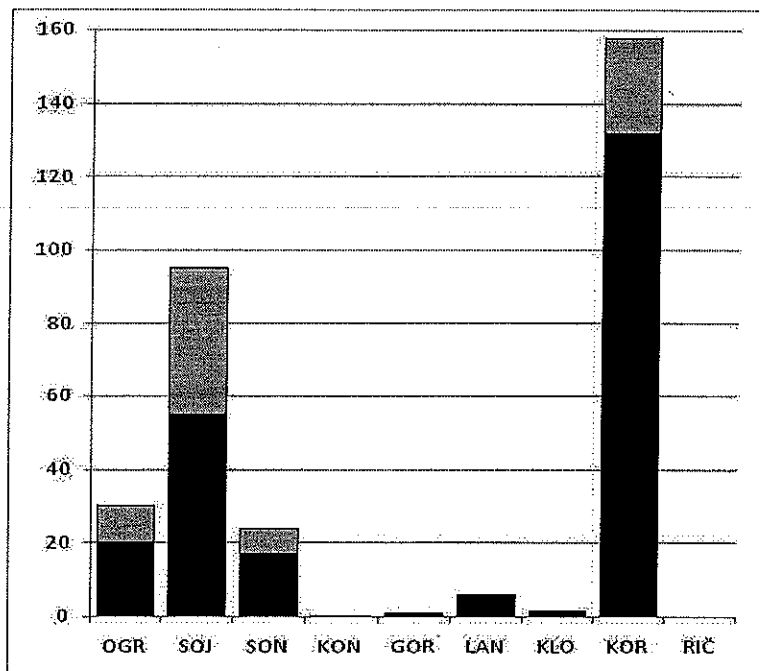
Seme sončnice vsebuje 39% do 50% olja. Če računamo s 40% vsebnostjo olja, povprečnim pridelkom 1,6 t/ha in predvidimo, da bi vso zrnje stisnili v olje, smo v zadnjih osemnajstih letih pridelali v Sloveniji **5.800 do 164.000 litrov sončničnega olja letno**.

### Konoplja

Na svetu je bilo v letih 1991 in 2007 s konopljo za seme zasejanih med 23.500 ha in 59.300 ha, v Evropi med 9.620 ha in 37.032 ha. V Sloveniji je bila zabeležena površina pod navadno konopljo med 0 ha in 20 ha.

Po podatkih FAOSTAT je bil pridelok semena navadne konoplje v letih med 1991 in 2005 na svetu med 0,6 t/ha in 2,1 t/ha, v Evropi med 0,2 in 0,6 t/ha, avtorji pa poročajo o pridelku 1 t/ha do 3 t/ha.

Vsebnost olja v semenu je do 35%. Če računamo s 30% vsebnostjo olja, povprečnim pridelkom semena 1 t/ha in predvidimo, da bi pri vseh posevkih konoplje pobrali seme in ga stisnili v olje, smo v zadnjih osemnajstih letih pridelali v Sloveniji **od 0 do 6.000 litrov konopljinega olja letno**.



Slika 3: Površina pod nekaterimi oljnicami (OGR – ogrščica, SOJ – soja, SON – sončnica, KON – konoplja, GOR – bela gorjušica, LAN – lan, KLO – kloščevce, RIČ – riček) in koruzo (KOR) (v mio ha) na svetu v letih od 1991 do 2007; Črni del stolpca predstavlja najmanjšo površino pod oljnico v tem času, celoten stolpec največjo (FAOSTAT, 2009).

### **Riček**

Na FAOSTAT površine pod ričkom ne navajajo. V Sloveniji se je pridelovanje rička ohranilo do današnjih dni le na Koroškem, skupna površina pod to oljnico pa je majhna. Sicer ni zahteven za tla in vremenske razmere, vendar je pridelek semena in olja odvisen od letine in lokacije in je v okviru 1 in 3,3 t/ha. V Sloveniji navajajo pridelek rička med 0,8 in 1,2 t/ha. Seme rička vsebuje od 33% do 45% olja.

### **Gorjušica**

Po podatkih FAOSTAT je bila na svetu od leta 1991 površina pod gorjušico od 0,54 mio ha do 1 mio ha, v Evropi od 130.000 ha do 389.000 ha. Kanada, Nepal in ZDA proizvedejo skupaj skoraj 73% svetovne količine bele gorjušice, največ v Kanadi. V Sloveniji je površina pod belo gorjušico, ki bi se pridelovala za seme, majhna.

Pričakujemo pridelek 1,2 do 1,6 t/ha, vendar pa sta tako povprečni svetovni kot evropski pridelek manjša; med letoma 1991 in 2007 sta bila med 0,6 t/ha do 0,8 t/ha oziroma 0,3 in 0,8 t/ha. Seme vsebuje 20% do 40% maščob.

### **Oljni lan**

Oljni lan pridelujejo v suhih in toplejših deželah (južna Evropa, Afrika, Indija,...). Skupna svetovna površina pod to oljnico je okrog 6 mio ha. Več kot dve tretjini svetovnega pridelka izhaja iz Rusije, za Slovenijo pa pridelava oljnega lana ni značilna.

Povprečen svetovni pridelek oljnega lana je 1 t/ha, pri intenzivni pridelavi pa lahko dobimo tudi do 4 t/ha semena. Le-to vsebuje od 30% do 50% maščob.

### **Kloščevca**

Na svetu je bila med letoma 1991 in 2007 površina pod kloščevcem 1,1 mio ha do 1,4 mio ha, v Evropi med 0 ha in 1086 ha. Največ površin imajo s kloščevcem zasejanih v Indiji, Braziliji in na Kitajskem. V Sloveniji se seje kot okrasna rastlina ob hišah.

Povprečen svetovni pridelek kloščevca je bil v preučevanih letih od 0,8 t/ha do 1,0 t/ha, v Evropi od 0,3 t/ha do 1,0 t/ha. Dobre povprečne pridelke dosegajo v Paragvaju, tudi v Etiopiji, Ekvadorju, Indiji,... in sicer do 1,5 t/ha. Seme vsebuje 40% do 60% olja.

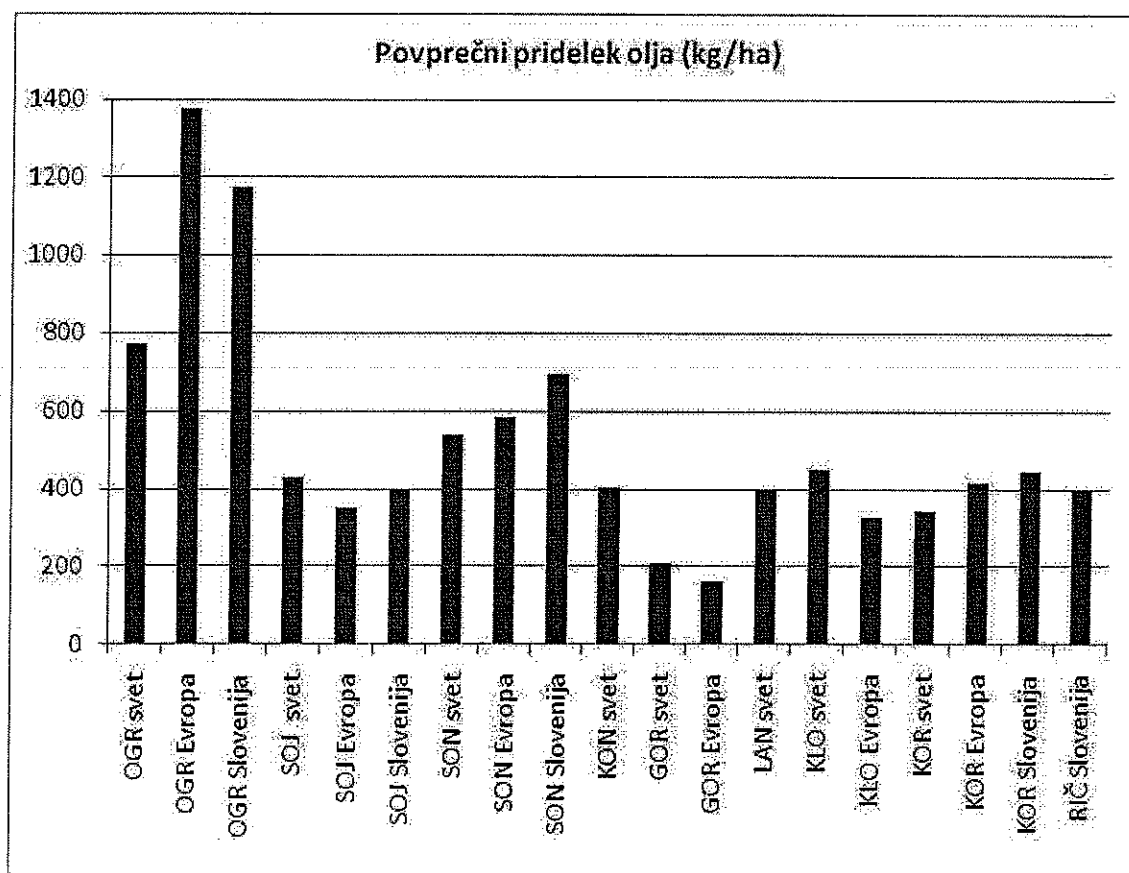
### **Oljni hibridi koruze**

Koruzica sicer spada med žita, a nekateri sodobni (oljni) hibridi dosegajo do 9% olja v zrnju. To je sicer še vedno dosti manj v primerjavi z vsebnostjo olja v semenih oljnic, a imajo primerljive pridelke kot hibridi koruze standardne kakovosti, kar pa je več v primerjavi s pridelkom semena oljnic (slika 2). Za primerjavo smo izračunali, kakšen je potencial za pridobivanje olja iz te poljščine v primerjavi z oljnicami.

Koruzna je med letoma 1991 in 2007 na svetu zavzemala od 312 mio ha do 158 mio ha, povprečni svetovni pridelek zrnja je bil med 3,6 t/ha in 5,0 t/ha. V Evropi je bila v tem času površina pod koruzo za zrnje med 13 in 13,9 mio ha, povprečen pridelek pa med 4,2 t/ha in 6,2 t/ha. V Evropski uniji je površina pod koruzo za zrnje okrog 6,2 mio ha, povprečen pridelek je bil v zadnjih letih 7,5 t/ha.

V Sloveniji je koruzna posejana na okoli 40% njiv. Po podatkih Statističnega urada RS je bila površina pod koruzo za zrnje v Sloveniji med letoma 1991 in 2008 med 41.000 ha in 64.000 ha, povprečni pridelek pa je bil v zadnjih osmih letih od 5,1 t/ha do 8,3 t/ha. Velika večina pridelka se sicer porabi za prehrano živali.

V poskusu na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije smo v letih 2007 in 2008 preizkušali olja hibrida NS 645 in NS 6012. V obeh letih sta dosegla zelo dober pridelek zrnja (med 10 in 11 t/ha), vsebnost olja pa je bila v obeh letih večja pri hibridu NS 645 (8% in 10%) v primerjavi s hibridom NS 6012 (6,2% in 8,1%). Tako smo v naših razmerah pridelali do 1.100 l/ha koruznega olja, kar je primerljivo z izplenom pri oljni ogrščici! Če pa primerjamo rezultate glede na povprečno dosežen pridelek koruze za zrnje v Sloveniji, Evropi in na svetu in računamo na vsebnost olja 8%, pa je izplen seveda dosti manjši (**250 do 500 l/ha olja**) in primerljiv na primer s sojo (slika 4).



Slika 4: Predviden povprečni pridelek olja oljnic (OGR – ogrščica, SOJ – soja, SON – sončnica, KON – konoplja, GOR – bela gorjušica, LAN – lan, KLO – kloščevcec, RIČ – riček) in koruze – KOR (oljni hibridi) (v t/ha) na svetu, v Evropi in v Sloveniji v letih od 1991 do 2007 (preračunano glede na podatke FAOSTAT, 2009 in povprečno vsebnost olja v semenu)



*in koruze – KOR (oljni hibridi) (v t/ha) na svetu, v Evropi in v Sloveniji v letih od 1991 do 2007 (preračunano glede na podatke FAOSTAT, 2009 in povprečno vsebnost olja v semenu)*  
**B) Analiza olja in ocena primernosti posameznih olj za predelavo v biodizel**

### Analiza olja

Na olju vseh vključenih oljnic in njihovih sort se je določevalo: vsebnost olj z ekstrakcijo po ISO 659:1988, priprava hladno stiskanih olj, esterifikacija in določitev maščobnokislinske sestave olj z GC po ISO 5509-1978 in 5508-1990, vlaga v semenih po ISO 665-1977, peroksidno število po Ph. Eur. V, jedno število Ph. Eur. V, kislinsko število Ph. Eur. V in saponifikacijsko število Ph. Eur. V. Sledila je analiza podatkov glede na sestavo maščobnih kislin, od katerih je odvisna oksidacijska stabilnost in nizkotemperaturne lastnosti maziv in ocena posameznih rastlinskih olj. Naredili smo oceno primernosti mešanja različnih olj in navodila posredovali na strojno fakulteto in v TKI Pinus d.d. za nadaljnje delo.

