

# Utjecaj konvencionalnog i sezonskog raspršivanja na zanošenje i depozit tekućine u nasadu višnje

---

**Miškulin, Petra**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:457307>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-25**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Petra Miškulin

Diplomski studij Mehanizacija

**UTJECAJ KONVENCIONALNOG I SENZORSKOG RASPRŠIVANJA NA  
ZANOŠENJE I DEPOZIT TEKUĆINE U NASADU VIŠNJE**

**Diplomski rad**

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Petra Miškulin

Diplomski studij Mehanizacija

**UTJECAJ KONVENCIONALNOG I SENZORSKOG RASPRŠIVANJA NA  
ZANOŠENJE I DEPOZIT TEKUĆINE U NASADU VIŠNJE**  
**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof.dr.sc. Đuro Banaj, predsjednik
2. izv.prof.dr.sc. Vjekoslav Tadić, mentor
3. dr.sc. Anamarija Banaj, član

Osijek, 2021.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	3
2.1. Depozit tekućine .....	3
2.2. Norma raspršivanja .....	4
2.3. Mlaznice .....	4
2.4. Zračna struja .....	5
2.5. Zanošenje tekućine (drift) .....	5
2.6. Senzori .....	6
2.6.1. Ultrazvučni senzori .....	7
2.7. Selektivna aplikacija (VRT, engl. Variable Rate Technology) .....	8
3. CILJ ISTRAŽIVANJA .....	9
4. MATERIJAL I METODE RADA .....	10
4.1. Karakteristike nasada višnje .....	10
4.2. Postavljanje pokusa .....	11
4.3. Sustav senzora .....	13
4.4. Raspršivač Agromehanika ENU 200 .....	15
4.5. Mlaznice .....	16
4.6. Organska boja Tartrazine .....	17
4.7. Spektrofotometrija .....	18
4.8. Norma raspršivanja .....	18
4.9. Brzina zračne struje .....	20
4.10. Statistička obrada podataka .....	22
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....	23
5.1. Određivanje norme raspršivanja i radnog tlaka .....	23
5.2. Rezultati glavnih svojstava istraživanja .....	24
5.2.1. Zemljišno zanošenje tekućine raspršivačem Agromehanika .....	24
5.2.2. Zračno zanošenje s raspršivačem Agromehanika na 5 m .....	29
5.2.3. Zračno zanošenje tekućine raspršivačem Agromehanika na 10 m .....	34
5.2.4. Rezultati mjerenja depozita u krošnji raspršivačem Agromehanika .....	38
6. RASPRAVA .....	41
6.1. Glavni tehnički čimbenici raspršivanja .....	41

6.1.1. Utjecaj norme raspršivanja .....	42
6.1.2. Utjecaj tipa mlaznica.....	43
6.1.3. Utjecaj brzine zračne struje.....	44
6.1.4. Selektivna aplikacija .....	46
7. ZAKLJUČAK .....	49
8. LITERATURA .....	50
9. SAŽETAK .....	56
10. SUMMARY .....	57
11. POPIS SLIKA.....	58
12. POPIS TABLICA .....	59
13. POPIS GRAFIKONA .....	60

## 1. UVOD

Poljoprivreda se, u cilju prehrane stanovništva, kao grana gospodarske djelatnosti bavi proizvodnjom hrane biljnog i životinjskog podrijetla. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske tijekom 2016. godine obrađeno je 71 728 ha pod trajnim nasadima. Potrošnja pesticida na 2 515 512 ha obrađenih površina iznosila je 5 587 798 kg. Jedan od glavnih ciljeva poljoprivredne proizvodnje je sa što manjim ulaganjima postići što veći prinos po jedinici površine. Iako se nastoji smanjiti input u poljoprivrednoj proizvodnji, potrošnja pesticida je u stalnom porastu. S ekonomskog, a tako i sa stajališta zaštite okoliša, glavni problem suvremene intenzivne poljoprivrede je prekomjerna uporaba sredstava za zaštitu bilja. Sredstva za zaštitu bilja u najvećoj mjeri doprinijela bi razvoju poljoprivredne proizvodnje kada bi imala samo prednosti, no nažalost postoje i određeni nedostaci. Nerijetko djeluju štetno i na korisne i bezopasne organizme te se nalaze u cjelokupnom agroekološkom sustavu. Pesticidi bi, u idealnom slučaju, trebali biti toksičan samo za ciljane organizme, biorazgradivi i ekološki prihvatljivi. S obzirom da je poljoprivreda zauzela mjesto među vodećim onečišćivačima okoliša, krajnje je vrijeme da se poljoprivredna proizvodnja usmjeri ka novim tehnologijama.

Trajni nasadi su jedna od grana poljoprivredne proizvodnje čija se proizvodnja intenzivira po jedinici površine sadnjom s manjim međurednim razmakom. Kao rezultat dolazi do promjena u gospodarenju (gnojidba, aplikacija škropiva, navodnjavanje). Intenziviranjem proizvodnje javlja se negativna pojava povećanja upotrebe pesticida. Zbog navedenog, Europska unija uvođenjem niza mjera za kontrolu i poboljšanje primjene pesticida pokušava napraviti značajne promjene. Ciljevi Europske direktive 128/2009/E2 su smanjenje zanošenja tekućine izvan ciljanog prostora zaštite bilja i poboljšana učinkovitost aplikacije škropiva te istom navodi da je svaka članica EU dužna donijeti akcijski plan uporabe pesticida. Prema navedenom akcijskom planu iznimno važan je tehnički pregled strojeva i uređaja za aplikaciju pesticida.

Nepravilnim podešavanjem parametara raspršivanja može se utjecati na niz negativnih čimbenika poput pokrivenosti površine, pojavu zanošenja kapljica, povećane potrošnje pesticida, slabo prodiranje pesticida u krošnju i mnoge druge koji mogu dovesti do ponovne pojave bolesti. Štetan učinak pesticida na ljudsko zdravlje nastoji se smanjiti uporabom novih

tehnologija kombiniranjem elektroničkih sklopova i računalne opreme. Automatizirani strojevi s mogućnošću varijabilnog inputa značajno utječu na smanjenje troškova i negativnog utjecaja na okoliš.

Prema definiciji, zanošenje tekućine ili drift je sve ono što kapljice mlaza skreće sa zamišljenog pravca gibanja, prema kojem bi one trebale okomito pasti na predmet zaštite (Banaj i sur., 2013.). Za navedenu pojavu prilikom aplikacije pesticida u svjetskoj literaturi koristi se termin „drift“ kao naziv za neželjeno zanošenje tekućine izvan ciljanog prostora zaštite bilja. Razlikovati možemo dva osnovna tipa zanošenja: zemljišno i zračno. Zemljišno zanošenje tekućine podrazumijeva gubitak tekućine kapanjem sa listova krošnje ili taloženjem zanesene tekućine zračnom strujom izvan ciljanog prostora zaštite bilja na tlo. Neželjeno odnesena tekućina zračnom strujom izvan ciljanog prostora zaštite bilja naziva se zračno zanošenje tekućine. Tretirano stablo čine niz raznih elemenata različitih geometrijskih oblika (grane, lišće, cvjetovi, plodovi) smještenih u malom trodimenzionalnom prostoru. Niz čimbenika utječe na zaklonjenost jednog ili više listova, bez obzira na kut aplikacije, te zaklonjena mjesta na taj način postaju potencijalno mjesto za razvoj bolesti.

Nekoliko metoda aplikacije razvijeno je za učinkovitu i sigurnu primjenu zaštitnih sredstava: raspršivači s reciklirajućim sustavom, uporaba GIS-a i razvoj tzv. pametnih raspršivača s promjenjivom normom raspršivanja. GIS kao dio suvremene tehnologije daje veliku prednost u efikasnoj zaštiti bilja (Jurišić i sur., 2015.).

Na osnovu dobivenih rezultata tokom ovog istraživanja donijet će se zaključak koji sustavi raspršivanja i kombinacija tehničkih čimbenika ostvaruju najmanje zanošenje tekućine izvan ciljanog objekta, a da pri tome depozit u krošnji ostaje unutar statistički značajnih granica. S obzirom da su dosadašnja istraživanja pokazala vrlo dobre rezultate u smislu uštede škropiva (20-80%), komercijalna proizvodnja raspršivača opremljenih senzorskim sustavima nije značajna. Ovo istraživanje pružit će korisne informacije poljoprivrednicima o načinu unapređenja tehnike aplikacije pesticida u cilju značajnih ušteda u poljoprivrednoj proizvodnji.

## 2. PREGLED LITERATURE

Primjena pesticida je najučinkovitija i najviše korištena metoda zaštite bilja od štetočina u poljoprivredi (Maynagh i sur., 2009.). Ovisno o intenzitetu uporabe kemijskih sredstava za zaštitu bilja pojavljuju se kratkotrajni i dugoročni negativni učinci na okoliš (Maghsoudi i Minaei, 2013.). Tehnologija za smanjenje zanošenja tekućine izvan ciljanog prostora zaštite bilja temelji se na proučavanju i unapređenju kvalitete raspršivanja s obzirom na veličinu kapljica, brzinu gibanja, klimatske uvjete i niz drugih vrijednih čimbenika. Istraživači u ovom području suočavaju se s izazovom do koje granice je moguće optimizirati raspršivanje da pokrivenost tretirane površine bude optimalna, a biološka učinkovitost pesticida ostane nepromijenjena (Petrović, 2018.).

### 2.1. Depozit tekućine

Glavni cilj aplikacije škropiva je dobiti što ravnomjerniju pokrivenost lisne površine s optimalnim depozitom (Petrović, 2018.). Loša raspodjela škropiva može smanjiti učinkovitost raspršivanja i povećati opasnost od onečišćenja okoliša (Vercruysse i sur., 1999.). Na pravilnu depoziciju škropiva utječu razni čimbenici kao što su struktura i oblik krošnje, fizikalno - kemijska svojstva pesticida, agroklimatski uvjeti i primijenjena tehnika raspršivanja (Jaeken i sur., 2001.; Nuyttens i sur., 2009.; Catania i sur., 2011.). Oblik krošnje izravno utječe na depoziciju škropiva, a na taj način i uspješnost raspršivanja. Smanjenjem depozita u srednjem dijelu krošnje povećava se mogućnost ponovne pojave štetočina (Farooq i Salyani, 2002.; Cross i sur., 2003.; Salyani i sur., 2006.).

Barčić (1999.) navodi da je gibanje stroja i brzina zračne struje od posebnog značaja za depoziciju kapi.

Istraživanje dodatno otežava i specifičnost promjene agroklimatskih uvjeta u kratkom razdoblju i promjena oblika krošnje tijekom vegetacije. Araújo i sur. (2016.) istražuju utjecaj oborina na depozit unutar krošnje, te navode da kiša nepovoljno utječe na optimalan depozit u gornjim dijelovima krošnje gdje gubitak škropiva iznosi od 4 do 5,7 % pri dnevnoj količini oborina od 14,3 do 26,4 mm.



## 2.2. Norma raspršivanja

Jedan od ključnih koraka za pravilnu provedbu zaštite bilja je pravilno određivanje norme raspršivanja. U praksi se do sada koristila fiksna norma raspršivanja tijekom cijelog vegetativnog razvoja biljke što je rezultiralo premalim ili prevelikim doziranjem škropiva te time i neuspjelom zaštitom nasada. Uz navedeno, moguća je i pojava rezistentnosti štetočina u nasadu na određeno sredstvo, povećanje troškova proizvodnje i onečišćenje okoliša.

Poznati su različiti načini određivanja norme raspršivanja  $l\ ha^{-1}$  koje koriste autori u svjetskoj literaturi: TRV – Tree Row Volume (Gil i sur., 2007.; Deveau, 2010.), CAS – Crop Adapted Spraying, (Manktelow, 1998.) i UCR - Unit Canopy Row (Weisser i sur., 2002.). Barani i sur. (2008.) uspješno koriste UCR metodu u vinogradima za određivanje optimalne norme raspršivanja. Gil i sur. (2007.) navode da primjena prilagođene norme raspršivanja u vinogradu temeljena na TRV metodi ostvaruje povećanje učinkovitost u usporedbi s konvencionalnom aplikacijom.

Unazad dva desetljeća proučavaju se mogućnosti primjene prilagođene norme raspršivanja prema trenutnim potrebama nasada. Uporaba selektivne aplikacije u trogodišnjem nasadu kajsije omogućuje značajno smanjenje norme raspršivanja od 17,78 %, odnosno 19,03 % u dvogodišnjem zasadu (Sedlar i sur., 2011.).

## 2.3. Mlaznice

Mlaznice predstavljaju posljednji element u procesu raspršivanja i glavna uloga im je što kvalitetnije raspršivanje mlaza. Karakteristike mlaznica kao što su oblik, tip i tehnička izvedba mlaznica mogu utjecati na pojavu zanošenja tekućine.

Mlaznice koje generiraju veće kapljice ostvaruju manju udaljenost raspršivanja od mlaznica sa sitnijim kapima, ali su otpornije na zanošenje tekućine. Mlaznice IDK generiraju kapljice većeg promjera, manje brzine gibanja kapljica i smanjene fluktuacije. Stabilna raspodjela brzine raspršivanja kapljica u mlazu povoljno utječe na ravnomjerni depozit (Dorr i sur., 2014.).

## 2.4. Zračna struja

Djelotvornost zračne mase pri raspršivanju u trajnim nasadima ovisi o brzini i geometriji zračne struje koju generira ventilator raspršivača (Holownicki i sur., 2000.; Panneton i sur., 2005.). Tadić i sur., 2014. te Banaj i sur., 2014., 2016. istražuju brzinu zračne struje s različitim čimbenicima podešavanja (položaj lopatica ventilatora i broj okretaja pogonskog vratila). Prevelika brzina zračne struje dovodi do loše pokrivenosti i prekomjernog zanošenja tekućine izvan ciljanog prostora zaštite bilja, dok nedovoljna brzina zračne struje za posljedicu ima lošu pokrivenost i smanjeni depozit u gornjim slojevima krošnje. Učinkovitost aplikacije može se definirati kao omjer depozita pesticida na ciljanom objektu raspršivanja (krošnji) i ukupne količine norme raspršivanja pesticida koji je korišten (Petrović, 2018.).

## 2.5. Zanošenje tekućine (drift)

Zanošenje tekućine vodeći je problem pri aplikaciji škropiva u tretiranoj kulturi. Zanošenje tekućine utječe nepovoljno na ljudski organizam, životinje te na okoliš u kojem se tretirana kultura nalazi. Zbog prethodno navedenog, unazad tri desetljeća provode se istraživanja i razne metode kako bi se zanošenje tekućine smanjilo. Prilikom aplikacije škropiva potrebno je poštovati preporuke koje nalažu da se aplikacija sa standardnim mlaznicama može obavljati samo u optimalnim vremenskim uvjetima (Tadić i sur., 2009.). Glavni čimbenici koji se moraju poštovati su: relativna vlažnost zraka iznad 60 %, temperatura zraka ispod 22 °C i brzina vjetra manja od 3 m s<sup>-1</sup>. Zračno – injektorske mlaznice podržavaju rad i u nešto nepovoljnijim vremenskim uvjetima koji su dozvoljeni prilikom aplikacije. Isti autor navodi na koji je način moguće smanjiti zanošenje tekućine tijekom zaštite bilja. Uz vremenske uvjete vrlo je bitno pravilno odrediti i podesiti sljedeće glavne tehničke čimbenike raspršivanja: brzinu gibanja raspršivača, tlak u sustavu, normu raspršivanja, tip mlaznice, brzinu i količinu zračne struje. Pravilnim podešavanjem stroja moguće je optimizirati ulazne inpute i smanjiti pojavu neželjenog zanošenja tekućine (Petrović, 2018.).

Uporaba tehnologije za smanjenje zanošenja tekućine izvan ciljanoga prostora zaštite bilja temelji se na proučavanju i unaprjeđenju kvalitete raspršivanja (Petrović i sur., 2019.).

Razne metode vizualizacije koriste se za evaluaciju neželjeno zanesene tekućine, a neke od njih su fluorescentne i vidljive boje, vodoosjetljivi papirići te LIDAR senzori. S obzirom da

se najčešće upotrebljavaju fluorescentne i vidljive boje, te da nisu opasne po zdravlje, koriste se i u prehrambenoj industriji.

Za prikupljanje zanesene tekućine izvan ciljanog prostora bilja koriste se razni kolektori, tj. sakupljači od različitih vrsta materijala i oblika. Kolektori za prikupljanje zanesene tekućine mogu biti: PVC trake različitih promjera i duljina, plastične tube, pamučne tkanine i filter papirići. Jedan od ključnih koraka kod analize zanesene tekućine i depozita je odabir odgovarajuće metode i vrste kolektora (Salyani i sur., 2006.).

Istraživanja su pokazala da metoda s filter papirićima pokazuje najveću učinkovitost, a ujedno je i cjenovno prihvatljiva (Celen 2010.; Chen i sur., 2013.; Dekeyser i sur., 2012., 2014.). Metoda evaluacije zanesene tekućine uporabom filter papirića obavlja ispiranjem uzorkovanih kolektora s određenom količinom deionizirane vode te valnu duljinu očitamo spektrofotometrom. Razvojem tehnologije spektrofotometrija je postala neizostavna tehnika za brojne analize (Petrović, 2018.).

## **2.6. Senzori**

Senzori su uređaji za otkrivanje, registraciju i mjerenje zračenja elektromagnetne energije, vlastite (emitirane) ili reflektirane. Dijelimo ih prema: konstrukciji, području spektra elektromagnetnog zračenja koje registriraju, načinu detekcije, registracije i mjerenja, prikazu detektirane energije i slično. Petrović, D. (2018.) u svom istraživanju navodi da senzori pretvaraju mjerenu fizikalnu veličinu (visinu, širinu, obujam i sl.) u analognu električnu (struju, napon, otpor) ili digitalnu informaciju. Princip funkcioniranja senzora zasnovan je na interakciji sa okolnim objektima, a reakciju pretvaraju u izlazni signal i upravljaju tehnološkim procesom. Postoji veliki broj fizikalnih pojava, načina transformacije, svojstava procesa kao i metoda pretvorbe energije koji se mogu primijeniti pri izradi senzora. Mjerenje neelektričnih signala (optički, infracrveni, induktivni i slično) počinje pretvaranjem u električni, nakon čega se obavlja procesiranje. Konačni izbor senzora zavisi od željene točnosti, tako da u slučajevima gdje nije potrebna velika točnosti nije ekonomično koristiti skupe i precizne senzore.

### 2.6.1. Ultrazvučni senzori

Broj istraživanja senzorskih sustava koji se koriste za detekciju prisutnosti biljke zadnjih godina u naglom je porastu (Rovira-Mas i sur., 2005.). Ultrazvučni senzori koriste se za određivanje udaljenosti i funkcioniraju po načelu razlika u vremenskom intervalu potrebnom da ultrazvučni val prijeđe put od senzora do detektiranog objekta i nazad. Sastoje se od ultrazvučnog primopredajnika, uređaja za formiranje izlaznog signala i pojačivača. Primopredajnik periodično emitira ultrazvučni val frekvencije 10 - 400 kHz, a zatim prima reflektirani val od detektiranog objekta (Petrović, 2018.).

Petrović i sur. (2021.) pojašnjavaju rad navedenih senzora; ultrazvučni senzori služe za određivanje udaljenosti i funkcioniranja prema principu razlike u vremenskom intervalu potrebnom za prolazak ultrazvučnog vala od senzora do otkrivenog objekta i natrag.

Raspršivači opremljeni sustavom senzora svoje funkcije temelje na određivanju tri osnovna parametra: detekciju stabla, gustoću lisne mase i strukturu krošnje tj. uzgojni oblik (Fox i sur., 2008.). Pri određivanju kada i koliko će se pesticida koristiti dolazi do pojave problema utvrđivanja prisutnosti i oblika krošnje jer su to temeljni podatci za određivanje količine aplikacije pesticida (Petrović i sur., 2019.).

Glavna prednost ove vrste senzora je robusna izvedba koja smanjuje negativan utjecaj nepovoljne radne okoline (vlaga, vibracije, prljavština, temperatura, magla) i njihova relativno niska cijena koštanja s obzirom na druge elektroničke sklopove koji se koriste u iste svrhe (Stajniko i sur., 2012.). Njihov glavni nedostatak je veliki kut divergencije ultrazvučnih valova zbog čega je ograničena rezolucija tj. točnost mjerenja (Rovira-Mas i sur., 2005.).

