

**Bibliid:** 0350-2953 (2011)37, 3: 295-304  
**UDK:** 631.634; 631.432.2

Prethodno saopštenje  
First announcement

**RAZVOJ UREĐAJA ZA DINAMIČKO MERENJE MEHANIČKOG OTPORA  
ZEMLJIŠTA  
DEVELOPMENT OF DEVICES FOR DYNAMIC MEASUREMENT OF SOIL  
MECHANICAL RESISTANCE**

Marko Kostić, Nedeljko Malinović, Mihal Meši<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8.  
[markodipling@gmail.com](mailto:markodipling@gmail.com)

**REZIME**

Poljoprivredno zemljište izloženo je permanentnoj degradaciji od strane velikog broja činilaca. U najvećoj meri to je izazvano delovanjem čoveka kao proizvod njegove težnje za sve većom produkcijom po jedinici površine. Jedan od glavnih pokazatelja destrukcije zemljišnog sistema je i povećanje vučnih otpora odnosno povećana sabijenost na svim tipovima zemljišta. Kako bi se utvrdili najveći uzročnici ove pojave, javila se potreba ka formiranju automatskog sistema koji će biti u stanju da u realnom vremenu meri otpore zemljišta i adekvatno ih grafički prikazuje. U tom smislu, došlo je do pojave raznih sistema koji su originalni po konstrukciji i po rezultatima koje daju. Treba napomenuti da je otpor zemljišta funkcija više parametra koji nisu uvek izazvani ljudskim delovanjem. Stoga se kod mnogih rešenja pored direktnog ili indirektnog merenja otpora, mere i neke druge veličine (vlažnost zemljišta, električna provodnost, salinitet, kapacitivnost, itd.). Uopšteno, svi poznati sistemi mogu se podeliti na one koji su prilagođeni samo merenju mehaničkog otpora i one koji dopunjuju komercijalne mašine. Težnja autora na prvom mestu je razvoj reprezentativnog sistema čiji izlazni podaci imaju određenu korelaciju sa vrednostima koji se dobijaju standardizovanim vertikalnim konusnim penetrometrom. Konceptijski ovi uređaji registruju mehanički otpor horizontalnim prodiranjem radnog tela kroz zemljište. Upravo se takav način merenja pokazao kao osnovni razlog zbog kojeg dolazi do razmimoilaženja izmerenih vrednosti sa standardnog konusnog penetrometra sa drugim sistemima.

**Ključne reči:** mehanički otpor, sabijenost zemljišta, varijabilna obrada, penetrometar, precizna poljoprivreda

**1. UVOD**

Odavno je poznato da se sa poljoprivredim zemljištem nešto drastično dešava. Te promene uočavaju čak i obični poljoprivrednici, što ukazuje na alarmantnost trenutnog stanja. Uporedo sa uvođenjem teške mehanizacije, počeli su da se javljaju problemi sa plužnim donom, vodoležima, depresijama makroelemenata, smanjenjem biološke aktivnosti, itd.