Mednarodni standard za biodizel se imenuje SIST EN 14214. Kislinsko število, jedno število in maščobnokislinska sestava pomembno vplivajo na odločitev, ali je olje primerno za predelavo. Surovo olje mora pred predelavo v biodizel zadostovati normativom, ki jih ta standard določa. V prispevku v monografiji na straneh 87 do 91 je predstavljena kemična sestava preučevanih rastlinskih olj (jedno število, kislinsko število, maščobnokislinska sestava), na straneh 92 do 97 pa kakovostni parametri olj v povezavi z zahtevami za proizvodnjo biodizla.

### Viskoznost

Viskoznost je pomembna lastnost goriva. Standard SIST EN 590 "Goriva za motorna vozila – Dizelsko gorivo" določa, da mora biti kinematična viskoznost goriva izmerjena pri 40 °C v mejah od 2 do 4,5 mm<sup>2</sup>/s. Kinematično viskoznost vzorcev rastlinskih olj smo izmerili po standardu EN ISO 3104, rezultati pa so podani v preglednici 1.

*Preglednica 1: Kinematična viskoznost olj različnih oljnic.*

Oljnica	Kin. viskoznost @ 40 °C [mm <sup>2</sup> /s]
Riček	30,9
Lan	27,2
Bela gorjušica	46,5
Oljna ogrščica	35,5
Navadna konoplja	28,9
Sončnica	39,3
Soja	30,2
Kloščevcevec	248,0

Kot je razvidno iz preglednice 1, viskoznost nobenega olja ne ustreza zahtevam iz standarda EN ISO 3104. S sorazmerno preprosto kemijsko reakcijo pa se rastlinskim oljem lahko zniža viskoznost, medtem ko ostale lastnosti ostanejo bolj ali manj nespremenjene. Proces je poznan kot transesterifikacija in je v bistvu pretvorba ene vrste estra v drugo. Za rastlinska

olja s kinematično viskoznostjo pod 68 mm<sup>2</sup>/s se omenjena reakcija izvede brez večjih težav in naši vzorci olj v večini spadajo v to skupino. Izjema je ricinusovo olje (kloščevce), ki ima precej višjo viskoznost in podatki iz literature o primernosti predelave v biodizel so precej nasprotujoči. Večina jih meni, da je v procesu preveč težav in predelava ni smotrna, zagovorniki pa trdijo, da bi bile težave ob večji količini predelave precej manjše. Naše mnenje se nagiba na k stališču, da je ricinusovo olje manj primerno za predelavo v biodizel kot ostala.

### Mazalne lastnosti

Po transesterifikaciji iz olja nastali biodizel obdrži lastnosti olja iz katerega je izdelan. Po kemijski sestavi je še vedno ester in zanj v celoti veljajo ugotovitve, ki so podane v delu o Mazalnih lastnostih rastlinskih olj. Mazalne lastnosti biodizla so torej veliko boljše kot lastnosti petrokemijskega dizla. Mešanica 95% navadnega dizla in 5% biodizla, ki se uporablja v Sloveniji, pa tudi v mnogih drugih evropskih državah, ima torej boljše mazalne lastnosti in ne potrebuje nobenih dodatnih aditivov za izboljšanje tornih in protiobrabnih lastnosti, ki se sicer dodajajo običajnem dizlu.

### Ocena primernosti posameznih olj za predelavo v biodizel

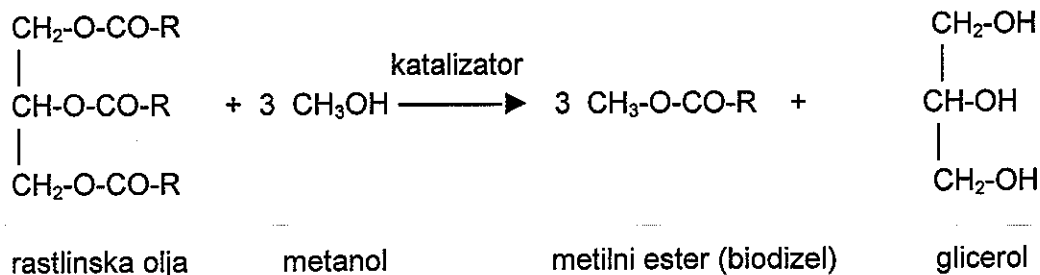
Iz semena, pridelanega v mikroposkusu na IHPS in v makroposkusu na površinah Agrokombinata, so naredili analize predelave pridobljenega olja v biodizel ter oceno primernosti biodizla v TKI Pinusu d.d in v podjetju Biogoriva d.o.o.. Semena različnih oljnic smo stisnili na primernih stiskalnicah in s tem pridobili pogačo in olje. Različne vrste olj so se s postopkom transesterifikacije predelale v biodizel. Potrebna je bila optimizacija transesterifikacije zaradi različnih vrst in kvalitet olj na vhodu. Poskusi so potekali v laboratoriju. Na koncu je sledila ocena primernosti posameznih surovin za proizvodnjo biodizla kvalitete, ki jo predpisuje standard EN 14214. Izdelali smo oceno prednosti in pomanjkljivosti posameznih rastlinskih olj za predelavo v biodizel. Podana je bila ocena primernosti tehnične uporabe olj analiziranih kmetijskih rastlin, izdelali navodila za mešanje različnih rastlinskih olj oziroma posameznih produktov.

V TKI Pinus d.d. so na podlagi prejetih analiz različnih rastlinskih olj (različne vrste oljnic, pri vsaki najmanj dve različni sorti/hibrida; navedeni v preglednici 2.2.2 na strani 94 v priloženi monografiji) ocenili primernost posameznih olj za proizvodnjo biodizla. Olja smo razvrščali glede vsebnosti prostih maščobnih kislin, vsebnosti vode, fosforja, jodnega števila, sestave trigliceridov v posameznem olju, vsebnosti voskov,... Glede na dobljene rezultate smo izbrali olja, ki so primerna za proizvodnjo biodizla v skladu s standardom SIST EN 14 214. Pri tem smo upoštevali omejitve glede jodnega števila (120 gJ<sub>2</sub>/100g), prostih maščobnih kislin v olju (do 1,5% FFA), kislinskim številom v biodizlu (maks. 0,5 mg KOH) in vsebnostjo fosforja (do 20 ppm v rastlinskem olju). Nova verzija standarda predpisuje največ 4 mg/kg.

V prvem sklopu smo izločili olja **konoplje** (zaradi previsoke vsebnosti linolenske kisline, prevelike vsebnosti prostih maščobnih kislin ter previsokega jodnega števila), olja **koruze** (zanje nismo dobili podatka o vsebnosti prostih maščobnih kislin), olja **kloščevca** (nimajo primerne sestave trigliceridov - vsebujejo zelo veliko ricinovega olja), olja **rička** (zaradi previsoke vsebnosti linolenske kisline), olja **lanu** (zaradi zelo visokega jodnega števila in previsoke vsebnosti linolenske kisline) ter olja **bele gorjušice** (zaradi zelo velike vsebnosti

eruka kisline. **Sončnično** olje smo izločili, ker predvidevamo, da ni bila opravljena degumacija in vinterizacija (odstranjevanje voskov iz sončničnega olja). Kot primerna so ostala **sojina** olja, ki so imela sicer visoko jedno število, nizko vsebnost prostih maščobnih kislin ter primerno sestavo trigliceridov, in olja **oljne ogrščice**.

Izločili smo torej olja s preveliko vsebnostjo prostih maščobnih kislin (nekatera olja oljne ogrščice, koruze in konoplje), previsokim jednim številom (laneno olje) ter z vsebnostjo trigliceridov linolenske kisline večjo kot 12%w/w (laneno olje). Olja, ki so navedena v spodnji preglednici, so primerna za reakcijo transesterifikacije ob prisotnosti katalizatorja:



*Preglednica: Olja, primerna za reakcijo transesterifikacije ob prisotnosti katalizatorja*

Vrsta oljnice in sorta	%FFA	%vode	Jedno št. (gJ <sub>2</sub> /100g)	Vsebnost fosforja (ppm)
Soja cv. Borostyan	0,16	0,0821	135	20
Soja cv. Borostyan**	0,11	0,0686	140	22
Soja cv. Boroka	0,37	0,0988	135	20
Soja cv. Boroka**	0,17	0,0688	135	27
Oljna ogrščica* hibrid PR46W31 lokacija 1	0,84	0,0641	113	17
Oljna orgščica* hibrid PR46W31 lokacija 2	0,77	0,0372	115	15

Pri tem je potrebno upoštevati, da lahko sojino olje zaradi visokega jednega števila uporabimo za proizvodnjo biodizla samo v kombinaciji z oljem oljne ogrščice, slednje pa je možno uporabiti samo ali v kombinaciji z drugimi olji. Sojina olja, ki imajo vsebnost fosforja višjo od 20, bi bilo potrebno degumirati (stopnja rafinacije olja), da bi na ta način znižali vsebnost fosforja. Olje, ki gre v proces transesterifikacije, mora vsebovati največ 500 ppm vode, zato je potrebno vsako olje pred tem posušiti.

### **C) Laboratorijski preizkusi in preizkusi na vozilih, možnost uporabe za biomaziva**

Na iztisnjem semenu različnih oljnic in njihovih sort iz mikroposkusa in makroposkusa so sledili poskusi na strojih in ocena možnosti za uporabo za biomaziva.

#### **Mazalne lastnosti rastlinskih olj**

##### **1 Rastlinska olja kot maziva**

Mazalne lastnosti čistih rastlinskih olj so odkrili že pred 5.000 leti in do začetka 20. stoletja so se kot maziva uporabljala izključno olja in masti živalskega ali rastlinskega izvora. Vzporedno s prodorom motorjev z notranjim izgorevanjem pa so prevlado na tržišču prevzela maziva fosilnega izvora, ki ob nižji ceni zagotavljajo zadovoljive mazalne lastnosti. Povečana skrb za okolje pa razkriva največjo pomanjkljivost mineralnih olj; slabo razgradljivost v naravnem okolju. Rastlinska olja jih v tej lastnosti močno prekašajo.

Surovo rastlinsko olje se pridobiva s stiskanjem semen, za maziva pa se najbolj uporabljajo rastlinska olja na osnovi oljne ogrščice in sončnice, izven Evrope pa pretežno palmovo in sojino olje. Po sestavi so rastlinska olja trigliceridi, sestavljeni iz glicerola kot osnove in različnih maščobnih kislin. Razlike med posameznimi olji različnih rastlin se kažejo predvsem v različni sestavi maščobnih kislin, ki se med sabo ločijo po številu ogljikovih atomov in po številu dvojnih vezi v ogljikovi verigi. Za mazalne lastnosti so vrsta in količina posameznih maščobnih kislin odločilen dejavnik.

Rastlinska olja se pri formulaciji maziv uporabljajo predvsem kot bazna olja, katerim je potrebno dodati še ustrezne aditive, ki se izberejo glede na namen uporabe. Sestava baznega olja pogojuje več fizikalno-kemijskih lastnosti maziva kot: oksidacijsko in termično stabilnost, točko tečenja, plamenišče itd., prav tako pa tudi adhezijske lastnosti, ki so zelo pomembne za sposobnost dobrega mazanja kontaktnih površin. Tipično rastlinsko olje je sestavljeno iz približno 10 % glicerola, preostanek pa so različne maščobne kisline.

Fizikalno-kemijske in mazalne lastnosti olja iz oljne ogrščice, sončnice in soje so že precej raziskane, precej manj pa lastnosti olj iz ostalih oljnic.

##### **2 Tribološki preskusi**

Preskusi so se izvedli na napravi SRV Optimol, ki je standardizirana po DIN 51 834 in ASTM D 6425-99. Nepremično vpeta jeklena kroglica recipročno drsi po jekleni ploščici. Kroglica je obremenjena v smeri normale glede na smer gibanja. Obremenitev med preskusom nismo spreminjali. Material kroglic in ploščic je bilo jeklo za kroglične ležaje DIN 100Cr6, premer kroglic pa je znašal 10 mm. Tanko plast maziva, ki ga preskušamo smo nanесли na ploščico neposredno pred pričetkom preskusa. Preskušanje je potekalo v pogojih mejnega mazanja.

