

UDK: 631.312.02

## UTICAJ RADNIH ELEMENATA I KONCEPCIJA MAŠINA NA RACIONALNU OBRADU ZEMLJIŠTA

Milan Veljić, Dragan Marković

*Mašinski fakultet - Beograd*

**Sadržaj:** U radu su analizirani radni elementi koji čine sistem u okviru klasičnih mašina za obradu zemljišta i mašina za obavljanje nekoliko operacija u jednom proходу. Prvenstveno su prikazani radni elementi, pasivni i aktivni i koncepcije mašina, koji omogućavaju da se ostvari željena struktura i vodno vazdušni kapacitet pri obradi zemljišta, uz odgovarajuću pogonsku mašinu. Data je osim tehnološko tehničkih zahteva i analiza oblika i parametara radnih elemenata koji uslovljavaju veću ekonomsku efikasnost, kvalitetniji i veći prinos uz manje troškove.

**Ključne reči:** Radni elementi, racionalnost, koncepcije, mašine za obradu zemljišta.

### UVOD

Koncept mašina za obradu zemljišta, odnosno predsetvenu pripremu, zasniva se na prevrtanju, sitnjenju, mrvljenju, zaoravanju bilnih ostataka i đubriva i ravnjanu zemljišta, koje čine preduslove za dalje operacije. Obrada plugom, bez obzira što se smatra prevaziđenom, još uvek čini preko 95% svih tehnološko tehničkih operacija u osnovnoj obradi zemljišta. Pro-hodi sa radnim elementima za veću ili manju radnu dubinu od klasične, u okviru nekoliko operacija u jednom proходу, imaju i neke modifikacije koji se odnose na manji obim pre-vrtanja plastice, veći stepen nezaoranih biljnih ostataka koji uslovljavaju manju eroziju zemljišta ali uz adekvatne dalje intezivne operacije đubrenja i zaštite bilja. Utrošak snage i ostalih resursa pri klasičnoj obradi su veći u odnosu na obavljanje nekoliko operacija u jednom proходу. Troškovi energije pri klasičnoj obradi zemljišta iznose do 50% u odnosu na dalje operacije prvenstveno pri gajenju ratarskih biljaka. Gaženje i sabijanje površine zemljišta pri obavljanju nekoliko operacija u jednom proходу znatno se redukuje. Smanjenje utroška uložene energije može se posmatrati prvenstveno kroz oblik, dimenziju i kinematske parametre radnih elemenata, a i koncepta gde se kombinacijom raznih radnih elemenata, noseće strukture i automatizacije, postiže adekvatna primena agrotehničkih zahteva.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Klasičan pristup mašinama i radnim organima za obradu zemljišta zasniva se na već znanim postavkama koje reprezentuju mašine koje uz odgovarajuće kvalitete ispunjavaju agrotehničke zahteve. Kod mašina za obavljanje nekoliko operacija u jednom proходу radni elementi imaju namenu koja uslovljava da se određene operacije obavljaju u sadejstvu sa drugim kako bi se obezbedila veća ekonomska efikasnost. Uvek se postavljaju pitanja vodno vazdušnog kapaciteta pri obradi zemljišta. Mada se o mašinama za obavljanje nekoliko operacija u jednom proходу raspravlja još od 1970. godine, stalno se postavlja pitanje ekonomske opravdanosti. Brojni su zastupnici ovakvog sistema obrade kao i protivnici. Pre svega tu se treba odlučiti na kvalitet obrade i ekonomičnost, a kasnije na proizvodnost koja se odnosi na usklađenost kapaciteta pojedinih radnih elemenata. Usklađenost brzine rada pluga i mašina za dopunsku obradu i mašina sa đubrenje ili setvu dovodi se u pitanje. Međutim parcijalno posmatrano mnoge kombinacije mašina za predsetvenu pripremu zemljišta, od pluga pa do sistema za ravnanje zemljišta ukazuju da u toj oblasti nema premca. Neka od rešenja, kao setvospremači su klasični primeri gde je ostvarena ideja o obavljanju nekoliko operacija u jednom proходу. Osim koncepcije same mašine osnovno pitanje koje se postavlja jeste izbor i kombinacija radnih organa.

Postupci koji se danas primenjuju su:

- obrada zemljišta, sa ili bez đubrenja,
- obrada zemljišta uz primenu đubrenja, setve ili sađenja,
- obrada zemljišta uz primenu raznovrsnih tehnologija, gde se težište stavlja na osvajanje rešenja koja imaju za cilj nove tehnološke procese, bez ili uz minimalnu primenu klasičnih rešenja.

