

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Stefan Dvornić

Diplomski sveučilišni studij Mehanizacija

**PRIMJENA ULTRAZVUČNIH SENZORA U EKSPLOATACIJI RASPRŠIVAČA PRI  
ZAŠTITI VIŠEGODIŠNJIH NASADA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2022.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Stefan Dvornić

Diplomski studij Mehanizacija

**PRIMJENA ULTRAZVUČNIH SENZORA U EKSPLOATACIJI RASPRŠIVAČA PRI  
ZAŠTITI VIŠEGODIŠNJIH NASADA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i za obranu diplomskog rada:

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

Zapisničar: dr. sc. Ivan Vidaković, mag.ing.mech.

Osijek, 2022.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. SENZORI SA PRIMJENOM U ZAŠTITI BILJA.....	3
2.1 Primjena ultrazvučnih senzora pri zaštiti bilja.....	3
2.2 Senzori.....	6
2.2.1 Ultrazvučni senzori.....	7
2.2.2 LIDAR senzori.....	11
2.2.3 Infracrveni senzori.....	13
2.3 Selektivna aplikacija (VRT).....	13
3. RASPRŠIVAČI.....	15
3.1 Spremnik.....	15
3.2 Crpka.....	16
3.3 Mlaznice.....	17
3.4 Uređaji za reguliranje.....	18
3.5 Elektrostatika raspršivanja.....	19
3.6 Ventilatori.....	20
4. TIPOVI RASPRŠIVAČA.....	22
5. TEHNIČKI PREGLED RASPRŠIVAČA.....	28
6. ZANOŠENJE TEKUĆINE.....	30
7. OPASNOSTI TIJEKOM RASPRŠIVANJA.....	33
8. ZAKLJUČAK.....	34
9. LITERATURA.....	36
10. SAŽETAK.....	43
11. SUMMARY.....	44
12. POPIS SLIKA.....	45

## 1. UVOD

Poljoprivreda je danas jedna od najvažnijih grana gospodarskih djelatnosti iz razloga što se pomoću nje proizvodi hrana biljnog i životinjskog podrijetla. Poljoprivrednoj proizvodnji je cilj postizati maksimalan prinos po jedinici površine uz minimalna ulaganja. Potrošnja pesticida u poljoprivredi sve više raste bez obzira na to što se teži smanjenju inputa poljoprivredne proizvodnje. Glavni problem prekomjerne upotrebe pesticida je zaštita okoliša i ekonomski razlozi. Osim zaštite okoliša potrebno je zaštititi i zdravlje čovjeka. Pesticidi imaju svoje prednosti no imaju i mane. Često se njima može štetno djelovati na različite organizme i patogene koji su prirodni neprijatelji štetnih organizama. Idealni pesticid bi trebao imati svojstva kao što su biorazgradivost, ekološka prihvatljivost te da je štetan samo za određene organizme te patogene. Uzevši u obzir navedeno može se zaključiti da je poljoprivreda kao gospodarska djelatnost jedan od najvećih zagađivača okoliša i s obzirom na to potrebno je u poljoprivredu uvesti nove tehnologije kako bi se zaštitio okoliš te zdravlje čovjeka.

Termin trajnih nasada obuhvaća posebnu granu u poljoprivrednoj proizvodnji. Kod sadnje trajnih nasada proizvodnja je intenzivirana po jedinici površine te ima manji međuredni razmak. Rezultat ovakve sadnje su određene promjene u gospodarenju poput gnojidbe, aplikacije škropiva, navodnjavanja. Zbog intenzivirane proizvodnje upotreba pesticida je povećana te je iz tog razloga EU uvela niz mjera kako bi se pesticidi upotrebljavali kontroliranije. S ovim mjerama EU želi napraviti promjene. Europska direktiva *128/2009/E2* ima cilj smanjiti zanošenje tekućine izvan ciljanog prostora zaštite bilja te poboljšati aplikaciju škropiva. Uz navedeno, Direktiva, traži od svake članice EU da donese akcijskim plan upotrebe pesticida.

Ukoliko se nepravilno podese parametri raspršivanja to negativno utječe na čimbenike kao što je pokrivenost površine, pojava zanošenja kapljica, povećana potrošnja pesticida, slabije prodiranje pesticida na krošnju itd. Ove štetne čimbenike se nastoji smanjiti na način da se uvode nove tehnologije te kombiniraju elektronički sklopovi i računalna oprema. S automatiziranim strojevima koji imaju varijabilne inpute se utječe na manje troškove i negativni utjecaj na okoliš.

Drift ili zanošenje tekućine ima definiciju da je to sve ono što kapljice mlaza skreće sa zamišljenog pravca gibanja, a prema njemu bi one trebale okomito padati na predmet zaštite (Banaj i sur., 2013.). Postoje dva tipa zanošenja, a oni su zračno i zemljišno zanošenje. Pod pojmom zemljišnog

zanošenja se podrazumijeva gubljenje tekućine na način da se kapa sa listova krošnje ili se zanesena tekućina taloži pomoću zračne struje oko ciljanog prostora biljke koju treba zaštititi na tlo. Stablo koje se tretira ima različite elemente koji imaju različite geometrijske oblike, a oni su smješteni u malom trodimenzionalnom prostoru.

Kako bi se zaštitna sredstva primjenjivala učinkovito i sigurno postoje različite metode aplikacije. Neke od njih su raspršivači koji imaju reciklirajući sustav, upotreba GIS – a te razvijanje pametnih raspršivača koji imaju promjenjivu normu raspršivanja. Prednost upotrebe GIS – a je u tome što efikasno zaštićuje biljke (Jurišić i sur., 2015.).

## **2. SENZORI SA PRIMJENOM U ZAŠTITI BILJA**

Kako bi se zaštitile biljke od različitih štetnih organizama i štetočina primjenjuju se različiti pesticidi. Maynagh i sur. (2009.) navode kako se pesticidi smatraju najučinkovitijom metodom zaštite bilja te da se oni najviše koriste. Kemijski pesticidi su ti koji štete okolišu i intenzitet njihove upotrebe za posljedicu ima kratkoročne i dugoročne negativne učinke (Maghsoudi i Minaei, 2013.). Iz tog razloga je potrebno uvesti određene tehnologije kojima bi se smanjilo zanošenje tekućina oko biljke koja se zaštićuje. Iz ovoga slijedi da istraživači u ovom području nastoje proučavati metode pomoću kojih će upotreba pesticida biti održiva u trajnim nasadima uz selektivnu aplikaciju. Prilikom ugradnje elektronskih dijelova na konvencionalne raspršivače mogu se unaprijediti tehnike raspršivanja, a zanošenje tekućine je smanjeno (Llorens i sur. 2013.). Kako bi se uštedilo na pesticidima, a onečišćenje okoliša smanjilo konvencionalni raspršivači su se unaprijedili pomoću senzorskih sustava (Solanelles i sur., 2006.).

Kako bi se riješio problem određivanja prisutnosti i oblika krošnje upotrebljavaju se različite metode te uređaji kao što je stereoskopija, fotografija, analiza spektra svjetlosti, infracrvena termografija, ultrazvučni te optički senzori (Rosell i sur., 2009.).

