

UTROŠAK ENERGIJE U KONVENCIONALNOJ OBRADI PRAŠKASTO-GLINASTOG TLA U ZAPADNOJ SLAVONIJI

ENERGY REQUIREMENT IN CONVENTIONAL TILLAGE OF SILTY CLAY SOIL IN WEST SLAVONIA

D. Filipović, S. Košutić, Z. Gospodarić

SAŽETAK

Istraživanje u osnovnim operacijama konvencionalne obrade tla (oranje i tanjuranje) provedeno je na praškasto-glinastom tlu (ravničarski pseudoglej) u zapadnoj Slavoniji na području Nove Gradiške. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj brzine kretanja traktora na utrošak energije i iskorištenje snage traktorskog motora (korisnost traktora) u oranju i tanjuranju. Istraživanje u oranju provedeno je pri dvije različite brzine kretanja i tri različite dubine oranja. Povećanje brzine kretanja s 5.00 na 7.00 km/h rezultiralo je povećanjem satne potrošnje goriva u prosjeku od 10.32%, ali povećanje učinka od 38.89% rezultiralo je smanjenjem utroška energije po hektaru od prosječno 20.57%. Najpovoljnije iskorištenje snage traktorskog motora u oranju od 18.14% postignuto je pri dubini od 35 cm i brzini kretanja od 7.00 km/h. U tanjuranju je istraživanje provedeno s četiri tanjurače različitog radnog zahvata pri različitim brzinama kretanja. Najpovoljnije iskorištenje snage traktorskog motora od 13.19% ostvareno je tanjuračom radnog zahvata 550 cm pri brzini kretanja od 10.50 km/h.

Ključne riječi: Obrada tla, utrošak energije, iskorištenje traktora, oranje, tanjuranje

ABSTRACT

An experiment in basic operations of conventional soil tillage system (ploughing and disc harrowing) was done on silty clay soil (low-lying

pseudogley) in west Slavonia, the area of Nova Gradiška. The aim of the experiment was to determine the influence of tractor speed on energy requirement and tractor efficiency in ploughing and disc harrowing. Ploughing was carried out at two different speeds and three different depths. Increasing speed from 5.00 to 7.00 km/h resulted in 10.32% higher fuel consumption per hour on average, but also a higher field capacity of 38.89% and lower energy requirement per hectare of 20.57% on average. The highest tractor efficiency of 18.14% was achieved at ploughing depth of 35 cm and speed of 7.00 km/h. In disc harrowing the experiment was carried out with four types of disc harrows at different speed. The highest tractor efficiency of 13.19% was achieved at disc harrow with working width of 550 cm and speed of 10.50 km/h.

Key words: Soil tillage, energy requirement, tractor efficiency, ploughing, disc harrowing

UVOD

U ratarskoj proizvodnji obrada tla je najveći potrošač energije. Pelizzi i sur. (1988) navode da se 55-65% ukupno utrošene energije za radove u polju utroši za obradu tla. Obradom tla troše se ogromne količine energije nužne za rezanje, lomljenje, preokretanje slojeva tla, usitnjavanje gruda i miješanje strukturnih agregata tla. Oruđe djeluje na tlo iziskujući energiju goriva (kemijska energija) preoblikovanu u mehanički rad putem traktorskog motora (Hernanz i Ortiz-Canavate, 1999). Iako je znano da je primjenom nekonvencionalnih sustava obrade tla (konzervacijska, reducirana i nulta obrada) naspram konvencionalnog sustava moguće uštedjeti značajne količine energije, ipak se danas u Hrvatskoj većina oraničnih površina obrađuje konvencionalno, što pretpostavlja oranje lemešnim plugom, te dopunsku obradu tanjuračom i kombiniranim oruđem (Košutić i sur., 2001). Konvencionalni sustav obrade tla temelji se na vrlo intenzivnom djelovanju mehaničkom silom na tlo, te preokretanju slojeva tla, što je osnovna značajka djelovanja lemešnog pluga. Uprkos činjenici da je na tržištu plugova zabilježen značajan sveukupni pad potražnje i prodaje, plug i dalje ostaje dominantno oruđe za osnovnu obradu tla u Europi (Köller, 2004). Budući da nakon pluga ostaju na površini relativno velike grude i gruba površina oranice, posao je nužno završiti dopunskom obradom da bi formirali plitki sloj tla

