

UDK: 631.372

UTICAJ HODNOG SISTEMA NA NEKE EKSPLOATACIONE KARAKTERISTIKE TRAKTORA

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

Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun

Sadržaj: U radu su prikazani osnovni tipovi hodnih sistema traktora i njihove najvažnije karakteristike. Vučna i upravljačka svojstva traktora ostvaruju se preko adhezije hodnog sistema i podloge na dodirnoj površi/sloju. Stoga su analizirani najuticajniji pripadajući faktori kao što su: adhezija φ , odnosno efikasnost prijanjanja hodnog sistema na podlogu, koeficijent otpora (trenja) kotrljanja f i klizanje hodnog sistema λ . Kao rezultat poređenja vučnih i upravljačkih svojstava različitih traktora i analize navedenih relevantnih parametara, utvrđene su međusobne prednosti i nedostaci pripadajućih hodnih sistema i predložene oblasti njihove optimalne primene.

Ključne reči: *traktor, adhezija, klizanje, otpor kretanja, hodni sistemi, točak, gusenica.*

1. UVOD

Hodni sistem traktora preuzima snagu motora preko prenosnika pogona, te u dodiru s podlogom ostvaruje silu za sopstveno kretanje i vuču dodatnih agregata. U najvećem broju slučajeva to se ostvaruje točkovima, pored njih se koriste gumene, a danas su najređe u primeni metalne gusenice.

Pneumatici su oko 1930. godine uvedeni u oblast poljoprivredne mehanizacije. Time počinje nova era u razvoju traktora, koji sve više postaje univerzalna radna i vučno-transportna mašina. Pojedina ispitivanja su pokazala da adekvatni izbor pneumatika u odnosu na uslove eksploatacije može povećati stepen iskorišćenja traktora za 18% [9].

Gusenični sistem kretanja je prvi put primenjen 1912. godine kao sistem za sigurno kretanje vojnih vozila, raznih tipova tenkova, po različitim teško prohodnim terenima. Do danas, konstrukcija čelične gusenice je stalno usavršavana. Korišćene su i za druga vozila, od poljoprivrednih i građevinskih mašina, do posebnih vozila namenjenih kretanju u uslovima dubokog snega i neprohodnih močvarnih terena.

U procesu obrade, setvene pripreme zemljišta i kasnijim operacijama nege i ubiranja, zemljište je izloženo intenzivnom gaženju i sabijanju hodnim sistemom mašina. Prema nekim istraživanjima zbir površina tragova točkova je, po pravilu, oko dva puta

veći od obrađivane površine. Sabijanje zemljišta točkovima traktora, kombajna, kamiona i poljoprivrednih mašina ispoljava se do dubine od 30 do 60 cm [2]. Najintenzivnije se sabijaju površinski slojevi zemljišta. Pored sabijanja, tokom kretanja hodnim sistemom mašina narušava se struktura zemljišta. Klizanje intenzivira pomenute procese. Ispitivanja su takođe pokazala da višegodišnje korišćenje traktora točkaša velikih vučnih sposobnosti kontinualno intenzivira narušavanje strukture zemljišta i time pogoršava uslove za razvoj biljaka [2].

Iz navedenih razloga, u modernoj, masovnoj i intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji sve su više u upotrebi traktori guseničari. Prema postojećim rezultatima istraživanja, njihov hodni sistem manje sabija zemljište i omogućava očuvanje njegove strukture, što su veoma važni ciljevi savremene ratarske i voćarske proizvodnje.

2. MATERIJAL I METOD RADA

U radu su objašnjeni pojam i uloga hodnog sistema poljoprivrednih traktora. Prikazani su podela i osnovne karakteristike gusenice i točka kao hodnog sistema, raznovrsnost njihove primene i prednosti i nedostaci jednih u odnosu na druge. Izvršene su i uporedne analize eksploatacionih karakteristika traktora točkaša i guseničara, zasnovane na rezultatima OECD-e testova [13] i eksploatacionih ispitivanja traktora Challenger MT765, John Deere 8520, John Deere 8420T i John Deere 8420.

