

## **UTJECAJ TEHNIČKIH ČIMBENIKA RASPRŠIVANJA NA POKRIVENOST LISNE POVRŠINE U VINOGRADU**

### **IMPACT OF TECHNICAL SPRAYING FACTORS ON LEAF AREA COVERAGE IN A VINEYARD**

**V. Tadić, V. Zebec, Marija Ravlić, Bojana Brozović, Jelena Ilić, B. Vujčić**

#### **SAŽETAK**

Istraživanja su obavljena u vinogradu s dva različita tipa raspršivača: aksijalni (Hardi Zatur) i radijalni (Hardi Arrow). Ispituje se utjecaj glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (tip mlaznice, brzina gibanja i norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane površine, prosječni promjer kapljica, broj kapljica/cm<sup>2</sup> i zanošenje. Brzina gibanja namjesti se na 6 i 8 kmh<sup>-1</sup>, a norma raspršivanja na 250, 300 i 350 lha<sup>-1</sup>. U istraživanju koriste se mlaznice proizvođača Lechler, tipa TR 8003C, TR 8002C i TR 80015C. Po tretmanu koristi se 60 vodoosjetljivih papirića koji se obrađuju pomoću digitalne analize fotografije sa ImageJ softverom. Glavni čimbenici raspršivanja ostvaruju vrlo visoku statističku važnost za glavna svojstva istraživanja. Uspoređivanjem rezultata ostvarenih s aksijalnim i radijalnim raspršivačem, bolje rezultate ostvaruje radijalni raspršivač.

Ključne riječi: aksijalni raspršivač, brzina gibanja, norma raspršivanja, pokrivenost površine, radijalni raspršivač, vodoosjetljivi papirići

#### **ABSTRACT**

Research was conducted in a vineyard with two different types of mounted mistblowers, axial (Hardi Zatur) and radial (Hardi Arrow). The influence of major technical spraying factors (type of nozzle, working speed and spray volume) were observed on the coverage of the treated area, average droplet diameter, number of droplets per cm<sup>2</sup> and drift. The working speed of mistblower was set at 6 and 8 kmh<sup>-1</sup>, and spray volume on 250, 300 and 350 lha<sup>-1</sup>. In research, Lechler TR 8003C, TR 8002C and TR 80015C nozzles were used. Sixty water sensitive papers (WSP) were used for the treatment and processed by digital image analysis (DIA) and ImageJ software. The major technical spraying factors have a high statistical impact (\*\*) on the main

properties of the research. By comparing the results of the research on axial and radial mistblower in the vineyard, better results (\*) were achieved with a radial mistblower.

Keywords: axial mistblower, working speed, nozzle, spraying norm, area coverage, radial mistblower, water sensitive paper

## UVOD

Poljoprivreda je nedjeljivi dio globalnog ekološkog sustava gdje su ljudi, životinje, biljke, klima i poljoprivredna mehanizacija u međudjelovanju. Stoga je zadatak poboljšati i razviti nova tehnička rješenja za poljoprivrednu mehanizaciju kako bi što manje utjecala na ekosustav i produžila održivost poljoprivrede (Tadić, V. 2013). S tehničkom ispravnošću stroja za zaštitu bilja, vrlo je važno prilagoditi tehničke čimbenike raspršivanja – brzinu gibanja raspršivača, radni tlak, zračnu struju i brzinu, normu raspršivanja, tip mlaznice i dr. Samo pravilno prilagođeni tehnički čimbenici i tehnička ispravnost stroja omogućuju ostvarivanje zadovoljavajućih rezultata.

Najčešće korištena metoda za promjenu prilagođenosti tehničkih čimbenika raspršivanja u poljskim uvjetima kroz ispitivanje pokrivenosti tretirane površine je uporaba vodoosjetljivih papirića i digitalne analize fotografije (Mahmood i sur., 2004; Panneton i sur., 2004; Wolf i sur., 2004; Derksen i sur., 2007; Marcal, R.S. 2008).

Jedan od glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja je promjer kapljica, koji se smanjuje s povećavanjem radnog tlaka. Također, s povećavanjem radnog tlaka, broj kapljica u mlazu se povećava (Wolf, R.E., 2003). Navedena tvrdnja podrazumijeva da se smanjenjem promjera kapljica i s povećavanjem radnog tlaka, pokrivenost tretirane površine povećava. Pokrivenost tretirane površine je glavno svojstvo cjelokupne zaštite bilja i glavni zadatak tehničkih čimbenika raspršivanja je povećanje ovog svojstva (Tadić, V. i sur. 2015).

Negativna strana povećavanja radnog tlaka, a time i pokrivenosti površine, je zanošenje tekućine. Ovo svojstvo neizbježno treba minimalizirati, tj. glavni cilj prilagođavanja tehničkih čimbenika raspršivanja je ostvariti veliku pokrivenost tretirane površine uz što manje zanošenje tekućine. Obavljanje zaštite bilja u nepovoljnim vremenskim uvjetima i s loše prilagođenim tehničkim čimbenicima raspršivanja mogu uzrokovati zanošenje do 40 % od

ukupne norme raspršivanja (Tadić, V. i sur. 2009). Prema navodu Ozkana, H.E. i sur. (2004) kapljice manjeg promjera od 200  $\mu\text{m}$  iznimno su osjetljive na zanošenje i isparavanje.