Proučavanje osobina zemljišta na parceli prisutno je u mnogim zemljama. Veliki broj studija dokazao je da osobine zemljišta prostorno posmatrano, značajno variraju (Rockström et al., 1999; Gaston et al., 2001), kao posledica klimatskih činilaca, rada organizama, reljefa, porekla materijala itd. (Mzuku et al., 2005). Istraživanja se sprovode sa ciljem sagledavanja kvaliteta zemljišta, sabijenosti, smanjenja erozije kao i radi pravilne upotrebe oruđa za obradu („tillage management“), (Tekin et al., 2008). Sabijeno zemljište je dominantan ograničavajući faktor za razvoj korena i nadzemnog dela biljke, smanjeno usvajanje hraniva iz zemljišta, što za posledicu ima globalno smanjenje produktivnosti na otvorenom polju (Adamchuk V. I., 2004). Postoji određen nivo sabijenosti zemljišta do kojeg je voda pristupačna za usvajanje od strane biljka (McKyes 1985). Prethodno pomenuto može se pripisati velikom broju tipova zemljišta, od peskovitih pa sve do teških glinovitih (Bayhan et al., 2002; Hassan et al., 2007; Chan et al., 2006; Sadras et al., 2007). Sabijanje zemljišta zavisi od nekoliko fizičkih i mehaničkih procesa koji se definišu kao „zapreminska deformacija uzrokovana trenutnim dejstvom različitih vidova opterećenja, kao što su kotrljanje, pritisak i vibracija“ (Breadford i Pretersen 2000). Povećana sabijenost zemljišta je problematika koja prati savremenu mehanizaciju, kao najvećeg uzročnika te pojave. Težnja ka visokoproduktivnim mašinama dovela je do povećanja njihove specifične mase mašinskih agregata, a samim tim i povećanog sabijanja zemljišta. Povećana sabijenost uzrokovana gažnjem agregata po parceli dovodi do neujednačenog nicanja, rasta i razvoja biljaka, tj. do ukupnog pada prinosa (Malinović et al., 2010). Odnosenje biljnih ostataka sa parcele i spaljivanje uzrokuje permanentno smanjivanje humusa, tj. organskog dela, a time i povećanje udela gline koja je nepropusna za vodu i vazduh. Takođe, neadekvatna obrada (obrada na istu dubinu) dovodi do pojave plužnog đona.

Sabijenost zemljišta se izražava kao otpor prodiranja konusnog šiljka kroz zemljište, a meri se penetrometrom sa vertikalnim prodiranjem. Američko udruženje poljoprivrednih inženjera (ASAE) razvilo je standard (*ASAE Standards*, 2002) i metod za aplikaciju standardnog konusnog penetrometra za merenje otpora zemljišta vertikalnom penetracijom. Konusni penetrometar čini metalni štap sa konusnim vrhom na kome se nalazi senzor sile u vidu merne trake ili piezo elementa (Sun i Lammers, 2004). Ovaj metod ima nekoliko ograničenja. Ona se ogledaju u postojanju značajnih varijacija pri merenju usled neujednačene brzine prodiranja konusa jer se radi o ručnim uređajima, kao i relativno male gustine prostornog merenja. Svako merenje konusnim penetrometrom zahteva značajan utrošak vremena i naknadnu obradu dobijenih podataka što povećava mogućnost nastanka subjektivne greške. Takođe, dobijeni rezultati ne daju prostornu orijentaciju otpora po parceli kako bi se doneli pouzdaniji zaključci. Čak i kad je automatizovano, merenje konusnim penetrometrom je vremenski zahtevno i veoma promenljivo od tačke do tačke (Campbell i O’Sullivan, 1991).

U skladu sa uvođenjem informacionih tehnologija u komercijalnu upotrebu, mnogi naučnici koji se bave ovom problematikom, krenuli su u pravcu razvoja uređaja za merenje mehaničkog otpora zemljišta kontinualno u realnom vremenu. Pored detektovanja, čuvanja i obrade dobijenih podataka o mehaničkom otporu zemljišta, cilj je i njegovo prostorno predstavljanje u vidu GIS mapa. Dobijeni podaci mehaničkog otpora za parcelu, koji su prostorno determinisani, imaju naučni značaj sa aspekta boljeg sagledavanja i praćenja procesa degradacije zemljišta. Sa praktičnog stanovišta, moguća je primena promenljivog tretmana zemljišta („site-specific“, precizna poljoprivreda) na jednoj parceli (Sirjacobs et

al., 2001). Obrada zemljišta je jedan takav tretman. Iako se konvencionalnom obradom stvaraju donekle ujednačeni uslovi na celoj parceli u pogledu fizičkog stanja zemljišta, različito poreklo materijala, topografija i prethodna praksa može proizvesti značajne razlike u sabijenosti zemljišta. Stoga promenljiva obrada može povećati efikasnost ove poljske operacije. Izbegavanjem obrade uz relativno mali nivo sabijanja, mogu se unaprediti i ekonomski i ekološki aspekti poljske proizvodnje kroz: smanjenje utroška energije, zagađenja okoline, zaštita strukture zemljišta, itd. Uštede energije pri promenljivoj obradi idu do 42,8%, tj. goriva do 28,4% (Gorucu et al., 2001). Malinović et al. (2011) navodi da se redukovanom obradom smanjuje potrošnja goriva u granicama 15-20 l/ha.