Ugradnjom elektronskih dijelova na konvencionalne raspršivače značajno se unaprjeđuje tehnika raspršivanja i smanjuje zanošenje tekućine raspršivanja izvan ciljanog prostora zaštite bilja Llorens i sur. (2013.).

Uporaba ultrazvučnih senzora u poljoprivrednoj proizvodnji testira se na više čimbenika. Jedan od bitnih čimbenika je udaljenost senzora od krošnje te brzina gibanja raspršivača. Ako je udaljenost senzora od krošnje manja, povratni ultrazvučni val (eho signal) bit će većeg intenziteta, a samim time i točnost mjerenja. Povećanjem udaljenosti povratni signal slabi i pojavljuju se greške prilikom očitavanja (Shirley i sur., 1989.).

## 2.7. Selektivna aplikacija (VRT, engl. Variable Rate Technology)

Napredak tehnologije tijekom proteklog desetljeća omogućio je razvoj tehnologije s promjenjivim normama aplikacije (VRT) koja omogućuje optimiziranje inputa u proizvodnji prema trenutačnim potrebama nasada. Senzorski pristup omogućava da senzori u realnom vremenu pri gibanju stroja očitavaju i uvažavaju trenutnu situaciju u polju ili trajnom nasadu. Na temelju trenutno izmjerenih podataka određuje se varijabilna norma primjene zaštitnog sredstva, gnojiva ili navodnjavanja. Selektivna aplikacija škropiva pruža mogućnost primjene zaštite bilja na ciljanu površinu s minimalnim zanošenjem škropiva (Petrović, 2018.).

Selektivna aplikacija također omogućuje, poštujući sva biološka i ekonomska načela, optimalnu količinu zaštitnog sredstva prema obliku krošnje i stadiju razvoja nasada. Glavni parametri na koje se treba obratiti pozornost prilikom pravilnog određivanja norme raspršivanja su uzgojni oblik krošnje i prostorni raspored stabala u nasadu. Primjenom selektivne aplikacije najveće uštede ostvaruju se u mladim nasadima zbog velikog praznog prostora između voćaka, a u starim nasadima na praznim mjestima u redovima.

Llorens i sur. (2013.), te Llorens i Landers (2014.) uspješno prilagođavaju sustav za ratarske prskalice Vario-Select tvrtke Lechler za uporabu na raspršivaču. Navedeni sustav sastoji se od različitih mlaznica koje se pomoću komprimiranog zraka automatski mijenjaju. Time se omogućava prilagođavanje odgovarajućeg protoka mlaznica i spektra kapljica u mlazu.

Za kvalitetno obavljanje selektivne aplikacije od presudne važnosti su detaljne informacije o obliku krošnje (Llorens i sur., 2011.). Navedeni sustav zamišljen je kao poboljšanje konvencionalnih raspršivača u smislu uštede pesticida i smanjenja onečišćenja okoliša (Solanelles i sur., 2006.; Jeon i Zhu 2012.).

### 3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Hipoteza istraživanja temeljena je na pretpostavci da će se primjenom selektivne aplikacije, te primjenom raspršivača opremljenog ultrazvučnim senzorima statistički značajno smanjiti zračno i zemljišno zanošenje tekućine, bez statistički značajne promjene depozita unutar krošnje. Navedena hipoteza ispitat će se u nasadu višnje s raspršivačem tvrtke Agromehanika te s dva načina rada raspršivanja (konvencionalno i selektivno).

Ciljevi istraživanja su utvrditi utjecaj glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (norme raspršivanja, tipa mlaznice i brzine zračne struje) koristeći raspršivač Agromehanika i sustave aplikacija (selektivno i konvencionalno) na zemljišno i zračno zanošenje, te depozit u krošnji u nasadu višnje.

Na temelju zadanih ciljeva dobit će se rezultati pomoću kojih će se empirijski zaključiti je li postavljena hipoteza utemeljena ili će se ista opovrgnuti.

Cilj i hipoteza istraživanja komplementarni su s doktorskom disertacijom (Petrović, 2018).

## **4. MATERIJAL I METODE RADA**

Materijal i metoda rada komplementarna je doktorskoj disertaciji (Petrović, 2018).

Istraživanje je provedeno u četverogodišnjem nasadu višnje (poglavlje 4.1.) s ciljem utvrđivanja utjecaja selektivne i konvencionalne aplikacije na depozit unutar krošnje, te smanjenje zemljišnog i zračnog zanošenja. Pokus je postavljen prema ISO normi 22866 koja propisuje točne postupke determiniranja zanošenja tekućine i provođenja istraživanja (poglavlje 4.2.). U istraživanju je ispitivana uporaba ultrazvučnog senzorskog sustava za selektivnu aplikaciju (poglavlje 4.3.), koji je postavljen na raspršivač Agromehanika ENU 200 (poglavlje 4.4.) s različito podešenim tehničkim čimbenicima raspršivanja: norma raspršivanja (poglavlje 4.8.), tip mlaznice (poglavlje 4.5.) i brzina zračne struje (poglavlje 4.9.). Kao bojilo tekućine upotrijebljena je organska boja Tartrazine u koncentraciji od 4 % (poglavlje 4.6.). U svrhu određivanja koncentracije otopine isprane sa kolektora (filter papirića) korištena je spektrofotometrijska metoda (poglavlje 4.7.). Dobiveni podatci su, nakon provedenog istraživanja, statistički obrađeni relevantnim statističkim metodama (4.10.).

### **4.1. Karakteristike nasada višnje**

Istraživanje je obavljeno u nasadu višnje (Slika 1.) u vlasništvu rasadnika Karolina (Osijek, Osječko-baranjska županija, Hrvatska) tijekom svibnja 2017. godine. Koordinate nasada su 45°31'17.5"N 18°46'39.6"E. Uzgojni oblik u ispitivanom nasadu je popravljena piramida s deblom visine 80 cm. Navedeni uzgojni oblik sastoji od srednje provodnice sa 7 do 9 primarnih grana koje su spiralno raspoređene u razmacima od 20 do 40 cm. Razmak između stabala iznosi 6 x 3,5 metara (razmak između redova x razmak između voćaka). Starost nasada je 4 godine prosječne visine stabala 2,57 metra, a prosječna dimenzija krošnje 1,76 m x 1,96 m (visina krošnje x širina krošnje) (Petrović, 2018.).



Slika 1. Nasad višnje

(Izvor: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:003391>)

#### 4.2. Postavljanje pokusa

Provedeno istraživanje obavljeno je prema normi ISO 22866 (uređaji u zaštiti bilja - metode mjerenja zanesene tekućine u poljskim uvjetima) u kojoj su navedeni točno određeni postupci i mjere za postavljanje kolektora i evaluaciju zanesene tekućine.

Kao kolektori raspršene tekućine u istraživanju su korišteni filter papirići Technofil površine 35 cm<sup>2</sup> (7 cm x 5 cm). Filter papirići postavljaju se niz vjetar izravno u područje raspršivanja na određenoj udaljenosti i visini, s točno određenim razmakom (Petrović, 2018.).

Filter papirići koji prikupljaju zemljišno zanošenje tekućine postavljeni su na horizontalne nosače na površini tla. Duljina nosača filter papirića iznosi 20 m, a razmak između filter papirića je 0,5 m na prvih 10 m nosača. Razmak između filter papirića na dijelu nosača od 10. do 20. m iznosi 1 m. Nosač filter papirića postavljen je točno između dva stabla u tretiranom redu. Broj filter papirića iznosi 30 komada u četiri ponavljanja (Petrović, 2018.).

Filter papirići korišteni u istraživanju za prikupljanje zračnog zanošenja vertikalno su postavljeni na visini od 5 m na udaljenosti 5 i 10 m od tretiranog reda, a na svakom vertikalnom nosaču postavljeno je ukupno 10 filter papirića s razmakom od 0,5 m između svakog od njih.

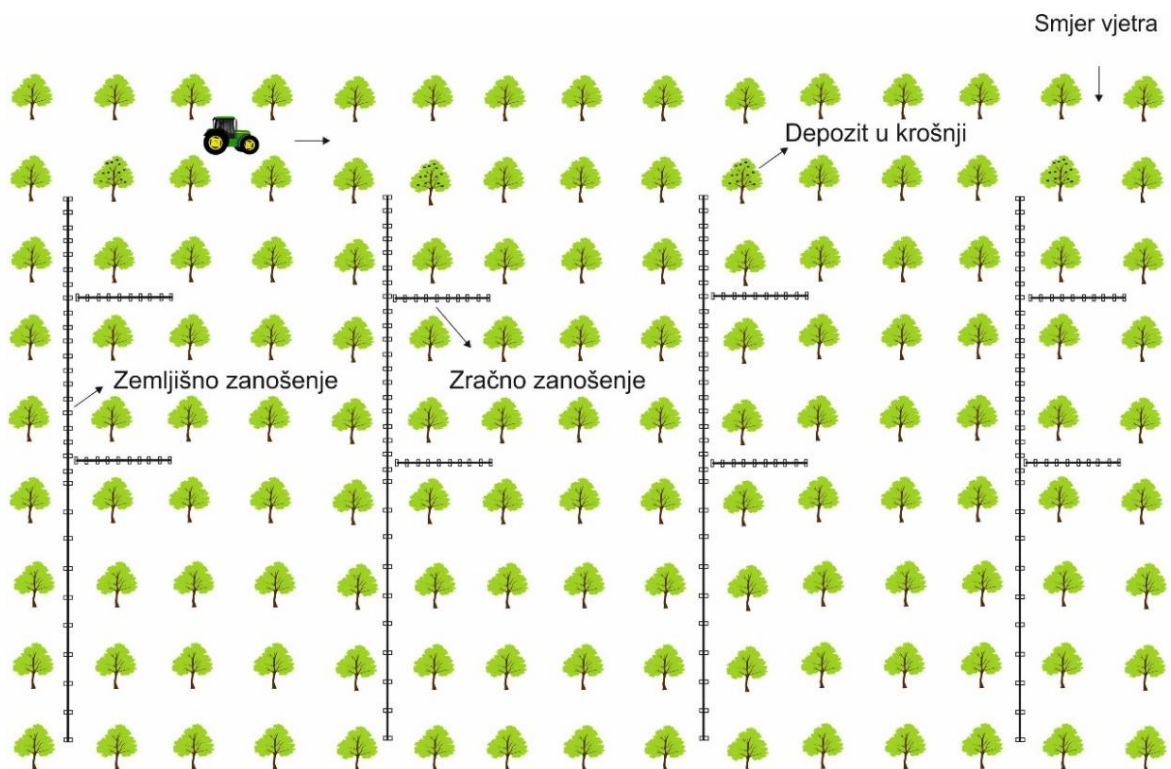


Na Slici 2. prikazani su postavljeni nosači filter papirića u nasadu višnje prema ISO normi 22866, dok je na Slici 3. prikazana shema pokusa.



Slika 2. Filter papirići na drvenim nosačima

(Izvor: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:003391>)



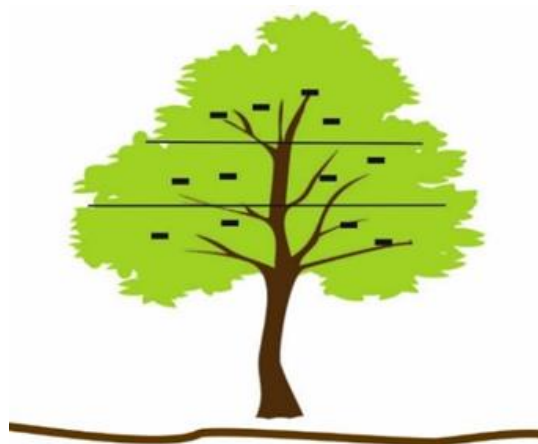
Slika 3. Shema pokusa

(Izvor: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:003391>)

Depozit unutar krošnje mjerio se filter papirićima koji su postavljeni na tri razine krošnje (Slika 4.): donjoj, srednjoj i gornjoj razini. Na svakoj razini postavljena su 4 filter papirića, (12 filter papirića po stablu u četiri ponavljanja) (Petrović, 2018.).

U svakom tretmanu korišteno je ukupno 48 filter papirića. Prilikom završetka svakog tretmana, prikupljeni filter papirići tijekom 15 min spremljeni su u hermetički zatvorene vrećice i spremljeni na mjesto bez pristupa Sunčeve svjetlosti.

U tu svrhu korištene su neprozirne plastične kutije. Na kraju dnevnog istraživanja kutije sa uzorcima pohranjene su u hladnjak sa ciljem čuvanja na duži vremenski period bez narušavanja njihove strukture. Ukupan broj postavljenih kolektora (nosači s filter papirićima) za zemljišno zanošenje tekućine po jednom tretmanu iznosi 120, za zračno zanošenje 80. Depozit u krošnji mjereno je s 48 filter papirića. U istraživanju je prikupljeno 7 936 filter papirića u 32 tretmana (Petrović, 2018.).



Slika 4. Shema postavljenih filter papirića u krošnji

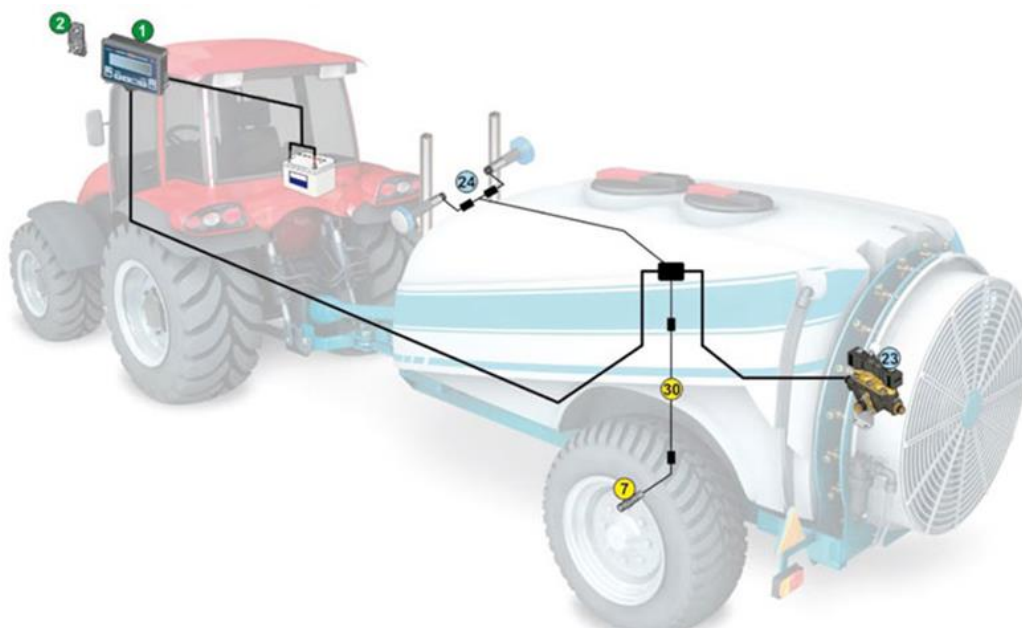
(Izvor: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:003391>)

### 4.3. Sustav senzora

Ultrazvučni senzori služe za određivanje udaljenosti i funkcioniraju po načelu razlika u vremenskom intervalu potrebnom da ultrazvučni val prijeđe put od senzora do detektiranog objekta i nazad. Sastoje se od ultrazvučnog primopredajnika, uređaja za formiranje izlaznog

signala i pojačivača. Primopredajnik periodično emitira ultrazvučni val frekvencije 10 - 400 kHz, a zatim prima reflektirani val od detektiranog objekta (Petrović, 2018.).

U istraživanju je uporabljen sustav ultrazvučnih senzora tvrtke Sick model UM30-215111 koji ima mogućnost detekcije objekata na udaljenosti od 0,6 do 6 m, a minimalna površina predmeta koji mogu detektirati je 0,02 m<sup>2</sup>. Izrađeni su od nehrđajućeg čelika i plastike, a na tijelu senzora postavljen je zaslon koji pokazuje očitane vrijednosti i udaljenost objekta. Brzina detekcije ciljanog predmeta je 240 m s<sup>-1</sup> i označeni su certifikatom IP 67. Navedeni senzori rade na 80 kHz, s rezolucijom > 0,18 mm. Veliki raspon dozvoljene temperature okoline svrstava ga pogode za rad u teškim uvjetima (-25 °C + 70 °C) (Petrović, 2018.). Shema postavljanja senzorskog sustava Sick na vučeni raspršivač prikazuje Slika 5.



Slika 5. Shema senzorskog sustava na raspršivaču

(Izvor: <https://www.spritzenteile.de>)

Senzori su upravljani računalom Bravo 140s proizvođača Arag s mogućnošću ručnog i automatskog upravljanja s dodatnim podešavanjem za što precizniju aplikaciju.

U automatskom režimu rada upravljačka jedinica na osnovu brzine gibanja traktora (očitanu s induktivnog senzora brzine) proračunava potrebno vrijeme otvaranja i zatvaranja elektromagnetnih ventila koji reguliraju raspršivanje. Ručno upravljanje otvaranja i zatvaranja elektromagnetskih ventila koji reguliraju protok tekućine prema mlaznicama moguće je u ručno podešenom radu računala. Određivanje osjetljivosti ultrazvučnih senzora moguće je u automatskom načinu rada računala upravljačke jedinice što je neophodno za

uporabu senzorskog sustava u različitim nasadima. Računalo memorira broj tretiranih stabala ili ukupnu tretiranu površinu voćnjaka, te je na osnovu memoriranih informacija moguća evidencija utrošenog škropiva. Potreban napon za rad elektromagnetnih ventila je 12 V, a uslijed pada napona ispod dozvoljene vrijednosti uključuje se alarm na upravljačkoj jedinici. Elektromagnetni ventili izrađeni su od kombinacije tvrde plastike otporne na utjecaj agresivnih kemikalija, mesinga i nehrđajućeg čelika. Priključak dolaznog voda je promjera  $\frac{3}{4}$ " , a dva izlazna voda su promjera  $\frac{1}{2}$ " maksimalnog protoka tekućine od  $150 \text{ l min}^{-1}$ . Najveći dopušteni tlak u sustavu je 40 bar. Za mjerenje brzine gibanja agregata korišten je induktivni senzor signala smješten na traktoru. Opisanim sustavom senzora za detekciju prisustva krošnje unaprijeđen je konvencionalni raspršivač Agromehanika ENU 200 (Petrović, 2018.). Na Slici 6. prikazan je sustav ultrazvučnih senzora: upravljačka jedinica Arag Bravo 140S, elektromagnetni ventili, ultrazvučni senzori Sick i induktivni senzor pokreta.



Slika 6. Sustav ultrazvučnih senzora

(Izvor: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:003391>)

#### 4.4. Raspršivač Agromehanika ENU 200

Nošeni raspršivač Agromehanika ENU 200 (Slika 7.) opremljen je visinskim usmjerivačima zraka visine 150 cm i širine 11 cm. Promjer ventilatora iznosi 585 mm proporcionalno podesiv u pet stupnjeva. Protok zračne struje koju ovaj tip ventilatora može generirati je



12.000 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> kada su lopatice postavljene u položaj 1, a postavljanjem lopatica u položaj 5 protok zračne struje iznosi 32 000 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. Lopatice ventilatora izrađene su od plastičnih polimera. Izlazna brzina zračne struje kreće se u rasponu od 10 do 35 m s<sup>-1</sup>. Najveća dopuštena brzina okretaja ventilatora je 1 800 min<sup>-1</sup>. Na raspršivaču su postavljena dva tipa mlaznica TR 8002C i ITR 8002C proizvođača Lechler, koje su smještene na okomiti usmjerivač zraka. Raspršivač je opremljen s tri spremnika tekućine sukladno europskoj normi EN 13790, od kojih je glavni spremnik obujma 200 litara. Na raspršivač je instalirana klipno - membranska crpka proizvođača Agromehanika kapaciteta 61 l min<sup>-1</sup> (model crpke BM 65/30 s dvije membrane) pri radnom tlaku od 30 bar. Brzina zračne struje podešava se promjenom položaja lopatica ventilatora (Petrović, 2018.).



