

AGRONOMSKI GLASNIK 6/2014.  
ISSN 0002-1954

*Izvorni znanstveni članak  
Original scientific paper*

## MEHANIČKI OTPOR TLA U VINOGRADIMA RAZLIČITE STAROSTI

### MECHANICAL RESISTANCE OF SOIL IN THE VINEYARDS OF DIFFERENT AGES

**A. Špoljar, Ivka Kvaternjak, D. Slunjski**

#### SAŽETAK

Tijekom 2013. i 2014. godine u vinogradima Badel 1862 d.d. na rigolanom semiterestričkom tlu iz pseudogleja u Širokom Brezju provedena su istraživanja antropogenog zbijanja tla u četiri vinograda različite starosti. Mjerenja mehaničkog otpora tla obavljena su dva puta tijekom godine, a paralelno je određen i trenutni sadržaj vlage. U obje godine istraživanja u tragu i u sredini između traga kotača mehanizacije utvrđene su uglavnom manje vrijednosti mehaničkog otpora tla kod novopodignutog vinograda u odnosu na starije nasade. Također su utvrđene pretežno veće vrijednosti mehaničkog otpora tla u tragu kotača mehanizacije u odnosu na one izmjerene u sredini između traga kotača. Tijekom istraživanja utvrđene su uglavnom veće vrijednosti trenutne vlažnosti tla u sredini između traga kotača, a razlog tome može biti u većoj infiltracijskoj sposobnosti ovog tla, koje nije bilo izloženo proходу mehanizacije. Sa stanovišta održivog gospodarenja tlom preporuča se uporaba lakše mehanizacije i prema mogućnosti smanjivanje broja prohoda.

Ključne riječi: vinogradi različite starosti, antropogeno zbijanje tla, Široko Brezje

#### ABSTRACT

During 2013 and 2014 in the vineyards of Badel 1862 d.d. on Antrosol in „Široko Brezje“ studies of anthropogenic soil compaction were conducted in four vineyards of different ages. Measurements of the mechanical resistance of the soil were carried out twice a year, and in the same time the current moisture content was determined. In both years mainly lower values of the mechanical resistance of the soil were determined in the wheel track as well as between the wheel tracks at the newly erected vineyards compared to older plantations. Mainly higher values of mechanical resistance of the soil in the wheel track

relative to those measured between wheel tracks were also determined. The experiment resulted in substantially higher value of current soil moisture in the middle of the wheel track, which may be due to a greater infiltration ability of the soil, less exposed to the passage of machinery. From the standpoint of sustainable land management recommendation is to use lightweight mechanization and to reduce the number of passes.

Keywords: vineyards of different ages, anthropogenic soil compaction, Siroko Brezje

## UVOD I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Tradicionalnog uzgoja vinove loze, uz veliki udio ljudskog rada, gotovo da i nema, svi se zahvati provode mehanizirano. U nasadima intenzivnog uzgoja vinove loze godišnje se, kako navodi Slunjski (2013), između redova „prometuje“ petnaest do dvadeset puta. Veći broj prohoda mehanizacije povećava volumnu gustoću i mehanički otpor tla (Baceera i sur., 2010). Destrukciju strukturnih agregata, povećanu volumnu gustoću i smanjeni ukupni porozitet na mjestima prohoda kotača utvrđuju Batey i McKenzie (2006). Prema ovim autorima utvrđena povećana zbijenost tla smanjuje infiltraciju vode, ograničava razvoj korijena vinove loze i primanje hraniva. Kako navode Mouazen i Palmqvist (2009), uporabom lakših strojeva može se značajno ublažiti zbijanje tla te smanjiti potrošnja energenata. Povećanje mehaničkog otpora tla zabilježeno je zbog učestalih prohoda mehanizacije, odnosno poradi neodgovarajućeg načina gospodarenja tlom. Tako Smith i sur., (2008) utvrđuju veći mehanički otpor tla u obrađenom vinogradu u odnosu na neobrađeni. Yavuzcan i sur., (2005) navode kako se zbog neadekvatnih mjera gospodarenja pojavljuje štetno antropogeno zbijanje tla te smanjeni sadržaj vlage u tlu, čemu doprinose i nepovoljni klimatski uvjeti. Olesen i sur., (2011) utvrđuju općenito negativan utjecaj klimatskih promjena na uzgoj poljoprivrednih kultura.