prikladan za sjetvu. Tanjurača je sigurno napoznatije i najvažnije oruđe za dopunsku ili predsjetvenu obradu tla (Weise i Bourarach, 1999). Srivastava i sur. (1993) ističu dva glavna čimbenika koji utječu na potrošnju energije u obradi tla, a to su tip tla i stanje tla u mometu obrade (tekstura, volumna gustoća, sadržaj vode u tlu, sadržaj organske tvari), te sustav obrade i pripadajuće oruđe. Shrestha i sur. (2001) navode da stvaranje energetski učinkovitog oruđa namijenjenog različitim radnim uvjetima iziskuje kako razumijevanje interakcijskog učinka različitih oruđa, tako i poznavanje tla i radnih parametara oruđa. Radnu učinkovitost u obradi tla moguće je poboljšati povećanjem učinka ili smanjenjem potrošnje goriva. Prema Smithu (1993) potencijalnu uštedu moguće je postići tzv. tehnikom stupnja prijenosa na više - ručice "gasa" na niže (gear-up throttle-down technique). Pravilno agregatiranje odnosno usklađivanje oruđa i traktora je druga metoda povećanja radne učinkovitosti. Za određeno oruđe na određenom tipu tla, ukupan vučni otpor (R_{pot}) je funkcija brzine kretanja (v), dubine obrade (a) i širine radnog zahvata (B_r). Troškove rada bilo kojeg oruđa moguće je smanjiti izborom optimalne brzine kretanja i radnog zahvata (Kheiralla i sur., 2004). Standardi poput ASAE (American Society of Agricultural Engineers) prikazuju potrebnu snagu i energiju za rad određenih oruđa u različitim operacijama obrade i tipovima tala, ali, naravno, prikaz uključuje ograničeni broj podataka (ASAE, 1997).

Istraživanje izneseno u ovom radu provedeno je na praškasto-glinastom tlu u zapadnoj Slavoniji na području Nove Gradiške. Tla s većim sadržajem praha svrstavaju se u tzv. srednje teška tla i obično su to najpogodnija poljoprivredna tla. Kapacitet za vodu ovih tala je još uvijek dovoljno visok za rast bilja, a sadržaj makro pora osigurava dobru aeraciju. Snabdjevenost ovih tala hranivima je dobra, a granice prikladnosti za obradu su šire nego kod teških glinenih tala. Tla visokog sadržaja gline ili tzv. teška glinena tla su iznimno neprikladna za obradu što je osobito izraženo pri niskom sadržaju vode u tlu kada ova tla postaju vrlo tvrda. Nasuprot tome, pri visokom sadržaju vode plastičnost ovih tala gotovo onemogućava stvaranje gruda i uzrokuje vrlo visok otpor oruđu za obradu, uzrokujući ljepljenje tla o radne površine oruđa. Stoga je ova tla moguće obrađivati isključivo unutar uskog raspona sadržaja vode (Weise i Bourarach, 1999). Cilj ovog istraživanja je bio određivanje utjecaja brzine kretanja (v), dubine obrade pluga (a) i radnog zahvata tanjurače (B_r) na utrošak energije i učinkovitost traktora u obradi praškasto-glinastog tla.