Rezultati prikazani u nastavku dio su modernih svjetskih trendova gdje uporaba poljoprivredne mehanizacije pri zaštiti bilja ostvaruje težnju za što većom pokrivenosti tretirane površine uz što manji gubitak tekućine uzrokovan zanošenjem (Tadić, V. i sur. 2015). Slična istraživanja, identične problematike i metodike istraživanja, obavljena su u nasadu jabuke, gdje su ostvareni slični rezultati intenziteta zanošenja, pokrivenosti tretirane površine, promjera kapljica i broja kapljica/cm<sup>2</sup> (Tadić, V. i sur. 2014).

## CILJ ISTRAŽIVANJA

Glavni cilj istraživanja je utvrditi utjecaj glavnih čimbenika istraživanja (tip mlaznice, brzina gibanja i norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane površine (%), prosječni promjer kapljica ( $\mu\text{m}$ ), broj kapljica/cm<sup>2</sup> (n) i intenzitet zanošenja (%). Navedeno se provjerava upotrebom dva različita tipa vučenih raspršivača s različito prilagođenim tehničkim čimbenicima raspršivanja (prema planu pokusa, Tablica 2.)

## MATERIJAL I METODE

### Raspršivači

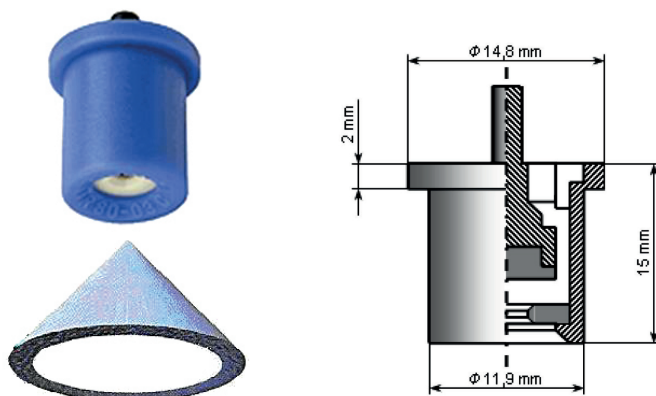
U istraživanju se koriste dva različita tipa vučenih raspršivača: *Hardi Zatur* i *Hardi Arrow*. Glavna njihova razlika je u konstrukciji ventilatora, prema kojem *Hardi Zatur* (slika 1.) s aksijalnim ventilatorom ostvaruje prostorni pravokutni protok zračne struje, dok *Hardi Arrow* (slika 1.), s radijalnim ventilatorom, ostvaruje osnosimetrični zračni mlaz (Tadić, V. i sur. 2014). Oba raspršivača prošla su kroz proceduru tehničkog pregleda prema *EN 13790* standardu (Zakon o održivoj uporabi pesticida – *NN 14/14*; Europske direktive *2009/128/EC* i *2006/42/EC*).



Slika 1. Raspršivači Hardi Zaturm (lijevo) i Hardi Arrow (desno)  
Figure 1. Mistblowers Hardi Zaturm (left) and Hardi Arrow (right)

## Mlaznice

Koriste se tri tipa mlaznica kao prvi tehnički čimbenik istraživanja (oznaka A u analizi varijance): *Lechler TR 80015C*, *TR 8002C* i *TR 8003C*. Svi tipovi mlaznica označeni su prema *ISO 10625* standardu. Dimenzije mlaznica prikazane su na Slici 2, a u Tablici 1 prikazano je prilagođavanje mlaznica za oba raspršivača uz izmjerene brzine zračne struje (Tadić, V. i sur. 2014).



Slika 2. Dimenzije Lechler TR 80 mlaznica  
Figure 2. Dimensions of Lechler TR 80 nozzles

V. Tadić i sur.: Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja  
na pokrivenost lisne površine u vinogradu

**Tablica 1. Zračne struje i prilagođavanje mlaznica**

**Table 1 Air flows and adjustment of nozzles**

Statistički čimbenici <i>Statistical parameters</i>	Aksijalni <i>Axial</i>		Radijalni <i>Radial</i>		Pozicija <i>Position</i>	Aksijalni <i>Axial</i>	Radijalni <i>Radial</i>
	Brzina zračne struje, ms <sup>-1</sup> <i>Air velocity, ms<sup>-1</sup></i>					Usmjerenje mlaznica <i>Nozzle orientation</i>	
	Lijeva strana <i>Left side</i>	Desna strana <i>Right side</i>	Lijeva strana <i>Left side</i>	Desna strana <i>Right side</i>		Kut, ° <i>Angle, °</i>	
$\bar{X}$	14,96	11,21	14,95	16,25	1.	Ne radi <i>Off</i>	Ne radi <i>Off</i>
$\sigma$	4,64	3,51	0,57	0,35	2.	Ne radi <i>Off</i>	+10
<i>K.V., % C.V., %</i>	31,04	31,30	3,81	2,18	3.	+10	+10
	Zračna struja, m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> <i>Air flow, m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup></i>				4.	+5	0
	6 kmh <sup>-1</sup>	8 kmh <sup>-1</sup>	6 kmh <sup>-1</sup>	8 kmh <sup>-1</sup>	5.	0	-5
$Q_r$	10 995,75		6 248,33		6.	-5	-
$Q_i$ (f=2)	8 280,00	11 040,00	7 176,00	9 568,00	7.	Ne radi <i>Off</i>	-
$Q_s$ , m <sup>3</sup> km <sup>-1</sup>	65,97	87,96	38,09	50,79	8.	Ne radi <i>Off</i>	-