Iz izloženoga proizlazi kako primijenjene mjere gospodarenja i klimatski uvjeti imaju značajan utjecaj na antropogeno zbijanje tla i sadržaj vlage. Stoga su, na lokaciji Široko Brezje, odabrana četiri vinograda različite starosti u kojima su provedena istraživanja utjecaja prohoda kotača mehanizacije na mehanički otpor tla i sadržaj vlage. Na temelju dobivenih rezultata moći će se dati odgovarajuće preporuke s ciljem ublažavanja štetnih posljedica antropogenog zbijanja tla.

## MATERIJAL I METODE

Istraživanja su provedena na rigolanom semiterestričkom tlu iz pseudogleja (Husnjak, 2014) u vinogradima Badel 1862 d.d. na lokaciji Široko Brezje u četiri vinograda različite starosti tijekom 2013. i 2014. godine. Mjerenja otpora tla izvršena su digitalnim penetrometrom u dvanaest ponavljanja do 80 cm dubine. Istovremeno je u vinogradima izmjerena trenutna vlažnost tla „*Theta Probe*“ senzorom do 60 cm dubine u četiri ponavljanja. Prvo mjerenje mehaničkog otpora i trenutne vlažnosti obavljeno je u fenološkom stadiju zatvaranja grozda, a drugo početkom zriobe. Mjerenja su obavljena u tragu i u sredini između traga kotača mehanizacije. Podaci su obrađeni statistički analizom varijance, a srednje vrijednosti su testirane LSD i t-testom uporabom programskog paketa Statistica 7.1. (StatSoft, Inc. 2007). LSD testom uspoređene su srednje vrijednosti mehaničkog otpora tla i trenutne vlažnosti po vinogradima različite starosti ( $p < 0,05$ ). Uporabom t-testa izvršena je usporedba srednjih vrijednosti mehaničkog otpora tla i trenutne vlažnosti u tragu i u sredini između traga kotača mehanizacije ( $p < 0,05$ ).

## KLIMATSKI UVJETI

U tablici 1. prikazani su klimatski pokazatelji za Križevce za osamdesetpetogodišnje razdoblje od 1927. do 2012. godine i za razmatranu 2013. i 2014. godinu. U tijeku vegetacijskog razdoblja u 2013. i 2014. godini prevladavali su topli do vrući klimatski uvjeti, dok su u višegodišnjem razdoblju zabilježene umjereno tople do vruće klimatske prilike.

Na temelju mjesečnog kišnog faktora prema Gračaninu ( $K_{fm}$ ) u višegodišnjem razdoblju bili su semiaridni do semihumidni klimatski uvjeti, a u razmatranoj 2013. godini zabilježeni su i aridni. U vegetacijskom razdoblju 2014. godine bile su semiaridne do humidne klimatske prilike. Iz tablice 1. vidljivo je da su u razmatranim godinama, u odnosu na višegodišnji prosjek, pale veće količine oborina. U obje godine istraživanja količine oborina također su bile veće u tijeku i izvan vegetacijskog razdoblja u odnosu na višegodišnji prosjek.

**Tablica 1. Klimatski pokazatelji za Križevce u razdoblju od 1927. do 2012. godine i za razmatranu 2013. i 2014. godinu**