## 2. MATERIJAL I METOD

U radu su obuhvaćeni i obrađeni originalni sistemi za merenje mehaničkog otpora horizontalnom penetracijom kroz zemljište, a koji su publikovani u radovima u referentnim časopisima najnovijeg datuma. Takođe, korišćena su dosadašnja sopstvena iskustva na datu temu kao i drugih autora i institucija.

Ideja autora dinamičkih penetrometara jeste da se razvije oruđe jednostavne konstrukcije, po mogućstvu konvencionalno, koje će davati približne vrednosti mehaničkog otpora zemljišta na određenoj lokaciji parcele kao i referentni konusni (vertikalni) penetrometar. U tom smislu, autori su se vodili dvojako. Jedni su razvijali potpuno novo i originalno rešenje čija će primena isključivo biti za merenje otpora zemljišta. Drugi su pak, razvijali univerzalni ram sa mernim mestima, koji će omogućiti prikopčavanje za neku od komercijalnih mašina za obradu zemljišta, najčešće plug.

### 2.1. Rešenje sa merenjem mehaničkog otpora u jednoj tački (dubini)

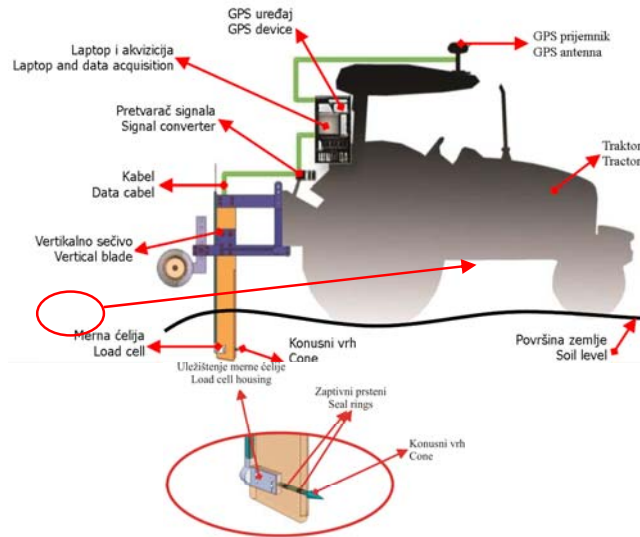
Arhitektura ovog sistema je izvedena tako da omogućava merenje horizontalnog otpora zemljišta i njegovo mapiranje sa horizontalnim penetrometrom (sl.1).

Sistem se sastoji od sledećih podсистema:

- Mehanički deo koji je prikopčan za traktor u tri tačke za kontinualno merenje sile na konusnom vrhu,
- Akvizicija za prihvat podataka sa GPS prijemnika i merne ćelije,
- Program za konvertovanje sakupljenih podataka u format primeren zahtevu programa za pravljenje GIS mapa.

Položaj merne ćelije na vertikalnoj konzoli je takav da je eliminisan uticaj rada na različitim dubinama. Ovakva konstrukcija sistema za merenje mehaničkog otpora zemljišta daje podatke o vrednostima otpora za svaku tačku na parceli na definisanoj dubini.

Nedostatak ovakvog sistema je što se rezultati otpora zemljišta odnose samo na jednu dubinu. U sličaju da se žele ponoviti merenja, ali na promenjenoj dubini, javila bi se greška zbog narušavanja prvobitnog stanja zemljišta.