### **Pogoji preskušanja:**

Normalna sila – 80 N

Kontaktni tlak – 1340 MPa (srednja vrednost), 2000 MPa (največja vrednost)

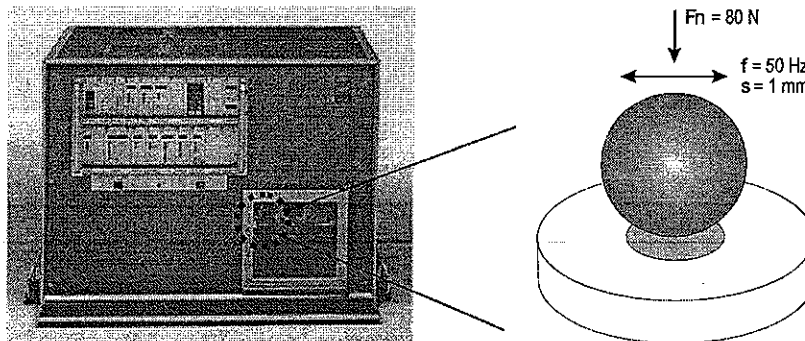
Temperatura preskušanja – 100 °C

Hitrost – 0,1 m/s

Dolžina poti cikla – 1 mm

Frekvenca – 50 Hz

Število ciklov – 45 000



**Slika 1: Modelno preskuševališče kroglica-ploščica.**

## **3 Rezultati**

### **3.1 Pridelek 2007/08**

#### **3.1.1 Vzorci rastlinskih olj – leto 2007/08**

Za preskušanje smo prejeli 25 vzorcev rastlinskih olj. Oznake dostavljenih vzorcev olj so predstavljene v preglednici 1.

#### **3.1.2 Viskoznost**

Viskoznost olja je fizikalna lastnost in je pomemben parameter tako pri predelavi olja v biodizel kakor pri uporabi kot mazivo. Kinematično viskoznost smo določili po SIST ISO 3104. Za meritev potrebujemo vsaj 1 dl vzorca olja, zato smo opravili meritev samo za en vzorec posamezne oljnice, za koruzo in kloščevec pa zadostne količine olja sploh nismo imeli. Iz preglednice 2 je razvidno, da je kinematična viskoznost izmerjena pri 40 °C v razponu od 27 do 46 mm<sup>2</sup>/s, pri 100 °C pa od 7 do 10 mm<sup>2</sup>/s. Biodizel mora imeti viskoznost približno desetkrat manjšo od izmerjenih vrednosti za rastlinska olja, zato je nižja viskoznost bolj ugodna, saj je proces esterifikacije enostavnejši. Pri mazivih pa je optimalna viskoznost odvisna od namena uporabe. Izmerjena viskoznost rastlinskih olj je primerna za formulacijo maziv, ki se uporabljajo za mazanje srednje obremenjenih pogonov. Za maziva je zelo pomembno, da se viskoznost s spremembo temperature čim manj spremeni in indeks viskoznosti odraža ravno to lastnost. Višji kot je, manjši je padec viskoznosti pri povišani temperaturi. Izmerjene vrednosti za rastlinska olja so izvrtno, saj imajo tipična mineralna olja

pridobljena z rafinacijo nafte vrednosti od 80 do 90. Indeks viskoznosti najslabšega rastlinskega olja (soja) je tako več kot dvakrat višji od mineralnega olja, kateremu se indeks viskoznosti tudi z aditivi ne more bistveno povečati.

Preglednica 1: Olja za preskušanje letnik 2007/08

Oznaka	Oljnica	Sorta / hibrid
IHPS 1	Riček	Iwan
IHPS 2		seme Dejana Rengeo
IHPS 3	Lan	seme Dejana Rengeo
IHPS 4		Cebecco
IHPS 5	Bela gorjušica	Achilles
IHPS 6		seme Dejana Rengeo
IHPS 7	Ozimna oljna ogrščica	hibrid Toccata
IHPS 8		sorta Smart
IHPS 9		PR 45 DO 1
IHPS 10		Titan
IHPS 11		NK Petrol
IHPS 12	Navadna konoplja	Bialobrzeskie
IHPS 13		Fedora 17
IHPS 14	Sončnica	NK Meldini
IHPS 15		NK Ferti
IHPS 16	Soja	Mima
IHPS 16A		Mima (stiskano drugje)
IHPS 17		Senka
IHPS 18	Koruza	NS 645
IHPS 19		NS 6012
IHPS 22	Kloščevcevec	Duan
IHPS 23		Ibar
IHPS 24	Soja	Borostyan
IHPS 25		Boroka

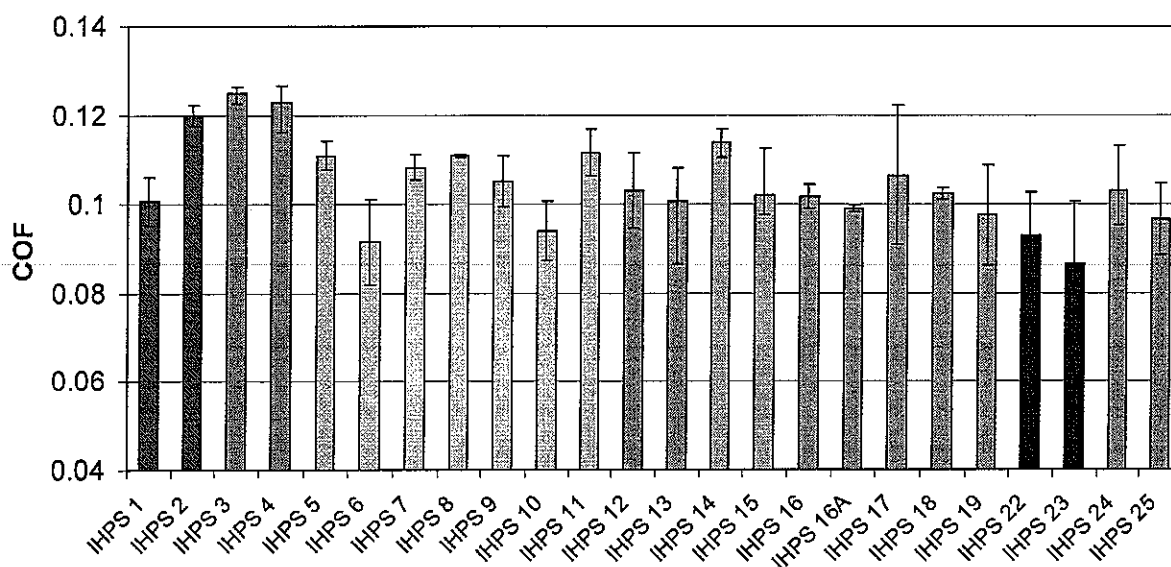
Seveda pa v preglednici 2 med rastlinskimi olji opazimo tudi izjemo, ricinusovo olje, ki ima pri 40 °C približno 7 krat višjo viskoznost od ostalih olj. Indeks viskoznosti je za rastlinska olja zelo nizek in znaša 89 ter je primerljiv z običajnimi rastlinskimi olji. Višja viskoznost tega olja je zelo priročna za formulacijo olj za sisteme, ki obratujejo pri visokih kontaktnih obremenitvah, kot so npr. zobniški pogoni.

Preglednica 2: Kinematična viskoznost tipičnih predstavnikov posameznih oljnic

Oznaka	Oljnica	Indeks viskoznosti	Kin. viskoznost @ 40 °C [mm <sup>2</sup> /s]	Kin. viskoznost @ 100 °C [mm <sup>2</sup> /s]
IHPS 1	Riček	237	30,9	7,7
IHPS 4	Lan	246	27,2	7,1
IHPS 6	Bela gorjušica	208	46,5	10,0
IHPS 10	Oljna ogrščica	216	35,5	8,2
IHPS 13	Navadna konoplja	224	28,9	7,1
IHPS 15	Sončnica	206	39,3	8,6
IHPS 16	Soja	201	30,2	6,9
IHPS 22	Kloščevce	89	248,0	19,5

### 3.1.3 Trenje

Tangencialna sila se med preskusom meri neposredno preko piezo zaznavala na spodnjem preskušancu. Sila se meri kontinuirano, razmerje z normalno silo pa predstavlja koeficient trenja. Predstavljeni rezultati se nanašajo na povprečno vrednost koeficienta trenja.



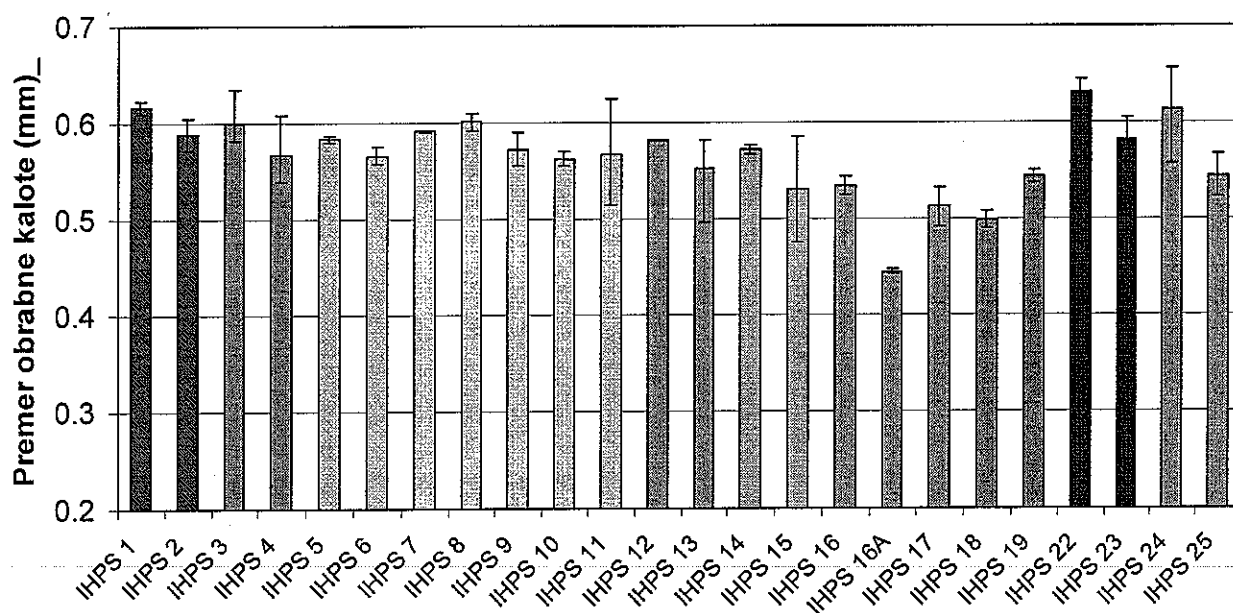
Slika 2: Srednja vrednost koeficienta trenja (COF)

Slika 2 prikazuje srednjo vrednost koeficienta trenja za posamezne vzorce olj. Rastlinska olja so po kemični sestavi estri maščobnih kislin in imajo zato v splošnem dobre mazalne lastnosti. Povišano trenje pri preizkusu kaže laneno olje, medtem ko najnižje dosega ricinusovo olje. Opozoriti je potrebno na precej višjo viskoznost tega olja (preglednica 2), ki ima tudi v pogojih mejnega mazanja svoj vpliv. Ostala olja dosegajo vrednost koeficienta trenja okoli 0,1 kar je za estre pričakovani rezultat. Nekateri vzorci olj iz oljnice enake sorte, a

različnega hibrida kažejo na precejšen raztros rezultatov. Po sestavi maščobnih kislin se ta olja bistveno ne razlikujejo, v vrednosti koeficinta trenja pa se kažejo opazne razlike. V to skupino spadata olji rička in bele gorjušice, delno pa tudi hibrid oljne ogrščice IHPS 10, ki precej odstopa od vrednosti ostalih štirih hibridov..

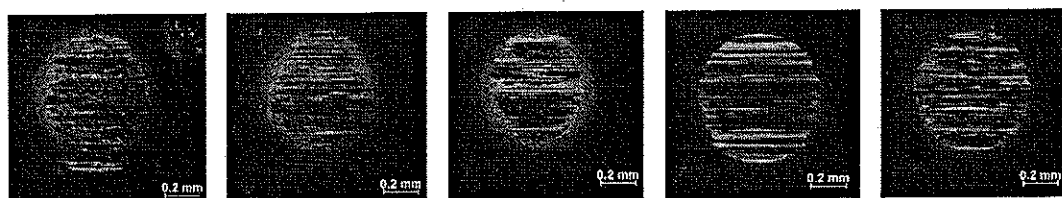
### 3.1.4 Obraba

Med preskusom zaradi drsenja kroglice po ploščici prihaja do obrabe obeh kontaktnih teles. Obrabo smo ovrednotili kot predpisuje standard DIN 51 834, z merjenjem velikosti obrabne kalote na kroglici po končanem preskusu. Kalote so s prostim očesom skoraj nevidne, zato smo jih izmerili pod optičnim mikroskopom (Leitz Miniload 2, Ernst Leitz Wetzlar, GmbH). Premer se izmeri v vzdolžni in prečni smeri, srednja vrednost obeh dolžin pa nam določa premer obrabne kalote, ki se podaja kot rezultat.



Slika 3: Premer obrabnih kalot kroglic

Na sliki 3 so predstavljeni podatki o protiobrabnih lastnostih posameznih vzorcev olj. Manjšo obrabo v primerjavi z ostalimi kažejo olji koruze in nekateri vzorci soje, sicer pa so protiobrabane odpornosti ostalih rastlinskih olj precej izenačene. Oblika poškodb je bolj ali manj krožna, s poudarjenimi vzdolžnimi brazdami v smeri drsenja, slika 4.