### **2.1 Primjena ultrazvučnih senzora pri zaštiti bilja**

Danas su sve češće u voćarstvu i vinogradarstvu raspršivači opremljeni s ultrazvučnim sensorima pomoću kojih je moguće saznati podatke o dimenzijama usjeva ili čak i o samom usjevu. Iz tog razloga je od iznimne važnosti da se poznaju geometrijska svojstva za trajne nasade te kakva je mogućnost primjenjivanja doza u odnosu na optimalne doze koje su potrebne da se suzbiju štetnici, a da se pri tome minimalno utječe na okoliš. Sve navedeno je razlog zbog kojega se provode istraživanja u pogledu novih tehnologija i mogućnosti smanjivanja količine prskanja kako bi se pesticidi racionalnije koristili, troškovi proizvodnje smanjili te zaštitio agro sustav u cijelosti. Rješenje za sve navedeno su ultrazvučni senzori kojima je svrha odrediti udaljenost. Ovi senzori se mogu koristiti kod nepovoljnih vremenskih uvjeta kao što su visoka vlažnost, visoka ili niska temperatura, magla te kod pojave prljavog zraka. Kod jednog istraživanja senzori su mogli prepoznati promjer grane koji je iznosio 3 – 4 cm, a minimalna praznina koji su mogli otkriti iznosila 35 cm. Ovi senzori imaju prednost jer se smanjuje zanošenje tekućinu te se pesticidi mogu

uštediti do 30%. Prilikom povećanja radne širine prskalica dolazi do dodirivanja grana i prskalica i na taj način se lome dijelovi te začepljuju mlaznice. Iz tog razloga se ultrazvučni senzori instaliraju na nekoliko dijelova na grani (Petrović i sur., 2021.).

Prilikom istraživanja koje se odvijalo tijekom 2017. godine je proučeno kako selektivna aplikacija s ultrazvučnim sensorima utječe na zanošenje i depozit tekućine kod nasada višnje. Nasad je bio četverogodišnji, a vlasnik je rasadnik Karolina. Stabla su visine 8 cm, a razmak između biljaka iznosi 6 x 3,5m odnosno razmak između redova x razmak između voćaka. Nasad ima prosječnu visinu od 2,57 m, a prosječnu dimenziju krošnje 1,76 m x 1,96 m. Norma koja je korištena prilikom istraživanja je *ISO 22866:2005*, a prema njoj su propisani točni postupci kako se istraživanje trebalo provesti te determinirati zanošenje depozita tekućine. Ispitivan je ultrazvučni senzorski sustav za selektivnu aplikaciju, a on je postavljen na raspršivač *Tifone Vento 1500* i ima različito podešene tehničke čimbenike raspršivanja kao što je norma raspršivanja, tip mlaznice te brzina zračne struje. Sustav koji je korišten je bio od tvrtke *Sick* konkretno model *UM30 – 215111*. Ovaj model može detektirati objekte koji se nalaze na udaljenosti od 0,6 m pa sve do 6 m te mogu detektirati minimalnu površinu predmeta od 0,02 m<sup>2</sup>. Brzina kojom se ciljani predmet može detektirati iznosi 240 ms, a oznaka certifikata je *IP 67*. Materijali koji su korišteni za njihovu izradu su nehrđajući čelik te plastika. Na tijelo senzora je postavljen zaslon na kojemu su pokazane očitane vrijednosti i udaljenost objekta. Senzori rade na 80 kHz i imaju rezoluciju veću od 0,18 mm. Rezultati koji su dobiveni tijekom istraživanja za navedeni sustav su različiti. Za glavne tehničke čimbenike istraživanja može se primijetiti da su ostvareni značajni statistički utjecaj na utjecaj zemljišnog zanošenja. Također je ostvarena i statistička značajnost za slučaj zračnog zanošenja. Tehnički čimbenici raspršivanja su različito podešeno i oni nisu ostvarili značajni statistički utjecaj na svojstvo depozita. Zračno – injektorske mlaznice pozitivno utječe na smanjeno zemljišno i zračno zanošenje. Rezultatima koji su dobiveni je utvrđeno 51 % manje zanošenje s navedenim mlaznicama u odnosu na standardne. Također se prilagodila i zračna struja u odnosu na stadij razvoja biljke kako bi se smanjilo zanošenje tekućine. Na ovaj način je smanjeno 25 – 77 % jer se prilagodila izlazna brzina zraka. Proveden je i *LSD<sub>0,05</sub>* test kojim se ispitivao utjecaj u nezavisnim svojstvima u odnosu na zavisna svojstva. Tip mlaznice je pokazao značajan statistički utjecaj na sva svojstva zanošenja depozita. Ostvareno je manje zanošenje za sve slučajeve. I smanjena brzina zračnih struja je pozitivno djelovala na manje zemljišno zanošenje za ultrazvučni sustav raspršivanja. Pozitivna rezultat je ostvaren i za zračno zanošenje za ultrazvučne sustave. Također

je ostvarena i ušteda kada se primijenila norma raspršivanja tijekom selektivne aplikacije uz pomoć ultrazvučnih senzora kako bi se odredila veličina i oblik krošnje i to za 58 %. Može se zaključiti da se prilagodbom tehničkih čimbenika raspršivanja utjecalo na manje zemljišno i zračno zanošenje. Najveće reduciranje zračnog zanošenja od 100 % na 10 m se ostvarilo prilikom upotrebe mlaznica *ITR*. Kada se konvencionalni raspršivač *Tifone* unaprijedi sa ultrazvučnim senzorskim sustavom za selektivne aplikacije tada se zemljišno zanošenje smanji za 43,35 %. Za ovaj slučaj je smanjeno i zemljišno zanošenje na 5 m udaljenost od tretiranog reda za 66,57%, a 79,61 % za udaljenost od 10 m. Značajan rezultat nije ostvaren za depozit tekućine odnosno rezultati se značajno ne razlikuju za oba sustava. Kada se konvencionalni raspršivači opreme naprednim sustavom za selektivnu aplikaciju može se doprinijeti preciznijem nanošenjem sredstvu kojim se štite biljke, a na taj način je smanjen i negativni utjecaj na okoliš (Petrović i sur., 2019.).