MATERIJAL I METODE

Eksperimentalno polje smješteno je u zapadnoj Slavoniji na području Nove Gradiške (45° 15' N, 17° 20' E), oko 150 km istočno od Zagreba. Istraživanja su provedena na ravničarskom pseudogleju (klasifikacija prema Škoriću, 1986). Prema mehaničkom sastavu (Tablica 1) tlo spada u praškasto-glinasta tla, što je određeno tzv. teksturnim trokutom (Scheffer i Schachtschabel, 1992). Sadržaj vode u tlu u momentu obrade bio je u površinskom sloju 22.8%, na 15 cm dubine 20.2% i na 30 cm dubine 19.5%. Istraživanja su provedena u jesen 2004. godine u pripremi tla za sjetvu ozime pšenice (*Triticum aestivum* L.), a predusjev je bila soja (*Glycine max* L.).

Tablica 1. Mehanički sastav tla i teksturna oznaka tla

Table 1. Soil particle size distribution and soil texture

Mehanički sastav tla - Particle size distribution			Teksturna oznaka tla Soil texture
%			
Glina - Clay	Prah - Silt	Pijesak - Sand	Praškasta glina Silty clay
< 2 μm	2 – 50 μm	50 – 2000 μm	
47.8	45.9	6.3	

Mjerenja su obuhvatila vučnu silu na poteznici traktora (F_{pot}), brzinu kretanja (v), broj okretaja pogonskih kotača (n_k) i potrošnju goriva na sat (G_h). Vučna sila na poteznici traktora mjerena je trozglobnim dinamometarskim okvirom s prigradenim tenzometarskim trakama, brzina kretanja induktivnim davačem postavljenim na poseban kotač, broj okretaja pogonskih kotača mjereno je davačem s kliznim prstenovima, dok je potrošnja goriva određivana volumetrijski. Specifična gustoća dizel goriva bila je 0.835 kg dm⁻³, a energija je izračunata osnovom donje ogrjevne vrijednosti goriva od 42 MJ kg⁻¹. Digitalno mjerno pojačalo HBM tip DMC 9012 A povezano s osobnim računalom korišteno je za prihvatanje i pretvorbu podataka dobivenih s dinamometarskog okvira i pojedinih davača. U istraživanju je korišten traktor s pogonom na sve kotače (4x4) snage motora $P_e = 101.5$ kW. Oranje je obavljeno trobrazdnim nošenim plugom radnog zahvata $B_r = 84$ cm, pri tri dubine oranja $a = 25, 30$ i 35 cm i dvije brzine kretanja $v = 5.00$ i 7.00 km h⁻¹. Tanjuranje je obavljeno tanjuračama radnog zahvata $B_r = 650, 550, 500$ i 400 cm pri

različitim brzinama kretanja (v). Učink je izračunat korištenjem koeficijenta iskorištenja radnog vremena $\tau=0.85$ za oranje i $\tau=0.95$ za tanjuranje.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U oranju je najmanja potrošnja goriva na sat od $G_h=19.80 \text{ kg h}^{-1}$ ostvarena pri dubini oranja $a=25 \text{ cm}$ uz brzinu kretanja $v=5.00 \text{ km h}^{-1}$ (Tablica 2.). Povećanje brzine kretanja na $v=7.00 \text{ km h}^{-1}$ povećalo je potrošnju goriva za 10.61%. Međutim, zbog povećanja učinka s $W_h=0.36 \text{ ha h}^{-1}$ na $W_h=0.50 \text{ ha h}^{-1}$ potrošnja goriva, a i energije po hektaru smanjena je za 20.36%. Povećanjem dubine oranja na $a=30 \text{ cm}$ pri brzini kretanja $v=5.00 \text{ km h}^{-1}$ povećala se potrošnja energije po hektaru za 12.63%, a pri brzini kretanja $v=7.00 \text{ km h}^{-1}$ za 11.87%. Daljnje povećanje dubine oranja na $a=35 \text{ cm}$ uzrokovalo je povećanje utroška energije pri brzini $v=5.00 \text{ km h}^{-1}$ za 25.25%, a pri brzini $v=7.00 \text{ km h}^{-1}$ za 25.11% u usporedbi s utroškom energije pri dubini oranja $a=25 \text{ cm}$. Povećanje brzine kretanja s $v=5.00 \text{ km h}^{-1}$ na $v=7.00 \text{ km h}^{-1}$ povećalo je utrošak energije u prosjeku za 10.32%, no povećalo je i učinak W_h za 38.89%, te smanjilo utrošak energije po hektaru u prosjeku za 20.57%.