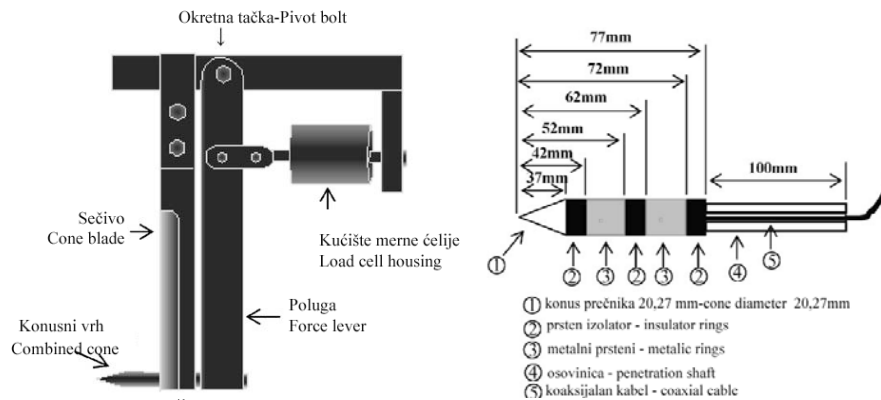
Sl. 1. Konceptija mernog sistema sa horizontalnim penetrometrom  
Fig. 1. Structure of measurement system with horizontal penetrometer

Predpostavka je da bi se to dogodilo u slučaju smanjene dubine, dok kod povećane to ne bi bio sličaj jer bi zemljište na većim dubinama ostalo nenarušeno.

## 2.2. Rešenje sa merenjem mehaničkog otpora u jednoj tački (dubini) sa istovremenim merenjem vlažnosti zemljišta

Konceptija ovog sistema je veoma slična prethodnoj. U pitanju je namensko oruđe sa vertikalnim sečivom i konusnim vrhom u donjem delu, koji prima sile otpora zemljišta. Za razliku od prethodnog, ovaj sistem istovremeno meri mehanički otpor i vlažnost zemljišta. Šematski uređaj je prikazan na slici 2. Vlažnost zemljišta merena je posredno, merenjem kapacitivnosti između dva metalna prstena koja se nalaze na osovini konusa (sl. 2). Princip rada ovog senzora zasniva se na metodi „elementarnih krivolinijskih kvadrata“ koje je prvi definisao Thomas (1996). Iako nije moguće primeniti poznatu formulu za određivanje kapacitivnosti, veza između vlažnosti zemljišta i dielektrične konstante zemljišta otkrio je Topp (1980). U osnovi postoje dva metoda za kontinualno merenje vlažnosti (kapacitivnosti) zemljišta. Konvencionalni metod zasniva se na merenju frekvencije (Dean et al., 1987) na kondenzatoru, čiju promenu izaziva promena kapacitivnosti kondenzatora (sonde), odnosno dielektričnih osobina medijuma oko sonde (zemljišta). Kod drugog metoda se određuje impedansa sonde na poznatoj frekvenciji pobude (Gaskin i Miller, 1996). Kod oba metoda radna frekvencija bi trebala biti dovoljno visoka, kako bi se eliminisao uticaj zemljišnog saliniteta. Thomas (1996), Paltineanu i Starr (1997) navode da,

kako bi se izbegle smetnje zbog lošeg kontakta i provodnosti zemlje treba ići na frekvencije više od 30 MHz.