Slijedeće istraživanje je izvršeno iste godine u istom rasadniku samo s drugim raspršivačem. Upotrijebljen je raspršivač *Agromehanika AGP 200 ENU* i ima zračne usmjerivače visine 136 cm i širine 11 cm. Zrak izlazi protočnom brzinom od 10 do 35 m/s. Ovaj raspršivač ima tri spremnika za tekućinu, a glavni spremnik ima obujam od 200 l. Ugrađena je klipno membranska pumpa koja ima kapacitet od 61,64l te maksimalni radni tlak od 30 bara. Korišten je isti ultrazvučni senzorski sustav kao i kod prethodnog istraživanja. Sensorima je upravljano računalom *Bravo 140s* koje proizvodi *Arag* i ima opciju ručne i automatske kontrole kojim se može odgoditi vrijeme prskanja. Spojen je i induktivni pretvarač signala kako bi mjerio brzinu kretanja agregata. Mlaznice koje su korištene za ubrizgavanje zraka su tipa *Lechler ITR 8002 C*. Mlaznice su konusne te su posebno dizajnirane za smanjenje klizanja tekućine. Tijelo mlaznice je izrađeno od polimera koji ima uklonjivi keramički umetak koji je otporan na habanje. Protok l/min postiže se pri tlaku od 3 bara i kut prskanja iznosi 80°. Spektar veličine kapljica je iznimno velika što uvelike smanjuje pojavu drifta tekućine. Ova vrsta mlaznica stvara veće kapljice nego *TR* mlaznice zbog zraka i tekućine koji se miješaju u tijelu mlaznice i pritom formirajući zračne kapljice. Glavni tehnički čimbenici prskanja poput norme prskanja, vrste mlaznice te brzine strujanja zraka imaju značajan statistički utjecaj na zračno zanošenje tekućine na 5 do 10 metara od sredine tretiranog reda kod senzorskog sustava prskanja. Kod ovog istraživanja primijenjen je također  $LSD_{0,05}$  test. Utvrđeno je da se s gore navedenom mlaznicom statistički značajno smanjio utjecaj na zanošenje. Također su postignute minimalne vrijednosti na drift tla i zraka prilikom primjene detektora za detektiranje krošnje. Značajno smanjenje nije uočeno za depozit tekućine. Zanošenje tekućinu na tlu je



postignuto kada se primijenila senzorna metoda prskanja. Kada je primijenjen nanos tla na 5 m od tretiranog rad primijećeno je također smanjenje jer se koristio senzorski sustav. Smanjenje je također zabilježeno i za zanošenje zraka na udaljenosti od 10 m (Petrović i sur., 2019.).

Sva ova istraživanja su izvršena kako bi se optimizirali glavni tehnički čimbenici prskanja pesticidima te u svrhu zaštite zdravlja kao i sprečavanje onečišćenja okoliša. Zbog toga su smanjeni standardni prskanja, brzina prskanja te su primijenjene posebne mlaznice u svrhu smanjenja zanošenja. Senzorski sustav je poboljšán i na taj način je smanjena pojava zanošenja i tla i zraka te taloženje tekućine u krošnji. Na temelju dobivenih rezultata može se izvući zaključak da se promjenom tehničkih parametara statistički značajno utječe na smanjenje zanošenja na udaljenostima od 5 i 10 metara od tretiranog reda. Pomoću metode senzorno prskanja kod nasada višnje ostvareno smanjenje pomaka tla od 48,74 %. Istim sustavom prskanja se smanjuje zanošenje zraka od 5 metara od tretiranje površine za 59,16 %, a za prizemni nanos od 10 m od tretirane površine iznosi 80,83 %. Prilikom ovog istraživanja može se zaključiti da je senzorni sustav opravdao svoju primjenu jer je znatno smanjio gubitke, a to u konačni rezultira dugoročno održivom poljoprivrednom proizvodnjom te smanjenjem njenih troškova (Petrović i sur., 2019.).

## 2.2 Senzori

Senzori su uređaji kojima se otkriva, registrira te mjeri zračenje elektromagnetne energije, koja je emitirana ili reflektirana. Senzori se razlikuju po vrsti, a mogu se podijeliti prema nizu karakteristika kao što su:

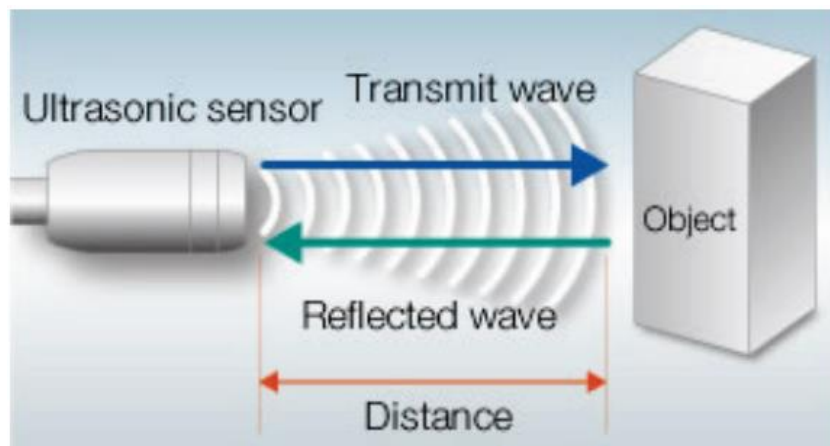
- Konstrukcija,
- Područje spektra elektromagnetnog zračenja,
- Način detekcije, registracije i mjerenja,
- Prikaz detektirane energije.

Senzorima se mjerene fizikalne veličine pretvaraju u analogne električne ili digitalne informacije. Senzori funkcioniraju na način da imaju interakciju okolnih objekata, a reakcije se pretvaraju u izlazne signale i tako se upravlja tehnološkim procesima. Prilikom izrade senzora primjenjuju se različite fizikalne pojave, način transformacije, svojstva procesa te metode s kojima se pretvara energija. Kada se mjere neelektrični signali potrebno ih je prvo pretvoriti u električni, a tek onda

se procesuiraju. Prilikom izbora senzora potrebno je uzeti u obzir točnost senzora i ukoliko nema potrebe za velikom točnosti u tom slučaju se ne koriste skupi i precizni senzori.

### 2.2.1 Ultrazvučni senzori

Kako bi se odredila udaljenost te funkcioniranje po načelu razlika u vremenskim intervalima koji su potrebni da ultrazvučni valovi prijeđu put od senzora do detektiranih objekata i nazad tada se koriste ultrazvučni senzori. Ultrazvučni senzori imaju slijedeće sastavne dijelove kao što su ultrazvučni primopredajnici, uređaji za formiranje izlaznih signala i pojačivači. Primopredajnici periodično emitiraju ultrazvučne valove koji imaju frekvencije od 10 do 400 kHz, a nakon toga prima reflektirane valove detektiranih objekata. Raspršivači imaju sustav senzora koji svoje funkcije baziraju na tome da odrede tri osnovna parametra, a parametri su detektiranje stabla, gustoća lisne mase te struktura krošnje (Fox i sur., 2008.). Na slici 1. se može vidjeti kako ultrazvučni valovi prolaze od senzora do detektiranih objekata.



Izvor: <http://www.ndk.com/en/sensor/ultrasonic/index.html>

Slika 1. Princip rada ultrazvučnih senzora

Detekcija udaljenosti objekta na temelju vremena potrebnog za prolaz ultrazvučnog vala od odašiljača na prijemniku je u osnovi jednostavan, ali postoji nekoliko nedostataka kao što su ovisnost o temperaturi i tlaku zraka, svjetlost smanjenja intenziteta zbog radijalne ekspanzije i apsorpcije, efekt buke itd (Petrović i sur., 2018.). Najčešći tip konstrukcije ultrazvučnog senzora ima oblik prizme ili cilindra. Glava primopredajnika može biti odvojena od elektroničkog dijela, omogućujući mu da bude postavljena na nedostupnim mjestima. Korištenje ultrazvučnog senzora

u poljoprivredi je kao ideja preuzeta iz industrije, gdje se koristi za mjerenje različitih udaljenosti i utvrđivanje prisutnosti predmeta (Rovira – Más i sur., 2005.). Na slici 2. se može vidjeti kompletan sustav ultrazvučnih senzora s elektromagnetskim ventilima i upravljačkom jedinicom koja se koristi na prskalicama.