Slika 7. Nošeni raspršivač Agromehanika

(Izvor: [https://agromehanika.eu/storage/app/media/uploaded-files/306-agp\\_200\\_300\\_enu\\_puhalo\\_z\\_usmernikom\\_130.jpg](https://agromehanika.eu/storage/app/media/uploaded-files/306-agp_200_300_enu_puhalo_z_usmernikom_130.jpg) )

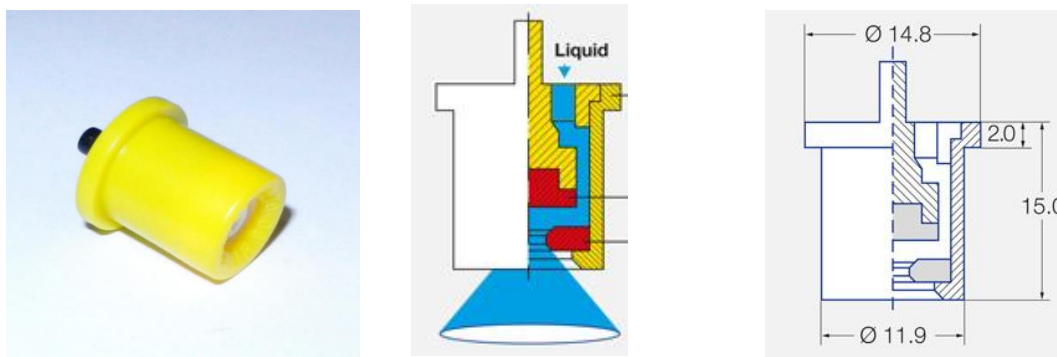
#### 4.5. Mlaznice

Dva različita tipa mlaznica korištena su u istraživanju (čimbenik *B*):

- Lechler TR 8002C,
- Lechler ITR 8002C.

Navedene mlaznice označene su prema ISO 10625 standardu, koji svaku mlaznicu svrstava u pojedinačne skupine označene bojom, gdje svaka boja ostvaruje određeni protok označen u američkim galonima (1 AG =3,785 l).

Standardna mlaznica Lechler TR 8002C (Slika 8.) ostvaruje mlaz s radnim kutom od 80° koji je šuplje konusne izvedbe i većinom se koristi u zaštiti voćnjaka i vinograda. Protok mlaznice iznosi 0,8 l min<sup>-1</sup> pri radnom tlaku od 3 bar. Preporučeni radni tlakovi su od 8 do 20 bar, s pročištačem 60M 005-04. Mlaznica je izrađena od polimera sa keramičkim uloškom koji se može izvaditi iz tijela mlaznice radi čišćenja. Zbog malih kapljica (kapljice manje od 250 µm, prema ASAE - engl. American Standards for Agricultural Engineering) koje proizvodi prilikom aplikacije ostvaruje odličnu pokrivenost tretirane površine, ali je osjetljiva na zanošenje tekućine (Petrović, 2018.).



Slika 8. Mlaznica Lechler TR8002C

(Izvor: <https://www.lechler.de>)

#### 4.6. Organska boja Tartrazine

Organska boja Tartrazine proizvođača Acros Organics korištena je u istraživanju kao bojilo tekućine s kojom je obavljena aplikacija. Lako je topljiva u vodi i koristi se također i u prehrambenoj industriji. Neposredno prije aplikacije pripremala se otopina organske boje Tartrazine u koncentraciji od 4% pri čemu je na svaku litre vode u spremniku dodano 4 g organske boje Tartrazine.

#### 4.7. Spektrofotometrija

Za potrebe istraživanja korišten je spektrofotometar proizvođača Varin Cary 50 UV-Visible smješten u Centralnom laboratoriju za poljoprivrednu tehniku i obnovljive izvore energije na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek, gdje se obavljala priprema i analiza uzoraka. Navedeni uređaj ima mogućnost mjerenja apsorbancije/transmisije u tekućinama volumena 1 000 – 3 000  $\mu$ l. U spektrofotometriji za vidljivi dio spektra najčešće se upotrebljava lampa s volframovom niti, dok se za ultraljubičasti dio spektra upotrebljava deuterijeva lampa. Spektrofotometrija je način određivanja koncentracije otopine mjerenjem količine svjetla koju je uzorak apsorbirao. Kao rezultat mjerenja čimbenika apsorpcije u pojedinim valnim područjima dobiva se spektrofotometrijska krivulja. Najčešće spektrofotometrijske krivulje nalaze se u valnom području od 400 nm do 700 nm. Boja Tartrazine daje spektrofotometrijsku krivulju od 425 nm. Uzorkovani filter papirići ispirani su s 0,1 l deionizirane vode. Nakon ispiranja otopina je pipetirana u kivetu izrađenu od kvarca i nakon toga očitana je valna duljina u spektrofotometru. Dobivene vrijednosti služe za izračun zanesene tekućine ( $\mu$ g  $\text{cm}^2$ ) (Petrović, 2018.). Izračunavanje depozita po jedinici površine obavljeno je pomoću izraza kako to opisuju Stajanko i sur. (2012.):

$$M_d = \frac{T_{cl} \cdot w}{L_a} \quad (1)$$

gdje:

$M_d$  - depozit tekućine na filter papiriću,  $\mu$ g  $\text{cm}^2$

$T_{cl}$  - koncentracija boje s kojom se obavlja aplikacija,  $\mu$ g ml

$W$  - količina deionizirane vode za ispiranje filter papirića, ml

$L_a$  - površina filter papirića,  $\text{cm}^2$

#### 4.8. Norma raspršivanja

Norma raspršivanja predstavlja potrebnu količinu vode za aplikaciju škropiva. Današnji trendovi nastoje smanjiti normu raspršivanja kako bi se optimizirali troškovi i smanjio negativan utjecaj na okoliš. Iz navedenih razloga u ovom istraživanju kao čimbenik A korištena je optimalna norma raspršivanja ( $250 \text{ l ha}^{-1}$ ) i reducirana norma od  $200 \text{ l ha}^{-1}$ .

Postoje različite metode izračunavanja optimalne norme raspršivanja. Najčešće upotrebljavana je TRV (engl. Tree Row Volume) metoda koja koristi vrijednosti: visine nasada, širine krošnje, te širinu reda u nasadu (Slika 9.) (Petrović, 2018.). Metoda se koristi za izračunavanje obujma vegetacije koja se nalazi na određenom uzgojnom prostoru (Doruchowski i sur., 2012). TRV se izračunava prema izrazu:

$$TRV = \frac{h_n \cdot b_k \cdot 10.000}{b_r} \quad (m^3 \text{ ha}^{-1}) \quad (2)$$

gdje je:

$TRV$  – obujam nasada,  $m^3 \text{ ha}^{-1}$

$h_n$  – visina nasada, m

$b_k$  – širina krošnje, m

$b_r$  – širina reda, m



Slika 9. Određivanje obujma nasada TRV metodom

(Izvor: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:003391>)

Metoda je utemeljena na mjerenju obujma vegetacije koja se nalazi na površini od 1 ha i normi tekućine koja je potrebna za raspršivanje u tom obujmu. Pomoću TRV metode izračunata je teorijska norma raspršivanja pomoću izraza (Tadić, 2013.):

$$N_r = \frac{TRV \cdot k}{1.000} \quad (1 \text{ ha}^{-1}) \quad (3)$$



gdje je:

$N_r$  – norma raspršivanja, l ha<sup>-1</sup>

$TRV$  – obujam nasada (vegetacije), m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>

$k$  – teorijska norma potrebna za tretiranje, l m<sup>3</sup>

Teorijska norma potrebna za tretiranje kreće se od 10 - 125 l 1 000 m<sup>3</sup>, ali u našim agroekološkim uvjetima, uzgojnim oblicima i indeksu lisne gustoće najčešće se koristi od 20 – 80 l 1 000 m<sup>3</sup> (Petrović, 2018.).

Za određivanje potrebnog radnog tlaka pomoću kojeg se ostvaruje zadana norma raspršivanja, koristi se sljedeći izraz Doruchowski i sur. (2012.):

$$Q_m = \frac{N_r \cdot v_r \cdot b_r}{n \cdot 600} \quad (4)$$

gdje je

$Q_m$  – protok mlaznice, l min<sup>-1</sup>

$N_r$  – norma raspršivanja, l ha<sup>-1</sup>

$v_r$  – brzina rada raspršivača, km h<sup>-1</sup>

$b_r$  – širina reda nasada, m

$n$  – broj mlaznica u radu

#### 4.9. Brzina zračne struje

Jedan od čimbenika koji izravno utječe na kvalitetu raspršivanja i neželjeni gubitak tekućine je brzina zraka. Petrović (2018.) u svom radu navodi da turbulentno vrtloženje zraka koje je nositelj kapljica tekućine omogućuje depozit na obje strane lista, a istodobno „otvara“ krošnju radi postizanja ravnomjerne pokrivenosti lišća. Važan korak prilikom pripreme uređaja za aplikaciju je pravilno određivanje brzine i količine zračne struje. U nastavku je ispitivan utjecaj smanjenja brzine zračne struje s ciljem smanjenja zanošenja tekućine.

Ispitivane brzine iznosile su 18 i 12 m s<sup>-1</sup>. Podešavanje brzine zračne struje prema nasadu i trenutnom stanju (starost, uzgojni oblik, obujam nasada, međuredni razmak) potrebno je zbog optimalnog depozita tekućine u krošnji. Za nasade s bujnijom krošnjom, brzina zraka

treba biti podešena na veće vrijednosti, dok mladi nasadi sa manjom gustoćom lisne površine zahtijevaju prilagođenu količinu zračne struje (Petrović, 2018.).

Glavne karakteristike ventilatora su:

- protok zraka,  $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ,
- brzina zraka,  $\text{m s}^{-1}$ ,

Također, izračunava se i realni protok zraka (Panneton i sur., 2005.) koji stavlja u odnos površinu usmjerivača zraka i brzinu zraka prema izrazu:

$$Q_r = A_{fo} \cdot v_a \quad (5)$$

gdje je:

$Q_r$  – realni protok zraka,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

$A_{fo}$  – površina usmjerivača zraka,  $\text{m}^2$

$v_a$  – brzina zraka,  $\text{m s}^{-1}$

Brzina zračne struje mjerena je ručnim anemometrom proizvođača Kestrel 4500BT, koji ima mogućnost mjerenja: brzine zraka, temperature, relativne vlage zraka, nadmorske visine i tlak zraka (Slika 10.). Interval prikupljanja podataka je svake dvije sekunde. Brzina zraka izmjerena je neposredno pored svake mlaznice, a podaci su bluetooth vezom preneseni na računalo (Petrović, 2018.).



Slika 10. Mjerenje brzine zraka anemometrom Kestrel 4500 BT

(Izvor: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:003391>)

Slika 11. prikazuje mjerenje vertikalne raspodjele zračne struje s pripadajućom opremom. Rezultati mjerenja vertikalne raspodjele bit će prikazani u rezultatima istraživanja.



Slika 11. Mjerenje vertikalne raspodjele zračne struje s pripadajućom opremom.

(Izvor: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:003391>)

#### 4.10. Statistička obrada podataka

Pokus je postavljen kao standardni više čimbenični pokus. Istraživanje je obuhvaćalo različite glavne tehničke čimbenike raspršivanja: normu raspršivanja ( $250 \text{ l ha}^{-1}$  i  $200 \text{ l ha}^{-1}$ ), tip mlaznice (TR i ITR) i brzinu zračne struje ( $18 \text{ m s}^{-1}$  i  $12 \text{ m s}^{-1}$ ). Glavni istraživani tehnički čimbenici raspršivanja su: dvije norme raspršivanja, dva tipa mlaznica i dvije brzine zračne struje (Petrović, 2018.).

## 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Određivanje norme raspršivanja i potrebnog radnog tlaka opisano je u poglavlju 5.1. Rezultati glavnih svojstava istraživanja prikazani su u poglavlju 5.2. Nakon analize uzoraka dobiveni su rezultati ispitivanih svojstava istraživanja: zračno i zemljišno zanošenje tekućine, te depozit u krošnji za oba sustava raspršivanja raspršivačem Agromehnika u poglavljima 5.2.1. do 5.2.4.

### 5.1. Određivanje norme raspršivanja i radnog tlaka

U ispitivanom nasadu višnje prevladavala je relativno mala lisna masa s velikim međurednim razmakom, prema uzgojnom obliku i starosti nasada (4 godine). TRV metoda upotrijebljena je za određivanje optimalne norme raspršivanja, a čimbenici koji su se uzimali u obzir su: visina nasada, međuredni razmak i širina krošnje na određenoj površini. Obujam nasada izravno je ovisan o uzgojnim karakteristikama nasada. U ispitivanom nasadu višnje međuredni razmak iznosi 6,0 m, sa prosječnom visinom stabla 2,57 m i širinom krošnje od 1,96 m. Koristeći navedene vrijednosti u izrazu (2) izračunat je obujam nasada od  $8\,395\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ . Optimalna norma raspršivanja od  $250\text{ l ha}^{-1}$  izračunata je prema izrazu (4) u koju je uvršten dobiveni obujam nasada i teorijska norma raspršivanja od  $30\text{ l/1 000 m}^3$  (uzgojni oblik popravljena piramida u četvrtoj godini razvoja i punoj vegetaciji). S obzirom na izračunatu optimalnu normu raspršivanja određena je smanjena norma raspršivanja od  $200\text{ l ha}^{-1}$ . Potreban protok pojedine mlaznice i radni tlak za određenu normu raspršivanja pri radnoj brzini gibanja stroja prikazan je u Tablici 1.

Tablica 1. Rezultati protoka mlaznica i radnog tlaka

Tip Mlaznice	Norma raspršivanja ( $\text{l ha}^{-1}$ )	Brzina gibanja ( $\text{km h}^{-1}$ )	Međuredni razmak (m)	Broj mlaznica u radu	Protok mlaznice ( $\text{l min}^{-1}$ )	Radni tlak (bar)
<i>TR 8002C</i>	250	4	6,0	6	1,67	13
<i>TR 8002C</i>	200	4	6,0	6	1,33	9
<i>ITR 8002C</i>	250	4	6,0	6	1,67	13
<i>ITR 8002C</i>	200	4	6,0	6	1,33	9

U Tablici 1. prikazani su rezultati određivanja potrebnog protoka mlaznica i radnog tlaka za određenu normu raspršivanja kod brzine gibanja stroja od  $4\text{ km h}^{-1}$ . Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (4) norme raspršivanja, brzine rada raspršivača, međurednog razmaka te broja mlaznica u radu dobiva se iznos potrebnog protoka mlaznice za određenu normu raspršivanja.

Prema navedenom, za normu od 250 l ha<sup>-1</sup> mlaznica mora ostvariti protok od 1,67 l min<sup>-1</sup> pri radnom tlaku od 13 bar. Za normu od 200 l ha<sup>-1</sup> mlaznica mora ostvariti protok od 1,33 l min<sup>-1</sup> pri radnom tlaku od 9 bar.

## 5.2. Rezultati glavnih svojstava istraživanja

Istraživanje je obavljeno prema ISO normi 22866 (Uređaji u zaštiti bilja - metode mjerenja zanesene tekućine u poljskim uvjetima). Dobivene vrijednosti služile su za izračun zemljišnog i zračnog zanošenja tekućine prikazanog kao depozit po jedinici površine. Filter papirići koji služe za prikupljanje zanesene tekućine nakon svakog tretmana obrađeni su navedenom metodikom.

Filter papirići koji prikupljaju zemljišno zanošenje tekućine postavljeni su na horizontalne nosače na površini tla. Duljina nosača filter papirića iznosi 20 m, a razmak između filter papirića je 0,5 m na prvih 10 m nosača. Razmak između filter papirića na dijelu nosača od 10. m do 20. m iznosi 1 m. Nosač filter papirića postavljen je točno između dva stabla u tretiranom redu, broj filter papirića iznosi 30 komada u četiri ponavljanja.

### 5.2.1. Zemljišno zanošenje tekućine raspršivačem Agromehanika

Značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine uočava se analizom prikupljenih filter papirića postavljenih za prikupljanje zemljišnog zanošenja (Tablica 2.).

Tablica 2. Rezultati zemljišnog zanošenja raspršivačem Agromehanika

Tretman	$N_r$ (l ha <sup>-1</sup> )	Tip mlaznic	$v_z$ (m s <sup>-1</sup> )	Konvencionalni			Senzorski sustav			Otklon (%)
				$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	$\sigma$	K.V. (%)	$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	$\sigma$	K.V. (%)	
$A_1B_1C_1$	250	TR	12,00	14,40	0,13	0,83	6,98	0,39	5,39	51,53
$A_1B_1C_2$	250	TR	18,00	17,07	0,87	4,83	8,86	0,67	7,19	48,10
$A_1B_2C_1$	250	ITR	12,00	21,88	0,91	4,21	9,24	0,44	4,53	57,77
$A_1B_2C_2$	250	ITR	18,00	24,33	1,68	7,44	13,90	0,70	4,78	42,87
$A_2B_1C_1$	200	TR	12,00	10,93	0,82	7,13	5,45	0,17	2,98	50,14
$A_2B_1C_2$	200	TR	18,00	13,50	0,78	5,54	7,95	0,58	6,95	41,11
$A_2B_2C_1$	200	ITR	12,00	14,81	0,87	5,59	7,40	0,59	7,53	50,03
$A_2B_2C_2$	200	ITR	18,00	18,12	0,36	1,89	10,14	0,48	4,50	44,04

$N_r$  – norma raspršivanja (l ha<sup>-1</sup>),  $v_z$  – brzina zračne struje (m s<sup>-1</sup>)

Najveće zemljišno zanošenje ostvareno je uporabom konvencionalnog raspršivača Agromehanika od 24,33 g ha<sup>-1</sup> s tretmanom A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> (norma 250 l ha<sup>-1</sup>; ITR mlaznice; brzina zraka 18 m s<sup>-1</sup>). Najmanje zemljišno zanošenje od 10,93 g ha<sup>-1</sup> ostvareno je tretmanom A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> (norma 200 l ha<sup>-1</sup>; TR mlaznice; brzina zraka 12 m s<sup>-1</sup>). Koristeći senzorski sustav na raspršivaču Agromehanika ostvarena je najveća vrijednost zemljišnog zanošenja od 13,90 g ha<sup>-1</sup> tretmanom A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> (norma 250 l ha<sup>-1</sup>; ITR mlaznice; brzina zraka 18 m s<sup>-1</sup>).

Najmanje zemljišno zanošenje (5,45 g ha<sup>-1</sup>) ostvareno je tretmanom A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> (norma 200 l ha<sup>-1</sup>; mlaznice TR; brzina zraka 12 m s<sup>-1</sup>). Uporabom senzorskog sustava najveće smanjenje zemljišnog zanošenja od 57,77 % ostvareno je s tretmanom A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> (norma 250 l ha<sup>-1</sup>; ITR mlaznice; brzina zraka 12 m s<sup>-1</sup>) u odnosu na konvencionalno raspršivanje.

Analiza varijance za ispitivano svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine, za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u Tablici 3.

Tablica 3. Analiza varijance zemljišnog zanošenja

ANOVA	Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
	<i>F</i> -test	<i>p</i>	<i>F</i> -test	<i>p</i>
<i>A</i>	249,50*	<,0001	56,59*	<0,001
<i>B</i>	324,27*	<,0001	88,03*	<0,001
<i>C</i>	73,45*	<,0001	119,07*	<,0001
<i>AB</i>	23,50*	<,0001	10,93*	0,003
<i>AC</i>	0,29 n.s.	0,597	0,21 n.s.	0,653
<i>BC</i>	0,33 n.s.	0,573	10,93*	0,003
<i>ABC</i>	0,33 n.s.	0,573	2,34 n.s.	0,139

*A* - norma raspršivanja (l ha<sup>-1</sup>); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m s<sup>-1</sup>)

S obzirom na dobivene vrijednosti analize varijance za svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine, vidljivo je da su ispitivani čimbenici ostvarili statističku značajnost ( $p < 0,05$ ), osim interakcije (*AC*) norma raspršivanja x brzina zraka ( $F = 0,29$  n.s.), (*BC*) tip mlaznice x brzina zraka ( $F = 0,33$  n.s.) i (*ABC*) norma raspršivanja x tip mlaznice x brzina zraka ( $F = 0,33$  n.s.), primjenom konvencionalnog raspršivača Agromehanika. Rezultati slični navedenima ostvareni su primjenom raspršivača Agromehanika sa senzorskim sustavom gdje nije zabilježena statistički značajna razlika interakcije čimbenika (*AC*) norma raspršivanja x brzina zraka ( $F = 0,21$  n.s.) i (*ABC*) norma raspršivanja x tip mlaznice x brzina zraka ( $F = 2,34$  n.s.).

