



UDK: 656.137; 631.37; 633.358

## STRUKTURA DIREKTNIH ENERGETSKIH INPUTA U PROIZVODNJI MERKANTILNOG KUKURUZA

Zoran Mileusnić, Milan Đević, Rajko Miodragović, Dragan Petrović

*Poljoprivredni fakultet - Beograd, Zemun*

**Sadržaj:** U radu je prikazana struktura direktnih energetski inputa u proizvodnji merkantilnog kukuruza sa posebnim osvrtom na: uloženu energiju za osnovnu i dopunsku obradu zemljišta i setvu primenom različitih sistema i uloženu energiju za navodnjavanje i ubiranje. Ovi inputi su prikazani preko potrošnje goriva čija je toplotna moć 42 MJ/kg. Dobijenim parametrima se može izvršiti optimizacija i racionalizacija u proizvodnji kukuruza.

**Ključne reči:** *energija, optimizacija, kukuruz, obrada zemljišta, navodnjavanje, ubiranje*

### UVOD

Uspešno poslovanje u poljoprivrednoj proizvodnji, moguće je samo uz pažljivo planiranje i precizno izvođenje složenih tehničko-tehnoloških procesa na kojima se savremena biljna proizvodnja zasniva i što tačnijem predviđanju ishoda iste. Pored toga ovaj koncept održive poljoprivrede ima za cilj i očuvanje prirodnih resursa i unapređenje životne sredine. Osnova održivosti jeste produktivnost sistema izražena kao odnos inpta i outputa, najčešće u energetskom pogledu [10]. Obrada zemljišta je najvažnija stavka u ukupnim potrebama za energijom, ona ima ogroman ekonomski značaj, ali ne i presudan. Obrada zemljišta nije kraj tehnološkog proizvodnog procesa sam po sebi, nego je u velikoj meri integralni element kompleksnih proizvodnih procesa nege, navodnjavanja i ubiranja u tehnologiji gajenja različitih biljnih vrsta.

Za kukuruz, kao ratarsku biljnu vrstu, može se slobodno reći da je to usev koji u poređenju sa drugim ratarskim usevima, najefikasnije koristi agroekološke uslove našeg podneblja. Energetske inpute u proizvodnji kukuruza i energetsku valorizaciju kukuruza kompleksnije je analiziralo više autora [1], [2] [9], ali su svi saglasni da je energetska vrednost zrna kukuruza 16,8 MJ/kg [9].

Cilj ovog rada je analiza direktnih energetskih inputa u proizvodnji merkantilnog kukuruza i to:

- Uložene energije za osnovnu i dopunsku obradu zemljišta i setvu primenom različitih sistema;
- Uložene energije za negu useva i navodnjavanje, kao i energije potrebne za ubiranje.

## MATERIJAL I METOD RADA

U radu su numerički obrađeni i analizirani rezultati konvencionalne tehnološke obrade zemljišta (KT), u okviru koje je prvo izvršena osnovna obrada plugom, a zatim i dopunska obrada i konzervacijske obrade zemljišta (mulch tehnologija-MT i nulta obrada - NT) sa dva različita traktora i odgovarajućim oruđima čije su karakteristike date u tabelama 1 i 2 [7].

U toku konvencionalne i konzervacijske obrade zemljišta,

- radni otpori su varirali u granicama od 34 kN do 48 kN, uz ostvarenu radnu brzinu od 6-10 km/h,

- nivo klizanja pogonskih točkova traktora bio je do 23%,
- broj obrtaja motora 2000 °/min,
- zapreminska masa zemljišta se kretala od 1,3-1,5 g/cm<sup>3</sup>.

Pri tome, temperatura atmosferskog vazduha bila je stabilna, održavajući se na nivou 30±0.5<sup>0</sup>C, a vlažnost zemljišta na dubini orničnog sloja je iznosila 16-21%.

Radni otpori agregata su izmereni dinamografom *Alfred-Amsler & Co Schaffhausen* (Schweiz No 239, Presstopf 288/278), zapreminska masa zemljišta cilindrima Kopeckog, a vlažnost zemljišta na dubini oraničnog sloja određena je primenom metode Kačinskog [5].