Izvor: Petrović, D. i sur. (2018).

Slika 2. Sustav ultrazvučnog senzora

Glavna prednost ove vrste senzora je njihova robusnost oblika. Smanjuje negativan utjecaj nepovoljnog rada na okoliš (vlažnost, vibracije, prljavština, temperatura, magla) i ima relativno nisku cijenu u odnosu na druge elektroničke sklopove koji se koriste za istu svrhu (Berntsen i sur., 2006). Njihov glavni nedostatak je veliki kut divergencije ultrazvučnih valova, zbog čega je ograničena rezolucija, odnosno točnost mjerenja je ograničena (Rovira – Más i sur., 2005.). Giles i sur. (1987., 1988. i 1989.) razvili su jednostavan sustav koji se temelji na ultrazvučnim sensorima koji ima metodu isprekidane disperzije, gdje senzori uključuju/isključuju elektromagnetske ventile regulatora pritiska. Ova metoda omogućuje uštedu na pesticidima 10 – 17 %, u trajnim nasadima breskvi i jabuka 20 – 27%. Razvojem senzora pomoću algoritma upravljanja, postižu se uštede 28 – 34 % i 36 – 52 % u istim nasadima.

Balsari, P. i Tamagnone, M. (1998.) navode da su tijekom istraživanja senzori imali sposobnost prepoznavanja grana koje su imale promjer 3 – 4 cm, dok je minimalna praznina prepoznavanja objekta bila 35 cm. S naprednom tehnologijom, današnji ultrazvučni senzori imaju sposobnost

prepoznavanja razmaka između krunica od svega nekoliko centimetara. Na preciznost ultrazvuka u sensorima utječu različiti čimbenici kao što su udaljenost krošnje drveća, temperatura, vlažnost i brzina kretanja (Jeon i sur., 2011.). Llorens, J. i sur. (2011.) koristili su ultrazvučne senzore za određivanje geometrije postrojenja za preciznije određivanje količine prskanja s ciljem smanjenja zanošenja.

Primjena ultrazvučnih senzora u poljoprivrednoj proizvodnji je testirana na nekoliko faktora. Jedan od ključnih faktora je udaljenost senzora od krošnje drveta i brzina kretanja raspršivača. Ako je udaljenost senzora manja, eho ultrazvučni val (eho signal) bit će većeg intenziteta, a time je veća i točnost mjerenja, dok se povećanjem udaljenosti slabi eho signal, a pogreške se javljaju pri očitavanju rezultata (Pascual i sur., 2011.). Ako se krošnja drveta nalazi na maloj udaljenosti između krošnje i senzora, povećava se mogućnost interferencije između dva senzora, a točnost očitavanja se smanjuje (Palleja i Landers, 2014.).

Skupina autora je razvila sustav kojim je moguće automatski raspršivati tako da se raspršivanje vrši na kontroliran način od strane računala. Koriste se ultrazvučni senzori te RGB kamera. Ovaj sustav je testiran prilikom brzine od  $3 \text{ kmh}^{-1}$ . Uzevši u obzir kontrolno raspršivanje koje nema senzora postignuta je ušteda za 20,2% po svakoj mlaznici. Ista skupina autora navodi da je depozit, distribucija te pokrivenost površine ostala nepromijenjena kada se primjenjuje senzorno prskanje (Jejčić, V. i sur., 2011.).

Prilikom ugradnje elektroničkih dijelova u konvencionalne raspršivače znatno je poboljšana tehnika prskanja te je smanjena opasnost od prskanja izvan ciljanog prostora zaštite bilja. Raspršivači koji imaju senzorski sustav te koji su korišteni za zaštitu trajnih nasada imaju tri osnovna parametra, a to je detekcija stabla, gustoće lisne mase i strukture krošnje, odnosno uzgoja. Kada se određuje geometrijski oblik te prisutnost krošnje dolazi se do zaključka da je to relativno složen zadatak iz razloga što su geometrijske karakteristike krošnje izravno povezani s rastom i razvojem stabla (Llorens i sur., 2013.).

Istraživanjem je dokazano da oblik krošnje ima utjecaj na utjecaj na taloženje pesticida, a isto tako i na učinkovitost prskanja. Kada se koriste ultrazvučni senzori u poljoprivredni potrebno ih je testirati na nekoliko čimbenika. Jedan od tih čimbenika je udaljenost senzora od krošnje stabla i brzina kretanja prskalice. Ako je izmjerena manja udaljenost *echo* ultrazvučni val ima veći intenzitet te veću točnost mjerenja, a kada se poveća udaljenost tada je *echo* signal slabiji te se dešavaju greške kada rezultati očitavaju (Pascal i sur., 2011.). Ukoliko se krošnja nalazi na maloj

udaljenosti među krošnjom i senzorom tada je povećana mogućnost za interferencijom među senzorima te je smanjena točnost očitavanja (Palleja i Landers, 2014.). Može se zaključiti da je vrlo važno odrediti točan razmak između ultrazvučnih senzora s obzirom na širinu kutnih ultrazvučnih valova i udaljenost od detektirane krošnje. Na slici 3. prikazana je ispitna platforma koja ima različito postavljene ultrazvučne senzore koji služe određivanju razumne udaljenosti među senzorima i vrhovima kako bi se spriječila interferencija.



Izvor: Escola, A. i sur. (2013)

Slika 3. Ispitna platforma s ultrazvučnim senzorima

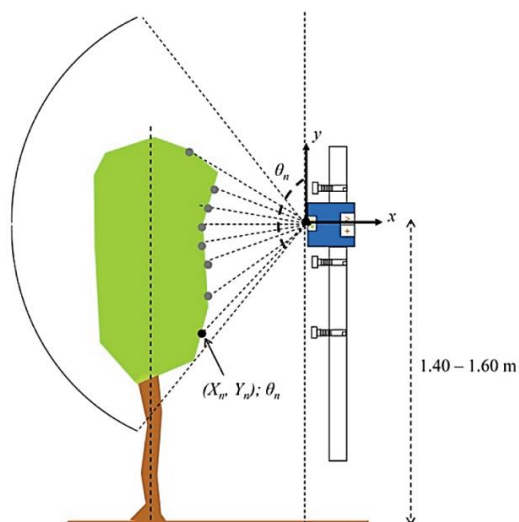
Prilikom istraživanja mogućnosti upotrebe jeftinijih ultrazvučnih senzora kako bi se odredila gustoća krošnje tijekom vegetacije dobiveni su rezultati koji pokazuju visok stupanj korelacije među povećanom lisnom masom i povratnim ultrazvučnim valom. Navedeni sustav nema mogućnost određivanja stvarne gustoće lisne mase krošnje (Palleja i Landers, 2014.).