Slika 4: Obrabne kalote kroglic



### 3.2 Pridelek 2008/09

#### 3.2.1 Vzorci rastlinskih olj – leto 2008/09

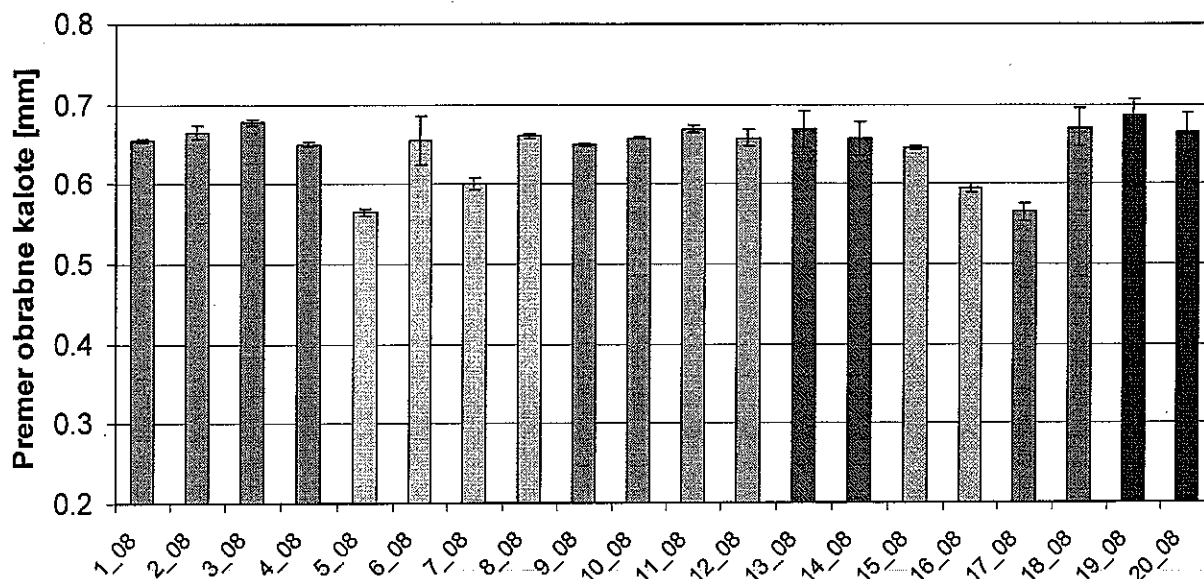
V drugem letu projekta smo prejeli in pod enakimi pogoji preskušali naslednje vzorce olj (preglednica 3).

Preglednica 3: Olja za preskušanje 2008/09

Oznaka	Oljnica	Sorta / hibrid
1	Konoplja	Fedora
2		Bialobrzaska
3	Lan	Rengeo
4		Cebecco
5	Ozimna oljna ogrščica	Fair
6		Nemax Podova
7		Preklučič PR 46 W31
8		PR W 31
9	Soja	Borostyan
10		Boroka
11	Sončnica	Ferti
12		Meldini
13	Riček	Rengeo
14		Toter
15	Bela gorjušica	Rengeo
16		Achilles
17	Koruza	NS 645
18		NS 6012
19	Kloščevc	Duan
20		Ibar

#### 3.2.2 Trenje

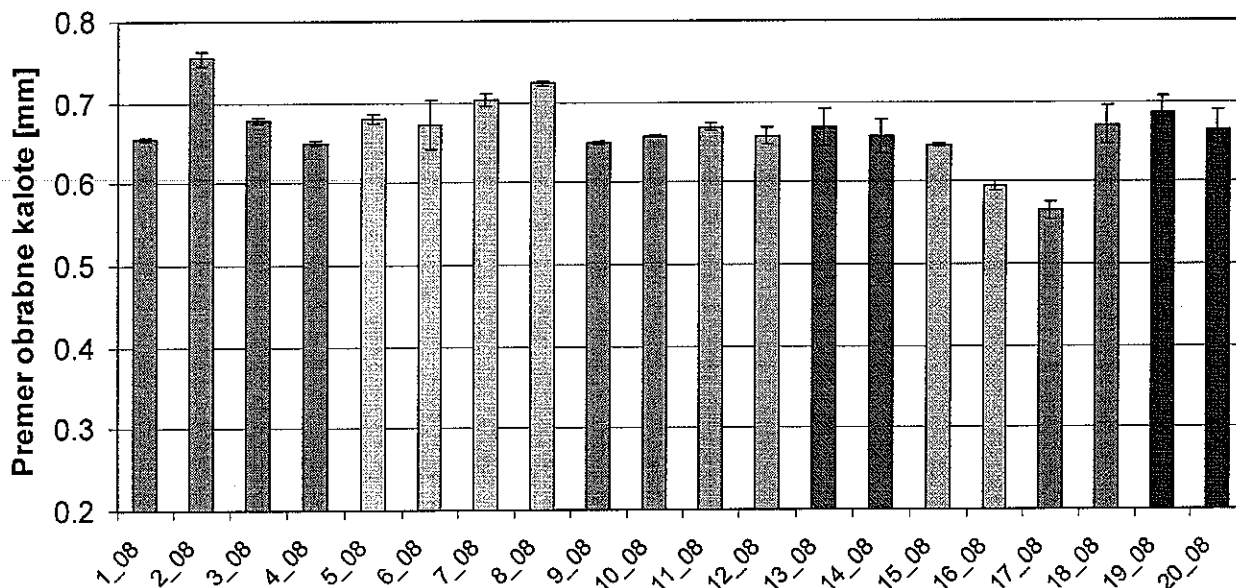
Slika 5 prikazuje rezultate za srednjo vrednost koeficienta trenja vzorcev olj. Vsi štiri vzorci olj oljne ogrščice ter oba vzorca sončnice, rička, bele gorjušice in koruze kažejo izmerjeno vrednost manjšo kot 1. V povprečju so izmerjene vrednosti malce nižje kot pri predhodni letini.



Slika 5: Srednja vrednost koeficienta trenja (COF)

### 3.2.3 Obraba

Najnižjo obrabo smo zabeležili pri preskusu olja oljne ogrščice 05\_08 in olja iz koruze z oznako 17\_08. Ostali rezultati so dokaj enakovredni in primerljivi s predhodno letino, slika 6.



Slika 6: Premer obrabnih kalot kroglic

### 3.3 Dodatni preskusi triboloških lastnosti

V nadaljevanju projekta smo opravili dodatne preskuse za izbrane vzorce olj iz letnika

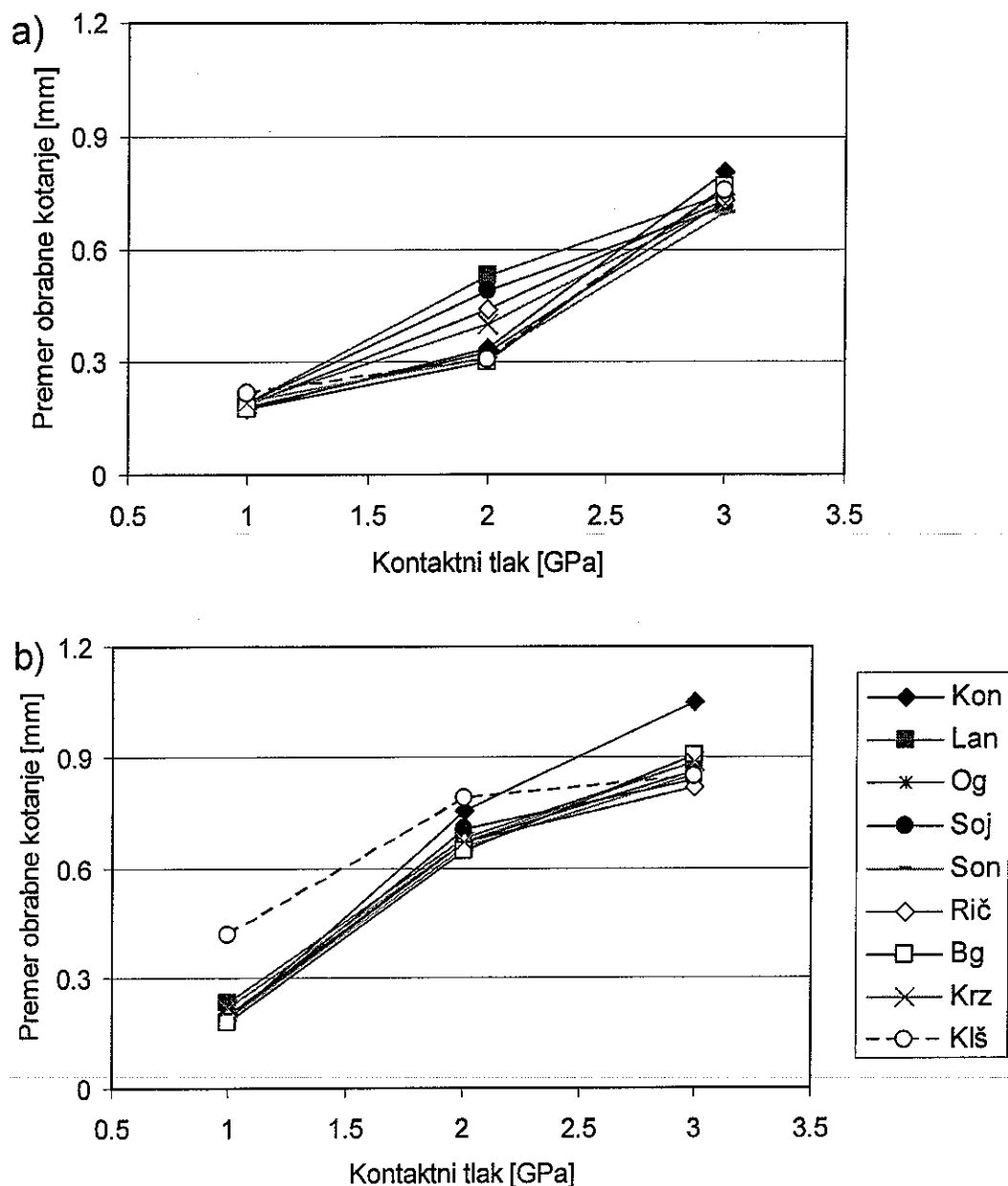
2008/09. Izbrali smo samo eno olje od iste oljnice in sicer olje hibrida za katerega smo smatrali, da je v smislu dobrega rezultata triboloških lastnosti bolj perspektiven. Dodatne preskuse smo opravili na istem preskuševališču (slika 1), vendar pod spremenjenimi pogoji preskušanja. Tri različne obremenitve (10, 80 in 300 N) so ekvivalentne trem različnim kontaktnim tlakom v kontaktu (1, 2 in 3 MPa). Temperaturi preskušanja sta bili 50 in 100 °C.

*Preglednica 4: Olja za dodatno preskušanje*

Oznaka	Oljnica	Sorta / hibrid
Kon	Konoplja	Bialobrzaska
Lan	Lan	Rengeo
Og	Oljna ogrščica	PR W 31
Soj	Soja	Borostyan
Son	Sončnica	Meldini
Rič	Riček	Rengeo
Bg	Bela gorjušica	Rengeo
Krz	Koruza	NS 6012
Klš	Kloščevca	Duan

Slika 7a kaže obrabo pri začetni temperaturi spodnje ploščice 50 °C in slika 7b obrabo pri povišani začetni temperaturi spodnje ploščice 100 °C. Obraba pri kontaktni obremenitvi 1 GPa je skoraj za vsa olja podobna pri obeh začetnih temperaturah. Olje kloščevca s petkrat višjo viskoznostjo je izjema in pri temperaturi 100 °C kaže opazno višjo obrabo. Razlika v obrabi se med olji začne kazati pri povišani obremenitvi 2 GPa. Pri nižji temperaturi je opazen velik raztros rezultatov, pri povišani temperaturi pa povečan premer obrabnih kalot, medtem ko raztros meritev ni tako velik. Še manjši raztros izmerjenih vrednosti je pri najvišjem kontaktnem tlaku 3 GPa, opazno manjša pa je tudi razlika v velikosti obrabe pri obeh začetnih temperaturah. Pri najvišjem tlaku kaže olje konoplje najvišjo obrabo in vidno odstopa od ostalih meritev.