Poljska ispitivanja sistema za navodnjavane kišenjem su obuhvatila eksploataciona praćenja koja su u sebi sadržala utvrđivanje produktivnosti rada sistema i potrošnju goriva (zapreminskom metodom). Ostvarivanje zadate norme zalivanja i ravnomernosti distribucije vodenog taloga je merena kišomerom dimenzija 300x300 mm.

Eksploataciono ispitivanje kombajna u ubiranju kukuruza je vršeno od ranih jutarnjih časova, pa sve do ponovnog prestanka rada tj. povratka u ekonomsko dvorište ili mesto za parkiranje. Ispitivanjima je izvršeno merenje učinak kombajna i potrošnja goriva istih. Tehničke karakteristike ispitivanih kombajna prikazane su u tabeli 3.

Eksperiment je izvršen na parcelama PKB-korporacije, PDS "PKB Opovo", gazdinstva "Omoljica" iz Omoljice.

Tab. 1. Karakteristike traktora

Tehničke karakteristike	Traktor (T-1)	Traktor (T-2)
Tip traktora	4x4 S	4x4 S
Snaga motora [kW]	217	140
Nominalni broj obrtaja [o/min]	2200	2200
Broj obrtaja pri maksimalnoj snazi [o/min]	2000	1800
M <sub>max</sub> /n <sub>Mmax</sub> [Nm] / [o/min]	1320/1400	820/1210
Rezerva obrtnog momenta [Nm]	40	35
Oblast konstantne snage [o/min]	600	500
Specifična efektivna potrošnja goriva [g/kWh]	235	251
Broj stepeni prenosa napred/nazad	16/5	15/4
Hodni sistem	točkovi	točkovi
- prednji	620/70R30	16.9R-30
- zadnji	710/70R42	20.8R42
Energetska snabdevenost u odnosu na konstruktivnu masu [kW/t]	22,37	17,90
Energetska snabdevenost u odnosu na ukupnu masu [kW/t]	15,50	11,66
Specifična masa bez balasta [kg/kW]	44,70	55,85
Specifična masa sa balastom [kg/kW]	64,51	85,71

Tab. 2. Tehničke karakteristike priključnih oruđa

T i p	Način agregiranja	Radni zahvat [m]	Broj radnih tela [-]	Klirens	Prečnik diska [m]	Rastojanje između tela [m]	Masa [kg]
Plug obrtač (P-1)	Nošen	1.8-3	5/6	80	-	0,90	1710
Tanjirača (Tč-1)	Vučena	6.5	52	-	0.660	0.54	7500
Multitiler (MT-1)	Vučen	6.5	-	-	-	-	6500
Sejalica za dir. setvu (S-1)	Vučena	2.8	4	-	-	0.70	-

Tab. 3. Tehničke karakteristike kombajna A i B

Kombajn A	Kombajn B
<b>Adapter:</b> 6-redi, MF 1216 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ zahvat 4,2 m sa sečkom</li> <li>▪ privodni lanci - dužina lanca 1216 mm               <ul style="list-style-type: none"> <li>- broj članaka 38</li> <li>- korak članka 32 mm</li> </ul> </li> <li>▪ linearna brzina - 3,81 km/h</li> <li>▪ otkidački valjci - 285 min<sup>-1</sup></li> <li>▪ sečka - 1800 min<sup>-1</sup></li> <li>▪ Motor SISU snage 198 kW</li> </ul>	<b>Adapter:</b> 6-redi, Conspeed 6 -70 FC <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ zahvat 4,3 m sa sečkom</li> <li>▪ zahvat 4,1 m bez sečke</li> <li>▪ privodni lanci - dužina lanca 1216 mm               <ul style="list-style-type: none"> <li>- broj članaka 38</li> <li>- korak članka 32 mm</li> </ul> </li> <li>▪ linearna brzina - 3,81 km/h</li> <li>▪ otkidački valjci - 285 min<sup>-1</sup></li> <li>▪ sečka - 1800 min<sup>-1</sup></li> <li>▪ Motor Cummins snage 220 kW</li> </ul>