**Brzina gibanja, radni tlak i norma raspršivanja**

Drugi tehnički čimbenik u istraživanju je brzina gibanja stroja (označeno s B u analizi varijance), koja se namješta na 6 i 8 kmh<sup>-1</sup>. Brzina gibanja prati se sa kontrolnom pločom traktora, a provjerava se s mjerenjem vremena na točno određenoj udaljenosti u vinogradu. Treći tehnički čimbenik u istraživanju je norma raspršivanja (označena s C u analizi varijance). Koriste se tri norme raspršivanja i to: 250, 300 i 350 lha<sup>-1</sup>. Protok tekućine kroz mlaznicu računa se prema izrazu (Doruchowski, G. i sur., 2012):

$$Q_m = \frac{N_r \cdot v_r \cdot b_r}{n \cdot 600} \quad (1)$$

gdje je  $Q_m$  – protok tekućine kroz mlaznicu;  $N_r$  – norma raspršivanja,  $v_r$  – brzina gibanja,  $b_r$  – međuredni razmak,  $n$  – broj mlaznica u radu.

Zadnji korak u kalibraciji je izračun radnog tlaka s izrazom (Banaj, Đ. i sur., 2010):

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{p_1}{p_2}} \quad (2)$$

gdje je  $Q_1$  – protok tekućine pri tlaku  $p_1$ ;  $Q_2$  – protok tekućine pri tlaku  $p_2$ ;  $p_1$  – tlak pri protoku  $Q_1$ ;  $p_2$  – tlak pri protoku  $Q_2$ . Tijekom istraživanja međuredni razmak vinograda iznosi 2,8 m; na aksijalnom raspršivaču koristi se 8 mlaznica, a na radijalnom 5. U tablici 2 prikazana je kalibracija raspršivača te tretmani pokusa.

**Tablica 2. Kalibracijski parametri za oba raspršivača**

**Table 2 Calibration parameters for both of the mistblowers**

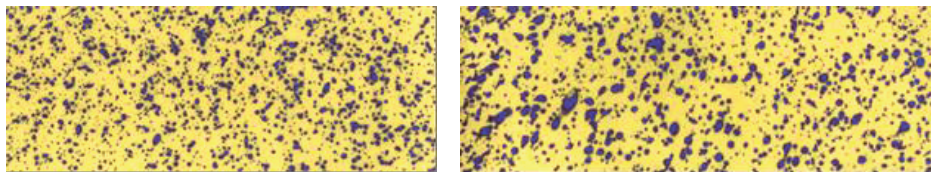
Mlaznica Nozzle	$N_r$ , lha <sup>-1</sup>	$v_r$ , kmh <sup>-1</sup>	$Q_m$ , lmin <sup>-1</sup>	$p$ , bar	Mlaznica Nozzle	$N_r$ , lha <sup>-1</sup>	$v_r$ , kmh <sup>-1</sup>	$Q_m$ , lmin <sup>-1</sup>	$p$ , bar
TR 8003C	250	6	0,87	1,51	TR 8002C	250	8	1,16	5,78
TR 8003C	300	6	1,05	2,18	TR 8002C	300	8	1,40	8,33
TR 8003C	350	6	1,22	2,97	TR 8002C	350	8	1,63	11,34
TR 8003C	250	8	1,16	2,69	TR 80015C	250	6	0,87	5,60
TR 8003C	300	8	1,40	3,88	TR 80015C	300	6	1,05	8,07
TR 8003C	350	8	1,63	5,29	TR 80015C	350	6	1,22	10,99
TR 8002C	250	6	0,87	3,25	TR 80015C	250	8	1,16	9,96
TR 8002C	300	6	1,05	4,68	TR 80015C	300	8	1,40	14,35
TR 8002C	350	6	1,22	6,38	TR 80015C	350	8	1,63	19,53

### Zračna struja i brzina

Brzina zračne struje mjeri se prijenosnom meteorološkom stanicom s mogućnošću bežičnog prijenosa podataka (*Kestrel, Weather and Environmental meters – model 4500*). S prikupljenim podatcima brzine zračne struje računaju se izrazi protoka zračne struje: stvarni protok zračne struje ( $Q_r$ ), teorijski protok zračne struje ( $Q_i$ ; Duruchowski, G. i sur., 2012) i specifični protok zračne struje ( $Q_s$ , Panneton, R., i sur., 2005). Rezultati protoka zračnih struja prikazani su u Tablici 1.

### Vodoosjetljivi papirići (VOP)

Metoda s vodoosjetljivim papirićima pokazuje se kao najbolja metoda za poljsku procjenu uzorka mlaza i koriste je mnogi znanstvenici (Hoffman, W.C. i sur., 2005; Porrás Soriano, A., i sur., 2005; Tekele, DD, i sur., 2007; Derksen, R.C., i sur., 2007; Banaj, Đ., i sur., 2010, Foque, D., 2012; Tadić, V., i sur., 2014). Vodoosjetljivi papirići prikazani su na slici 3.