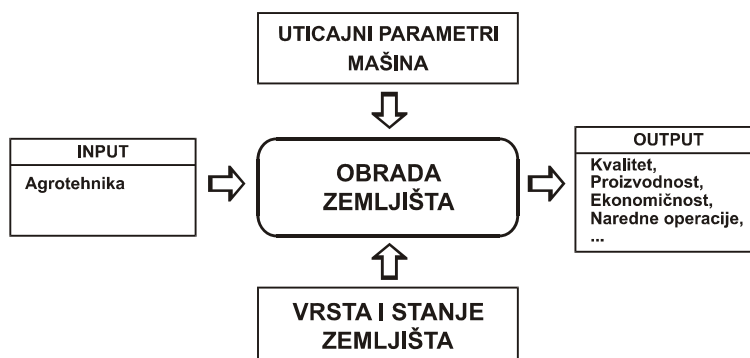
Od pojave prvih rešenja za obavljanje nekoliko operacija u jednom proходу do današnjih dana, razvoj poljoprivredne mehanizacije, odnosno poljoprivrednih mašina baziran je na sledećim pokazateljima koncepcija razvoja:

Širina zahvata	↑
Masa	↓
Dužina mašine	↓
Broj točkova	↓
Brzina	↑
Kvalitet obrade	↑
Proizvodnost	↑
Automatizacija	↑

Povećanje pojedinih pokazatelja dato sa ↑ i smanjenje sa ↓ nisu jedini kriterijumi za odabir ili pravac razvoja poljoprivrednih mašina. Tu su i estetski parametri, kvalitet izrade, prilagođenost standardima, validnost firme, mogućnost kreditiranja, cena mašine, mogućnost servisiranja, nabavka rezervnih delova, ergonomija, bezbednost, itd...

Ponderisanje svih ovih parametara vodi u optimizaciju odnosno vrednovanje najuticajnijih parametara, kao što su širina zahvata, brzina, namena, utrošak energije (za vučnu silu i preko priključnog vratila traktora), sabijanje zemljišta, itd...

Predstavljanje većine ovih parametara pri obradi zemljišta može se pojednostaviti i težište staviti na ulazne parametre (input) koji se odnose na agrotehniku i izlazne parametre (output) koji se odnose na kvalitet, proizvodnost, ekonomičnost, sledljivost operacija, itd., slika 1.



Sl. 1. Uticajni parametri pri obradi zemljišta

Osnovna i polazna jednačina koja daje vezu izmedju proizvodnosti  $Q$  i najuticajnijih parametara, glasi:

$$Q = B v \varphi_1 \dots \varphi_n \quad (1)$$

gde je:  $B$  - širina zahvata,  
 $v$  - brzina kretanja i  
 $\varphi_i$  - uticajni parametri.

U koncepciji mašina za obavljanje nekoliko operacija u jednom prohodu pri konstantnoj širini agregata  $B$  treba da bude obezbeđeno da brzina kretanja prve mašine, odnosno uređaja sa odgovarajućim radnim elementima bude veća od sledeće, odnosno:

$$v_1 > v_2 > \dots > v_n \quad (2)$$

gde su:  $v_1, \dots, v_n$  - brzine kretanja pojedinačnih agregata sa odgovarajućim radnim elementima.

Ograničenja prvenstveno vezana za brzinu kretanja su prisutna pa i u tom konceptu treba optimizaciju parametara bazirati na postizanje veće brzine rada, naročito kod mašina za osnovnu obradu zemljišta. Neusklađenost brzine rada je primetna kod mašina za osnovnu obradu i mašina za dopunsku obradu kao što su kultivatori, drljače i valjci.

Dubina rada kao jedan od važnih parametara treba da bude saglasna izrazu:

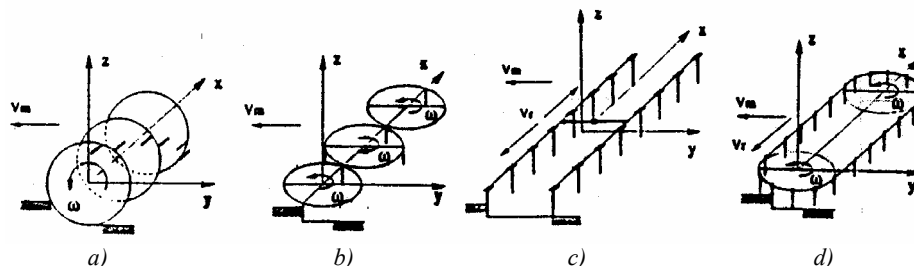
$$a_1 > a_2 > \dots > a_n, \quad (3)$$

gde je:  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – dubina rada alata od prvog uređaja  $a_1$  ka poslednjem u nizu  $a_n$ .