U Tablici 4. prikazane su  $LSD_{0,05}$  vrijednosti za ispitivano svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine.

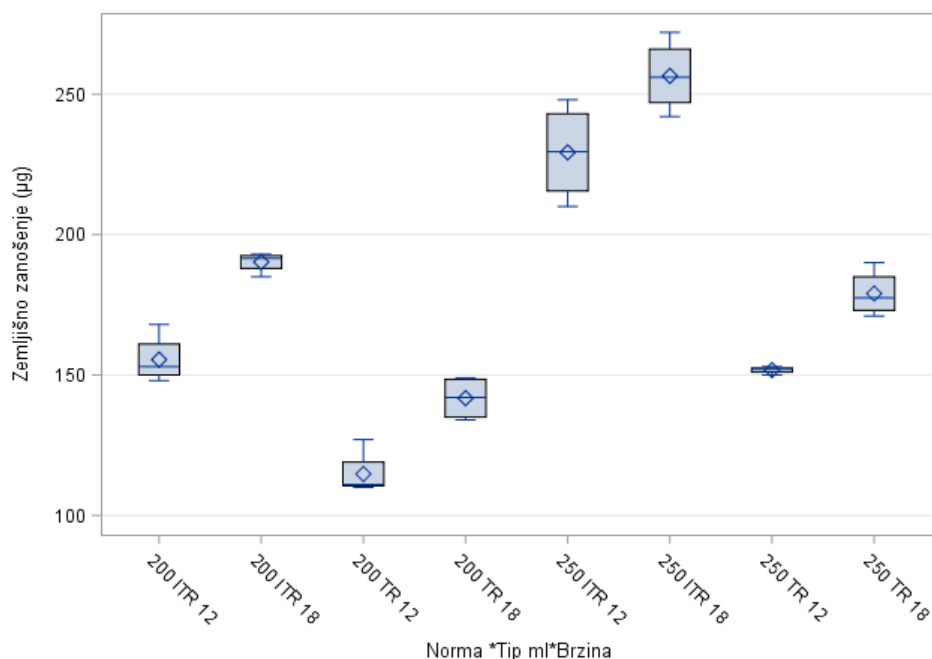
Tablica 4.  $LSD_{0,05}$  vrijednosti zemljišnog zanošenja

Čimbenici raspršivanja		Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
		$\bar{x}$	$LSD_{0,05}$	$\bar{x}$	$LSD_{0,05}$
A	A <sub>1</sub>	204,13	26,70*	102,31	18,02*
	A <sub>2</sub>	150,56		79,56	
B	B <sub>1</sub>	207,78	24,36*	105,12	16,88*
	B <sub>2</sub>	146,81		76,75	
C	C <sub>1</sub>	191,88	31,53 n.s.	107,43	15,67*
	C <sub>2</sub>	162,81		74,43	

A - norma raspršivanja (l/ha); B - tip mlaznice; C - brzina zračne struje (m/s)

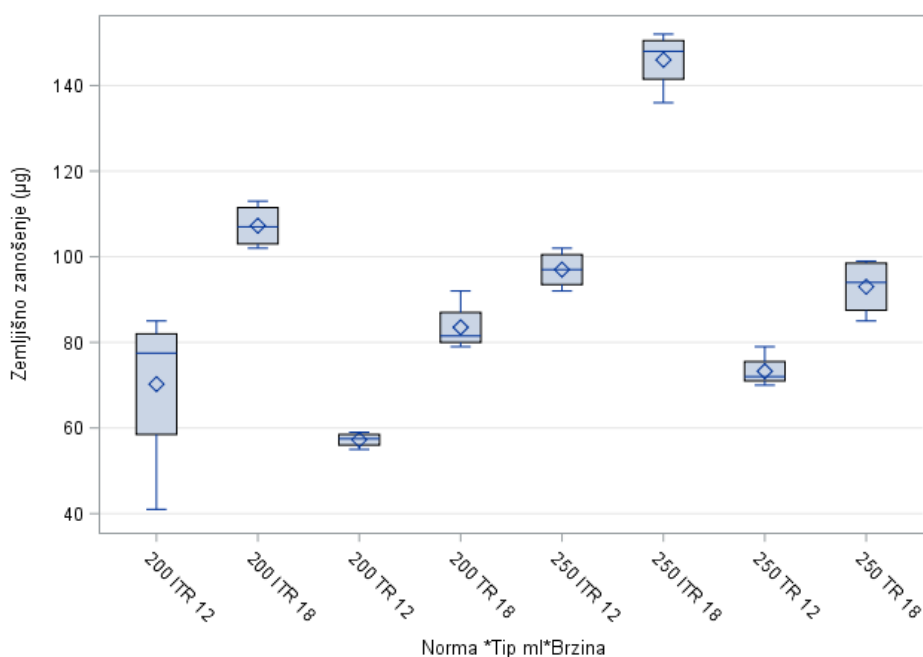
Primjenom  $LSD_{0,05}$  testa (Tablica 4.) možemo uočiti statistički značajno veće zemljišno zanošenje ( $LSD_{0,05} = 26,70$ ) za 26,24 % u odnosu na normu raspršivanja A<sub>2</sub> - 200 l ha<sup>-1</sup> eksploatacijom konvencionalnog raspršivača Agromehanika pri normi raspršivanja od 250 l ha<sup>-1</sup> (A<sub>1</sub>).

Statistički značajne razlike za čimbenik B utvrđene su primjenom različitih tipova mlaznica konvencionalnim raspršivanjem ( $LSD_{0,05} = 24,36$ ). Standardna mlaznica TR čimbenik (B<sub>1</sub>) ostvarila je veće vrijednosti zemljišnog zanošenja tekućine za 29,35 % u odnosu na ITR mlaznicu čimbenik (B<sub>2</sub>). Brzina zraka C<sub>1</sub> nema statistički značajno veće zemljišno zanošenje tekućine u odnosu na brzinu zraka C<sub>2</sub> primjenom konvencionalnog raspršivača. Opremanjem raspršivača senzorskim sustavom te njegovom eksploatacijom ostvarene su statistički značajne razlike za svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine. Vrijednosti distribucije zemljišnog zanošenja tekućine uporabom različitih sustava raspršivanja, s različito podešenim tehničkim čimbenicima raspršivanja prikazuju Grafikoni 1. i 2.



Grafikon 1. Distribucija zemljišnog zanošenja tekućine konvencionalnim raspršivanjem

U Grafikonu 1. prikazani su rezultati ostvarenih vrijednosti distribucije po jedinici površine ( $\mu\text{g}/1.050 \text{ cm}^2$ ) zemljišnog zanošenja tekućine primjenom konvencionalnog raspršivača. Promatrajući Grafikon 1. uočava se da tretman 200 TR 12 (norma  $200 \text{ l ha}^{-1}$ ; TR mlaznica; brzina traka  $12 \text{ m s}^{-1}$ ) ostvaruje najmanje vrijednosti distribucije, dok su najveće vrijednosti distribucije zemljišnog zanošenja tekućine ostvarene tretmanom 250 ITR 18 (norma  $250 \text{ l ha}^{-1}$ ; ITR mlaznica; brzina zraka  $18 \text{ m s}^{-1}$ ).

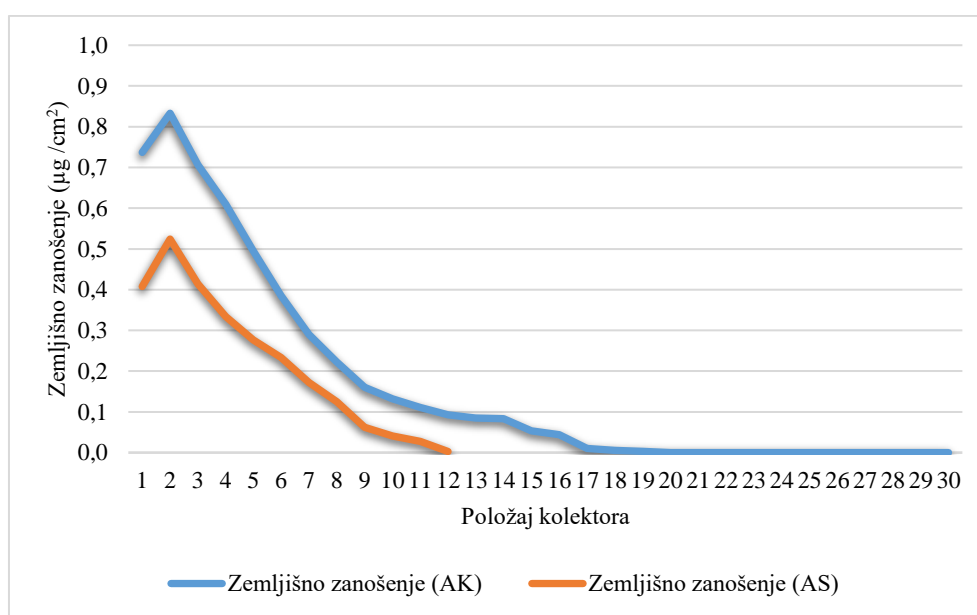


Grafikon 2. Distribucija zemljišnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom



Grafikon 2. prikazuje ostvarene vrijednosti distribucije zemljišnog zanošenja tekućine po jedinici površine ( $\mu\text{g}/1.050 \text{ cm}^2$ ) gdje je tretman 200 TR 12 (norma  $200 \text{ l ha}^{-1}$ ; TR mlaznica; brzina zraka  $12 \text{ m s}^{-1}$ ) ostvario najmanje vrijednosti distribucije. Tretmanom 250 ITR 18 (norma  $250 \text{ l ha}^{-1}$ ; ITR mlaznica; brzina zraka  $18 \text{ m s}^{-1}$ ) ostvarene su najveće vrijednosti distribucije zemljišnog zanošenja tekućine raspršivačem sa sustavom senzora. Usporedbom prikazanih rezultata u Grafikonima 1. i 2. vidljivo je smanjenje vrijednosti distribucije zemljišnog zanošenja tekućine primjenom raspršivača sa senzorskim sustavom.

Raspodjela vrijednosti ukupnog zemljišnog zanošenja tekućine ostvarenih s različito podešenim tehničkim čimbenicima raspršivanja s obzirom na različite sustave raspršivanja (AK - konvencionalni raspršivač Agromehanika i AS - raspršivač Agromehanika sa senzorskim sustavom) prikazane su u Grafikonu 3.



Grafikon 3. Ukupno zemljišno zanošenje za oba sustava raspršivanja

Iz Grafikona 3. vidljivo je da se vrijednost zemljišnog zanošenja tekućine smanjuje povećanjem udaljenosti od tretiranog reda.

Tablica 5. prikazuje rezultate  $\text{LSD}_{0,05}$  testa za vrijednosti zemljišnog zanošenja tekućine ostvarenih u svim tretmanima uporabom raspršivača Agromehanika s različitim sustavima raspršivanja.

Tablica 5.  $LSD_{0,05}$  zemljišnog zanošenja raspršivačem Agromehanika

Sustav raspršivanja	$\bar{x}$	$F-test$	$p$	$LSD_{0,05}$	Otklon (%)
AK	177,34	85,30*	<,0001	18,70	51,20
AS	90,93				

AK – Agromehanika konvencionalno AS – Agromehanika senzorski

Promatranjem Tablice 5. uočava se statistički značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine uporabom senzorskog sustava ( $LSD_{0,05} = 18,70$ ) za 51,20 % .

### 5.2.2. Zračno zanošenje s raspršivačem Agromehanika na 5 m

Kao i u prethodnom poglavlju, kolektori s filter papirićima prikupljeni su i analizirani metodologijom propisanom ISO normom 12866. U Tablici 6. prikazani su rezultati mjerenja zračnog zanošenja tekućine na nosaču postavljenom 5 m od tretiranog reda.

Tablica 6. Rezultati zračnog zanošenja tekućine na 5 m raspršivačem Agromehanika

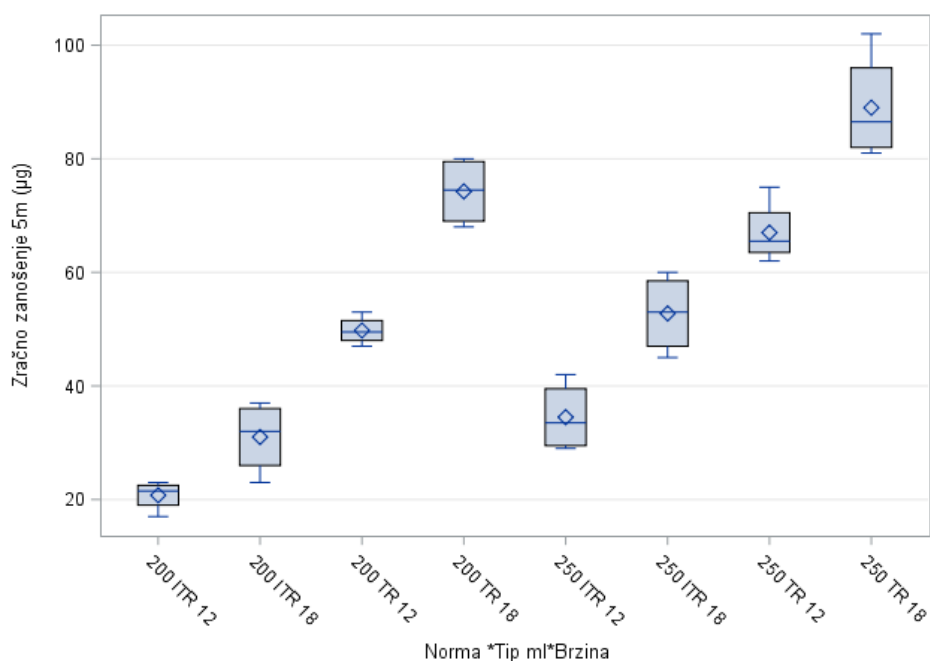
Tretman	$N_r$ (l ha <sup>-1</sup> )	Tip mlaznice	$v_z$ (m s <sup>-1</sup> )	Konvencionalni			Senzorski sustav			Otklon (%)
				$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	$\sigma$	K.V. (%)	$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	$\sigma$	K.V. (%)	
$A_1B_1C_1$	250	TR	12,00	19,14	0,56	8,35	10,07	0,13	4,38	47,39
$A_1B_1C_2$	250	TR	18,00	25,43	0,95	10,66	14,14	0,34	6,90	44,39
$A_1B_2C_1$	250	ITR	12,00	9,86	0,61	17,79	3,64	0,17	13,39	63,08
$A_1B_2C_2$	250	ITR	18,00	15,07	0,69	13,17	7,07	0,19	7,65	53,08
$A_2B_1C_1$	200	TR	12,00	14,21	0,25	10,81	5,36	0,30	15,93	62,28
$A_2B_1C_2$	200	TR	18,00	21,21	0,61	8,26	8,57	0,20	6,67	59,59
$A_2B_2C_1$	200	ITR	12,00	5,92	0,26	12,67	0,00	0,00	0,00	100,00
$A_2B_2C_2$	200	ITR	18,00	8,86	0,63	20,40	0,00	0,00	0,00	100,00

$N_r$  – norma raspršivanja (l ha<sup>-1</sup>),  $v_z$  – brzina zračne struje (m s<sup>-1</sup>)

Najveće zračno zanošenje tekućine od 25,43 g ha<sup>-1</sup> ostvareno je raspršivanjem tekućine bez sustava senzora (konvencionalno) tretman  $A_1B_1C_2$  (norma 250 l ha<sup>-1</sup>; TR mlaznica; brzina zraka 18 m s<sup>-1</sup>). Minimalna količina zračnog zanošenja tekućine od 5,92 g ha<sup>-1</sup> dobivena je tretmanom  $A_2B_2C_1$  (norma 200 l ha<sup>-1</sup>; ITR mlaznica; brzina zraka 12 m s<sup>-1</sup>). Najveća zabilježena vrijednost zračnog zanošenja tekućine uporabom senzorskog sustava na raspršivaču iznosila je 14,14 g ha<sup>-1</sup> tretmanom  $A_1B_1C_2$  (norma 250 l ha<sup>-1</sup>; TR mlaznica; brzina zraka 18 m s<sup>-1</sup>). Niti u jednom slučaju nije zabilježeno zračno zanošenje tekućine prilikom raspršivanja normom od 200 l ha<sup>-1</sup>, gdje je korištena ITR mlaznica. Uspoređujući vrijednosti

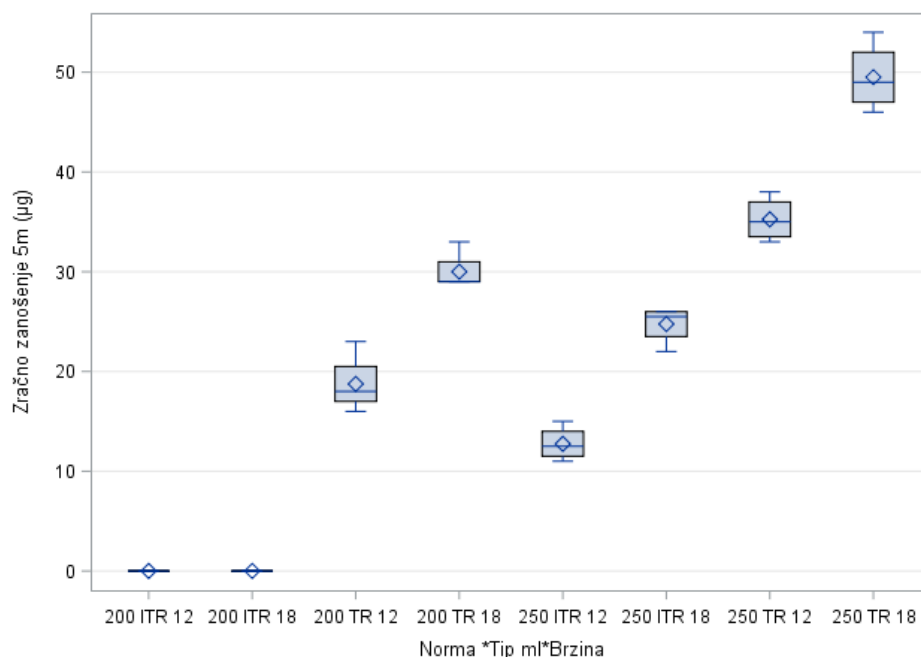
zračnog zanošenja tekućine dobivenih uporabom dva različita sustava raspršivanja, uočava se značajno smanjenje zanošenja tekućine (Tablica 6.).

Grafikoni 4. i 5. prikazuju vrijednosti distribucije zračnog zanošenja tekućine po jedinici površine ( $\mu\text{g } 350 \text{ cm}^2$ ) na 5 m udaljenosti od tretiranog reda, s različito podešenim glavnim tehničkim čimbenicima raspršivanja.



Grafikon 4. Distribucija zračnog zanošenja konvencionalnim raspršivanjem na 5 m

Analizirajući Grafikon 4. uočava se da je najmanje vrijednosti distribucije zanesene tekućine ostvario tretman 200 ITR 12 (norma  $200 \text{ l ha}^{-1}$ ; ITR mlaznica; brzina zraka  $12 \text{ m s}^{-1}$ ) konvencionalnim načinom raspršivanja. Tretman 250 TR 18 (norma  $250 \text{ l ha}^{-1}$ ; TR mlaznica; brzina zraka  $18 \text{ m s}^{-1}$ ) ostvario je najveću vrijednost distribucije zračnog zanošenja tekućine, također konvencionalnim načinom raspršivanja.



Grafikon 5. Distribucija zračnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom na 5 m

Tretmanom 250 TR 18 (norma 250 l ha<sup>-1</sup>; TR mlaznica; brzina zraka 18 m s<sup>-1</sup>) raspršivačem sa senzorskim sustavom ostvarena je najveća vrijednost distribucije zračnog zanošenja tekućine po jedinici površine (µg 350 cm<sup>2</sup>) (Grafikon 9.). Potpuno smanjenje distribucije zanesene tekućine ostvareno je smanjenjem norme (200 l ha<sup>-1</sup>) i uporabom ITR mlaznica. Usporedbom Grafikona 4. i 5. uočava se smanjenje vrijednost distribucije zračnog zanošenja tekućine uporabom senzorskog sustava, dok distribucija nije zabilježena u tretmanima 200 ITR 12 i 200 ITR 18. Tablica 7. prikazuje analizu varijance za ispitivano svojstvo zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti od tretiranog reda, za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije.