Ultrazvučni senzorski sustav je uspoređen i sa meto *PQA* (engl. *Point Quadrat Analysis*) koji se definira kao postupak kontaktne sonde biomase. Određivala se gustoća krošnje nasada. Rezultati ove usporedbe su da je senzorska metoda prihvatljiva kada se određuje gustoća krošnje. Potrebno

je napomenuti da je kalibracija, prema vrsti stabla, potrebna za svaku kulturu pojedinačno, kako bi se očitavanja mogla koristiti za podešavanje prskalice u realnom vremenu (Landers i sur. 2017.).

### 2.2.2 LIDAR senzori

Optički mjerni instrument za lasersku disperziju koja se odbija vrlo malim česticama u Zemljinoj atmosferi je *LIDAR* (eng. *Light Detection and Ranging*) senzor. Nakon toga se te čestice registriraju u optičkom prijammniku. Princip rada temelji se na promjeni parametara optičkog signala s promjenom fizičke veličine, a ti senzori nemaju galvanske ili magnetske veze. Laserske zrake za svaki dio usjeva dobivaju različiti broj identificiranih točki u odnosu na udaljenost do senzora i kut od horizontale. Ovi se senzori često nazivaju optički senzori, a prikazani su na slici 4. (Petrović i sur., 2018.).



Izvor: Llorens i sur., 2011.

Slika 4. Princip rada LIDAR senzora

*LIDAR* senzori se smatraju se jednom od najmodernijih tehnologija koja se koristi kod izrade topografskih planova te karata kod različite namjene. Osnova ove tehnologije je prikupljanje različitih podataka. Senzori se pozicioniraju pomoću GP sustava tako da se koriste fazna mjerenja prilikom režima relativne kinematike. Orijehtaciju je moguće odrediti pomoću *IMU* (engl. *Inertial Measurment Unit*). Ovi senzori imaju još jednu komponentu, a to je laserski skener koji ima zadatak emitiranja impulsa uz visoku frekvenciju te refleksiju od površine do instrumenta.

Apsolutnu poziciju senzora moguće je odrediti u svakoj sekundi pomoću GPS – a, a s *IMU* se osigurana orijentacija. Podatke dobivene laserskim skeniranjem moguće je kombinirati s pozicijom skenera te orijentacijom, a rezultat te kombinacije je trodimenzionalna koordinata laserskog otiska na površini terena (Llorens i sur., 2011.).

Ovaj tip senzora može se koristiti u svim uvjetima jakog magnetskog polja, visoke temperature, električnih šumova i kemijske korozije, te su mnogo fleksibilniji i pouzdaniji nego ultrazvučni senzori. Nedostaci su: složenost od proizvodnja signala i njegova obrada, potražnja za optičkom vidljivosti između prijemnika i odašiljača i osjetljivost na mehaničke vibracije. *LIDAR* senzori se koriste kod primjene gdje nema kontaktne detekcije objekata na velikoj udaljenosti, a materijal predmeta kojeg je potrebno detektirati je gotovo nebitan. S obzirom na navedene karakteristike, mogućnost primjene je višestruka (Petrović i sur., 2018.).

Llorens, J. i sur. (2011.) uspoređivali su kakva je točnost mjerenja kada se upotrebljavaju ultrazvučni i *LIDAR* senzori u usporedbi sa ručnim mjerenjem volumena biljke (visine, širine i volumen lisne mase). Rezultati koji su dobiveni govore kako se sa ultrazvučnim sensorima mogu odrediti karakteristike biljke koje su prosječne, a uz pomoću *LIDAR* senzora se može postići veća točnost te detaljnije podatke koji govore o obliku krošnje. Pogodni su kada se upotrebljavaju kod većih udaljenosti iz razloga što imaju visoku prostornu razlučivost te brzinu detektiranja. Pomoću pasivnih kolektora moguće je detektirati zanesenu tekućinu izvan ciljanog objekta zaštita kada se raspršuje uz pomoć *LIDAR* senzora (Llorens i sur. 2014.).

I drugi autori su uspoređivali *LIDAR* te ultrazvučne senzore prilikom određivanja volumena krošnje drveta. Rezultati usporedbe pokazuju da su *LIDAR* senzori točniji iz razloga što detektiraju između 180 i 720 točaka. Prilikom primjene obje vrste senzora rezultati su zadovoljavajući za varijabilnu primjene no prilikom korištenja *LIDAR* senzora postoji mogućnost da se odredi geometrijska struktura stabala. Zbog toga što imaju mogućnost da brzo mjere udaljenost među sensorima i objektima moguće je prikazati oblik krošnje pomoću 3D slika, a primjenom odgovarajućih algoritama omogućen je digitalni prikaz strukture krošnje . Navedeni senzori za određivanje površine i volumena lisne mase korišteni su kao alternativa ručnim metodama koje su skupe, dugotrajne i uzrokuju oštećenja krošnji pri uzorkovanju lista (Escola i sur., 2007.).

### **2.2.3 Infracrveni senzori**

Infracrveni senzori su još jedna vrsta aktivnih senzora koji se koriste za određivanje udaljenosti krošnje i prisutnosti te rada na principu prijenosnog i primajućeg svjetlosnog toka. Istraživanje ove vrste senzora provodi se u različitim smjerovima. Sustav se sastoji od pet raspršivača, infracrvenih senzora koji prepoznaju prisutnost krošnje, oblik i gustoću. Korištenjem informacija koje su dobivene od senzora protok zraka se prema potrebi smanjuje ili povećava. Kod ovog načina postiže se ušteda zaštitnog sredstva od 40 % na početku vegetacije, dok se u vinogradu smanjuje za 71 – 63 % (Gregorio i sur., 2016.). Istraživanje provedeno u Kini uključuje korištenje infracrvenih senzora, postavljenih na prskalicu s elektrostatskim sustavom raspršivanja. Senzori su postavljeni u tri razine kako bi se otkrila prisutnost krošnje i njenog oblika. Korištenjem ovog sustava, ušteda pesticida je između 50 i 75 % (Xiongkui i sur., 2011.).

### **2.3 Selektivna aplikacija (VRT)**

Napretkom tehnologije u prošlom stoljeću omogućen je razvoj tehnologije koja ima promjenjive norme aplikacije. Selektivna aplikacija ili VRT (eng. Variable Rate Technology) je tehnologija pomoću koje su norme aplikacije promjenjive. Pomoću ove tehnologije su inputi u proizvodnji optimizirani u odnosu na trenutačne potrebe nasada. Senzorskim pristupom je sensorima omogućeno da prilikom gibanja strojeva očitaju i uvažavaju trenutačnu situaciju u poljima ili trajnim nasadima. Selektivnom aplikacijom škropiva poljoprivrednici mogu zaštićivati biljke na onu površinu koju i ciljaju uz minimalno zanošenje škropiva. Omogućena je i optimalna količina pesticida s obzirom na oblik krošnje te stadij razvoja nasada, a uz ovo se poštuje biološko i ekonomsko načelo. Kako bi se odredila pravilna norma raspršivanja potrebno je u obzir uzeti oblike krošnje te raspored stabala u nasadima. Selektivne aplikacije su najbolje svoju efikasnost pokazale kod mladih nasada jer između drveća postoji veliki prazni prostor. Ovaj sustav je uspješno prilagođen kod sustava ratarskih prskalica Vario – Select tvrtke Lechler. Ovaj sustav ima različite mlaznice koje se mijenjaju automatski uz pomoć komprimiranog zraka. Pomoću navedenog je prilagođen odgovarajući protok mlaznica i spektar kapljica u mlazu (Llorens i sur., 2013.). Kako bi se selektivna aplikacija kvalitetno obavila potrebno je znati detaljnije informacije o obliku



krošnje (Llorens i sur., 2011.). Ovaj sustav je zamišljen kako bi se konvencionalni raspršivači poboljšali na način da se ostvari ušteda pesticida, a onečišćenje okoliša smanji.

