

# Analiza potencijala izgradnje energetske postrojenja loženih različitim tipovima biomase u Hrvatskoj i odabir lokacija

---

Ćosić, Boris

Master's thesis / Diplomski rad

2008

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:477201>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-08**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**

# **DIPLOMSKI RAD**

Boris Čosić

Zagreb, 2008.

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor:  
Dr. sc. Neven Duić

Boris Ćosić

Zagreb, 2008.

## Sažetak

Tema diplomskog rada je analiza potencijala izgradnje energetskih postrojenja loženih različitim tipovima biomase, te odabir makro-lokacija za izgradnju energetskih postrojenja. Na odabranim makro-lokacijama potrebno je izvršiti analizu tehničkog i energetskog potencijala, te cijene biomase pri čemu se na osam lokacija vrši analiza cijena šumske biomase dok se na preostale dvije lokacije analizira cijena poljoprivredne biomase na pragu elektrane.

Uvodni dio diplomskog rada sadrži općenite podatke o biomasi kao što su podjela biomase, transformacija biomase te energetske vrijednosti različitih tipova biomase. Također je u uvodu napravljena usporedba između potrošnje biomase i plinskog goriva u Hrvatskoj u periodu od 1990. do 2006. godine.

Metodologija izračuna tehničkog i energetskog potencijala, te cijene biomase na pragu elektrane za različite tipova biomase dana je u drugom dijelu rada. Pored ovoga opisan je i postupak izrade ekonomske analize za odabrane makro-lokacije.

U završnom dijelu rada dani su rezultati za tehnički i energetski potencijal različitih tipova biomase. Pored potencijala izračunat je profil ponude biomase, te cijena biomase na pragu elektrane. Na samom kraju rada prikazani su rezultati iz ekonomske analize za tri odabrane lokacije na kojima se planira izgradnja energetskih postrojenja loženih na slamu, kukuruzovinu i na šumske ostatke.

## Summary

The theme of this diploma thesis is analyzing potential for building biomass power plant which is using a different type of biomass fuel. Possible location for building biomass power plant and cost of biomass at power plant location is also analyzed in this diploma thesis. Ten possible location for building power plant is analyzed, eight location are for building power plant which are using forest residual for fuel, and two location are for building power plant which are using agricultural residual for fuel.

Introduction part of this thesis contains commonly characteristic of different type of biomass such as standard classification, energy contents and conversation route of biomass. Consumption of biomass and natural gas in Croatia in period from 1990 to 2006 year is also showed in this part of thesis.

Methodology for technical and energy potential, cost of biomass at power plant location is shown in second part of thesis.

Last part of thesis shows result for technical and energy potential of biomass, cost of different type of biomass at power plant location and economical analysis for three biomass power plant which are using different type of biomass fuel.

## Izjava

*Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno na temelju znanja stečenih na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, te uz korištenje navedene literature. Ovaj diplomski rad izrađen je u suradnji s HEP – obnovljivi izvori energije d.o.o.*

*Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Nevenu Duiću na vodstvu kroz diplomski rad i dr. sc. Draženu Lončaru na pruženoj pomoći. Također zahvaljujem dipl. ing. Marku Banu, dipl. ing. Luki Perkoviću i dipl. ing. Goranu Krajačiću na velikoj i nesebičnoj pomoći.*

*I na kraju, zahvalio bi se svojim roditeljima majci Milivojki i ocu Ivici, te sestrama Moniki i Dariji na njihovom razumijevanju i beskrajnoj podršci.*

Boris Ćosić

## Sadržaj

|  |            |
|--|------------|
| <b>Sažetak</b> .....   | <b>I</b>   |
| <b>Summary</b> .....   | <b>II</b>  |
| <b>Izjava</b> .....  | <b>III</b> |
| <b>Sadržaj</b> .....   | <b>1</b>   |
| <b>Popis oznaka</b> .....  | <b>2</b>   |
| <b>Popis slika</b> .....   | <b>3</b>   |
| <b>Popis tablica</b> .....   | <b>5</b>   |
| <b>1. UVOD</b> .....   | <b>7</b>   |
| <b>2. METODOLOGIJA</b> .....   | <b>17</b>  |
| 2.1 Tehnički potencijal poljoprivredne biomase i šumskih ostataka.....         | 17         |
| 2.1.1 Tehnički potencijal slame.....   | 18         |
| 2.1.2 Tehnički potencijal kukuruzovine .....                                   | 23         |
| 2.1.3 Tehnički potencijal šumskih ostataka (panjevi, sitna granjevina).....    | 26         |
| 2.2 Mjesečni profil ponude biomase.....  | 28         |
| 2.3 Energetski potencijal poljoprivredne biomase i šumskih ostataka .....      | 29         |
| 2.4 Makro-lokacije za izgradnju energetske postrojenja loženih na biomasu..... | 31         |
| 2.5 Analiza fluktuacije cijene biomase.....                                    | 32         |
| 2.6 Ekonomska analiza energetske postrojenja na odabranim lokacijama .....     | 34         |
| 2.6.1 Prihodi energetske postrojenja .....                                     | 34         |
| 2.6.2 Troškovi energetske postrojenja.....                                     | 34         |
| <b>3. REZULTATI</b> .....  | <b>37</b>  |
| 3.1 Tehnički potencijal poljoprivredne biomase i šumskih ostataka.....         | 37         |
| 3.1.1 Tehnički potencijal slame.....   | 37         |
| 3.1.2 Tehnički potencijal kukuruzovine .....                                   | 42         |
| 3.1.3 Tehnički potencijal šumskih ostataka (panjevi, sitna granjevina).....    | 47         |
| 3.2 Mjesečni profil ponude biomase.....  | 48         |
| 3.3 Energetski potencijal poljoprivredne biomase i šumskih ostataka .....      | 51         |
| 3.3.1 Energetski potencijal slame .....  | 51         |
| 3.3.2 Energetski potencijal kukuruzovine .....                                 | 52         |
| 3.3.3 Energetski potencijal šumskih ostataka (panjevi, sitna granjevina).....  | 53         |
| 3.4 Makro-lokacije za izradu energetske postrojenja loženih na biomasu.....    | 54         |
| 3.5 Analiza fluktuacije cijene biomase.....                                    | 55         |
| 3.5.1 Cijena poljoprivredne biomase na pragu elektrane .....                   | 55         |
| 3.5.2 Cijena šumskih ostataka na pragu elektrane.....                          | 56         |
| 3.6 Ekonomska analiza makro-lokacija.....                                      | 57         |
| 3.6.1 Lokacija Đakovo (kukuruzovina).....                                      | 57         |
| 3.6.2 Lokacija Vukovar (slama) .....   | 61         |
| 3.6.3 Lokacija Zagreb (šumski ostatak) .....                                   | 65         |
| <b>4. ZAKLJUČAK</b> .....  | <b>69</b>  |
| <b>5. LITERATURA</b> .....   | <b>70</b>  |

## Popis oznaka

| Oznaka   | Jedinica | Opis  |
|----------|----------|---|
| $E_p$    | GJ       | Energetski potencijal biomase   |
| $T_p$    | t        | Tehnički potencijal biomase   |
| $H_d$    | GJ/t     | Donja ogrjevna vrijednost biomase                                     |
| $G_c$    | €/t      | Prosječna cijena biomase na pragu elektrane                           |
| $C_b$    | €/t      | Cijena biomase  |
| $T_p$    | €/t/km   | Trošak prijevoza biomase  |
| $U_i$    | km       | Udaljenost od lokacije do sjedišta županije iz koje se dovozi biomasa |
| $K_{bi}$ | t        | Ukupna količina biomase dovezena iz županije                          |
| $P_b$    | t        | Potrebna količina biomase za godišnji rad elektrane                   |
| CR       | -        | Faktor povrata kapitala (capital recovery)                            |
| IRR      | -        | Unutrašnja stopa povrata  |
| i        | -        | Godišnja kamata kredita   |
| n        | -        | Rok otplate kredita   |



## Popis slika

|  |    |
|--|----|
| Slika 1.1. Biomase i okoliš [18] .....   | 8  |
| Slika 1.2. Načelna shema proizvodnje energije iz biomase [25].....   | 10 |
| Slika 1.3. Proizvodnja primarne energije (u Mten), te bruto proizvodnja električne energije (u TWh) iz krute biomase u nekim europskim državama u 2005. godini [31]. ..... | 13 |
| Slika 1.4. Neposredna potrošnja ogrjevnog drveta i biomase, te plinovitih goriva, u Hrvatskoj, u periodu od 1990. do 2006. godine u PJ [32].....                           | 14 |
| Slika 2.1. Prekrivenost tla u ovisnosti o količini biomase ostavljenoj na poljima [36] .   | 21 |
| Slika 2.2. Vrste drveta, drvna zaliha u mil. m <sup>3</sup> te udio u šumskogospodarskom području kojim gospodare Hrvatske šume d.o.o. [39].....                           | 26 |
| Slika 2.3. Skladištenje poljoprivredne biomase na otvorenom [41].....  | 28 |
| Slika 2.4. Investicijski troškovi energetske postrojenja loženih biomasom.....   | 35 |
| Slika 3.1. Proizvodnja slame na hrvatskim poljima, po županijama.....  | 37 |
| Slika 3.2. Proizvodnja slame na poljima obiteljskih gospodarstava, pravnih osoba i njihovi subjekata, te ukupna proizvodnja slame u Hrvatskoj.....                         | 38 |
| Slika 3.3. Količine slame potrebne za zaštitu tla od erozije u Hrvatskoj, po županijama .....  | 39 |
| Slika 3.4. Količine slame potrebne za zaštitu tla na poljima obiteljskih gospodarstava, pravnih osoba i njihovi subjekata, te ukupna potrebna količina slame .....         | 39 |
| Slika 3.5. Količine slame potrebne za stočarsku proizvodnju po županijama .....  | 40 |
| Slika 3.6. Količine slame potrebne za stočarsku proizvodnju na obiteljskim gospodarstvima, na gospodarstvima pravnih osoba, te ukupna potrebna količina slame .....        | 40 |
| Slika 3.7. Tehnički potencijal slame u Hrvatskoj, po županijama .....  | 41 |
| Slika 3.8. Ukupni tehnički potencijal, te tehnički potencijal slame na poljima obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba.....  | 41 |
| Slika 3.9. Ukupna proizvodnja kukuruzovine u Hrvatskoj, po županijama.....   | 42 |
| Slika 3.10. Ukupna proizvodnja kukuruzovine u Hrvatskoj, te na poljima pravnih osoba i obiteljskih gospodarstava .....   | 43 |
| Slika 3.11. Količina kukuruzovine koja ostaje na poljima zbog gubitaka prilikom upotrebe mehanizacije .....  | 43 |

|  |    |
|--|----|
| Slika 3.12. Ukupna kukuruzovina na poljima koja ostaje nakon prikupljanja, te na poljima obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba .....                                 | 44 |
| Slika 3.13. Kukuruzovina potrebna za zaštitu tla od erozije po županijama.....   | 44 |
| Slika 3.14. Ukupne količine kukuruzovine potrebne za zaštitu tla, te potrebne količine kukuruzovine za zaštitu polja na obiteljskim gospodarstvima i pravnih osoba ..... | 45 |
| Slika 3.15. Tehnički potencijal kukuruzovine u Hrvatskoj, po županijama.....   | 45 |
| Slika 3.16. Ukupni tehnički potencijal kukuruzovine u Hrvatskoj, te tehnički potencijal na obiteljskim i pravnih osoba gospodarstvima .....                              | 46 |
| Slika 3.17. Tehnički potencijal šumskih ostataka po županijama .....   | 47 |
| Slika 3.18. Količina šumskih ostataka u prvom tromjesečju po županijama .....  | 48 |
| Slika 3.19. Količina šumskih ostataka u drugom tromjesečju po županijama .....   | 49 |
| Slika 3.20. Količina šumskih ostataka u trećem tromjesečju po županijama.....  | 49 |
| Slika 3.21. Količina šumskih ostataka u četvrtom tromjesečju po županijama .....   | 50 |
| Slika 3.22. Dinamika nastajanja šumskih ostataka u Hrvatskoj po tromjesečjima .....  | 50 |
| Slika 3.23. Energetski potencijal slame u Hrvatskoj, po županijama.....  | 51 |
| Slika 3.24. Ukupni energetski potencijal slame, te potencijal slame na poljima obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba.....  | 51 |
| Slika 3.25. Energetski potencijal kukuruzovine u Hrvatskoj, po županijama.....   | 52 |
| Slika 3.26. Ukupni energetski potencijal kukuruzovine, te potencijal kukuruzovine na poljima obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba .....                             | 52 |
| Slika 3.27. Energetski potencijal šumskih ostataka u županijama .....  | 53 |

## Popis tablica

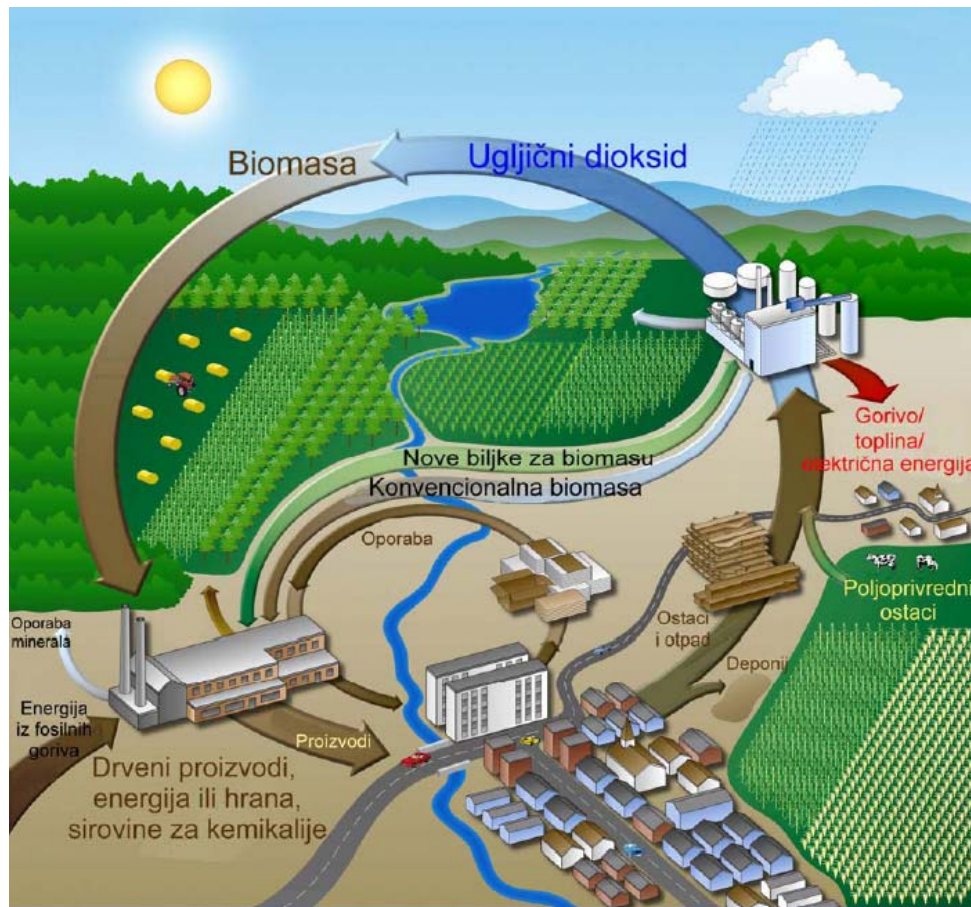
|   |    |
|---|----|
| Tablica 1.1. Ogrjevne vrijednosti drvene biomase u ovisnosti o sadržaju vlage i pepela, u Hrvatskoj [30].....   | 11 |
| Tablica 1.2. Ogrjevna vrijednost raznih vrsta biomase u ovisnosti o sadržaju vlage u biomasi te nasipna gustoća za pojedine vrste biomase [22]. .....                 | 12 |
| Tablica 2.1. Proizvodnja pšenice u Hrvatskoj, u razdoblju od 1996 do 2006 godine [33] .....   | 18 |
| Tablica 2.2. Ukupna proizvodnja pšenice, te proizvodnja na poljima pravnih subjekata i obiteljskih gospodarstava u Hrvatskoj, po županijama [33].....                 | 19 |
| Tablica 2.3. Vrijednost žetvenog omjera u ovisnosti o načinu obrade tla i količine dušika unesene u tlo [35] .....  | 20 |
| Tablica 2.4. Minimalna potrebna količina slame za zaštitu tla od erozije [34].....  | 21 |
| Tablica 2.5. Broj goveda u poljoprivrednim kućanstvima i poslovnim subjektima te ukupan broj goveda u Hrvatskoj, po županijama za 2003. godinu [33] .....             | 22 |
| Tablica 2.6. Proizvodnja kukuruza u Hrvatskoj, 1996-2006 [33] .....   | 23 |
| Tablica 2.7. Proizvodnja kukuruza u Hrvatskoj, po županijama, te proizvodnja kukuruza na obiteljskim gospodarstvima i u tvrtkama u razdoblju od 2002-2006 [33]. ..... | 24 |
| Tablica 2.8. Površine šuma i šumskog zemljišta, drvena zaliha, godišnji tečajni prirast i etat po županijama za državne šume kojima gospodare HŠ d.o.o. [39] .....    | 27 |
| Tablica 2.9. Gustoća drveta u ovisnosti o vlažnosti i vrsti drveta [39] .....   | 30 |
| Tablica 2.10. Cijena usluga koje naplaćuju HŠ d.o.o. prema vrsti radova i vrsti sortimenta [39].....  | 32 |
| Tablica 2.11. Cijena drvene sječke na šumskom putu prema vrsti drveta i sortimenta [39] .....   | 33 |
| Tablica 2.12. Prosječna godišnja amortizacijska stopa .....   | 36 |
| Tablica 3.1. Cijena kukuruzovine na pragu elektrane, za tri slučaja cijene transporta ..  | 55 |
| Tablica 3.2. Cijena slame na pragu elektrane, za tri slučaja cijene transporta .....  | 56 |
| Tablica 3.3. Cijena sječke na pragu elektrane za odabrane lokacije i tri slučaja cijene transporta .....  | 56 |
| Tablica 3.4. Trošak izgradnje energetskog postrojenja .....   | 57 |
| Tablica 3.5. Trošak goriva.....   | 58 |

|   |    |
|---|----|
| Tablica 3.6. Trošak održavanja .....                                | 58 |
| Tablica 3.7. Troškovi kapitala .....                                | 59 |
| Tablica 3.8. Amortizacija postrojenja .....                         | 59 |
| Tablica 3.9. Godišnji prihodi od prodaje električne energije .....  | 60 |
| Tablica 3.10. Trošak izgradnje energetske postrojenja .....         | 61 |
| Tablica 3.11. Trošak goriva .....                                   | 62 |
| Tablica 3.12. Trošak održavanja .....                               | 62 |
| Tablica 3.13. Troškovi kapitala .....                               | 63 |
| Tablica 3.14. Amortizacija postrojenja .....                        | 63 |
| Tablica 3.15. Godišnji prihodi od prodaje električne energije ..... | 64 |
| Tablica 3.16. Trošak izgradnje energetske postrojenja .....         | 65 |
| Tablica 3.17. Trošak goriva .....                                   | 66 |
| Tablica 3.18. Trošak održavanja .....                               | 66 |
| Tablica 3.19. Troškovi kapitala .....                               | 67 |
| Tablica 3.20. Amortizacija postrojenja .....                        | 67 |
| Tablica 3.21. Godišnji prihodi od prodaje električne energije ..... | 68 |

## 1. UVOD

Biomasa kao obnovljivi izvor energije posljednjih godina dobiva važan značaj u proizvodnji toplinske i električne energije kako u svijetu tako i u Hrvatskoj. Razlog zašto biomasa kao obnovljivi izvor energije postaje sve zanimljiviji u današnje vrijeme leži u tome što upotreba biomase doprinosi zaštiti okoliša i održivom razvoju, a pored toga biomasa doprinosi sigurnosti i raznolikosti energetske opskrbe pojedinih država koje su ovisne o uvozu fosilnih goriva. K tome, kako na lokalnoj tako i na državnoj razini upotreba biomase može doprinijeti povećanju raznih socijalno ekonomskih aspekata, do društvene i gospodarske kohezije, a također može doprinijeti bržem približavanju ciljevima iz Kyota. Kyoto protokol obvezuje zemlje koje se nalaze u razvoju, te u tranziciji da u razdoblju od 2008 do 2012 reduciraju emisiju stakleničkih plinova najmanje za 5% ispod razine koje su imale 1990 godine. Republika Hrvatska spada u Annex I zemlje te je potpisala protokol 1999 godine, a ratificirala ga je 2007 godine [1 – 3].

Biomasa je obnovljivi izvor energije, te u ciklusu od proizvodnje do njene upotrebe za energetske svrhe imamo nulti nivo proizvodnje CO<sub>2</sub>, odnosno imamo zatvoreni CO<sub>2</sub> krug. Količina CO<sub>2</sub> koja nastaje prilikom prerade biomase u energetske svrhe putem fotosinteze i sunčeve energije ponovo se apsorbira u rastu sirovina iz kojih biomasa nastaje. Energija se u sirovini (biljkama, drveću) nalazi u kemijskom obliku i ta se energija oslobađa prilikom korištenja biomase u energetske svrhe – bilo prilikom prirodnog raspadanja ili prilikom izgaranja [4 – 15]. Uobičajeno je da se biomasa smatra CO<sub>2</sub> neutralno gorivo, ali prilikom njene pretvorbe u energetske svrhe nastaju dodatne količine CO<sub>2</sub> zbog upotrebe fosilnih goriva u procesima transporta, obrade i uzgoja biomase. Iako je biomasa CO<sub>2</sub> neutralno gorivo, količina stakleničkih plinova koja se smanji u atmosferi korištenjem biomase u odnosu na fosilna goriva ovisi o efikasnosti procesa pretvorbe biomase u krajnji energent koji koriste krajnji [16, 17]. Odnos biomase i okoliša, te kruženje CO<sub>2</sub> prikazano je na slici 1.1.



Slika 1.1. Biomase i okoliš [18]

Biomasa je gorivo koje dobivamo od biološkog materijala kao što su drvo, biljke, životinjski, industrijski i gradski otpad koji je biorazgradiv [19 – 21]. Kruta biomasa prema standardu CEN/TS 14961: 2005 se dijeli u sljedeće glavne kategorije [22]1.1.[1]:

1. Drvna biomasa
  - 1.1. Biomasa od šumskog drveta i energetskih plantaža
  - 1.2. Drvna industrija, sekundarni proizvodi i ostaci u drvnoj industriji
  - 1.3. Biomasa od korištenog drveta
2. Biljna biomasa
  - 2.1. Biomasa od poljoprivrednog i vrtlarskog bilja
  - 2.2. Biljna industrija, sekundarni proizvoda i ostaci
3. Voćna biomasa
  - 3.1. Biomasa iz voćnjaka i vrtova
  - 3.2. Voćarska industrija, sekundarni proizvodi i ostaci

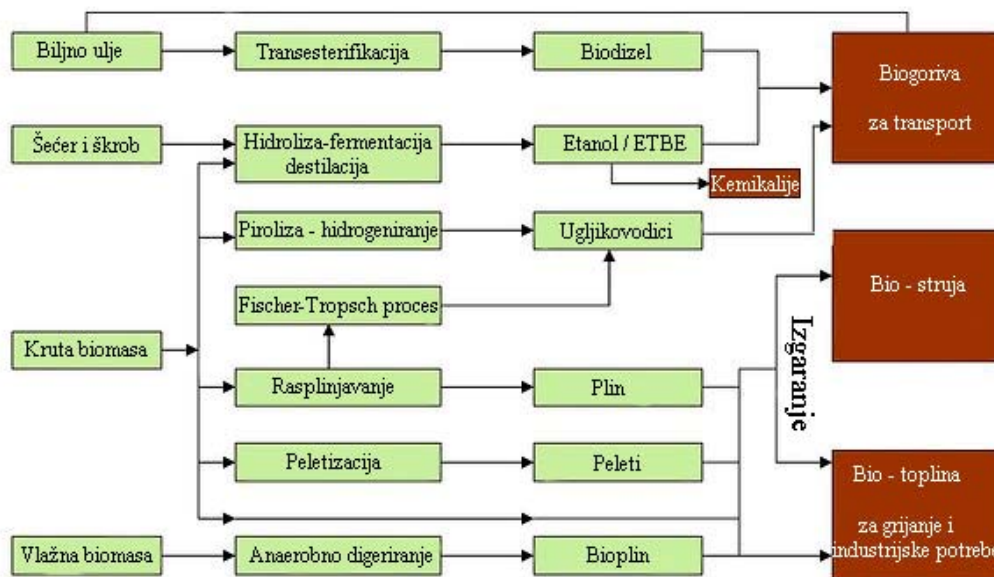
Biomasa od šumskog drveta predstavlja ostatke koji nastaju prilikom sječe drveta kao što su sitna granjevina i panjevi koji se kasnije pomoću iverača usitnjavaju u sječku (iver) koja se koristi kao gorivo. Na energetske plantažama uzgaja se brzorastuće energetske drvo koje ima kratak period rotacije, to jest vrijeme od sjetve drveta do sječe iznosi od 3 do 12 godina ovisno o vrsti drveta. Europa preporučuje da se na energetske plantažama vrši sjetva autohtonih domaćih vrsta drveta, a u Hrvatskoj to su topola i vrba. Prinosi drvene mase na energetske plantažama za ovu vrstu drveta kreću se između 10 i 25 tona po hektaru godišnje. Pod biomasom koja nastaje u drvnoj industriji smatra se otpad koji nastane poslije primarne i sekundarne pilanske obrade trupaca. Taj otpad nakon primarne obrade iznosi od 25-48% od ulazne mase trupaca i tanke oblovine (TO) i najčešće je to krupni pilanski ostatak (okorci, okrajci, očelci, porupci i sl.), piljevina i kora. Prilikom sekundarne pilanske obrade tzv. komercijalnih piljenica (I/IV i ČPČ/V), tzv. doradnih piljenica i srčanica koje nastaju nakon primarne pilanske obrade nastaje još dodatnih 19-31% otpada od ulazne mase materijala u sekundarnu pilansku obradu. Količina ovog otpada ovisi o vrsti i kvaliteti ulazne sirovine te o proizvodnom asortimanu [23, 24].

Poljoprivredna biomasa najčešće je slama od pšenice i ječma, te ostaci kukuruza (kukuruzovina) i ovi će se ostaci uzimati u razmatranje prilikom izrade ovog diplomskog rada dok se biomasa ostalih žitarica (zob, raž,...) ne razmatra u ovom diplomskom radu, iako se i ovi ostaci koji nastaju na poljima također mogu koristiti za proizvodnju energije. Pored ostataka žitarica koji nastaju na poljoprivrednim poljima moguće je još koristiti i ostatke uljarica (uljana repica, suncokret i soja) te ostatke zrnatih leguminoza (grah).

Pod voćnom biomasom podrazumijeva se ostatak koji nastaje prilikom rezidbe voćaka u voćnjacima ili vinogradima bilo da se voćke nalaze u stanju vegetaciji ili mirovanja. Biomasa koja nastaje kao sekundarni produkt u voćarskoj i vinogradarskoj industriji podrazumijeva koštice (šljiva, višnja, trešnja, maslina) te ljuske (orah, lješnjak, badem) i ovi se ostaci mogu koristiti u daljnje energetske svrhe.