Slika 3. Vodoosjetljivi papirići (Syngenta)

Figure 3. Water sensitive paper (Syngenta)

Papirići se postavljaju na tri razine vinove loze: vršna, srednja i donja razina. Na svaku razinu postavlja se 5 papirića na obje strane lista s ponavljanjem na 4 trsa. Pomoću papirića mjeri se i intenzitet zanošenja u dva bočna netretirana reda s 4 ponavljanja za svaki tretman. Pri svakom ponavljanju koristi se 8 papirića; 4 vertikalno i 4 horizontalno postavljena.

### Digitalna analiza fotografije

Nakon poljskih radova, vodoosjetljivi papirići se prikupljaju s listova i svaki se pojedinačno analizira. Prvi korak je digitalizacija uzoraka (fotografiranje) u kontroliranim uvjetima komore za slikanje gdje se nalazi digitalni fotoaparatski uređaj (Canon EOS – 1100D; image sensor: CMOS, resolution  $\approx 10.10$  MP; lens: Canon EF – S18 – 55 mm (f/3.5 – 5.6 IS)) smješten na gornjem dijelu komore na udaljenosti  $60 \pm 10$  cm od uzorka te rasvjeta. Osvjetljenje uzoraka od  $850 \pm 10$  Lux - a osigurava gornja rasvjeta koja se sastoji od 8 led žarulja (CE Lighting, DX – MR16 – 18LED, 2 W, 12 V, 15 – 60°) raspoređenih u krug i donje rasvjete (Štedna žarulja Philips Genie, 8 W, 405 Lm) koja je smještena ispod podloge od pleskarenog stakla na koju se stavlja uzorak (Papadakis, D.E. i sur., 2000; Wee, A.G. i sur., 2006). Neposredno prije digitalizacije uzoraka, osvjetljenje unutar komore za fotografiranje provjerava se pomoću svjetlomjera (Digital light meter, YF-170, YU – Fong Electronics, Taiwan), a kalibracija ravnoteže bjeline obavlja se pomoću standardne bijele keramičke

pločice (*CR – A43, Konica Minolta, Japan*). Nakon digitaliziranja, uzorci se obrađuju pomoću *ImageJ* softvera (Zhu, H. i sur., 2011; Prodanov, D. i sur., 2012). Korekcija promjera kapljica obavlja se pomoću korekcijskih faktora (Marcal, R.S., i sur., 2008; Hoffman, W.C. i sur., 2005). Za statističku obradu podataka koristi se *STATISTICA (operating software StatSoft, Inc., 2011 – data analysis software system, version 10.0)*.

Tijekom istraživanja mjere se vremenski uvjeti (temperatura i vlažnost zraka, solarna radijacija, brzina vjetera i smjer), te određeni i lisni faktori vinograda u istraživanju, Tablica 3.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

U Tablici 3 prikazani su rezultati mjerenja vremenskih uvjeta te indeksi lisnih površina *LAI* (*leaf area index*) i *LAD* (*leaf area density*), te vremenskih uvjeta, gdje je:  $E_e$  – solarna radijacija;  $T_z$  – temperatura zraka;  $\omega_z$  – vlažnost zraka;  $v_v$  – brzina vjetera;  $\uparrow$  – smjer vjetera.

**Tablica 3. Vremenski uvjeti i lisni indeksi**

**Table 3 Weather conditions and leaf factors**

Statistički parametri <i>Statistical parameters</i>	Vremenski uvjeti tijekom istraživanja <i>Weather conditions during the experiment</i>					Lisni indeksi <i>Leaf area</i>	
	$E_e$ , Wm <sup>-2</sup>	$T_z$ , °C	$\omega_z$ , %	$v_v$ , ms <sup>-1</sup>	$\uparrow$ , °	<i>LAI</i> , m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup>	<i>LAD</i> , m <sup>2</sup> m <sup>-3</sup>
$\bar{X}$	334,19	19,04	51,54	1,25	244,65	1,65	15,45
$\sigma$	171,84	1,87	3,61	0,21	24,38	0,17	2,16
<i>C.V.</i> , % <i>K.V.</i> , %	51,41	9,80	7,01	16,47	9,96	10,49	13,97

U Tablicama 3. i 4. prikazana su glavna svojstva istraživanja s aksijalnim i radijalnim raspršivačem, te je prikazana analiza varijance za ispitivane čimbenike. Korištene oznake su sljedeće:  $\bar{A}_p$  – prosječna pokrivenost površine;  $\bar{n}_k$ /cm<sup>2</sup> – prosječni broj kapljica/cm<sup>2</sup>;  $\bar{d}_k$  – prosječni promjer kapljica; *A* – tip mlaznice (*A*<sub>1</sub> – *TR8003*; *A*<sub>2</sub> – *TR 8002*; *A*<sub>3</sub> – *TR80015*); *B* – brzina gibanja stroja (*B*<sub>1</sub> – 6 kmh<sup>-1</sup>; *B*<sub>2</sub> – 8 kmh<sup>-1</sup>); *C* – norma raspršivanja (*C*<sub>1</sub> – 250 lha<sup>-1</sup>; *C*<sub>2</sub> – 300 lha<sup>-1</sup>; *C*<sub>3</sub> – 350 lha<sup>-1</sup>).



