

UDK: 656.137; 631.372

## OPTIMIZACIJA TRAKTORSKO MAŠINSKIH AGREGATA ZA RAZLIČITE TEHNOLOGIJE OBRADE ZEMLJIŠTA

**Zoran I. Mileusnić, Milan S. Đević,  
Dragan V. Petrović, Rajko Miodragović**

*Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun*

**Sadržaj:** Traktor predstavlja osnovu traktorsko-mašinskog agregata i osnovnu pogonsku jedinicu u savremenoj poljoprivrednoj proizvodnji. Smatra se da će to ostati i u budućnosti. Na strukturu traktorsko-mašinskog agregata utiče niz parametara, od kojih su najvažniji: struktura setve, zemljišni uslovi, koncepcija i kategorija traktora, veličina poseda itd.

U radu su definisani parametri koji utiču na strukturu traktorsko mašinskih agregata za obradu zemljišta, kao i potrošnja energije u pomenutim procesima. Ove veličine su ujedno ulazni podaci za optimizaciju traktorskih sistema u različitim varijantama tehnologije obrade zemljišta. Optimizacija traktorskih sistema za obradu zemljišta je cilj ovoga rada.

**Ključne reči:** *traktor, optimizacija, linearno programiranje, traktorsko-mašinski park, obrada zemljišta.*

Lista simbola:

KT	Konvencionalna obrada zemljišta
MT	Konzervacijska obrada zemljišta-malč tehnologija
NT	Nulta obrada zemljišta

### UVOD

Savremenoj biljnoj proizvodnji se odvija u okviru oštih ekonomskih, ekoloških i drugih ograničenja. Pored niza klasičnih problema, situaciju otežavaju i najnovije posledice globalnog zagrevanja planete i oštećenog ozonskog sloja, uz dodatne zahteve za povećanjem proizvodnje prouzrokovane eksplozivnim priraštajem svetskog stanovništva, itd. Uspešno poslovanje u ovim uslovima je, pored ostalog, moguće samo uz pažljivo planiranje i precizno izvođenje složenih tehničko-tehnoloških procesa na kojima se savremena biljna proizvodnja zasniva i što tačnijem predviđanju ishoda. Sve to je, najviše u poslednjem kvartalu prošlog veka, intenziviralo uvođenje matematičkog aparata i u oblast poljoprivrede.

Traktor je još uvek osnovna pogonska jedinica u poljoprivredi, a smatra se, da će to ostati i u budućnosti. Nagli razvoj poljoprivredne proizvodnje otvorio je nove ekonomske, energetske i ekološke probleme, tako da stari koncepti konstrukcija traktora ne omogućavaju izvršavanje postavljenih zadataka na zadovoljavajući način. Slična je situacija i u pogledu traktorsko-mašinskih agregata, na čiju strukturu utiče niz parametara, od kojih su najvažniji: struktura setve, zemljišni uslovi, koncepcija i kategorija traktora, veličina poseda itd.

Savremena tehnologija biljne proizvodnje bazirana je na primeni adekvatnog tehničkog sistema traktorsko-mašinskih agregata. Uslovi odvijanja zastupljene biljne proizvodnje utiču na činjenicu da pored osnovnih tehnoloških, tehnički sistem mora odgovarati datoj proizvodnji i sa stanovišta kapaciteta. U velikom broju slučajeva, traktorsko-mašinski parkovi poljoprivrednih gazdinstva su predimenzionisani, što se naravno nepovoljno odražava na troškove biljne proizvodnje. Postojeće matematičke metode programiranja, uz sve moćniju računarsku podršku, mogu efikasno rešiti problem optimizacije [3], [6], [7], [8], [9]. Linearno programiranje je jedna od tih metoda, koja je i primenjena u ovom radu.