Često se radni elementi za razrivanje zemljišta, koji imaju i najveću dubinu rada, postavljaju na zadnju ili prvu poziciju u tehnološkom procesu rada.

Mašine sa rotacionim ili oscilatornim kretanjem alata, rotacione sitnilice, rotacione drljače i oscilatorne drljače imaju veliki stepen efikasnosti ali i malu proizvodnost što se nadoknađuje kvalitetom rada i smanjenjem sabijanja zemljišta. Prebrisana površina vrhovima radnih elemenata koja uslovljava kvalitet zavisi prvenstveno od broja obrtaja vratila sa nosačima oruđa i brzine kretanja mašina koja uzima u obzir koeficijent  $\lambda$ . Sa povećanjem koeficijenta  $\lambda$  kroz povećanje ugaone brzine dobija se i veći stepen kvaliteta obrade ali i znatno veći utrošak energije zbog udarnog dejstva radnih elemenata o zemljište. Osnovni principi mašina sa aktivnim radnim

organima za obradu zemljišta, sa rotacionim i pravolinijskim kretanjem (translatornim i oscilatornim) prikazani su na slici 2. Ovaj koncept se najčešće primenjuje pri obradi zemljišta i setvi u jednom proходу.



Slika 2. Kretanje aktivnih radnih elemenata  
a, b - obrtno kretanje; c - oscilatorno pravolinijsko;  
d - ravnomerno pravolinijsko kretanje

Optimizacija parametara mašina i radnih elemenata za obradu zemljišta treba da se odnosi na sledeće parametre:

- kod plugova na dubinu rada **a**, širinu zahvata **b**, i uglove koji karakterišu raonik i plužnu dasku  **$\alpha, \beta, \gamma, \epsilon$** .
- kod tanjirača na prečnik diska **D**, poluprečnik krivine **R** i uglove koji karakterišu položaj diska u odnosu na pravac kretanja, ugaon u odnosu na pravac kretanja  **$\alpha$** , u odnosu na vertikalu  **$\beta$** , kao i na zaoštrenost diskova datim uglovima  **$\omega, \epsilon$  i  $\phi$** ,
- kod kultivatora na širinu zahvata motičice **b**, dubinu rada **a**, ako i uglove  **$\gamma, \alpha$  i  $\beta$** ,
- kod valjaka na masu **G**, prečnik **D**, poluprečnik krivine **R** i oblik radnih elemenata (sa diskovima, zupcima, rebrima, itd...) i,
- kod razrivačkih radnih elemenata gde je osnovni parametar dubina **a**, oblik radnih elemenata sa širinom zahvata **b** i mogućnošću aktivnog pogona radnih elemenata.

Sa razvojem aktivnih radnih elemenata za razrivanje zemljišta došlo se do znatnog smanjenja utroška energije u odnosu na pasivne koji iznosi i do 20%. Ipak ovakav pristup treba da bude primaran za specifične načine obrade, kada je i prethodnom periodu bila obrada zemljišta sa raonim plugom na konstantnoj dubini ili kod obrade teških i suvih zemljišta.

Razvoj plugova (VIM, VISHOM, MIISP) odvija se u pravcu povećanja širine zahvata, za određene uslove obrade, sa traktorima klase 3 i 5, sa povećanjem proizvodnosti do 25% uz smanjenje potrošnje goriva za 10%. Vodeće svetske firme nude tržištu široku lepezu nošenih i polunošenih plugova za traktore snage do 200 kW. Većina firmi ima veću ponudu nošenih ili polunošenih plugova kao ekonomičnija rešenja po masenim i energetskim pokazateljima. Polunošeni plugovi imaju od 5 do 10 plužnih tela, (ređe od 12 do 14) sa regulacijom širine zahvata od 1,75 do 5,5 m.

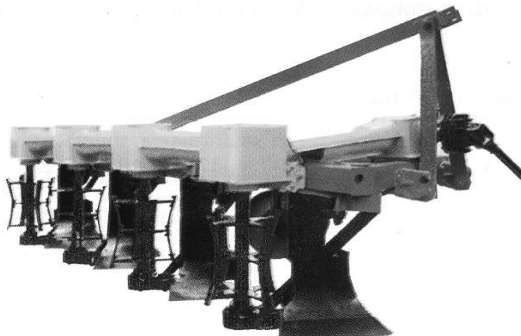
U okviru obavljanja nekoliko operacija u jednom proходу firma LEMKEN je ponudila tržištu plug VARIA TURMALIN sa 5 do 8 plužnih tela sa hidrauličnom regulacijom i adekvatnim paker valjkom za obradu zemljišta, slika 3.