**Table 1. Climate indicators for the city of Križevci in the period from 1927 to 2012 and for the years 2013 and 2014**

1927. - 2012.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	x, Σ
Oborine, mm	42,4	40,3	49,7	55,6	66,3	86,7	73,5	71,7	81,4	71,7	72,7	63,5	775,5
Temperature, °C	0,7	1,4	5,8	11,2	15,8	19,3	20,8	19,9	15,5	10,3	5,5	1,1	10,6
Toplinska oznaka	hl	hl	uhl	ut	t	t	v	t	ut	ut	uhl	hl	ut
$K_{fm}$ Gračanin	60,6	28,7	8,6	5,0	4,2	4,5	3,5	3,6	5,3	7,0	13,2	57,7	6,1
Humidnost	ph	ph	h	sa	sa	sa	sa	sa	sh	sh	h	ph	sh
2013. godina													
Oborine, mm	112,9	93,9	132,1	47,1	108,2	44,4	105,4	94,2	117,0	25,9	161,8	4,0	1046,9
Temperature, °C	0,7	1,4	4,2	12,5	15,8	19,5	22,2	21,3	15,0	12,9	6,6	2,5	11,2
Toplinska oznaka	hl	hl	uhl	t	t	t	v	v	t	t	uhl	hl	ut
$K_{fm}$ Gračanin	161,3	67,1	31,5	3,8	6,8	2,3	4,7	4,4	7,8	2,0	24,5	1,6	7,8
Humidnost	ph	ph	ph	sa	h	a	sa	sa	h	a	ph	pa	h
2014. godina													
Oborine, mm	60,8	157,6	14,7	56,5	118,3	99,4	120,1	98,6	195,8	139,4	53,7	56,0	1170,9
Temperature, °C	4,4	4,9	10,0	12,7	15,0	19,8	21,2	19,5	15,8	13,0	8,1	3,8	12,4
Toplinska oznaka	uhl	uhl	ut	t	t	t	v	t	t	t	ut	hl	t
$K_{fm}$ Gračanin	13,8	32,2	1,5	4,4	7,9	5,0	5,7	5,0	12,4	10,7	6,6	14,7	7,9
Humidnost	ph	ph	ph	sa	h	sa	sh	sa	h	h	sh	ph	h

Tumač: n – nivalni klimatski uvjeti (< 0,5 °C), hl - hladni klimatski uvjeti (0,5 - 4,0 °C), uhl - umjereno hladni klimatski uvjeti (4,0 - 8,0 °C), ut - umjereno topli klimatski uvjeti (8,0 - 12,0 °C), t - topli klimatski uvjeti (12,0 - 20,0 °C), v - vrući klimatski uvjeti (> 20 °C), pa - peraridna klima ( $K_{fm}$  < 1,6), a - aridna klima ( $K_{fm}$  je 1,7 - 3,3), sa - semiaridna klima ( $K_{fm}$  je 3,4 - 5,0), sh - semihumidna klima ( $K_{fm}$  je 5,1 - 6,6), h - humidna klima ( $K_{fm}$  je 6,7 - 13,3), ph- perhumidna klima ( $K_{fm}$  > 13,3)

Kako je razvidno iz podataka (Tablica 1), bez obzira na ovo povećanje količina oborina u istraživanim godinama, veće vrijednosti srednjih mjesečnih temperatura zraka uvjetovale su sušnije klimatske uvjete u usporedbi s višegodišnjim razdobljem.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Rezultate mehaničkog otpora tla u tragu kotača mehanizacije kod vinograda različite starosti, po istraživanim godinama i fenološkim stadijima prikazuje tablica 2. U oba fenološka stadija u tijeku 2013. godine u tragu kotača utvrđene su značajno manje vrijednosti mehaničkog otpora tla kod novopodignutog vinograda u odnosu na starije nasade.

**Tablica 2. Mehanički otpor tla u tragu kotača kod vinograda različite starosti**

**Table 2. Mechanical resistance of soil in the wheel track in the vineyards of different ages**

Vinograd (varijanta)	2013. godina		2014. godina	
	I mjerenje (26.07.2013.), MPa	II mjerenje (28.08.2013.), MPa	I mjerenje (25.07.2014.), MPa	II mjerenje (29.08.2014.), MPa
A	2,60 <sup>b</sup>	2,66 <sup>c</sup>	2,55 <sup>c</sup>	2,72 <sup>c</sup>
B	6,00 <sup>a</sup>	5,14 <sup>b</sup>	5,56 <sup>ab</sup>	5,09 <sup>b</sup>
C	6,00 <sup>a</sup>	5,54 <sup>a</sup>	5,61 <sup>a</sup>	5,51 <sup>a</sup>
D	6,00 <sup>a</sup>	5,59 <sup>a</sup>	5,49 <sup>b</sup>	5,46 <sup>a</sup>