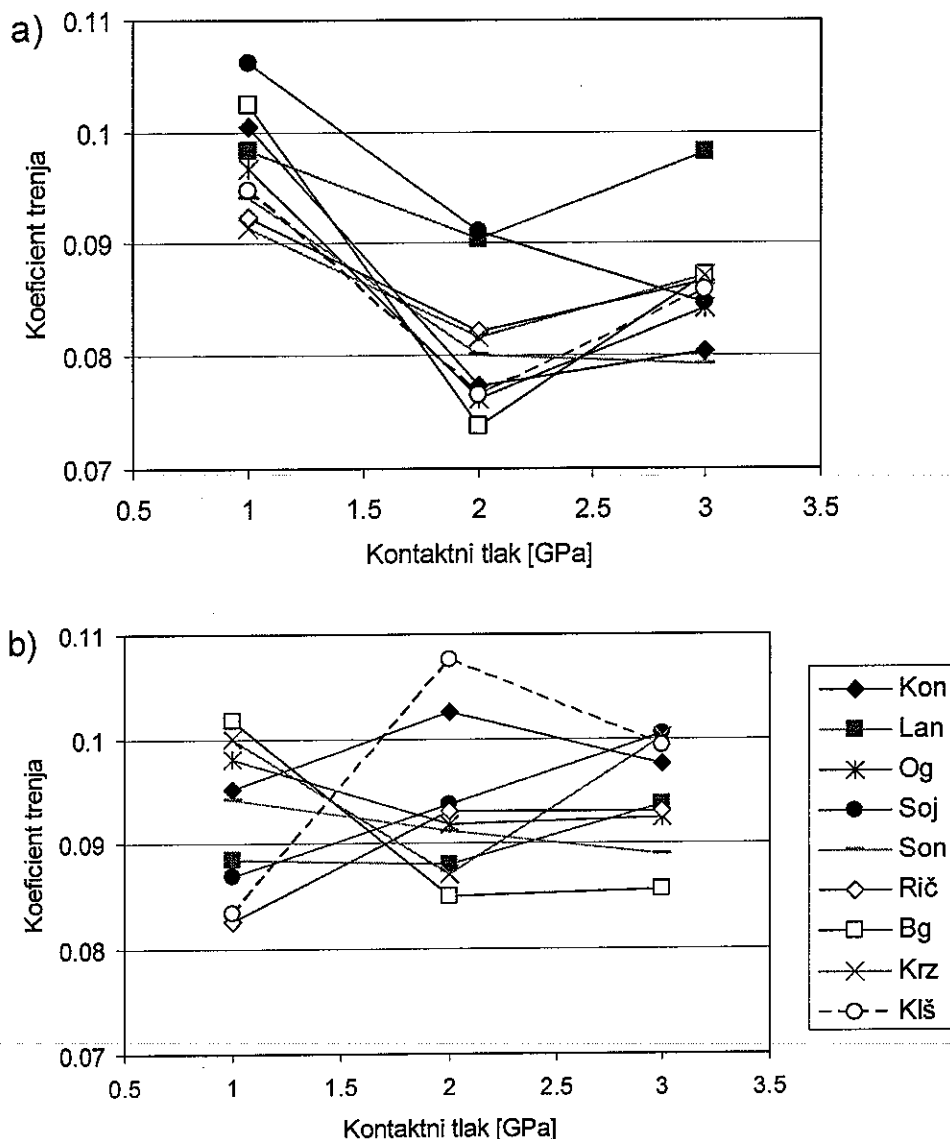
Po kemijski sestavi so rastlinska olja estri glicerola in karboksilnih (maščobnih) kislin, ki se med sabo razlikujejo po stopnji nasičenosti in številu ogljikovih atomov v skeletu. Na eno molekulo glicerola so zaestrene tri molekule maščobnih kislin. V splošnem so to zelo polarne molekule, ki imajo sposobnost adsorpcije na kovinsko površino in s tem tvorbo mazalnega zaščitnega sloja v eni ali več plasteh. Pogoj za nastanek tovrstnih slojev je oksidna plast na površini kovine, ki zagotavlja pozitiven naboj površine. Maščobne kisline rastlinskih olj so asimetrične molekule z različno kemičnim privlakom na obeh koncih. Stran molekule, kjer je karboksilna skupina –COOH, je močno privlačen do kovinske površine, drugi konec z alkalno skupino –CH<sub>3</sub> pa se odbija skoraj od vseh snovi. Med karboksilno skupino in površino nastane torej razmeroma močna vez, šibka vez na strani z alkalno skupino pa zagotavlja, da je strižna trdnost na vmesni ploskvi relativno nizka. Opisani mehanizem je učinkovit samo do določene obremenitve, če je le-ta večja, zaščitna plast ni obstojna ali pa se viskozna plast sploh ne vzpostavi.



Slika 7: Rezultati preskušanja odpornosti olj na obrabo: a) pri začetni temperaturi 50 °C; b) pri začetni temperaturi 100 °C

Iz poteka obrabe za vzorce olj je razvidno, da rastlinska olja dobro ščitijo površino kovine pri kontaktnem tlaku, ki ne presega 1 GPa, pri višjih obremenitvah pa je protiobrabna sposobnost že odvisna od sestave olja in temperature. Adsorpcija maščobnih kislin na kovinsko površino je pri teh pogojih očitno mogoča, zato v obrabi ni večjih razlik med posameznimi olji. Pri začetni temperaturi 50 °C in kontaktnem tlaku 2 GPa olja konoplje, oljne ogrščice, sončnice, bele gorjušice in kloščevca zadržijo dobre protiobrabne lastnosti in ne kažejo bistveno povečane obrabe. Preostala olja pri teh pogojih niso tako učinkovita. Posebno visoko obrabo kaže olje lanu in soje. Pri začetni temperaturi 100 °C in višjih kontaktnih tlakih pa je očitno, da razmere v kontaktu ne omogočajo več učinkovite zaščite pred obrabo. Vezi med maščobnimi kislinami in kovinsko površino so prešibke, da bi se

vzpostavila obstojna zaščitna plast. Za boljšo zaščito pri teh obremenitvah bi potrebovali kemično reaktivnejše snovi, ki bi na površini tvorile bolj obstojne spojine.



Slika 8: Rezultati preskušanja odpornosti olj na obrabo: a) pri začetni temperaturi 50 °C; b) pri začetni temperaturi 100 °C

Vrednosti koeficienta trenja za različne kontaktne tlake in začetne temperature površine so prikazane na sliki 8. Pri temperaturi 50 °C zlahka opazimo, da je raztros vrednosti že pri najmanjši kontaktni obremenitvi precej velik. Pri povečanju kontaktnega tlaka na 2 GPa pa se koeficient trenja zniža za vsa olja; najbolj za olja, ki pri teh pogojih kažejo tudi najmanjšo obrabo (slika 7). Absolutno najnižji koeficient trenja doseže olje bele gorjušice, le malo večje pa olja oljne ogrščice, kloščevca, konoplje ter sončnice. Pri najvišjem kontaktnem tlaku je za vsa olja, razen za olje sončnice, trenje večje. Pri temperaturi 100 °C se koeficient trenja spreminja glede na vrsto olja. S povečevanjem kontaktnega tlaka kaže izrazito padajočo karakteristiko olje bele gorjušice, ne toliko poudarjeno, vendar padajočo pa olji sončnice in

oljne ogrščice. Skoraj linerano povečujoč potek opazimo pri olju soje, ostalim oljem pa se pri kontaktnem tlaku 2 GPa trenje poveča, pri povišani obremenitvi pa se potem zniža.

Najboljši rezultat preskusa tornih in protiobrabnih lastnosti kaže olje bele gorjušice. V kemijski sestavi olja z 67 % prevladujejo mononenasičene maščobne kisline, predvsem z večjim številom ogljikovih atomov v skeletu. Najbolj značilna maščobna kislina je cis-13-dokozaenojska kislina, poznana tudi kot eruka kislina z 22-imi ogljikovimi atomi. Polinenasičenih kislin je sorazmerno malo, le 21 %. Zelo dobre mehanske lastnosti kažeta tudi olji iz oljne ogrščice in sončnice. V sestavi olja iz oljne ogrščice prevladuje mononenasičena oleinska kislina z 18-imi ogljikovimi atomi, za olje sončnice pa je značilen visok odstotek linolne kisline. Malce slabše so mehanske lastnosti olja iz konoplje, medtem ko ostala olja kažejo dobre torne in protiobrabne lastnosti pri lažjih pogojih obremenitve, pri višjih pa niso tako učinkovita.

### 3.4 Mešanice rastlinskih olj

V procesu proizvodnje biodizla se lahko uporablja rastlinsko olje iz ene oljnice, ali pa mešanica različnih rastlinskih olj med sabo. Za zimske pogoje uporabe je na našem geografskem področju smotno uporabljati kot surovino olje iz oljne ogrščice, za toplejše poletne mesece pa je mogoče uporabiti tudi olje iz soje ali kakšno drugo cenejše olje, ki ga je v danem trenutku možno nabaviti na trgu ali iz zaloge. Problemi z mešanicami se kažejo predvsem v oksidacijski stabilnosti končnega produkta, oziroma v težavi kako zadostiti zahtevam standarda za biodizel SIST EN 14 214.

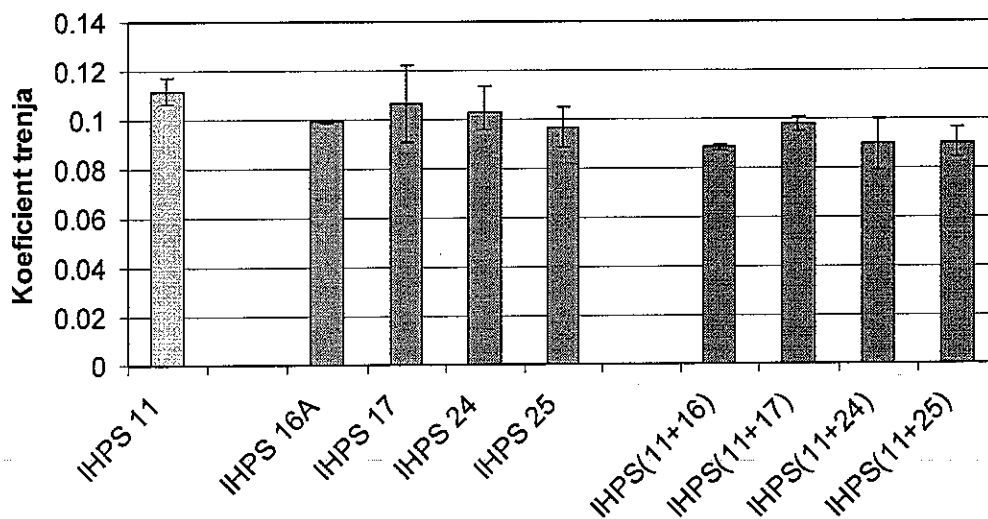
Mazalne lastnosti mešanice olja oljne ogrščice, ki je najpogostejše olje za proizvodnjo biodizla pri nas in različnih sort soje smo preskusili na istem preskuševališču in pod enakimi pogoji kot posamezna olja. uporabili smo vzorce olj letnika 2007/08, preglednica 1. Sestava mešanic je 90% olja iz oljne ogrščice, sorta NK Petrol in 10% olja iz posameznega hibrida soje. Po končanem namešavanju obeh sestavin, smo mešanico segrevali na temperaturo 50 °C v avtomatičnem streasniku, potem pa mešanico na sobni temperaturi pustili tri dni. Šele po tem času smo pričeli s preskusi.

#### 3.4.1 Tribološke lastnosti mešanic rastlinskih olj

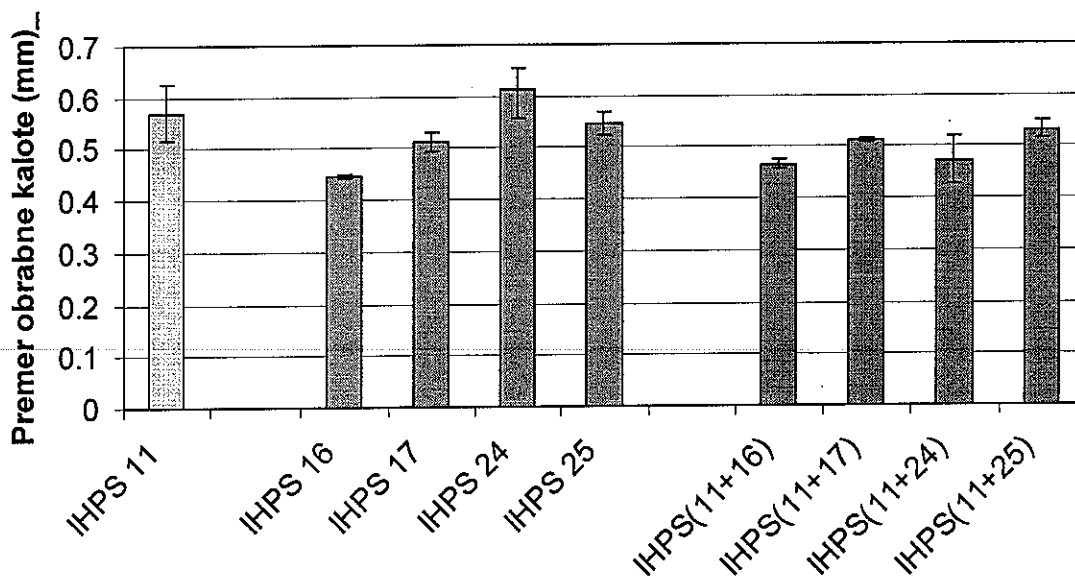
Na slikah 9 in 10 so podani rezultati za povprečni koeficient trenja in protiobrabne lastnosti mešanic olj oljne ogrščice in soje. Z lažjo primerjavo so na isti sliki podani tudi rezultati za posamezna olja, iz katerih smo potem tvorili mešanice. Rezultati za mešanice so več ali manj pričakovani, saj sta obe tribološki lastnosti, trenje in obraba, podobni kot so rezultati za posamezne sestavine. Rastlinska olja so estri, ki se med sabo dobro mešajo, zato do nekih večjih razlik niti ne bi smelo priti. Vseeno pa velja opozoriti na potek koeficienta trenja s časom, ki ga kaže slika 11. Prikazana sta dva preskusa za oljno ogrščico, prvi hibrid soje Mima in mešanico obeh olj.