Tablica 2. Prosječna potrošnja goriva i energije u oranju

Table 2. Average fuel consumption and energy requirement in ploughing

Dubina oranja Ploughing depth cm	Brzina kretanja Working speed km/h	Radni učinak Field capacity ha/h	Potrošnja goriva Fuel consumption kg/h	Potrošnja goriva Fuel consumption kg/ha	Utrošak energije Energy requirement MJ/ha
25	5.00	0.36	19.80	55.00	2310.00
25	7.00	0.50	21.90	43.80	1839.60
30	5.00	0.36	22.30	61.94	2601.48
30	7.00	0.50	24.50	49.00	2058.00
35	5.00	0.36	24.80	68.89	2893.38
35	7.00	0.50	27.40	54.80	2301.60

Vučna sila na poteznici $F_{\text{pot}}=21628 \text{ N}$ i pripadajuća vučna snaga $P_{\text{pot}}=30.04 \text{ kW}$ postignute su pri dubini oranja $a=25 \text{ cm}$ i brzini kretanja $v=5.00 \text{ km h}^{-1}$

(Tablica 3.). Vučna sila se za sve tri dubine oranja povećavala rastom brzine kretanja, a isti trend je zabilježen i za vučnu snagu. Najveća vučna sila od $F_{pot}=29818$ N s pripadajućom vučnom snagom $P_{pot}=57.98$ kW ostvarena je pri dubini oranja $a=35$ cm i brzini kretanja $v=7.00$ km h⁻¹. Pri najvećoj vučnoj snazi postignut je i najveći utrošak energije od 417.46 MJ ha⁻¹ uz iskorištenje snage traktorskog motora (korisnost traktora) $\eta=0.1814$ odnosno 18.14%. U oranju valja uvijek odabrati maksimalnu moguću brzinu kretanja, a na uštrb širine zahvata, jer se uz primjerenu brzinu obavi oranje u zadanim agrotehničkim normativima, postiže veći satni učinak, a istovremeno smanjuje utrošak energije i rada. Utrošak energije je izravno ovisan o dubini oranja, pa se smanjenjem dubine oranja kada je to tehnološki prihvatljivo, može uštedjeti značajna količina energije (Filipović i sur., 1998).

Tablica 3. Prosječna potrošnja energije za vuču oruđa i korisnost traktora u oranju
Table 3. Average energy for draught and tractor efficiency in ploughing

Dubina oranja Ploughing depth cm	Brzina kretanja Working speed km/h	Vučna sila Draught force N	Vučna snaga Draught power kW	Energija za vuču Energy for draught MJ/ha	Korisnost traktora Tractor efficiency %
25	5.00	21628	30.04	300.64	13.01
25	7.00	22409	43.57	313.70	17.05
30	5.00	25241	35.06	350.88	13.49
30	7.00	25974	50.51	363.67	17.67
35	5.00	29043	40.34	403.72	13.95
35	7.00	29818	57.98	417.46	18.14

Najmanji utrošak goriva na sat od $G_h=26.30$ kg h⁻¹ u tanjuranju je ostvaren tanjuračem radnog zahvata $B_r=550$ cm uz brzinu kretanja $v=10.50$ km h⁻¹, no najniža potrošnja goriva po hektaru od 4.57 kg ha⁻¹ postignuta je tanjuračem radnog zahvata $B_r=650$ cm uz brzinu kretanja $v=9.50$ km h⁻¹ (Tablica 4). Tanjurače manjeg radnog zahvata ($B_r=500$ i $B_r=400$ cm) uz veće brzine kretanja utrošile su više goriva po satu i po hektaru, a pri tome ostvarile i manji učinak od tanjurača većeg radnog zahvata.