Pretvorba biomase u krajnje nosioce energije vrši se na razne načine. Direktno izgaranje se najčešće koristi za dobivanje električne i toplinske energije za kućanstva i industriju.

Pored izgaranja koriste se još biokemijski procesi (fermentacija, alkoholna ili anaerobna razgradnja) te termokemijski procesi (piroliza i rasplinjavanje) koji biomasu konvertiraju u razne vrste krutih, tekućih ili plinovitih goriva i produkata koji se mogu koristiti za daljnju proizvodnju energije. Dobivena goriva kemijskim i termokemijskim postupcima pretvorbe biomase najveću primjenu imaju u transportnom sektoru, a malim dijelom u sektoru proizvodnje toplinske i električne energije. Načelna shema proizvodnje energije iz raznih oblika biomase izgaranjem, termokemijskim i biokemijskim procesima prikazana je na slici 1.2.



Slika 1.2. Načelna shema proizvodnje energije iz biomase [25]

Na energetska vrijednost biomase zbog njene nehomogenosti utječe nekoliko čimbenika. Najveći utjecaj na ogrjevnu vrijednost biomase ima sadržaj vlage u biomasi te udio pepela u biomasi. Udio pepela u nedrvenim biljnim ostacima može biti i do 20 %, dok je udio pepela u drvetu uglavnom oko 1 %. Vlažnost poljoprivredne biomase najčešće se kreće između 10 - 20 % dok je vlažnost sirove drvene biomase koja se koristi u velikim energetskim postrojenjima kao pogonsko gorivo veća od 40%. Vlažnost proizvoda koji nastaju od ostataka u drvnoj i poljoprivrednoj industriji (briket, peleti) kreće se između 8 - 10% [26 – 29]. U tablici 1.1 dane su ogrjevne vrijednosti najrasprostranjenijih vrsta drveta u Hrvatskoj i ostataka iz drvne industrije u ovisnosti o



sadržaju vlage i pepela, a u tablici 1.2 ogrjevne vrijednosti u ovisnosti o sadržaju vlage u biomasi, te nasipna gustoće za pojedine vrste biomase.

**Tablica 1.1.** Ogrjevne vrijednosti drvene biomase u ovisnosti o sadržaju vlage i pepela, u Hrvatskoj [30]

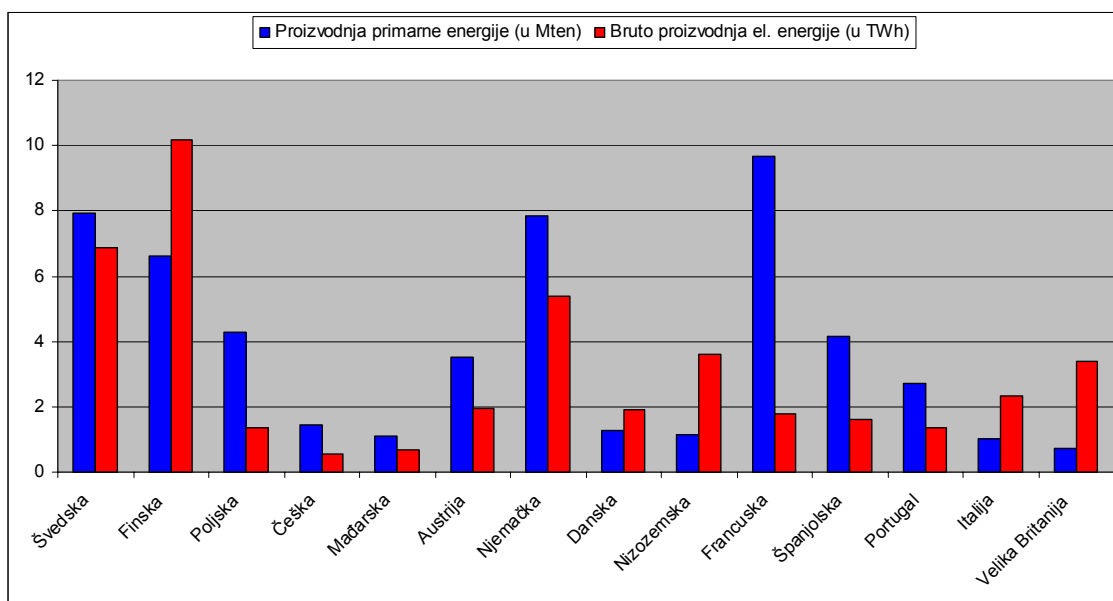
| Vrsta biomase                              | Gornja ogrjevna vrijednost [GJ/t] | Donja ogrjevna vrijednost [GJ/t] | Sadržaj pepela [%] | Sadržaj vlage, suha baza [%] | Ogrjevna vrijednost [GJ/t] |
|--|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------------------|----------------------------|
| <b>Grab</b>                                |                                   |                                  |                    |                              |                            |
| Suha piljevina, sitni drveni ostatak       | 19,6                              | 18,3                             | 0,28               | 9,13                         | 16,4                       |
| <b>Joha</b>                                |                                   |                                  |                    |                              |                            |
| Zračno suha sječka, srednje veliki čip     | 20,1                              | 18,9                             | 0,79               | 62,63                        | 5,5                        |
| Zračno suha kora, srednje krupne pločice   | 21,6                              | 20,3                             | 6,1                | 12,43                        | 17,5                       |
| Zračno suha piljevina, fini prah           | 20,1                              | 18,9                             | 0,79               | 41,74                        | 10,0                       |
| <b>Topola</b>                              |                                   |                                  |                    |                              |                            |
| Zračno suha blanjevina, krupni čip         | 19,6                              | 18,3                             | 1,51               | 58,68                        | 6,1                        |
| Suha sječka, srednje veliki komadi         | 19,6                              | 18,3                             | 1,81               | 3,67                         | 17,5                       |
| Zračno suha sječka, krupni čip             | 19,6                              | 18,3                             | 1,81               | 74,20                        | 2,9                        |
| <b>Bukva</b>                               |                                   |                                  |                    |                              |                            |
| Suha piljevina od prereza, sitnije pločice | 19,7                              | 18,4                             | 0,8                | 62,63                        | 5,4                        |
| Zračno suha kora, sitnije pločice          | 19,2                              | 18,0                             | 6,94               | 12,28                        | 15,5                       |
| <b>Breza</b>                               |                                   |                                  |                    |                              |                            |
| Zračno suha kora, sitnije pločice          | 23,9                              | 22,6                             | 4,94               | 8,23                         | 20,6                       |
| Topola-joha-lipa                           |                                   |                                  |                    |                              |                            |
| Biomasa za kotao, nehomogena               | 19,8                              | 18,6                             | 1,85               | 76,64                        | 2,5                        |
| <b>Hrast</b>                               |                                   |                                  |                    |                              |                            |
| Friška sječka                              | 19,8                              | 18,5                             | 0,43               | 23,02                        | 13,7                       |
| Suha sječka                                | 19,8                              | 18,5                             | 0,43               | 7,39                         | 17,0                       |
| Friška piljevina                           | 19,7                              | 18,5                             | 0,43               | 35,06                        | 11,1                       |

**Tablica 1.2.** Ogrjevna vrijednost raznih vrsta biomase u ovisnosti o sadržaju vlage u biomasi te nasipna gustoća za pojedine vrste biomase [22].

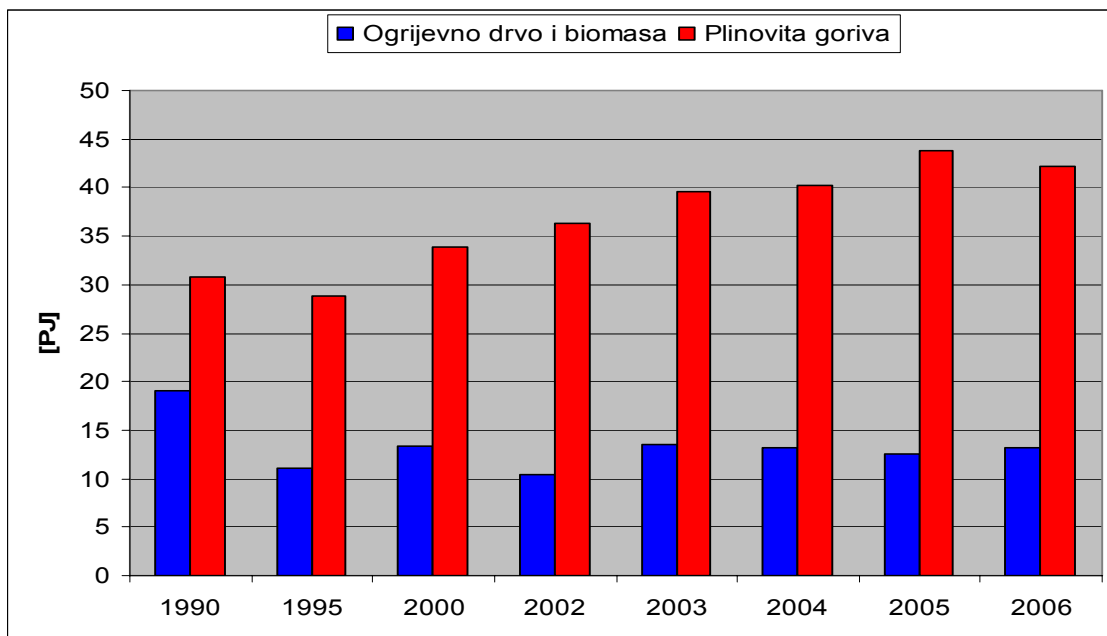
| Vrsta biomase                     | Donja ogrjevna vrijednost | Sadržaj vlage, suha baza | Nasipna gustoća      | Donja ogrjevna vrijednost biomase |
|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------------|
|                                   | [GJ/t]                    | [%]                      | [kg/m <sup>3</sup> ] | [GJ/t]                            |
| <b>ŠUMSKI OSTATAK</b>             |                           |                          |                      |                                   |
| Sječka - sječča                   | 18,5-20,0                 | 50,0-60,0                | 250-400              | 6,0-9,0                           |
| Sječka - prored                   | 18,5-20,0                 | 45,0-55,0                | 250-350              | 7,0-10,0                          |
| Sječka - kresanje grana           | 18,5-20,0                 | 40,0-55,0                | 250-350              | 7,0-11,0                          |
| <b>OSTACI IZ DRVNE INDUSTRIJE</b> |                           |                          |                      |                                   |
| Piljevina                         | 19,0-19,2                 | 45,0-60,0                | 250-350              | 6,0-10,0                          |
| Kora                              | 18,5-20,0                 | 50,0-65,0                | 250-350              | 5,0-9,0                           |
| Blanjevina                        | 18,5-20,0                 | 10,0-50,0                | 150-300              | 6,0-15,0                          |
| <b>OGRJEVNO DRVO</b>              |                           |                          |                      |                                   |
| Cjepanice                         | 18,5-19,0                 | 20,0                     | 240-320              | 13,4-14,5                         |
| Cijepano drvo                     | 18,5-20,0                 | 20,0                     | 240-320              | 13,4-14,5                         |
| <b>KORIŠTENO DRVO</b>             |                           |                          |                      |                                   |
| <b>REFINIRANO DRVO</b>            |                           |                          |                      |                                   |
| Pelete                            | 19,0-19,2                 | 8,0-10,0                 | 650-750              | 16,8                              |
| Briket                            | 19,0-19,2                 | 8,0-10,0                 | 650-750              | 17,3                              |
| <b>NEDRVENA BIOMASA</b>           |                           |                          |                      |                                   |
| Slama, sječkana                   | 17,5                      | 15,0                     | 80                   | 14,5                              |
| Slama, bale                       |                           |                          | 130-160              |                                   |
| Nasadi trave za energetske svrhe  | 17,1-17,5                 | 15,0-30,0                | 70                   | 11,0-14,2                         |
| Treset, mljeven (busen)           | 20,9 (21,3)               | 49,0 (38,9)              | 340 (390)            | 9,7 (11,9)                        |
| Ostaci maslina                    | 17,5-19,0                 | 10,0-60,0                |                      | 10,9                              |
| Ostaci kukuruza, klip (stabljika) | 18,4 (18,5)               | 50,0 (60,0)              |                      | 8,0 (5,9)                         |
| Ostaci riže, slama (ljuska)       | 16,7 (17,9)               | 25,0 (10,0)              | 0,13                 | 11,9 (15,9)                       |

Korištenje biomase za proizvodnju primarne i električne energije posljednjih godina ima stalnu tendenciju rasta, pri čemu se najviše kao sirovina za biomasu koristi drvo i šumski otpad (Finska, Austrija), a manjim dijelom ostaci iz poljoprivrede (Danska, Engleska). Pored drvene biomase i ostataka iz poljoprivredne u zadnje vrijeme počinju se koristiti i energetski nasadi raznih biljaka pri čemu prednjači miskantus (*miscanthus*) kao i energetski nasad drveća koji se koriste za pridobivanje biomase koja se dalje

koristi za energetska pretvorbu. U Hrvatskoj se najviše koristi ogrjevno drvo kao oblik biomase i to najčešće u kućanstvima za potrebe grijanja dok ostali oblici biomase (šumski ostaci, poljoprivredna biomasa) tek sada počinju da se otkrivaju i primjenjuju u energetske svrhe. Trenutno u Hrvatskoj samo dva grada koriste šumske ostatke za dobivanje topline i to Gospić i Delnice dok je u fazi izgradnje prva elektrana na poljoprivrednu biomasu u Vukovaru. Na slici 1.3 prikazana je proizvodnja primarne energije, te ukupna proizvodnja električne energije u nekim europskim zemljama u 2005. godini iz krute biomase. Proizvodnja primarne energije na slici 1.3 prikazana je u milijunima tona ekvivalentne nafte (Mten) dok je bruto proizvodnja električne energije iz krute biomase prikazana u TWh. Na slici 1.4 prikazana je neposredna potrošnja ogrjevnog drveta i biomase, te plinovitih goriva u Hrvatskoj za period od 1990. do 2006. godine u PJ.



**Slika 1.3.** Proizvodnja primarne energije (u Mten), te bruto proizvodnja električne energije (u TWh) iz krute biomase u nekim europskim državama u 2005. godini [31].



**Slika 1.4.** Neposredna potrošnja ogrjevnog drveta i biomase, te plinovitih goriva, u Hrvatskoj, u periodu od 1990. do 2006. godine u PJ [32].

Zadatak diplomskog rada je analiziranje potencijala izgradnje energetskih postrojenja za proizvodnju električne energije koja kao pogonsko gorivo koriste poljoprivrednu i šumsku biomasu, te odabir pogodnih makro-lokacija u Republici Hrvatskoj za izgradnju ovih energetskih postrojenja. Veličina postrojenja za koja se vrši analiza i odabir lokacija snage su do 30 MWe. Također je potrebno za odabrane lokacije odrediti dostupnost biomase najpovoljnijeg tipa, te odrediti cijenu biomase na odabranim makro-lokacijama u koju je uključen trošak prikupljanja, skladištenja te transporta s polja i pomoćnih skladišta do glavnog skladišta koje se nalazi pored energetskih postrojenja.

Pored izračuna cijena i potencijala biomase u Hrvatskoj potrebno je još izvršiti i ekonomsku analizu za tri najpovoljnije makro-lokacije koje su izabrane u ovisnosti o visini investicije, cijeni biomase na pragu elektrane za odabrane lokacije, te uz tarifu važeću za dobivenu električnu energiju iz biomase.

Uvodni dio diplomskog rada sadrži općenite karakteristike poljoprivredne i šumske biomase. U ovom dijelu rada opisana je podjela krute biomase u tri glavne kategorije koje su u daljnjem dijelu rada dodatno objašnjene. Pretvorba biomase u krajnje nosioce

energije, te ogrjevne vrijednosti za pojedine tipove biomase opisane su u ovom dijelu rada.

Ukupne količine poljoprivredne biomase koje nastaju na poljima dobivaju se pomoću žetvenog omjera za pojedinu vrstu biomase. Da bi se dobio tehnički potencijal slame potrebno je od ukupne količine slame koja nastaje na poljima oduzeti količine slame potrebne za zaštitu polja od erozije, te potrebne količine slame za stočarsku proizvodnju. Tehnički potencijal kukuruzovine dobiva se kada od ukupne količine kukuruzovine oduzmemo potrebne količine kukuruzovine za zaštitu polja, te količine kukuruzovine koje ostaju na poljima zbog gubitaka koji nastaju prilikom prikupljanja, a rezultat su neefikasnosti mehanizacije koja se koristi prilikom prikupljanja. Tehnički potencijal šumski ostataka dobiven je množenjem prosječnog godišnjeg etata i postotka korisnog ostatka od ukupne mase drveta.

Poljoprivredna biomasa ima sezonsku dinamiku nastajanja pa iz toga razloga nije moguće napraviti mjesečni profil biomase. Šumska biomasa za razliku od poljoprivredne biomase ima cjelogodišnju dinamiku nastajanja pa je za nju moguće napraviti profil. Međutim, i dalje nije moguće napraviti mjesečni profil ponude već je za šumsku biomasu napravljen tromjesečni profil ponude. Šumska biomasa najviše nastaje u prvom i četvrtom tromjesečju dok je količina nastajanja biomase u drugom i trećem tromjesečju nešto manja.

Energetski potencijal biomase dobiven je množenjem prethodno izračunatog tehničkog potencijala i donje ogrjevne vrijednosti za pojedini tip biomase. Tehnički potencijal šumske biomase dobiven je u  $m^3$  nakon čega je pomoću prosječne gustoće za drvo od  $1 t/m^3$  dobivena količina biomase u tonama.

Ukupna cijena biomase dobivena je tako što je na početnu cijenu biomase dodan još trošak koji nastaje zbog transporta biomase do lokacije. Trošak transporta dobiven je množenjem udaljenosti između lokacije i županijski centara iz kojih se vrši dovoz biomase za potrebe elektrane.

Za potrebe ekonomske analize izračunati su novčani izdaci i primici, te je izvršena ocjena prihvatljivosti projekta. U novčanim izdacima računati su troškovi izgradnje, tekući troškovi koji obuhvaćaju trošak goriva i održavanja, trošak kapitala, te troškove amortizacije postrojenja. U novčanim primicima računat je prihod od prodaje električne energije za subvencioniranu cijenu otkupa električne energije iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije. Za ocjenu rentabilnosti projekta korištena je unutrašnja stopa povrata (IRR) na osnovu koje se donosi zaključak o prihvatljivosti projekta

## 2. METODOLOGIJA

### 2.1 Tehnički potencijal poljoprivredne biomase i šumskih ostataka

Poljoprivreda u Hrvatskoj je jedan od glavnih korisnika tla, te uz turizam koji se temelji na vrijednostima očuvanog okoliša i šumarstvo jedna od najvažnijih gospodarskih grana gledano na dugi rok. Srednja veličina poljoprivrednih gospodarstava u Hrvatskoj je 2,8 ha i u Hrvatskoj postoji preko 500.000 poljoprivrednih gospodarstava. Najveći dio poljoprivrednog zemljišta posjeduju privatna gospodarstva i to oko 70% od cjelokupnog poljoprivrednog zemljišta, a ovakva rascjepkanost je jedna od najvećih zapreka za racionalnije iskorištavanje hrvatskih proizvodnih potencijala.

Glavne proizvodne grane su pšenica, ovas, ječam, zob i kukuruz, a prema dosadašnjim istraživanjima koja su provedena na području Hrvatske o potencijalima za biomasu pokazala su da preko 90% moguće biomase dolazi iz dviju poljoprivrednih kultura i to iz pšenice i kukuruza, te upravo iz toga razloga u daljnjem dijelu rada obrađivati će se iz poljoprivrednog dijela pšenica (slama) i kukuruz (kukuruzovina).

Šumskogospodarsko područje Republike Hrvatske zauzima 47 % od ukupne kopnene površine države. Različitim oblicima šumske vegetacije obraslo je 42 % kopnene površine, neobraslo proizvodno šumsko zemljište zauzima 3,6 %, neobraslo neproizvodno šumsko zemljište (prosjeke, svijetle pruge i sl.) zauzima 0,6 %, a neplodno 0,8 % od ukupne kopnene površine države. U državnom vlasništvu nalazi se 78 % šuma i šumskog zemljišta dok je u privatnom vlasništvu 22 % šuma i šumskog zemljišta na teritoriji Republike Hrvatske. Državne šume kojima gospodare Hrvatske šume podijeljene su na gospodarske, zaštitne i šume s posebnom namjenom. Gospodarske šume najvećim dijelom se koriste za proizvodnju šumskih proizvoda, zaštitne šume služe za zaštitu zemljišta, naselja, vode, objekata i druge imovine dok se šume s posebnom namjenom koriste za proizvodnju šumskog sjemenja, za znanstvena istraživanja, nastavu, te za potrebe odbrane Republike Hrvatske. 90 % od ukupne površine šuma i šumskog zemljišta zauzimaju gospodarske šume, 6 % zaštitne šume dok 4 % od ukupne površine šuma i šumskog zemljišta zauzimaju šume s posebnom namjenom. Šumarstvo u BDP-u sudjeluje s 1,2 %, a drvna industrija s 2,5 %.

### 2.1.1 Tehnički potencijal slame

Ostatak koji nastaje ne poljoprivrednim poljima nakon žetve pšenice naziva se slama, i ovaj ostatak je na području Hrvatske nedovoljno iskorišten iako on ima dosta veliki energetski potencijal. Proizvodnja pšenice u Hrvatskoj varira od godine do godine. Najveći razlog predstavlja promjena prinosa pšenice po hektaru koji se kreće između 2,96 t/ha pa sve do 4,58 t/ha, a manje zbog promjene u posijanim površinama ove poljoprivredne kulture. Iz tih razloga proizvodnja pšenice u Hrvatskoj varira između 550 tisuća i milijun tona. Proizvodnja pšenice na hrvatskim poljima u razdoblju od 1996. do 2006. godine prikazana je u tablici 2.1 s tim da za 2004. godinu nisu poznati statistički podaci.

**Tablica 2.1.** Proizvodnja pšenice u Hrvatskoj, u razdoblju od 1996 do 2006 godine [33]

|      | Proizvodnja pšenice, u Hrvatskoj |                |
|------|----------------------------------|----------------|
|      | Ukupno , 1000 t                  | Prinos, u t/ha |
| 1996 | 741                              | 3,69           |
| 1997 | 834                              | 4,00           |
| 1998 | 1.020                            | 4,22           |
| 1999 | 558                              | 3,30           |
| 2000 | 1.032                            | 4,37           |
| 2001 | 965                              | 4,02           |
| 2002 | 988                              | 4.23           |
| 2003 | 609                              | 2.96           |
| 2004 | n.p. <sup>1</sup>                | n.p.           |
| 2005 | 602                              | 4,11           |
| 2006 | 805                              | 4,58           |

Proizvodnja pšenice koncentrirana je u istočnom dijelu Hrvatske, pa samim tim i najveće količine biomase nalaze se upravo u ovom dijelu Hrvatske. Ukupna proizvodnja pšenice u Hrvatskoj po županijama kao i proizvodnja pšenice na poljima poslovnih subjekata i obiteljskih gospodarstava prikazana je u tablici 2.2. Podaci u tablici prikazuju 4-godišnji prosjek, maksimum i minimum. Statistički podaci o proizvodnji pšenice, zasijanim površinama kao i podaci za prinose pšenice za pojedine županije u Hrvatskoj poznati su za 4 godine pa je iz tih razloga korišten 4-godišnji prosjek za pšeničnu kulturu. U tablici 2.2 ne nalaze se podaci za sve županije iz razloga što u tim

---

<sup>1</sup> n.p. – nije poznato



županijama imamo veoma male zasijane površine s pšenicom pa je i sama količina biomase koja nastaje u ovim županijama zanemariva.

**Tablica 2.2.** Ukupna proizvodnja pšenice, te proizvodnja na poljima pravnih subjekata i obiteljskih gospodarstava u Hrvatskoj, po županijama [33]

|                                 |      | Ukupna proizvodnja    |                |                 | Pravne osobe   | Obiteljska gospodarstva |
|---------------------------------|------|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|-------------------------|
|                                 |      | Zasijane površine, ha | Proizvodnja, t | prirod po ha, t | proizvodnja, t | proizvodnja, t          |
| Republika Hrvatska              | Avg. | 190.382               | 750.946        | 3,97            | 221.630        | 529.316                 |
|                                 | Max. | 233.611               | 988.175        | 4,58            | 285.299        | 702.876                 |
|                                 | Min. | 146.411               | 601.748        | 2,96            | 173.520        | 400.322                 |
| Zagrebačka županija             | Avg. | 8.916                 | 27.216         | 3,16            | 3.812          | 23.404                  |
|                                 | Max. | 13.929                | 45.967         | 3,67            | 5.802          | 41.969                  |
|                                 | Min. | 4.830                 | 17.726         | 2,36            | 1.921          | 12.725                  |
| Sisačko-moslavačka županija     | Avg. | 5.693                 | 18.609         | 3,32            | 4.454          | 14.155                  |
|                                 | Max. | 8.978                 | 32.679         | 3,70            | 5.444          | 27.776                  |
|                                 | Min. | 2.954                 | 5.444          | 2,35            | 2.335          | 5.796                   |
| Karlovačka županija             | Avg. | 2.678                 | 7.174          | 2,55            | 20             | 7.155                   |
|                                 | Max. | 4.805                 | 14.512         | 3,02            | 61             | 14.451                  |
|                                 | Min. | 741                   | 1.927          | 2,17            | -              | 1.927                   |
| Varaždinska županija            | Avg. | 4.864                 | 17.070         | 3,60            | 927            | 16.143                  |
|                                 | Max. | 6.317                 | 23.625         | 4,29            | 1.698          | 21.927                  |
|                                 | Min. | 3.309                 | 12.576         | 2,56            | 355            | 12.221                  |
| Koprivničko-križevačka županija | Avg. | 11.731                | 41.803         | 3,65            | 4.793          | 37.010                  |
|                                 | Max. | 14.331                | 53.886         | 4,27            | 6.993          | 46.893                  |
|                                 | Min. | 8.693                 | 34.076         | 2,63            | 3.479          | 29.750                  |
| Bjelovarsko-bilogorska županija | Avg. | 10.417                | 31.599         | 3,17            | 4.492          | 27.107                  |
|                                 | Max. | 15.407                | 47.916         | 4,28            | 6.980          | 40.936                  |
|                                 | Min. | 7.112                 | 23.927         | 2,05            | 1.818          | 20.170                  |
| Virovitičko-podravska županija  | Avg. | 18.063                | 73.716         | 4,03            | 29.805         | 43.911                  |
|                                 | Max. | 21.577                | 96.882         | 4,56            | 39.810         | 62.497                  |
|                                 | Min. | 13.394                | 51.566         | 3,21            | 20.820         | 27.361                  |
| Požeško-slavonska županija      | Avg. | 9.242                 | 37.202         | 4,05            | 14.522         | 22.680                  |
|                                 | Max. | 11.254                | 50.079         | 4,46            | 17.945         | 32.134                  |
|                                 | Min. | 7.640                 | 32.012         | 3,11            | 11.388         | 18.203                  |
| Brodsko-posavska županija       | Avg. | 12.238                | 47.207         | 3,85            | 7.199          | 40.007                  |
|                                 | Max. | 14.698                | 59.527         | 4,17            | 9.135          | 50.392                  |
|                                 | Min. | 10.586                | 36.789         | 3,13            | 5.502          | 30.578                  |
| Osječko-baranjska županija      | Avg. | 54.038                | 237.067        | 4,36            | 110.738        | 126.329                 |
|                                 | Max. | 60.171                | 293.034        | 5,01            | 146.395        | 166.422                 |
|                                 | Min. | 47.469                | 174.534        | 3,28            | 89.208         | 85.326                  |
| Vukovarsko-srijemska županija   | Avg. | 34.415                | 154.500        | 4,49            | 34.069         | 121.931                 |
|                                 | Max. | 38.138                | 184.590        | 4,97            | 39.558         | 148.651                 |
|                                 | Min. | 28.562                | 122.642        | 3,50            | 29.379         | 99.263                  |
| Međimurska županija             | Avg. | 5.473                 | 22.586         | 4,20            | 4.969          | 17.617                  |
|                                 | Max. | 6.971                 | 31.161         | 4,56            | 6.165          | 25.940                  |
|                                 | Min. | 4.062                 | 18.524         | 3,19            | 3.557          | 12.359                  |
| Grad Zagreb                     | Avg. | 1.250                 | 3.585          | 2,89            | 157            | 3.428                   |
|                                 | Max. | 1.878                 | 6.778          | 2,01            | 247            | 6.531                   |
|                                 | Min. | 671                   | 1.957          | 3,61            | 97             | 1.792                   |

Količina slame koja nastane na poljima nije moguće pronaći u literaturama već se ona računa prema sljedećoj formuli:

$$UKUPNO SLAME (t) = PROIZVODNJA PŠENICE (t) \times \check{Z}ETVENI OMJER (-) \quad (1)$$

Proizvodnja pšenice na hrvatskim poljima po županijama dana je u tablici 2.2. Žetveni omjer koji predstavlja odnos mase zrna prema masi slame (straw-to-grain-ratio) u proračunu se pretpostavlja i njegova vrijednost ovisi o vremenu sijanja pšenice (ozima ili jara), vrsti obrade tla, te o količini dušika koja se koristi za gnojenje zemljišta. Vrijednosti žetvenog omjera prema [34] iznose za ozimu pšenicu 1,6 dok je za jara pšenica taj omjer 1,3. Vrijednost žetvenog omjera u ovisnosti o vrsti obrade i količine dušika koja se unese u tlo prikazana je u tablici 2.3.