Obrada zemljišta nije kraj tehnološkog proizvodnog procesa sam po sebi, nego je u velikoj meri integralni element kompleksnih proizvodnih procesa, uslovljenih brojnim ekonomskim i ekološkim zahtevima. Ovi zahtevi se često menjaju, što je posledica promenljivih uslova poljoprivredne i socijalne politike. Bez obzira da li je u pitanju zemljište, voda ili klimatska zaštita, "ekološka" proizvodnja ili redukcija proizvodnih troškova, ključ uspeha je u izboru odgovarajuće tehnike obrade zemljišta [1], [2], [4].

## MATERIJAL I METOD RADA

Matematičko modeliranje danas podrazumeva primenu digitalnih računara. Predstavlja pouzdan pristup koji, uz odgovarajuće ulazne podatke, omogućava postizanje visoke tačnosti u određivanju optimalnog sastava traktorsko-mašinskog parka za gazdinstvo. Ove metode su veoma efikasne u praksi, jer istovremeno uzimaju u obzir sve u datom trenutku poznate relevantne proizvodne uslove pri nalaženju najpovoljnije (optimalne) varijante.

Za određivanje optimalne strukture setve koristi se metoda linearnog programiranja. Problem se formuliše odgovarajućim linearnim matematičkim modelom i po pravilu rešava primenom tzv. Simplex metode.

U ovom radu je prikazana optimizacija strukture setve na bazi minimalne potrošnje energenata u tehnologiji proizvodnje. Primenjen je program EXCEL sa pripadajućim "alatom" SOLVER. Osnovni principi formiranja modela opisani su u tekstu koji sledi.

U svojoj strukturi matematički model mora da sadrži:

- sistem nezavisno promenljivih veličina,
- sistem ograničenja,
- funkciju kriterijuma optimalnosti-ciljnu funkciju.

Prva grupa ograničenja odnosi se na površine za gajenje pojedinih useva, označenih indeksom "i". Zbir površina  $x_i$  zasejanih odgovarajućim biljnim vrstama (kojih ima ukupno "n" –  $i=1, \dots, n$ ) ne može prevazići ukupnu raspoloživu površinu "b" gazdinstva:

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq b. \quad [1a]$$

Za svaku (i-tu) biljnu vrstu je moguće definisati maksimalnu, željenu, ili minimalnu površinu  $b_i$  koja se može zasejati:

$$x_i \geq, =, \leq b_i. \quad [1b]$$

Druga grupa ograničenja odnosi se na maksimalno vremensko angažovanje agregata za izvršenje obima svih planiranih radova po računskim periodima:

$$\sum_i^n \sum_j^m c_{ij} x_{ij} \leq d_{ij} \quad [2]$$

gde je:  $j$  - indeks traktora

$c_{ij}$  - vremensko angažovanje po jedinici površine u "i"-toj biljnoj vrsti "j"-tog traktora

$d_{ij}$  - maksimalno vremensko angažovanje "j"-tog traktora u obradi parcele  $x_{ij}$  zasejane "i"-tom biljnom vrstom

Treća grupa ograničenja odnosi se na ograničenje nenegativnosti promenljivih:

$$x_i \geq 0 \quad [3]$$

Ciljna funkcija određuje minimalnu potrošnju goriva traktora uz definisanje optimalne strukture setve, koja bi obezbedila sigurno izvršenje svih radova u agrotehničkim rokovima.

$$C_{\min} = \sum_i^n \sum_j^m a_{ij} x_{ij} \quad [4]$$

gde je  $a_{ij}$  potrošnja goriva "j"-tog traktora u obradi parcele  $x_{ij}$  zasejane "i"-tom biljnom vrstom.

Pri tome je broj traktora i traktorsko mašinskih agregata, neophodnih za izvršenje svih operacija obrade određen matricnom metodom [9].