Tablica 4. Prosječna potrošnja goriva i energije u tanjuranju
Table 4. Average fuel consumption and energy requirement in disc harrowing

Radni zahvat Working width cm	Brzina kretanja Working speed km/h	Radni učinak Field capacity ha/h	Potrošnja goriva Fuel consumption kg/h	Potrošnja goriva Fuel consumption kg/ha	Utrošak energije Energy requirement MJ/ha
650	9.50	5.87	26.80	4.57	191.94
550	10.50	5.49	26.30	4.79	201.18
500	11.00	5.23	27.50	5.26	220.92
400	12.00	4.56	28.90	6.34	266.28

Vučna sila tanjurače F_{pot} izravno je ovisna o radnom zahvatu B_r tanjurače. Tako je najveća vučna sila $F_{pot}=15231$ N postignuta tanjuračem najvećeg radnog zahvata $B_r=650$ cm (Tablica 5.). Najveća vučna snaga $P_{pot}=41.18$ kW postignuta je tanjuračem radnog zahvata $B_r=500$ cm. Najveći utrošak energije od 32.16 MJ ha⁻¹ ostvaren je tanjuračem najmanjeg radnog zahvata $B_r=400$ cm, a pri najvećoj brzini kretanja. Najveća korisnost traktora $\eta=0.1319$ ili 13.19% postignuta je tanjuračem radnog zahvata $B_r=550$ cm pri brzini kretanja $v=10.50$ km h⁻¹.

Tablica 5. Prosječna potrošnja energije za vuču oruđa i korisnost traktora u tanjuranju
Table 5. Average energy for draught and tractor efficiency in disc harrowing

Radni zahvat Working width cm	Brzina kretanja Working speed km/h	Vučna sila Draught force N	Vučna snaga Draught power kW	Energija za vuču Energy for draught MJ/ha	Korisnost traktora Tractor efficiency %
650	9.50	15231	40.19	24.60	12.82
550	10.50	14039	40.95	26.54	13.19
500	11.00	13476	41.18	28.17	12.75
400	12.00	12184	40.61	32.16	12.08

Bowers (1985) navodi da je unutar područja normalnog radnog režima za traktor i oruđe ukupna energetska učinkovitost u granicama od 10-20%. Kombinacija traktor-oruđe s učinkovitošću ispod 10% pokazuje neodgovarajuće usklađivanje prema opterećenju i lošu trakcijsku učinkovitost, dok vrijednosti iznad 20% pokazuju optimalno usklađivanje prema opterećenju i vrlo visoku frakcijsku učinkovitost. U okviru ovog istraživanja učinkovitost je shodno različitoj dubini obrade i brzini kretanja u oranju, te radnom zahvatu u tanjuranju varirala unutar raspona 10-20%. Perfect i sur. (1997) navode da je zbog cilja vrednovanja energetske učinkovitosti nužno mjeriti stupanj usitnjenosti tla kao posljedicu djelovanja oruđa za obradu tla. Usporedba razlika energije za obradu različitih tala ili pak različitih sustava obrade moguća je samo uz uvjet sličnosti postignutog stupnja usitnjenosti sjetvenog sloja. Ukoliko su sjetveni slojevi različiti, izmjerene vučne sile valja preračunati na zajednički stupanj usitnjenosti prije negoli se obavlja usporedba.

ZAKLJUČAK

Istraživanje utroška energije u oranju provedeno je pri dvije brzine kretanja $v= 5.00$ i 7.00 km h^{-1} i tri dubine oranja $a= 25, 30$ i 35 cm na praškasto-glinastom tlu. Najveća korisnost traktora $\eta=0.1814$ postignuta je pri dubini oranja $a=35 \text{ cm}$ i brzini kretanja $v=7.00 \text{ km h}^{-1}$. Preporuka je gdje i kad god je moguće koristiti više brzine kretanja, jer se time postiže veći učinak, a smanjuje utrošak energije i rada po hektaru. Budući da je utrošak energije izravno zavisan dubini oranja, smanjenjem dubine oranja, kada je to tehnološki prihvatljivo, može se uštediti značajna količina energije.