## REZULTATI I DISKUSIJA

### Energetski inputi u obradi zemljišta

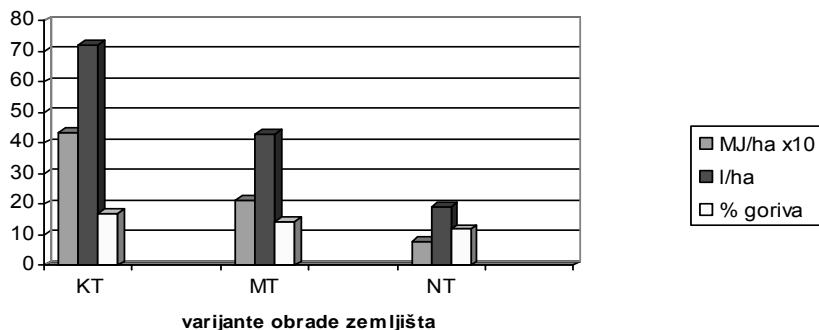
Osnovni cilj obrade zemljišta je stvaranje ornice, koja obezbeđuje najpovoljnije uslove za rast i razvoj poljoprivrednih kultura. [2]. Postavljeni zadaci se rešavaju sistemima obrade. Konvencionalnom obradom se vrši produbljivanje oraničnog sloja, tj. vrši se poboljšanje vodno vazdušnog režima zemljišta, povećava se zalih hranljivih elemenata, akumulira vlaga, a sve to rezultira povećanom potrošnjom goriva. Redukovana obrada zemljišta je, sa gledišta utroška energije, vrlo interesantna zbog niskih troškova i povoljnih radnih režima agregata - traktora. Pri tome treba biti obazriv, jer redukovanom obradom u višegodišnjem neprekidnom ciklusu dolazi do sabijanja zemljišta i smanjivanja oraničnog sloja, što je nepovoljno po gajene biljne vrste. U tabeli 4. su predstavljeni energetskeki parametri obrade primenom različitih tehnologija. Svi parametri su iskazani preko potrošnje goriva po jedinici površine ( $Q_{ha}$  [l/ha]), a za toplotnu moć goriva usvojena je vrednost od 42 MJ/kg [4].

Konvencionalna obrada i u ovom ogledu je energetskeki najzahtevnija (434,98 MJ/ha). S obzirom da se radi o vrlo intenzivnoj tehnologiji gajenja ratarskih biljnih vrsta, primenom alternativnih tehnologija je moguća ušteda energije od 2 puta za MT tehnologiju i direktnom setvom od 5,4 puta (slika 1). Primenjena tehnologija odnosi se na proizvodnju merkantilnog kukuruza. S obzirom na vrlo velike razlike u potrošnji energije ipak primena direktne setve ima i neka ograničenja. Pre svega ona se može primeniti:

- na zemljištima lakšeg fizičko-mehaničkog sastava,
- uz periodično prorahljivanje orničnog sloja
- ako se radi na zemljištima težeg mehaničkog sastava kombinovati je sa konvencionalnom tehnologijom gajenja

Tab. 4. Utrošak energije i procenat iskorišćenja goriva traktora u varijantama ogleđa

Agregat	$Q_{ha}$ [l/ha]	$E_{ha}$ [kWh/ha]	Tehnološka energija obrade [MJ/ha]	Ukupna energija goriva $E_{ha}$ [MJ/ha]	Koeficijent iskorišćenja goriva [%]
KT					
T-1 i P-1	39,96	82,74	297,86	1393,00	21,38
T-1 i Tč-1	12,65	20,20	72,74	440,97	16,50
T-2 i S-1	19,66	17,88	64,38	685,34	9,40
prosek	<b>72,27</b>	<b>120,82</b>	<b>434,98</b>	<b>2519,31</b>	<b>17,26</b>
MT					
T-1 i Tč-1	12,65	20,20	72,74	440,97	16,50
T-1 i MT-1	10,56	21,90	71,64	368,12	19,50
T-2 i S-1	19,66	19,56	70,41	685,58	10,27
prosek	<b>42,87</b>	<b>59,66</b>	<b>214,80</b>	<b>1494,50</b>	<b>14,40</b>
NT					
T-2 i S-1	<b>19,33</b>	<b>22,35</b>	<b>80,42</b>	<b>673,96</b>	<b>11,93</b>