V. Tadić i sur.: Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja  
na pokrivenost lisne površine u vinogradu

**Tablica 4. Analiza varijance za glavna svojstva istraživanja s aksijalnim raspršivačem**

**Table 4 Analysis of variance for the main properties of the research with an axial mistblower**

ANOVA		$\bar{A}_p, \%$				$\bar{n}_k / \text{cm}^2$			
		$\bar{X}$	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$	$F\text{-test}$	$\bar{X}$	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$	$F\text{-test}$
A	$A_1$	33,68	2,89	3,92	22,87**	48,83	2,22	3,01	1750,97**
	$A_2$	37,60				81,88			
	$A_3$	42,05				106,07			
B	$B_1$	33,34	2,21	2,92	76,70**	70,90	1,68	2,21	409,90**
	$B_2$	42,21				86,95			
C	$C_1$	32,63	2,15	2,91	31,38**	68,69	1,92	2,61	232,52**
	$C_2$	38,29				78,48			
	$C_3$	42,41				89,62			
$AB$			4,26	5,97	0,11 n.s.	$AB$	3,24	4,55	29,49**
$AC$			4,16	6,05	1,27 n.s.	$AC$	3,72	5,42	20,74**
$BC$			3,21	4,50	20,54**	$BC$	2,87	4,03	34,74**
$ABC$			7,08	11,75	0,98 n.s.	$ABC$	6,34	10,52	20,54**
ANOVA		$\bar{d}_k, \mu\text{m}$				zanošenje, drift, %			
		$\bar{X}$	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$	$F\text{-test}$	$\bar{X}$	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$	$F\text{-test}$
A	$A_1$	209,20	13,12	17,78	14,61**	17,07	0,51	0,69	42,91**
	$A_2$	184,54				19,01			
	$A_3$	175,87				18,89			
B	$B_1$	197,75	6,83	8,99	9,69**	16,50	0,25	0,33	359,34**
	$B_2$	181,33				20,14			
C	$C_1$	207,83	8,78	11,90	13,29**	16,88	0,35	0,47	92,64**
	$C_2$	185,54				18,05			
	$C_3$	175,25				20,04			
$AB$			13,16	18,45	1,70 n.s.	$AB$	0,49	0,68	30,61**
$AC$			17,00	24,73	1,56 n.s.	$AC$	0,67	0,98	19,81**
$BC$			13,11	18,39	3,18*	$BC$	0,52	0,73	74,98**
$ABC$			28,94	48,00	2,41 n.s.	$ABC$	1,15	1,91	15,64**

V. Tadić i sur.: Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja  
na pokrivenost lisne površine u vinogradu

**Tablica 5. Analiza varijance za glavna svojstva istraživanja s radijalnim raspršivačem**

**Table 5 Analysis of variance for the main properties of the research with a radial mistblower**

ANOVA		$\bar{A}_p, \%$				$\bar{n}_k / \text{cm}^2$			
		$\bar{X}$	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$	$F\text{-test}$	$\bar{X}$	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$	$F\text{-test}$
A	$A_1$	46,18	5,42	7,36	21,78**	48,01	4,58	6,20	261,26**
	$A_2$	54,64				86,50			
	$A_3$	58,49				108,98			
B	$B_1$	51,50	2,48	3,26	4,21*	73,24	4,97	6,54	51,79**
	$B_2$	54,70				89,09			
C	$C_1$	46,15	3,73	5,06	23,76**	72,36	5,61	7,60	39,14**
	$C_2$	53,49				76,38			
	$C_3$	59,22				94,75			
AB			4,78	6,70	0,19 n.s.	AB	9,57	13,43	3,51*
AC			7,23	10,52	3,02*	AC	10,86	15,80	9,42**
BC			5,58	7,82	9,68**	BC	8,38	11,75	11,63**
ABC			12,31	20,43	3,39*	ABC	18,49	30,68	5,96**
ANOVA		$\bar{d}_k, \mu\text{m}$				zanošenje, drift, %			
		$\bar{X}$	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$	$F\text{-test}$	$\bar{X}$	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$	$F\text{-test}$
A	$A_1$	214,70	9,34	12,66	110,64**	13,27	0,25	0,34	144,55**
	$A_2$	173,25				14,37			
	$A_3$	157,37				16,12			
B	$B_1$	196,30	4,84	6,36	79,94**	15,69	0,34	0,45	253,05**
	$B_2$	167,25				13,49			
C	$C_1$	199,83	7,86	10,66	43,18**	12,65	0,23	0,31	242,74**
	$C_2$	182,62				14,75			
	$C_3$	162,87				16,37			
AB			9,30	13,05	12,77**	AB	0,66	0,93	213,42**
AC			15,22	22,15	8,82**	AC	0,45	0,65	84,68**
BC			11,74	16,46	1,57 n.s.	BC	0,34	0,48	123,52**
ABC			25,91	42,98	7,31**	ABC	0,76	1,27	70,51**