3. HODNI SISTEM TRAKTORA I SILE VUČE

Hodni sistem poljoprivredne mašine služi za njeno kretanje između radnih mesta, kretanje u toku radnog procesa na odgovarajućem radnom mestu, za prenos opterećenja mašine na zemljište i obezbeđivanje stabilnosti u toku kretanja i rada. Ovaj mehanizam transformiše obrtno kretanje pogonskih točkova ili lančanika u translatorno kretanje mašine. Kod današnjih konstrukcija traktora i drugih poljoprivrednih mašina hodni mehanizam je izveden na dva načina, kao sistem točkova i kao sistem gusenica. Postoje i kombinovani sistemi koji se uglavnom koriste na traktorima i kombajnima. U oba slučaja kretanje kretača ima karakter kotrljanja. Pri tome, kod gusenice se ovo ostvaruje kotrljanjem točkova po unutrašnjosti gusenice koja sa ovog stanovišta ima karakter „pokretnog tla“ točkova guseničnog sistema. Sa gledišta zadatka koje kretač izvršava, treba ukazati na dve osnovne funkcije kretača:

- funkciju pokretnog oslonca, čijim se pomeranjem vrši progresivno premeštanje vozila i
- funkciju kretnog organa, kojim se vozilo prisiljava na premeštanje preko pokretnih oslonaca uz pretvaranje mehaničke energije motora u rad potreban za savlađivanje otpora kretanju.

Traktor, kao osnovna vučno-pogonska jedinica u poljoprivredi, mora zadovoljiti veliki broj opštih i specifičnih zahteva, zavisno od vrste proizvodnje, uslova rada, itd.

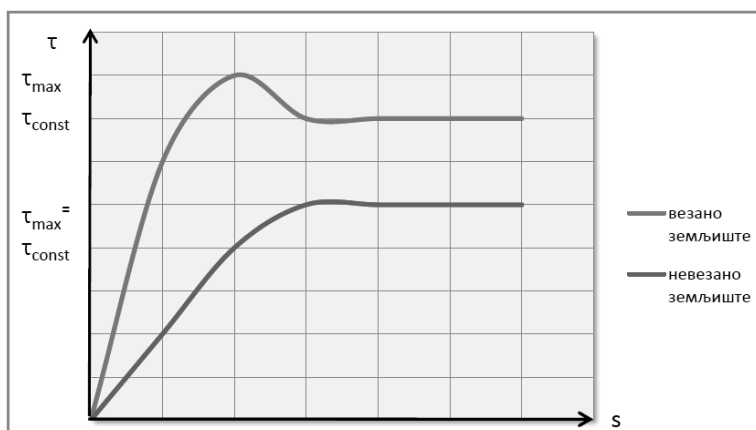
Vučno adheziona svojstva traktora ostvaruju se u dodiru hodnog mehanizma i podloge i zavise od velikog broja faktora. Među najznačajnije spadaju: adhezija ϕ , odnosno efikasnost prijanjanja hodnog sistema i podloge, koeficijent otpora kotrljanja-

kretanja (u teorijskoj mehanici se označava kao krak trenja kotrljanja) f i klizanje hodnog sistema λ .

Podloga po kojoj se kreću traktori je površinski sloj zemljišta koji se obrađuje radi proizvodnje poljoprivrednih biljnih vrsta. Poznavanje odnosa podloge i točkova, odnosno gusenice, omogućava rešavanje izvesnih problema vuče. Međutim, veliki broj relevantnih faktora, bilo po osnovi fizičko-mehaničkog sastava zemljišta ili njegovog stanja, bilo prema načinu prenosa sila vuče na podlogu, otežavaju rešavanje prividno jednostavnih problema u ovoj oblasti. Fizičke osobine zemljišta, koje imaju dominantan uticaj na odnose hodnog sistema i podloge, a time i na proces vuče, su:

- struktura i granulometrijski sastav zemljišta,
- vlažnost i
- gustina i tvrdoća zemljišta

Za prenos sila vuče traktora od presudnog značaja je karakter veze između čestica (kohezione sile), gde se kao dva ekstremna tipa javljaju zemljište adhezionog tipa – vezano zemljište, koje je u stanju da podnese smičuće sile i zemljište frikcionog tipa nevezano zemljište (sl. 1).



Sl.1. Karakteristika sile smicanja zemljišta

Na vučne karakteristike traktora bitno utiče tip hodnog sistema. Najrasprostranjeniji među njima su točkovi sa pneumaticima i metalne gusenice, kao i gumene gusenice (profilisana traka) kao kvalitativno novo tehničko rešenje. Nova generacija traktora guseničara sa gumenim gusenicama, hidrostatičkim prenosnicima snage i unapređenim sistemom upravljanja eliminisala je nedostatke klasičnih traktora guseničara sa čeličnim gusenicama, koji su se ogledali u ograničenim brzinama kretanja (do 15 km/h) ograničenim tehnološkim brzinama (6-7 km/h) i upravljanju bočnim spojnicama i kočnicama, što je uticalo da linija vuče bude izlomljena.