Istraživanje utroška energije u tanjuranju provedeno je s tanjuračama radnog zahvata $B_r= 400, 500, 550$ i 650 cm pri različitim brzinama kretanja. Najveća korisnost traktora $\eta=0.1319$ postignuta je tanjuračom radnog zahvata $B_r=550 \text{ cm}$, uz brzinu kretanja $v=10.5 \text{ km h}^{-1}$. Kad god je to moguće u radu s tanjuračom valja koristiti više brzine kretanja i veći radni zahvat, jer se time postiže veći učinak, a troši manje energije i rada po hektaru.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju mogućnosti uštede značajnih količina goriva odnosno energije u konvencionalnoj obradi tla pravilnim usklađivanjem traktora i oruđa, te njihovim racionalnim korištenjem.

LITERATURA

ASAE (1997): Agricultural machinery management data. In: R. H. Hahn, M. A. Purschwitz, E. E. Rosentreter (Eds.) ASAE Standards. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA, 363-370.

Bowers, C. G. (1985): Southeastern tillage energy data and recommended reporting. Transactions of the ASAE 28, 731-737.

Filipović, D., S. Košutić, Z. Gospodarić (1998): Possibilities of energy saving in soil tillage. Proceedings of 1. International Conference on Rationalization of Energy in Agriculture, Mansoura, Egypt, 55-61.

Hernanz, L. J., J. Ortiz-Canavate (1999): Energy saving in crop production. In: O. Kitani (Ed.) CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Vol. 5. Energy and Biomass Engineering. ASAE, St. Joseph, Michigan, USA, 24-39.

Kheiralla, A. F., A. Yahya, M. Zohadie, W. Ishak (2004): Modelling of power and energy requirements for tillage implements operating in Serdang sandy clay clay, Malaysia. Soil and Tillage Research 78, 21-34.

Köller, K. (2004): Soil Tillage. In: H. J. Matthies, F. Meier (Eds.) Yearbook Agricultural Engineering. VDMA Landtechnik, VDI-MEG, KTBL, Münster, Germany, 83-88.

Košutić, S., D. Filipović, Z. Gospodarić (2001): Maize and winter wheat production with different soil tillage systems on silty clay. Agricultural and Food Science in Finland 10, 81-90.

Pellizzi, G., A. Guidobono-Cavalchini, M. Lazzari (1988): Energy savings in agricultural machinery and mechanization. Elsevier Applied Science, London-New York.

Perfect, E., N. B. McLaughlin, B. D. Kay (1997): Energy requirements for conventional tillage following different crop rotations. Transactions of the ASAE 40, 45-49.

Scheffer, F., P. Schachtschabel (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Germany.

Shrestha, D.S., G. Singh, G. Gebresenbet (2001): Optimising design parameters of a mouldboard plough. Journal of Agricultural Engineering Research 78, 377-389.

Smith, L. A. (1993): Energy requirements for selected crop production implements. Soil and Tillage Research 25, 281-299.

Srivastava, A., C. Goering, R. Rohrbach (1993): Engineering Principles of Agricultural Machines. ASAE, St. Joseph, Michigan, USA.

Škorić, A. (1986): Postanak, razvoj i sistematika tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.

Weise, G., E. H. Bourarach (1999): Tillage Machinery. In: B. A. Stout (Ed.) CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Vol. 3. Plant Production Engineering. ASAE, St. Joseph, Michigan, USA, 184-217.

Adresa autora - Author's address:

Prof. dr. sc. Dubravko Filipović
Prof. dr. sc. Silvio Košutić
Doc. dr. sc. Zlatko Gospodarić
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Faculty of Agriculture University of Zagreb
Zavod za mehanizaciju poljoprivrede
Agricultural Engineering Department
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb
Hrvatska - Croatia

Primljeno: 3. 11. 2005.