Tablice 4 i 5 pokazuju da glavni tehnički čimbenici raspršivanja (tip mlaznice, brzina gibanja i norma raspršivanja) imaju statistički značajan učinak (\*\*) na glavna svojstva istraživanja (prosječnu pokrivenost površine, prosječni broj kapljica/cm<sup>2</sup>, prosječni promjer kapljica i intenzitet zanošenja. Sa smanjenjem *ISO* broja mlaznice (od *TR8003C* prema *TR80015C*) te s povećanjem brzine gibanja (od 6 prema 8 kmh<sup>-1</sup>) i norme raspršivanja (od 250 prema 350 lha<sup>-1</sup>), statistički značajno se povećavaju prosječna pokrivenost površine, broj kapljica/cm<sup>2</sup> i intenzitet zanošenja. Vrlo je važno povećati svojstva pokrivenosti površine i broja kapljica, ali povezano s time povećava se i intenzitet zanošenja tekućine, što je neizbježno. Stoga je cilj prilagođavanja tehničkih čimbenika raspršivanja odrediti granicu do koje se treba povećavati pokrivenost tretirane površine, a da intenzitet zanošenja ne ostvaruje prevelike vrijednosti.

Pri raspršivanju tekućine s određenom mlaznicom, brzinom gibanja i normom koristi se točno određeni radni tlak prema izrazima 1 i 2. Ako se metodikom istraživanja želi povećati radnu brzinu za raspršivanje iste norme i s istom mlaznicom, radni tlak se mora povećati (npr. S mlaznicom *TR 8002C*, normom raspršivanja od 350 lha<sup>-1</sup> i brzinom gibanja od 6 kmh<sup>-1</sup> potreban je radni tlak od 6,38 bara za raspršivanje navedene norme; a ako se brzina gibanja poveća na 8 kmh<sup>-1</sup>, potreban je radni tlak od 11,34 bara za raspršivanje navedene norme, Tablica 2). S povećanjem radnog tlaka, *LSD test* i koeficijent korelacije pokazuju da se prosječna pokrivenost tretirane površine povećava (aksijalni raspršivač,  $r = 0,81$ ; radijalni raspršivač,  $r = 0,80$  – Tablica 6). Također, može se zamijetiti da se povećavanjem prosječne pokrivenosti tretirane površine povećava intenzitet zanošenja (aksijalni raspršivač,  $r = 0,85$ ; radijalni raspršivač,  $r = 0,52$  (?)), pa se ponovno nameće pitanje kako poboljšati svojstva pokrivenosti tretirane površine i intenziteta zanošenja.

Drugačije rezultate pokazuje svojstvo prosječnog promjera kapljica – sa smanjenjem *ISO* broja mlaznice te s povećanjem brzine gibanja i norme raspršivanja, navedeno svojstvo se smanjuje. Svi navedeni slučajevi prikazani su u Tablici 6.

**Tablica 6. Koeficijent korelacije za glavna svojstva istraživanja**

**Table 6 Coefficient of correlation for the main properties in the research**

Korelacija Correlation (r)	Aksijalni raspršivač <i>Axial mistblower</i>				Radijalni raspršivač <i>Radial mistblower</i>			
	<i>x axis</i> →							
<i>y axis</i> ↑	<i>p</i> , bar	$\bar{n}_k$ /cm <sup>2</sup>	$\bar{d}_k$ , μm	zanošenje <i>drift</i> , %	<i>p</i> , bar	$\bar{n}_k$ /cm <sup>2</sup>	$\bar{d}_k$ , μm	zanošenje <i>drift</i> , %
$\bar{A}_p$ , %	0,81	0,74	- 0,62	0,85	0,80	0,61	- 0,62	0,52 (?)
$\bar{n}_k$ /cm <sup>2</sup>	0,95	-	-	-	0,89	-	-	-
$\bar{d}_k$ , μm	- 0,81	- 0,75	-	-	- 0,90	- 0,85	-	-
zanošenje <i>drift</i> , %	0,71	0,61	- 0,62	-	0,65	- 0,71	0,41 n.s.	-

S obzirom na tehničke karakteristike konstrukcije raspršivača (aksijalni i radijalni), realno je za očekivati da će rezultati ispitivanih svojstava biti različiti. Usporedba se obavlja s neparametrijskim *Sign Test* – om za sve tretmane istraživanja, sa statističkom značajnošću na razini  $\alpha = 0,05$ . Također, usporedba varijabli se obavlja koristeći *Wilcoxon Matched Pairs Test* ( $\alpha = 0,05$ ). Rezultati navedenih obilježja prikazani su u Tablici 7.