Uz postojeće prednosti traktora guseničara, u odnosu na točkaše, koje su se ogledale u većem stepenu korisnog dejstva, manjem klizanju, većoj vučnoj sili, manjem sabijanju zemljišta, manjem uticaju ekscentrične vuče i drugo, stvorila se realna potreba za istraživanjem mogućnosti ponovnog uvođenja traktora guseničara u široku poljoprivre-

dnu proizvodnju. Ograničene radne brzine traktora guseničara, sa klasičnim hodnim mehanizmom, posledica su težnje da se uz održavanje ukupnog vučnog stepena korisnosti iznad granične vrednosti od 0.7, habanje i radni vek gusenica zadrže na razumnim i ekonomski opravdanim granicama. Dakle, glavni nedostatak traktora guseničara sa čeličnim gusenicama bio je nizak stepen iskorišćenja hodnog mehanizma pri povećanim brzinama, usled velikog trenja elemenata samog hodnog mehanizma [7].

Koeficijent adhezije φ i koeficijent otpora (trenja) kotrljanja f hodnog sistema su funkcije klizanja λ , kao što pokazuju izrazi [1]-[7].

$$\varphi_{(\lambda)} = F_{v(\lambda)}^* = \frac{F_{v\lambda}}{m_t g} \quad [1]$$

$$f_{hs(\lambda)}^* = \frac{F_{v\lambda}}{m_t g} \quad [2]$$

U prethodne dve formule $F_{v(\lambda)}^*$ i $f_{hs(\lambda)}^*$ predstavljaju trenutne vrednosti sile vuče F_v i koeficijenta otpora kotrljanja f . Ove dve veličine su karakteristične za poređenje vučnih kvaliteta traktora sa različitim hodnim sistemom. Pri tome se takođe koriste i izrazi

$$f_{hs(\lambda)} = f_t + f_{P(F_v)} \quad [3]$$

$$f_t = \frac{F_K}{m_T g} \quad [4]$$

$$f_{P(F_v)} = \frac{X}{m_T g} \quad [5]$$

gde je

f_t - koeficijent otpora kotrljanja od sila trenja u gusenicama (F_K),

$f_{P(F_v)}$ - koeficijent otpora kotrljanja od sila deformacije podloge gusenice (X).

Koeficijent korisnog dejstva hodnog mehanizma η_{hs} , kao odnos vučne snage P_v i snage na glavčinama pogonskih točkova-lančanika može se predstaviti kao:

$$\eta_{hs} = \frac{1 - \lambda}{1 + \frac{f_{hs}}{F_v^*}} \quad [6]$$

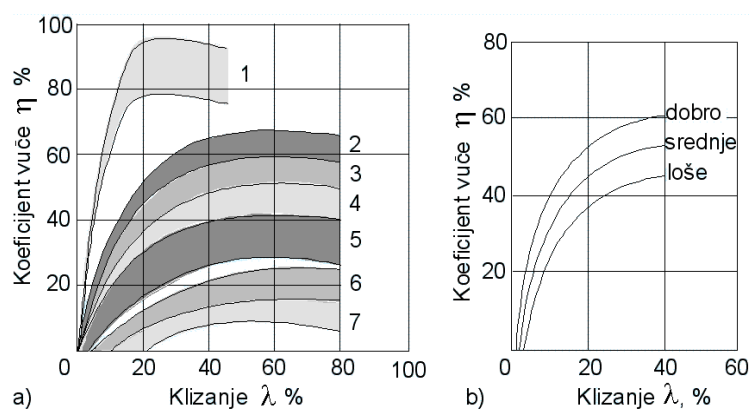
Kako je:

$$F_{v(\lambda)}^* = \varphi_{(\lambda)} - f_{P(F_v)}, \quad [7]$$

proizilazi da je za određivanje pokazatelja vučno adhezionih svojstava traktora neophodno znati kako se menjaju koeficijent adhezije φ i koeficijent otpora kotrljanja f_{hs} u funkciji klizanja λ pri izmenama parametara hodnog sistema i podloge-zemljišta.