Iz slike 11 je razvidno, da nam potek koeficienta trenja s časom posreduje zanimive podatke. Trenje pri preskusu mešanice je predvsem bolj konstantno kot pri obeh posameznih sestavinah. Koeficient naraste do neke vrednosti in potem dokaj malo odstopa od te

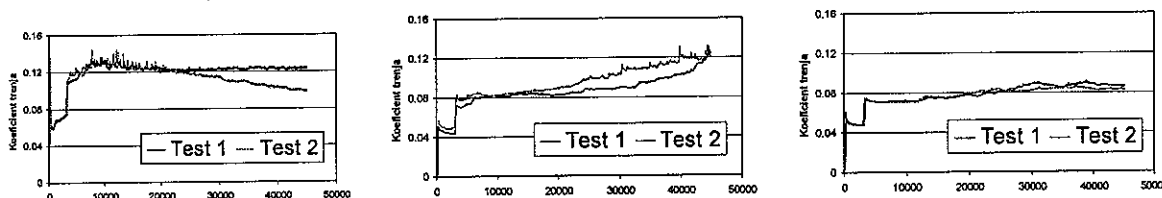
vrednosti. S stališča mazanja komponent je to zelo iskana lastnost. Tudi ostale mešanice so pokazale podoben, konstanten potek trenja s časom.



Slika 9: Srednja vrednost koeficienta trenja (COF)



Slika 10: Premer obrabnih kalot kroglic



Slika 11: Potek koeficienta trenja s časom

## Povzetek

Preskus mazalnih lastnosti rastlinskih olj je pokazal, da so rastlinska olja v splošnem zelo dobra maziva. Njihova struktura – estri maščobnih kislin, omogoča dobro adhezijo na kontaktno površino in to brez kakršnih koli dodatkov, aditivov. Pri nizkih obratovalnih temperaturah in nizkih kontaktnih tlakih kažejo vsi vzorci rastlinskih olj odlične torne in protiobrabne lastnosti (sliki 7 in 8). Pri povišani temperaturi in nizkem kontaktnem tlaku, slabše rezultate kaže le ricinusovo olje. Pri povečani obremenitvi, ki ustreza kontaktnemu tlaku 2 MPa in nizki obratovalni temperaturi, pa se že pokažejo razlike v mazalnih sposobnostih posameznih olj. V skupini, ki zadrži odlične mazalne lastnosti so olja konoplje, ricinusa, bele gorjušice, oljne ogrščice in sončnice, medtem ko olja iz lanu, soje in rička kažejo povečano obrabo. Olje iz koruze je nekako med tema dvema skupinama. Pri povišani temperaturi preskusa in istem kontaktnem tlaku vsa olja pokažejo precej slabše protiobrabne lastnosti, še posebej olji konoplje in soje ter ricinusovo olje. V teh pogojih obremenitve pa kaže opozoriti na olje bele gorjušice, ki kaže najnižji koeficient trenja prav tako pa primerjalno z ostalimi olji nizko obrabo. Pri najvišjem kontaktnem tlaku so protiobrabne lastnosti maziv slabe, malce boljše torne lastnosti pa kažeta olji iz sončnice in bele gorjušice.

Preskus mešanic olj iz oljne ogrščice in soje je pokazal, da so srednje vrednosti tornih in protiobrabnih lastnosti mešanic podobne vrednostim, ki smo jih dobili s posameznimi olji s katerimi smo tvorili mešanice (sliki 9 in 10), potek koeficienta trenja s časom pa je pri mešanicah veliko bolj stabilen (slika 11).

Kinematična viskoznost rastlinskih olj je podobna in je izmerjena pri 40 °C v razponu od 27 do 47 mm<sup>2</sup>/s, razen za ricinusovo olje, ki znaša kar 248 mm<sup>2</sup>/s. Naravna viskoznost rastlinskih olj je ustrezna za formulacijo hidravličnih in turbinskih olj, ricinusovega olja pa za zobniška gonila.



**D) Analiza ekonomičnosti pridelave, ocena potenciala in dejanskih možnosti pridelovanja oljnic za območje celotne Slovenije, potencial za proizvodnjo biodizla, energetska bilanca, analize prednosti, slabosti, priložnosti in bojazni širjenja obsega pridelave**

**Analiza ekonomičnosti pridelave oljnic**

Pridelava oljnic za proizvodnjo biodizla je ena od podjetniških priložnosti tudi za kmetijstvo. V projektu je zajet prikaz ključnih ekonomskih kazalcev dveh - po obsegu pridelave v Sloveniji najznačilnejši oljnic – oljne ogrščice in koruze. Ekonomičnost pridelave se v posameznih letih spreminja, saj je v največji meri pogojena z višino odkupne cene, proizvodnimi stroški in povprečnim hektarskim pridelkom. V poročilu so predstavljeni podatki in izračuni za leto 2008 na podlagi oblikovanega input / output modela (MS Excel) za simulacijo izračunov pomembnejših ekonomskih kazalcev kot so lastna cena, vrednost proizvodnje, finančni rezultat in koeficient ekonomičnosti. Predstavljeni so tudi različni scenariji možnih izračunov obravnavanih ekonomskih kazalcev glede na višino pridelka oz. odkupno ceno (monografija *Oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel* na straneh 83 do 86).

**Podjetniška priložnost proizvodnje surovin za biodizel v okviru dopolnilnih dejavnosti kmetij**

Kmetije na območjih s težjimi razmerami za pridelovanje so prisiljene iskati druge vire prihodka v obliki dopolnilnih dejavnosti. Dopolnilne dejavnosti so tako pomembne predvsem za tiste kmetije, kjer obseg kmetijske dejavnosti ne omogoča polne zaposlenosti članom družine. Rezultati raziskovanj Statističnega urada Republike Slovenije kažejo, da se je z dopolnilno dejavnostjo v letu 2002 v Sloveniji ukvarjalo okoli 4900 kmetij (okoli 6%). Vendar pa je pridobivanje in prodaja energije iz biomase kot kmetijska dopolnilna dejavnost še v povojih.

Po različnih ocenah je v Sloveniji potencialno primernih površin za pridelavo oljne ogrščice do 7000 hektarjev. Možnosti za povečanje pridelave so v severovzhodni Sloveniji, Podravju, Posavju in v oklici Ljubljane, delno tudi še na vzhodnem delu Gorenjske. Po načrtih naj bi do leta 2010 oljno ogrščico v RS pridelovali na 3500 hektarjih. Pričakovati je, da se bo zaradi ekonomskih razlogov pridelovalcev, zahtev EU in domače zakonodaje, koruznega hrošča ter upoštevanja zahtev navzkrižne skladnosti in zahtev Programa razvoja podeželja v nekaj letih spremenila setvena struktura.

V projektu je v okviru podjetniških priložnosti v kmetijstvu predstavljena tudi primerjava proizvodnje biodizla kot dopolnilne dejavnosti v primerjavi z industrijskim načinom, ki se razlikuje predvsem po obsegu proizvodnje oz. podjetniški organiziranosti (monografija *Oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel* na straneh 145 do 148).

## Potencial za proizvodnjo biodizla na kmetijskih površinah v RS, energetska bilanca

### Pomembne ugotovitve:

- Neto pridelek biodizla iz oljne ogrščice je  $729 \text{ l ha}^{-1}$ , soje  $442 \text{ l ha}^{-1}$  in sončnice  $309 \text{ l ha}^{-1}$ .
- Materialni stroški za liter biodizla iz oljne ogrščice znašajo  $0,48 \text{ €}$ , iz sončnice  $0,67 \text{ €}$  in soje  $0,30 \text{ €}$ . Če upoštevamo stroške dela, so še višji. Stranski pridelek zrnja bi uporabili za krmo.
- Glede na majhen hektarski neto pridelek olja pridelava biodizla ne more konkurirati drugim poljščinam. Ob predpostavki, da bi v Sloveniji namenili oljnicam  $15.000 \text{ ha}$  njiv, bi bila potencialna proizvodnja dizla (iz oljne ogrščice)  $8.000 \text{ ton}$ .
- V Sloveniji je med oljnicami oljna ogrščica tako v pogledu energetske kot finančne bilance najbolj primerna poljščina za proizvodnjo biodizla.
- Neto bilanca biodizla na hektar je okoli  $600 \text{ kg}$  biodizla oziroma  $24.000 \text{ MJ}$ .
- Upoštevaje vse stroške znaša pri pridelku  $3,4 \text{ t/ha}$  lastna cena  $0,26 \text{ €/kg}$  zrnja.

### Metode dela

Iz statističnih podatkov smo za obdobje 1960 – 2006 za Slovenijo pridobili podatke o trendu obdelovalnih zemljišč (njiv in vrtov), ki so lahko potencialna zemljišča za gojenje njivskih oljnic (oljna ogrščica, sončnica in soja). Za isto obdobje smo pridobili tudi podatke o pridelovanju vseh glavnih poljščin (ne dosevkov), ki so bile posejane na več kot  $500 \text{ ha}$ . Opravili smo regresijsko analizo, s katero smo ugotovili povprečne letne spremembe njivskih zemljišč kot tudi spremembe o zasedenosti posameznih poljščin na njivah. Za potrebe študije smo se usmerili predvsem v obdobje po ukinitvi pridelovanja sladkorne pese po letu 2004. Po načelih stroke smo pripravili ustrezeni njivski kolobar, upoštevajoč delež površin, ki pripada posamezni poljščini po njihovi dejanski zasedenosti njiv. Ob tem smo upoštevali, da sta lahko ogrščica in sončnica na isti njivi (parceli) kvečjemu vsako četrto leto in soja vsako drugo leto.

Iz podatkov smo povzeli površino in pridelke oljnic v Sloveniji v letih 2006 in 2007; ogrščice je bilo  $5358 \text{ ha}$  (podatek za leto 2008) in pridelek  $2751 \text{ kg ha}^{-1}$ , sončnice je bilo  $251 \text{ ha}$  in pridelek  $1735 \text{ kg ha}^{-1}$ , soje  $126 \text{ ha}$  in pridelek  $2761 \text{ kg ha}^{-1}$ .

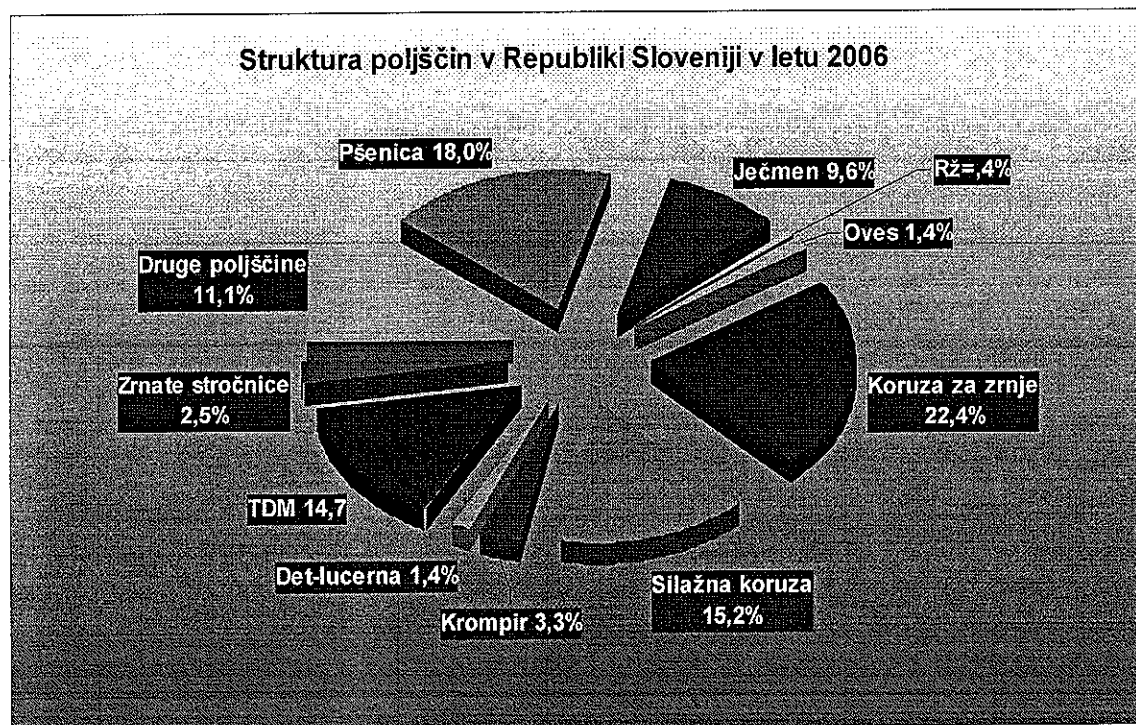
Energetska bilanca in proizvodnja biodizla je bila izračunana s podmeno, da predstavlja bruto pridobljeno energijo količina proizvedenega oljnega estra (biodizel,  $\text{MJ ha}^{-1}$ ), neto energijo pa predstavlja bruto energija, zmanjšana za energijo, ki je bila potrebna za: pridelavo semena, proizvodnjo mineralnih gnojil, fitofarmaceutskih sredstev, porabljenega goriva ( $170 \text{ ml kW}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) in amortizirano energijo, vloženo v mehanizacijo in gospodarska poslopja. Energetska vrednost nafte je  $45,4 \text{ MJ kg}^{-1}$  in estra olja oljne ogrščice  $40,0 \text{ MJ kg}^{-1}$ . Preračun litra olja v kilograme olja je bil opravljen tako, da smo liter olja pomnožili s faktorjem  $0,84$ :  $1 \text{ kg olja} = 1 \text{ liter olja} \times 0,84$ . Pri estrifikaciji olja dobimo, glede na količino olja,  $75\%$  biodizla.