Velika širina radnog zahvata, uz adekvatnu dužinu agregata kod plugova uslovlila je razvoj i zglobnih konstrukcija prvenstveno zbog mogućnosti kopiranja terena. Ovakav koncept primenjen je već ranije kod širokozahvatnih mašina, prvenstveno tanjirača i kultivatora.



*Sl. 3. Polunošeni LEMKEN plug sa adekvatnim paker valjcima*

Retroaktivan razvoj vezan je i za tehnologije koje su egzistirale pre više od 30 godina. Nove tehnologije obrade zemljišta koje su vezane za Claas-ov plug i Poljski plug PFZ-235 opet se javljaju na tržištu sa novim sistemom pogona. Zamena plužne daske sa aktivnim radnim elementima rešenja ruske proizvodnje prikazana je na slici 4.



*Sl. 4. Nošeni plug sa aktivnim plužnim daskama*

Karakteristika ovog pluga je kao i kod prethodnih rešenja, primena tehnologije obrade zemljišta koja se ne zasniva na spajanju određenih radnih elemenata već na novom konceptu koji omogućava primenu rotora koji zamenjuje plužnu dasku. Specifičnost rešenja u odnosu na neka ranija rešenja je rešenje pogona rotora preko kardanskog vratila i koničnog zupčastog para.

### ZAKLJUČAK

Razvoj poljoprivrednih mašina za obradu zemljišta kreće se u pravcu osvajanja novih racionalnih radnih elemenata, kombinaciji pasivnih i aktivnih radnih elemenata različitog oblika i rezne geometrije, ramske konstrukcije koja omogućava aplikaciju novih radnih elemenata, automatizaciji, optimizaciji kinematskih i enertgetskih parametara i razvoja novih rešenja i tehničkih sistema za obavljanje nekoliko operacija u jednom proходу. Segmenti razvoja se više ne posmatraju odvojeno ili pojedinačno već kompleksno u konceptu razvoja poljoprivrednih mašina za obradu zemljišta sa integrisanjem mašina za setvu, đubrenje i sadenje.

## LITERATURA

- [1] Veljić M.: Razvoj oscilatornih sistema kod mašina za obradu zemljišta, Zbornik radova IRMES 95., Mašinski fakultet u Nišu, 1995.
- [2] Marković D., Veljić M., Mitrović Z.: Energetska analiza tehničkih sistema obrade zemljišta, Jugoslovenski naučni časopis Savremena poljoprivredna tehnika, br. 3, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, 1995.
- [3] Đević M., Marković D., Momirović N.: "Energetski aspekt obrade zemljišta i setve", Jugoslovenski naučni časopis: Savremena poljoprivredna tehnika, Vol. 22, No 1-2, str. 45-52, Novi Sad, 1996.
- [4] Ercegović Đ., Veljić M.: Značaj i mogućnosti određivanja koeficijenta trenaja zemljišta o radne površine poljoprivrednih mašina, Tribologija u industriji, br. 4, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 1996.
- [5] Veljić M.: Razvoj rešenja mašina za obradu zemljišta sa rotacionim kretanjem noža, IV Jugoslovenski simpozijum: Mašine i mehanizmi, Univezitetska istraživanja i primena u industriji, Zbornik radova IFToMM, Mostar, 1983.
- [6] Veljić M., Arandelović I., Marić D.: Nove tehnologije obrade zemljišta sa rotacionim kretanjem alata, Poljoprivredna tehnologija, br. 1/2, Beograd, 1999.
- [7] Ministarstvo seljskova hozjajstva Rosijske Federacije: Tendencija razvitija selskohozjajstvenoj tehniki, Moskva, FGNU, 2006.
- [8] Martinov M., Marković D.: Mašine i oruđa za obradu zemljišta, I deo, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2002.
- [9] Veljić M.: Tehnološki procesi mehanizovane poljoprivrede, Mašinski fakultet, Beograd, 1997.

**Napomena:** Ovaj rad je realizovan u okviru istraživanja koji delom finaskira MNZZS, EVB.TR-6926B.

## INFLUENCE OF WORKING ELEMENTS AND MACHINE CONCEPTS ON RATIONAL SOIL CULTIVATION

**Milan Veljić, Dragan Marković**

*Faculty of Mechanical Engineering - Belgrade*

**Abstract:** This paper analyzes working elements, which in the system of classic agricultural machines for soil cultivation and machines for performing multiple tasks in one pass. The objective of the paper are working elements, passive and active, and machine concepts, which enable to achieve required structure and water-air capacity during soil cultivation, together with appropriate tractor. Besides technological and technical requirements, the analysis of shape and parameters of working elements is given, which cause better economical efficiency, better quality and higher yield while reducing the costs.

**Key words:** *Working elements, rationality, concepts, soil cultivation machines.*