Istraživanja velikog broja autora sprovedena su sa ciljem određivanja stepena iskorišćenja vuče i energije različitih konstrukcija traktora na različitim podlogama. *Koolen i Kuipers* [3] merili su vrednosti sila vuče potrebnih za pogon traktora na dve podloge različitih rasresitosti. Njihovi rezultati pokazuju da je, pri istom opterećenju točka, na podlozi veće rastresitosti veći otpor kretanju traktora. *Taylor* i saradnici [10] su izučavali uticaj pneumatika na vučne mogućnosti traktora. Povećavanjem prečnika pneumatika povećava se dodirna površina sa zemljištem, čime se objašnjava poboljšanje vučnih svojstava. *Chancellor i Zhang* [1] su vršili poljska ispitivanja sistema za kontrolu stepena klizanja pogonskih točkova traktora. Njihovi rezultati pokazuju da su korišćenjem ovog sistema postignute prosečne uštede u potrošnji goriva od 7.6% i smanjeno potrebno vreme rada za 4.9%. *Obradović* [8] je snimao vučne karakteristike raznih traktora na strnjici i pooranom zemljištu. Rezultati pokazuju da se za ispitivane traktore i u datim uslovima, na pooranom zemljištu u proseku postižu niže vrednosti koeficijenta korisnog dejstva za 9.33%, snage na poteznici za 16.79% i sile vuče pri maksimalnoj snazi za 17.54%. *Mileusnić* i saradnici [5] su se bavili analizom energetskog bilansa rada traktora točkaša u različitim varijantama tehnologija obrade zemljišta. Rezultati ukazuju da je za isti hodni sistem moguća ušteda energije i za 30% u zavisnosti od primenjene tehnologije.

Na tvrdj podlozi se postižu veće vrednosti sile vuče nego na rastresitom zemljištu. Razlog su manji otpori kotrljanja i niže vrednosti klizanja pogonskih točkova. Na rastresitoj podlozi dolazi do većeg propadanja točkova, što povećava otpor kotrljanja. Rastresita podloga pruža manje otpore deformaciji i smanjuje iskorišćenje snage motora za vuču priključnih mašina. Stoga se javljaju povećano propadanje i povećano klizanje pogonskih točkova. Osim toga, maksimalne vrednosti efikasnosti vuče se ostvaruju pri višim vrednostima klizanja. Povećanje vrednosti klizanja i otpora kretanja direktno utiču na smanjenje efikasnosti vuče, odnosno na povećanje gubitaka energije.



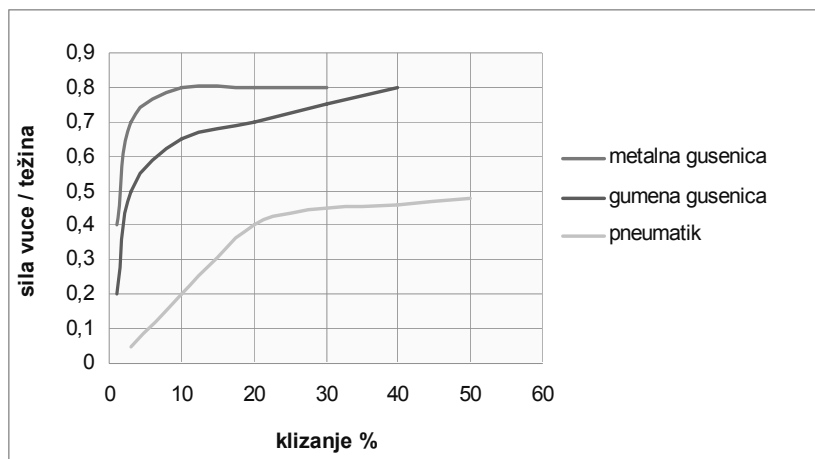
Sl. 2. Zavisnost efikasnosti vuče od vrste podloge i klizanja

- a) za različite tipove i stanja podloge, 1– suvi beton i asfalt, 2– suva ilovača, strnjište, 3– glinasta peskuša, strnjište, 4– vlažna glinasta peskuša, 5– vlažna ilovača, 6– glib, 7– blato
 b) dobre (visoke), srednje i loše (niske) vrednosti koeficijenta vuče poljoprivrednih traktora.

Maksimalna vrednost efikasnosti vuče postiže se pri vrednostima klizanja od 10 do 20% (slika 2).

4. REZULTATI UPOREDNIH ANALIZA EKSPLOATACIONIH KAREKTERISTIKA TRAKTORA TOČKAŠA I GUSENIČARA

Usled uzajamnog dejstva točka traktora i zemljišta, snaga motora koja se dovodi pogonskom točku u obliku obrtnog momenta pretvara se u rad sila (vuča, propulzivne sile) pomoću kojih se traktoru saopštava kretanje [4]. Stoga, zadatak hodnog sistema je da što veći procenat efektivne snage motora transformiše u snagu na poteznici definisanu kao proizvod sile vuče i brzine kretanja. Efikasnost hodnog sistema direktno utiče na vučnu silu koju traktor može da obezbedi na poteznici, tj. na odnos sila vuče/težina traktora. Kod traktora guseničara ovaj odnos je povoljniji nego kod točkaša [6].