Tablica 7. Analiza varijance zračnog zanošenja na 5 m

ANOVA	Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
	<i>F-test</i>	<i>p</i>	<i>F-test</i>	<i>p</i>
<i>A</i>	61,16*	<,0001	600,25*	<,0001
<i>B</i>	266,86*	<,0001	1024,00*	<,0001
<i>C</i>	75,50*	<,0001	156,25*	<,0001
<i>AB</i>	0,16 n.s.	0,688	0,25 n.s.	0,621
<i>AC</i>	0,41 n.s.	0,530	25,00*	<,0001
<i>BC</i>	4,35 n.s.	0,047	20,25*	0,0001
<i>ABC</i>	1,48 n.s.	0,235	9,00*	0,006

A - norma raspršivanja (l ha<sup>-1</sup>); B - tip mlaznice; C - brzina zračne struje (m s<sup>-1</sup>)

U Tablici 7. prikazane su vrijednosti analize varijance za ispitivano svojstvo zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti od tretiranog reda. S obzirom na dobivene rezultate, vidljivo je da glavna svojstva istraživanja pokazuju statističku značajnost na ostvareno zanošenje tekućine. Međutim, njihove interakcije nisu ostvarile statistički značajnu razliku primjenom konvencionalnog raspršivača Agromehanika.

Primjenom istog raspršivača opremljenog senzorskim sustavom nije zabilježena statistički značajna razlika osim interakcije (AB) norma raspršivanja x tip mlaznice ( $F = 0,25$  n.s.).

Rezultati  $LSD_{0,05}$  testa za ispitivano svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine prikazani su u Tablici 8.

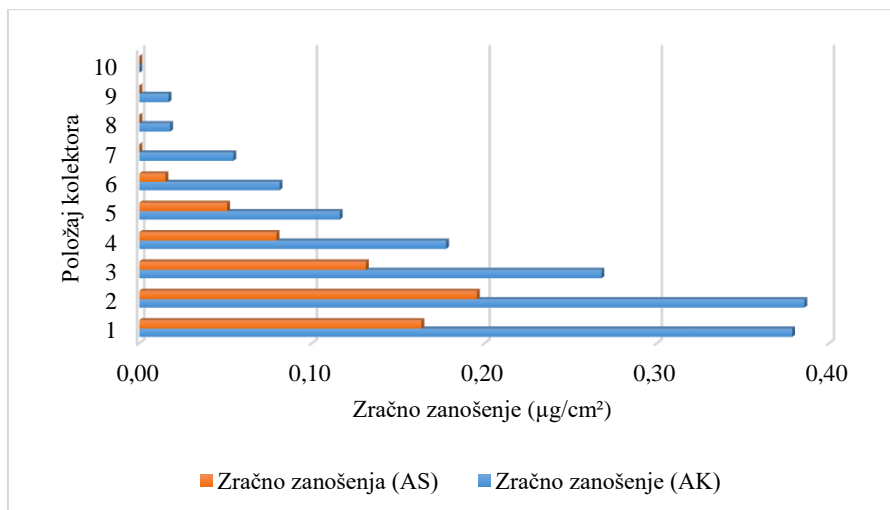
Tablica 8.  $LSD_{0,05}$  vrijednosti zračnog zanošenja na 5 m

Čimbenici raspršivanja		Konvencionalni		Senzorski sustav	
		$\bar{x}$	$LSD_{0,05}$	$\bar{x}$	$LSD_{0,05}$
A	A <sub>1</sub>	60,81	15,53*	30,56	9,92*
	A <sub>2</sub>	43,93		12,18	
B	B <sub>1</sub>	70,00	10,39*	33,37	8,08*
	B <sub>2</sub>	34,75		9,37	
C	C <sub>1</sub>	61,75	15,23*	26,06	11,54*
	C <sub>2</sub>	43,00		16,68	

A - norma raspršivača ( $l\ ha^{-1}$ ); B - tip mlaznice; C - brzina zračne struje ( $m\ s^{-1}$ )

Tablica 8. prikazuje vrijednosti  $LSD_{0,05}$  testa gdje je utvrđeno statistički značajno veće zračno zanošenje ( $LSD_{0,05} = 15,53$ ) za 32,70 % u odnosu na normu raspršivanja A<sub>2</sub> - 200  $l\ ha^{-1}$  primjenom konvencionalnog raspršivača Agromehanika, norma raspršivanja 250  $l\ ha^{-1}$  (A<sub>1</sub>) ostvaruje. Statistička značajnost ( $LSD_{0,05} = 10,39$ ) uočava se između primijenjenih tipova mlaznica pri čemu je mlaznica TR čimbenik (B<sub>1</sub>) ostvarila veće vrijednosti zračnog zanošenja tekućine od 50,35 % u odnosu na mlaznicu ITR čimbenik (B<sub>2</sub>). Veće zračno zanošenje za 30,36 % ostvarila je brzina zraka 18  $m\ s^{-1}$  (čimbenik C<sub>1</sub>) u odnosu na čimbenik C<sub>2</sub> (brzina zraka 12  $m\ s^{-1}$ )  $LSD_{0,05} = 15,23$ . Analizom podataka ostvarenih raspršivačem opremljenim sa senzorskim sustavom vidljivo je da norma raspršivanja A<sub>1</sub> ima statistički značajno veće zračno zanošenje ( $LSD_{0,05} = 9,92$ ) za 60,15% u odnosu na normu A<sub>2</sub> (200  $l\ ha^{-1}$ ). Primjenom čimbenika B<sub>1</sub> (TR mlaznica), u odnosu na uporabu mlaznice ITR čimbenik B<sub>2</sub> ( $LSD_{0,05} = 8,08$ ), ostvarena je statistička značajnost zračnog zanošenja za 71,92 %. Čimbenik C<sub>1</sub> (brzina zraka 18  $m\ s^{-1}$ ) ostvaruje za 36 % veću statistički značajnost zračnog zanošenja ( $LSD_{0,05} = 11,54$ ) od čimbenika C<sub>2</sub> (brzina zraka 12  $m\ s^{-1}$ ).

Raspodjelu ukupnih vrijednosti zračnog zanošenja tekućine na udaljenosti 5 m od tretiranog reda prikazuje Grafikon 6.



Grafikon 6. Zračno zanošenje na 5 m za sve tretmane konvencionalnim i senzorskim raspršivanjem

Iz Grafikona 6. uočavamo trend smanjenja ukupne količine zračnog zanošenja tekućine za sve tretmane s povećanjem visine postavljenih filter papirića. Analizirajući vrijednosti količine zanesene tekućine između dva sustava raspršivanja uočava se smanjenje vrijednosti uporabom senzorskog sustava u odnosu na konvencionalno raspršivanje.

Tablica 9. prikazuje ostvarene rezultate primjenom  $LSD_{0,05}$  testa za ukupne vrijednosti zemljišnog zanošenja tekućine uporabom raspršivača Agromehanika (konvencionalnim i senzorskim sustavom).

Tablica 9.  $LSD_{0,05}$  za zračno zanošenje na 5 m

Sustav raspršivanja	$\bar{x}$	<i>F-test</i>	<i>p</i>	<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	Otklon (%)
AK	52,37	38,86*	<,0001	9,94	59,16
AS	21,37				

AK – Agromehanika konvencionalno AS – Agromehanika senzorski

Na temelju dobivenih rezultata  $LSD_{0,05}$  testa (Tablica 9.) možemo uočiti statistički značajno smanjenje zračnog zanošenja uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom ( $LSD_{0,05} = 9,94$ ) za 59,16%.

### 5.2.3. Zračno zanošenje tekućine raspršivačem Agromehanika na 10 m

Rezultati zračnog zanošenja tekućine na 10 m od tretiranog reda dobivenih eksploatacijom raspršivača Agromehanika s dva sustava raspršivanja (konvencionalnim i senzorskim sustavom) prikazani su u Tablici 10.

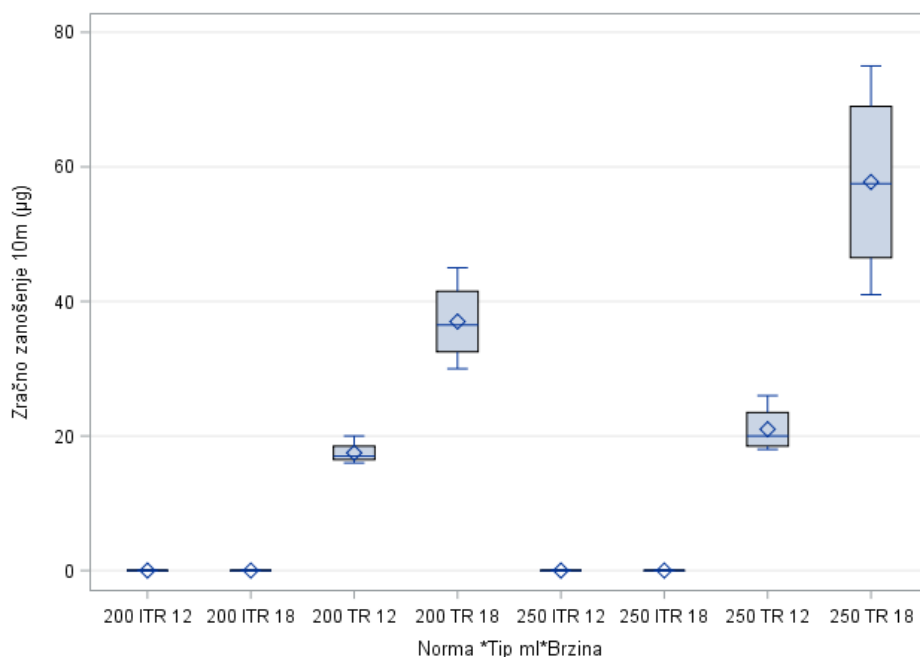
Tablica 10. Rezultati zračnog zanošenja na 10 m raspršivačem Agromehanika

Tretman	$N_r$ (l ha <sup>-1</sup> )	Tip mlaznice	$v_z$ (m s <sup>-1</sup> )	Konvencionalni			Senzorski sustav			Otklon (%)
				$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	$\sigma$	K.V. (%)	$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	$\sigma$	K.V. (%)	
$A_1B_1C_1$	250	TR	12,00	6,00	0,36	16,95	0,00	0,00	0,00	100
$A_1B_1C_2$	250	TR	18,00	12,79	0,82	18,8	4,21	0,10	6,49	67,1
$A_1B_2C_1$	250	ITR	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$A_1B_2C_2$	250	ITR	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$A_2B_1C_1$	200	TR	12,00	5,00	0,17	9,90	0,00	0,00	0,00	100
$A_2B_1C_2$	200	TR	18,00	10,5	0,63	16,95	3,00	0,17	16,50	71,43
$A_2B_2C_1$	200	ITR	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$A_2B_2C_2$	200	ITR	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

$N_r$  - norma raspršivanja (l ha<sup>-1</sup>),  $v_z$  - brzina zračne struje (m s<sup>-1</sup>)

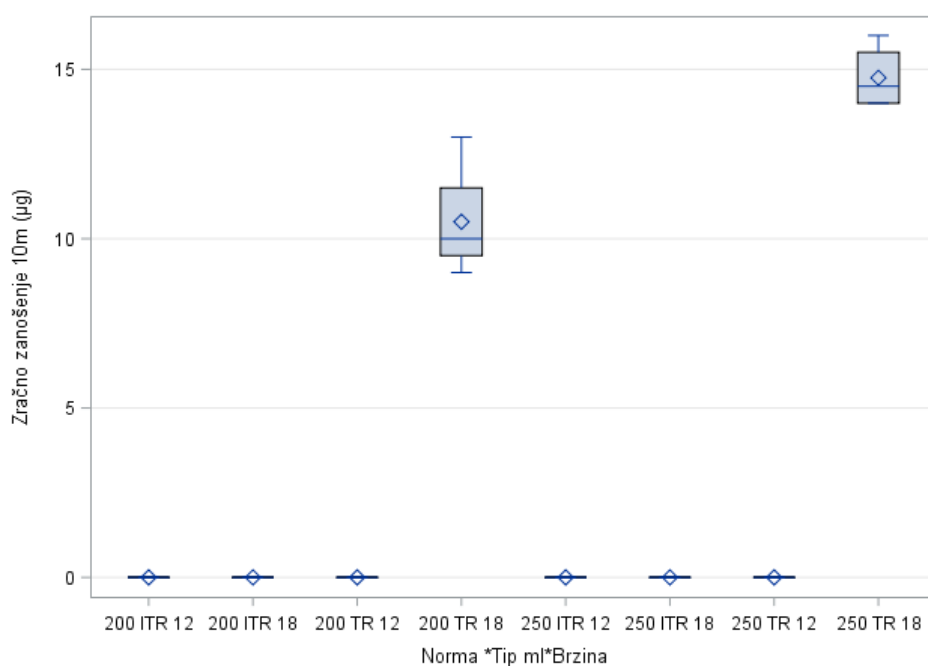
Rezultati prikazani u Tablici 10. dobiveni su konvencionalnim raspršivanjem gdje je najveću vrijednost zračnog zanošenja od 12,79 g ha<sup>-1</sup> ostvario tretman  $A_1B_1C_2$  (norma 250 l ha<sup>-1</sup>; TR mlaznica; brzina zraka 18 m s<sup>-1</sup>). Zračno zanošenje tekućine nije zabilježeno kod tretmana sa ITR mlaznicom. Kod tretmana  $A_1B_1C_2$  (norma 250 l ha<sup>-1</sup>; TR mlaznica; brzina zraka 18 m s<sup>-1</sup>) u iznosu od 4,21 g ha<sup>-1</sup> ostvarena je najveća vrijednost zračnog zanošenja sa senzorskim sustavom. Ostali tretmani nisu ostvarili zračno zanošenje osim tretmana  $A_2B_1C_2$  (3,00 g ha<sup>-1</sup>). Smanjenje zanošenja od 100% uočava se kod tretmana  $A_1B_1C_1$  i  $A_2B_1C_1$  prilikom usporedbe ostvarenih vrijednosti zračnog zanošenja s dva sustava raspršivanja.

Distribuciju zabilježenih vrijednosti zračnog zanošenja na udaljenosti 10 m od tretiranog reda sa oba sustava raspršivanja prikazuju Grafikoni 7. i 8.



Grafikon 7. Distribucija zračnog zanošenja konvencionalnim raspršivanjem na 10 m

U grafikonu 7. prikazane su vrijednosti distribucije zračnog zanošenja po jedinici površine ( $\mu\text{g}/350 \text{ cm}^2$ ) ostvarenih na 10 m od tretiranog reda konvencionalnim raspršivanjem. Tretmani s *ITR* mlaznicom nisu zabilježili zračno zanošenje tekućine dok je kod ovog sustava raspršivanja najveće vrijednosti zračnog zanošenja ostvario tretman *250 TR 18* (norma 250 l  $\text{ha}^{-1}$ ; *TR* mlaznica; brzina zraka 18  $\text{m s}^{-1}$ ).



Grafikon 8. Distribucija zračnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom na 10 m



Distribucija zanešene tekućine sa senzorskim sustavom ostvarena je tretmanom s normom 250 l ha<sup>-1</sup>, TR mlaznicama i brzinom zraka od 18 m s<sup>-1</sup>, te normom raspršivanja 200 l ha<sup>-1</sup>, TR mlaznicama i brzinom zraka od 18 m s<sup>-1</sup>. Distribucija zanesene tekućine nije zabilježena kod preostalih tretmana (Grafikon 8.).

Tablica 11. Analiza varijance zračnog zanošenja na 10 m

ANOVA	Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
	<i>F-test</i>	<i>p</i>	<i>F-test</i>	<i>p</i>
<i>A</i>	8,78*	0,007	18,45*	<,0001
<i>B</i>	265,09*	<,0001	651,13*	<,0001
<i>C</i>	47,24*	<,0001	651,13*	<,0001
<i>AB</i>	8,78*	0,007	18,45*	0,0002
<i>AC</i>	4,44 n.s.	0,05	18,45*	0,0002
<i>BC</i>	47,24*	<,0001	651,13*	<,0001
<i>ABC</i>	4,44 n.s.	0,05	18,45*	0,0002

*A* - norma raspršivanja (l ha<sup>-1</sup>); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m s<sup>-1</sup>)

Tablica 11. prikazuje vrijednosti analize varijance za ispitivano svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine na 10 m udaljenosti sa oba sustava rada. Glavna nezavisna svojstva istraživanja i njihove interakcije pokazuju statistički značajan utjecaj osim interakcija AC - norma x brzina zraka ( $F = 0,05$  n.s.) i ABC - norma x tip mlaznice x brzina zraka ( $F = 0,05$  n.s.) za konvencionalni sustav. Statistički značajan utjecaj utvrđen je u svim slučajevima primjenom raspršivača sa senzorskim sustavom.

Tablica 12. prikazuje  $LSD_{0,05}$  vrijednosti za ispitivano svojstvo zračnog zanošenja tekućine na 10 m udaljenosti od tretiranog reda.

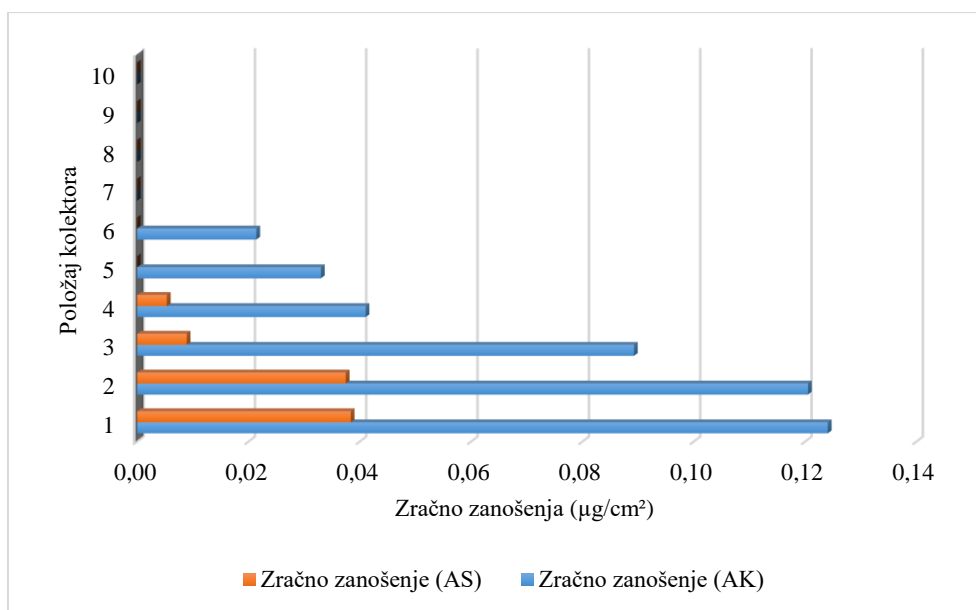
Tablica 12.  $LSD_{0,05}$  zračnog zanošenja na 10 m

Čimbenici raspršivanja		Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
		$\bar{x}$	$LSD_{0,05}$	$\bar{x}$	$LSD_{0,05}$
<i>A</i>	<i>A</i> <sub>1</sub>	19,68	15,28 n.s.	3,68	4,15 n.s.
	<i>A</i> <sub>2</sub>	13,62		2,62	
<i>B</i>	<i>B</i> <sub>1</sub>	33,31	9,18*	6,31	3,45*
	<i>B</i> <sub>2</sub>	0,00		0,00	
<i>C</i>	<i>C</i> <sub>1</sub>	23,68	14,53 n.s.	6,31	3,45*
	<i>C</i> <sub>2</sub>	9,62		0,00	

*A* - norma raspršivanja (l ha<sup>-1</sup>); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m s<sup>-1</sup>)

Iz Tablice 12. vidljivo je da uporabom konvencionalnog sustava raspršivanja norma raspršivanja od  $250 \text{ l ha}^{-1}$  ( $A_1$ ), u odnosu na normu raspršivanja od  $200 \text{ l ha}^{-1}$  ( $A_2$ ), ne ostvaruje statistički značajnu razliku ( $\text{LSD}_{0,05} = 15,28 \text{ n.s.}$ ) Tip mlaznice ( $B_1$ ) ostvario je statistički značajnu razliku ( $\text{LSD}_{0,05} = 9,18^*$ ) u odnosu na tip mlaznice  $B_2$  za 100 %. Utjecaj čimbenika  $C_1$  (brzina zraka  $18 \text{ m s}^{-1}$ ) nije statistički značajan ( $\text{LSD}_{0,05} = 14,53 \text{ n.s.}$ ) u odnosu na brzinu zraka od  $12 \text{ m s}^{-1}$  (čimbenik  $C_2$ ). Norma raspršivanja  $A_1$  ( $250 \text{ l ha}^{-1}$ ) nije ostvarila statistički značajno zračno zanošenje tekućine ( $\text{LSD}_{0,05} = 4,15 \text{ n.s.}$ ) u odnosu na normu  $A_2$  ( $200 \text{ l ha}^{-1}$ ) prilikom eksploatacije raspršivača opremljenog senzorskim sustavom.