**Tablica 2.3.** Vrijednost žetvenog omjera u ovisnosti o načinu obrade tla i količine dušika unesene u tlo [35]

| Količina dušika (t/ha) | Neobrađeno zemljište<br>Žetveni omjer | Konvencionalna obrada tla<br>Žetveni omjer |
|------------------------|---------------------------------------|--|
| 0,00                   | 1,34                                  | 1,87                                       |
| 2,24                   | 1,33                                  | 1,61                                       |
| 5,00                   | 1,16                                  | 1,64                                       |

Da bi se odredio tehnički potencijal slame na poljima u Hrvatskoj potrebno je izračunati količine slame potrebne za zaštitu zemljišta zbog erozije vjetra i vode, te količine slame potrebne za stočarsku proizvodnju, tj. potrebne količine slame za prehranu stoke i za prostiranje slame ispod stoke. Količina slame potrebna za zaštitu zemljišta od erozije računa se prema sljedećoj formuli:

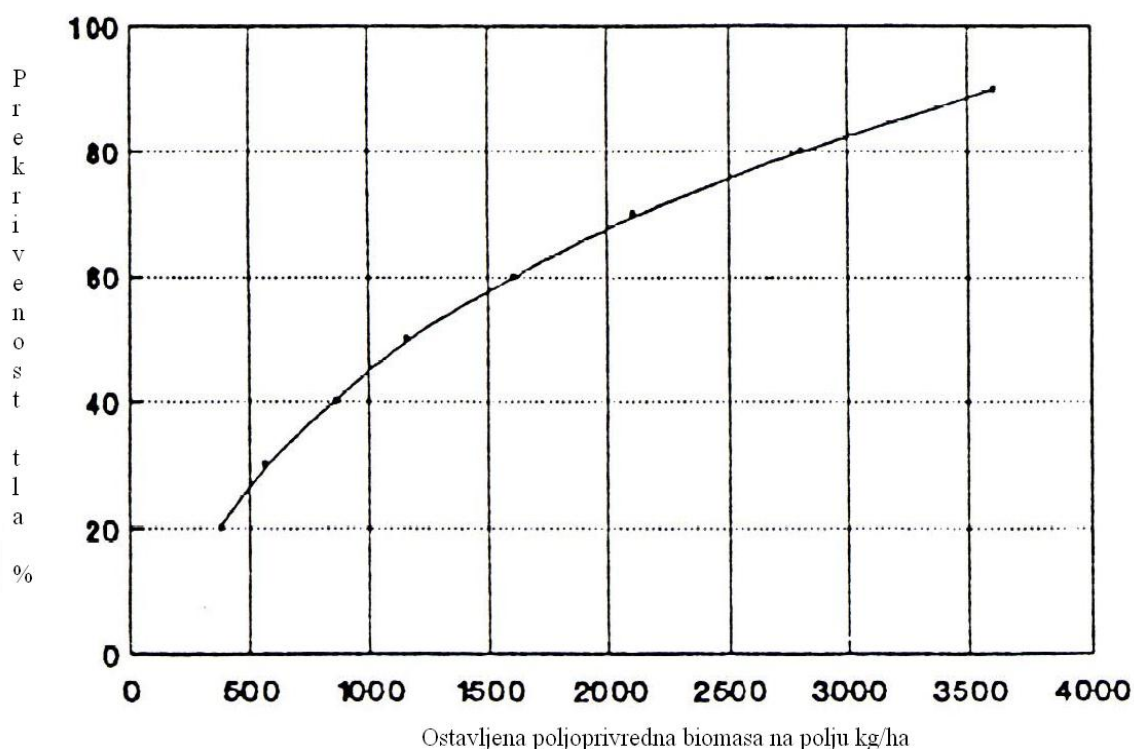
$$ZAŠTITA ZEMLJIŠTA (t) = SLAMA ZA ZAŠTITU TLA (t/ha) \times ZASIJANE POVRŠINE (ha) \quad (2)$$

Količina slame koja je potrebna da se ostavi na poljima ovisi o vrsti tla na kojima se vrši prikupljanje slame te o nagibu tla. Minimalne potrebne količine slame za zaštitu tla od erozije bilo uslijed vjetra ili vode date su u tablici 2.4. U ovisnosti o količini poljoprivredne biomase ostavljene na poljima imam različite pokrivenosti tla. Tako za količinu od 1,5 t/ha ostavljene biomase na poljima imamo pokrivenost tla do 58 % dok za količinu biomase od 3,5 t/ha imamo pokrivenost do 90 %. Prekrivenost tla u

ovisnosti o ostavljenoj količini biomase na poljoprivrednim poljima prikazana je na slici 2.1.

**Tablica 2.4.** Minimalna potrebna količina slame za zaštitu tla od erozije [34]

| Erozija tla uslijed vjetra |   | Erozija tla uslijed vode |   |
|----------------------------|---|--------------------------|---|
| Vrsta tla                  | Potrebne količine slame za ostaviti, t/ha | Nagib tla, %             | Potrebne količine slame za ostaviti, t/ha |
| Srednje (ilovača)          | 1,0                                       | Blag (6 - 9)             | 0,8 – 1,15                                |
| Glina                      | 1,5                                       | Umjeren (10 – 15)        | 1,15 – 1,7                                |
| Pjeskovito                 | 2,0                                       | Strm (15 – 30)           | Suha trava (strnište)                     |



**Slika 2.1.** Prekrivenost tla u ovisnosti o količini biomase ostavljenoj na poljima [36]

Pored slame koja je potrebna da se ostavi na poljima za zaštitu tla od erozije također je potrebna slama za stočarsku proizvodnju, tj. slama potrebna za prehranu stoke i prostirku u zimskim mjesecima. Slama potrebna za stočarstvo računa se prema sljedećem izrazu:

$$\begin{aligned}
 \text{SLAMA ZA STOČARSTVO (t)} &= \text{SLAMA ZA PREHRANU I PROSTIRKU (t/grlu)} \\
 &\times \text{BROJ GOVEDA (-)} \quad (3)
 \end{aligned}$$

Slama koja je potrebna za prehranu stoke i prostirku varira od godine do godine najčešće u ovisnosti o vanjskim vremenskim uvjetima. Ukoliko je godina hladnija i duže se zadrži snijeg na poljima potrebne su veće količine slame za stočarsku proizvodnju, a ukoliko imamo povoljnije vremenske uvjete ta se količina smanjuje. U ovisnosti o vremenskim prilikama količina slame potrebna za prehranu stoke i prostirku kreće se između 0,38 t pa do 0,8 t po jednom govedu [34]. Broj goveda u Hrvatskoj po županijama za 2003. godinu prikazan je u tablici 2.5.

**Tablica 2.5.** Broj goveda u poljoprivrednim kućanstvima i poslovnim subjektima te ukupan broj goveda u Hrvatskoj, po županijama za 2003. godinu [33]

|  | Broj goveda |                          |                   |
|--|-------------|--------------------------|-------------------|
|  | Ukupno      | Poljoprivredna kućanstva | Poslovni subjekti |
| <b>REPUBLIKA HRVATSKA</b>              | 488.646     | 398.037                  | 90.609            |
| <b>Zagrebačka županija</b>             | 54.644      | 45.965                   | 8.679             |
| <b>Krapinsko-zagorska županija</b>     | 20.923      | 20.438                   | 485               |
| <b>Sisačko-moslavačka županija</b>     | 28.842      | 26.353                   | 2.489             |
| <b>Karlovačka županija</b>             | 19.991      | 18.672                   | 1.319             |
| <b>Varaždinska županija</b>            | 23.126      | 16.535                   | 6.591             |
| <b>Koprivničko-križevačka županija</b> | 78.704      | 66.712                   | 11.992            |
| <b>Bjelovarsko-bilogorska županija</b> | 72.413      | 62.550                   | 9.863             |
| <b>Primorsko-goranska županija</b>     | 2.372       | 2.301                    | 71                |
| <b>Ličko-senjska županija</b>          | 12.231      | 12.113                   | 118               |
| <b>Virovitičko-podravska županija</b>  | 19.252      | 13.374                   | 5.878             |
| <b>Požeško-slavonska županija</b>      | 11.902      | 9.245                    | 2.657             |
| <b>Brodsko-posavska županija</b>       | 17.017      | 16.130                   | 887               |
| <b>Zadarska županija</b>               | 3.229       | 2.067                    | 1.162             |
| <b>Osječko-baranjska županija</b>      | 51.344      | 25.130                   | 26.214            |
| <b>Šibensko-kninska županija</b>       | 3.713       | 3.707                    | 6                 |
| <b>Vukovarsko-srijemska županija</b>   | 26.336      | 21.829                   | 4.507             |
| <b>Splitsko-dalmatinska županija</b>   | 8.443       | 8.386                    | 57                |
| <b>Istarska županija</b>               | 7.516       | 6.433                    | 1.083             |
| <b>Dubrovačko-neretvanska županija</b> | 1.795       | 1.795                    | -                 |
| <b>Međimurska županija</b>             | 17.084      | 13.001                   | 4.083             |
| <b>Grad Zagreb</b>                     | 7.769       | 5.301                    | 2.468             |

Tehnički potencijal slame od pšenice dobiva se kada od ukupne količine slame (1) koja nastaje na poljima oduzmemo količine slame potrebne za zaštitu zemljišta (2), te količinu slame potrebne za stočarsku proizvodnju (3). Korištenjem jednadžbi od (1) do (3) dobivamo sljedeći izraz za izračun tehničkog potencijala slame:

$$\text{TEHNIČKI POTENCIJAL (t)} = \text{UKUPNO SLAME (t)} - \text{ZAŠTITA ZEMLJIŠTA (t)} - \text{SLAMA ZA STOČARSTVO (t)} \quad (4)$$

### 2.1.2 Tehnički potencijal kukuruzovine

Pored slame koja nastaje na poljima i može se koristiti u energetske svrhe također veliki potencijal ima i kukuruzovina, tj. ostatak od kukuruza koji nastaje na poljoprivrednim poljima nakon žetve. Poljoprivredna kultura kukuruz najviše je zastupljena u sjevernim dijelovima Hrvatske, pa ujedno na ovom području i imamo najveći potencijal biomase iz kukuruza. Proizvodnja kukuruza u Hrvatskoj varira između 1,5 i 2,5 milijuna tona godišnje, uglavnom zbog promjene u prinosu po hektaru, a manje zbog promjene u posijanim površinama (tablica 2.6). Prinos kukuruza u t/ha u periodu od 1996. do 2006. godine kretao se između 3,86 t/ha 2003. godine pa sve do 6,92 t/ha 2005. godine.

**Tablica 2.6.** Proizvodnja kukuruza u Hrvatskoj, 1996-2006 [33]

|      | Proizvodnja kukuruza, u Hrvatskoj |                |
|------|-----------------------------------|----------------|
|      | Ukupno, 1000 t                    | Prinos, u t/ha |
| 1996 | 1.886                             | 5,22           |
| 1997 | 2.183                             | 5,88           |
| 1998 | 1.982                             | 5,27           |
| 1999 | 2.135                             | 5,56           |
| 2000 | 1.526                             | 3,93           |
| 2001 | 2.212                             | 5,45           |
| 2002 | 2.502                             | 6,14           |
| 2003 | 1.569                             | 3,86           |
| 2004 | n.p. <sup>2</sup>                 | n.p.           |
| 2005 | 2.207                             | 6,92           |
| 2006 | 1.935                             | 6,53           |

Ukupna proizvodnja kukuruza po županijama kao i proizvodnja kukuruza na obiteljskim gospodarstvima, te na poljima poslovnih subjekata prikazana je u tablici 2.7 za period od 2002. godine do 2006. godine.

---

<sup>2</sup> n.p. – nije poznato

**Tablica 2.7.** Proizvodnja kukuruza u Hrvatskoj, po županijama, te proizvodnja kukuruza na obiteljskim gospodarstvima i u tvrtkama u razdoblju od 2002-2006 [33].

| Županije                        |      | Ukupna proizvodnja kukuruza |            |              | tvrtke     | Obiteljska gospodarstva |
|---------------------------------|------|-----------------------------|------------|--------------|------------|-------------------------|
|                                 |      | Zas. pov., ha               | Proizv., t | Prinos, t/ha | Proizv., t | Proizv., t              |
| Republika Hrvatska              | Avg. | 357.278                     | 2.053.043  | 5,86         | 275.349    | 1.777.694               |
|                                 | Max. | 407.455                     | 2.501.774  | 6,92         | 369.608    | 2.132.166               |
|                                 | Min. | 296.521                     | 1.569.150  | 3,86         | 206.167    | 1.362.983               |
| Zagrebačka županija             | Avg  | 31.760                      | 149.846    | 4,92         | 11.953     | 123.143                 |
|                                 | Max  | 39.522                      | 211.441    | 5,9          | 17.940     | 197.647                 |
|                                 | Min  | 20.619                      | 106.319    | 2,72         | 7.908      | 39.149                  |
| Sisačko-moslavačka županija     | Avg  | 24.404                      | 130.232    | 5,39         | 7.254      | 122.979                 |
|                                 | Max. | 25.793                      | 153.525    | 6,51         | 12.903     | 140.622                 |
|                                 | Min  | 22.822                      | 92.339     | 3,58         | 3.496      | 88.843                  |
| Varaždinska županija            | Avg  | 19.241                      | 93.520     | 5,08         | 3.045      | 90.476                  |
|                                 | Max  | 22.627                      | 108.600    | 6,64         | 4.482      | 105.332                 |
|                                 | Min  | 15.576                      | 63.185     | 2,82         | 1.406      | 61.779                  |
| Koprivničko-križevačka županija | Avg  | 33.669                      | 193.181    | 5,82         | 9.014      | 184.167                 |
|                                 | Max  | 36.759                      | 231.531    | 7,13         | 12.085     | 219.446                 |
|                                 | Min  | 29.367                      | 142.625    | 3,88         | 5.251      | 137.374                 |
| Bjelovarsko-bilogorska županija | Avg  | 35.215                      | 220.695    | 6,23         | 9.754      | 210.941                 |
|                                 | Max  | 38.375                      | 282.442    | 7,44         | 13.801     | 276.701                 |
|                                 | Min  | 33.387                      | 143.906    | 4,21         | 5.741      | 136.915                 |
| Virovitičko-podravska županija  | Avg  | 28.248                      | 165.572    | 5,89         | 28.316     | 137.256                 |
|                                 | Max  | 31.908                      | 197.631    | 6,82         | 41.298     | 156.585                 |
|                                 | Min  | 24.220                      | 136.356    | 4,53         | 18.442     | 117.914                 |
| Požeško-slavonska županija      | Avg  | 12.908                      | 80.803     | 6,24         | 12.864     | 67.939                  |
|                                 | Max  | 13.834                      | 102.783    | 7,43         | 21.933     | 80.850                  |
|                                 | Min  | 11.379                      | 58.152     | 4,53         | 7.863      | 50.289                  |
| Brodsko-posavska županija       | Avg  | 21.597                      | 128.731    | 6,07         | 12.209     | 116.522                 |
|                                 | Max  | 25.702                      | 165.006    | 7,16         | 16.406     | 150.653                 |
|                                 | Min  | 17.613                      | 96.381     | 3,98         | 7.329      | 85.633                  |
| Osječko-baranjska županija      | Avg  | 63.942                      | 401.530    | 6,37         | 125.919    | 275.611                 |
|                                 | Max  | 73.554                      | 517.512    | 7,34         | 182.597    | 334.915                 |
|                                 | Min  | 55.197                      | 311.134    | 4,23         | 97.866     | 213.268                 |
| Vukovarsko-srijemska županija   | Avg  | 38.352                      | 270.261    | 7,16         | 45.725     | 224.536                 |
|                                 | Max  | 49.070                      | 376.369    | 8,38         | 60.197     | 316.172                 |
|                                 | Min  | 26.990                      | 230.093    | 5,15         | 33.565     | 163.711                 |
| Međimurska županija             | Avg  | 15.556                      | 101.089    | 6,64         | 8.893      | 92.196                  |
|                                 | Max  | 17.994                      | 123.799    | 7,96         | 10.873     | 113.517                 |
|                                 | Min  | 12.964                      | 72.022     | 4,14         | 4.284      | 67.738                  |
| Grad Zagreb                     | Avg  | 3.955                       | 14.688     | 3,73         | 67         | 14.620                  |
|                                 | Max  | 4.791                       | 22.078     | 4,8          | 142        | 22.034                  |
|                                 | Min  | 3.013                       | 11.629     | 2,63         | 27         | 11.487                  |

Ukupna količina kukuruzovine koja nastaje na poljima nakon žetve kukuruza nije moguće pronaći u literaturi već se računa pomoću sljedećeg izraza:

$$KUKURUZOVINA (t) = PROIZVODNJA KUKURUZA (t) \times \check{Z}ETVENI OMJER (-) \quad (5)$$

Žetveni omjer za kukuruzovinu ima manju vrijednost u odnosu na žetveni omjer za slamu, a ta se vrijednost kreće od 0,66 do 1 [37] i ovisi o vlažnosti zrna prilikom žetve. Kukuruzovinu koja nastane na poljima nakon žetve nije moguće svu prikupiti zbog upotrebe raznih strojeva pri čemu nastaju gubitci. Količina kukuruzovine koja ostaje na poljima uslijed gubitaka zbog upotrebe mehanizacije računa se prema sljedećem izrazu:

$$KUKURUZOVINA NA POLJIMA (t) = KUKURUZOVINA (t) \times GUBICI (%) \quad (6)$$

Gubici koji nastaju zbog upotrebe mehanizacije prilikom prikupljanja prema literaturi kreću se između 15% i 25% [26, 38] i ovise o tipu mehanizacije koja se koristi za prikupljanje. Pored kukuruzovine koja ostaje na polju uslijed nemogućnosti potpunog prikupljanja također je potrebno ostaviti dostatnu količinu kukuruzovine za zaštitu tla od erozije. Količina kukuruzovine koju je potrebno ostaviti na poljima radi zaštite tla od erozije računa se prema sljedećem izrazu:

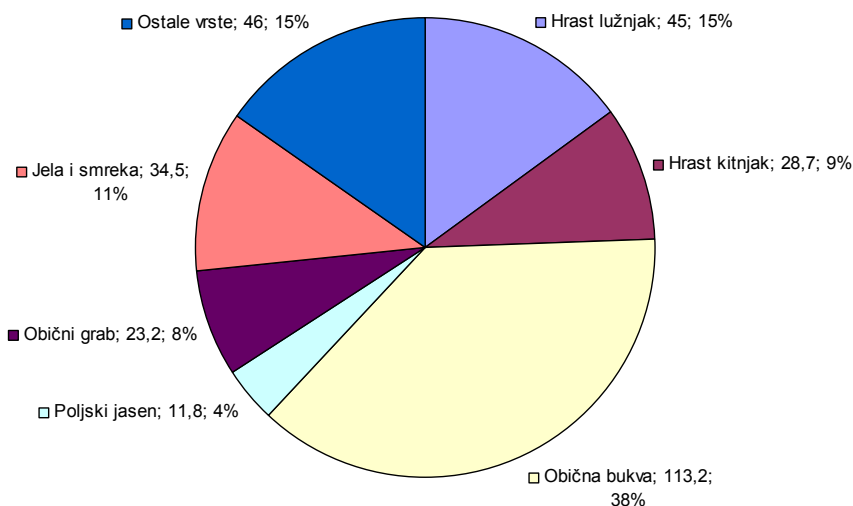
$$ZAŠTITA TLA (t) = KUKURUZOVINA (t) \times ZAŠTITA TLA OD EROZIJE (%) \quad (7)$$

Količina kukuruzovine potrebna za adekvatnu zaštitu poljoprivrednih zemljišta od erozije koja nastaje uslijed vjetra i vode, prema literaturi kreće se u iznosu od 30% do 50% [26] od ukupne količine kukuruzovine koja nastaje na poljima. Tehnički potencijal kukuruzovine dobivamo kada od ukupne količine kukuruzovine koja nastaje na poljima oduzmemo potrebnu količinu kukuruzovine za zaštitu tla te količinu koja ostaje na poljima zbog nemogućnosti potpunog prikupljanja. Tehnički potencijal kukuruzovine računa se prema sljedećem izrazu:

$$TEHNIČKI POTENCIJAL (t) = KUKURUZOVINA (t) - ZAŠTITA TLA (t) - KUKURUZOVINA NA POLJIMA (t) \quad (8)$$

### 2.1.3 Tehnički potencijal šumskih ostataka (panjevi, sitna granjevina)

Ostatak koji nastaje prilikom sječe šuma, a prije svega sitna granjevina i panjevi imaju veliki potencijal u Hrvatskoj s tendencijom rasta zbog povećanja sječe u šumama. U ovom radu biće obrađen samo ostatak koji nastaje prilikom sječe u državnim šumama dok privatne šume u ovom radu neće biti obrađivane. Šume u državnom vlasništvu zauzimaju 78% ukupnog šumskogospodarskog područja Republike Hrvatske. Najzastupljenije vrste drveća u državnim šumama kojima gospodare Hrvatske šume, te njihovi udjeli u ukupnoj šumskoj populaciji kao i drvena zaliha u milijunima m<sup>3</sup> prikazane su na slici 2.2.



**Slika 2.2.** Vrste drveća, drvena zaliha u mil. m<sup>3</sup> te udio u šumskogospodarskom području kojim gospodare Hrvatske šume d.o.o. [39]

Hrvatske šume d.o.o. gospodare državnim šumama u svim županijama, a u tablici 2.8 za svaku pojedinu županiju prikazana je površina šuma i šumskog zemljišta, drvena zaliha, godišnji tečajni prirast i etat. Prema [40] etat predstavlja površinu šuma ili drvenu zalihu koja je predviđena za sječu. Etat se planira za 1 godinu, za polurazdoblje i za razdoblje (godišnji, 10 godišnji, 20 godišnji), a određuje se prema proizvodnim mogućnostima staništa za svaki uređajni razred, po odsjecima i vrsti drveća, a razrađuje se po grupama sortimenata na razini gospodarskih jedinica. Desetogodišnji etat u razdoblju od 2006-



2015 godina u državnim šumama kojima gospodare Hrvatske šume d.o.o. planiran je na 58 mil. m<sup>3</sup> [39].

**Tablica 2.8.** Površine šuma i šumskog zemljišta, drvena zaliha, godišnji tečajni prirast i etat po županijama za državne šume kojima gospodare HŠ d.o.o. [39]

| Županije                | Površina šuma i šum. zemljišta | Drvena zaliha      | Godišnji tečajni prirast | Prosječni godišnji etat |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
|                         | ha                             | m <sup>3</sup>     | m <sup>3</sup>           | m <sup>3</sup>          |
| Zagrebačka              | 62.815,82                      | 14.487.477         | 396.267                  | 272.401                 |
| Krapinsko-zagorska      | 10.041,85                      | 2.548.342          | 72.963                   | 45.890                  |
| Sisačko-moslavačka      | 150.309,62                     | 36.678.145         | 1.103.199                | 686.090                 |
| Karlovačka              | 110.807,50                     | 23.757.183         | 565.963                  | 469.735                 |
| Varaždinska             | 13.650,78                      | 2.936.086          | 97.109                   | 57.219                  |
| Koprivničko-križevačka  | 42.148,44                      | 11.649.456         | 305.414                  | 265.702                 |
| Bjelovarsko-bilogorska  | 86.343,78                      | 24.224.619         | 637.400                  | 501.685                 |
| Primorsko goranska      | 166.958,33                     | 35.455.806         | 681.198                  | 608.862                 |
| Ličko-senjska           | 305.638,56                     | 44.926.275         | 1.049.138                | 681.706                 |
| Virovitičko-podravska   | 63.546,33                      | 18.147.411         | 518.138                  | 402.358                 |
| Požeško-slavonska       | 77.732,52                      | 16.662.257         | 452.622                  | 296.798                 |
| Brodsko-posavska        | 52.511,28                      | 13.688.563         | 378.971                  | 308.936                 |
| Zadarska                | 190.859,06                     | 5.762.586          | 130.631                  | 60.991                  |
| Osječko-baranjska       | 114.060,12                     | 23.005.945         | 772.128                  | 619.975                 |
| Šibensko-kninska        | 149.674,97                     | 842.441            | 23.344                   | 1.081                   |
| Vukovarsko-srijemska    | 68.860,57                      | 20.242.488         | 545.330                  | 444.268                 |
| Splitsko-dalmatinska    | 229.427,87                     | 1.484.966          | 44.688                   | 3.226                   |
| Istarska                | 53.465,78                      | 2.441.579          | 86.897                   | 12.397                  |
| Dubrovačko-neretvanska  | 56.624,06                      | 645.297            | 18.396                   | 1.045                   |
| Međimurska              | 3.756,24                       | 392.783            | 17.848                   | 8.039                   |
| Grad Zagreb             | 9.753,62                       | 2.437.693          | 62.642                   | 45.098                  |
| <b>Ukupno HŠ d.o.o.</b> | <b>2.018.987,10</b>            | <b>302.417.398</b> | <b>7.960.286</b>         | <b>5.793.502</b>        |

Šumski ostatak koji nastaje prilikom sječe šuma, a to je sitna granjevina i panjevina izvlači se iz šuma na šumske putove ili se vozi na glavna šumska skladišta gdje se pomoću iverača usitnjava u sječku koja služi u energetske svrhe kao pogonsko gorivo. Tehnički potencijal šumske ostataka računa se prema sljedećem izrazu:

$$TEHNIČKI\ POTENCIJAL\ (m^3) = ETAT\ (m^3) \times \mathit{ŠUMSKI\ OSTATAK}\ (%) \quad (9)$$

Ostatak koji nastaje prilikom sječe drveta kreće se od 12 % - 15 % od ukupne mase posječenog drveta, a količina korisnog ostatka ovisi o vrsti drveta pri čemu za bjelogorično drvo imamo manju vrijednost ovog ostatka u odnosu na crnogorično drvo.