Sl.3. Efikasnost hodnih sistema traktora

Hodni sistem traktora sa gusenicom ostvaruje veće intenzitete sila vuče pri nižim vrednostima klizanja (slika 3). Velike prednosti gusenice u odnosu na točak, sa gledišta vuče, nedvosmisleno ukazuju da pitanju vraćanja traktora guseničara u poljoprivredu treba posvetiti izuzetnu pažnju. Gumena gusenica predstavlja značajan pravac razvoja sa stanovišta vuče, jer u sebi objedinjava pozitivne osobine točka i čelične gusenice. Karakterišu je mnogo povoljnije vučne performanse u odnosu na točak, koje se približavaju karakteristikama čelične gusenice, s tim da su joj gubici u odnosu na čeličnu gusenicu znatno manji u celom dijapazonu radnih vrednosti klizanja. Stoga gumena gusenica predstavlja osnovni pravac u kome treba tražiti rešenja u cilju uštede energije.

Poređenja radi, u radu su prikazani rezultati paralelnog ispitivanja traktora točkaša i guseničara (sa gumenom gusenicom) iste kategorije (tabela 1).

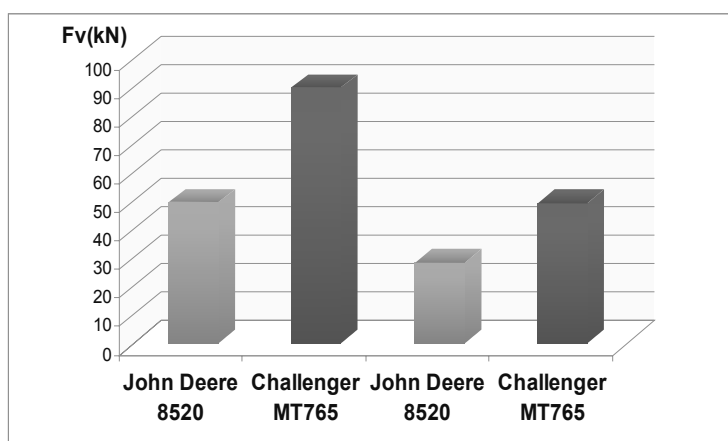
Tab. 1. Osnovne tehničke karakteristike analiziranih traktora (izvor [11] i [12])

Tip traktora		Challenger MT765	John Deere 8520
Snaga motora	kW	223	218
Spec. ef.potrošnja goriva	g/kWh	252	250
Brzine (min/max)	km/h	1.66/39.65	1.19/38.69
Hodni sistem		gumena gusenica	udvojeni točkovi
Dužina	mm	6350	7000
Širina	mm	2862	3550
Masa	kg	13315	10800
Energetska snabdevenost	kW /t	16.75	20.20

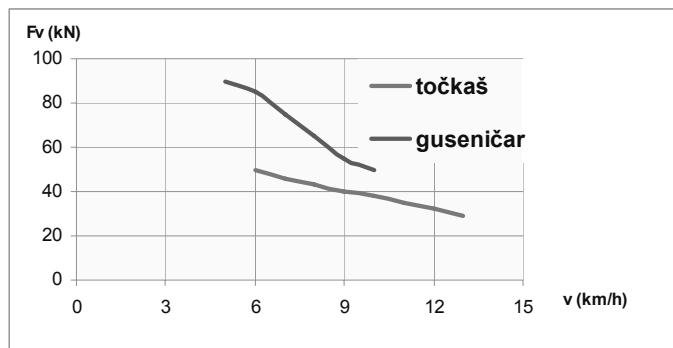
Prikazani traktor guseničar ima veću masu za 23% u odnosu na traktor točkaš (snage motora su približno iste) ali ostvaruje veću silu vuče za 80% na strnjici i za 59 % na oranom zemljištu. Odnos sila vuče u eksploatacionom dijapazonu traktora guseničara je 1.81 ili 40.5 kN na strnjici. Kod traktora točkaša ovaj odnos iznosi 1.74 ili 21 kN (tabela 2). Optimalna sila vuče na strnjici iznosi 0.86 (guseničar) i 0.87 (točkaš) od gornje granice eksploatacionog dijapazona. Traktor guseničar ostvaruje širi eksploatacioni dijapazon sila vuče, a to omogućava povoljnije agregatiranje (slika 4 i 5).