Grafikon 9. prikazuje raspodjelu ukupnih vrijednosti zračnog zanošenja tekućine na udaljenosti 10 m od tretiranog reda za sve tretmane.



Grafikon 9. Zračno zanošenje na 10 m za sve tretmane konvencionalnog i senzorskog sustava raspršivanja

Na osnovu prikazanih rezultata u Grafikonu 9., a s povećanjem visine postavljenih filter papirića, uočava se trend smanjenja ukupne količine zračnog zanošenja tekućine. Smanjenje vrijednosti ostvarenih raspršivačem sa senzorskim sustavom u odnosu na konvencionalni način raspršivanja uočava se prilikom usporedbe između dva sustava raspršivanja (Grafikon 9.).

$\text{LSD}_{0,05}$  test za ukupne vrijednosti zračnog zanošenja tekućine ostvarene na 10 m tretiranog reda za sve tretmane uporabom raspršivača Agromehnika konvencionalnim i senzorskim sustavom prikazuje Tablica 13.

Tablica 13.  $LSD_{0,05}$  za zračno zanošenje na 10 m

Sustav raspršivanja	$\bar{x}$	<i>F-test</i>	<i>p</i>	$LSD_{0,05}$	Otklon (%)
AK	16,65	12,27*	0,0009	7,70	80,83
AS	3,15				

AK – Agromehanika konvencionalno AS – Agromehanika senzorski

$LSD_{0,05}$  testom prikazanim u Tablici 13. utvrđen je statistički značajan utjecaj senzorskog sustava raspršivanja u odnosu na konvencionalni način ( $LSD_{0,05} = 7,70$ ), dok je ostvareno smanjenje zanošenja iznosilo 80,83 %.

#### 5.2.4. Rezultati mjerenja depozita u krošnji raspršivačem Agromehanika

Tablica 14. prikazuje analizu filter papirića postavljenih na tri razine krošnje: donjoj, srednjoj i gornjoj razini za prikupljanje depozita u krošnji.

Tablica 14. Depozit u krošnji raspršivačem Agromehanika

Tretman	$N_r$ (l ha <sup>-1</sup> )	Tip mlaznice	$v_z$ (m s <sup>-1</sup> )	Konvencionalni			Senzorski sustav			Otklon (%)
				$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	$\sigma$	K.V. (%)	$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	$\sigma$	K.V. (%)	
$A_1B_1C_1$	250	TR	12,00	301,42	0,82	1,04	299,44	1,13	0,90	0,66
$A_1B_1C_2$	250	TR	18,00	305,71	0,65	0,50	303,84	0,63	0,50	0,62
$A_1B_2C_1$	250	ITR	12,00	305,84	0,76	0,59	304,41	0,96	0,75	0,46
$A_1B_2C_2$	250	ITR	18,00	312,02	1,54	1,18	307,92	0,97	0,75	1,31
$A_2B_1C_1$	200	TR	12,00	274,63	8,24	7,14	272,91	6,05	5,28	0,62
$A_2B_1C_2$	200	TR	18,00	281,72	4,14	3,50	278,02	7,31	6,25	1,31
$A_2B_2C_1$	200	ITR	12,00	278,21	8,35	7,14	275,22	3,44	2,98	1,08
$A_2B_2C_2$	200	ITR	18,00	285,21	4,67	3,90	283,32	4,97	4,18	0,67

A - norma raspršivanja (l ha<sup>-1</sup>); B - tip mlaznice; C - brzina zračne struje (m s<sup>-1</sup>)

Najveća vrijednost depozita u krošnji izmjerena je tretmanom  $A_1B_2C_2$  u iznosu od 312 g ha<sup>-1</sup>, dok je minimalna vrijednost od 274,6 g ha<sup>-1</sup> ostvarena tretmanom  $A_2B_1C_1$  konvencionalnim načinom raspršivanja što uočavamo prema rezultatima prikazanim u Tablici 14. Vrlo slične vrijednosti zabilježene su uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom gdje je maksimalno zabilježena vrijednost iznosila 307,9 g ha<sup>-1</sup> ( $A_1B_2C_2$ ). Minimalnu vrijednost depozita u krošnji od 272,9 g ha<sup>-1</sup> ostvario je tretman  $A_2B_1C_1$ . Nije zabilježena statistička značajna razlika usporedbom rezultata dobivenih primjenom konvencionalnog i senzorskog načina raspršivanja. Tretmanom  $A_1B_2C_2$  između dva sustava raspršivanja ostvaren je najveći otklon od 1,31 %, dok je minimalni otklon od 0,46 % zabilježen tretmanom  $A_1B_1C_2$ .

Tablica 15. prikazuje analizu varijance za ispitivano svojstvo depozita u krošnji.

Tablica 15. Analiza varijance depozita u krošnji

ANOVA	Konvencionalni		Senzorski sustav	
	<i>F-test</i>	<i>p</i>	<i>F-test</i>	<i>p</i>
<i>A</i>	2,81 n.s.	0,11	0,18 n.s.	0,67
<i>B</i>	0,00 n.s.	0,95	1,66 n.s.	0,21
<i>C</i>	2,39 n.s.	0,14	2,64 n.s.	0,12
<i>AB</i>	0,51 n.s.	0,48	2,75 n.s.	0,11
<i>AC</i>	0,90 n.s.	0,77	0,00 n.s.	0,98
<i>BC</i>	0,25 n.s.	0,62	0,02 n.s.	0,89
<i>ABC</i>	0,9 n.s.	0,76	0,09 n.s.	0,76

A - norma raspršivanja ( $l\ ha^{-1}$ ); B - tip mlaznice; C - brzina zračne struje ( $m\ s^{-1}$ )

Na osnovu rezultata u Tablici 15. nije utvrđena statistička značajnost između ispitivanih čimbenika uporabom konvencionalnog načina raspršivanja. Rezultati dobiveni uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom ne pokazuju statistički značajne razlike između ispitivanih čimbenika i njihovih interakcija.

Tablica 16. prikazuje vrijednosti dobivene primjenom  $LSD_{0,05}$  testa za ispitivano svojstvo depozita u krošnji.

Tablica 16.  $LSD_{0,05}$  vrijednosti depozita u krošnji

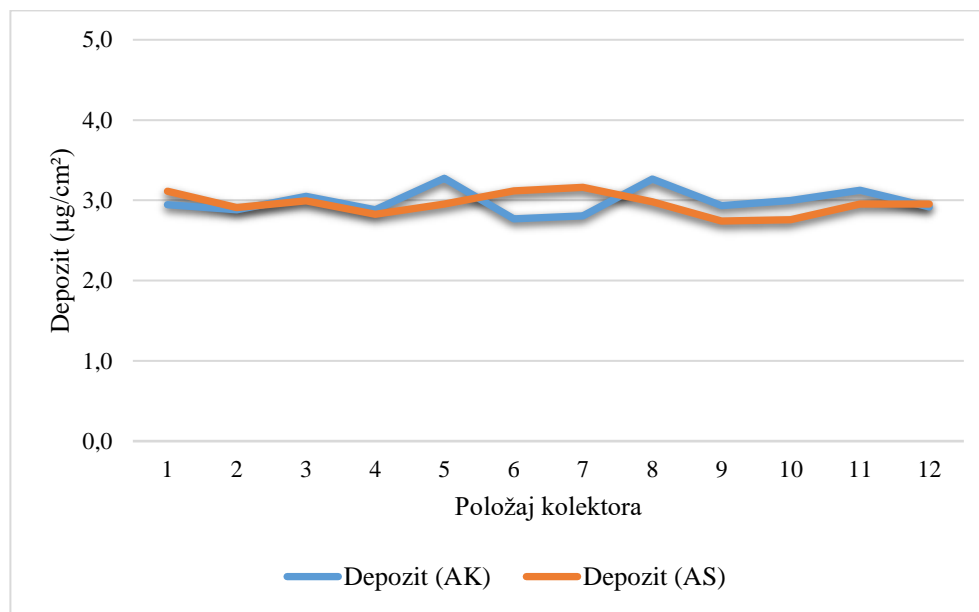
Čimbenici raspršivanja		Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
		$\bar{x}$	$LSD_{0,05}$	$\bar{x}$	$LSD_{0,05}$
<i>A</i>	<i>A<sub>1</sub></i>	1.268,38	32,36 n.s.	1.244,00	30,19 n.s.
	<i>A<sub>2</sub></i>	1.240,88		1.237,81	
<i>B</i>	<i>B<sub>1</sub></i>	1.254,19	33,94 n.s.	1.250,25	29,46 n.s.
	<i>B<sub>2</sub></i>	1.255,06		1.231,60	
<i>C</i>	<i>C<sub>1</sub></i>	1.257,31	32,60 n.s.	1.252,69	28,97 n.s.
	<i>C<sub>2</sub></i>	1.241,94		1.229,13	

A - norma raspršivanja ( $l\ ha^{-1}$ ); B - tip mlaznice; C - brzina zračne struje ( $m\ s^{-1}$ )

U Tablici 16. prikazane su vrijednosti  $LSD_{0,05}$  testa za ispitivano svojstvo depozita u krošnji, gdje je utvrđeno da uporabom konvencionalnog raspršivača čimbenici A - norma raspršivanja, B - tip mlaznice i C - brzina zraka nisu ostvarili statističku značajnost. Promatrajući rezultate dobivene uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom vrijednosti

LSD<sub>0,05</sub> testa za ispitivane čimbenike nisu pokazale statistički značajne razlike depozita u krošnji.

Raspodjela ukupnih vrijednosti depozita u krošnji s različito podešenim tehničkim čimbenicima raspršivanja s obzirom na različite sustave raspršivanja prikazane su u Grafikonu 10.



Grafikon 10. Depozit u krošnji za sve tretmane konvencionalnog i senzorskog raspršivanja

U Grafikonu 10. uočava se da vrijednosti depozita u krošnji uporabom senzorskog sustava (AS) nisu značajno različite u odnosu na vrijednosti dobivene uporabom konvencionalnog načina raspršivanja (AK – konvencionalni raspršivač).

Vrijednosti LSD<sub>0,05</sub> testa depozita u krošnji primjenom raspršivača Agromehanika s različitim sustavima raspršivanja prikazuje Tablica 17.

Tablica 17. LSD<sub>0,05</sub> za depozit u krošnji s različitim sustavima raspršivanja

Sustav raspršivanja	$\bar{x}$	<i>F-test</i>	<i>p</i>	LSD <sub>0,05</sub>	Otklon (%)
AK	1.254,63	1,57 n.s.	0,215	21,90	1,10
AS	1.240,91				

AK – Agromehanika konvencionalno AS – Agromehanika senzorski

Primjena raspršivača sa senzorskim sustavom nije statistički značajno utjecala na depozit u krošnji (LSD<sub>0,05</sub> = 21,90.) što možemo zaključiti na temelju dobivenih rezultata prikazanih u Tablici 17. Uporaba konvencionalnog raspršivača u odnosu na dobivene vrijednosti uporabom senzorskog sustava dovodi do otklona depozita u iznosu od 1,10 %.

## 6. RASPRAVA

### 6.1. Glavni tehnički čimbenici raspršivanja

Velika heterogenost kultura, njihovih uzgojnih oblika, te varijacija tijekom vegetativne sezone predstavljaju problem prilikom pravilnog određivanja čimbenika raspršivanja i odabira odgovarajuće mehanizacije.

Norma ISO 22866:2005 koja navodi točno određene postupke i mjere za postavljanje kolektora i evaluaciju zanošene tekućine, te definira zanošenje tekućine kao količinu sredstva za zaštitu bilja koja nije stigla do ciljanog objekta u području tretiranja osmišljena je u svrhu lakšeg i preciznijeg određivanja čimbenika raspršivanja i odabira mehanizacije. Čitav niz autora uspješno koristi navedenu normu za potrebe istraživanja zanošenja tekućine i evaluaciju depozita u krošnji (Herbst i Wehmann, 2014.; Salcedo i sur., 2015.).

Organska boja Tartrazine korištena je u ovom istraživanju kao bojilo tekućine pri njenoj aplikaciji. Jejčić i sur. (2011.) navedenu otopinu boje u koncentraciji  $20 \text{ g l}^{-1}$  koristili su za određivanje depozita u krošnji primjenom dva različita sustava raspršivanja (konvencionalni i senzorski sustav).

Foqué i sur. (2014.) upotrebljavaju filter papiriće za prikupljanje depozita u krošnji, te navode niz pozitivnih karakteristika za primjenu u znanstvene svrhe (ujednačenost površine, dobra apsorpcijska svojstva i ne-voštana svojstva površine).

Utjecaj brzine gibanja raspršivača na depozit tekućine u vinogradu proučavaju Celen i sur. (2008). Na temelju rezultata utjecaja različitih brzina gibanja ( $2,1$ ;  $4,9$ ;  $7,7 \text{ km h}^{-1}$ ) na depozit tekućine po visini trsa uočavaju da smanjenje brzine gibanja značajno povećava depozit u krošnji.

Slične agrotehničke brzine gibanja raspršivača od  $3$  do  $9 \text{ km h}^{-1}$  koriste Triloff i sur. (2012.) s ciljem istraživanja utjecaja brzine gibanja agregata i brzine ventilatora na zanošenje tekućine. Na temelju dobivenih rezultata donose zaključak da je smanjena brzina gibanja povoljno utjecala na smanjenje zanošenja tekućine.

Prema dosadašnjim istraživanjima koja navode uspješnu primjenu senzorskih sustava u okviru agrotehničkih brzina od  $2$  do  $6 \text{ km h}^{-1}$  i u ovom istraživanju brzina gibanja raspršivača od  $4 \text{ km h}^{-1}$  određena je zbog ostvarivanja potrebne norme raspršivanja, uporabe ultrazvučnih

senzora za detekciju prisutnosti krošnje te smanjenja negativnog utjecaja na povećanje zanošenja tekućine (Petrović, 2018.).

#### 6.1.1. Utjecaj norme raspršivanja

Pravilno određivanje norme raspršivanja ključno je za uspješno provođenje zaštite bilja. Poljoprivredni proizvođači do sada su u praksi primjenjivali konstantnu normu raspršivanja tijekom cijelog vegetativnog razvoja biljke što dovodi do prekomjernog korištenja sredstava za zaštitu bilja.

Jedan od načina određivanja prilagođene norme raspršivanja je pomoću TRV metode (engl. Tree Row Volume ) koju uspješno koristi Deveau, (2010.).

U ovom istraživanju norma raspršivanja određena je na temelju prethodno navedene metode koja uzima u obzir čimbenike: visinu nasada, međuredni razmak i širinu krošnje.

S obzirom na izračunatu normu raspršivanja određene je brzina gibanja raspršivača od 4 km h<sup>-1</sup> i odgovarajući radni tlak. Sukladno tome za normu od 250 l ha<sup>-1</sup>, potreban protok iznosi 1,67 l min<sup>-1</sup> pri radnom tlaku od 13 bar, dok je za normu od 200 l ha<sup>-1</sup> mlaznica morala ostvariti protok od 1,33 l min<sup>-1</sup> pri radnom tlaku od 9 bar. Radni tlakovi korišteni u ovom istraživanju za ostvarivanje protoka u skladu su s preporukama proizvođača Lechler koji navodi radne tlakove (3 bar - 20 bar) za postizanje optimalnih rezultata korištenjem TR i ITR mlaznica (Petrović, 2018.).

Smanjenje norme raspršivanja donosi niz prednosti poput povećanja depozita na ciljanom području (krošnji) i smanjenje izgubljene tekućine kapanjem s listova što su u svojim istraživanjima pokazali Cunningham i Harden (1998., 1999.).

Sukladno prethodno navedenom, uporabljena optimalna norma raspršivanja u ovom istraživanju određena je prema trenutnom stadiju nasada (puna lisna masa) od 250 l ha<sup>-1</sup> za oba sustava raspršivanja (konvencionalno i selektivno). Dobiveni rezultati uporabom konvencionalnog raspršivača Agromehanika pokazuju značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine od 20,91 do 31,99 % primjenom norme od 200 l ha<sup>-1</sup> pri istim čimbenicima raspršivanja (Petrović, 2018.).

Rezultati zračnog zanošenja tekućine na 5 m eksploatacijom konvencionalnog raspršivača Agromehanika sa smanjenom normom raspršivanja od (200 l ha<sup>-1</sup>) pokazuju smanjenje

zračnog zanošenja od 16,59 do 41 %. Na osnovu rezultata zračnog zanošenja tekućine na 5 m raspršivačem Agromehanika sa senzorskim sustavom vidljivo je smanjenje zračnog zanošenja od 16,67 do 17,90 %. Dobivene vrijednosti smanjenja zračnog zanošenja na 10 m od tretiranog reda uporabom konvencionalnog raspršivača Agromehanika iznosile su 16,66 - 21,42 %. Smanjenje zračnog zanošenja na 10 m primjenom raspršivača Agromehanika sa senzorskim sustavom iznosilo je od 28,74 % (Petrović, 2018.).

Nije utvrđeno značajno smanjenje vrijednosti depozita u krošnji primjenom norme od 200 l ha<sup>-1</sup> u odnosu na optimalnu normu od 250 l ha<sup>-1</sup>. Smanjenje depozita raspršivačem Agromehanika iznosilo je od 3,77 do 8,60 %. Smanjenja depozita tekućine u krošnji raspršivačem Agromehanika sa senzorskim sustavom iznosila su od 7,98 do 9,59 %. Na temelju dobivenih rezultata može se uočiti sličnost s prethodno provedenim istraživanjima gdje smanjenje norme raspršivanja za 20 % nije značajno utjecalo na smanjenje depozita u krošnji (Petrović, 2018.).

Vrlo slične rezultate prikazuju Araújo i sur. (2013.) koji u svom istraživanju navode moguće smanjenje optimalne norme raspršivanja za 47 % prilikom zaštite limuna na CBS (engl. Citrus Black Spot) bez statistički značajnog utjecaja na biološku učinkovitost.

#### 6.1.2. Utjecaj tipa mlaznica

Mlaznice imaju izravan utjecaj na kvalitetu raspršivanja škropiva jer predstavljaju izvršni element aplikacije istog.

Behmer i sur. (2010.) uočavaju reduciranje zanošenja tekućine na osnovu dobivenih rezultata primjene dva različita tipa mlaznica (standardne i mlaznice za smanjenje zanošenja engl. Low drift). Ostvareno smanjenje na 7 m udaljenosti od tretiranog reda primjenom low drift mlaznica iznosilo je 60 % u odnosu na standardne mlaznica. Vrijednosti zemljišnog zanošenja na posudama ispod krošnje povećane su za 50 % primjenom mlaznica za smanjenje zanošenja tekućine.

Uspoređujući rezultate prethodno navedenih autora u ovom istraživanju uočavaju se vrlo slični rezultati gdje je utvrđeno smanjenje zračnog zanošenja na 5 m zračno - injektorskim mlaznicama (ITR) od 40,73 do 58,48 %, u odnosu na TR mlaznice, eksploatacijom konvencionalnog raspršivača Agromehanika. Promatrajući ostvarene vrijednosti konvencionalnim raspršivanjem na vertikalnom kolektoru 10 m udaljenosti od tretiranog reda



uočava se 100 % smanjenje zračnog zanošenja tekućine uporabom ITR mlaznica ( $0 \text{ g ha}^{-1}$ ) u odnosu na TR mlaznice ( $12,79 \text{ g ha}^{-1}$ ) (Petrović, 2018.).

Analizirajući zemljišno zanošenje primjenom ITR mlaznica s obzirom na TR mlaznice eksploatacijom konvencionalnog raspršivača Agromehanika uočava se spomenuta pojava povećanja vrijednosti zemljišnog zanošenja od 25,49 do 34,2 %.

Primjenom različitih tipova mlaznica uočava se smanjenje od 1,22 do 2,01 % vrijednosti depozita u krošnji zabilježene konvencionalnim sustavom raspršivanja Agromehanika raspršivačem ( $\text{LSD}_{0,05} = 33,94 \text{ n.s.}$ ).