Tumač: A - novopodignuti vinograd; B - petogodišnji vinograd; C - devetogodišnji vinograd; D - tridesetsedmogodišnji vinograd

\*srednje vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

U narednoj su godini kod oba mjerenja isto tako utvrđene značajno manje vrijednosti mehaničkog otpora tla kod novopodignutog vinograda u odnosu na starije nasade. U stadiju zatvaranja grozda statistički opravdanih razlika između petogodišnjeg i devetogodišnjeg nasada vinograda te između petogodišnjeg i tridesetsedmogodišnjeg, nije bilo. Početkom zriobe značajne razlike vrijednosti mehaničkog otpora tla između devetogodišnjeg i tridesetsedmogodišnjeg nasada nisu utvrđene.

Tablica 3. prikazuje rezultate mehaničkog otpora tla u sredini između traga kotača kod vinograda različite starosti.

**Tablica 3. Mehanički otpor tla u sredini između traga kotača kod vinograda različite starosti**

**Table 3. Mechanical resistance of the soil between wheel tracks in vineyards of different ages**

Vinograd (varijanta)	2013. godina		2014. godina	
	I mjerenje (26.07.2013.), MPa	II mjerenje (28.08.2013.), MPa	I mjerenje (25.07.2014.), MPa	II mjerenje (29.08.2014.), MPa
A	1,32 <sup>b</sup>	2,01 <sup>b</sup>	2,25 <sup>c</sup>	2,14 <sup>b</sup>
B	6,00 <sup>a</sup>	3,24 <sup>a</sup>	4,49 <sup>a</sup>	3,35 <sup>a</sup>
C	6,00 <sup>a</sup>	3,32 <sup>a</sup>	2,27 <sup>c</sup>	3,40 <sup>a</sup>
D	6,00 <sup>a</sup>	3,32 <sup>a</sup>	2,66 <sup>b</sup>	3,32 <sup>a</sup>

Tumač: A - novopodignuti vinograd; B - petogodišnji vinograd; C - devetogodišnji vinograd; D - tridesetsedmogodišnji vinograd

\*srednje vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

U obje godine istraživanja, u stadiju zatvaranja grozda utvrđene su značajno manje vrijednosti mehaničkog otpora tla kod novopodignutog vinograda u odnosu na starije nasade, osim u odnosu na devetogodišnji vinograd u 2014. godini. Početkom zriobe opravdano manje vrijednosti mehaničkog otpora bile su kod novopodignutog u odnosu na starije nasade.

Tablica 4. prikazuje usporedbu rezultata mehaničkog otpora tla u tragu s onima u sredini između traga kotača. Uglavnom su utvrđene signifikantno veće vrijednosti u tragu kotača u odnosu prema mjerenjima obavljenim u sredini između traga. Opravdanih razlika nije bilo u stadiju zatvaranja grozda 2013. godine kod starijih nasada vinograda.

**Tablica 4. Mehanički otpor tla u tragu i u sredini između traga kotača**

**Table 4. Mechanical resistance of soil in the wheel track and between wheel tracks**

Vinograd (varijanta)	2013. godina				2014. godina			
	I mjerenje (26.07.2013.), MPa		II mjerenje (28.08.2013.), MPa		I mjerenje (25.07.2014.), MPa		II mjerenje (29.08.2014.), MPa	
	u tragu	izvan traga	u tragu	izvan traga	u tragu	izvan traga	u tragu	izvan traga
A	2,60 <sup>a</sup>	1,33 <sup>b</sup>	2,84 <sup>a</sup>	2,00 <sup>b</sup>	2,54 <sup>a</sup>	2,24 <sup>b</sup>	2,89 <sup>a</sup>	2,14 <sup>b</sup>
B	6,00 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	5,50 <sup>a</sup>	3,24 <sup>b</sup>	5,56 <sup>a</sup>	4,49 <sup>a</sup>	5,46 <sup>a</sup>	3,35 <sup>b</sup>
C	6,00 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	5,54 <sup>a</sup>	3,31 <sup>b</sup>	5,61 <sup>a</sup>	2,27 <sup>b</sup>	5,51 <sup>a</sup>	3,39 <sup>b</sup>
D	6,00 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	5,59 <sup>a</sup>	3,32 <sup>b</sup>	5,49 <sup>a</sup>	2,66 <sup>b</sup>	5,46 <sup>a</sup>	3,32 <sup>b</sup>