Tab. 2. Optimalni dijapazon sila vuče datih traktora

Tip traktora	Sila vuče (kN)		
	min.	nom.	max.
Na strnjici			
Challenger MT765	49.63	78.37	90.13
John Deere 8520	28.61	43.44	49.79
Na oranici			
Challenger MT765	32.65	52.25	62.58
John Deere 8520	28.60	32.84	40.26



Sl.4. Oprimalni dijapazon sila vuče traktora



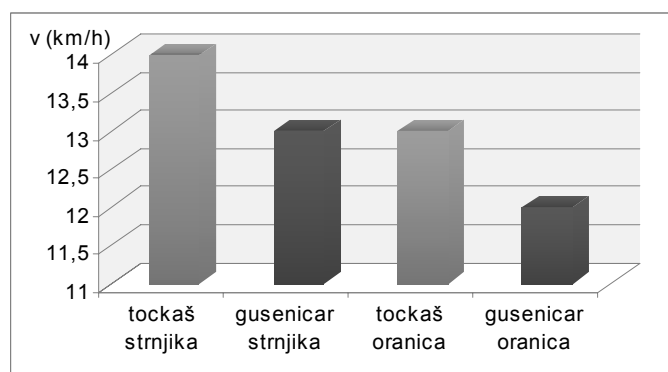
Sl.5. Eksploatacioni dijapazon sila vuče i brzina kretanja traktora na strnjici

Pri analizi sila vuče traktora guseničara i točkaša treba imati u vidu da je masa traktora guseničara veća za 23.28% u odnosu na traktor točkaš. Prednost guseničara je između ostalog i u tome što može da ostvari velike vučne sile, a time i rad na većim dubinama (rigolovanje) gde nije primarno ostvariti velike radne brzine.

Tabela 3. Brzine u eksploatacionom dijapazonu sila analiziranih traktora

Tip traktora	Brzina (km/h)		
	min.	nom.	max.
Na strnjici			
Challenger MT765	6.10	7.60	11.10
JD 8520	9.40	11.50	16.50
Na oranici			
Challenger MT765	6.40	7.70	12.40
JD 8520	7.90	9.70	11.10

Promenom podloge (strnjika-oranica) dolazi do stagniranja ili neznatnog porasta brzine kod traktora guseničara, a kod traktora točkaša do pada brzine u proseku za 20%. Brzine u eksploatacionom dijapazonu sila nalaze se u granicama agrotehničkih brzina, s tim što su kod traktora točkaša one nešto više (slika 6 i tabela 3)



Sl.6. Brzine kretanja traktora u eksploatacionom dijapazonu sila vuče

Koeficijenti adhezije i klizanja ispitivanih traktora nalaze se u oblasti koeficijenata za ove tipove traktora (tabela 4).

Tab. 4. Koeficijent adhezije i klizanje analiziranih traktora

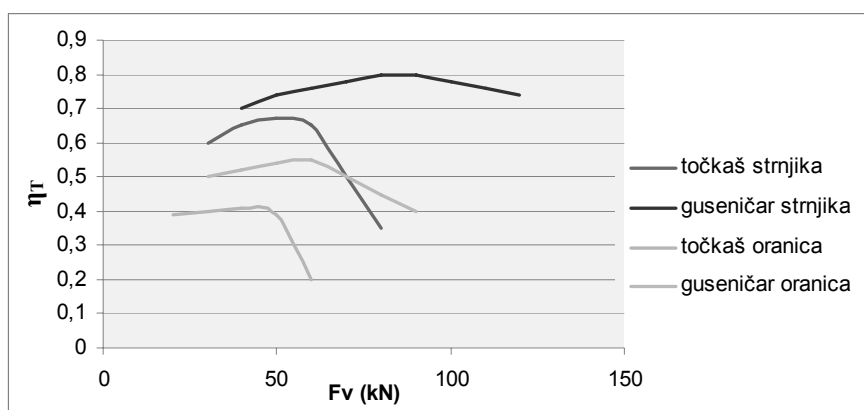
Tip traktora	φ			λ		
	min.	nom.	max.	min.	nom.	max.
Na strnjici						
Challenger	0.38	0.60	0.69	2.00	3.75	7.00
JD 8520	0.27	0.41	0.48	7.50	14.62	18.00
Na oranici						
Challenger	0.25	0.40	0.47	2.50	6.00	10.00
JD 8520	0.27	0.31	0.38	12.00	17.25	21.00

Traktor guseničar ostvaruje manje klizanje u odnosu na točkaša. Na strnjici klizanje je manje 3.9 puta, a na oranici 2.9 puta. Oba traktora se nalaze u granicama prihvatljivog klizanja za svoj tip na obe podloge.