Saldo finančne bilance na ravni materialnih stroškov je bil opravljen po ceniku strojnih storitev za leto 2008 in po veljavnem ceniku za mineralna gnojila in fitofarmacevtska sredstva.

### Gibanje njivskih površin v obdobju 1960 – 2006 in delež oljnic

Obseg in delež njiv za oljnice pomembno določa površina njiv. Iz slike 6 je razvidno strmo padanje njivskih površin vse od leta 1960 do 1976, nato je padanje počasnejše do leta 1990 – vzrok je verjetno v le formalnem spremljanju gibanja njiv. Po osamosvojitvi je bila opravljena natančna inventarizacija njiv, le-ta pa je pokazala, da je bilo takrat njivskih zemljišč v rabi le okrog 185.000 ha. V naslednjih letih je prišlo, zaradi uvedbe hektarskih premij, do umirjanja upadanja njiv, tako da se je do leta 2006 površina njiv ustavila pri 170.000 ha (odšteti je 3000 ha vrtov). S poenotenjem hektarskih premij po letu 2012 lahko pričakujemo nadaljnje zmanjševanje njivskega fonda, nikakor pa povečanja. Pridelava oljnic lahko tako poteka kvečjemu v okviru sedaj razpoložljivih njiv. Pri tem je treba upoštevati potrebo po voluminozni krmni na kmetijah z intenzivno živinorejo (močna krmila dokupijo).

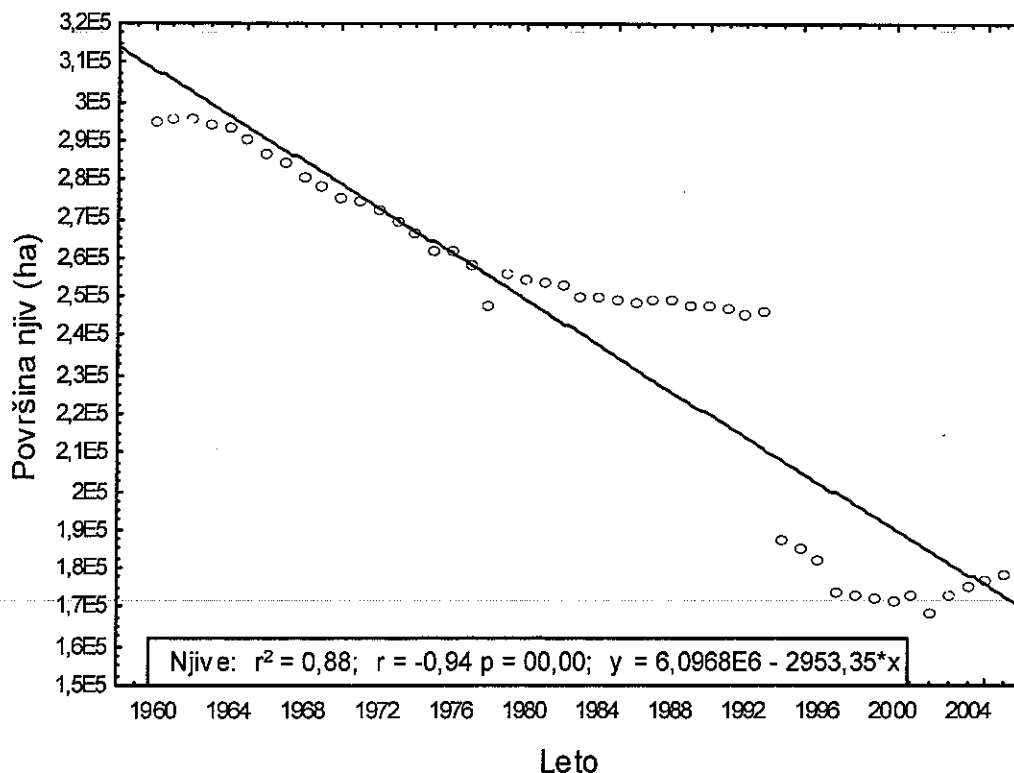
Ker je struktura poljščin, z izjemo koruze in pšenice, zelo razpršena, lahko optimaliziramo kolobar tako, da oblikujemo dva kolobarja; okopavinskega in kolobar z deteljo. Kolobar z ogrščico je štiriletan, ogrščica pa kot kolobarni člen nastopa skupaj z drugimi oljnicami in zrnatimi stročnicami. Imamo precejšen delež njiv (7,5%) s tako imenovanimi malimi poljščinami. Največji delež teh njiv pa pripada njivskim zelenjadnicam (zelje, čebula, korenje, rdeča pesa, motovilca, radič itd). Ker so le-te po pravilu intenzivne poljščine, jih ogrščica ne more zamenjati.



Slika 5: Struktura poljščin v Sloveniji v letu 2006

Slika 5 prikazuje strukturo poljščin v Sloveniji v letu 2006. Glede na skupine poljščin v kolobarju je struktura naslednja: strnih žit je 29,4%, okopavin je 40,9%, stročnic in listank (vključene tudi TDM) je 18,6%. Drugih poljščin (pesa, buča, ogrščica itd) je 11,1%.

Za oljnice kot energetske poljščine se lahko pridobi del njiv, ki so trenutno pod stročnicami in listankami, in del njiv, ki so na sliki 5 prikazane kot »Druge poljščine«. Ni pričakovati pomembnejše znižanje površin pod glavnimi poljščinami (pšenica, koruza, oves, deloma TDM), ker bi to povzročilo spremembe tudi v obsegu živinorejske proizvodnje. Ocenjujemo, da lahko znaša **realni delež oljnic za biodizel okoli 8-10% njiv**. Iz slike 6 izhaja, da je bilo leta 2007 v Sloveniji okoli 176.000 ha njiv, torej lahko znašajo površine pod oljnicami za biodizel okoli 15.000 ha. Ogrščica bi prišla v kolobarju po ozimni pšenici: koruza, pšenica ali rž ali oves, oljna ogrščica, mnogocvetna ljujka ali inkarnatka, koruza za silažo, ječmen s podsevom detelja, detelja.



Slika 6: Površina njiv v RS

Od 170.000 ha njiv v Sloveniji je okoli 6.000 ha oljnic, od tega največji delež pripada ogrščici. V zadnjih letih je ogrščica zasedla njive, ki jih je do nedavnega zasedala opuščena sladkorna pesa. Zaradi majhne posestne strukture in intenzivne živinoreje, ki potrebuje voluminozno krmo, so možnosti za nadaljnje povečanje površin pod oljnicami za proizvodnjo biodizla zelo omejene.

Čeprav ogrščica v kolobarju nastopa neposredno po pšenici, bi jo ob ustrezni gospodarnosti kot kolobarni člen lahko tudi zamenjala. Trenutna cena ogrščice brez davka je  $0,31 \text{ € kg}^{-1}$ , cena pšenice pa  $0,165 \text{ € kg}^{-1}$ . Toda censka pariteta 1 : 1,88 med ogrščico in pšenico za prvo ni ugodna, zato so v zadnjem letu v ZRN zmanjšali površine s to poljščino za 8%. Iz

povedanega izhaja, da ogrščica ni kompetitivna skoraj z nobeno veliko poljščino («grande culture»). Zato lahko zgornji obseg njiv pod to poljščino od sedanjih, okoli 6.000 ha, postavimo v zgornji okvirni razpon 10.000 do 15.000 ha.

### Hektarski pridelek biodizla iz oljne ogrščice in njegovi materialni stroški

Vsebnost olja v semenu (zrnju) oljne ogrščice znaša 43-45%, realno je izplen olja okoli 42% od mase zrnja z 9% vlažnostjo. Pri zaestritvi olja dobimo 75% biodizla, preostanek so derivati glicerola.

Za gospodarnost pridelave je pomemben izkoristek stranskega pridelka oljnic. V obliki tropin (ogrščica, sončnica) ali moke (soja) je ta stranski pridelek zaradi visoke vsebnosti kakovostnih beljakovin zaželen dodatek v proizvodnji močnih krmil. Za povečanje gospodarnosti proizvodnje oljnic je tako treba v obračunati tudi ta del pridelka. V našem primeru smo pri izračunu materialnih stroškov za biodizel le-te razdelili v deležih pridelka olja in moke ali tropin v celotnem hektarskem pridelku ogrščice. Rezultat izračuna z bruto in neto pridelkom olja prikazuje preglednica 3.

Preglednica 3: Materialni stroški (€ ha<sup>-1</sup>) pri pridelavi ogrščice (leto 2007, pridelek 2751 kg ha<sup>-1</sup>)

Vrsta stroškov	Količina ha <sup>-1</sup> (porabljena nafta)	Cena za enoto (€)	Materialni stroški (€ ha <sup>-1</sup> )	Biodizel (l ha <sup>-1</sup> )	Energija (MJ ha <sup>-1</sup> )
Seme	5 kg (4 l nafte)	1,25	6,25		152
N:P:K 7:20:30	550 kg (65 l nafte)	0,225	123,75		2479
KAN 27% N	400 kg (216 l nafte)	0,25	100,00		8237
Apnenje (CaO)	800 kg (10 l nafte)	0,06	24,00		381
Treflan	2,5 k (3 l nafte)	9,78	24,45		114
Traktor s priključki	18 ur (229 l nafte)	20,86	375,48		8733
Kombajniranje	3,5 ur (117 l nafte)	40,00	140,00		4461
Investicije (mehanizacija, poslopja) ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>					5118
Porabljena energija, nafta (644 l x 0,840 kg l <sup>-1</sup> + 5118 MJ:45,4 MJ kg <sup>-1</sup> )				742	24931
Porabljena energija, nafta – delež za olje (42%)				312	10483
Zavarovanje			20,86		
Skupaj materialni stroški za pridelek na hektar			814,79		
Skupaj proizvedena energija (2751 kg x 0,42 olja x 0,75)				1031	34642
Saldo energije				+719	24159
Materialni stroški l <sup>-1</sup> (342 € : 719 l)			0,48 € l <sup>-1</sup>		

Kot je iz preglednice razvidno, je bruto proizvodnja biodizla  $1.031 \text{ l ha}^{-1}$  ( $0,866 \text{ t ha}^{-1}$  oziroma v ekvivalentu fosilnega dizla  $0,762 \text{ t ha}^{-1}$ ), energetska vrednost ogršičnega biodizla je namreč za okrog 12% nižja od fosilnega dizla. Celokupni output energije (gorivo za pogonske stroje, gorivo za izdelavo strojev, za gospodarska poslopja itd) znaša  $742 \text{ l ha}^{-1}$  biodizla, ker pa lahko porabo dizla zmanjšamo sorazmerno z deležem krmnih tropin, je dejanska porabljena energija za proizvodnjo biodizla le  $312 \text{ l ha}^{-1}$ . Saldo energije pri oljni ogrščici je torej  $719 \text{ l ha}^{-1}$  biodizla ( $0,603 \text{ t ha}^{-1}$  biodizla oziroma  $0,531 \text{ t ha}^{-1}$  fosilnega dizla). Materialni strošek (pokritje) brez davka za liter biodizla znaša  $0,48 \text{ €}$ . Živo delo ni vključeno v ta strošek. Ob vključitvi stroškov dela, predelave olja v biodizel in transportnih stroškov, bi celotni stroški za liter biodizla verjetno dosegli okoli  $1 \text{ € l}^{-1}$ .

Ogrščica bi prišla v kolobarju po ozimni pšenici: koruza, pšenica ali rž ali oves, oljna ogrščica, mnogocvetna ljulka ali inkarnatka, koruza za silažo, ječmen s podsevkom detelja, detelja. Upošteva se bilanco energije na hektar, v kateri je v okviru »pasive« upoštevana energija za proizvodnjo kmetijske mehanizacije, energijo za infrastrukturo (gospodarska poslopja), za gnojila, fitofarmacevtska sredstva, apnjenje, in gorivo – k »aktivni« pa upoštevali energetski ekvivalent pridelanega goriva dizel, je **edino pri oljni ogrščici omembe vredna neto obnovljiva energija v obliki biodizla**. Skupna proizvedena količina znaša okoli  $1200 \text{ l kg}$  biodizla, po odbitku energije za proizvodnjo (okrog  $600 \text{ kg}$ ), znaša neto proizvodnja biodizla okoli  $600 \text{ kg}$ . Ker znašajo materialni stroški proizvodnje  $890 \text{ €/ha}$ , so pri pridelku  $3,4 \text{ t/ha}$  proizvodni stroški za  $1 \text{ kg}$  zrnja  $0,26 \text{ EUR}$ .