Pomoću senzorskog pristupa varijabilnog unosa nije potrebno mapirati te prikupljati podatke. Kod ovog sustava senzori u stvarnom vremenu očitavaju i prihvaćaju trenutno stanje na polju ili u trajnom nasadu. Na temelju trenutno izmjerenih podataka određuje se varijabilna količina primjene pesticida, gnojiva ili navodnjavanja. Senzorski specifična varijabilna stopa ne zahtijeva primjenu GPS sustava, ali ako je navedeni sustav dostupan tijekom primjene, može se koristiti u budućim tehnološkim operacijama (Petrović i sur., 2018.).

Primjena novih tehnologija u poljoprivredi je u velikom porastu jer potreba za preciznijom primjenom dovodi do smanjenja upotrebe kemijskih sredstava (pesticidi i mineralna gnojiva), a značajne uštede postižu se i brigom o ekološkom aspektu, tj. održivost poljoprivredne proizvodnje. Korištena je sofisticirana oprema koja se ugrađuje u poljoprivredne strojeve za obavljanje svih tehnoloških operacija (obrada tla, gnojidba, zaštita bilja, berba plodova i dr.). Danas je sve više poljoprivrednih strojeva opremljeno pametnim sensorima koji mogu otkriti veliki broj svojstava, od zdravlja usjeva i potrebe za vodom do razine dušika u tlu. Primjenom konvencionalnih metoda gospodarenja u trajnim nasadima zanemaruju se starost i oblik stabala, veličina i volumen krošnje, varijabilnost svojstava tla i drugo (Petrović i sur., 2018.).

### 3. RASPRŠIVAČI

Traktorski raspršivači su veće jedinice koje služe za zaštitu bilja uz veliki učinak. Postoje različite izvedbe raspršivača i one mogu biti nošene ili vučene. Uređaj koji služi za tretiranje može imati različite oblike kao što su top, vijenac, segmentni vijenac, tangencijalna izvedba i sl. Ovaj uređaj može biti nepokretan tako da stoji čvrsto na raspršivaču ili pokretan u vertikalnom ili horizontalnom smjeru (Igrc – Barčić, 1995.).

#### 3.1 Spremnik

Spremnik raspršivača mora biti izrađen od materijala koji ne korodira kao što je plastika, nehrđajući čelik te drugi materijali koji imaju slična svojstva. Spremnik može biti različitog kapaciteta koji iznosi 100 – par tisuća litara. Na spremniku se mogu naći različite oznake koje služe da se tekućina mjeri u litrama. Postoje spremnici koji imaju manji i veći volumen koje je moguće naći kod novijih generacija raspršivača. Glavni spremnik ima najveći volumen, a svrha mu je da se u njemu odloži škropivo dok manji spremnici služe za čistu vodu kojom radnici peru ruke te održavaju unutrašnjost raspršivača. Karakteristike koje imaju spremnici su zaobljeni rubovi, mjerač koji mjeri razinu škropiva, zagađenost unutrašnje stjenke te veliki poklopac. U raspršivaču se također nalazi mrežasti pročistač koji je smješten na mjestu za ulijevanje, a svrha mu je da spriječi nečistoće i strane predmete koji mogu ući u raspršivač. Ukoliko bi nečistoće i strani predmeti ušli u raspršivač mogu oštetiti sustav raspršivača. Spremnik ima i hidrauličku miješalicu koja ima svrhu kontroliranja ravnomjerne raspodjele pesticida za biljke kako se ono ne bi taložilo u škropivu. Kako ne bi došlo do curenja škropiva potrebno je kontrolirati ispravnost spremnika (Bokulić i sur., 2015.). Na slici 5. moguće je vidjeti spremnik raspršivača.



Izvor: <https://www.agroklub.com/agrogalerija/precizna-poljopriveda-11124/>

Slika 5. Spremnik

### 3.2 Crpka

Uloga crpke je dostizanje potrebnog tlaka zaštitnoj tekućini kako bi raspršivač ispravno funkcionirao. Crpke na raspršivač mogu biti instalirane pomoću centrifugalne, klipne te klipno – membranske izvedbe. Crpka može imati različiti kapacitet, a on je ovisan o modelu raspršivača dok je izbor ovisan o veličini difuzora te broju mlaznica na njemu (Bokulić i sur., 2015.). Crpke mogu mijenjati smjer rotacije i nije ih potrebno podmazivati, a održavanje im je jednostavno. Crpke imaju tehničke karakteristike kao što je kapacitet koji se izražava u  $l \cdot min^{-1}$  i može biti između 11 i 200  $l \cdot min^{-1}$ . Pogonski okretaji variraju 200 – 1000  $min^{-1}$ , a radni tlak se mjeri 0 – 80 bara (Hardi, 2021). Raspršivači koji imaju veći kapacitet imaju iste takve crpke iz razloga što se škropivo manje troši. Crpka ima zadatak podijeliti tekućinu iz spremnika u dva toka. U prvom toku zaštitna tekućina uz pomoć tlačnog filtera ide do regulatora tlaka i ondje se odvija podjela na dva sustava. Kod drugog toka sustav ima zadatak vratiti zaštitnu tekućinu u prvobitni spremnik. Na ovom mjestu se miješaju zaštitna tekućina te voda. Potrebno je redovito provjeriti stanje crpke, a ovo obavlja stručno osoblje. Ukoliko crpka počne glasno raditi tada se vjerojatno pojavio kvar ili nedostaje ulja te je potreban pregled stručne osobe. Stručna osoba također treba pregledati crpku ukoliko se pojave tragovi ulja ili tekućina izvan crpke (Mikulić, 2016.).