Traktor guseničar ostvario je veći η_T u odnosu na traktor točkaš na obe podloge. Sa promenom podloge kod traktora guseničara došlo je do opadanja η_{Tmax} za 30%, a kod točkaša za oko 38% (tabela 5 i slika 7).

Tab. 5. Snaga vuče i koeficijent korisnog dejstva analiziranih traktora

Tip traktora	P_v (kW)			η_T		
	F_{vmin}	F_{vnom}	F_{vmax}	F_{vmin}	F_{vnom}	F_{vmax}
Na strnjici						
Challenger	153.4	165.0	153.2	0.687	0.739	0.687
JD 8520	130.6	140.6	129.5	0.599	0.645	0.594
Na oranici						
Challenger	-	120.40	-	-	0.540	-
JD 8520	-	88.20	-	-	0.404	-



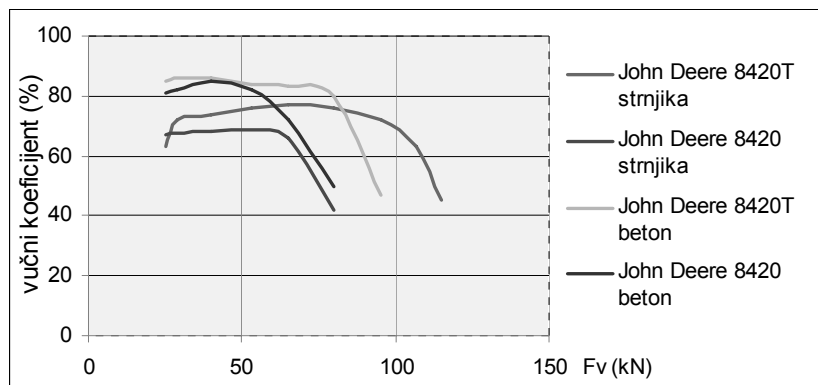
Sl. 7. Vrednosti koeficijenat korisnog dejstva traktora

U predhodnim razmatranjima prikazani su uporedni parametri traktora guseničara i točkaša sa istim snagama motora, a različitim masama traktora. Prema očekivanju, pokazalo se da teži traktor ima bolja vučna svojstva.

Međutim, može se postaviti i pitanje: "Kakav će biti rezultat poređenja jednog istog traktora sa dva različita hodna sistema?"

Tabela 6. Rezultati uporednog ispitivanja traktora John Deere 8420T i 8420T

Tehničke karakteristike		John Deere 8420T	John Deere 8420
podloga		beton/strnjika/oranica	beton/strnjika/oranica
Snaga motora	kW	200.9	201.8
Klizanje	%	2.3 / 3.75 / 6	10 / 14.5 / 17
Brzina pri η_{Tmax}	km/h	7.53/7.60/8.32	9.32/10.84/8.90
Vučna sila pri η_{Tmax}	N	83014/70373/46915	67360/43241/32695
Vučna snaga pri η_{Tmax}	kW	173.5 / 148.5 / 108.5	174.4 / 130.2 / 81.5
Koef.kori.dej. traktora η_{Tmax}	-	0.86 / 0.739 / 0.54	0.86 / 0.645 / 0.404
Časovna efek. potrošnja goriva	l/h	55.25	54.77
Spec. efek. potrošnja goriva	g/kWh	232	230
Energetska snabdevenost	kW/t	16.80	18.80
Masa traktora	kg	11956	10751



Sl.8. Vučni parametri traktora guseničara JD 8420T i točkaša JD 8420

Vučne karakteristike traktora John Deere 8420T su znatno bolje nego kod točkaša, što je posebno izraženo na mekoj podlozi. Na tvrdoj referentnoj betonskoj podlozi, vučna sila na poteznici je veća za 15-19 %, a na mekoj (strnjici) za 30-33% od traktora točkaša približno iste snage i mase sa udvojenim točkovima. Traktor John Deere 8420T razvija maksimalnu snagu pri 3-6% klizanja, dok točkaš pri 15 - 17 % klizanja, što je za oko 3 puta više. Maksimalni vučni koeficijent korisnog dejstva oba traktora na tvrdoj podlozi (betonu) iznosi 0.86, a na strnjici točkaš ima 0.66, a guseničar 0.76 ili za 15 % više računato u odnosu na snagu na priključnom vratilu.

Traktori imaju istu instalisanu snagu, s tim što JD 8420T ima manje klizanje, viši koeficijent korisnog dejstva na mekim podlogama i bolja vučna svojstva za ostale nepromenjene parameter (tabela 5, slika 8).