### Eksperimentalni uslovi

U radu su numerički obrađeni i analizirani rezultati konvencionalne tehnološke obrade zemljišta, u okviru koje je prvo izvršena osnovna obrada plugom, a zatim i dopunska obrada i konzervacijske obrade zemljišta 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 37 kN do 55 kN, uz ostvarenu radnu brzinu od 5-8 km/h,
- nivo klizanja pogonskih točkova traktora bio je 20 %,
- broj obrtaja motora 2000 °/min,
- zapreminska masa zemljišta oscilovala je 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°C, a higroskopska 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) i elektronskom mernom opremom; pojačalom HBM DMC plus sa davačima HBM LY 21/350, zapreminska masa zemljišta cilindrima *Kopeckog*, a higroskopska vlažnost zemljišta na dubini oraničnog sloja određena je primenom metode *Kačinskog* (v. *Kačinski 1958*). Eksperiment je izvršen na parcelama PKB-korporacije, gazdinstva "Omoljica" iz Omoljice, AD Ravnica Bajmok i "BD Agro" iz Dobanovaca.

Tab. 1. Karakteristike traktora

Tehničke karakteristike	T-1	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
$M_{max}/n_{Mmax}$ [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
Dimenzije traktora:		
- dužina [mm]	5690	5410
- širina [mm]	2540	2974
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
Nivo buke u kabini dB (A)	73,8	81,5

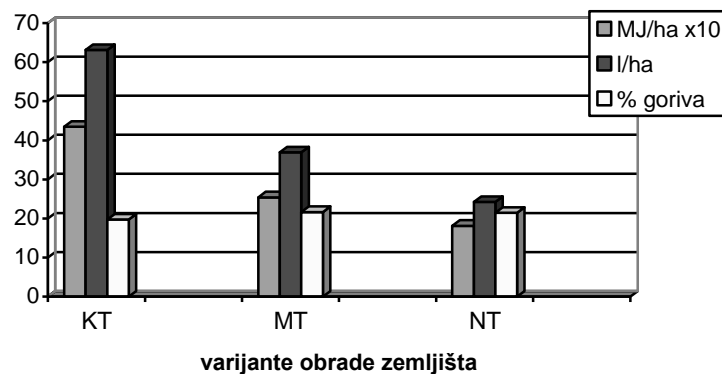
Tab. 2. Tehničke karakteristike priključnih oruđa

T i p	Način agregatiranja	Radni zahvat [m]	Broj radnih tela [-]	Klirens	Prečnik diska [m]	Rastojanje između tela [m]	Masa [kg]
Lemken EurOpal (P-1)	Nošen	1.8-3	5/6	80	-	0,90	1710
Panter (P-2)	Nošen	1.2	3	81	-	0,90	900
Kuhn Disc. XL (Tč-1)	Vučena	6.5	52		0.660	0.54	7500
Multitiler Franquet (MT-1)	Vučen	6.5	-	-	-	-	6500
Lemken Solitair 9/600K-DS (S-1)	Vučen	6	48	-	-	0.125	1520
JD Maxemergy 7200 (S-2)	Vučen	2.8	4	-	-	0.70	-
Rau-Gruber (MT-1)	Vučena	4	-	75	-	-	2945
Rau Tiler (MT-2)	Vučena	4	-	42	-	23	-

## REZULTATI I DISKUSIJA

### Traktor T-1

Osnovni cilj obrade zemljišta je stvaranje ornice, koja obezbeđuje najpovoljnije uslove za rast i razvoj poljoprivrednih kultura. Važan zahtev koji treba da ispuni obrada je dobijanje povoljne strukture orničnog sloja, što obezbeđuje optimalne uslove za kulturne biljke i mikroorganizme u smislu vodno-vazdušnog, toplotnog i hranidbenog režima zemljišta. Postavljeni zadaci se rešavaju sistemima obrade.