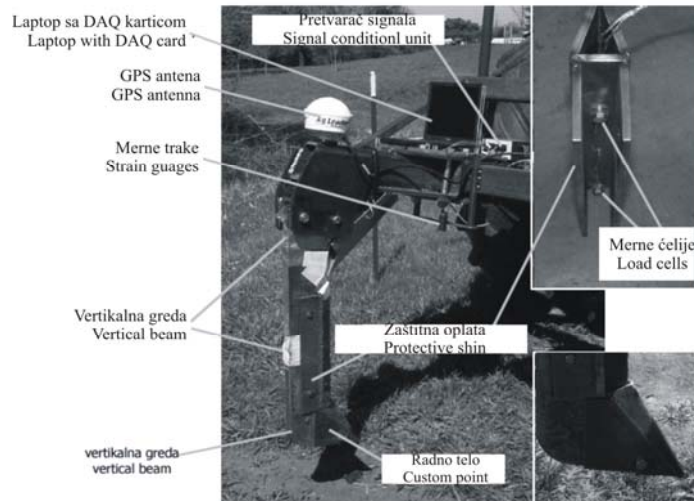


Sl. 2. Šematski prikaz kombinovanog horizontalnog penetrometra  
Fig. 3. Schematic description of horizontal penetrometer

Kod ovog tipa penetrometra postoji slaba veza dobijenih podataka za sabijenost sa podacima dobijenih klasičnim vertikalnim penetrometrom ( $R^2=0,5$ ). Izmerna vlažnost zemljišta ovim sistemom u potpunosti odgovara stvarnoj ( $R^2=0,99$ ). Nedostatak kapacitivnog metoda merenja vlažnosti se ispoljava kod rada na različitim tipovima zemljišta. Kako bi greška merenja bila što manja neophodno je vršiti kalibraciju vlagomera za svaki tip zemljišta.

### 2.3. Sistem za merenje mehaničkog otpora u okviru konvencionalne mašine za obradu

Razvoj koncepcije sistema za detektovanje mehaničkog otpora zemljišta u okviru radnog oruđa ima za cilj komercijalnu primenu kod grupe mašina za promenljivu obradu (VRT tehnologije). Na standardnom podrivačkom oruđu postavljena su četiri merna mesta za detektovanje sile (sl. 3). Dubina obrade meri se senzorom dubine. Ispod zaštitne oplata koja, na sebi ima vertikalno sečivo, postavljene su dve merne ćelije, koje služe za „predviđanje“ toka promene otpora sa promenom dubine obrade. Na oruđu su postavljene još dve merne trake, koje detektuju opterećenje u formi obrtnog momenta na vertikalnoj gredi, kao rezultat sile pritiska na radno telo (šiljku). Vrednost otpora na radnom telu nazvana je „izmerena“ vrednost. Iz ovog proizilazi da se otpor i trend promene po dubini detektuje u tri merne tačke. Merne ćelije određuju nagib krive otpora, dok merne trake registruju vršna opterećenja na radnom telu. Na osnovu brojnih ispitivanja pokazalo se da postoje određena ograničenja na sistemu. Pre svega u odstupanju „izmerenih“ vrednosti i „predviđenih“ na gredi nosaču radnog tela. Taj nedostatak je naročito izražen kod pliće i kod suviše duboke obrade.

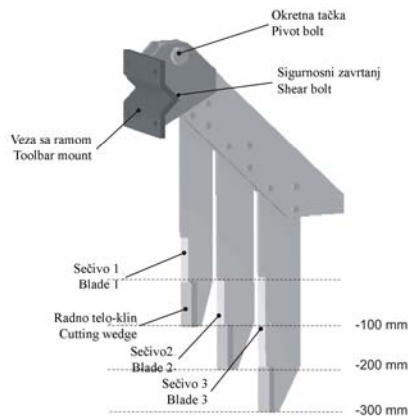


Sl. 3. Oprema za merenje mehaničkog otpora na standardnom oruđu za duboku obradu  
Fig. 3. Equipment for measuring the mechanical resistance of a standard tool for deep tillage

Takođe, nije utvrđena veza između vrednosti dobijenih klasičnim konusnim penetrometrom i sistemom za dinamičko merenje otpora zemljišta.

#### 2.4. Sistem sa višestrukim sečivom za zonsko merenje mehaničkog otpora

SMRMS je akronim ovog sistema sa višestrukim (trostrukim) sečivom za merenje i mapiranje mehaničkog otpora zemljišta.