5. ZAKLJUČAK

Moderna i intenzivna poljoprivredna proizvodnja pred hodni sistem traktora postavlja sledeće osnovne zadatke: smanjenje sabijanja zemljišta, ostvarenje velike adhezione sile uz minimalno klizanje i lako održavanje.

Može se reći da je koncepcija točka sa pneumatikom dostigla tehnološki nivo pri kome nije ostalo previše prostora za poboljšanje. Udvajanje i tripliranje točkova su neke od metoda kojima je moguće popraviti vučne i druge karakteristike traktora točkaša.

Konstrukcija hodnih sistema sa gumenom gusenicom pokazala je preimućstvo nad točkašima u gotovo svim eksploatacionim segmentima traktora. Neke od tih prednosti su: manje sabijanje zemljišta do 70% veći koeficijent adhezije do 30%, manje klizanje do 60%, veći koeficijent korisnog dejstva do 15%, veća širina radnog zahvata do 60%, veća proizvodnost traktora do 20% itd.

Uprkos navednim nedostacima, traktori točkaši su i dalje dominantni u svim sferama poljoprivredne proizvodnje. Međutim, sve je više poljoprivrednih proizvođača koji u proces proizvodnje „uvode“ i poneki traktor guseničar. Glavni razlog sporog uvođenja guseničara u masovnu primenu jeste visoka cena traktora sa guseničnim hodnim mehanizmom.

LITERATURA

- [1] Chancellor, W., Zhang, N. (1989): *Automatic Wheel Slip Control for tractors*, Transactions of the ASAE, Vol. 32, No. 1, pp. 17-22, St. Joseph, Michigan, USA
- [2] Hillel, D. (1982): *Introduction to soil physics*, Academic press, New York.
- [3] Koolen, A.J., Kuipers, H. (1983): *Agricultural Soil Mechanics*, Springer Verlag, Berlin Heilderberg, Germany
- [4] Marković, D. (2009): *Transport u poljoprivredi*, Mašinski fakultet, Beograd
- [5] Mileusnić, I.Z., Petrović, V.D., Đević, S.M. (2009): *Comparison Of Tillage Systems According to Fuel Consumption*, Energy, (doi:10.1016/j.energy.2009.09.12)
- [6] Nikolić R., Savin L., Furman T., Tomić M., Simikić M., Gligorić R., (2007), *Teorija vuče i koeficijent efikasnosti gumene gusenice*, Poljoprivredna tehnika Godina XXII, No 2, str. 15 – 23, Beograd.
- [7] Novaković, D. (1993): *Primena traktora guseničara u primarnoj poljoprivrednoj proizvodnji*, doktorska disertacija. Beograd: Poljoprivredni fakultet Zemun.
- [8] Obradović, D. (1990) *Optimalni parametri traktorsko-mašinskih agregata za poljoprivredna gazdinstva*, Institut za mehanizaciju poljoprivrede Zemun-Beograd.
- [9] Ronai, Đ. (1986): *Sabijanje zemljišta kao posledica kretanja točka*, Monografija, Novi Sad.
- [10] Taylor, J.H., Vanden Berg, G.E., Reed, I.F. (1967): *Effect of diameter on performance of powered tractor wheels*
- [11] <http://tractortestlab.unl.edu/>
- [12] <http://www.deere.com>
- [13] <http://www.oecd.org>

Rezultati istraživačkog rada nastali su zahvaljujući finansiranju Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, Republike Srbije, Projekat "Unapređenje i očuvanje poljoprivrednih resursa u funkciji racionalnog korišćenja energije i kvaliteta poljoprivredne proizvodnje", evidencionog broja TP 20076A, od 1.04.2009.

THE INFLUENCE OF LOCOMOTION SYSTEM ON THE TRACTORS' EXPLOITATION CHARACTERISTICS

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

Faculty of Agriculture, Zemun-Belgrade

Abstract: Basic types of tractor locomotion systems and their main characteristics are presented in the paper. Pull and steering properties of the tractor are realized through a contact surface between the locomotion system and soil. Therefore, the most influencing parameters, like adhesion (φ), locomotion resistance factor (f) and slipping factor of the locomotion system (λ), are analyzed. Together with the comparison of pull and steering properties of different tractors, this analysis refined basic advantages and disadvantages of different locomotion systems based on wheels, metal and rubber crawlers.

Key words: *tractor, adhesion, slipping factor, locomotion resistance factor, locomotion system, wheel, tractor crawle.*