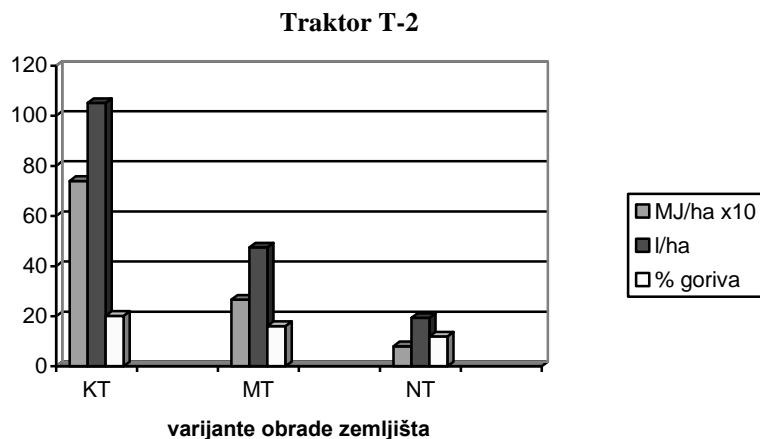


Sl. 1. Potrošnja energije obrade zemljišta na bazi traktora T-1

Dubina obrade direktno utiče na povećanje potrošnje goriva po jedinici površine. Konvencionalnom obradom se vrši produbljivanje orničnog sloja, tj. vrši se poboljšanje vodno vazdušnog režima zemljišta, povećava se zaliha hranljivih elemenata, akumulira vlaga, što rezultira povećanom potrošnjom goriva.

Redukovana obrada zemljišta je, sa gledišta utroška energije, vrlo interesantna zbog niskih troškova i povoljnih radnih režima agregata - traktora. Primena ove tehnologije je ograničena tehnologijom gajenja biljnih vrsta, te se primenjuje kod biljnih vrsta koje ne zahtevaju veće dubine obrade (pšenica, ječam...). Pri tome treba biti obazriv, jer redukovano obradom u višegodišnjem neprekidnom ciklusu dolazi do sabijanja zemljišta i smanjivanja orničnog sloja, što je nepovoljno po gajene biljne vrste.

Konvencionalna obrada, u slučaju traktora T-1, je energetska najzahtevnija (434,85 MJ/ha). Alternativne tehnologije daju moguće ušteda energije i to: za 3 puta nižu potrošnju primenom mulch-tehnologije i do 2,4 puta primenom redukovane tehnologije (u setvi pšenice). Koeficijent iskorišćenja goriva je najviši u NT varijanti obrade i ide do 21,46%. U ovom radnom režimu koeficijent korisnosti traktora je iznosio 0,61.



Sl. 2. Energetski inputi obrade zemljišta na bazi traktora T-2

Konvencionalna obrada i u ovom ogledu je energetski najzahtevnija (740,20 MJ/ha). Obzirom da se radi o vrlo intenzivnoj tehnologiji gajenja ratarskih biljnih vrsta, primenom alternativnih tehnologija je moguća ušteda energije od 2,8 puta za MT tehnologiju i direktnom setvom od 9,2 puta. Primenjena tehnologija odnosi se na proizvodnju merkantilnog kukuruza. 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,
- neophodna je provera postojeće mehanizacije koja bi mogla zadovoljiti kriterijume
- uz proveru tehnologije predkulture
- uz periodično prorahljivanje orničnog sloja
- ako se radi na zemljištima težeg mehaničkog sastava kombinovati je sa konvencionalnom tehnologijom gajenja

### Primena izabranog modela optimizacije

Za aplikaciju matematičkog modela, na osnovu dobijenih energetskih inputa, usvojena je veličina poseda od 2000 ha, (po 1000 ha kukuruza i pšenice). U strukturi setve zastupljene biljne vrste su kukuruz i pšenica, a kritičan period definisan je agrotehničkim rokovima za obradu datih biljnih vrsta.

Ulazni podaci dati su u tabelama 3 i 4. Na osnovu njih, uz pomoć razvojnog modela, simulira se na računaru ceo godišnji biološko-tehničko-tehnološki ciklus gazdinstva. Kao međurezultat dobijaju se matrice vremenskih koeficijenata za odgovarajuće traktore po varijantama obrade (tabele 5 i 6), koje predstavljaju osnovu za određivanje njihovog optimalnog broja, kao i njihovo specifično opterećenje po jedinici površine odgovarajućih biljnih vrsta u toku godine (izrazi 1, 2, 3 i 4). Agrotehnički rok (AT rok), za godišnji ciklus, podeljen je na 24 intervala (kalendarska godina podeljena na 24 intervala) tj. definisani su model dani kako bi se problem matematički definisao. Meteo faktor ukazuje na koliko se efektivnih dana u određenom AT roku može računati.