### 3.3 Mlaznice

Svaki raspršivač ima mlaznice, a svrha im je da odrede kapacitet raspršivača te oblik i domet škropiva. Mlaznice se nalaze na zadnjem mjestu u sustavu raspršivača kojemu je zadaća raspršivanje škropiva na biljku i zbog toga je važno da budu tehnički ispravne te zadovoljavaju *ISO* standard. Mlaznice imaju zadatak širiti zaštitnu tekućinu po površini nasada efikasno i precizno, a površina mora biti ravnomjerno zahvaćena. Pomoću mlaznica se postižu minimalni gubitci kapljica koje uzrokuje *drift*, isparavanje i sl. Mlaznice moraju biti izrađene od materijala koji nije podložan koroziji kao što je keramika, plastika koja je otporna na tehničke udarce te legirani čelik. Na raspršivaču su smještene u radni položaj, a njihov kapacitet smije odstupati do 10 % (Bokulić i sur., 2015.). Mlaznice se prilikom primjene mogu potrošiti ili začepiti i ovo uzrokuje ometanje radnog procesa. Na zanošenje tekućine mogu utjecati oblici, tipovi te izvedbe mlaznica. Mlaznice kod kojih su kapljice veće mogu ostvariti manju udaljenost raspršivanja u odnosu na mlaznice koje imaju sitnije kapljice (Tadić, 2013.). Nekoliko je vrsta mlaznica, a svaka mlaznica ima posebnu vrstu mlaza. Prema obliku mlaznice se dijele na vrtložne, standardne te odbojne. Vrtložne mlaznice imaju konusni mlaz i on se najviše upotrebljava kod trajnih nasada. Kod standardnih mlaznica mlaz je spljošten i sličan je onom koji stvaraju odbojne mlaznice (Petrović i sur., 2019a.). Mlaznice koje se najčešće koriste su žute, zelene, plave te crvene boje. Jedna od fungicidnih mlaznica je *Lechler TR* model, a prednost joj je što pruža iznimnu pokrivenost jer proizvodi sitnije kapljice. Ovo je ujedno i nedostatak jer se kod sitnijih kapljica pojavljuje povećani *drift*, pretvaraju se u maglu, a vjetar ih raznosi. Zbog ovih nedostataka su osmišljene mlaznice koje proizvode veće kapljice, a one manje podliježu vjetru te se pojavljuje manji *drift*. Ove mlaznice su nadogradnja na prethodne mlaznice i model se naziva *Lechler ITR* i moguće ga je vidjeti na slici 6. Dizajn ove mlaznice je takav da odgovara velikom dijelu nosača mlaznica te matica (Leško, 2021.).



Izvor: <https://www.lechler.com/my-en/products/>  
Slika 6. *Lechler ITR* model mlaznice

### 3.4 Uređaji za reguliranje

Ovi uređaji se nalaze iznad crpke u razini ruke stručnih osoba koji upravljaju raspršivačima. Imaju sastavne dijelove kao što su regulator tlak, ventil i manometar. Svrha regulatora je da upravlja tlakom sustava, a funkcionira na način da se okreće (Bokulić i sur., 2015.). Tlak se povećava okretanjem udesno, a smanjuje okretanjem ulijevo. Kada se pogon pokreće tada se i tlak prilagođava, a potreban broj okretaja pogonskog vratila se dostiže. U tom trenutku se počinje miješati tekućina. Na manometru se prikazuje visina tlaka koji se mora prilagoditi mlaznicama. S ventilima se otvaraju ili zatvaraju razvodni sustavi koji su povezani s kontrolnom kutijom. Kontrolna kutija se nalazi u kabini traktora i dostupna je osobi koja upravlja traktorom. Kontrolna kutija na sebi ima dva prekidača (Mikulić, 2016.). Na slici 7. se nalaze uređaji za regulaciju radnog tlaka.



Izvor: <https://traktoriprikljucnemasine.rs/prikljucne-masine/>

Slika 7. Uređaji za reguliranje radnog tlaka

### 3.5 Elektrostatika raspršivanja

Elektrostatika se primjenjuje u automobilskoj industriji kako bi se lakirali teško dostupni dijelovi. Ovaj način se isto tako primjenjuje i kod rada raspršivača. Zadatak elektrostatike je da omogući zaštitnom sredstvu da dođe do najudaljenijih dijelova na krošnji te poveća količinu kapljica po jedinici površine. Na ovaj način je smanjeno bespotrebno trošenje zaštitnog sredstva. Kod običnih raspršivača više od pola zaštitnog sredstva ne dođe do biljke koja se tretira (Sabljak, 2020). Sastavni dijelovi elektrostatskog raspršivača su električni izolatori, kontrolni ormarić, potencijalni obruč, pretvarač električne struje, spojni vodič te lanac za uzemljenje. Kontrolni ormarić se spaja na istosmjernu struju i iz njega se nastavljaju potencijalni obruči koji dolaze do pretvarača električne struje koji stvara struju od 12 kV i jačine 0,04 mA. Elektrostatika ima niz prednosti kao što je manja mogućnost trovanja korisnika sa zaštitnim sredstvom, proces raspršivanja traje znatno manje, prilagođen je radu u vinogradu, a količina zaštitnog sredstva je smanjena (Župan sprayers, 2021.).

### 3.6 Ventilatori

Ventilator ima zadatak stvoriti struju zraka koja je namijenjena transportu te dezintegraciji generiranog mlaza. Ventilator djeluje na mlaz škropiva iz mlaznice te se on raspršuje po trajnim nasadima. Brzina zraka koju proizvodi ventilator direktno utječe na pokrivenost trajnih nasada škropivom. Ukoliko ventilator proizvodi veliku brzinu zraka tada se kao posljedica javlja nejednaka pokrivenost te visoki *drift*. Kod malih brzina se pojavljuje nejednaka pokrivenost, a škropivo ne dopijeva do svih dijelova nasada. Najčešći ventilatori koji se koriste kod trajnih nasada su aksijalni, radijalni te tangencijalni (Brčić i sur., 1995.). Kod aksijalnog ventilatora smjer zraka je radijalan. Ovakav ventilator se naziva i propelernim ventilatorom. Ovakvi ventilatori se koriste češće u odnosu na radijalne ventilatore, a prednost im je veća masa zraka kod izlaznih brzina te manje trošenje pogonske energije (Bokulić i sur., 2015.). Na slici se može vidjeti aksijalni ventilator.



Izvor: <https://www.njuskalo.hr/strojevi-gnojidba-navodnjavanje/atomizer-agp-440-k-agromehanika-ventilator>

Slika 8. Aksijalni ventilator

Ventilatori se također razlikuju po kapacitetu, brzini te obliku mlaza. Količina zraka se može kontrolirati tako da se kut krilca ventilatora namjesti, brzina regulira s mjenjačem, a prorez se otvara ili zatvara kod izlaznog dijela ventilatora (Hardi, 2021.). Ventilatori sa svih strana imaju čeličnu zaštitnu mrežu kako bi se raspršivač zaštitio od predmeta koji se mogu privući te prouzročiti štetu i zaštititi osobu koja upravlja strojem (Miranda – Fuentes i sur. 2015).



## 4. TIPOVI RASPRŠIVAČA

Na raspršivačima se nalazi pogon motora koji može biti sastavni dio raspršivača ili može koristiti pogon motora od traktora. Raspršivači se dijele po njihovom obliku i načinu upotrebe na (Brčić i sur., 1995.):

- Leđne raspršivače,
- Traktorske raspršivače,
- Samohodne raspršivače,
- Tunelske raspršivače,
- Raspršivače namijenjene selektivnoj aplikaciji sredstava za zaštitu bilja.