## 2.2 Mjesečni profil ponude biomase

Za razliku od drugih oblika biomase poljoprivredna biomasa ima sezonsku dinamiku nastajanja i prikupljanja. U ovisnosti o tipu poljoprivredne biomase imamo različit period nastajanja kao i period prikupljanja. Slama nastaje na poljima u periodu od 15.06 do 15.07 dok kukuruzovina nastaje u periodu od 15.09 do 15.10. Nakon završene žetve vrši se prikupljanje, transport i skladištenje poljoprivredne biomase pri čemu se biomasa skladišti na vanjska otvorena skladišta odakle se prema potrebi vozi do primarnih skladišta koja se nalaze u neposrednoj blizini energetskih postrojenja. Primjer skladišta na otvorenom koje se najčešće primjenjuje za skladištenje poljoprivredne biomase prikazano je na slici 2.3.



**Slika 2.3.** Skladištenje poljoprivredne biomase na otvorenom [41]

Šumska biomasa, prije svega misli se na granjevinu i panjeve, ima cjelogodišnju dinamiku nastajanja zbog toga što imamo sječu šuma tijekom cijele godine. Biomasa iz šumskog ostatka računa se za tromjesečja pri čemu u prvom i zadnjem tromjesečju najviše sječe, pa samim tim u tom periodu i nastaje najviše šumskih ostataka. U prvom tromjesečju se sječe preko 27 % dok se u četvrtom tromjesečju sječe oko 26 % od ukupne mase posječenih državnih šuma kojima gospodare HŠ d.o.o. U drugom tromjesečju je najmanja sječa i ona iznosi oko 22 % dok je u trećem tromjesečju sječa oko 25 % od ukupne posječene mase drveta [33]. U prvom i četvrtom tromjesečju sječe se više bjelogorično drvo (hrast, bukva, grab) dok u drugom i trećem tromjesečju imamo veću sječu crnogoričnog drveta (jela, smreka) u odnosu na bjelogorično drvo.

### 2.3 Energetski potencijal poljoprivredne biomase i šumskih ostataka

Energetski potencijal poljoprivredne biomase (slama, kukuruzovina) i šumskih ostataka (granjevina, panjevi) dobiva se množenjem donje ogrjevne vrijednosti i tehničkog potencijala za određeni tip biomase. Izraz prema kojem se računa energetski potencijal različitih tipova biomase je sljedeći:

$$E_p = T_p \times H_d \quad (10)$$

gdje je:

$E_p$  – Energetski potencijal biomase, GJ

$T_p$  – Tehnički potencijal biomase, t

$H_d$  – donja ogrjevna vrijednost biomase, GJ/t

Donje ogrjevne vrijednosti za razne tipove biomase date su u tablici 1.2, dok je ogrjevna vrijednost za različite vrste drveta u Hrvatskoj prikazana u tablici 1.1. Tehnički potencijal za poljoprivrednu biomasu izražen je u tonama dok je tehnički potencijal za šumske ostatke izražen u  $m^3$ , a donja ogrjevna vrijednost za biomasu je u GJ/t. Zbog ove razlike potrebno je preračunati donju ogrjevnu vrijednost u  $GJ/m^3$ , a to se vrši pomoću gustoće koja se mijenja u ovisnosti o vlažnosti drveta, te o vrsti drveta što je prikazano u tablici 2.9. U tablici 2.9 prikazane su gustoće drveta za tvrdo listopadno drvo (bukva, grab, hrast, itd.), meko listopadno drvo (topola, lipa, joha, itd.), te za crnogorično drvo (jela, smreka, bor, itd.) u ovisnosti o vlažnosti i to za svježe drvo, prosušeno drvo koje ima vlažnost od 12 % do 18 %, te za apsolutno suho drvo takozvano arto drvo [39].

**Tablica 2.9.** Gustoća drveta u ovisnosti o vlažnosti i vrsti drveta [39]

|                                   | SVJEŽE             | PROSUŠENO          | APSOLUTNO SUHO<br>- ARTO |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| VRSTA DRVETA                      |                    | 12 – 18 % vlage    | 0 % vlage                |
|                                   | t/m <sup>3</sup>   | t/m <sup>3</sup>   | t/m <sup>3</sup>         |
| <b>TVRDO LISTOPADNO DRVO – TL</b> |                    |                    |                          |
| BUKVA                             | 0,82 - 1,07 - 1,27 | 0,54 - 0,72 - 0,91 | 0,49 - 0,69 - 0,88       |
| HRAST                             | 0,65 - 1,01 - 1,16 | 0,43 - 0,69 - 0,96 | 0,39 - 0,65 - 0,93       |
| GRAB                              | 0,66 - 0,97 - 1,20 | 0,54 - 0,83 - 0,86 | 0,50 - 0,79 - 0,82       |
| JAVOR                             | 0,83 - 0,97 - 1,04 | 0,53 - 0,63 - 0,79 | 0,48 - 0,59 - 0,75       |
| BAGREM                            | 0,75 - 0,87 - 1,00 | 0,58 - 0,77 - 0,90 | 0,54 - 0,73 - 0,87       |
| BRIJEST                           | 0,73 - 0,85 - 1,18 | 0,48 - 0,68 - 0,86 | 0,44 - 0,64 - 0,82       |
| JASEN                             | 0,60 - 0,80 - 1,14 | 0,45 - 0,69 - 0,86 | 0,41 - 0,65 - 0,82       |
| PROSJEK                           | 1,00               |                    |                          |
| <b>MEKO LISTOPADNO DRVO - ML</b>  |                    |                    |                          |
| BREZA                             | 0,80 - 0,94 - 1,09 | 0,51 - 0,65 - 0,83 | 0,46 - 0,61 - 0,80       |
| TOPOLA                            | 0,73 - 0,90 - 1,07 | 0,41 - 0,45 - 0,56 | 0,37 - 0,45 - 0,52       |
| LIPA                              | 0,58 - 0,73 - 0,88 | 0,35 - 0,53 - 0,60 | 0,32 - 0,49 - 0,56       |
| JOHA                              | 0,61 - 0,71 - 1,01 | 0,49 - 0,55 - 0,64 | 0,45 - 0,51 - 0,60       |
| PROSJEK                           | 0,85               |                    |                          |
| <b>CRNOGORIČNO DRVO - CD</b>      |                    |                    |                          |
| JELA                              | 0,98               | 0,35 - 0,45 - 0,75 | 0,32 - 0,41 - 0,71       |
| SMREKA                            | 0,90 - 0,96 - 1,04 | 0,33 - 0,47 - 0,68 | 0,30 - 0,43 - 0,64       |
| BOR                               | 1,02               | 0,41 - 0,62 - 0,98 | 0,38 - 0,58 - 0,91       |
| ARIŠ                              | 0,77 - 0,95 - 1,10 | 0,44 - 0,59 - 0,85 | 0,40 - 0,55 - 0,82       |
| PROSJEK s korom                   | 0,95               |                    |                          |
| PROSJEK bez kore                  | 0,85               |                    |                          |

## **2.4 Makro-lokacije za izgradnju energetskih postrojenja loženih na biomasu**

U Hrvatskoj postoje samo dva postrojenja koja kao pogonsko gorivo koriste biomasu, premda postoje znatne količine poljoprivredne biomase i šumskih ostataka. Ova dva postrojenja koja su toplane nalaze se u Ogulinu i Gospiću i kao pogonsko gorivo koriste drvenu sječku koja nastaje nakon usitnjavanja šumskih ostataka pomoću iverača.

Postrojenja koja kao pogonsko gorivo koriste poljoprivrednu biomasu i šumske ostatke za proizvodnju električne energije za sada ne postoje na području Republike Hrvatske. Prilikom odabira lokacija za izgradnju energetski postrojenja loženih na biomasu potrebno je obratiti pažnju na sljedeće elemente:

- Prostor za izgradnju postrojenja na odabranoj lokaciji
- Udaljenost šuma od lokacije
- Udaljenost poljoprivrednih polja od lokacije
- Kvaliteta električne mreže u blizini lokacije
- Postojanje rijeka i jezera za hlađenje energetski postrojenja
- Prometna povezanost lokacije
- Da li na odabranoj lokaciji već postoji energetsko postrojenje

Prilikom odabira lokacije posebno je bitno da postoje dostatne količine biomase jer ako za postojeće postrojenje nemate dostatne količine biomase rastu pogonski troškovi elektrane. Pored biomase potrebno je da postrojenje ima i električnu mrežu u neposrednoj blizini, te rijeke i jezera koje bitno smanjuju cijenu izgradnje elektrane jer ukoliko na odabranoj lokaciji ne postoji rijeka potrebna je izgradnja rashladnih tornjeva koji povećavaju cijenu izgradnje postrojenja. Ukoliko na odabranoj lokaciji već postoji energetsko postrojenje to bitno olakšava dobivanje lokacijski i građevinskih dozvola što dovodi do skraćivanja rokova izgradnje energetskih postrojenja.

## 2.5 Analiza fluktuacije cijene biomase

Poljoprivredna biomasa koja nastaje na poljima u Hrvatskoj najviše se dobiva na poljima obiteljskih gospodarstava koja se bave poljoprivrednom proizvodnjom. Upravo iz ovoga razloga što velike količine poljoprivredne biomase nastaju na poljima obiteljskih gospodarstava imamo velike fluktuacije u cijeni poljoprivredne biomase. Anketnim ispitivanjem koje je provedeno nad obiteljskim gospodarstvima koja se bave poljoprivrednim proizvodnjom i imaju viškove poljoprivredne biomase koja je dostupna za prodaju utvrđena je trenutna cijena poljoprivredne biomase po toni koja se kreće od 25 €/t do 33 €/t.

Šumski ostaci koji nastaju u šumama izvlače se na šumske putove i tu se vrši iveranje ili se odvoze do glavnih šumskih skladišta pa se onda na tim lokacijama vrši iveranje pomoću stacionarnih iverača. U ovom radu obrađuje se samo šumski ostatak koji nastaje u državnim šumama te sukladno tome određivanje cijene sječke na šumskom putu je puno jednostavnije. Cijena šumske sječke na šumskom putu prema trenutnim cjenicima prikazana je u tablici 2.11 i dana je prema vrsti drveta i sortimentu, a u ukupnu cijenu su uračunate i usluge koje se obavljaju prije nego što se sječka nađe u kamionskim prikolicama. Cijena usluga koje naplaćuju HŠ d.o.o. prikazana je u tablici 2.10 i izražena je u HRK/t. Cijena sječke s utovarom na šumskom putu u ovisnosti o vrsti drveta i sortimenata kreće se od 27 €/t do 35,5 €/t [39].

**Tablica 2.10.** Cijena usluga koje naplaćuju HŠ d.o.o. prema vrsti radova i vrsti sortimenta [39]

| Vrsta radova | Vrsta sortimenta (HRK/t) |               |                  |
|--------------|--------------------------|---------------|------------------|
|              | VMC-VMO II               | VMC-SJEČENICA | VMO II-SJEČENICA |
| Iznošenje    | 60                       | 65            | 80               |
| Iveranje     | 55                       | 60            | 65               |
| Utovar       | 10                       | 10            | 10               |
| Ukupno       | 125                      | 135           | 155              |

**Tablica 2.11.** Cijena drvene sječke na šumskom putu prema vrsti drveta i sortimenta [39]

| Vrsta drveta          | Sortiment                             | Cijena, kn/m <sup>3</sup> | Gustoća, t/m <sup>3</sup> | Cijena, HRK/t | Usluga, HRK/t | Drvena sječka ukupno, HRK/t | Drvena sječka ukupno, €/t |
|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|---------------------------|
| Bukva, grab           | VMC <sup>3</sup> -VMO II <sup>4</sup> | 120                       | 0,90                      | 133           | 125           | 258                         | 35,34                     |
|                       | VMC-SJEČENICA                         | 104                       | 0,90                      | 116           | 135           | 251                         | 34,38                     |
|                       | VMO II-SJEČ.                          | 78                        | 0,85                      | 92            | 155           | 247                         | 33,83                     |
| Tvrdo listopadno drvo | VMC-VMO II                            | 104                       | 0,85                      | 122           | 125           | 247                         | 33,84                     |
|                       | VMC-SJEČENICA                         | 91                        | 0,85                      | 107           | 135           | 242                         | 33,15                     |
|                       | VMO II-SJEČ.                          | 61                        | 0,80                      | 76            | 155           | 231                         | 31,64                     |
| Meko listopadno drvo  | VMC-VMO II                            | 86                        | 0,70                      | 123           | 125           | 248                         | 33,84                     |
|                       | VMC-SJEČENICA                         | 75                        | 0,70                      | 107           | 135           | 242                         | 33,15                     |
|                       | VMO II-SJEČ.                          | 46                        | 0,65                      | 71            | 155           | 226                         | 30,96                     |
| Crnogorično drvo      | VMC-VMO II                            | 78                        | 0,80                      | 98            | 125           | 223                         | 30,55                     |
|                       | VMC-SJEČENICA                         | 67                        | 0,80                      | 84            | 135           | 219                         | 30,00                     |
|                       | VMO II-SJEČ.                          | 32                        | 0,75                      | 43            | 155           | 198                         | 27,12                     |

Prosječna cijena biomase na pragu elektrane bilo poljoprivredne biomase ili šumskih ostataka (sječke) računa se prema sljedećem izrazu:

$$G_C = \sum_{i=1}^n \frac{[C_B + (T_P \times U_i)] \times K_{Bi}}{P_B}$$

(11)

gdje je:

$G_C$  – Prosječna cijena biomase na pragu elektrane, €/t

$C_B$  – Cijena biomase, €/t

$T_P$  – Trošak prijevoza biomase, €/t/km

$U_i$  – Udaljenost od lokacije do sjedišta županije iz koje se dovozi biomasa, km

$K_{Bi}$  – Ukupna količina biomase dovezena iz županije, t

$P_B$  – Potrebna količina biomase za godišnji rad elektrane, t

<sup>3</sup> VMC - Celulozno drvo - VM

<sup>4</sup> VMO II - Ogrjevno drvo II - VM

## **2.6 Ekonomska analiza energetske postrojenja na odabranim lokacijama**

### **2.6.1 Prihodi energetske postrojenja**

Osnovni prihod energetske postrojenja je prihod od prodaje električne energije, koji se računa na osnovu planiranog obima godišnje proizvodnje i prodajne cijene električne energije. Od ostvarenog prihoda potrebno je pokriti sve troškove poslovanja te ostvariti dobit. Prihode ne možemo u potpunosti izjednačiti s novčanim primicima jer oni uključuju ukupni prihod i ostatak vrijednosti projekta koji se pojavljuje u posljednjoj godini vijeka projekta, a uključuje vrijednost postrojenja koje ostaje.

Vlada Republike Hrvatske je u ožujku 2007. godine donijela tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije, kojim je definirala cijenu za isporučenu električnu energiju koja se proizvede u postrojenju koja koriste obnovljive izvore energije. Pravo na poticajnu cijenu prodaje električne energije stječe proizvođač koji koristi obnovljive izvore energije pod uvjetom da je ishodio rješenje o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije i da je sklopio s operatorom tržišta ugovor o otkupu električne energije. Ovim tarifnim sustavom utvrđene su visine otkupnih cijena električne energije iz energetske postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije, a za energetska postrojenja ložena na biomasu i koja imaju instaliranu električnu snagu veću od 1 MW otkupna cijena je 1,04 HRK/kWh [42].

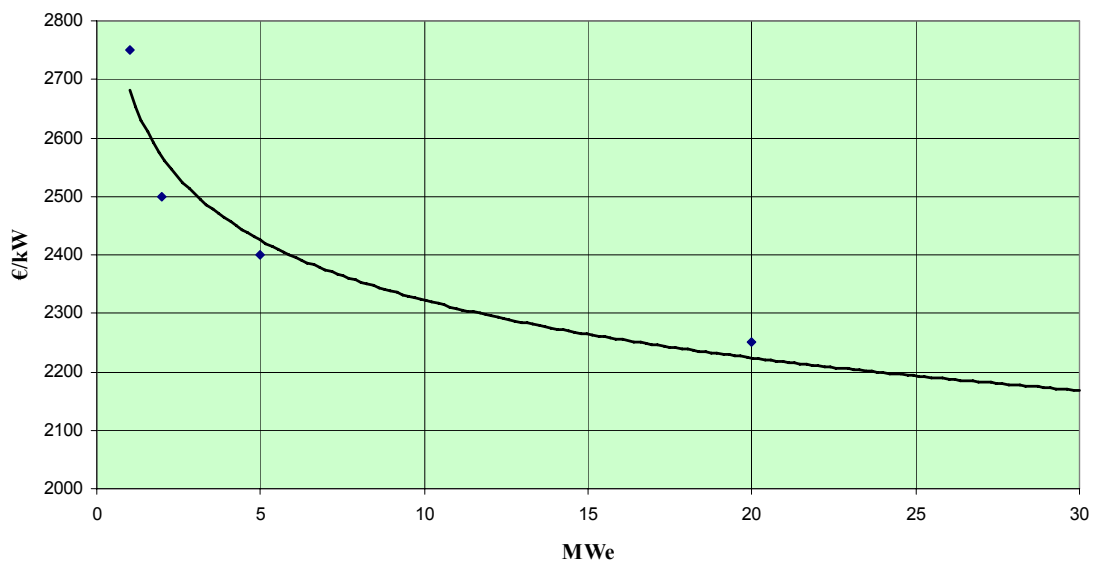
### **2.6.2 Troškovi energetske postrojenja**

Troškovi energetske postrojenja su sljedeći:

- Investicijski troškovi (najveći dio troškova)
- Troškovi goriva, održavanja, osoblja
- Troškovi amortizacije, kapitala, poreza i sl.

Investicijski troškovi predstavljaju najveće troškove postrojenja koji nastaju prilikom izgradnje postrojenja i ovise o veličini postrojenja. Investicijski trošak za izgradnju energetske postrojenja loženih na biomasu prikazan je na slici 2.4.





**Slika 2.4.** Investicijski troškovi energetske postrojenja loženih biomasom

Investicijski troškovi na slici 2.4 obuhvaćaju:

- Obuku osoblja za pogon i održavanje
- Priključivanje na mrežu
- Silos za gorivo i transportne sustave
- Parni kotao
- Parna turbina s generatorom
- Pročistač dimnih plinova (DeNOx)
- Sustavi za zrak i dimne plinove.
- Pomoćna oprema

Kao gorivo za energetska postrojenja predviđena je poljoprivredna biomasa (slama, kukuruzovina) i šumski otpad (sječka). Cijena ovog goriva na pragu elektrane računa se u poglavlju 2.5.

Troškovi održavanja izračunavaju se na temelju nabavne vrijednosti materijalne imovine (građevinski radovi i oprema) i iznose od 4 % do 6 % investicijskih troškova.

Troškovi osoblja predstavljaju njihove neto plaće i doprinosi. Za termoenergetska postrojenja ložena na biomasu potrebno je 10 do 15 radnika. Godišnji trošak za radnike

koji rade u energetske postrojenjima kreću se između 10.000 € i 15.000 € po jednom radniku.

U strukturi ukupnih troškova posebno mjesto zauzima amortizacija kao glavni reprezent stalnih troškova. Ovaj trošak se može definirati kao sredstvo obračunavanja investicije kroz korisno vrijeme postrojenja i on ne utječe na prihodovnu stranu postrojenja nego na iznos poreza koji je potrebno platiti. U principu što je veća amortizacija za vrijeme nekog perioda manje će poreza morati biti plaćeno [21]. Za otpis dugotrajne imovine i građevinskih radova koristi se linearna metoda s primjenom prosječne godišnje amortizacijske stope. Prosječna godišnja amortizacijska stopa za pojedina stvari koje podliježu amortizaciji prikazana je u tablici 2.12.

**Tablica 2.12.** Prosječna godišnja amortizacijska stopa

| Stvari koje se amortiziraju | Knjigovodstveni vijek trajanja (godina) | Prosječna godišnja amortizacijska stopa (%) |
|-----------------------------|---|---|
| Građevine pogona            | 20                                      | 5   |
| Oprema i uređaji            | 15                                      | 6,67  |
| Nematerijalna ulaganja      | 5                                       | 20  |

Energetska postrojenja koja se planiraju graditi na odabranim lokacija financiraju se iz kredita tj. iz tuđih izvora sredstava. Ovi izvori financiranja za posljedicu imaju obvezu povrata posuđenih sredstava u određenom roku kao i plaćanje naknade za korištenje tih sredstava. Cijena korištenja sredstava iz pojedinih izvora obuhvaća troškove pribavljanja i troškove korištenja i to ne samo direktne nego i indirektno troškove [26]. Trošak kapitala tj. financijska konstrukcija procjenjuje se na temelju:

- godišnje kamatne stope
- roka otplate kredita
- roka početka otplate kredita
- očekivane rentabilnosti ulaganja

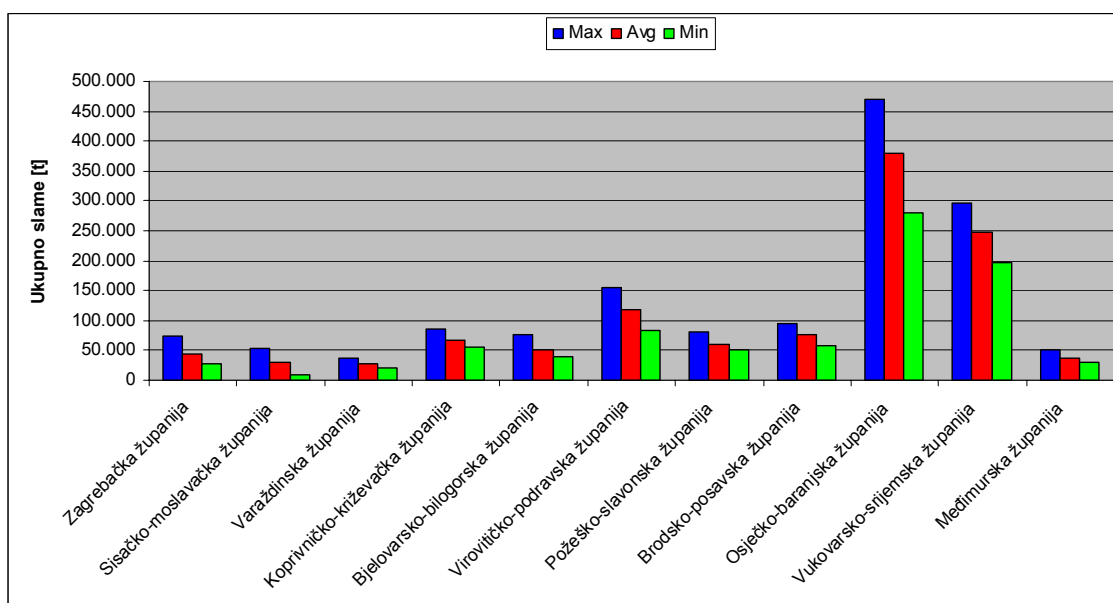
Porez na dobit u Republici Hrvatskoj obračunava se i uplaćuje po stopi od 20 % (od 01.01.2001) na utvrđenu osnovicu poreza.

### 3. REZULTATI

#### 3.1 Tehnički potencijal poljoprivredne biomase i šumskih ostataka

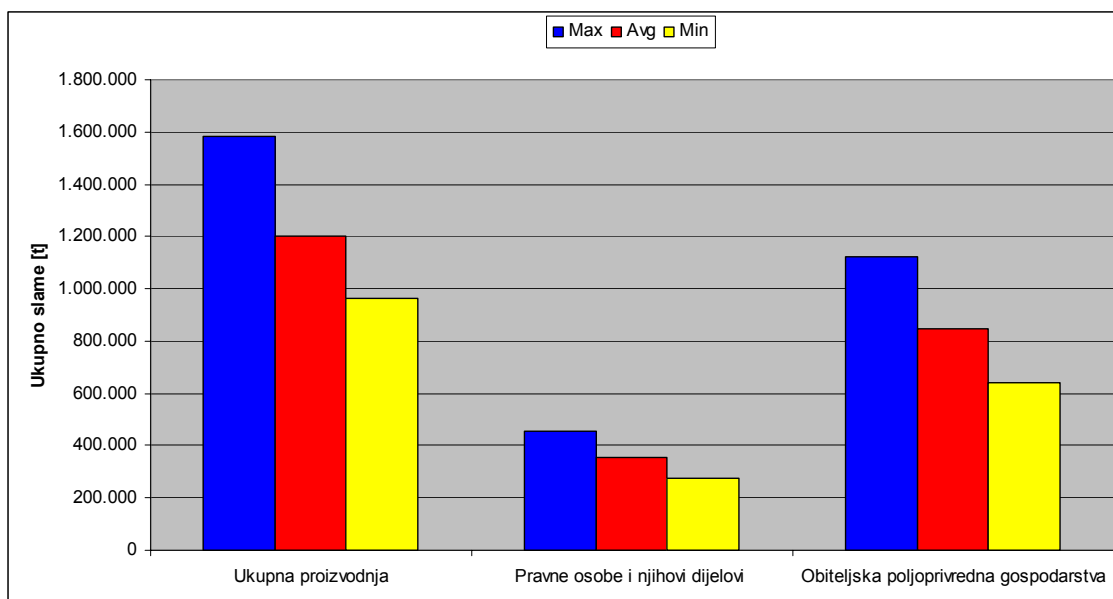
##### 3.1.1 Tehnički potencijal slame

U ovisnosti koju vrstu pšenice imamo posijanu na poljima imat ćemo i različite vrijednosti žetvenog omjera. Na području Hrvatske najviše se sije ozima pšenica, a kao što je opisano u poglavlju 2.1 ovoga diplomskog rada žetveni omjer za ozimu pšenicu iznosi 1,6. Koristeći vrijednosti za proizvodnju pšenice u Hrvatskoj po županijama iz tablice 2.2 i za žetveni omjer 1,6, te uvrštavajući ove podatke za svaku županiju u jednadžbu (1) dobivamo rezultate za ukupnu količinu slame koja nastaje na Hrvatskim poljima što je prikazano na slici 3.1.