**Tablica 7. Razlike glavnih svojstava istraživanja s obzirom na raspršivače**

**Table 7 Differences in the main properties of mistblowers**

Raspršivač <i>Mistblower</i>	$\bar{A}_p$ , %	$\bar{n}_k$ /cm <sup>2</sup>	$\bar{d}_k$ , μm	zanošenje <i>drift</i> , %
Aksijalni <i>Axial</i>	37,84	78,93	190,11	18,33
Radijalni <i>Radial</i>	53,15	81,67	182,28	14,59
Razlika <i>Difference</i> , %	28,80	3,36	4,11	20,40
Z <sup>+</sup>	3,53*	2,12*	1,64 n.s.	2,59*
p <sup>+</sup>	0,000	0,033	0,098	0,009
Z <sup>++</sup>	3,68*	2,19*	1,76 n.s.	3,28*
p <sup>++</sup>	0,000	0,027	0,077	0,001

Rezultati prikazani u tablici gore pokazuju da se glavna svojstva istraživanja statistički značajno razlikuju pri eksploataciji aksijalnog i radijalnog raspršivača, osim prosječnog promjera kapljica (*Sign test*:  $Z = 1,64$ ;  $p = 0,098$  n.s.; *Wilcoxon Matched Pairs Test*:  $Z = 1,76$ ;  $p = 0,077$  n.s.). Najveća razlika između navedenih strojeva ostvaruje se kod prosječne pokrivenosti površine, gdje radijalni raspršivač ostvaruje veću pokrivenost za 28,80 %.

## ZAKLJUČAK

Prema vremenskim uvjetima tijekom istraživanja, zaključuje se da je aplikacija obavljena prema pravilima zaštite bilja u gotovo idealnim uvjetima. Korištene norme raspršivanja prikladne su za uzgojni oblik i lisne indekse vinograda te slijede globalne trendove smanjivanja norme raspršivanja. Brzine gibanja raspršivača nalaze se u okviru optimalnih agrotehničkih brzina, a korištene mlaznice osiguravaju zadane norme raspršivanja.

Glavni tehnički čimbenici imaju statistički značajan učinak na glavna svojstva istraživanja. Smanjenjem *ISO* broja mlaznica te povećanjem brzine gibanja i norme raspršivanja, povećava se pokrivenost tretirane površine, broj kapljica/cm<sup>2</sup> i intenzitet zanošenja, a smanjuje se prosječni promjer kapljica. Usporedbom rezultata ostvarenih s različitim raspršivačima, bolje rezultate ostvaruje radijalni raspršivač. Tehnička konstrukcija raspršivača iznimno je važna, jer se pokazalo da radijalni raspršivač ostvaruje veću pokrivenost tretirane površine s manjim intenzitetom zanošenja. U prilagođavanju tehničkih čimbenika raspršivanja teži se prema glavnom zadatku zaštite bilja, a to je ostvarivanje zadovoljavajućeg (dovoljno visokog) koeficijenta pokrivenosti tretirane površine sa što manjim intenzitetom zanošenja. Navedeno se ostvaruje aplikacijom u povoljnim vremenskim uvjetima i s tehnički ispravnim raspršivačem (po mogućnosti radijalnim). Ne može se jednoznačno ustvrditi da rezultati istraživanja mogu poslužiti za sve vinograde i raspršivače, nego je potrebno za svaki pojedinačni nasad odrediti tehničke čimbenike istraživanja.

Slična istraživanja obavljena su u nasadu jabuke, sa sličnom metodikom istraživanja te identičnim raspršivačima (Tadić, V., 2013; Tadić, V. i sur., 2014). Ostvareni rezultati istraživanja slični su rezultatima ostvarenim u ovome istraživanju, gdje se ostvaruje isti utjecaj tehničkih čimbenika na svojstva istraživanja, s očiglednom razlikom između korištenih raspršivača. Stoga, navedeni rezultati i zaključci ovih istraživanja mogu poslužiti svim poljoprivrednim proizvođačima pri prilagođavanju tehničkih čimbenika

istraživanja u svojim nasadima jer do sada u postoji mali broj sličnih istraživanja. Također, od neophodne važnosti je daljnje istraživanje tehničkih čimbenika raspršivanja s obzirom na mogućnosti smanjenja troškova zaštite bilja; smanjenja dodatnog zagađenja ekosustava s pesticidima te njihovog većeg biološkog učinka na štetočinje.

## LITERATURA

1. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj, Ž., Lukač, P. (2010): Unapređenje tehnike aplikacije pesticida, Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
2. Banaj, Đ., Tadić, V., Petrović, D. (2012): Testiranje tehničkih sustava u zaštiti bilja u Republici Hrvatskoj, 40. međunarodni simpozij Aktualni zadatci mehanizacije poljoprivrede, Opatija, 305 – 310.
3. Banaj, Đ., Tadić, V., Vujčić, B., Lukinac, J. (2010): Procjena pokrivenosti lisne površine u nasadu jabuke pomoću vodoosjetljivih papirića, 38. međunarodni simpozij Aktualni zadatci mehanizacije poljoprivrede, Opatija, 183 – 190.
4. De Moor, A., Langenakens, J., Vereecke, E. (2000): Image analysis of water sensitive paper as a tool for the evaluation of spray distribution of orchard sprayers, *Aspects of Applied Biology*, 57.
5. Derksen, R.C., Zhu, H., Fox, R.D., Brazeel, R.D., Krause, C.R. (2007): Coverage and Drift Produced by Air Induction and Conventional Hydraulic Nozzles Used for Orchard Applications, *Transactions of the ASABE*, 50(5): 1493-1501.
6. Doruchowski, G., Hołownicki, R., Godyń, A., Świechowski, W. (2012): Sprayer calibration training – concept and performance, Fourth European Workshop on Standardized Procedure for the Inspection of sprayers, SPISE 4, Lana (South Tyrol), 166 – 171.
7. Doruchowski, G., Hołownicki, R., Godyn, A. (2012): Calibration of orchard sprayers – the parameters and methods, Fourth European Workshop on Standardized Procedure for the Inspection of sprayers, SPISE 4, Lana (South Tyrol), 140 – 144.
8. Foqué, D. (2012): Optimization of spray application technology in ornamental crops, PhD Thesis, Ghent University, Belgium
9. Hoffmann, W.C., Hewitt, A.J. (2005): Comparison of three imaging systems for water – sensitive papers, *Applied Engineering in Agriculture*, 21(6): 961– 964.