#### **Hektarski pridelek biodizla iz sončnice in njegovi materialni stroški**

Sončnice je v Sloveniji le nekaj sto hektarov in pridelek znaša  $17-22 \text{ dt ha}^{-1}$ . V pregl. 4 je obravnavan povprečni hektarski pridelek sončnice v letu 2007. Izvid je nedvoumen: po odštetju energije za proizvodnjo olja ostane le še  $307 \text{ l ha}^{-1}$  oziroma  $0,258 \text{ t ha}^{-1}$  biodizla, kar predstavlja ekvivalent  $0,267 \text{ t ha}^{-1}$  fosilnega dizla. Temu sorazmerno so tudi materialni stroški za liter biodizla visoki, saj znašajo  $0,67 \text{ € l}^{-1}$ . Sklenemo lahko, da pridelava sončnice za biodizel ni zanimiva, majhen obseg proizvodnje pa nakazuje, da tudi za proizvodnjo jedilnega olja ni.

#### **Hektarski pridelek biodizla iz soje in njegovi materialni stroški**

Problem soje je, da je spravilo pridelka zaradi vremenskih razmer nezanesljivo. Zato je posejemo le nekaj več kot  $100 \text{ ha}$ .

Čeprav ni razširjena, tudi zato, ker nimamo sojarne, pa je za proizvodnjo biodizla vsaj v količinskem in dohodkovnem pogledu lahko zanimiva – seveda pod pogojem, da nosi ustrezni del stroškov tudi sojina moka, ki jo uporabimo v proizvodnji močnih krmil. Neto pridelek biodizla je  $442 \text{ l ha}^{-1}$  ( $0,371 \text{ t ha}^{-1}$  oz. ekvivalent  $0,326 \text{ t ha}^{-1}$ ).

Pregl. 4: Materialni stroški (€ ha<sup>-1</sup>) pri pridelavi sončnice (leto 2007, pridelek 1735 kg ha<sup>-1</sup>)

Vrsta stroškov	Količina ha <sup>-1</sup> (porabljena nafta)	Cena za enoto (€)	Materialni Stroški (€ ha <sup>-1</sup> )	Biodizel (l ha <sup>-1</sup> )	Energija (MJ ha <sup>-1</sup> )
Seme	25 (4 l nafte)	1,25	31,25		153
	600 kg (71 l nafte)	0,225	135		2708
KAN 27% N	300 kg (162 l nafte)	0,25	75		6178
Apnenje (CaO)	800 kg (10 l nafte)	0,06	24		381
Treflan	2,5 k (3 l nafte)	9,78	24,45		114
Traktor s priključki	12 ur (153 l nafte)	20,86	250,32		5835
Kombajniranje	2,5 ur (84 l nafte)	40,00	100,00		3203
Investicije (mehanizacija, poslopja) ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>					5118
Porabljena energija, nafta (487 l x 0,840 kg l <sup>-1</sup> + 5118 MJ:45,4 MJ kg <sup>-1</sup> )				592	19891
Porabljena energija, nafta – delež za olje (32%)				189	6365
Zavarovanje			20,86		
Skupaj materialni stroški za pridelek na hektar			640,00		
Skupaj proizvedena energija (1735 kg x 0,32 olja x 0,75)				496	16666
Saldo energije				+307	10315
Materialni stroški l <sup>-1</sup> (204 € : 307 l)			0,67 € l <sup>-1</sup>		

Preglednica 5: Materialni stroški [€ ha<sup>-1</sup>] pri pridelavi soje (leto 2007, pridelek 2761 dt ha<sup>-1</sup>)

Vrsta stroškov	Količina ha <sup>-1</sup> (porabljena nafta)	Cena za enoto [€]	Materialni stroški [€ ha <sup>-1</sup> ]	Biodizel [l ha <sup>-1</sup> ]	Energija [MJ ha <sup>-1</sup> ]
Seme	180 kg (5 l nafte)	0,30	54		191
N:P:K 7:20:30	600 kg (71 l nafte)	0,225	135		2708
KAN 27% N	100 kg (69 l nafte)	0,25	25		2631
Apnenje (CaO)	800 kg (10 l nafte)	0,06	24		381
Treflan	2,5 kg (3 l nafte)	9,78	24,45		114
Traktor s priključki	10 ur (127 l nafte)	20,86	208,60		4843
Kombajniranje	2,5 ur (84 l nafte)	40,00	100,00		3203
Investicije (mehanizacija, poslopja) ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>					5118
Porabljena energija, nafta (369 l x 0,840 kg l <sup>-1</sup> + 5118 MJ:45,4 MJ kg <sup>-1</sup> )				479	16104
Porabljena energija od pridelka – delež za olje (22,5%)				113	4309
Zavarovanje			20,86		
Skupaj materialni stroški za pridelek na hektar			591,91		
Skupaj proizvedena energija (1751 kg x 0,225 olja x 0,75)				555	18648
Saldo energije				+442	14339
Materialni stroški l <sup>-1</sup> (133,18 € : 449,5 l)			0,30 € l <sup>-1</sup>		

## Sklepi

**Potencial Slovenije za oljnice in neto proizvodnjo biodizla je znatno nižji, ko se v javnosti domneva.** Glede na majhno lastniško zemljiško strukturo se kmetije usmerjajo v intenzivno živinorejo, zato se težko odrečejo pridelovanju voluminozne krme, kamor spadajo koruza in detelje. Žita, ki bi jih oljnice v poljskem kolobarju lahko zamenjale, pa so dohodkovno zanimivejše od oljnic za biodizel.

Od sedanjih okoli 6.000 ha oljnic bi le-te v najboljšem primeru lahko izrinile druge poljščine za še okoli 4.000 – 9.000 ha, skupno torej lahko v Sloveniji računamo na **maksimalno 10.000 – 15.000 ha oljnic.**

**Neto pridelek biodizla iz oljne ogrščice na hektar je 719 l ha<sup>-1</sup> biodizla (0,603 t ha<sup>-1</sup> biodizla oz. 0,531 t ha<sup>-1</sup> fosilnega dizla); pridelek biodizla iz sončnice je 307 l ha<sup>-1</sup> oz. 0,258 t ha<sup>-1</sup> biodizla, kar predstavlja ekvivalent 0,227 t ha<sup>-1</sup> fosilnega dizla; neto pridelek biodizla iz soje pa je 442 l ha<sup>-1</sup> oz. 0,371 t ha<sup>-1</sup> biodizla, z ekvivalentom fosilnega dizla 0,326 t ha<sup>-1</sup>.**

**Količinsko je najizdatnejša oljnica za biodizel ogrščica, dohodkovno pa je najugodnejša soja.**

Ob podmeni, da bi namenili za pridelovanje biodizla še verjetnih 15.000 ha, bi pri oljni ogrščici znašala **neto proizvodnja biodizla 8000 t biodizla v ekvivalentu fosilnega dizla.** Pri gojenju sončnice za biodizel bi bil neto pridelek **3404 t ekvivalenta fosilnega dizla**, pri pridelovanju soje pa **4890 t ekvivalenta fosilnega dizla.**

Materialni stroški za proizvodnjo litra biodizla so najnižji pri soji, najvišji pa pri sončnici. Prodajna cena biodizla iz soje in ogrščice bi utegnila znašati okoli 1 € l<sup>-1</sup>, za biodizel iz sončnice pa bi bila cena višja.



## **SWOT analiza proizvodnje in uporabe biodizla**

V projektu so sistematično predstavljene prednosti, slabosti, priložnosti in nevarnosti (SWOT) proizvodnje surovin in uporabe biodizla. Te imajo lahko tehnološki, agrarno-politični ali pa socio-ekonomski predznak. (i) Pri komparativnih prednostih proizvodnje in uporabe biodizla je v projektu predstavljena njegova biološka razgradljivost in netoksičnost, možnost mešanja z dizlom fosilnega izvora v vseh razmerjih, mazalne lastnosti in temperatura plamenišča, višje cetansko število ter različne specifikacije in standardi. Orisane so tudi možnosti distribucije in emisij biodizla. (ii) Pri slabostih uporabe biodizla so izpostavljene manjša energetska vrednost biodizla, njegova krajša doba skladiščenja, omejen proizvodni potencial in višji proizvodni stroški. (iii) Med priložnosti za njegovo širjenje avtorji projekta izpostavljajo biodizel kot gorivo iz obnovljivih virov, kjer je mogoča uporaba odpadnih produktov kot surovine. Nadalje nakažejo člani projektne skupine možnost dodatnega kolobarjenja, zmanjšanje onesnaževanja ozračja in nenazadnje pomemben prispevek k trajnostnemu razvoju podeželja. (iv) Povečanje emisij dušikovih oksidov, njegove nizkotemperaturne lastnosti, močna kemijska reaktivnost s kovinskimi deli motorja in večja higroskopičnost pa so lastnosti – zaznane, kot nevarnosti pri uporabi biodizla. Na koncu poglavja je navedena tudi izbrana domača in tuja literatura (monografija *Oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel* na straneh 117 do 124).

## **Raba biodizla v okviru strategije EU za biogoriva**

Pomembna tema v razpravah EU je njena prevelika odvisnost od uvožene nafte in plina. Pri postopnem zmanjševanju te odvisnosti lahko igrajo pomembno vlogo biogoriva. Povzeto iz dokumentov Evropske komisije ima strategija EU za biogoriva tri osnovne cilje: (1) spodbujati uporabo biogoriv v EU in državah v razvoju, (2) pripraviti se na širok razpon uporabe biogoriv z izboljšanjem njihove stroškovne konkurenčnosti in optimalnim gojenjem osnovnih surovin in (3) raziskati priložnosti za države v razvoju. Strategija EU za biogoriva pa temelji na 7 političnih usmeritvah, ki so predstavljene v monografiji *Oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel* na straneh 142 do 144.

Priloga: Seznam knjižnic, ki so prejela po najmanj dva izvoda monografije *Oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel*, nastale v okviru projekta.

Biotehniški center Naklo - knjižnica Strahinj 99 202 Naklo	Biotehniška šola Rakičan – knjižnica Lendavska 3 9000 Murska Sobota	Centralna tehniška knjižnica Univerze v Ljubljani Trg republike 3 1000 Ljubljana
Knjižnica Otona Župančiča Kersnikova 2 1000 Ljubljana	Kmetijski inštitut Slovenije – knjižnica Hacquetova 17 1000 Ljubljana	Osrednja knjižnica Kranj Tavčarjeva ulica 41 4000 Kranj
Univerzitetna knjižnica Maribor Drobovska ulica 10 2000 Maribor	Knjižnica Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Pivola 10 2311 Hoče	Koroška osrednja knjižnica dr. Franca Sušnika Na gradu 1 2390 Ravne na Koroškem
Knjižnica Ivana Potrča Prešernova 33-35 2250 Ptuj	Osrednja knjižnica Celje, Oddelek za študij Mariborska 7 3000 Celje	Knjižnica Mirana Jarca Novo mesto Rozmanova ulica 28 8000 Novo mesto
Osrednja knjižnica S. Vilharja - Biblioteka Centr., Koper Trg Brolo 1 6000 Koper	Goriška knjižnica Franceta Bevka Trg Edvarda Kardelja 4 5000 Nova Gorica	Pokrajinska in študijska knjižnica Zvezna ul. 10 9000 Murska Sobota
Knjižnica ZF, Oddelek za agronomijo Kamnikarjeva 101 1000 Ljubljana	Slovenska študijska knjižnica, Celovec / SLOWENISCHE STUDIENBIBLIOTHEK Mikschallee 4 A-9020 Klagenfurt / Celovec AUSTRIA	Knjižnica Univerza v Novi Gorici Vipavska 13 P.P. 301, Rožna Dolina SI-5000 Nova Gorica
Knjižnica Solski center Šentjur Kmetijsko šolo 9 3230 Šentjur pri Celju	Slovenski znanstveni inštitut na Dunaju Seilerstätte 2 A-1010 Wien / Dunaj AUSTRIA	Kmetijska šola Grm in biotehniška gimnazija - knjižnica Sevno 13 8000 Novo mesto

Srednja kmetijska šola Maribor  
knjižnica

Vrbanska 30

Maribor

Narodna in univerzitetna  
knjižnica

Turjaška 1, p.p. 259

1000 Ljubljana

Šolski center Celje – knjižnica

Pot na Lavo 22

3000 Celje

Šolski center Škofja Loka  
Srednja šola za strojništvo

Podlubnik 1/B

20 ŠKOFJA LOKA

Srednja šola Domžale –  
knjižnica

Cesta talcev 12

1230 Domžale

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za strojništvo – knjižnica

Aškerčeva 6

SI-1000 Ljubljana