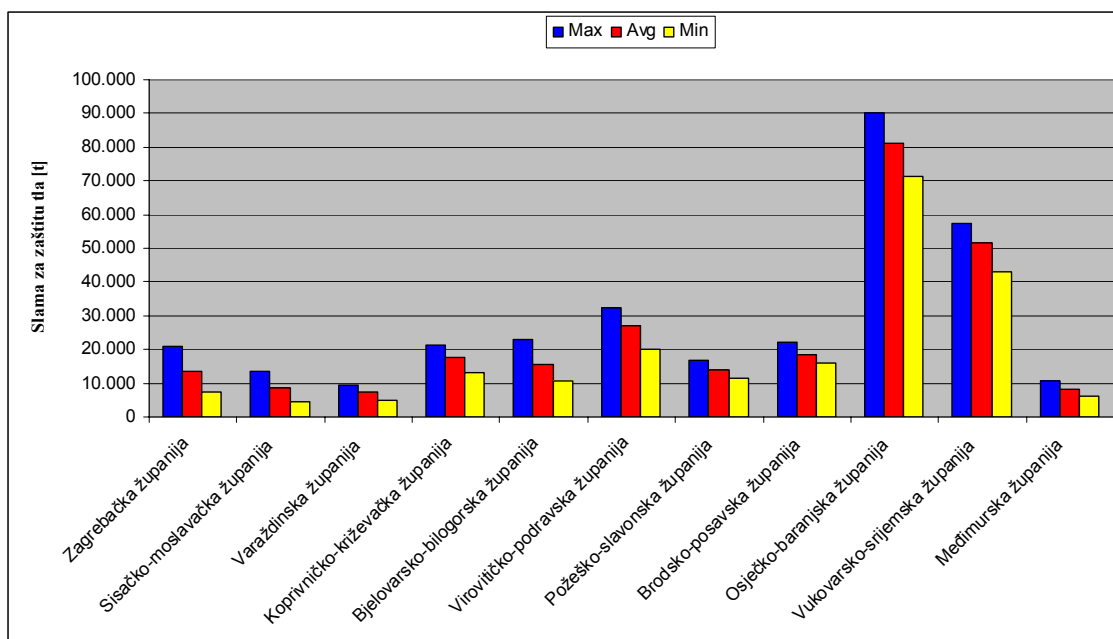
Slika 3.1. Proizvodnja slame na hrvatskim poljima, po županijama

Na slici 3.1 nije prikazana proizvodnja u svim županijama iz razloga što ove županije imaju veoma malu proizvodnju pšenice pa samim tim i slame, te se podaci za te županije mogu zanemariti. Ukupna proizvodnja slame u Republici Hrvatskoj, te ukupna proizvodnja na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima i na poljoprivrednim poljima poslovnih subjekata prikazana je na slici 3.2.

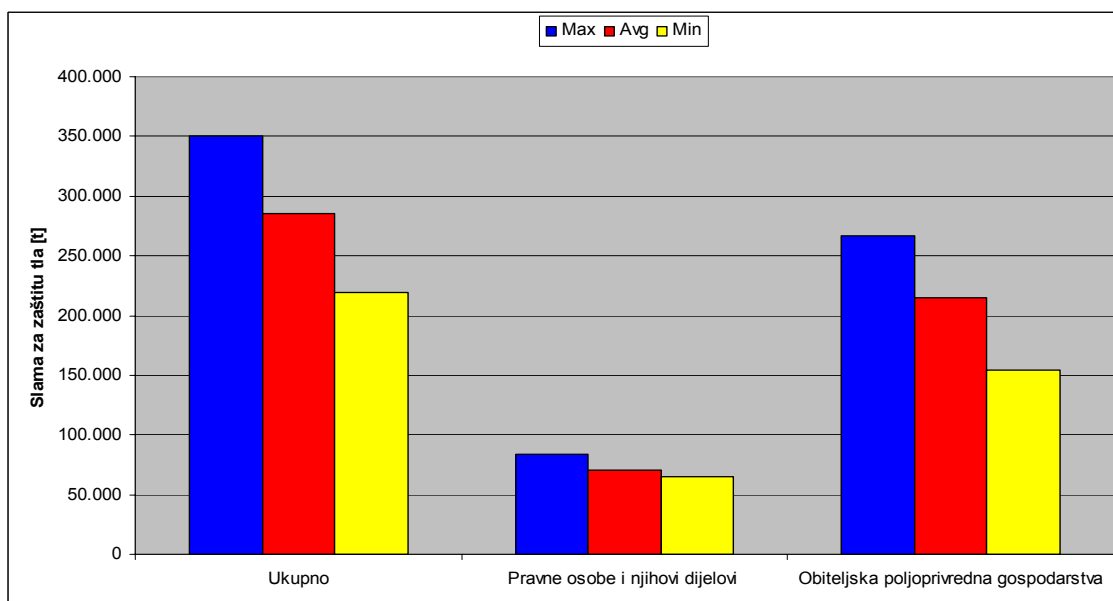


**Slika 3.2.** Proizvodnja slame na poljima obiteljskih gospodarstava, pravnih osoba i njihovi subjekata, te ukupna proizvodnja slame u Hrvatskoj

Slama koja nastaje na poljima nakon žetve ne prikuplja se sva već se određene količine ostavljaju za zaštitu tla od erozije. Količina koju je potrebno ostaviti za zaštitu tla ovisi o vrsti tla i nagibu zemljišta, a za izračunavanja količine slame koja je potrebna za zaštitu tla u ovom radu odabrana je količina od 1,5 t/ha koja je prema slici 2.1 dostatna za pokrivenost tla od 60%. Koristeći jednadžbu (2) za izračunavanje količine slame koju je potrebno ostaviti na polju za zaštitu tla, potrebnu količinu slame za zaštitu tla od 1,5 t/ha te za posijane površine s pšenicom podatke iz tabele 2.2 dobivamo količine slame potrebne za zaštitu tla koje su prikazane na slici 3.3. Na slici 3.4 prikazane su količine slame potrebne za zaštitu tla od erozije na poljoprivrednim zemljištima obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba, te ukupna količina slame potrebna za zaštitu poljoprivrednih polja na kojima se sije pšenica u Republici Hrvatskoj.



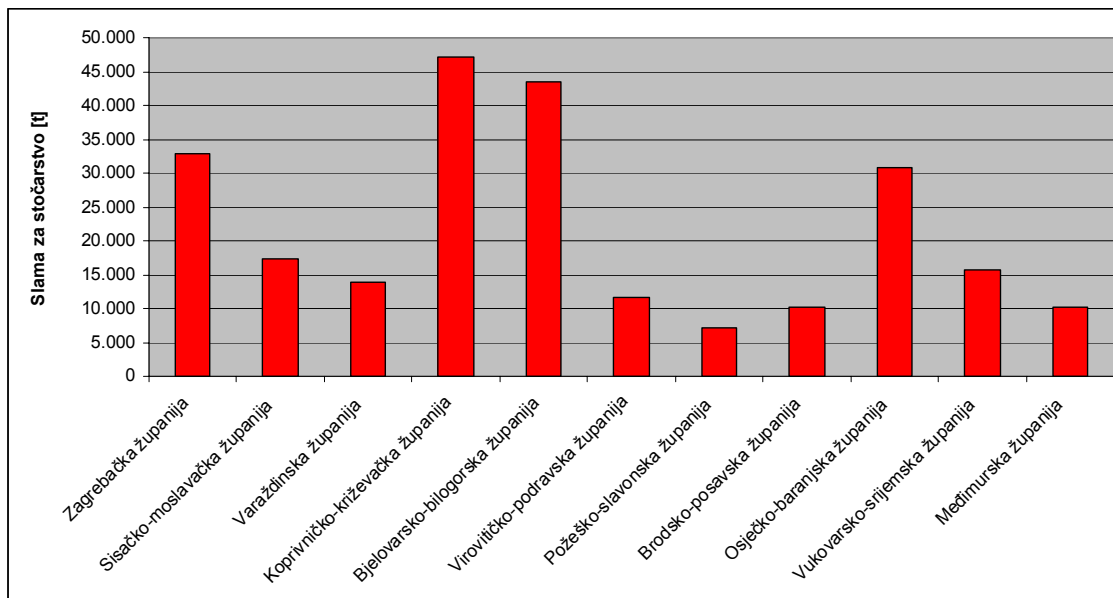
Slika 3.3. Količine slame potrebne za zaštitu tla od erozije u Hrvatskoj, po županijama



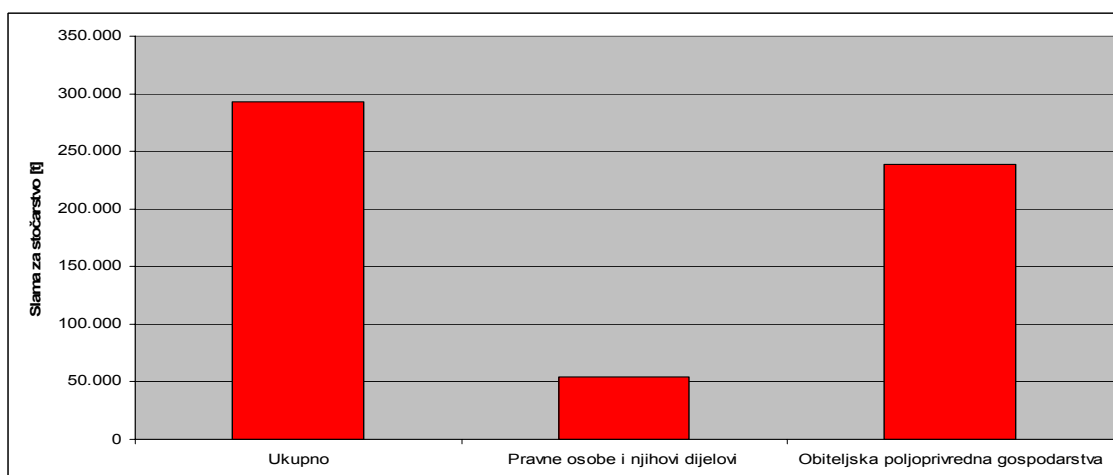
Slika 3.4. Količine slame potrebne za zaštitu tla na poljima obiteljskih gospodarstava, pravnih osoba i njihovi subjekata, te ukupna potrebna količina slame

Potrebne količine slame za stočarsku proizvodnju računaju se prema formuli (3) pri čemu se uzima da je za potrebe prostiranja i prehrane jednog goveda potrebno 0,6 t dok je broj goveda po županijama dat u tablici 2.5. Količina slame po županijama potrebna za stočarstvo prikazana je na slici 3.5, dok je na slici 3.6 prikazana količina slame

potrebna za stočarstvo na obiteljskim gospodarstvima i gospodarstvima poslovnih subjekata, te ukupna potrebna količina slame potrebna za stočarstvo u Hrvatskoj.

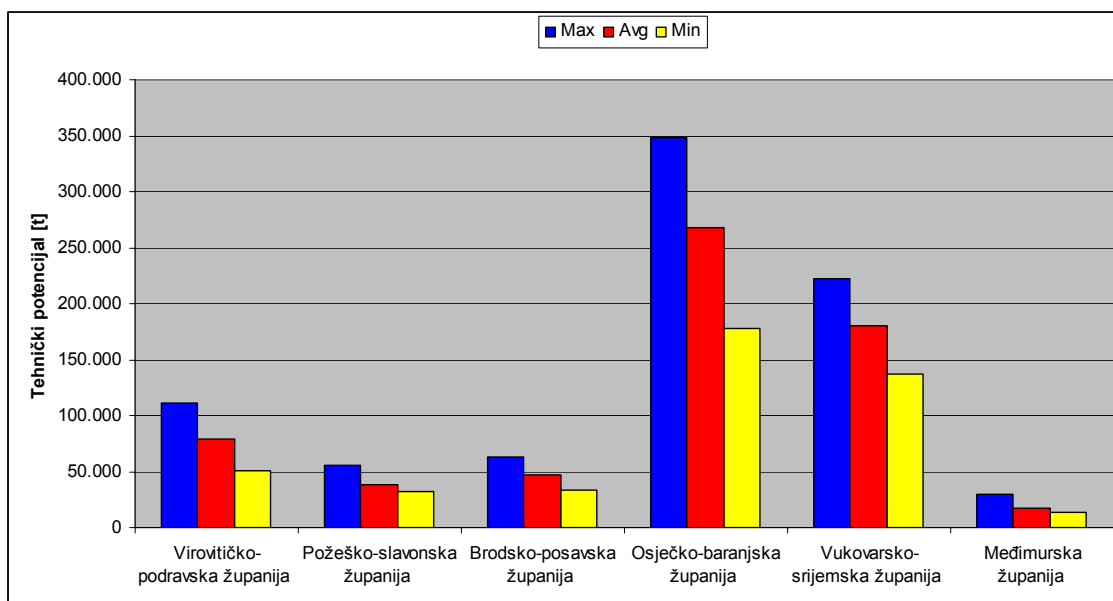


**Slika 3.5.** Količine slame potrebne za stočarsku proizvodnju po županijama

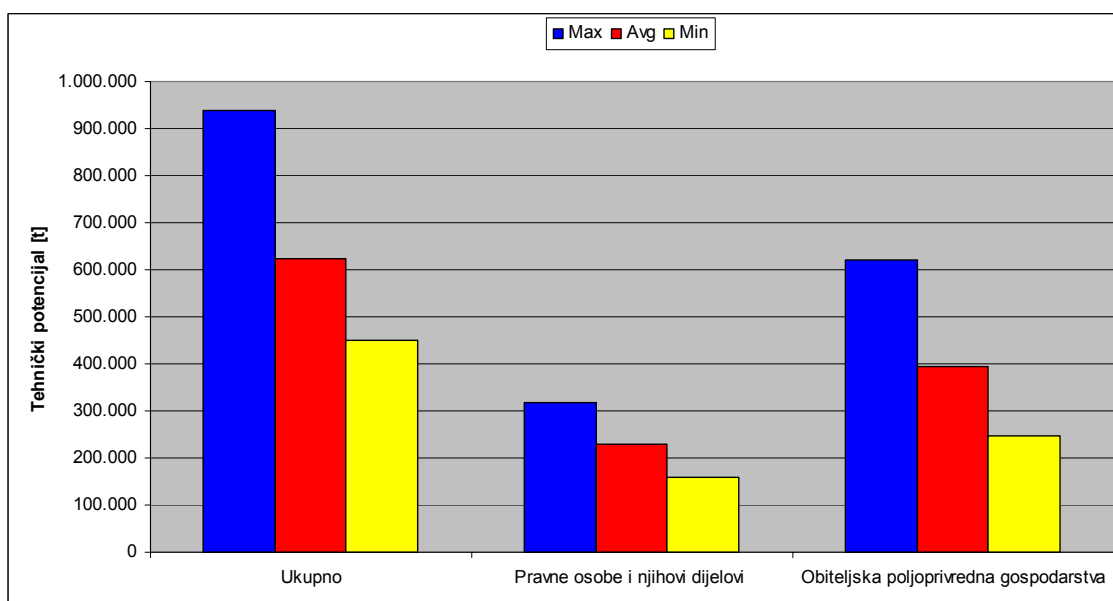


**Slika 3.6.** Količine slame potrebne za stočarsku proizvodnju na obiteljskim gospodarstvima, na gospodarstvima pravnih osoba, te ukupna potrebna količina slame

Tehnički potencijal slame na poljima u Hrvatskoj računa se prema jednadžbi (4), a tehnički potencijal slame u županijama prikazan je na slici 3.7. Na slici 3.8 prikazan je ukupni tehnički potencijal, te tehnički potencijal na poljima obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba.



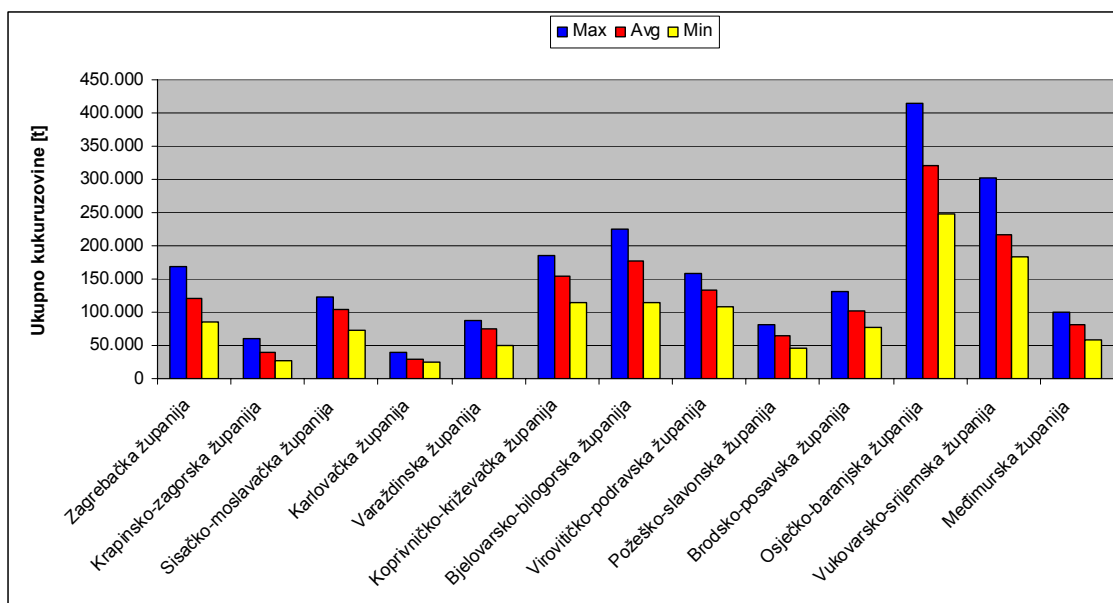
Slika 3.7. Tehnički potencijal slame u Hrvatskoj, po županijama



Slika 3.8. Ukupni tehnički potencijal, te tehnički potencijal slame na poljima obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba

### 3.1.2 Tehnički potencijal kukuruzovine

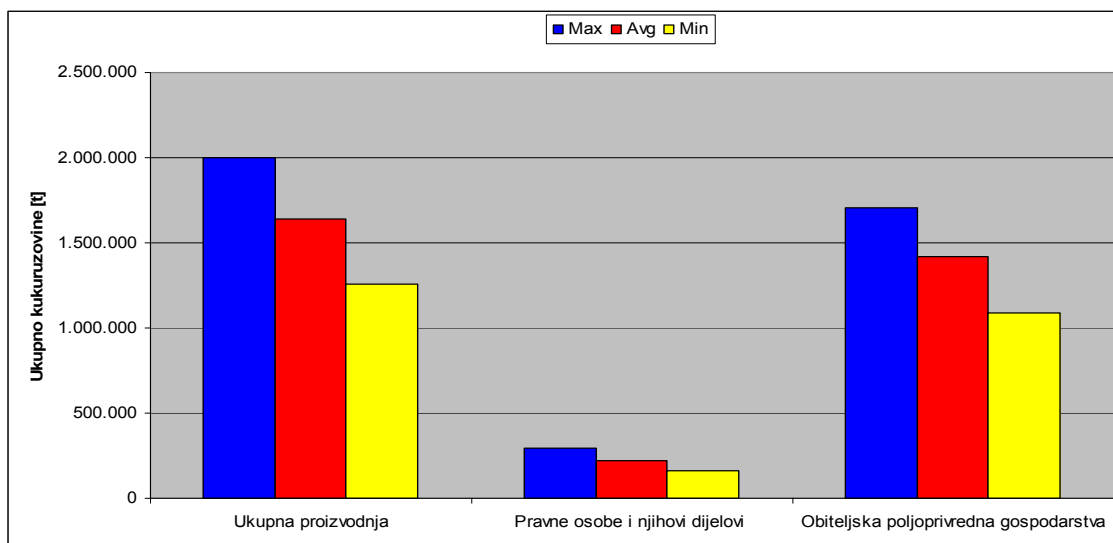
Količina kukuruzovine koja nastaje na poljoprivrednim poljima nakon žetve također nije moguće pronaći u literaturi već se mora izračunati preko žetvenog omjera. Žetveni omjer za izračun količine kukuruzovine koja nastaje na poljima nakon žetve u ovom radu pretpostavljen je da iznosi 0,8. Količina kukuruza koja se dobije na poljima u Republici Hrvatskoj, po županijama prikazana je u tablici 2.7 i ovi podaci su korišteni za izračun količine kukuruzovine. Količina kukuruzovine koja nastaje nakon žetve na poljima računa se prema jednadžbi (5). Rezultati koji su dobiveni korištenjem jednadžbe (5), žetvenog omjera od 0,8, te podaci o količini kukuruza iz tablice 2.7 prikazani su na slici 3.9. Na slici 3.9 nisu prikazani rezultati za sve županije iz razloga što te županije imaju malu proizvodnju kukuruza pa samim tim i kukuruzovine, te se ovi rezultati u daljnjem dijelu rada mogu zanemariti.



Slika 3.9. Ukupna proizvodnja kukuruzovine u Hrvatskoj, po županijama

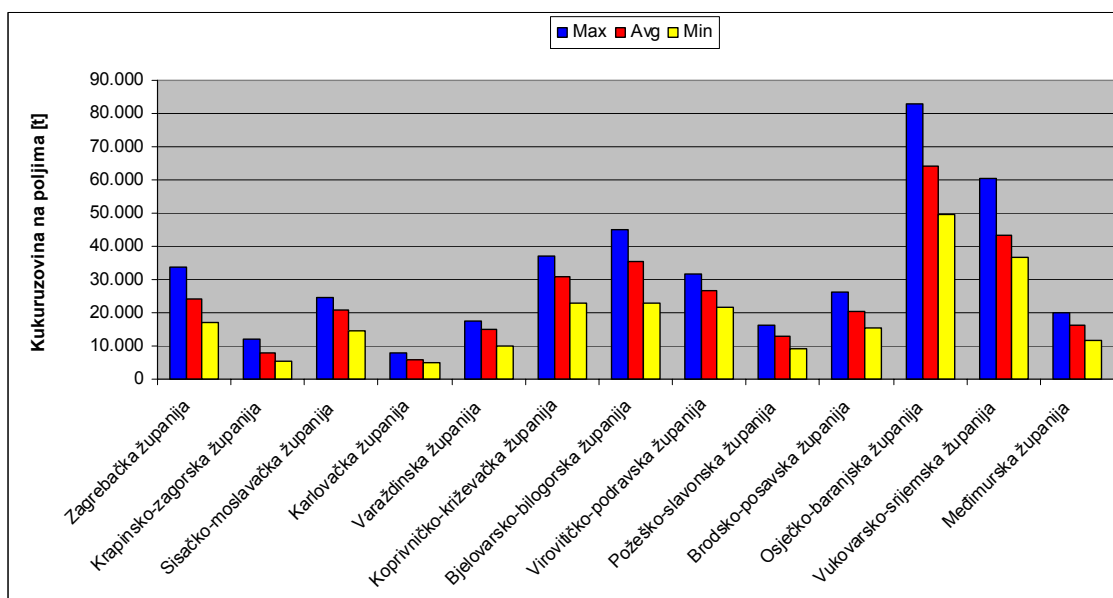
Ukupna proizvodnja kukuruzovine na hrvatskim poljima prikazana je na slici 3.10 kao i proizvodnja kukuruzovine na poljima obiteljskih gospodarstava i pravnih subjekata. Iz slike 3.10 vidljivo je da se najveće količine kukuruzovine proizvode na poljima obiteljskih gospodarstava dok su količine kukuruzovine na poljima pravnih subjekata veoma male.





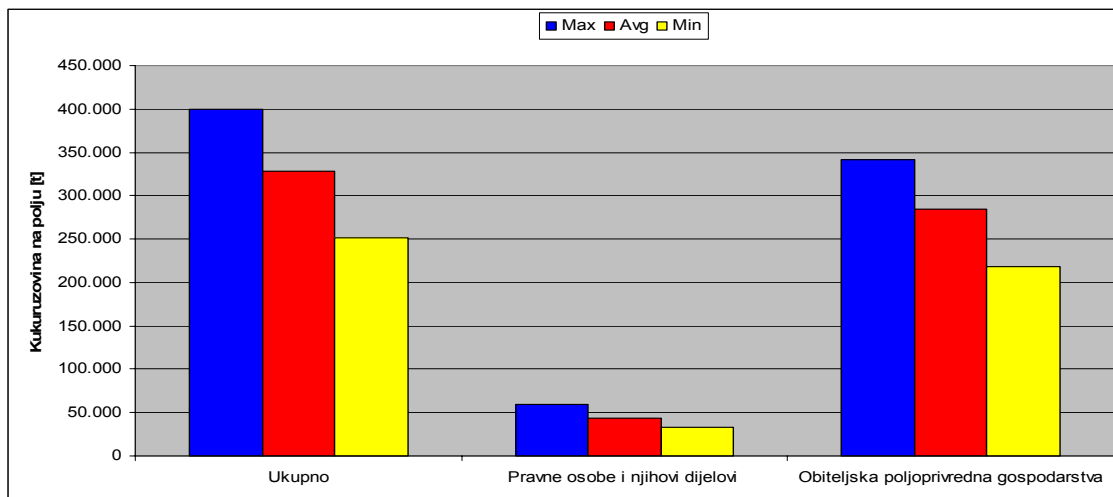
**Slika 3.10.** Ukupna proizvodnja kukuruzovine u Hrvatskoj, te na poljima pravnih osoba i obiteljskih gospodarstava

Kukuruzovinu koja nastane na poljima nije moguće svu prikupiti zbog gubitaka koji nastaju prilikom upotrebe mehanizacije za prikupljanje. U ovom radu uzeto je da gubitak zbog upotrebe mehanizacije iznosi 20 % od ukupne količine kukuruzovine koja nastaje na poljima. Količina kukuruzovine koja ostaje na poljima zbog gubitaka koji nastaju prilikom prikupljanja upotrebom mehanizacije računa se prema jednadžbi (6), a dobiveni rezultati prikazani su na slici 3.11.



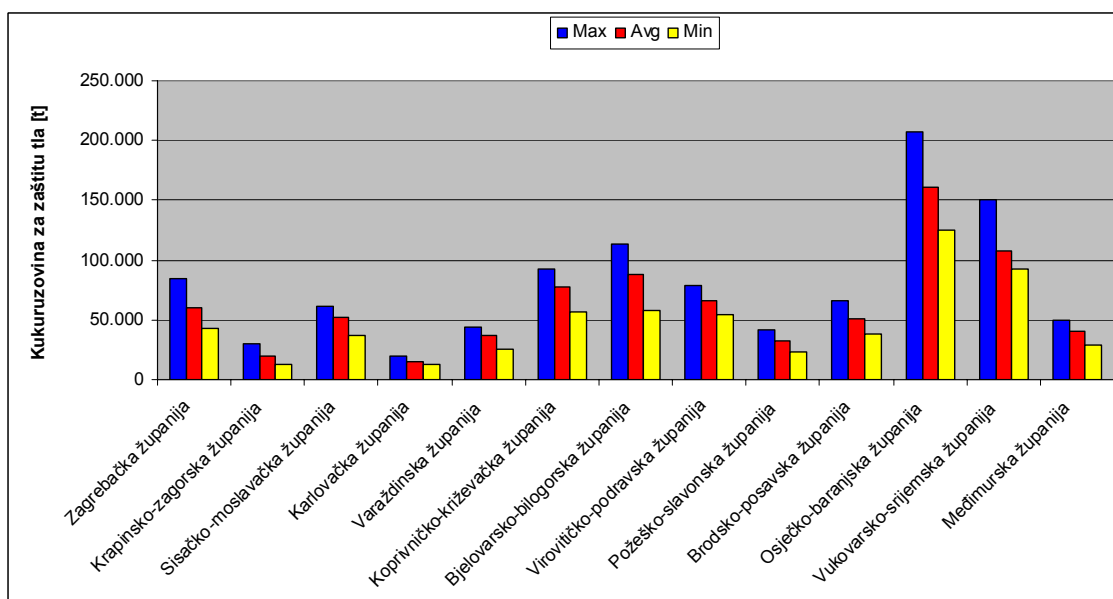
**Slika 3.11.** Količina kukuruzovine koja ostaje na poljima zbog gubitaka prilikom upotrebe mehanizacije

Ukupna količina kukuruzovine koja ostaje na poljima uslijed gubitaka prilikom upotrebe mehanizacije, te količina kukuruzovine koja ostaje na poljima obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba prikazana je na slici 3.12.