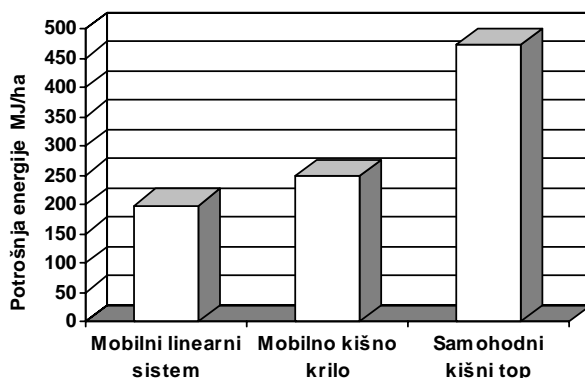


Sl. 1. Potrošnja energije u obradi zemljišta

### Energetski inputi sistema za navodnjavanje

Utvrđivanje parametara primene mobilnih sistema navodnjavanja kišenjem u datim proizvodnim uslovima, objektivizira efekte primene i realno utiče na planiranje optimalne strukture proizvodnje, ali i definiše položaj zalivnog sistema u tehnološko-tehničkom sistemu biljne proizvodnje [8]. Potrošnja energije kao jedan od limitirajućih faktora primene mobilnih sistema navodnjavanja kišenjem će nam poslužiti u cilju optimalnog izbora i eksploatacije sistema.

Potrošnja energije ispitivanih sistema prikazana je na slici 2., gde se može uočiti da maksimalna potrošnja energije kod mobilnog linearnog sistema iznosi 198,72 MJ/ha, mobilnog kišnog krila 249,15 MJ/ha i kod samohodnog kišnog topa 473,40 MJ/ha. Na osnovu dobijenih vrednosti proizilazi da je potrošnja energije kod mobilnog kišnog krila 25% veća u odnosu na potrošnju energije kod mobilnog linearnog sistema. Samohodni kišni top troši više energije od prethodna dva sistema i procentualno izraženo to iznosi 138% više od mobilnog linearnog sistema, a 90% više od mobilnog kišnog krila. Sve ovo nas dovodi do zaključka da je u pogledu potrošnje energije prednost u korist mobilnog linearnog sistema. Referentni raspored vodenog taloga kog svih sistema je 20 mm.



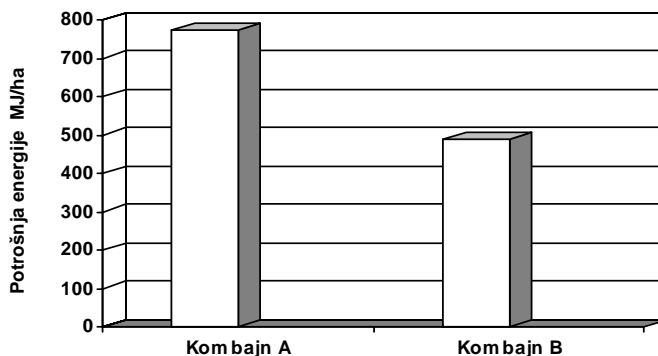
Sl. 2. Potrošnja energije mobilnih sistema navodnjavanja kišenjem

### Energetski inputi ubiranja kukuruza

Period u kome je plod biljke u stanju povoljnom za ubiranje je pet do petnaest dana. Iz ovoga proizilazi da proces ubiranja useva treba da traje vrlo kratko [6]. Ovo je naročito izraženo kod ubiranja zrnastih kultura, kod kojih gubici usled osipanja, pada hektolitarske težine (kao posledice vlage od jutarnjih rosa i eventualne kiše), te otežanog ubiranja usled polegnuća i prorastanja korova, rastu eksponencionalno posle petog ili desetog dana nakon pune tehnološke zrelosti. Potrošnja energije je i u procesu ubiranja limitirajući faktor za optimizaciju i izbor odgovarajućeg sistema [3]. Parametri rada u ubiranju kukuruza sa dva različita kombajna dati su u tabeli 5. i na slici 3.