Uporabom senzorskog sustava na ispitivanim raspršivačima ostvarene su slična zanošenja tekućine i depozita u krošnji. Izmjereno smanjenje zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti primjenom ITR mlaznica (Agromehanika sa senzorskim sustavom) iznosilo je od 50 do 100 %, u odnosu na TR mlaznice. Analizom rezultata na vertikalnom nosaču na 10 m udaljenosti uočava se 100 % smanjenje zračnog zanošenja tekućine uporabom ITR mlaznica ( $0 \text{ g ha}^{-1}$ ) u odnosu na TR mlaznice ( $4,21 \text{ g ha}^{-1}$ ) (Petrović, 2018.).

Povećanje vrijednosti od 21,59 do 36,26 %, s obzirom na TR mlaznice, primjenom raspršivača Agromehanika sa senzorskim sustavom možemo uočiti promatrajući rezultate zemljišnog zanošenja tekućine primjenom ITR mlaznica.

Nije zabilježeno statistički značajno smanjenje depozita u krošnji uporabom različitih tipova mlaznica ( $\text{LSD}_{0,05} = 29,46 \text{ n.s.}$ ), uz smanjenje od 0,83 do 1,87 % pri eksploataciji raspršivača Agromehanika sa senzorskim sustavom.

Na temelju rezultata dobivenih u ovom istraživanju opravdava se uporaba mlaznica za smanjenje zanošenja tekućine jer se njihovim korištenjem značajno smanjilo zračno zanošenje tekućine u odnosu na standardne mlaznice uz nepromijenjen depozit u krošnji.

### 6.1.3. Utjecaj brzine zračne struje

Za svaki nasad potrebno je podešavanje zračne struje prema karakteristikama nasada i tipu raspršivača jer svaki raspršivač proizvodi specifičan oblik zračne struje s određenom distribucijom tekućine (Dekeyser, i sur., 2011., 2012.).

Endalew i sur. (2010a). navode da je za uspješnu aplikaciju potrebno uskladiti sljedeća tri parametra strujanja zraka: brzinu zraka, protok zraka i smjer strujanja zraka.

Landers i sur. (2004.) u svom istraživanju uočili su da se kod mlađih trajnih nasada povećanjem brzine zraka povećava zanošenje tekućine. Također, utvrđuju da se smanjivanjem brzine zraka za 25 % povećava veličina kapljica za 31 %, te se osigurava optimalna pokrivenost površine i smanjeno zanošenje.

U prilog tome govore dobiveni rezultati u ovom istraživanju gdje je reduciranjem optimalne brzine zračne struje ostvareno smanjenje zemljišnog zanošenja od 10,07 do 19,03% primjenom konvencionalnog raspršivača Agromehnika. Analizirajući rezultate ostvarene sa senzorskim sustavom na ispitivanim raspršivačima primjećuju se vrlo slični odnosi ostvarenih vrijednosti, ali sa većim postocima smanjenja zanošenja tekućine. Sukladno navedenom, raspršivač Agromehnika sa senzorskim sustavom ostvario je smanjenje zemljišnog zanošenja od 21,21 do 33,52 % (Petrović, 2018.).

Zande i sur. (2014.) primjenjuju prilagođavanje brzine zračne struje prema stadiju razvoja biljke s ciljem smanjenja zanošenja tekućine.

Rezultati dobiveni u ovom istraživanju vrlo su slični s dobivenim vrijednostima spomenutog autora gdje je smanjenje zračnog zanošenja na 5 m udaljenosti eksploatacijom konvencionalnog raspršivača Agromehnika iznosilo od 24,73 do 34,57 %. Smanjenje zračnog zanošenja na 10 m uporabom konvencionalnog raspršivača Agromehnika iznosilo je od 52,38 do 53,05 %. Primjenom senzorskog sustava na raspršivaču uočava se 100 % smanjenje zračnog zanošenja tekućine na 10 m (Petrović, 2018.).

Pravilnim određivanjem brzine i volumena zračne struje koja je dovoljna za transport kapljica tekućine do krošnje bez nepotrebnog odnošenja kapljica izvan ciljanog objekta zaštite možemo objasniti ovakva značajna smanjena zračnog zanošenja tekućine.

Uspoređujući dvije različite brzine ventilatora uočavaju se slične ostvarene vrijednosti (1,40 - 2,52 %), ako promatramo utjecaj smanjenja zračne struje na depozit u krošnji konvencionalnim raspršivačima. Na temelju dobivenih rezultata možemo jasno utvrditi da se optimiziranjem brzine zračne struje statistički značajno ne mijenja depozit u krošnji. Analizirajući vrijednosti depozita u krošnji primjenom senzorskog sustava na oba raspršivača vidljive su slične vrijednosti (od 0,18 do 5,39 %). Na osnovu ostvarenih vrijednosti depozita u krošnji vidljivo je da nema statistički značajnih razlika reduciranjem brzine zračne struje (Petrović, 2018.).

Suprotno tome, Salcedo i sur. (2015.) navode da nepravilno određen volumen i smjer zračne struje utječu na jednoliki depozit unutar krošnje s povećanjem gubitaka tekućine izvan ciljanog objekta raspršivanja.

Dodatni problem kod ostvarivanja precizne i jednolike distribucije zaštitnog sredstva je konstrukcijsko rješenje ventilatora za stvaranje zračne potpore ispitivanih raspršivača. Triloff i sur. (2014.), te Czaczyk i sur. (2014.) navode da pri radu raspršivača nejednolika brzina zračne struje između lijeve i desne strane usmjerivača zraka uzrokuje nejednoliku raspodjelu tekućine.

Pojava nejednolike brzine zračne struje uočena je i u ovom istraživanju gdje je desna strana usmjerivača zraka ostvarila manje brzine od lijeve strane. Prosječna brzina zraka na desnoj strani raspršivača Agromehanika iznosila je  $15,74 \text{ m s}^{-1}$ , dok je lijeva strana raspršivača ostvarila prosječnu brzinu zraka od  $18,30 \text{ m s}^{-1}$  pri 4. položaju lopatica. Otklon između lijeve i desne strane iznosio je 13,99 %.

Zakošenjem lopatica ventilatora u 2. položaj smanjena je prosječna brzina zraka s desne strane raspršivača na  $10,45 \text{ m s}^{-1}$ , dok je vrijednost prosječne brzine zraka s lijeve strane iznosila  $11,69 \text{ m s}^{-1}$  (Petrović, 2018.).

Konstrukcijska izvedba ventilatora kod aksijalnih raspršivača dovodi do vidljivog smanjenja zračne struje između lijeve i desne strane. Drugi problem koji se pojavljuje uvjetovan konstrukcijskom izvedbom aksijalnih ventilatora je pad brzine zračne struje s povećanjem visine usmjerivača zraka; kako bi se navedeni problem izbjegao potrebno je pažljivo podesiti usmjerivače zraka na raspršivaču.

#### 6.1.4. Selektivna aplikacija

Pravovremena primjena zaštitnih sredstava u trajnim nasadima sa što manjim gubicima i što manji negativnim utjecajem bez narušavanja biološke učinkovitosti. Prazni prostor koji se nalazi u mladim nasadima predstavlja gubitke prilikom aplikacije sredstva za zaštitu u vidu zemljišnog i zračnog zanošenja tekućine.

Intenziviranje istraživanja primjene selektivne aplikacije jedno je od rješenja i budućnost pravilnog apliciranja sredstava za zaštitu. Karakterizacija vegetacije u trajnim nasadima

predstavlja prvi korak u primjeni precizne aplikacije zaštitnih sredstava tj. uporabe prilagođene norme.

Također, opremanjem raspršivača sa sensorima za detekciju prisutnosti stabala moguće je, uz relativno mala ulaganja ostvariti uštede u potrošnji pesticida i smanjiti zanošenje tekućine, jer se u prostorima između biljaka ne obavlja raspršivanje (Sedlar i sur., 2009.).

Za potrebe ovog istraživanja primijenjeni su ultrazvučni senzori Sick UM30-215111 s obzirom da ispitivani nasad karakterizira veliki međuredni razmak i velike praznine između stabala za detekciju prisutnosti krošnje,. Senzori imaju mogućnost detekcije objekata na udaljenosti od 0,6 do 6 m, a minimalna površina predmeta koju mogu detektirati je 0,02 m<sup>2</sup> što je dovoljno precizno za potrebe provedenog istraživanja (Petrović, 2018.).

Prilikom postavljanja ultrazvučnih senzora vrlo je bitno poštivati preporučeni razmak između senzora. Kod senzora postavljenih na maloj međusobnoj udaljenosti postoji mogućnost pojave interferencije tj. smetnji koji se očituju u pogrešnom očitavanju udaljenosti. S obzirom na navedeno u ovom istraživanju senzori su postavljeni na visinu najšireg dijela krošnje (170 cm) sa svake strane raspršivača po jedan senzor. Zbog navedenog načina postavljanja nije postojala opasnost od pojave interferencije između senzora. Rezultati koje su dobili Escola i sur. (2011.) pri istraživanju međusobne udaljenosti postavljenih senzora na točnost očitavanja opisuju navedeni problem. Na osnovu dobivenih rezultata zaključuju da je učinak smetnji veći kada su senzori na međusobnoj udaljenosti od 30 cm ( $\pm 17,46$  cm), povećavanjem razmaka između senzora na 60 cm, prosječna pogreška smanjuje se na  $\pm 9,29$  cm (Petrović, 2018.).

Sedlar i sur. (2011.) koristili su ultrazvučne senzore sa sličnim rasporedom postavljanja na vučeni raspršivač s kojima ispituju mogućnost smanjenja zemljišnog i zračnog zanošenja tekućine u nasadu kajsije. Rezultati istraživanja navedenih autora ukazuju da selektivna aplikacija u mladim nasadima kajsije ostvaruje značajno smanjenje norme raspršivanja od 17,78 % u trogodišnjem nasadu kajsije, odnosno 19,03 % u dvogodišnjem nasadu.

Eksploatacijom konvencionalnog sustava raspršivanja raspršivačem Agromehanika ostvarena je vrijednost zemljišnog zanošenja tekućine od 17,73 g ha<sup>-1</sup>, u odnosu na senzorski sustav gdje je ukupno ostvarena vrijednost iznosila 9,09 g ha<sup>-1</sup>. Uočava se značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine uporabom senzorskog sustava za 51,2 % (Petrović, 2018.).

Dobiveni rezultati u provedenom istraživanju podudaraju se s rezultatima Chen i sur. (2013.) koji su ostvarili smanjenje zemljišnog zanošenja u voćnjaku jabuke od 68 sve do 90 % primjenom varijabilne norme, dok je smanjenje zračnog zanošenja iznosilo 70 – 92 %.

Analizom rezultata zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti uočeno je da je konvencionalni raspršivač Agromehnika ostvario vrijednost od 5,24 g ha<sup>-1</sup>, dok je vrijednost uporabom senzorskog sustava iznosila 2,14 g ha<sup>-1</sup>. Značajno smanjenje zračnog zanošenja uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom iznosilo je 59,16 % (Tablica 10.). Analizirajući rezultate dobivene eksploatacijom konvencionalnog sustava raspršivanja raspršivačem Agromehnika vidljiva je vrijednost zračnog zanošenja na 10 m od 1,67 g ha<sup>-1</sup>, dok je senzorski sustav ostvario 0,32 g ha<sup>-1</sup> (Tablica 14.) (Petrović, 2018.).

Ostvareni rezultati podudaraju se s istraživanjem Sollanelles i sur. (2006.) koji su sustavom ultrazvučnih senzora za određivanje prisutnosti krošnje u različitim nasadima (masliniku, nasadu kruške i jabuke), ostvarili značajne uštede od 70, 28 i 39 % u usporedbi s konvencionalnim načinom raspršivanja.

Otklon depozita u krošnji iznosio je 1,10 % uporabom konvencionalnog sustava raspršivanja Agromehnika raspršivačem u odnosu na dobivene vrijednosti uporabom senzorskog sustava.

Napredak tehnologije aplikacije sredstava za zaštitu uporabom sustava senzora, s naglaskom na brzinu i točnost detekcije prisutnosti krošnje, povećala se primjena u svim segmentima poljoprivredne proizvodnje. Istraživanja provedena proteklih nekoliko godina dokazuju prethodno navedene tvrdnje jer nisu zabilježene statistički značajne razlike u depozitu unutar krošnje.

## 7. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog istraživanja s konvencionalnim i senzorskim sustavom raspršivanja raspršivačem Agromehanika te utjecajem glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja na zemljišno i zračno zanošenje u nastavku možemo donijeti sljedeće zaključke:

Smanjenje norme raspršivanja djelovalo je povoljno na smanjenje zemljišnog i zračnog zanošenja na 5 i 10 m udaljenosti prilikom tretiranja konvencionalnim raspršivačem Agromehanika.

Smanjenjem optimalne brzine zračne struje ostvareno je smanjenje zemljišnog zanošenja.

Primjenom ITR mlaznica ostvareno je značajno smanjenje zračnog zanošenja tekućine u odnosu na TR mlaznice na 5 m udaljenosti, a na 10 m potpuno smanjenje zanošenja.

Kao što je prethodno u radu navedeno, prilagođavanje glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja prema stadiju nasada utjecalo je na smanjenje zračnog zanošenja na 5 i 10 m udaljenosti.

Nadogradnja konvencionalnog raspršivača Agromehanika ultrazvučnim senzorskim sustavom ostvareno je smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine; navedeni sustav nije negativno utjecao na depozit u krošnji.

Prilagođavanje glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja nasadu utjecalo je na smanjenje i zemljišnog i zračnog zanošenja, ali nije značajno utjecalo na depozit u krošnji.

Unapređenje konvencionalnih raspršivača suvremenom tehnologijom i sve većom uporabom selektivne aplikacije uvelike pridonosi smanjenju negativnih utjecaja na okoliš. Važno je nastaviti provođenje istraživanja u istom pravcu kako bi se sa što manjim gubicima i nedostacima postigli što veći rezultati u proizvodnji. S obzirom da živimo u vremenu kada je onečišćenje okoliša na vrhuncu, iznimno je važno iskoristiti svaku mogućnost s ciljem da se onečišćenje smanji.

## 8. LITERATURA

1. Araújo, D., Carlos, G. R., Hamilton, H. R., Marcel, B. S., Evandro, P. P. (2013.): Interference of spray volume reduction in citrus black spot (*Guignardia citricarpa* Kiely) control in Valencia citrus fruits. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, 39 (3): 172-179.
2. Araújo, D., Raetano, C. G., Ramos, H. H., Ribeiro da Rocha, D. S., Prado, E. P., Aguiar, V. C. (2016.): Interference of spray volume, fruit growth and rainfall on spray deposits in citrus black spot control periods. *Rural engineering*, 46 (5): 825-831.
3. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj, Ž., Lukač, P. (2013.): Unapređenje tehnike aplikacije pesticida, Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
4. Banaj, Đ., Tadić, V., Petrović, D., Knežević, D., Banaj, A. (2014.): Vertikalna raspodjela zračne struje raspršivača AGP 200 ENU. *Proceedings of the 42<sup>nd</sup> International Symposium on Agricultural Engineering "Actual Tasks on Agricultural Engineering"*, 167 - 177.
5. Banaj, A., Tadić, V., Petrović, D., Knežević, D., Banaj, Đ., Duvnjak, V. (2016.): Vertikalna raspodjela zračne struje kod raspršivača Agp 200 ENU i Tifone Vento 1500. *Proceedings of the 44<sup>rd</sup> International Symposium on Agricultural Engineering "Actual Tasks on Agricultural Engineering"*, 167 - 175.
6. Barani, A.; Franchi, A.; Bugiani, R.; Montermini, A. (2008.): Efficacy of unit canopy row spraying system for control of European vine moth (*Lobesia botrana*) in vineyards. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript ALNARP 08 005, X: 1-5.
7. Barčić, S. (1999): Composed air flow in pesticide spraying, *Agriculturae conspectus scientificus*, 64 (3): 161-177.
8. Behmer, S. Prinzio, A., Striebeck, G., Magdalena, J. (2010.): evaluation of low-drift nozzles in agrochemical applications in orchards. *chilean journal of agricultural research* 70 (3): 498-502.
9. Catania, P., Inglese, P., Pipitone, F., Vallone, M. (2011.): Assessment of the wind influence on spray application using an artificial vineyard. *Eur. J. Hortic. Sci.*, 102 - 108.

10. Celen; I. H., Arin; S., Durgut; M. R. (2008.): The effect of the air blast sprayer speed on the chemical distribution in vineyard. *Pak. J. Biol. Sci.* 11: 1472 - 1476.
11. Celen, I. H., (2010.): The effect of spray mix adjuvants on spray drift. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 16: 105 - 110.
12. Chen, Y., Ozkan, H.E., Zhu, H., Derksen, R.C., Krause, C.R., (2013.): Spray deposition inside tree canopies from a newly developed variable-rate air-assisted sprayer. *Trans. ASABE*, 56 (6): 1263 - 1272.
13. Cross, J. V., Walklate, P. J., Murray, R. A., Richardson, G.M. (2003.): Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer, *Crop protection*, 25: 2.
14. Cunningham, G.P., Harder, J. (1998.): Reducing spray volumes applied to mature citrus trees. *Crop Protection*, 17 (4): 289 - 292.
15. Cunningham, G.P., Harder, J. (1999.): Sprayers to reduce spray volumes in mature citrus trees. *Crop Protection*, 18: 275 - 281.
16. Czaczyk, Z., Bäcker, G., Keicherr, R., Müller, R. (2014.): Air flow characteristics – proposed as mandatory requirement for airblast sprayers. *Julius-Kühn-Archiv 449| Fifth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers – SPISE*, 5: 168 - 171.
17. Dekeyser D, Goossens T, Endalew A M, Verboven P, Hendrickx N, Nuyttens D. (2011.): Performance assessment of orchard sprayers, Part 1: Machine characterisation. *SuProFruit 2011*.
18. Dekeyser, D., Foqué, D., Endalew, A.M., Verboven, P., Goossens, T., Hendrickx, N., Nuyttens, D. (2012.): Assessment of orchard sprayers using laboratory trials. *Aspects of Applied Biology*, 114: 395 - 403.
19. Dekeyser, D., Foqué, D., Duga, A.T., Verboven, P., Hendrickx, N., Nuyttens, D. (2014.): Spray deposition assessment using different application techniques in artificial orchards tree. *Crop Protection*, 64: 187 - 198.
20. Deveau, S.T. (2010.): Fungicide Spray Coverage, *Hort. Matters*, 10: 2.
21. Dorr, G. J., Kempthorne, D. M., Mayo, L. C., Forster, W. A., Zabkiewicz, J. A., McCue, S. W., Belward, J. A., Turner, I. W. and Hanan, J. (2014.): Towards a Model of Spray-canopy Interactions: Interception, Shatter, Bounce and Retention of Droplets on Horizontal Leaves. *Ecol. Modell*, 290: 94 -101.



22. Doruchowski, G., Holownicki, R., Godyn, A., Swiechowski, W. (2012.): Calibration of orchard sprayers – the parameters and methods, Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of sprayers, SPISE, 4: 140 - 144.
23. Endalew, A.M., Debaer, C., Rutten, N., Vercammen, J., Delele, M.A., Ramon, H., Nicolaï, B.M., Verboven, P. (2010a.): A new integrated CFD modelling approach towards air-assisted orchard spraying. Part I. Model development and effect of wind speed and direction on sprayer airflow. *Computers and Electronics in Agriculture*, 71: 128 - 136.
24. Escola, A., Planas, S., Rosell, J.R., Pomar, J., Camp, F., Solanelles, F., Gracia, F., Llorens, J., Gil, E. (2011.): Performance of an Ultrasonic Ranging Sensor in Apple Tree Canopies. *Sensors*, 11: 459 - 2477.
25. Farooq, M., Salyani, M. (2002.): Spray Penetration into the Citrus Tree Canopy from Two Air - Carrier Sprayers, ASAE Annual Conference and Trade Show, 45 (5): 1287 - 1293.
26. Foqué, D., Dekeyser, D., Zwertvaegher, I., Nuyttens, D. (2014.): Accuracy of a multiple mineral tracer methodology for measuring spray deposition. *Aspects of Applied Biology* 122: 203 – 212.
27. Fox, R. D., Derksen, R. C., Zhu, H., Brazee, R. D., Svensson, S. (2008.): A history of air-blast sprayer development and future prospects. *Trans. ASABE*, 51 (2): 405 - 410.
28. Gil, E., Badiola, J. (2007.): Design and Verification of a Portable Vertical Patternator for Vineyard Sprayer Calibration, *Engineering in Agriculture*, 23 (1): 35 - 42.
29. Herbst, A. i Weehmann, H. J. (2014.): Studies on drift potential from nozzles with angular spray fans. *Aspects of Applied Biology*, 122: 347 - 352.
30. Holownicki, R., Doruchowski, G., Godyn, A., Swiechowski, W. (2000.): Variation of spray deposit and loss with air-jet directions applied in orchards. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 77 (2): 129 - 136.
31. Jaeken, P., Vandermersch, M., De Moor, A., Langenakens, J. (2001.): Vertical spray distribution and influence on foliar nutrient distribution in fruit trees. *Parasitica*, 57: 99 - 113.
32. Jejčič, V., Godeša, T., Hočevar, M., Širok, B., Malneršič, A., Štancar, A., Lešnik, M., Stajniko, D. (2011.): Design and Testing of an Ultrasound System for Targeted Spraying in Orchards. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, 57 (7-8): 587 - 598.