Tab. 3. Ulazni inputi na bazi Traktora T-1 U CT varijanti obrade pšenice

R.br.	Traktor	Oruđe	$Q_{ha}$ [l/ha]	$t_{ha}$ neto [h/ha]	Meteo faktor	Faktor r. vrem.	$t_{ha}$ bruto [h/ha]	Model dani	AT-rok
1.	T-2	P-1	39,96	0,91	1,30	1,15	1,36	16-19	16.08-15.10
2.	T-2	Tč-1	12,65	0,61	1,30	1,15	0,92	16-19	16.08-15.10
3.	T-2	MT-1	10,56	0,21	1,30	1,15	0,31	18-20	16.09-31.10
4.	T-2	S-1 <sup>II</sup>	11,60	0,24	1,30	1,55	0,48	20-21	16.10-15.11
<b>75,00</b>									

Tab. 4. Ulazni inputi na bazi Traktor T-2 U CT varijanti obrade pšenice

R.br.	Traktor	Oruđe	$Q_{ha}$ [l/ha]	$t_{ha}$ neto [h/ha]	Meteo faktor	Faktor r. vrem.	$t_{ha}$ bruto [h/ha]	Model dani	AT-rok
1.	T-3	P-2	57,75	1,64	1,30	1,15	2,45	16-19	16.08-15.10
2.	T-3	MT-2	13,20	0,38	1,30	1,15	0,57	16-19	16.08-15.10
3.	T-3	MT-3	14,60	0,42	1,30	1,15	0,63	18-20	16.09-31.10
4.	T-3	S-1 <sup>III</sup>	15,30	0,37	1,30	1,55	0,75	20-21	16.10-15.11
<b>101,00</b>									

Tab. 5. Matrice vremenskih koeficijenata traktora T-1 u MT varijanti obrade

Model dani	$X_{12}$	$X_{22}$	Vremensko angažovanje
7	0	0,73	730
8	0	0,73	730
...	...	...	...
16	0,23	0	230
17	0,23	0,19	420
18	0,33	0,19	520
19	0,33	0,19	520
20	0,34	0,19	530
21	0,24	0,19	430
22	0	0,19	190

Potreban broj traktora T-1 je po varijantama tehnologije za navedene rokove varira od 5 u CT tehnologiji do 3 traktora u MT i NT varijanti obrade. U slučaju traktora T-2, amplitude oscilacija su još izraženije, kreću se u intervalu od 7 traktora za CT tehnologiju do 4 za MT i 3 za NT varijantu obrade zemljišta.

Tab. 6. Matrice vremenskih koeficijenata traktora T-2 u NT varijanti obrade

Model dani	$X_{13}$	$X_{23}$	Vremensko angažovanje
7	0	0,55	550
8	0	0,55	550
...	...	...	...
16	0,14	0	140
17	0,14	0	140
18	0,14	0	140
19	0,14	0	140
20	0,38	0	380
21	0,38	0	380
22	0	0	0

Ovako postavljeni matematički model rešava se pomoću ograničavajućih uslova, definisanih izrazima (1)-(2) u sledećem obliku:

$$\begin{aligned} X_{13} + X_{23} &= 2000 \\ 0,93X_{23} &\leq 1680 \\ 0,75X_{13} &\leq 1680 \\ 0,75X_{13} + 0,64X_{23} &\leq 1680 \\ 0,96X_{13} + 0,64X_{23} &\leq 1680 \\ 0,59X_{13} + 0,64X_{23} &\leq 1680 \\ 0,38X_{13} + 0,64X_{23} &\leq 1680 \\ 0,64X_{23} &\leq 1680 \end{aligned}$$