Sl. 4. Višestruko radno telo za merenje otpora na tri dubine  
Fig. 4. Threefold shank for three depths resistance measurement

SMRMS sistem prikazan na slici 4, je konstruisan da omogući simultano merenje otpora zemljišta na tri dubine. Računanje otpora zemljišta ( $p_1$ ,  $p_2$  i  $p_3$ ) vrši se na osnovu opterećenosti svakog od radnih tela koje su postavljene na konzoli nosaču. Merne trake postavljene su sa prednje i zadnje strane svake oštrice. Svaka oštrica zahvata po 10 cm dubine. Širina oštrice je veća od širine klina. To znači da prolaskom prvog klina ostaje otvorena traka kroz koju nesmetano prolazi drugo sečivo, a isto važi i za treće, čime se svo opterećenje prolaska oruđa kroz zemljište odnosi na opterećenje na klinovima (istim površinama).

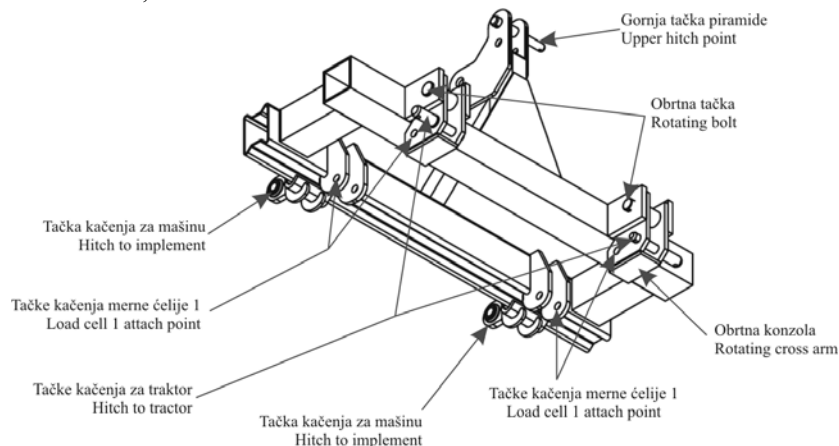
GPS prijemnik i akvizicija za obradu podataka su integrisani u SMRMS sistem da bi se istovremeno vršilo merenje i mapiranje otpora. Ovaj sistem pokazao je visoku korelaciju sa sistemom ručnog merenja konusnim penetrometrom ( $r^2=0,7$ ).

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

#### 3.1. Univerzalni ram za merenje mehaničkog otpora zemljišta

Na osnovu dosadašnjih istraživanja, ekipa autora sa Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu, Departmana za poljoprivrednu tehniku, razvilo je originalno rešenje mernog rama za kontinualno merenje vučnih otpora. Osnovna ideja razvoja ovakve koncepcije mernog sistema je univerzalna primena. Univerzalnost se ogleda u mogućnosti rada (merenja otpora) sa svim oruđima za obradu zemljišta u okviru određene kategorije (sl. 5).

Ram predstavlja simetričnu piramidu za prikopčavanje sa jedne strane za nošene, polunošene i vučene radne mašine, a sa druge za traktor (sl. 6). Konstrukcija rama je prilagođena tako da se mogu prikačiti mašine i traktori II i III kategorije. U ovoj fazi razvoja, predviđena su dva merna mesta koja mere silu za donje tačke prikopčavanja. Merenje sile se izvodi mernim ćelijama HP-100K „S“ tipa kapaciteta 100 kN, rezolucije 0,1N i tačnosti  $\pm 0,5\%$ .



Sl. 5. Univerzalni ram za merenje vučnih otpora  
Fig. 5. Universal frame for draught measurement

Veza mernih ćelija sa ramom omogućava prebacivanje priključne mašine iz radnog u transportni položaj bez dopunskih radnji i bez rizika da nastane eventualno oštećenje na sistemu.