10. Mahmood, H.S., Iqbal, M., Hussain, A., Hamid, T. (2004): Improved surface coverage with environmentally effective university boom sprayer, *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 41:(3-4).
11. Marcal, R.S. (2008): Alternative Methods for Counting Overlapping Grains in Digital Images Image Analysis and Recognition, *Lecture Notes in Computer Science*, 5112.
12. Ozkan, H.E., Derksen, R.C. (2004): Effectiveness of Turbodrop and Turbo Teejet Nozzles in Drift Reduction, *Ohio State University Extension Fact Sheet*, AEX-524-98, [ohioline.ag.ohio-state.edu](http://ohioline.ag.ohio-state.edu), USA.
13. Panneton, B., Lacasse, B., Thériault, R. (2005): Penetration of spray in apple trees as a function of airspeed, airflow, and power for tower sprayers, *Canadian Biosystems Engineering*, 47:2.13-2.20.
14. Panneton, B.; Lacasse, B. (2004): Effect of air-assistance configuration on spray recovery and target coverage for a vineyard sprayer, *Canadian Biosystem Engineering*, 26.
15. Papadakis, S.E., Abdul-Malek, S., Kamdem, R.E., Yam, K.L. (2000): A Versatile and Inexpensive Technique for Measurement Color of Foods, *Food Technology*, 54: 48–51.
16. Porras Soriano, A., Porras Soriano, M.L., Porras Piedra, A., Soriano Martín, M.L. (2005): Comparison of the pesticide coverage achieved in a trellised vineyard by a prototype tunnel sprayer, a hydraulic sprayer, an air-assisted sprayer and a pneumatic sprayer, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 3(2), 175-181.
17. Prodanov, D., Verstreken, K. (2012): Automated Segmentation and Morphometry of Cell and Tissue Structures. Selected Algorithms in ImageJ, In *tech open sciens/open minds, Molecular Imaging*, 183 – 208.
18. Tadić, V. (2013): Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine u trajnim nasadima, *Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet u Osijeku*.
19. Tadić, V., Banaj, Đ., Petrović, D., Knežević, D. (2015): Impact of technical spraying factors on leaf area coverage in a vineyard with Hardi Zatur axial fan sprayer, *The Second International Symposium on Agricultural Engineering, ISAE – 2015, Belgrade, Serbia*, 183 – 189.
20. Tadić, V., Monika Marković, Plaščak, I., Stošić, M., Jasmina Čačić – Lukinac, B. Vujčić (2014): Impact of technical spraying factors on leaf area coverage in an apple orchard, *Tehnički vjesnik 21 (5): 1117-1124*.

21. Tadić, V., Banaj, Đ., Banaj, Ž. (2009): Smanjenje zanošenja pesticida u funkciji zaštite okoliša, Drugi međunarodni znanstveni/stručni simpozij; Poljoprivreda u zaštiti okoliša, Vukovar, 148 – 156.
22. Tadić, V., Banaj, Đ., Petrović, D., Knežević, D., Lukinac Čačić, Jasmina, Menđušić, I. (2014): Brzina i protok zraka s različitim tipovima raspršivača, Agronomski glasnik, 75 (4): 181 – 196.
23. Tekele, D.D., Kawade, S.C., Sawnat, B.P., (2007): Performance Evaluation of Air Carrier Sprayer for Orange Orchard, Karnataka J. Agric. Sci., 20(2): 330-332.
24. Wee, A.G., Lindsey, D.T., Kuo, S., Johnston, W.M. (2006): Colour accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry, Dental Material, 22: 553–559.
25. Wolf, R.E. (2003): Assessing the ability of dropletscan to analyse spray droplets from a ground operated sprayer, Applied Engineering in Agriculture, 19(5): 525–530.
26. Wolf, R.E., Williams, W.L., Gardisser, D.R., Whitney, R. (2004): Using DropletScan to Analyse Spray Quality, Faction sheet of the Biological and Agricultural Engineering, Kansas State University, SAD.
27. Zhu, H., Salyani, M., Fox, R.D. (2011): A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution, Computers and Electronics in Agriculture, 76: 38–43.

**Adrese autora – Author's addresses:**

Doc.DSc Vjekoslav Tadić,

vtadic@pfos.hr;

Dsc Vladimir Zebec;

DSc Marija Ravlić,

Doc.DSc Bojana Brozović,

Doc.DSc Jelena Ilić

Faculty of Agriculture in Osijek, J.J. Strossmayer University of Osijek,

Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Croatia

Branimir Vujčić, MSc

College of Slavonski Brod, Dr. Mile Budaka 1,

35 000 Slavonski Brod, Croatia

**Primljeno – Received:**

.2016.