Tab. 5. Parametri rada kombajna u kukuruza

Datum	Radno vreme	Površina ha	Žetvena količina t	Vlaga %	Gorivo lit.	Presek			
	h					ha/h	t/h	t/ha	lit/ha
Kombajn A									
27.10	13,94	28,78	311,74	26,00	638,80	2,06	22,30	10,83	22,20
Kombajn B									
16.10	17,57	70,15	466,35	17,90	985,00	4,00	26,54	6,64	14,04



Sl. 3. Potrošnja energije u ubiranju kukuruza

Ukupni utrošak energije kombajna A od 773,89 MJ/ha je viši za 158% od kombajna B čiji je energetska input 489,43 MJ/ha. U oba slučaja, ukupni tolerantni gubici u procesu ubiranja ne prelaze 1,5%.

### Analiza rezultata

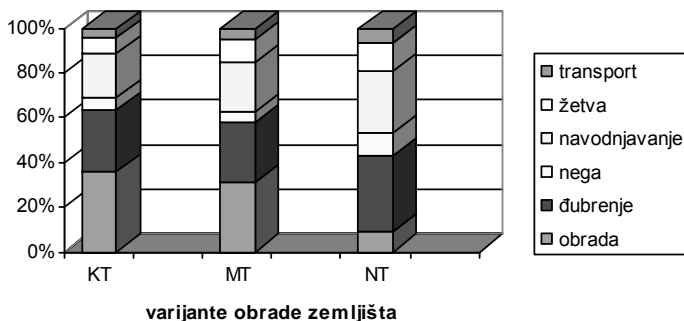
Ukupni utrošak energije u obradi i setvi znatno je veći u sistemu klasične obrade zemljišta u odnosu na ispitivane konzervacijske sisteme. Obrada i setva su energetska najzahtevnije operacije u tehnologiji gajenja kukuruza. Kada je u pitanju KT tehnologija energetska udeo je 35,47%, kod MT tehnologije on je 30,80%, dok je kod NT tehnologije on 15,93% i tu više nije najzahtevnija operacija (tabela 6).

Visoki prinosi kao krajnji cilj visokointenzivne biljne proizvodnje nezamislivi su bez navodnjavanja. Primenom navodnjavanja prinosi se znatno povećavaju što svakako opravdava ekonomska ulaganja u sisteme za navodnjavanje. Generalni gledano povećanje prinosa je izraženo i u našima ispitivanjima se kreće u intervalu od 25% do 30% [8]. Uticaj tipa sistema na povećanje prinosa nije posebno izražen, ali energetska inputi se značajno razlikuju. U strukturi proizvodnje oni učestvuju kod KT sa 19,94%, MT sa 22,50% i kod NT sa 25,82%. Za analizu je uzet najzahtevniji sistem-samohodni kišni top. Mobilno kišno krilo tehnički ne zadovoljava uslovima u proizvodnji kukuruza, a mobilni linearni sistem ima ekonomskih ograničenja u primeni na manjim posjedima i ako je energetska racionalnije rešenje.

Ubiranje zrnastih kultura u strukturi ukupnog utroška energije na prvi pogled nije energetska zahtevan proces, jer je raspon od 7-11%. Izborom manje adekvatnog sistema utrošak energije bi porastao na 10,50-17,60%. Oba kombajna su u tehničkom pogledu vrlo respektabilna, te stoga pri izboru odgovarajućeg sredstva treba biti vrlo racionalan. Udeo transporta zrna u ukupnoj strukturi energije je od 4,2-6,2%.

Tab.6. Energetska bilans u proizvodnji kukuruza

Operacije i tehnologija gajenja	Sistem obrade		
	KT	MT	NT
Obrada i setva	2519,31	1494,50	673,96
Đubrenje [10]	1967,00	1311,40	1311,40
Nega [9]	409,88	217,89	395,63
Navodnjavanje	1420,20	1090,45	1092,45
Žetva	489,43	471,24	471,24
Transport	296,31	261,45	261,45
Ukupno dir. inputa	7102,13	4846,93	4229,89



Sl. 4. Struktura utroška energije u proizvodnji kukuruza

## ZAKLJUČAK

Rezultati poljsko-laboratorijskih i eksploatacionih ispitivanja različitih sistema obrade zemljišta i setve u kukuruza ukazuju da postoji opravdanost primene različitih tehnologija jer oscilacije energetskekih utrošaka se kreću u rasponu uštede od 2-5,4 puta.