Uslovi nenegativnosti su (izraz 3):

$$\begin{aligned} X_{13} &\geq 0 \\ X_{23} &\geq 0 \end{aligned}$$

Funkcija kriterijuma optimalnosti (izraz 4) ima oblik:

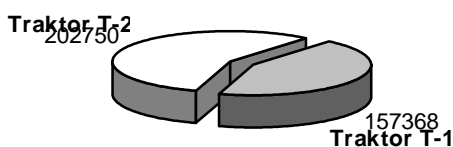
$$C_{\min} = 101X_{13} + 102X_{23}$$

### REZULTAT OPTIMIZACIJE

Prikaz rešenja dat je u tabeli 7 po varijantama tehnologija i modelu traktora. Ova rešenja daju uvid u ostvareni uticaj odabranog traktora na strukturu setve po kriterijumu potrošnje goriva. Sa slike 3, kada je u pitanju KT tehnologija, se vidi da niži iznos potrošnje ima traktor T-1 uz zadovoljavajuću strukturu setve. Traktor T-2 ima povoljniju strukturu gajenih biljnih vrsta i potrošnju goriva višu za 29%.

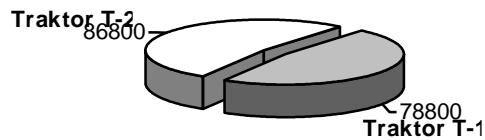
Tab. 7. Optimalna struktura setve uz minimalnu potrošnju goriva analiziranih traktora

Način obrade	KT			MT			NT		
	pšenica	kukuruz	gorivo (l)	pšenica	kukuruz	gorivo (l)	pšenica	kukuruz	gorivo (l)
T-1	1263	737	157368	1200	800	78800	691	1309	45381
T-2	1250	750	202750	1200	800	86800	691	1309	40981

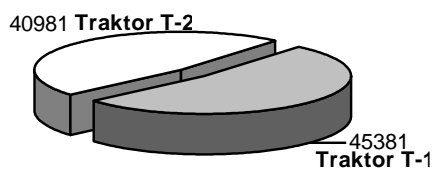


Sl. 3. Utrošak goriva traktora u KT sistemu obrade zemljišta (u l)





Sl. 4. Utrošak goriva traktora u MT sistemu obrade zemljišta (u l)



Sl. 5. Utrošak goriva traktora u NT sistemu obrade zemljišta (u l)

Vrlo slični su energetski parametri rada i u MT tehnologiji (slika 4), s tim da je traktor T-1 zadržao primat, ali od 10% ispred traktora T-2. U ovoj varijanti obrade uvedeno je dodatno ograničenje da površine pod kukuruzom ne smeju biti manje od 800 ha. Kada je u pitanju NT tehnologija Traktor T-2 daje bolje rezultate (slika 5). On ima nižu potrošnju goriva za 10,7% od traktora T-1. Traktor T-1 u ovoj varijanti je izgubio primat, jer sejalica za direktnu setvu kukuruza koja je korišćena u modelu, nije optimalno rešenje za njega. U konkretnom modelu radi se o sejalici sa 4 reda sekcija, koja tehnološki i generacijski odgovara modelu traktora T-2, a traktor T-1 ima potencijal za 12 rednu varijantu i time značajno smanjenje potrošnje goriva. Traktor T-2 svojim vučnim potencijalom takođe može biti agregatirani sa 12 rednom varijantom, ali ne može ispoštovati tehnološke brzine setve od 10-12 km/h.

## ZAKLJUČAK

Rezultati modeliranja, ilustrovani slikama 3-5, potvrđuju primenljivost metode linearnog programiranja za optimizaciju traktorsko-mašinskog parka i pored nedostataka kao što su statičnost metode i pretpostavljena linearnost relacija. Međutim, kako je proizvodni proces u poljoprivredi dugačak i preorijentacija proizvodnje nije moguća u kratkom periodu, statičnost metode nema većih praktičnih negativnih efekata na planiranje i projektovanje.