Tumač: A - novopodignuti vinograd; B - petogodišnji vinograd; C - devetogodišnji vinograd; D - tridesetsedmogodišnji vinograd

Lagacherie i sur., (2006) također utvrđuju najveću zbijenost tla na mjestima stalnih prohoda mehanizacije i na dubini obrade. Pojavu štetnog zbijanja tla na mjestima prohoda kotača i na dubini obrade utvrđuju i drugi autori (Kvaternjak i sur., 2012; Lagacherie i sur., 2006; Manuva i sur., 2011; Marinho i sur., 2012). Utvrđene vrijednosti mehaničkog otpora tla, u tragu i izvan traga kotača, uglavnom su veće od 2 MPa, koje Baham (1999) navodi kao kritične za razvoj korijenovog sustava.

U tablici 5. i 6. nalaze se podaci o trenutnoj vlažnosti tla u tragu i u sredini između traga kotača. U tragu kotača u 2013. godini zabilježene su veće vrijednosti trenutne vlažnosti tla kod novopodignutog nasada vinograda u odnosu na starije, osim u stadiju zatvaranja grozda kod petogodišnjeg i tridesetsedmogodišnjeg vinograda. U 2014. godini signifikantno veći sadržaj trenutne vlažnosti tla u stadiju zatvaranja grozda bio je kod devetogodišnjeg vinograda u odnosu na ostale nasade. Značajno veće vrijednosti trenutne vlažnosti tla utvrđene su kod tridesetsedmogodišnjeg vinograda u odnosu na ostale, osim prema novopodignutom nasadu.

**Tablica 5. Trenutačna vlažnost tla u tragu kotača u vinogradima različite starosti**

**Table 5. Current soil moisture in the wheel track in the vineyards of different ages**

Vinograd (varijanta)	2013. godina		2014. godina	
	I mjerenje (26.07.2013.), % vol.	II mjerenje (28.08.2013.), % vol.	I mjerenje (25.07.2014.), % vol.	II mjerenje (29.08.2014.), % vol.
A	11,42 <sup>c</sup>	24,96 <sup>a</sup>	11,39 <sup>b</sup>	18,79 <sup>ab</sup>
B	18,14 <sup>a</sup>	13,25 <sup>b</sup>	8,91 <sup>c</sup>	16,95 <sup>c</sup>
C	10,88 <sup>c</sup>	11,23 <sup>b</sup>	12,33 <sup>a</sup>	17,61 <sup>bc</sup>
D	14,16 <sup>b</sup>	11,46 <sup>b</sup>	7,00 <sup>d</sup>	19,07 <sup>a</sup>

Tumač: A - novopodignuti vinograd; B - petogodišnji vinograd; C - devetogodišnji vinograd; D - tridesetsedmogodišnji vinograd

\*srednje vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

**Tablica 6. Trenutačna vlažnost tla u sredini između traga kotača u vinogradima različite starosti**

**Table 6. Current soil moisture between wheel tracks in the vineyards of different ages**

Vinograd (varijanta)	2013. godina		2014. godina	
	I mjerenje, (26.07.2013.), % vol.	II mjerenje (28.08.2013.), % vol.	I mjerenje (25.07.2014.), % vol.	II mjerenje (29.08.2014), % vol.
A	11,38 <sup>ab</sup>	25,00 <sup>f</sup>	11,28 <sup>ab</sup>	18,72 <sup>de</sup>
B	19,92 <sup>e</sup>	15,13 <sup>bc</sup>	9,22 <sup>a</sup>	20,19 <sup>e</sup>
C	11,12 <sup>ab</sup>	13,03 <sup>bc</sup>	12,72 <sup>bc</sup>	19,28 <sup>de</sup>
D	16,46 <sup>cd</sup>	12,59 <sup>b</sup>	9,72 <sup>a</sup>	22,29 <sup>ef</sup>