Alternativni sistemi obrade su naročito pogodni za primenu u postrnoj setvi i to u uslovima navodnjavanja, što se u potpunosti uklapa u koncept održive poljoprivrede.

U radu su prikazane tri varijante sistema za navodnjavanje kišenjem i energetskeki parametri rad istih. Opšte prihvaćeni zaključak po pitanju navodnjavanja bi bio da je intenzivna biljna proizvodnja nezamisliva bez sistema za navodnjavanje. Ulaganja u ovu oblast su opravdana i uloženi kapital se vrlo brzo može vratiti kroz povećanje prinosa, bez obzira što je u strukturi energetskekih troškova input navodnjavanja 25%.

Izborom adekvatnog sistema za ubiranje moguće je ostvariti značajne uštede energije. U našem ogledu ta ušteda iznosi 3-5% od ukupno raspoloživih direktnih inputa energije.

Izbor tipa sistema proizvodnje na osnovu tehnološko-tehničkih parametara zavisi od veličine i oblika parcele, raspoloživih resursa vode, vrste biljne proizvodnje, potrošnje energije i potrebne logistike

## LITERATURA

- [1] Alimpić M. (1983): Energija poljoprivrede, Savremena poljoprivredna tehnika, Vol 9, br.1-2, str. 1- 8, Novi Sad.
- [2] Đević M. (1992): Primena kombinovanih agregata u obradi zemljišta i setvi, Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [3] Đević M., Miodragović R., Mileusnić Z. (2005): Kombajni nove generacije u uslovima ubiranja kukuruza, Poljoprivredna tehnika br. 1, str. 77-83, Beograd.
- [4] Hermann W.A, Quantifying global exergy resources, Energy 2006; 31(12); 1685-1702.
- [5] Качински Н. (1958): Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения, Москва.
- [6] Lazić V., Turan J. (1999): Rad žitnih kombajna na seljačkim gazdinstvima, Savremena poljoprivredna tehnika, Novi Sad, br. 3, 127-134.
- [7] Mileusnić Z., Đević M., Petrović D., Miodragović R. (2007): Optimizacija traktorsko mašinskih agregata za različite tehnologije obrade, Poljoprivredna tehnika br. 1, str. 19-28, Beograd.
- [8] Miodragović R. (2001): Tehnološko-tehnički parametri mobilnih sistema za navodnjavanje kišenjem, Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [9] Mitrović D. (1999): Model za analizu energetskekog bilansiranja u proizvodnji kukuruza, Magistarski rad, Tehnički fakultet Mihajlo Pupin, Zrenjanin.
- [10] Momirović N., Đević M., Vasić G., Škrbić N. (1998): Energetskeki aspekti konzervacijskekih sistema obrade zemljišta u postrnoj setvi, Poljoprivredna tehnika, br. 2, str. 1-8, Beograd.

Rezultati istraživačkog rada nastali su zahvaljujući finansiranju Ministarstva za nauku, Republike Srbije, Projekat "Unapređenje i očuvanje poljoprivrednih resursa u funkciji racionalnog korišćenja energije i kvaliteta poljoprivredne proizvodnje", evidencionog broja TR-20076, od 25.06.2008.

## DIRECT ENERGY INPUT STRUCTURE IN MERCANTILE CORN PRODUCTION

**Zoran Mileusnic, Milan Djevic, Rajko Miodragovic, Dragan Petrovic**

*Faculty of Agriculture - Belgrade, Zemun*

**Abstract:** In this paper structure direct energy input in mercantile corn production is presented with special review on: energy consumption for tillage and seeding in different tillage technology as well as energy consumption for irrigation and harvesting. In these technologies only fuel was concerned as direct energy input. Its specific energy value of 42 MJ/kg was used for calculations. Obtain parameters can be used for optimization and rationalization of corn production.

**Key words:** *energy, optimization, corn, tillage, irrigation, harvest.*