Dobijeno optimalno rešenje ovom metodom obezbeđuje izvršenje tehnologije proizvodnje sa nižim troškovima po jedinici površine, manju potrošnju goriva i energije kao i veći obim korišćenja traktora tokom godine.

Značajno je napomenuti da osnovni problem u obezbeđivanju uslova primene navedene metode leži u nedostatku evidencije, tj. relevantnih ulaznih parametara. Primena metoda programiranja u podsistemu biljne proizvodnje je jedan od puteva ka uvođenju jedinstvenog informacionog sistema biljne proizvodnje.

## LITERATURA

- [1] Arvidsson, J., Keller, T., Gustafsson, T. (2004): Draught Requirement and Soil Deformation During Soil Tillage, *Poljoprivredna tehnika*, br. 1, str. 1-7, Beograd.
- [2] Đević, M. (1992): Primena kombinovanih agregata u obradi zemljišta i setvi, Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [3] Đević, M., Ralević N., Novaković, D., Petrović, D. (1995): "Estimation of Component Distribution Influence on Combines Stability". *Časopis "Agricultural Engineering"*, vol. 1, no. 3-4, p. 67-72.
- [4] Filipović, D., Kosutić, S., Gospodarić Z. (2004): Energy Efficiency in Conventional Tillage of Clay Soil, *Proceedings*, pp 83-91, International Scientific Conference, Rouse, Bulgaria.
- [5] Качински, Н. (1958): Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения, Москва.
- [6] Mileusnić, Z. (2007): Energetski bilans rada traktora u obradi zemljišta za proizvodnju ratarskih kultura, Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [7] Novković, N. (1996): Planiranje i projektovanje u poljoprivredi, p. 312 *Poljoprivredni fakultet*, Novi Sad.
- [8] Petrović, D., Đević, M., Trbojević, G., Radojević, R. (1988): Proučavanje mogućnosti primene linearnog programiranja u optimizacijama biljne proizvodnje, *Zbornik radova*, str. 29-37, *Aktuelni zadaci mehanizacije poljoprivrede*, Opatija.
- [9] Petrović, D., Radojević, R., Raičević, D., Gligorić, M., Jovanović, Z. (1988): Razvoj modela za optimizaciju traktorsko mašinskog parka, *Zbornik radova*, str. 147-156, *Aktuelni zadaci mehanizacije poljoprivrede*, Opatija.
- [10] Radojević, R. (1998): Optimizacija strukture traktorsko-mašinskog parka i racionalizacija vremena rada u ratarskoj proizvodnji, Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [11] Savin, L. (2004): Optimizacija sastava mašinskog parka u poljoprivredi, doktorska disertacija, Novi Sad.

Rezultati istraživačkog rada nastali su zahvaljujući finansiranju Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj, Republike Srbije, Projekat "Optimalna tehnološko tehnička rešenja za tržišno orijentisanu biljnu proizvodnju", evidencionog broja TP 6918.A, od 1.04.2005.

### THE OPTIMIZATION OF TRACTOR-MACHINERY COUPLES IN DIFFERENT TILLAGE TECHNOLOGIES

**Zoran I. Mileusnic, Milan S. Đević, Dragan V. Petrovic, Rajko Miodragovic**

*Faculty of Agriculture, Zemun-Belgrade*

**Abstract:** At present, tractor represent the major power unit in agricultural production and it is expected to remain so. Structure of tractor-machinery couples is influenced by crop production structure, soil structure, tractor conceptions and category, average surface area etc.

This paper presents relevant parameters that define the structure of tractors-machinery couples in soil tillage, as well as the power consumption in these processes. These variables simultaneously represents the input data in optimizing the tractors-machinery systems in different variants of soil tillage technology. The aim of the paper is to optimize tractor systems.

**Key words:** tractor, optimization, linear programming, tractor-machinery couples, soil tillage.