Tumač: A - novopodignuti vinograd; B - petogodišnji vinograd; C - devetogodišnji vinograd; D - tridesetsedmogodišnji vinograd

\*srednje vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

U obje godine istraživanja utvrđene su uglavnom veće vrijednosti trenutne vlažnosti tla u sredini između traga kotača, tablica 7.

**Tablica 7. Trenutna vlažnost tla u tragu i u sredini između traga kotača**

**Table 7. Current soil moisture in the wheel track and between wheel tracks**

Vinograd (varijanta)	2013. godina				2014. godina			
	I mjerenje (26.07.2013.), % vol.		II mjerenje (28.08.2013.), % vol.		I mjerenje (25.07.2014.), % vol.		II mjerenje (29.08.2014), % vol.	
	u tragu	izvan traga	u tragu	izvan traga	u tragu	izvan traga	u tragu	izvan traga
A	11,42 <sup>a</sup>	11,38 <sup>a</sup>	24,95 <sup>a</sup>	25,00 <sup>a</sup>	11,39 <sup>a</sup>	11,28 <sup>a</sup>	18,79 <sup>a</sup>	18,72 <sup>a</sup>
B	18,14 <sup>a</sup>	19,92 <sup>a</sup>	13,25 <sup>a</sup>	15,13 <sup>a</sup>	8,91 <sup>a</sup>	9,22 <sup>a</sup>	16,89 <sup>a</sup>	20,19 <sup>b</sup>
C	10,88 <sup>a</sup>	11,12 <sup>a</sup>	11,23 <sup>a</sup>	13,03 <sup>a</sup>	10,97 <sup>a</sup>	12,72 <sup>b</sup>	17,61 <sup>a</sup>	19,28 <sup>a</sup>
D	14,15 <sup>a</sup>	16,46 <sup>b</sup>	11,46 <sup>a</sup>	12,59 <sup>a</sup>	7,00 <sup>a</sup>	9,72 <sup>b</sup>	19,14 <sup>a</sup>	22,29 <sup>b</sup>

Tumač: A - novopodignuti vinograd; B - petogodišnji vinograd; C - devetogodišnji vinograd; D - tridesetsedmogodišnji vinograd

Iz rezultata istraživanja proizlazi kako na povećane vrijednosti mehaničkog otpora tla iznad 2 MPa mogu utjecati i nepovoljni klimatski uvjeti, odnosno sušna razdoblja zabilježena tijekom istraživanja. Batey i McKenzie, (2006) navode da povećana zbijenost tla smanjuje infiltraciju vode, što može biti razlog



većim vrijednostima trenutne vlažnosti tla izmjerene u sredini između traga kotača. Istraživanjima je utvrđen negativan utjecaj velikog broja prohoda mehanizacije, kao i sušnijih klimatskih uvjeta na antropogeno zbijanje tla. Stoga se, sa stanovišta održivog gospodarenja tlom, preporuča uporaba lakše mehanizacije i po mogućnosti smanjivanje broja prohoda.

## ZAKLJUČAK

U obje godine istraživanja u tragu i u sredini između traga kotača utvrđene su manje vrijednosti mehaničkog otpora tla kod novopodignutog vinograda u odnosu na starije nasade. Također su utvrđene uglavnom veće vrijednosti mehaničkog otpora tla u tragu kotača u odnosu na one izmjerene u sredini između traga. Utvrđene vrijednosti mehaničkog otpora tla kod svih istraživanih vinograda, u tragu i u sredini između traga kotača, uglavnom su veće od 2 MPa, što može nepovoljno utjecati na razvoj korijenovog sustava. Tijekom istraživanja utvrđene su pretežno veće vrijednosti trenutne vlažnosti tla u sredini između traga kotača, a razlog tome može biti u većoj infiltracijskoj sposobnosti ovog tla, koje nije bilo izloženo proходу mehanizacije. Sa stanovišta održivog gospodarenja tlom preporuča se uporaba lakše mehanizacije i po mogućnosti smanjivanje broja prohoda.