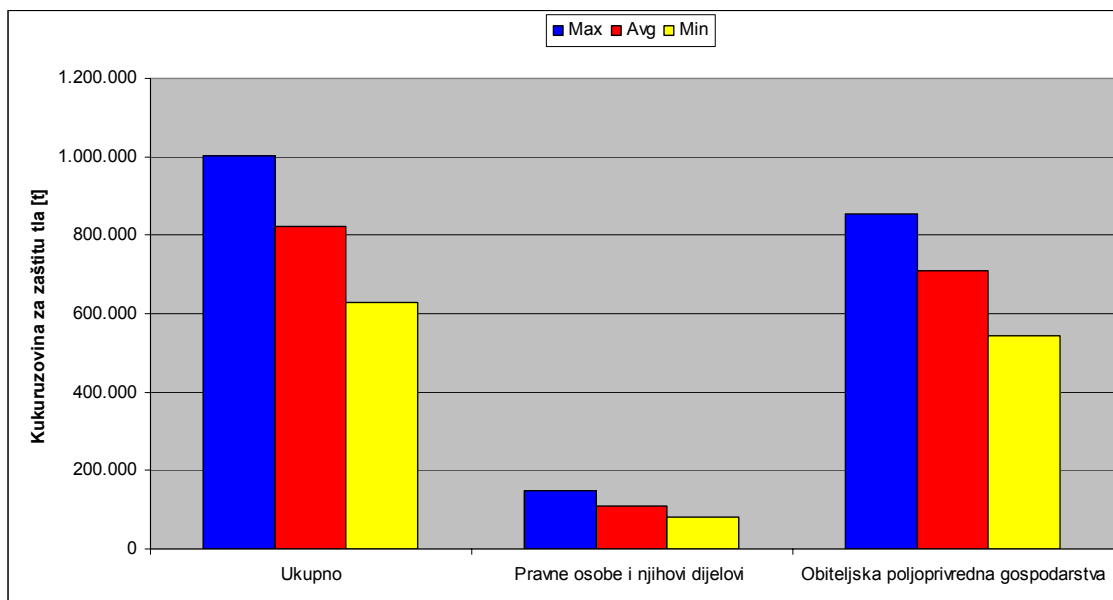
**Slika 3.12.** Ukupna kukuruzovina na poljima koja ostaje nakon prikupljanja, te na poljima obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba

Pored kukuruzovine koja ostaje na poljima zbog gubitaka prilikom upotrebe mehanizacije, dodatne količine se ostavljaju na poljima zbog zaštite zemljišta od erozije. Količina koja se ostavlja na polju u ovom radu se pretpostavlja da iznosi 50 % od ukupne količine kukuruzovine koja nastaje na poljima. Koristeći jednadžbu (7) za izračunavanje količine kukuruzovine potrebne za zaštitu tla od erozije dobivamo rezultate koji su prikazani na slici 3.13.



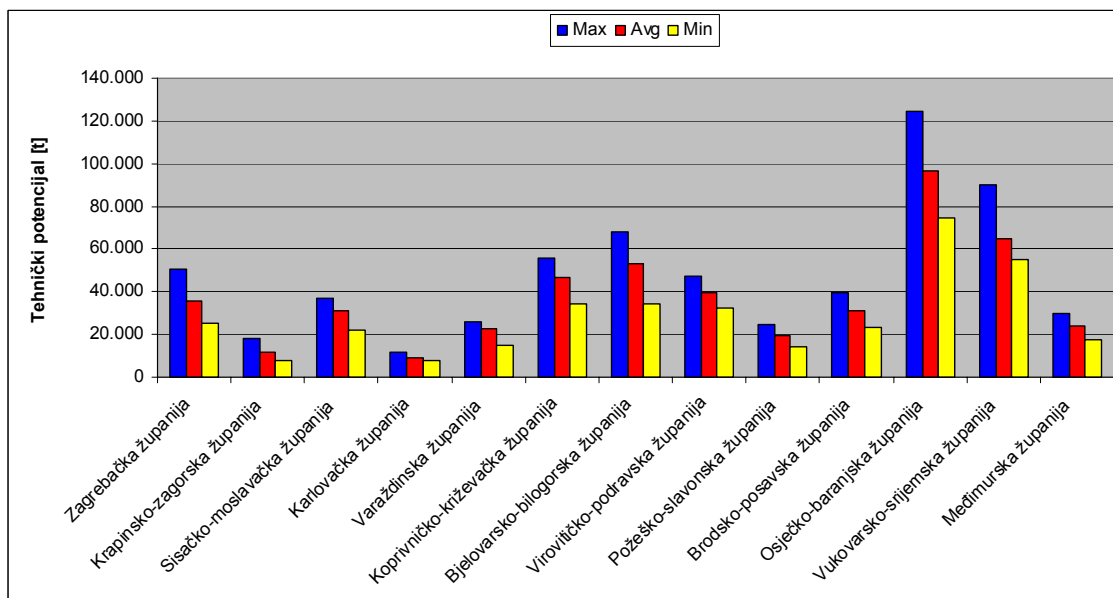
**Slika 3.13.** Kukuruzovina potrebna za zaštitu tla od erozije po županijama

Na slici 3.14 prikazane su ukupne količine kukuruzovine koje je potrebno ostaviti na poljima za zaštitu tla od erozije, te potrebne količine kukuruzovine za zaštitu zemljišta na poljima obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba.



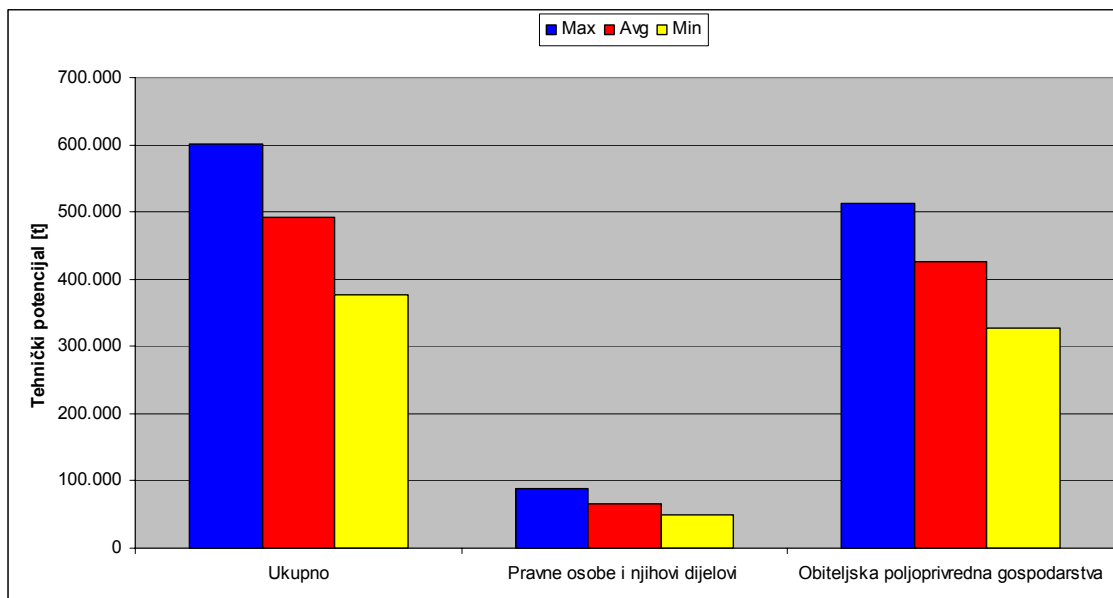
**Slika 3.14.** Ukupne količine kukuruzovine potrebne za zaštitu tla, te potrebne količine kukuruzovine za zaštitu polja na obiteljskim gospodarstvima i pravnih osoba

Tehnički potencijal kukuruzovine računa se prema jednadžbi (8). Dobiveni rezultati za tehnički potencijal kukuruzovine u Hrvatskoj, po županijama prikazani su na slici 3.15.



**Slika 3.15.** Tehnički potencijal kukuruzovine u Hrvatskoj, po županijama

Na slici 3.16 prikazan je ukupni tehnički potencijal kukuruzovine u Hrvatskoj, te tehnički potencijal kukuruzovine na obiteljskim gospodarstvima i gospodarstvima poslovnih subjekata.

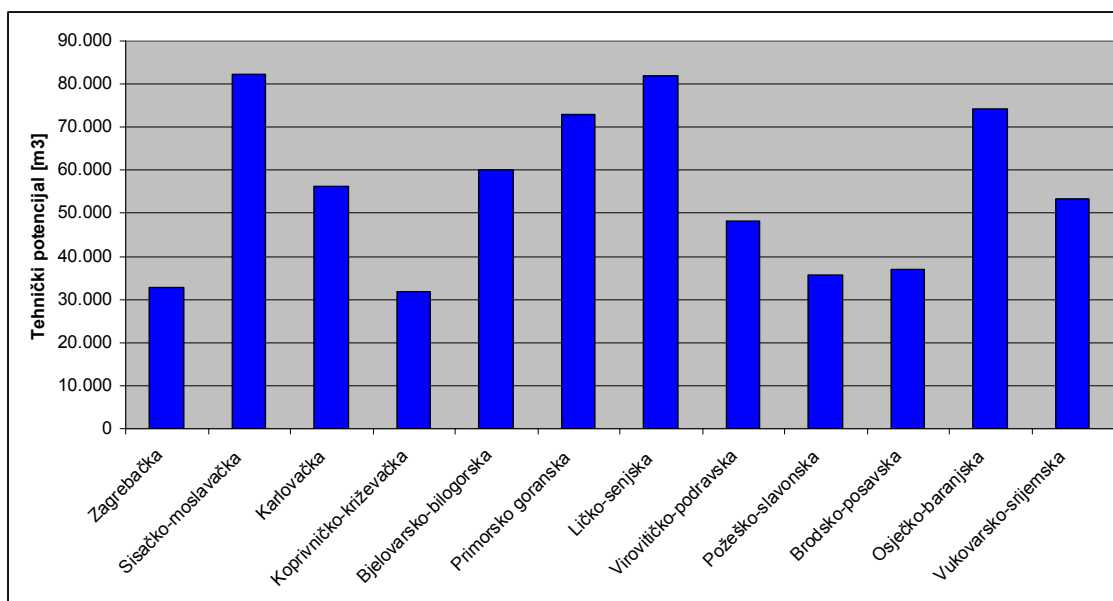


**Slika 3.16.** Ukupni tehnički potencijal kukuruzovine u Hrvatskoj, te tehnički potencijal na obiteljskim i pravnih osoba gospodarstvima

Iz slike 3.16 je vidljivo da najveće tehnički potencija kukuruzovine imaju obiteljska gospodarstva dok je potencija kukuruzovine na gospodarstvima pravnih osoba zanemariv.

### 3.1.3 Tehnički potencijal šumskih ostataka (panjevi, sitna granjevina)

Šumski ostatak predstavljaju panjevi i sitna granjevina koji nastaju prilikom sječe drveta. U ovom diplomskom radu koristi se podatak da od ukupne mase posječenog drveta 12 % mase predstavlja korisni šumski ostatak koji se može koristiti u energetske svrhe. Koristeći podatke iz tablice 2.8 za prosječni godišnji etat u Hrvatskoj po županijama te jednadžbu (9) dobivamo tehnički potencijal po županijama za šumske ostatke koji je prikazan na slici 3.17.



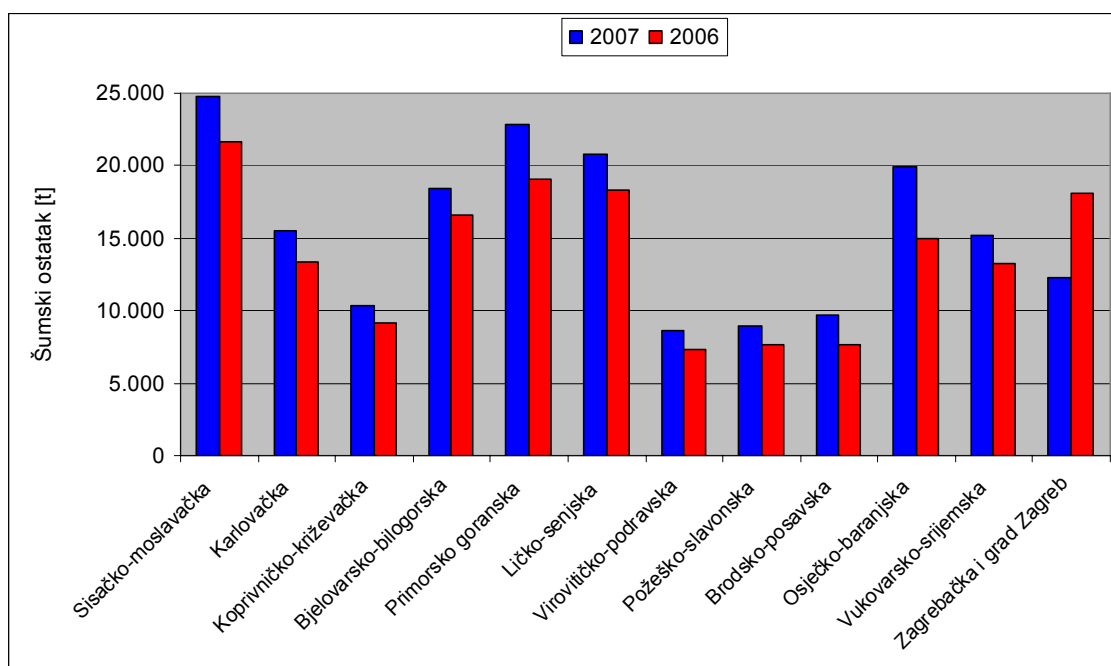
Slika 3.17. Tehnički potencijal šumskih ostataka po županijama

Na slici 3.17 nije prikazan potencijal u svim županijama iz razloga što se u tim županijama sijeku male količine drveta, pa samim tim nemamo ni velike količine šumskog ostatka, te se u daljnjem razmatranju ove županije mogu zanemariti.

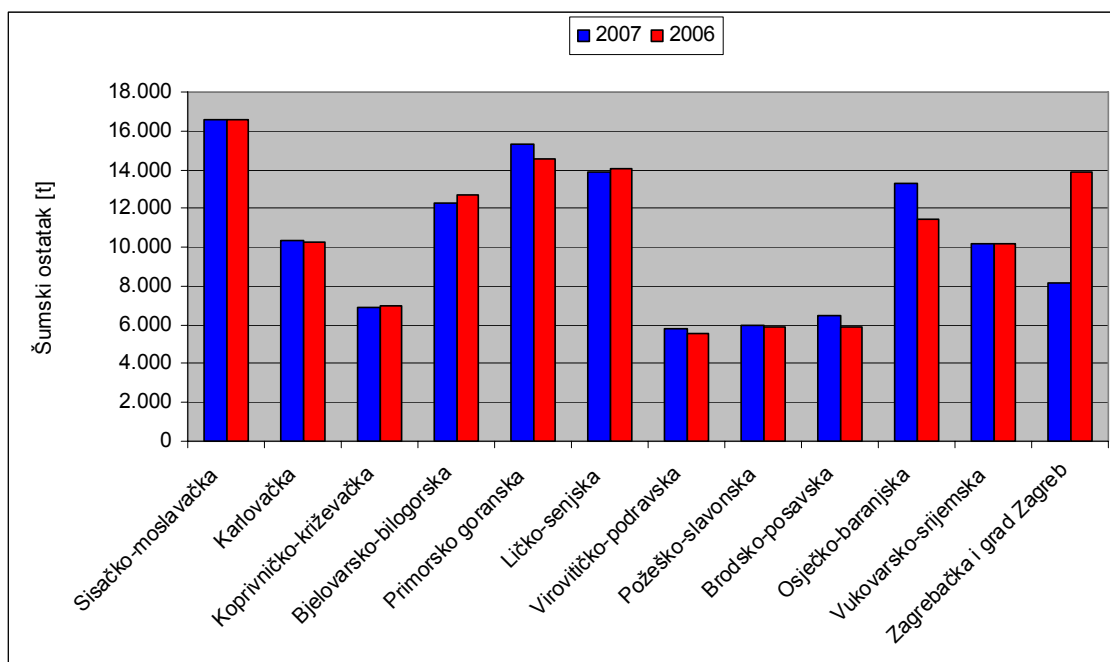
### 3.2 Mjesečni profil ponude biomase

Poljoprivredna biomasa kako je već opisano u poglavlju 2.2 ima sezonsku dinamiku nastajanja, tj. nastaje nakon žetve. Kada se završi žetva vrši se prikupljanje i transport poljoprivredne biomase na glavna skladišta odakle se onda biomase po potrebi prevozi do energetskih postrojenja.

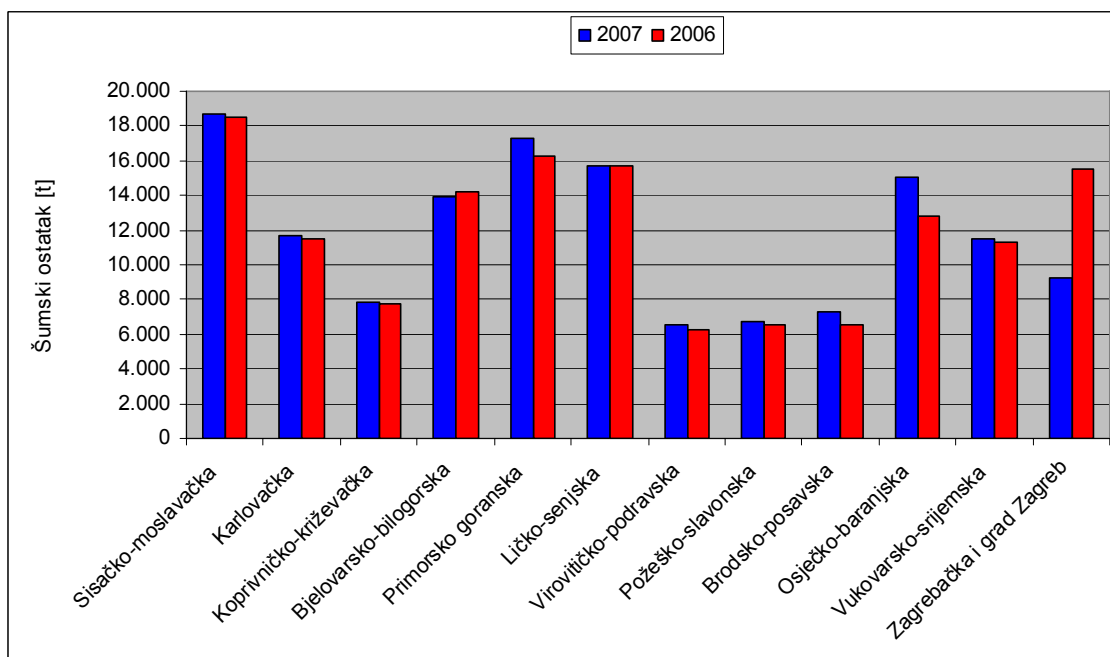
Šumska biomasa tijekom cijele godine nastaje iz razloga što se tijekom cijele godine vrši sječa šuma. Šumski ostaci nastaju najviše u prvom i četvrtom tromjesečju kada i imamo najveću sječu šuma. Od ukupne posječene mase drveta u prvom tromjesečju sječe se 27% u drugom 22%, trećem 25%, a u četvrtom tromjesečju 26%. Na slici 3.18 do 3.21 prikazana je količina šumskih ostataka po tromjesečjima za 2007. i 2008. godinu u Hrvatskoj, po županijama.



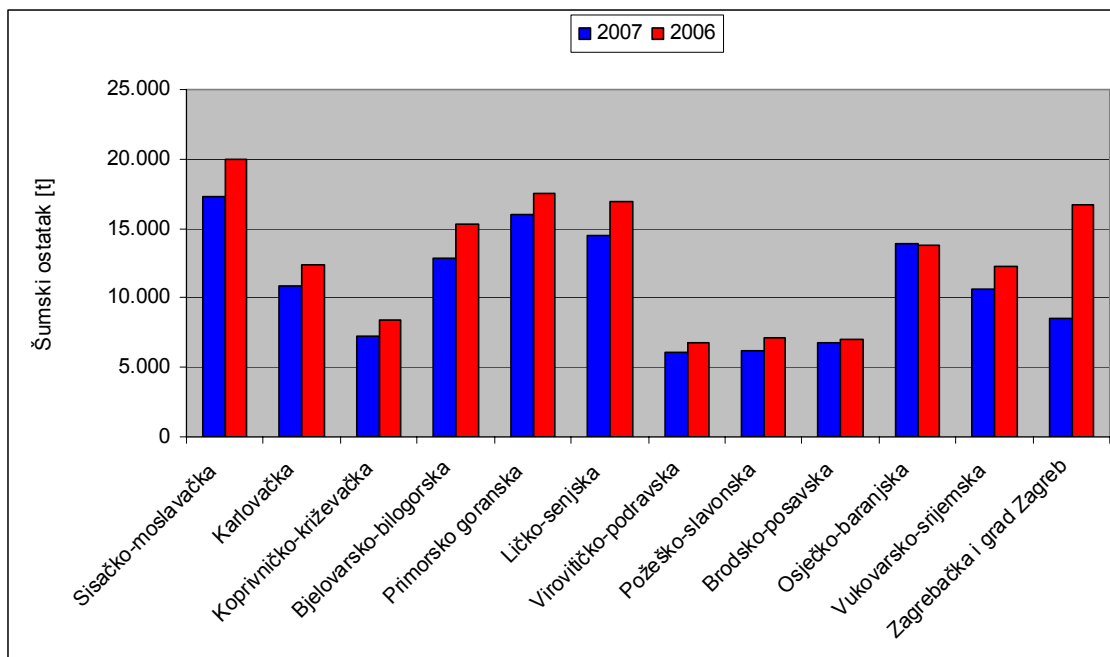
Slika 3.18. Količina šumskih ostataka u prvom tromjesečju po županijama



Slika 3.19. Količina šumskih ostataka u drugom tromjesečju po županijama

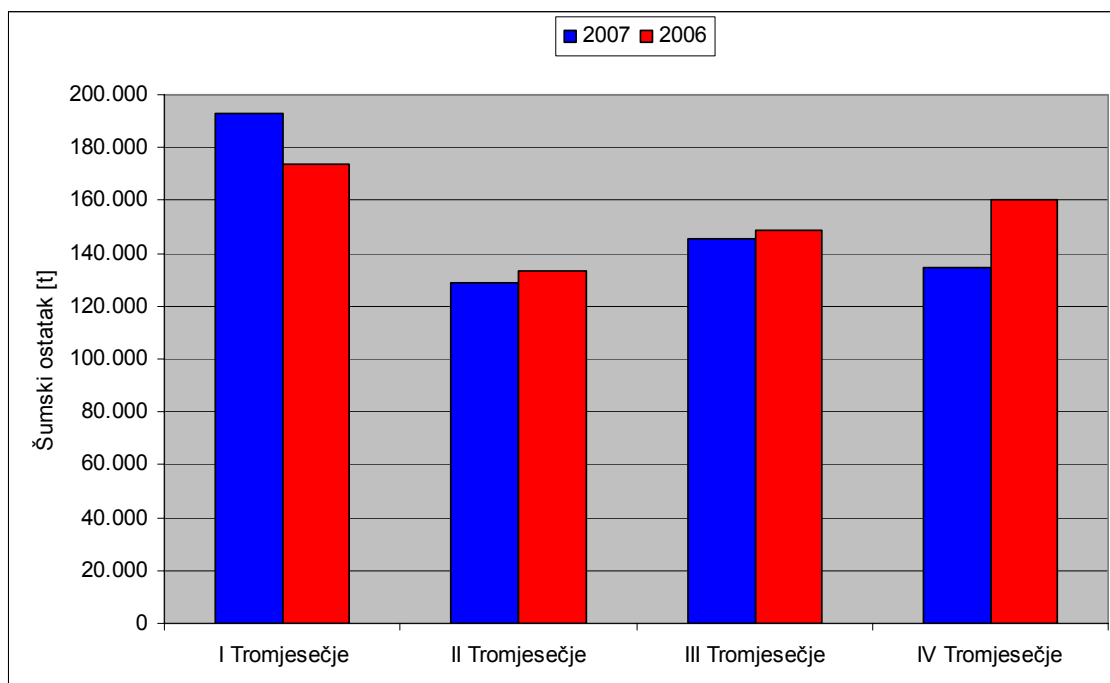


Slika 3.20. Količina šumskih ostataka u trećem tromjesečju po županijama



**Slika 3.21.** Količina šumskih ostataka u četvrtom tromjesečju po županijama

Dinamika nastajanja šumskih ostataka po tromjesečjima u državnim šumama kojima gospodare HŠ d.o.o. prikazan je na slici 3.22 i odnosi se na 2006. i 2007. godinu.



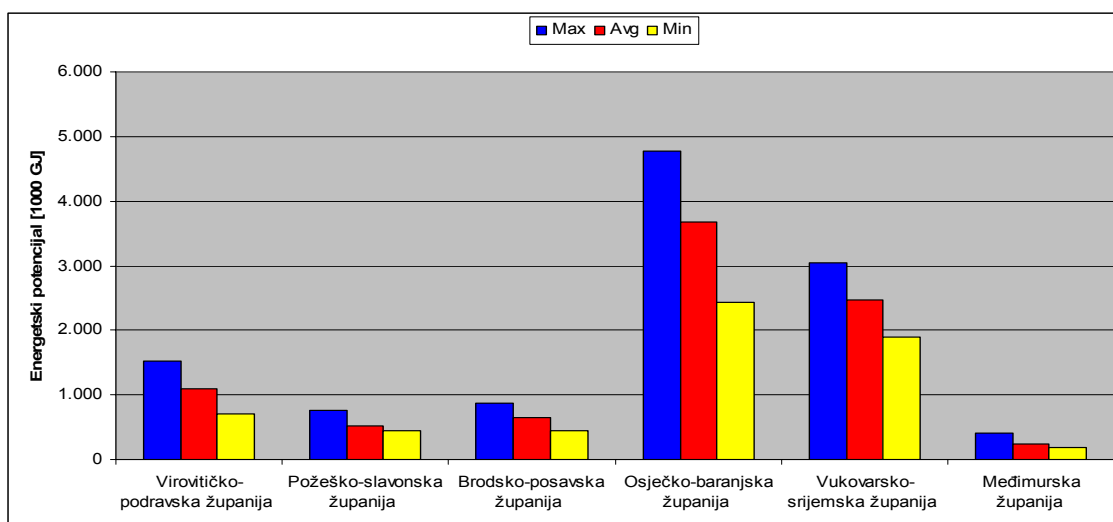
**Slika 3.22.** Dinamika nastajanja šumskih ostataka u Hrvatskoj po tromjesečjima



### 3.3 Energetski potencijal poljoprivredne biomase i šumskih ostataka

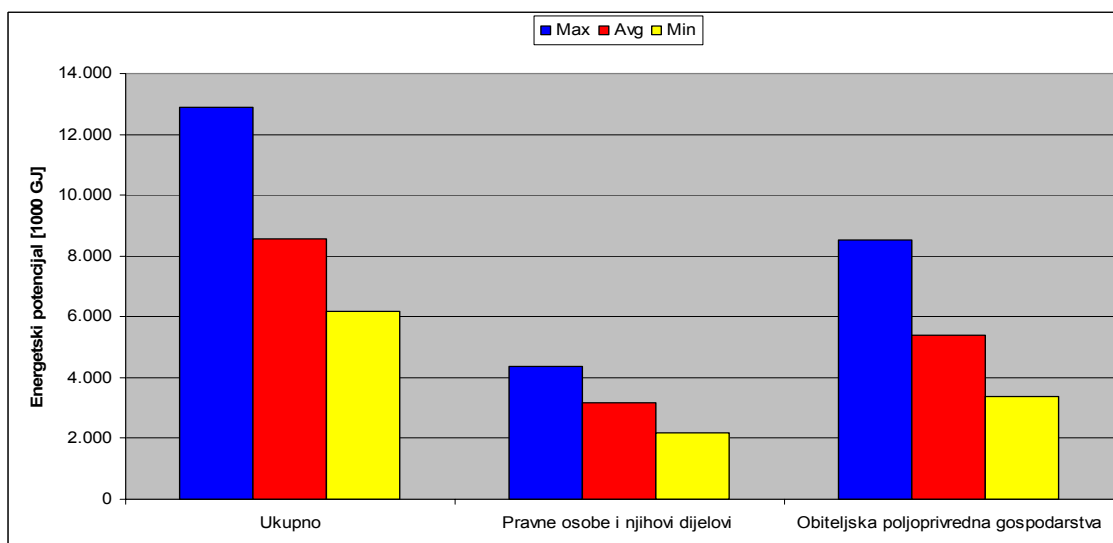
#### 3.3.1 Energetski potencijal slame

Energetski potencijal slame računa se prema formuli (10). Za izračunavanje energetskog potencijala za slamu vlažnosti 20 % korištena je donja ogrjevna vrijednost od 13,74 GJ/t [26]. Energetski potencijal slame po županijama prikazan je na slici 3.23. Na slici nisu prikazane sve županije pošto je u njima energetski potencijal slame mali, pa se ove županije mogu zanemariti.