*Sl. 6. Univerzalni ram sa plugom na traktoru*  
*Fig. 6. Universal frame with plough hitched on the tractor*

Pored mehaničkog dela sistema, opremu čine i pojačalo signala, laptop (data logger) i GPS prijemnik. Pojačalo signala (HBM MX440A) napaja ćelije i prihvata izmerene vrednosti koje konvertuje u format pogodan za dalju softversku manipulaciju. Vrednosti sa pojačala se šalju u laptop koji uz pomoć softvera (catman AP) arhivira, obrađuje i adekvatno prikazuje snimljene podatke. Sistem je podržan sa GPS (Timble EasyGuide500) uređajem za pozicioniranje i programom za izradu GIS mapa otpora zemljišta.

Glavna odlika ovakvih sistema merenja otpora je jednostavnost konstrukcije i mogućnost njegove implementacije u praksu kroz koncept precizne poljoprivrede (variable tillage). Buduća istraživanja daće bolju sliku karakteristika uređaja i smernice u kom pravcu treba težiti kada se razvija ovakav sistem.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Težnja da se napravi sistem za dinamičko merenje mehaničkog otpora zemljišta koji će u velikoj meri biti uporediv sa standardnim konusnim penetrometrom, očigledno je dala određene rezultate, koji sa aspekta masovnije primene zahtevaju dodatna tehnička usavršavanja. Sva dosadašnja istraživanja na ovu temu ukazuju da pravac prodiranja radnog tela kroz nehomogeni sistem, kakvo je zemljište, ima dominantan uticaj na dobijene rezultate. S obzirom da se zemljište sabija po vertikali, frontovi sabijenih slojeva zemljišta različito se suprotstavljaju telu koje prodire po vertikali i telu koje se prodire po horizontali. To bi u budućim istraživanjima trebao biti predmet razmatranja i usaglašavanja sistema za merenje mehaničkog otpora u različitim pravcima sa postojećim prihvaćenim sistemima.