33. Jeon; H.Y. i Zhu, H. (2012.): Development of a variable-rate sprayer for nursery liner applications. *Trans. ASABE*, 55 (1): 303 - 312.
34. Jurišić, M., Šumanovac, L., Zimmer, D., Barač, Ž. (2015.): Tehnički i tehnološki aspekti pri zaštiti bilja u sustavu precizne poljoprivrede, *Poljoprivreda*, 1: 75 - 81.
35. Landers, A., Farooq, M. (2004.): Reducing drift and improving deposition in orchards. *Aab* 9 (1): 380–84.
36. Llorens, J., Gil, E., Llop, J., Escola, A. (2011.): Ultrasonic and LIDAR Sensors for Electronic Canopy Characterization in Vineyards: Advances to Improve Pesticide Application Methods. *Sensors*, 11: 2177 - 2194.
37. Llorens Calveras, J., Landers, A.J. and Larzelere, W. (2013.): Precision application of pesticides in orchards – adjusting liquid flow. *NY Fruit Quarterly*, 21 (4): 7 - 10.
38. Llorens, J. i Landers A. J. (2014.): Variable rate spraying: digital canopy measurement for air and liquid electronic control. *International advances in pesticide application. Aspects of Applied Biology*, 114: 1 - 8.
39. Maghsoudi, H., Minaei, S. (2013.): Variable rate spraying: a methodology for sustainable development. *The 1st national conference on solutions to access sustainable development in agriculture, natural resources and the environment, Iran (Tehran) In Farsi*.
40. Manktelow, D.W. (1998.): Factors affecting spray deposits and their biological effects on New Zealand apple canopies, Doctor dissertation, Massey University, Auckland, New Zeland.
41. Maynagh, B. M., Ghobadian, B., Jahannama, M. R. and Hashjin, T. T. (2009.): Effect of Electrostatic Induction Parameters on Droplets Charging for Agricultural Application. *J. Agr. Sci. Tech.*, 11: 249 - 257.
42. Nuyttens, D., Taylor, W.A., De Schampheleire, M., Verboven, P., Dekeyser, D. (2009.): Influence of nozzle type and size on drift potential by means of different wind tunnel evaluation methods. *Biosyst. Eng.*, 103: 271 - 280.
43. Panneton, B., Lacasse, B., Piche, M. (2005.): Effect of air-jet configuration on spray coverage invineyards. *Biosyst. Eng.*, 90: 173 - 184.
44. Petrović, D. (2018.): Odnos selektivnog i konvencionalnog raspršivanja te njihov utjecaj na depozit i zanošenje tekućine. *Doktorska disertacija, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek*.

45. Petrović, D.; Banaj, Đ.; Banaj, A.; Barač, Ž.; Vidaković, I.; Tadić, V. (2019.): The Impact of Conventional and Sensor Spraying on Drift and Deposit in Cherry Orchard. *Tehnički vjesnik* 26 (5): 1211-1217.
46. Petrović, D., Jurišić, M., Plaščak, I., Duvnjak, V., Marković, M., Banaj, A., Tadić, V. (2019.): Utjecaj selektivne aplikacije s ultrazvučnim senzorima na zanošenje i depozit tekućine u nasadu višnje. *Poljoprivreda*, 25 (1): 89-98.
47. Petrović, D., Banaj, Đ., Banaj, A., Knežević, D., Tadić, V. (2021.): The use of sensor technology in crop protection. Actual tasks on agricultural engineering. Proceedings of the 48<sup>th</sup> International Symposium Zagreb, Croatia, 2nd – 4th March 2021, 341-346.
48. Rovira-Más, F., Reid, J. F., Zhang, Q., Will, J. D. (2005.): Hough transform based vision algorithm for crop row detection of an automated agricultural vehicle. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 219 (8): 999 - 1010.
49. Salcedo, R., Garcera, C., Granell, R., Molto, E., Chueca, P. (2015.): Description of the airflow produced by an air-assisted sprayer during pesticide applications to citrus anish *Journal of Agricultural Research*, 13 (2): 15.
50. Salyani, M., Sweeb, R.D., Farooq, M., (2006.): Comparison of string and ribbon samplers in orchard spray applications. *Transactions of the ASABE*, 49: 1705 - 1710.
51. Sedlar A, Đukić N, Bugarin R. (2009.): Ekološki prihvatljive mašine za aplikaciju pesticida u voćnjacima i vinogradima, *Savremena poljoprivredna tehnika*, 35 (1-2): 16 - 25.
52. Sedlar, A. D., Bugarin, R., Đukić, N. (2011.): Tehno-ekonomska analiza i ekološki aspekt klasične i selektivne aplikacije pesticida u zasadu kajsije. *Savremena poljoprivredna tehnika Cont. Agr. Engng.*, 37 (1): 65 - 74.
53. Shirley, P. A. (1989.): An introduction to ultrasonic sensing. *Sensors*, , 6(11): 6.
54. Solanelles, F., Escola, A., Planas, S., Rosell, J. R., Camp, F., Gracia, F. (2006.): An electronic control system for pesticide application proportional to the canopy width of tree crops. *Biosystems Eng.*, 95 (4): 473 - 481.
55. Stajanko, D., Berk, P., Lešnik, M., Jejčič, V., Lakota, M., Štrancar, A., Hočevar, M., Rakun, J. (2012.): Programmable ultrasonic sensing system for targeted spraying in orchards. *Sensors*, 12: 15500 - 15519.

56. Tadić, V., Banaj, Đ., Banaj, Ž. (2009.): Smanjenje zanošenja pesticida u funkciji zaštite okoliša. 2nd International Scientific/Professional Conference, Agriculture in Nature and Environment Protection, 148 - 156.
57. Tadić, V. (2013.): Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine u trajnim nasadima. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Sveučilište J.J. Strossmayera, Osijek.
58. Tadić, V., Banaj, Đ., Petrović, D., Knežević, D., Lukinac Čačić, J., Menđušić, I. (2014.): Brzina i protok zraka s različitim tipovima raspršivača. Agronomski glasnik, 75 (4): 181 - 196.
59. Triloff, P., Knoll, M., Lind, K., Herbst, E., Kleisinger, S. (2012.): Low-Loss-Spray-Application - The Scientific Basis, Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe – SPISE, 4: 127 - 134.
60. Triloff, P., Lind, K., Matzer, W., Knoll, M., Klesinger, S. (2014.): Adjusting and straightening the air distribution of sprayers for three dimensional crops: The state of the art. Fifth European workshop on standardized procedure for the inspection of sprayers, 133-138.
61. Van de Zande, J C., Butler Ellis, M C., Wenneker, M., Walklate, P J., Kennedy, M. (2014.): Spray drift and bystander risk from fruit crop spraying. Aspects of Applied Biology, 122: 177 - 186.
62. Vercruyse, F., Steurbaut, W., Drieghe, S., Dejonckheere, W. (1999.): Off target ground deposits from spraying a semi-dwarf orchard. Crop Prot., 18: 565 - 570.
63. Weisser P., Koch H. (2002): Expression of dose rate with respect to orchard sprayer function, Aspects of Applied Biology 66, 353-358.
64. DIREKTIVA 2009/128/EZ EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 21. listopada 2009. o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u postizanju održive upotrebe pesticida. 21.10.2009. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0128&from=HR>. 28.04.2021.
65. ISO 22866:2005: Equipment for crop protection — Methods for field measurement of spray drift. 06, 2005. <https://www.iso.org/standard/35161.html>. 28.04.2021.

## 9. SAŽETAK

Istraživanje je provedeno u nasadu višnje raspršivačem Agromehanika. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (norme raspršivanja, tipa mlaznice i brzine zračne struje) uz različite sustave aplikacija (selektivno i konvencionalno) na zemljišno i zračno zanošenje, te depozit u krošnjama nasada višnje. Istraživanje je provedeno prema ISO normi 22866:2005. Organska boja Tartazine u koncentraciji od 4 % korištena je za raspršivanje i procjenu zanesene tekućine. Filter papirići postavljeni su prema ISO normi. Različitim kombinacijama tehničkih čimbenika raspršivanja i sustavima raspršivanja ostvareni su različiti intenziteti zanošenja tekućine te depozit u krošnji. Rezultati dobiveni eksploatacijom konvencionalnog raspršivača Agromehanika pokazali su značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine primjenom smanjene norme raspršivanja od  $200 \text{ l ha}^{-1}$  (20,91-39,47 %). Uspoređivanjem rezultata zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti od tretiranog reda uočava se smanjenje zanošenja tekućine od 16,59 % do 53,19 % dok su vrijednosti na udaljenosti od 10 m iznosile od 9,71 do 46,19 %. Depozit tekućine u krošnji prilagođavanjem norme raspršivanja nije se značajno mijenjao. Korištenjem ITR mlaznica utvrđeno je smanjenje zračnog zanošenja od 39,31 do 40,73 %, u odnosu na TR mlaznice na 5 m od tretiranog reda, dok na 10 m smanjenje iznosi 100 %. Reduciranjem optimalne brzine zračne struje za 33 % ostvareno je smanjenje zemljišnog zanošenja od 7,98 do 36,39 %. Selektivnom aplikacijom i pomoću ultrazvučnih senzora postignuto je značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine (40,46-51,20 %). Uporaba ultrazvučnih senzora nije negativno utjecala na depozit u krošnji. Otklon depozita u krošnji uporabom senzorskog sustava iznosio je od 0,5 do 1,10 %.

**Ključne riječi:** zanošenje tekućine, depozit, norma raspršivanja, senzori, brzina zračne struje

## 10. SUMMARY

The research was conducted in a cherry orchard with the Agromehanika sprayer. The aim of the research was to determine the influence of the main technical factors of spraying (spray norms, nozzle type and air flow velocity) with different application systems (selective and conventional) on soil and air drift, and deposit in cherry orchard canopies. The research was conducted according to ISO standard 22866: 2005. Tartazine organic dye at a concentration of 4% was used to disperse and evaluate the entrained fluid. Filter papers are set according to ISO standards. Different combinations of technical spraying factors and spraying systems achieved different intensities of liquid drift and deposit in the treetop. The results obtained by exploiting the conventional sprayer Agromehanika showed a significant reduction in soil drift by applying a reduced spraying rate of 200 l ha<sup>-1</sup> (20,91-39,47 %). Comparing the results of air drift at a distance of 5 m from the treated row, a decrease in drift from 16,59 % to 53,19 % was observed, while the values at a distance of 10 m ranged from 9.71 to 46.19 %. The fluid deposit in the canopy did not change significantly by adjusting the spray rate. Using ITR nozzles, a reduction in air drift from 39,31 to 40,73 % was found, compared to TR nozzles at 5 m from the treated row, while at 10 m the reduction was 100 %. By reducing the optimal speed of air flow by 33 %, a reduction of soil drift from 7,98 to 36,39 % was achieved. By selective application and with the help of ultrasonic sensors, a significant reduction of soil fluid drift was achieved (40,46-51,20 %). The use of ultrasonic sensors did not adversely affect the canopy deposit. Deviation of canopy deposits using the sensor system ranged from 0,5 to 1,10 %.

**Key words:** fluid drift, deposit, spray rate, sensors, airflow velocity

## 11. POPIS SLIKA

<b>Broj</b>	<b>Naziv slike</b>	<b>Str.</b>
1.	Nasad višnje	11
2.	Filter papirići na drvenim nosačima	12
3.	Shema pokusa	12
4.	Shema postavljenih filter papirića u krošnji	13
5.	Shema senzorskog sustava na raspršivaču	14
6.	Sustav ultrazvučnih senzora	15
7.	Nošeni raspršivač Agromehanika	16
8.	Mlaznica Lechler TR8002C	17
9.	Određivanje obujma nasada TRV metodom	19
10.	Mjerenje brzine zraka anemometrom Kestrel 4500 BT	21
11.	Mjerenje vertikalne raspodjele zraka anemometrom Kestrel 4500 BT	22

## 12. POPIS TABLICA

<b>Broj</b>	<b>Naziv tablice</b>	<b>Str.</b>
1.	Rezultati protoka mlaznica i radnog tlaka	23
2.	Rezultati zemljišnog zanošenja raspršivačem Agromehanika	24
3.	Analiza varijance zemljišnog zanošenja	25
4.	LSD <sub>0,05</sub> vrijednosti zemljišnog zanošenja	26
5.	LSD <sub>0,05</sub> zemljišnog zanošenja raspršivačem Agromehanika	29
6.	Rezultati zračnog zanošenja tekućine na 5 m raspršivačem Agromehanika	29
7.	Analiza varijance zračnog zanošenja na 5 m	31
8.	LSD <sub>0,05</sub> vrijednosti zračnog zanošenja na 5 m	32
9.	LSD <sub>0,05</sub> za zračno zanošenje na 5 m	33
10.	Rezultati zračnog zanošenja na 10 m raspršivačem Agromehanika	34
11.	Analiza varijance zračnog zanošenja na 10 m	36
12.	LSD <sub>0,05</sub> zračnog zanošenja na 10 m	36
13.	LSD <sub>0,05</sub> za zračno zanošenje na 10 m	38
14.	Depozit u krošnji raspršivačem Agromehanika	38
15.	Analiza varijance depozita u krošnji	39
16.	LSD <sub>0,05</sub> za depozit u krošnji	39
17.	LSD <sub>0,05</sub> za deposit u krošnji s različitim sustavima raspršivanja	40



### 13. POPIS GRAFIKONA

<b>Broj</b>	<b>Naziv grafikona</b>	<b>Str.</b>
1.	Distribucija zemljišnog zanošenja tekućine konvencionalnim raspršivačem	27
2.	Distribucija zemljišnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom	27
3.	Ukupno zemljišno zanošenje za oba sustava raspršivanja	28
4.	Distribucija zračnog zanošenja konvencionalnim raspršivačem na 5 m	30
5.	Distribucija zračnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom na 5 m	31
6.	Zračno zanošenje na 5 m za sve tretmane konvencionalnog i senzorskog raspršivanja	33
7.	Distribucija zračnog zanošenja konvencionalnim raspršivačem na 10 m	35
8.	Distribucija zračnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom na 10 m	35
9.	Zračno zanošenje na 10 m za sve tretmane konvencionalnog i senzorskog sustava raspršivanja	37
10.	Depozit u krošnji za sve tretmane konvencionalnog i senzorskog raspršivanja	40

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij Mehanizacija

Diplomski rad

### UTJECAJ KONVENCIONALNOG I SENZORSKOG RASPRŠIVANJA NA ZANOŠENJE I DEPOZIT TEKUĆINE U NASADU VIŠNJE

Petra Miškulin

**Sažetak:** Istraživanje je provedeno u nasadu višnje raspršivačem Agromehanika. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (norme raspršivanja, tipa mlaznice i brzine zračne struje) uz različite sustave aplikacija (selektivno i konvencionalno) na zemljišno i zračno zanošenje, te depozit u krošnjama nasada višnje. Istraživanje je provedeno prema ISO normi 22866:2005. Organska boja Tartazine u koncentraciji od 4% korištena je za raspršivanje i procjenu zanesene tekućine. Filter papirići postavljeni su prema ISO normi. Različitim kombinacijama tehničkih čimbenika raspršivanja i sustavima raspršivanja ostvareni su različiti intenziteti zanošenja tekućine te depozit u krošnji. Rezultati dobiveni eksploatacijom konvencionalnog raspršivača Agromehanika pokazali su značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine primjenom smanjene norme raspršivanja od 200 l ha<sup>-1</sup> (20,91-39,47%). Uspoređivanjem rezultata zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti od tretiranog reda uočava se smanjenje zanošenja tekućine od 16,59% do 53,19% dok su vrijednosti na udaljenosti od 10 m iznosile od 9,71 do 46,19%. Depozit tekućine u krošnji prilagođavanjem norme raspršivanja nije se značajno mijenjao. Korištenjem ITR mlaznica utvrđeno je smanjenje zračnog zanošenja od 39,31 do 40,73%, u odnosu na TR mlaznice na 5 m od tretiranog reda, dok na 10 m smanjenje iznosi 100%. Reduciranjem optimalne brzine zračne struje za 33% ostvareno je smanjenje zemljišnog zanošenja od 7,98 do 36,39%. Selektivnom aplikacijom i pomoću ultrazvučnih senzora postignuto je značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine (40,46-51,20%). Uporaba ultrazvučnih senzora nije negativno utjecala na depozit u krošnji. Otklon depozita u krošnji uporabom senzorskog sustava iznosio je od 0,5 do 1,10%.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** izv.prof.dr.sc. Vjekoslav Tadić

**Broj stranica:** 62

**Broj grafikona i slika:** 21

**Broj tablica:** 17

**Broj literaturnih navoda:** 65

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** zanošenje tekućine, deposit, norma raspršivanja, senzori, brzina zračne struje

**Datum obrane:** 19.07.2021.

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof.dr.sc. Đuro Banaj, predsjednik
2. izv.prof.dr.sc. Vjekoslav Tadić, mentor
3. dr.sc. Anamarija Banaj, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayer u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek  
University Graduate Studies Mechanization

Graduate thesis

### INFLUENCE OF CONVENTIONAL AND SENSORY SPRAYING ON DRAFT AND LIQUID DEPOSIT IN A CHERRY PLANTATION

Petra Miškulin

**Abstract:** The research was conducted in a cherry orchard with the Agromehanika sprayer. The aim of the research was to determine the influence of the main technical factors of spraying (spray norms, nozzle type and air flow velocity) with different application systems (selective and conventional) on soil and air drift, and deposit in cherry orchard canopies. The research was conducted according to ISO standard 22866: 2005. Tartazine organic dye at a concentration of 4% was used to disperse and evaluate the entrained fluid. Filter papers are set according to ISO standards. Different combinations of technical spraying factors and spraying systems achieved different intensities of liquid drift and deposit in the treetop. The results obtained by exploiting the conventional sprayer Agromehanika showed a significant reduction in soil drift by applying a reduced spraying rate of 200 l ha<sup>-1</sup> (20,91-39,47%). Comparing the results of air drift at a distance of 5 m from the treated row, a decrease in drift from 16,59 % to 53,19 % was observed, while the values at a distance of 10 m ranged from 9.71 to 46.19 %. The fluid deposit in the canopy did not change significantly by adjusting the spray rate. Using ITR nozzles, a reduction in air drift from 39,31 to 40,73 % was found, compared to TR nozzles at 5 m from the treated row, while at 10 m the reduction was 100 %. By reducing the optimal speed of air flow by 33 %, a reduction of soil drift from 7,98 to 36,39 % was achieved. By selective application and with the help of ultrasonic sensors, a significant reduction of soil fluid drift was achieved (40,46-51,20 %). The use of ultrasonic sensors did not adversely affect the canopy deposit. Deviation of canopy deposits using the sensor system ranged from 0,5 to 1,10 %.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek

**Mentor:** izv.prof.dr.sc. Vjekoslav Tadić

**Number of pages:** 62

**Number of figures:** 21

**Number of tables:** 17

**Number of references:** 65

**Original in:** Croatian

**Key words:** fluid drift, deposit, spray rate, sensors, airflow velocity

**Thesis defended on date:** 19.07.2021.

#### Reviewers:

1. prof.dr.sc. Đuro Banaj, chairman
2. izv.prof.dr.sc. Vjekoslav Tadić, mentor
3. dr.sc. Anamarija Banaj, member

**Thesis deposited at:** Library of Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek, Vladimira Preloga 1