Slika 3.23. Energetski potencijal slame u Hrvatskoj, po županijama

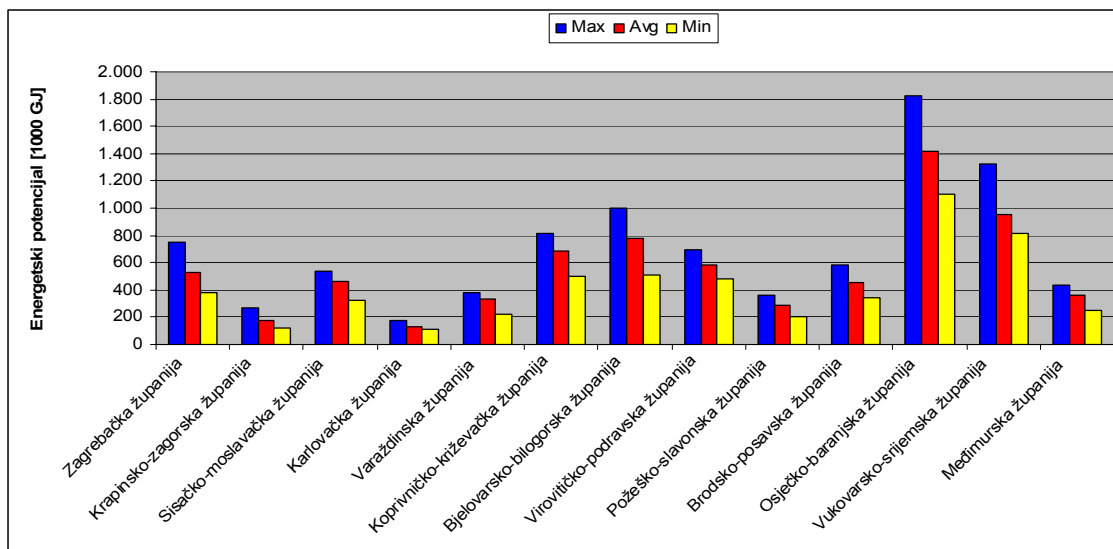
Ukupni energetski potencijal slame kao i potencijali na obiteljskim i pravnih osoba gospodarstvima prikazan je na slici 3.24.



Slika 3.24. Ukupni energetski potencijal slame, te potencijal slame na poljima obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba

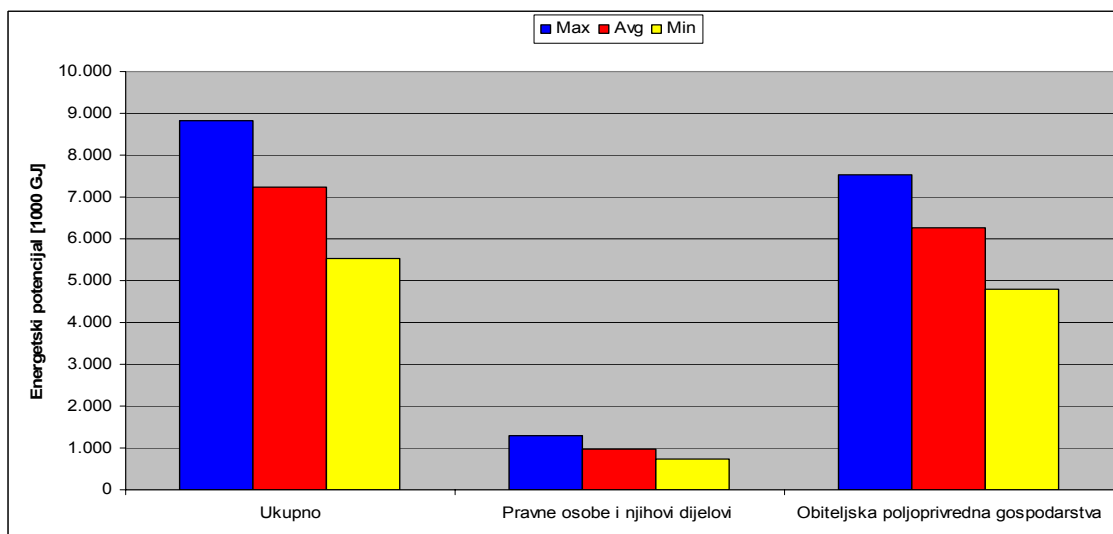
### 3.3.2 Energetski potencijal kukuruzovine

Energetski potencijal kukuruzovine računa se prema formuli (10). Za izračunavanje energetskog potencijala kukuruzovine vlažnosti 20 % korištena je donja ogrjevna vrijednost od 14,7 GJ/t [26]. Energetski potencijal kukuruzovine po županijama prikazan je na slici 3.25. Na slici nisu prikazane sve županije pošto je u njima energetski potencijal kukuruzovine mali, pa se ove županije mogu zanemariti.



Slika 3.25. Energetski potencijal kukuruzovine u Hrvatskoj, po županijama

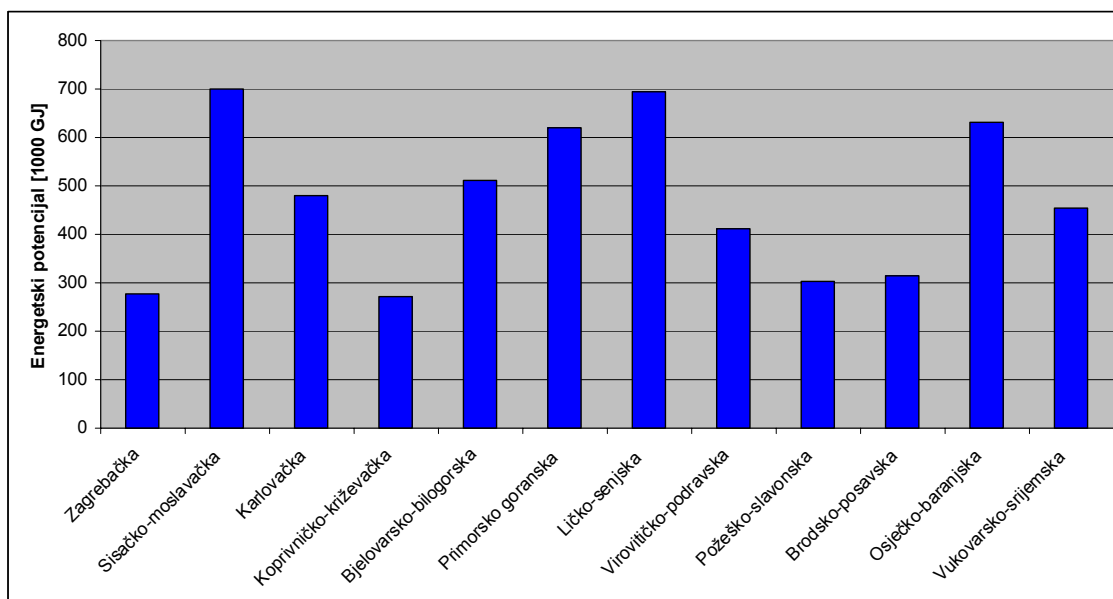
Ukupni energetski potencijal kukuruzovine kao i potencijali na obiteljskim i pravnih osoba gospodarstvima prikazan je na slici 3.26.



Slika 3.26. Ukupni energetski potencijal kukuruzovine, te potencijal kukuruzovine na poljima obiteljskih gospodarstava i pravnih osoba

### 3.3.3 Energetski potencijal šumskih ostataka (panjevi, sitna granjevina)

Energetski potencijal šumskih ostataka računa se prema formuli (10). Za izračunavanje energetskog potencijala šumskih ostataka vlažnosti oko 50 % korištena je donja ogrjevna vrijednost od 8,5 GJ/t [26]. Prilikom računanja energetskog potencijala za šumsku biomasu potrebno je preračunavanje bilo tehničkog potencijala u tone bilo donje ogrjevne vrijednosti u GJ/m<sup>3</sup>. Preračunavanje se vrši pomoću gustoće drveta, a za različite vrste drveta date su gustoće u tablici 2.9. U ovom radu pretpostavljena je srednja gustoća drveta od 1 t/m<sup>3</sup>. Energetski potencijal šumskih ostataka po županijama prikazan je na slici 3.27. Na slici nisu prikazane sve županije pošto je u njima energetski potencijal šumskih ostataka mali, pa se ove županije mogu zanemariti. Najveći potencijal imaju Sisačko-moslavačka, Primorsko-goranska, Ličko-senjska i Osječko-baranjska županija.



Slika 3.27. Energetski potencijal šumskih ostataka u županijama

### **3.4 Makro-lokacije za izradu energetske postrojenja loženih na biomasu**

Prilikom odabira lokacija za izgradnju energetske postrojenja loženih na biomasu potrebno je obratiti pažnju na sljedeće elemente:

- Prostor za izgradnju postrojenja na odabranoj lokaciji
- Udaljenost šuma od lokacije
- Udaljenost poljoprivrednih polja od lokacije
- Kvaliteta električne mreže u blizini lokacije
- Postojanje rijeka i jezera za hlađenje energetske postrojenja
- Prometna povezanost lokacije
- Da li na odabranoj lokaciji već postoji energetska postrojenja

Pored navedenih pokazatelja još je bitan jedan faktor, a to je naklonost lokalne samouprave prema izgradnji energetske postrojenja. Ako ne postoji volja lokalne samouprave prema izgradnji energetske postrojenja to bitno usporava provedbu projekta, pa samim tim i troškovi raste. U ovom radu odabrano je osam makro-lokacija za izgradnju energetske postrojenja loženih na šumske ostatke, te dvije makro-lokacije za postrojenja ložena na poljoprivrednu biomasu i to jedna lokacija za kukuruzovinu, a druga lokacija za energetska postrojenja ložena na slamu. Makro-lokacije za izgradnju postrojenja loženih na šumske ostatke su sljedeće:

- Udbina
- Karlovac
- Glina
- Sisak
- Velika Gorica
- Zagreb
- Slavonski Brod
- Osijek

Makro-lokacije za energetska postrojenja ložena na poljoprivrednu biomasu su sljedeća:

- Vukovar → slama
- Đakovo → kukuruzovina

### 3.5 Analiza fluktuacije cijene biomase

#### 3.5.1 Cijena poljoprivredne biomase na pragu elektrane

Iznos od 35 €/t korišten je za cijenu poljoprivredne biomase na poljima. U ovaj iznos cijene uračunat je trošak prikupljanja, transporta do glavnih skladišta i skladištenja na glavnim skladištima koja su otvorenog tipa. Da bi se izračunala cijena biomase na pragu elektrane korištena je jednadžba (11). Cijena poljoprivredne biomase izračunata je za tri različita slučaja troška transporta. Trošak transporta kreće se od 0,1 €/t/km do 0,3 €/t/km.

Cijena kukuruzovine na lokaciji Đakovo za energetska postrojenja veličine 30 MWe dobivena korištenjem jednadžbe (11) i za tri slučaja cijene transporta prikazana je u tablici 3.1. Kukuruzovina se za rad energetske postrojenja veličine 30 MWe dovozi iz sljedećih županija:

- Vukovarsko-srijemska
- Osječko-baranjska
- Brodsko-posavska
- Požeško-slavonska
- Bjelovarsko-bilogorska
- Koprivničko-križevačka
- Virovitičko-podravska

**Tablica 3.1.** Cijena kukuruzovine na pragu elektrane, za tri slučaja cijene transporta

| Lokacija | 30 MWe                          |                                 |                                 |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|          | Trošak transporta<br>0,1 €/t/km | Trošak transporta<br>0,2 €/t/km | Trošak transporta<br>0,3 €/t/km |
|          | Cijena biomase, €/t             | Cijena biomase, €/t             | Cijena biomase, €/t             |
| Đakovo   | 43,7                            | 52,5                            | 61,2                            |

Cijena slame na lokaciji Vukovar za energetska postrojenja veličine 30 MWe dobivena korištenjem jednadžbe (11) i za tri slučaja cijene transporta prikazana je u tablici 3.2. Slama se za rad energetske postrojenja veličine 30 MWe dovozi iz sljedećih županija:

- Vukovarsko-srijemska
- Osječko- baranjska

**Tablica 3.2.** Cijena slame na pragu elektrane, za tri slučaja cijene transporta

| Lokacija | 30 MWe                          |                                 |                                 |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|          | Trošak transporta<br>0,1 €/t/km | Trošak transporta<br>0,2 €/t/km | Trošak transporta<br>0,3 €/t/km |
|          | Cijena biomase, €/t             | Cijena biomase, €/t             | Cijena biomase, €/t             |
| Vukovar  | 40,2                            | 45,4                            | 50,6                            |

Trenutna cijena transporta u Hrvatskoj iznosi oko 0,1 €/t/km. Cijena je dobivena anketnim ispitivanjem prijevozničkih tvrtki.

### 3.5.2 Cijena šumskih ostataka na pragu elektrane

Cijena šumske biomase prerađene u sječku na šumskom putu dana je u tablici 2.11, a za potrebe izračuna cijene biomase na pragu elektrane korišten je iznos od 35 €/t. U ovaj iznos cijene uračunat je trošak privlačenja, iveranja i utovara sječke u kamionsku prikolicu. Da bi se izračunala cijena sječke na pragu elektrane korištena je jednadžba (11). Cijena sječke izračunata je za tri različita slučaja troška transporta. Trošak transporta kreće se od 0,1 €/t/km do 0,3 €/t/km.

Cijena sječke na odabranim lokacijama za energetska postrojenja veličine 30 MWe dobivena korištenjem jednadžbe (11) i za tri slučaja cijene transporta prikazana je u tablici 3.3.

**Tablica 3.3.** Cijena sječke na pragu elektrane za odabrane lokacije i tri slučaja cijene transporta

| Lokacija       | 30 MWe                          |                                 |                                 |
|----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                | Trošak transporta<br>0,1 €/t/km | Trošak transporta<br>0,2 €/t/km | Trošak transporta<br>0,3 €/t/km |
|                | Cijena biomase, €/t             | Cijena biomase, €/t             | Cijena biomase, €/t             |
| Udbina         | 48,0                            | 61,0                            | 74,0                            |
| Karlovac       | 44,1                            | 53,3                            | 62,4                            |
| Glina          | 44,3                            | 53,7                            | 63,0                            |
| Sisak          | 43,6                            | 52,3                            | 60,9                            |
| Velika gorica  | 43,5                            | 52,0                            | 60,5                            |
| Zagreb         | 43,5                            | 52,0                            | 60,6                            |
| Slavonski Brod | 44,5                            | 54,0                            | 63,5                            |
| Osijek         | 45,7                            | 56,4                            | 67,1                            |

Najnižu cijenu sječke imaju lokacije Zagreb i Velika Gorica dok je najveća cijena sječke na lokaciji Udbina.

## 3.6 Ekonomska analiza makro-lokacija

### 3.6.1 Lokacija Đakovo (kukuruzovina)

#### 3.6.1.1 Novčani izdaci

##### TROŠKOVI IZGRADNJE:

Ukupna cijena izgradnje energetske postrojenja loženog na biomasu dobije se kada specifični trošak investicije pomnožimo sa snagom energetske postrojenja. Specifični trošak investicije prikazan je na slici 2.4 i on ovisi o veličini energetske postrojenja. Za potrebe ovoga rada odabran je specifični investicijski trošak u iznosu od 2700 €/kW. Od ukupne investicije 10 % predstavljaju građevinski radovi dok ostali dio čine nabava opreme i [26]. Trošak izgradnje energetske postrojenja loženog na biomasu prikazan je u tablici 3.4.

**Tablica 3.4.** Trošak izgradnje energetske postrojenja

| Investicije - način i uvjeti financiranja |          |        |
|---|----------|--------|
| Specifični trošak investicije             | €/kW     | 2200   |
| Instalirana snaga na generatoru           | MW       | 30     |
| Pozajmljeni kapital                       | (%)      | 100    |
| Vrijeme otplate pozajmljenog kapitala     | godina   | 12     |
| Kamatna stopa na pozajmljeni kapital      | (%)      | 9      |
| Grace period                              | godina   | 1      |
| Broj otplatnih rata                       | godina   | 12     |
| Stupanj djelovanja postrojenja            |          | 0,9    |
| Trošak izgradnje postrojenja              |          |        |
| Ukupni trošak investicije                 | tisuća € | 81.000 |
| Građevinski radovi                        | tisuća € | 8.100  |
| Oprema i uređaji                          | tisuća € | 72.900 |
| Nematerijalni troškovi                    | Tisuća € | 300    |

##### TEKUĆI TROŠKOVI:

U tekuće troškove ubrajaju se troškovi goriva i održavanja s tim da su u ukupne troškove održavanja uračunati i troškovi osiguranja. Trošak održavanja izračunat je kao postotak od ukupne investicije. Cijena goriva je izračunata u poglavlju 3.5.1 za tri slučaja troška transporta. Za potrebe ovoga diplomskog rada odabrana je cijena goriva za trošak transporta od 0,1 €/t/km koja iznosi 43,7 €/t. Ukupni godišnji trošak goriva za

energetsko postrojenje veličine 30 MWe prikazan je u tablici 3.5 uz pretpostavku da cijena goriva raste godišnje 2,5 %.

**Tablica 3.5.** Trošak goriva

| Godina | Godišnji trošak goriva | Godina | Godišnji trošak goriva |
|--------|------------------------|--------|------------------------|
| 1      | 13.437.750,00 €        | 7      | 15.583.670,23 €        |
| 2      | 13.773.693,75 €        | 8      | 15.973.261,99 €        |
| 3      | 14.118.036,09 €        | 9      | 16.372.593,54 €        |
| 4      | 14.470.987,00 €        | 10     | 16.781.908,37 €        |
| 5      | 14.832.761,67 €        | 11     | 17.201.456,08 €        |
| 6      | 15.203.580,71 €        | 12     | 17.631.492,49 €        |

Trošak održavanja energetske postrojenja dan je u poglavlju 2.6.2 i on iznosi od 4 % do 6 % od ukupne investicije s tim da je za potrebe ovoga rada uzet iznos od 4 % za troškove održavanja. Trošak održavanja energetske postrojenja loženog na biomasu prikazan je u tablici 3.6.

**Tablica 3.6.** Trošak održavanja

| Tekući trošak     | Postotak ukupne investicije | Ukupna cijena u eurima |
|-------------------|-----------------------------|------------------------|
| Trošak održavanja | 4 %                         | 3.240.000,00           |

#### TROŠKOVI KAPITALA:

Trošak kapitala se računa prema cijeni kapitala koji su dobiveni u dijelu troškovi izgradnje i iznose 81 mil. €. Za potrebe ovoga projekta odabrana je godišnja kamata na pozajmljeni kapital u iznosu od 9 % i sa rokom otplate kredita na 12 godina uz početak godine dana. Predviđeno je da se projekt financira iz tuđih sredstava u punom iznosu. Godišnja rata otplate kredita određena je pomoću kamatnog faktora povrata kapitala (Capital Recovery – CR) [21].

Faktor CR se računa prema sljedećoj formuli:

$$CR = i \times (1 + i)^n / ((1 + i)^n - 1) \quad (12)$$

gdje je:

- i – godišnja kamata kredita
- n – rok otplate kredita



**Tablica 3.7.** Troškovi kapitala

| Troškovi kapitala            |          |                        |
|------------------------------|----------|------------------------|
| <b>Iznos kredita:</b>        |          | <b>81.000.000,00 €</b> |
| Kamata kredita               | 9%       |                        |
| Rok otplate (godina)         | 12       |                        |
| Faktor povrata kapitala (CR) | 0,139651 |                        |
| <b>Rata kredita:</b>         |          | <b>11.311.703,34 €</b> |

#### TROŠKOVI AMORTIZACIJE POSTROJENJA:

Amortizacija ne ulazi u stvarne troškove postrojenja nego u knjigovodstvene i time nam određuje visinu poreza koji trebamo platiti. Što je veća amortizacija, to je manji iznos poreza koji trebamo platiti.

U ovom radu korištena je linearna metoda amortizacije s primjenom prosječne godišnje amortizacijske stope koja je ovisna o vijeku trajanja postrojenja.

**Tablica 3.8.** Amortizacija postrojenja

| Amortizacija postrojenja:            |   |                                       |                             |
|--------------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------|
| Sredstvo koje podliježe amortizaciji | Knjigovodstveni vijek trajanja (godina) | Stopa prosječne godišnje amortizacije | Godišnji iznos amortizacije |
| Građevinski radovi                   | 20                                      | 5,0 %                                 | 405.000,00 €                |
| Oprema i uređaji                     | 15                                      | 6,667 %                               | 4.860.243,00 €              |
| Nematerijalna ulaganja               | 5                                       | 20,0 %                                | 60.000 €                    |

#### 3.6.1.2 Novčani prihodi

Jedini prihod elektrane je od prodaje električne energije. Za procjenu novčanih tokova potrebno je proračunati neto godišnju proizvodnju elektrane. Uzimajući da je postrojenje 8100 h/god u pogonu, snaga elektrane da je 30 MWe i faktor iskoristivosti elektrane da je 0,9 dobivamo neto proizvodnju električne energije koja iznosi 218.700 MWh/godišnje. Prodajna cijena električne energije dana je u poglavlju 2.6.1 i iznosi 1,04 HRK/kWh odnosno 0,142 €/kWh, ova cijena se odnosi na period od 12 godina. Visina poticajne cijene električne energije proizvedene iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije, za vrijeme važenja ugovora o otkupu električne energije, godišnje se korigira za indeks cijena na malo, na način da se poticajna cijena iz prethodne kalendarske godine pomnoži s godišnjim indeksom cijena na malo za prethodnu kalendarsku godinu. Godišnji indeks cijena na malo za prodaju električne

energije iznosi 102,5 odnosno otkupna cijena se korigira za 2,5 % . Godišnji prihodi od prodaje električne energije prikazani su u tablici 3.9.

**Tablica 3.9.** Godišnji prihodi od prodaje električne energije

| Godina | Ukupni godišnji novčani primitci od prodaje električne energije | Godina | Ukupni godišnji novčani primitci od prodaje električne energije |
|--------|---|--------|---|
| 1      | 31.831.785,00 €   | 7      | 36.915.111,55 €   |
| 2      | 32.627.579,63 €   | 8      | 37.837.989,34 €   |
| 3      | 33.443.269,12 €   | 9      | 38.783.939,08 €   |
| 4      | 34.279.350,84 €   | 10     | 39.753.537,55 €   |
| 5      | 35.136.334,61 €   | 11     | 40.747.375,99 €   |
| 6      | 36.014.742,98 €   | 12     | 41.766.060,39 €   |

### 3.6.1.3 Ocjena rentabilnosti projekta

Ocjena rentabilnosti projekta pokazuje da li se materijalna osnova projekta povećava ili smanjuje, kada se uzme u obzir cijeli vijek trajanja projekta. Za ocjenu rentabilnosti koriste se sljedeće metode:

- Metoda razdoblja povrata investicije
- Metoda diskontiranja tijekom novca nakon oporezivanja
  - Unutrašnja stopa povrata
  - Metoda neto sadašnje vrijednosti

Za ocjenu rentabilnosti ovoga projekta korištena je metoda unutrašnje stope povrata. Diskonta stopa koju naš projekt mora postići da bi ga prihvatili mora biti veća ili jednaka kamatnoj stopi po kojoj smo nabavili kapital za početnu investiciju. Što nam je diskonta stopa veća projekt je isplativiji [43]. Vrijednost diskontne stope za ovaj projekt iznosi 14 %, gdje je u diskontnu stopu uračunata kamata za kredit te visina inflacije. Diskontna stopa kod koje bi neto sadašnja vrijednost bila jednaka nuli nazivamo unutrašnja stopa povrata (IRR). To je najviša diskontna stopa koju naš projekt može dati.

Unutrašnja stopa povrata (IRR) za pretpostavljene uvjete u ovom projektu je 14,32 %

### 3.6.2 Lokacija Vukovar (slama)

#### 3.6.2.1 Novčani izdaci

##### TROŠKOVI IZGRADNJE:

Ukupna cijena izgradnje energetske postrojenja loženog na biomasu dobije se kada specifični trošak investicije pomnožimo sa snagom energetske postrojenja. Specifični trošak investicije prikazan je na slici 2.4 i on ovisi o veličini energetske postrojenja. Za potrebe ovoga rada odabran je specifični investicijski trošak u iznosu od 2700 €/kW. Od ukupne investicije 10 % predstavljaju građevinski radovi dok ostali dio čine nabava opreme i uređaja. Trošak izgradnje energetske postrojenja loženog na biomasu prikazan je u tablici 3.10.

**Tablica 3.10.** Trošak izgradnje energetske postrojenja

| Investicije - način i uvjeti financiranja |          |        |
|---|----------|--------|
| Specifični trošak investicije             | €/kW     | 2200   |
| Instalirana snaga na generatoru           | MW       | 30     |
| Pozajmljeni kapital                       | (%)      | 100    |
| Vrijeme otplate pozajmljenog kapitala     | godina   | 12     |
| Kamatna stopa na pozajmljeni kapital      | (%)      | 9      |
| Grace period                              | godina   | 1      |
| Broj otplatnih rata                       | godina   | 12     |
| Stupanj djelovanja postrojenja            |          | 0,9    |
| Trošak izgradnje postrojenja              |          |        |
| Ukupni trošak investicije                 | tisuća € | 81.000 |
| Građevinski radovi                        | tisuća € | 8.100  |
| Oprema i uređaji                          | tisuća € | 72.900 |
| Nematerijalni troškovi                    | Tisuća € | 300    |

##### TEKUĆI TROŠKOVI:

U tekuće troškove ubrajaju se troškovi goriva i održavanja s tim da su u ukupne troškove održavanja uračunati i troškovi osiguranja. Trošak održavanja izračunat je kao postotak od ukupne investicije. Cijena goriva je izračunata u poglavlju 3.5.1 za tri slučaja troška transporta. Za potrebe ovoga diplomskog rada odabrana je cijena goriva za trošak transporta od 0,1 €/t/km koja iznosi 40,2 €/t. Ukupni godišnji trošak goriva za energetske postrojenje veličine 30 MWe prikazan je u tablici 3.11 uz pretpostavku da cijena goriva godišnje raste 2,5 %.