## LITERATURA

1. Baccera, A. T., Botta, G. F., Bravo, X. L., Tourn, B., Melcon, F. B., Vazquez, J., Rivero, D., Linares, P., Nardon, G. (2010): Soil compaction distribution under tractor traffic in almond (*Prunus amygdalus L.*) orchard in Almeria Espana. *Soil and Tillage Research*, 107: 49-56.
2. Baham, J. (1999): Soil Compaction in Western Oregon Vineyards. *Crop and Soil Science*, 1-7.
3. Batey, T., McKenzie, D. C. (2006): Soil Compaction: identification directly in the field. *Soil Use and Management*, 22: 123-131.
4. Husnjak, S. (2014): *Sistematika tala Hrvatske*. Sveučilište u Zagrebu, 373 str., Zagreb.
5. Kvaternjak, I., Kisić, I., Špoljar, A., Kamenjak, D., Jelen, R. (2012): Mehanički otpor tla odabranih vinograda različite starosti na području Križevaca. 47. domaći i 7. međunarodni simpozij agronoma u Opatiji, str. 74-77.

6. Lagacherie, P., Coulouma, G., Ariagno, P., Virat, P., Boizard, H., Richard, G. (2006): Spatial variability of soil compaction over a vineyard region in relation with soils and cultivation operation. *Geoderma*, 134: 207-216.
7. Manuwa, S.I., Adesina, A., Olajolo, B.F. (2011): Evaluation of Soil Compaction induced by repeated passes of Rubber Tracked Excavator in Sandy Clay Soil. FUTA STEP-B Project, p. 81-89.
8. Marinho, M., Raposo, J.R., Miras Avalos, J.M., Paz Gonzalez, A. (2012): Statistical and Multifractal Evaluation of Soil Compaction in a Vineyard. *Geophysical Research*, 14: 23-29.
9. Mouazen, A. M. i Palmqvist, M. (2009): Evaluation of the Environmental Benefits of Controlled Traffic Farming. *ISTRO 18th Triennial Conference Proceedings*, 4/19:1-14.
10. Olesen, J.E., Trnka, M., Kersenbaum, K.C., Skjelvag, A.O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J., Micale, F. (2011): Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*. 34: 96-112.
11. Slunjski, D. (2013): Mehanički otpor tla odabranih vinograda različite starosti. Diplomski rad, Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Križevci, 35 str.
12. Smith, R., Bettiga, R., Cahn, M., Baumgartner, K., Jackson, L.E., Bensen, T. (2008): Vineyard floor management affects soil, plant nutrition and grape yield and quality. *California Agriculture*, 64/4: 184-190.
13. Van Huyssteen, L., Weber, H.V. (1983): The Effect of Conventional and Minimum Tillage Practices on some Soil Properties in Dryland Vineyard. *Oenological and Viticultural Journal*, 1/1:35-45.
14. Yavuzcan, H. G., Matthies, D., Auernhammer, H. (2005): Vulnerability of Bavarian silty loam soil to compaction under heavy wheel traffic: impacts of tillage method and soil water content. *Soil and Tillage Research*, 84: 200-215.
15. \*\*\* Statistica 7.1. (StatSoft, Inc. 2007).

**Adresa autora – Author's address:**

Dr. sc. Andrija Špoljar, prof. v. š.  
e-mail: [aspoljar@vguk.hr](mailto:aspoljar@vguk.hr),  
Dr. sc. Ivka Kvaternjak, v. pred.,  
Darko Slunjski, struč. spec. ing. agr.  
Visoko gospodarsko učilište u Križevcima  
M. Demerca 1, 48260 Križevci

**Priljeno – recived:**

15.02.2015.