## 5. LITERATURA

- [1] Adamchuk V.I, Skotnikov A.V, Speichinger J.D, Kocher M.F. 2004. Development of an instrumented deep-tillage implement for sensing of soil mechanical resistance. *T. ASAE* 47(6) 1913–1919.
- [2] ASAE Standards, 49th ed. 2002. S313.2: Soil cone penetrometer. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- [3] Sun, Y.R, Lammers, P.S, Ma D.K. 2004. Evaluation of a combined penetrometer for simultaneous measurement of penetration resistance and soil water content. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, (167):745–751.
- [4] Bayhan Y, Kayisoglu B, Gonulol E. 2002. Effect of soil compaction on sunflower growth. *Soil & Tillage Research*, (68):31–38.
- [5] Bradford J. M, Peterson G. A. 2000. Conservation tillage. In *Handbook of Soil Science*, G247–G270. M. E. Sumner, ed. Boca Raton, Fla.: CRC Press.
- [6] Campbell D. J, O’Sullivan M. F. 1991. The cone penetrometer in relation to trafficability, compaction, and tillage. In *Soil Analysis: Physical Methods*, 399–429. K. A. Smith and C. E. Mullins, eds. New York, N.Y.: Marcel Dekker.
- [7] Chan K.Y, Oates A, Swan A.D, Hayes R.C, Dear B.S, Peoples, M.B. 2006. Agronomic consequences of tractor wheel compaction on a clay soil. *Soil & Tillage Research*, (89):13–21.
- [8] Dean, T.J, Bell, J.P, Baty A.J.B. 1987. Soil moisture measurement by an improved capacitance technique. Part I: sensor design and performance. *J. Hydrol.* (93):67–78.
- [9] Gaston L.A., Locke M.A., Zablotowicz R.M., Reddy K.N.. 2001. Spatial variability of soil properties and weed populations in the Mississippi delta. *Soil Sci. Soc. Am. J.* (65):449–459.
- [10] Gorucu S, Khalilian A, Han Y.J, Dodd R.B, Wolak F.J, Keskin M. 2001. Variable depth tillage based on geo-referenced soil compaction data in Coastal Plain region of South Carolina. ASAE Paper No. 011016. St. Joseph, MI., USA.
- [11] Hassan F.U, Ahmad M, Ahmad N, Abbasi M.K. 2007. Effects of subsoil compaction on yield and yield attributes of wheat in the sub-humid region of Pakistan. *Soil & Tillage Research*. (96): 361–366.
- [12] Malinović N, Meši M, Kostić M, Isakov S. 2010. Direktna setva kukuruza šećerca u posttrnim uslovima. *Traktori i pogonske mašine*, 15(4):13-19.
- [13] Malinović N, Meši M, Kostić M, Isakov S, Sindić M. 2011. Ekonomska i energetska efikasnost u proizvodnji kukuruza tehnologijom direktne setve. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 36(1):1-9.
- [14] McKyes E. 1985. Soil physical properties, Chapter 5, 105–123. In *Soil Cutting and Tillage*. New York: Elsevier Science.
- [15] Mzuku M, Khosla R, Reich R, Inman D, Smith F, MacDonald L. 2005. Spatial variability of measured soil properties across site-specific management zones. *Soil Sci. Soc. Am. J.* (69):1572-1579.
- [16] Paltineanu I.C, Starr J.L. 1997. Real-time soil water dynamics using multisensor capacitance probes: laboratory calibration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61 (5):1576–1585.
- [17] Rockström J, Barron J, Brouwer J, Galle S, de Rouw A. 1999. On-farm spatial and temporal variability of soil and water in pearl millet cultivation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* (63):1308–1319.
- [18] Sadras V.O, O’Leary G.J, Roget D.K. 2005. Crop responses to compacted soil: capture and efficiency in the use of water and radiation. *Field Crops Research*, (91):131-148.
- [19] Sirjacobs D, Hanquet B, Lebeau R, Destain M.F. 2001. On-line soil mechanical resistance mapping and correlation with soil physical properties for precision agriculture. *Soil Till. Res.* (64):231–242. Tekin E, Kul B, Okursoy R. 2008. Sensing and 3D mapping of soil compaction. *Sensors*. (8):3447-3459.
- [20] Thomas A.M. 1966. In situ measurement of moisture in soil and similar substances by “fringe” capacitance. *J. Sci. Instrum.* (43):21–27.

## SOLUTIONS OF TECHICAL DEVICES FOR DYNAMIC MEASUREMENT OF SOIL MECHANICAL RESISTANCE

Marko Kostić, Nedeljko Malinović, Mihal Meši

### SUMMARY

Agriculture soil is well degraded due to many factors. The main reason in the most case of that appearance are human factor. People always want more field production. One of main indikator of soil destruction is increasing of draught respectively to increase soil compaction. Many researchers wants to identify causes of that so they came to develop automatic systems for real time soil mechanical resistance measurement and graphic view. It was reason for bilt-up of many technical solutons of soil mechanical resistance mesurement devices which are unique to their construction and aquiring data. Soil resistance depend of many parameters which are not caused by human activity. Thereby, many of that tehniical solutions except mesuring soil resistance, measure and other dimensions (soil moisture, electrical conductivity, salinity, capacity, etc.). All of known systems can be divide to systems which purpose is only for measuring and systems which are only improvement of commercial deep tillage tools. At first, scientist wants to develop standard method and device which could be comparative to standard cone penetrometer. All of that known systems works according to horisontal penetration of implement throw soil layer. Just that is shown like main reason why data from developed sistems were appeared disagreement with standard cone penetrometer.

**Ključne reči:** mechanical resistance, soil compaction, variable tillage, penetrometer, precision agriculture.

Rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektu br. 114-451-2298/2011, koji finansira Pokrajinski sekretarijat za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.
---

Primljeno: 07. 09. 2011.

Prihvaćeno: 08. 11. 2011.