**Tablica 3.11.** Trošak goriva

| Godina | Godišnji trošak goriva | Godina | Godišnji trošak goriva |
|--------|------------------------|--------|------------------------|
| 1      | 12.361.500,00 €        | 7      | 14.335.550,19 €        |
| 2      | 12.670.537,50 €        | 8      | 14.693.938,94 €        |
| 3      | 12.987.300,94 €        | 9      | 15.061.287,42 €        |
| 4      | 13.311.983,46 €        | 10     | 15.437.819,60 €        |
| 5      | 13.644.783,05 €        | 11     | 15.823.765,09 €        |
| 6      | 13.985.902,62 €        | 12     | 16.219.359,22 €        |

Trošak održavanja energetskog postrojenja dan je u poglavlju 2.6.2 i on iznosi od 4 % do 6 % od ukupne investicije s tim da je za potrebe ovoga rada uzet iznos od 4 % za troškove održavanja. Trošak održavanja energetskog postrojenja loženog na biomasu prikazan je u tablici 3.12.

**Tablica 3.12.** Trošak održavanja

| Tekući trošak     | Postotak ukupne investicije | Ukupna cijena u eurima |
|-------------------|-----------------------------|------------------------|
| Trošak održavanja | 4 %                         | 3.240.000,00           |

#### TROŠKOVI KAPITALA:

Trošak kapitala se računa prema cijeni kapitala koji su dobiveni u dijelu troškovi izgradnje i iznose 81 mil. €. Za potrebe ovoga projekta odabrana je godišnja kamata na pozajmljeni kapital u iznosu od 9 % i sa rokom otplate kredita na 12 godina uz početak od godine dana. Predviđeno je da se projekt financira iz tuđi sredstava u punom iznosu. Godišnja rata otplate kredita određena je pomoću kamatnog faktora povrata kapitala (Capital Recovery – CR) [21].

Faktor CR se računa prema sljedećoj formuli:

$$CR = i \times (1 + i)^n / ((1 + i)^n - 1) \quad (12)$$

gdje je:

- i – godišnja kamata kredita
- n – rok otplate kredita

**Tablica 3.13.** Troškovi kapitala

| Troškovi kapitala            |          |                        |
|------------------------------|----------|------------------------|
| <b>Iznos kredita:</b>        |          | <b>81.000.000,00 €</b> |
| Kamata kredita               | 9%       |                        |
| Rok otplate (godina)         | 12       |                        |
| Faktor povrata kapitala (CR) | 0,139651 |                        |
| <b>Rata kredita:</b>         |          | <b>11.311.703,34 €</b> |

#### TROŠKOVI AMORTIZACIJE POSTROJENJA:

Amortizacija ne ulazi u stvarne troškove postrojenja nego u knjigovodstvene i time nam određuje visinu poreza koji trebamo platiti. Što je veća amortizacija, to je manji iznos poreza koji trebamo platiti.

U ovom radu korištena je linearna metoda amortizacije s primjenom prosječne godišnje amortizacijske stope koja je ovisna o vijeku trajanja postrojenja.

**Tablica 3.14.** Amortizacija postrojenja

| Amortizacija postrojenja:            |   |                                       |                             |
|--------------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------|
| Sredstvo koje podliježe amortizaciji | Knjigovodstveni vijek trajanja (godina) | Stopa prosječne godišnje amortizacije | Godišnji iznos amortizacije |
| Građevinski radovi                   | 20                                      | 5,0 %                                 | 405.000,00 €                |
| Oprema i uređaji                     | 15                                      | 6,667 %                               | 4.860.243,00 €              |
| Nematerijalna ulaganja               | 5                                       | 20,0 %                                | 60.000 €                    |

#### 3.6.2.2 Novčani prihodi

Jedini prihod elektrane je od prodaje električne energije. Za procjenu novčanih tokova potrebno je proračunati neto godišnju proizvodnju elektrane. Uzimajući da je postrojenje 8100 h/god u pogonu, snaga elektrane da je 30 MWe i faktor iskoristivosti elektrane da je 0,9 dobivamo neto proizvodnju električne energije koja iznosi 218.700 MWh/godišnje. Prodajna cijena električne energije dana je u poglavlju 2.6.1 i iznosi 1,04 HRK/kWh odnosno 0,142 €/kWh, ova cijena se odnosi na period od 12 godina. Visina poticajne cijene električne energije proizvedene iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije, za vrijeme važenja ugovora o otkupu električne energije, godišnje se korigira za indeks cijena na malo, na način da se poticajna cijena iz prethodne kalendarske godine pomnoži s godišnjim indeksom cijena na malo za prethodnu kalendarsku godinu. Godišnji indeks cijena na malo za prodaju električne

energije iznosi 102,5 odnosno otkupna cijena se korigira za 2,5 % . Godišnji prihodi od prodaje električne energije prikazani su u tablici 3.15.

**Tablica 3.15.** Godišnji prihodi od prodaje električne energije

| Godina | Ukupni godišnji novčani primitci od prodaje električne energije | Godina | Ukupni godišnji novčani primitci od prodaje električne energije |
|--------|---|--------|---|
| 1      | 31.831.785,00 €   | 7      | 36.915.111,55 €   |
| 2      | 32.627.579,63 €   | 8      | 37.837.989,34 €   |
| 3      | 33.443.269,12 €   | 9      | 38.783.939,08 €   |
| 4      | 34.279.350,84 €   | 10     | 39.753.537,55 €   |
| 5      | 35.136.334,61 €   | 11     | 40.747.375,99 €   |
| 6      | 36.014.742,98 €   | 12     | 41.766.060,39 €   |

### 3.6.2.3 Ocjena rentabilnosti projekta

Ocjena rentabilnosti projekta pokazuje da li se materijalna osnova projekta povećava ili smanjuje, kada se uzme u obzir cijeli vijek trajanja projekta. Za ocjenu rentabilnosti koriste se sljedeće metode:

- Metoda razdoblja povrata investicije
- Metoda diskontiranja tijekom novca nakon oporezivanja
  - Unutrašnja stopa povrata
  - Metoda neto sadašnje vrijednosti

Za ocjenu rentabilnosti ovoga projekta korištena je metoda unutrašnje stope povrata. Diskonta stopa koju naš projekt mora postići da bi ga prihvatili mora biti veća ili jednaka kamatnoj stopi po kojoj smo nabavili kapital za početnu investiciju. Što nam je diskonta stopa veća projekt je isplativiji. Vrijednost diskontne stope za ovaj projekt iznosi 14 %, gdje je u diskontnu stopu uračunata kamata za kredit te visina inflacije. Diskontna stopa kod koje bi neto sadašnja vrijednost bila jednaka nuli nazivamo unutrašnja stopa povrata (IRR). To je najviša diskontna stopa koju naš projekt može dati.

Unutrašnja stopa povrata (IRR) za pretpostavljene uvjete u ovom projektu je 15,73 %.

### 3.6.3 Lokacija Zagreb (šumski ostatak)

#### 3.6.3.1 Novčani izdaci

##### TROŠKOVI IZGRADNJE:

Ukupna cijena izgradnje energetske postrojenja loženog na biomasu dobije se kada specifični trošak investicije pomnožimo sa snagom energetske postrojenja. Specifični trošak investicije prikazan je na slici 2.4 i on ovisi o veličini energetske postrojenja. Za potrebe ovoga rada odabran je specifični investicijski trošak u iznosu od 2700 €/kW. Od ukupne investicije 10 % predstavljaju građevinski radovi dok ostali dio čine nabava opreme i kupovina zemljišta [26]. Trošak izgradnje energetske postrojenja loženog na biomasu prikazan je u tablici 3.16.

**Tablica 3.16.** Trošak izgradnje energetske postrojenja

| Investicije - način i uvjeti financiranja |          |        |
|---|----------|--------|
| Specifični trošak investicije             | €/kW     | 2200   |
| Instalirana snaga na generatoru           | MW       | 30     |
| Pozajmljeni kapital                       | (%)      | 100    |
| Vrijeme otplate pozajmljenog kapitala     | godina   | 12     |
| Kamatna stopa na pozajmljeni kapital      | (%)      | 9      |
| Grace period                              | godina   | 1      |
| Broj otplatnih rata                       | godina   | 12     |
| Stupanj djelovanja postrojenja            |          | 0,9    |
| Trošak izgradnje postrojenja              |          |        |
| Ukupni trošak investicije                 | tisuća € | 81.000 |
| Građevinski radovi                        | tisuća € | 8.100  |
| Oprema i uređaji                          | tisuća € | 72.900 |
| Nematerijalni troškovi                    | Tisuća € | 300    |

##### TEKUĆI TROŠKOVI:

U tekuće troškove ubrajaju se troškovi goriva i održavanja s tim da su u ukupne troškove održavanja uračunati i troškovi osiguranja. Trošak održavanja izračunat je kao postotak od ukupne investicije. Cijena goriva je izračunata u poglavlju 3.5.1 za tri slučaja troška transporta. Za potrebe ovoga diplomskog rada odabrana je cijena goriva za trošak transporta od 0,1 €/t/km koja iznosi 43,5 €/t. Ukupni godišnji trošak goriva za energetske postrojenje veličine 30 MWe prikazan je u tablici 3.17 uz pretpostavku da cijena goriva godišnje raste 2,5 %.

**Tablica 3.17.** Trošak goriva

| Godina | Godišnji trošak goriva | Godina | Godišnji trošak goriva |
|--------|------------------------|--------|------------------------|
| 1      | 13.376.250,00 €        | 7      | 15.512.349,09 €        |
| 2      | 13.710.656,25 €        | 8      | 15.900.157,81 €        |
| 3      | 14.053.422,66 €        | 9      | 16.297.661,76 €        |
| 4      | 14.404.758,22 €        | 10     | 16.705.103,30 €        |
| 5      | 14.764.877,18 €        | 11     | 17.122.730,88 €        |
| 6      | 15.133.999,11 €        | 12     | 17.550.799,16 €        |

Trošak održavanja energetske postrojenja dan je u poglavlju 2.6.2 i on iznosi od 4 % do 6 % od ukupne investicije s tim da je za potrebe ovoga rada uzet iznos od 4 % za troškove održavanja. Trošak održavanja energetske postrojenja loženog na biomasu prikazan je u tablici 3.18.

**Tablica 3.18.** Trošak održavanja

| Tekući trošak     | Postotak ukupne investicije | Ukupna cijena u eurima |
|-------------------|-----------------------------|------------------------|
| Trošak održavanja | 4 %                         | 3.240.000,00           |

#### TROŠKOVI KAPITALA:

Trošak kapitala se računa prema cijeni kapitala koji su dobiveni u dijelu troškovi izgradnje i iznose 81 mil. €. Za potrebe ovoga projekta odabrana je godišnja kamata na pozajmljeni kapital u iznosu od 9 % i sa rokom otplate kredita na 12 godina uz početak od godine dana. Predviđeno je da se projekt financira iz tuđih sredstava u punom iznosu. Godišnja rata otplate kredita određena je pomoću kamatnog faktora povrata kapitala (Capital Recovery – CR) [21].

Faktor CR se računa prema sljedećoj formuli:

$$CR = i \times (1 + i)^n / ((1 + i)^n - 1) \quad (12)$$

gdje je:

- i – godišnja kamata kredita
- n – rok otplate kredita



**Tablica 3.19.** Troškovi kapitala

| Troškovi kapitala            |          |                        |
|------------------------------|----------|------------------------|
| <b>Iznos kredita:</b>        |          | <b>81.000.000,00 €</b> |
| Kamata kredita               | 9%       |                        |
| Rok otplate (godina)         | 12       |                        |
| Faktor povrata kapitala (CR) | 0,139651 |                        |
| <b>Rata kredita:</b>         |          | <b>11.311.703,34 €</b> |

#### TROŠKOVI AMORTIZACIJE POSTROJENJA:

Amortizacija ne ulazi u stvarne troškove postrojenja nego u knjigovodstvene i time nam određuje visinu poreza koji trebamo platiti. Što je veća amortizacija, to je manji iznos poreza koji trebamo platiti.

U ovom radu korištena je linearna metoda amortizacije s primjenom prosječne godišnje amortizacijske stope koja je ovisna o vijeku trajanja postrojenja.

**Tablica 3.20.** Amortizacija postrojenja

| Amortizacija postrojenja:            |   |                                       |                             |
|--------------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------|
| Sredstvo koje podliježe amortizaciji | Knjigovodstveni vijek trajanja (godina) | Stopa prosječne godišnje amortizacije | Godišnji iznos amortizacije |
| Građevinski radovi                   | 20                                      | 5,0 %                                 | 405.000,00 €                |
| Oprema i uređaji                     | 15                                      | 6,667 %                               | 4.860.243,00 €              |
| Nematerijalna ulaganja               | 5                                       | 20,0 %                                | 60.000 €                    |

#### 3.6.3.2 Novčani prihodi

Jedini prihod elektrane je od prodaje električne energije. Za procjenu novčanih tokova potrebno je proračunati neto godišnju proizvodnju elektrane. Uzimajući da je postrojenje 8100 h/god u pogonu, snaga elektrane da je 30 MWe i faktor iskoristivosti elektrane da je 0,9 dobivamo neto proizvodnju električne energije koja iznosi 218.700 MWh/godišnje. Prodajna cijena električne energije dana je u poglavlju 2.6.1 i iznosi 1,04 HRK/kWh odnosno 0,142 €/kWh, ova cijena se odnosi na period od 12 godina. Visina poticajne cijene električne energije proizvedene iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije, za vrijeme važenja ugovora o otkupu električne energije, godišnje se korigira za indeks cijena na malo, na način da se poticajna cijena iz prethodne kalendarske godine pomnoži s godišnjim indeksom cijena na malo za prethodnu kalendarsku godinu. Godišnji indeks cijena na malo za prodaju električne

energije iznosi 102,5 odnosno otkupna cijena se korigira za 2,5 % . Godišnji prihodi od prodaje električne energije prikazani su u tablici 3.21.

**Tablica 3.21.** Godišnji prihodi od prodaje električne energije

| Godina | Ukupni godišnji novčani primitci od prodaje električne energije | Godina | Ukupni godišnji novčani primitci od prodaje električne energije |
|--------|---|--------|---|
| 1      | 31.831.785,00 €   | 7      | 36.915.111,55 €   |
| 2      | 32.627.579,63 €   | 8      | 37.837.989,34 €   |
| 3      | 33.443.269,12 €   | 9      | 38.783.939,08 €   |
| 4      | 34.279.350,84 €   | 10     | 39.753.537,55 €   |
| 5      | 35.136.334,61 €   | 11     | 40.747.375,99 €   |
| 6      | 36.014.742,98 €   | 12     | 41.766.060,39 €   |

### 3.6.3.3 Ocjena rentabilnosti projekta

Ocjena rentabilnosti projekta pokazuje da li se materijalna osnova projekta povećava ili smanjuje, kada se uzme u obzir cijeli vijek trajanja projekta. Za ocjenu rentabilnosti koriste se sljedeće metode:

- Metoda razdoblja povrata investicije
- Metoda diskontiranja tijekom novca nakon oporezivanja
  - Unutrašnja stopa povrata
  - Metoda neto sadašnje vrijednosti

Za ocjenu rentabilnosti ovoga projekta korištena je metoda unutrašnje stope povrata. Diskonta stopa koju naš projekt mora postići da bi ga prihvatili mora biti veća ili jednaka kamatnoj stopi po kojoj smo nabavili kapital za početnu investiciju. Što nam je diskonta stopa veća projekt je isplativiji [43]. Vrijednost diskontne stope za ovaj projekt iznosi 14 %, gdje je u diskontnu stopu uračunata kamata za kredit te visina inflacije. Diskontna stopa kod koje bi neto sadašnja vrijednost bila jednaka nuli nazivamo unutrašnja stopa povrata (IRR). To je najviša diskontna stopa koju naš projekt može dati.

Unutrašnja stopa povrata (IRR) za pretpostavljene uvjete u ovom projektu je 14,40 %.

## 4. ZAKLJUČAK

Biomasa u Hrvatskoj posljednjih godina počinje sve više da se koristi. U Hrvatskoj trenutno se najviše koristi ogrjevno drvo i to za potrebe grijanja u obiteljskim domaćinstvima. Sadašnja potrošnja biomase u hrvatskoj je na razini oko 14 PJ s tim da upotreba biomase u Hrvatskoj ima stalnu tendenciju rasta. Hrvatska ima u upotrebi energetska postrojenja u Gospiću i Delnicama koja koriste šumske ostatke kao pogonsko gorivo dok je u fazi izgradnje energetske postrojenje na poljoprivrednu biomasu u Vukovaru.

Znatne količine poljoprivredne i šumske biomase nastaju u Hrvatskoj. Međutim, ti potencijali se nedovoljno iskorištavaju. Minimalni tehnički potencijal slame u Hrvatskoj iznose 450 kt, a kukuruzovine 370 kt dok je maksimalni potencijal slame oko 930 kt, odnosno 600 kt za kukuruzovinu. Gledano po županijama najveći potencijal kako slame tako i kukuruzovine nalazi se u Osječko-baranjskoj i Vukovarsko-srijemskoj županiji. Ostatak iz šuma, prije svega tu se misli na panjeve i sitnu granjevinu, ima potencijal oko 700.000 m<sup>3</sup>.

Energetski potencijal biomase ovisi o energetske vrijednosti pojedinog tipa biomase. Ukupni energetske potencija šumski ostataka iznosi oko 5,9 PJ. Minimalni energetske potencijal slame iznosi 6,1 PJ, a kukuruzovine 5,5 PJ dok je maksimalni potencijal slame 12,8 PJ, odnosno 8,8 PJ za kukuruzovinu.

Sadašnje cijene poljoprivredne i šumske biomase na poljima odnosno na šumskom putu iznose oko 35 €/t s tim da se cijena biomase na pragu elektrane kreće u rasponu od 40,2 €/t do 48 €/t uz trošak transporta biomase od 0,1 €/t/km. Veliki raspon u cijenama biomase rezultat je činjenice da postrojenja nemaju dostatne količine biomase u svojoj neposrednoj blizini, te rastom udaljenosti prikupljanja biomase od postrojenja transportni troškovi povećavaju početnu cijenu biomase.

Provedena ekonomska analiza u kojoj je dobivena unutrašnja stopa povrata veća od diskontne stope ukazuje da je projekt rentabilan i da je velika opravdanost ulaganja sredstava u ovaj projekt.

## 5. LITERATURA

- [1] UN framework convention on climate change site. <http://unfccc.int/2860.php>
- [2] Hyvarinen, J., in defence of the Kyoto Protocol, IEEP, London (2000)
- [3] Krajačić, G., Diplomski rad: Energetsko planiranje otoka Mljeta uz uvjet maksimizacije korištenja obnovljivih izvora, Zagreb, 2004.
- [4] Radna skupina za biomasu, Biomasa kao obnovljivi izvor energije. <http://suma-ss.hr/assets/files/brosure/Biomasa.pdf>
- [5] Schlamadinger, B., Spitzer, J., Kohlmaier, G., H., Lüdeke, M., Carbon balance of bioenergy from logging residues, Biomass and bioenergy, 1995, Volume 8, Issue 4, pp. 221-234. [doi:10.1016/0961-9534\(95\)00020-8](https://doi.org/10.1016/0961-9534(95)00020-8)
- [6] Schlamadinger, B., Marland, G., Full fuel cycle carbon balance of bioenergy and forestry options, Energy Conversion and Management, 1996, Volume 37, Issues 6-8, pp. 813-818. [doi:10.1016/0196-8904\(95\)00261-8](https://doi.org/10.1016/0196-8904(95)00261-8)
- [7] Gustavsson, L., Börjesson, P., Johansson, B., Svaningsson, P., Reducing CO2 emissions by substituting biomass for fossil fuels, Energy, 1995, Volume 20, Issue 11, pp. 1097-1113. [doi:10.1016/0360-5442\(95\)00065-0](https://doi.org/10.1016/0360-5442(95)00065-0)
- [8] Bhattacharya, S., C., Salam, P., A., Low greenhouse gas biomass options for cooking in the developing countries, Biomass and Bioenergy, 2002, Volume 22, Issue 4, pp. 305-317, [doi:10.1016/S0961-9534\(02\)00008-9](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00008-9)
- [9] Kraxner, F., Nilsson, S., Obersteiner, M., Negative emissions from BioEnergy use, carbon capture and sequestration (BECS) – the case of biomass production by sustainable forest management from semi-natural temperate forests, Biomass and Bioenergy, 2003, Volume 24, Issue 4-5, pp. 285-296, [doi:10.1016/S0961-9534\(02\)00172-1](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00172-1)
- [10] Dubuisson, X., Sintzoff, I., Energy and CO2 balances in different power generation routes using wood fuel from short rotation coppice, Biomass and Bioenergy, 1998, Volume 15, Issues 4-5, pp. 379-390. [doi:10.1016/S0961-9534\(98\)00044-0](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(98)00044-0)
- [11] Takeshita, T., Yamaji, K., Important roles of Fischer-Tropsch synfuels in the global energy future, Energy Policy, 2008, Volume 36, Issue 8, pp. 2773-2784. [doi:10.1016/j.enpol.2008.02.044](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.02.044)
- [12] Demirbas, A., Combustion characteristics of different biomass fuels, Progress in Energy and Combustion Science, 2004, Volume 30, Issue 2, pp. 219-230. [doi:10.1016/j.peccs.2003.10.004](https://doi.org/10.1016/j.peccs.2003.10.004)
- [13] Fiaschi, D., Carta, R., CO2 Abatement by co-firing of natural gas and biomass-derived gas in a gas turbine, Energy, 2007, Volume 32, Issue 4, pp. 549-567. [doi:10.1016/j.energy.2006.07.026](https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.07.026)
- [14] Frandsen, F., J., Utilizing biomass and waste for power production-a decade of contributing to the understanding, interpretation and analysis of deposits and corrosion products, Fuel, 2005, Volume 84, Issue 10, pp. 1277-1294. [doi:10.1016/j.fuel.2004.08.026](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2004.08.026)
- [15] Gustavsson, L., Svaningsson, P., Substituting fossil fuels with biomass, Energy Conversion and Management, 1996, Volume 37, Issues 6-8, pp. 1211-1216. [doi:10.1016/0196-8904\(95\)00322-3](https://doi.org/10.1016/0196-8904(95)00322-3)
- [16] Royal Commission on Environmental Pollution website. <http://www.rcep.org.uk/bioreport.htm>
- [17] Biomasa, Wikipedia website. <http://hr.wikipedia.org/wiki/Biomasa>

- [18] Šegon, V., Domac, J., Biomasa kao izvor energije, Energetski institut Hrvoje Požar. <http://www.eihp.hr/hrvatski/projekti/revetis/pdf/REVETIS-BIOMASA.pdf>
- [19] Kralik, D., Energetski produkti iz biomase, poljoprivredni fakultet u Osijeku. <http://hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/11061.pdf>
- [20] Energetika-net website. <http://energetika-net.hr/skola/oie/energija-biomase>
- [21] Duić, N., Osnove energetike, digitalni udžbenik. <http://powerlab.fsb.hr/osnoveenergetike/wiki>
- [22] Alakangas, E., Heikkinen, A., Lensu, T., Vesterinen, P., Biomass fuel trade in Europe - Summary report, EUBIONET II-project, Juväskylä, 2007.
- [23] Iskorištenje pri raspiljivanju trupaca i piljenica, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. [http://www.pilinarstvo.com/nastava/vjezbe-pdf/6\\_naputak.pdf](http://www.pilinarstvo.com/nastava/vjezbe-pdf/6_naputak.pdf)
- [24] Grupa autora, Nacionalna bilanca drvne sirovine s projektom burze piljene građe i elemenata, Zagreb, 2005.
- [25] European Biomass Industry Association site. <http://www.eubia.org/113.0.html>
- [26] Julije, D., Program korištenja energije biomase i otpada. Prethodni rezultati i buduće aktivnosti, Energetski institut „Hrvoje Požar“, Zagreb, travanj 1998.
- [27] Kallio, M., Leinonen, A., Production technology of forest chips in Finland, VTT, Processes, 2005. [http://www.bio-south.com/pdf/ForestRes\\_Prod.pdf](http://www.bio-south.com/pdf/ForestRes_Prod.pdf)
- [28] Phyllis the composition of biomass and waste website. <http://www.ecn.nl/phyllis/>
- [29] Bogma website. <http://www.bogma.com/>
- [30] Dimnjašević, M., Plevnik, V., Polović, V., Seminarski rad: Određivanje ogrjevne vrijednosti različitih vrsta drveta, Zagreb 2008.
- [31] Solid biomass barometer, Eurobserv'er, december 2006. [http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat\\_baro/observ/baro176.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro176.pdf)
- [32] Energija u Hrvatskoj, godišnji energetski pregled, Zagreb, 2007. [http://www.mingorp.hr/UserDocsImages/energija%20u%20hrvatskoj/EUH06\\_w eb.pdf](http://www.mingorp.hr/UserDocsImages/energija%20u%20hrvatskoj/EUH06_w eb.pdf)
- [33] Državni zavod za statistiku. <http://www.dzs.hr/>
- [34] Sokhansanj, S., Mani, S., Stumborg, M., Samson, R., Fenton, J., Production and distribution of cereal straw on the Canadian prairie, Canadian Biosystems Engineering, 2006, Volume 48, pp. 3.39-3.46. <http://engrwww.usask.ca/oldsite/societies/csae/protectedpapers/c0556.pdf>
- [35] Veseth, R., Fertility management for no-till and minimum tillage systems, PNW conservation tillage handbook series, 1984, chapter 6 – fertility, No. 1. <http://pnwsteep.wsu.edu/tillagehandbook/chapter6/060184.htm>
- [36] Kline, R., Estimating crop residue cover for soil erosion control, Soil factsheet, 2000. <http://www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/publist/600series/641220-1.pdf>
- [37] Pordesimo, L., O., Edens, W., C., Sokhansanj, S., Distribution of aboveground biomass in corn stover, Biomass and Bioenergy, Volume 26, Issue 4, 2004, pp. 337-343. [doi:10.1016/S0961-9534\(03\)00124-7](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00124-7)
- [38] Sokhansanj, S., Turhollow, A., Cushman, J., Cundiff, J., Engineering aspects of collecting corn stover for bioenergy, Biomass and Bioenergy, Volume 23, Issue 5, 2002, pp. 347-355. [doi:10.1016/S0961-9534\(02\)00063-6](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00063-6)
- [39] Molc, J., Slunjski, M., Sučić, Ž., Iskorak Hrvatskih šuma d.o.o., 2. Hrvatski dani biomase, 2007, Golubinjak, Gospić.
- [40] Šumarska savjetodavna služba web stranica. <http://www.suma-ss.hr>
- [41] Production of big straw bales, straw pellets, transport and storing for power plants and CHP plants, EUBIONET2, Fact sheets of supply chains, Denmark. <http://www.eubionet.net/ACFiles/Download.asp?recID=4863>

- [42] Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije, Narodne novine, 2007, Zagreb.  
<http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/297518.html>
- [43] Čačić, G., Diplomski rad: Idejni projekt vjetroelektrane, Zagreb, 2004.