Leđni raspršivači se upotrebljavaju kod manjih vinograda, voćnjaka, mjesta koji nemaju pristup vodi, i sl. Leđni raspršivači su moderniji i inovativniji od leđnih prskalice. Ako se upotrebljavaju leđni raspršivač ostvaruje se ušteda 3 – 10 puta više količine zaštitne tekućine u odnosu ako se isti posao obavlja sa prskalicama (Bošnjaković, 1981.). Ako leđni raspršivač koristi vlastiti motorni pogon obično je jačina motora u rasponu 1,5 – 3,1 kW, a njegova uloga je aktiviranje radijalnog ventilatora. Kapacitet ventilatora se kreće u rasponu 8 – 20 m<sup>3</sup> zraka koji ima brzinu 80 – 120 ms<sup>-1</sup>. Kapacitet spremnika se kreće 10 – 14 litara. Težina raspršivača nije veća od 10 kg te ovisi o vrsti materijala. Kada se raspršivač napuni ima težinu kao i leđna prskalice, ali je rad sa raspršivačem teži jer se težina raspršivača sporije smanjuje (Brčić, 1995.).

Traktorski raspršivač je osnovni stroj koji ima ulogu zaštite u trajnim nasadima. On se dijeli s obzirom na vrstu pogona na (Bošnjaković, 1981.):

- raspršivače koji imaju vlastiti pogon,
- raspršivače koji imaju od priključnog vratila,
- kombinirani pogon.

Svaka od tri prethodno navedene vrste traktorskih raspršivača se dijeli na nošene i vučene raspršivače. Za prskanje manjih površina upotrebljavaju se nošeni traktorski raspršivači, a za prskanje većih površina upotrebljavaju se vučeni traktorski raspršivači. S obzirom na namjenu raspršivači se dijele na one koji su namijenjeni prskanju trajnih nasada i prskanju ratarskih kultura (Brčić i sur., 1995.). Pokretanje nošenih traktorskih raspršivača je preko pogona koji je priključen na vratilo traktora. Oni imaju spremnik koji ima kapacitet 200 – 600 litara i koriste se kod manjih

i srednjih trajnih nasada. Veliki broj nošenih raspršivača ima aksijalni ventilator, slika 9., te okomiti usmjerivač koji je postavljen paralelno sa nasadom.



Izvor: <https://www.njuskalo.hr/strojevi-gnojidba-navodnjavanje/atomizer-agromehanika-agp-440>

Slika 9. Aksijalni ventilator na traktoru

Većinom se upotrebljavaju tangencijalni ventilatori koji imaju 4 ventilatora koji imaju veći domet u odnosu na druge vrste ventilatora. Na većim površinama trajnih nasada najčešće se upotrebljavaju traktorski vučeni raspršivači, slika 10.



Izvor: <https://www.dte-equipment.com.au/product/hardi-zaturn-mistblower/>

Slika 10. Traktorski vučeni raspršivač s radijalnim ventilatorom

Njihov spremnik je veći od nošenih raspršivača kapaciteta 1000 – 2000 litara (Volčević, 2006.). Pogon ovih raspršivača je izveden preko priključnog vratila traktora i vlastitog motora. Također može biti i kombinirani pogon kod kojeg se ventilator pokreće vlastitim motora, a crpka se pokreće pomoću priključnog vratila traktora. Raspršivači koji imaju pogon pomoću vlastitog motora imaju ravnomjerniji rad te snagu 15 – 60 kW, ali im je nabavna cijena veća. Njihovi usmjerivači su većinom okomiti kao što je i kod nošenih raspršivača. Postoje i verzije traktorskih raspršivača koji imaju dva ili više ventilatora koji omogućuju veću produktivnost (Brčić i sur., 1995.).

Samohodni raspršivači su različiti u odnosu na druge, a razlikuju se u pokretljivosti, kućištu, snazi te efikasnosti rada. Rad ovih raspršivača je sličan radu samohodnih prskalica. Sastoji se od vlastitog motora i proizvodi sitne kapljice kojima prska trajne nasade. Samohodni raspršivač ima posebnu izvedbu u kojoj radnik upravlja strojem na način da hoda iza stroja te iz tog razloga ova izvedba nije učinkovita, a najviše se upotrebljava u vinogradima, slika 11. (Brčić i sur., 1995.).



Izvor: <https://www.njuskalo.hr/zastita-gnojidba-navodnjavanje/solo-atomizer-100l>

Slika 11. Samohodni raspršivač

Samohodni raspršivač ima i izvedbu u kojoj je radnik ima potpunu zaštitu jer se nalazi u kabini, gdje je se može naći klima uređaj i sustav za filtriranje štetnih tvari. Ova izvedba se najviše upotrebljava u voćnjacima, a sastoji se od jakog motora i crpke, a spremnik je iznimno velik zbog čega postiže radni učinak preko 10 hektara (Medved, 2020.).

Tunelski raspršivač se najviše upotrebljava za prskanje bujnih nasada. Nekoliko godina se razvijao i proizvodio raspršivač koji upravlja škropivom na efikasniji način. Efikasniji način upravljanja škropivom smanjuje *drift* tekućine u odnosu na druge raspršivače (Sedlar i sur., 2014). Ova vrsta raspršivača je specifična po tome što prikuplja kapljice koje ne ostanu na biljci i povlači ih u spremnik. Najviše se upotrebljava kod vinograda i nižih voćnjaka, slika 12. (Bugarin i sur., 2009.).



Izvor: <http://www.clemens.com.au/browse-products/Spraying-Equipment>

Slika 12. Tunelski raspršivač

Škropivo koje ne ostane na biljkama dolazi do suprotne strane tunela gdje se odbija do spremnika kada je spremno za novu upotrebu. Uz pomoć ovih raspršivača kada je slabo razvijena lisna masa uspije se uštedjeti i do 70 % škropiva, a za vrijeme kada je puna vegetacija uštedi se i do 20 % škropiva (Pozder i sur., 2018.). Prilikom provođenja ispitivanja zaštite jabuka od čađave krastavosti koristio se ovaj tip raspršivača, a norma je bila 100 l ha<sup>-1</sup> te je ostvareni rezultat od 2,8 % zaraženih listova i 0,5 % zaraženih plodova nakon izvršenog prskanja (Sedlar i sur., 2014.).

Raspršivač za selektivnu aplikaciju sredstava za zaštitu bilja napravljen je da bi se stekla zaštita bilja koja je ekološki prihvatljiva i efikasna. Kod ovakvih raspršivača se koriste različite vrste senzora koji mogu biti laserski, ultrazvučni te optički senzori. Ovakvi raspršivači izbacuju onoliko zaštitne tekućine koliko je potrebno svakom stablu, ima sposobnost da prepozna prazan prostor te bolest stabla. Na ovaj način se smanjuje *drift* jer nema raspršivanja na prazne površine između biljki, a stabla zahvaćena s bolešću se tretiraju na poseban način (Pozder i sur., 2018.). Raspršivači

koji imaju laserske senzore namijenjene navođenju mlaza je relativno novi sustav u odnosu na druge selektivne raspršivače, slika 13.



Izvor: <https://www.hansnelson.com/assets/smart-air-assited-sprayer-handout-2015.pdf>

Slika 13. Raspršivač sa laserskim sensorima

Kod ovakvih raspršivača mlaz je usmjeren na krošnju koja ima uzgojni oblik. Ovaj raspršivač također ima sposobnost da prepozna veličinu, oblik te gustoću krošnje koja se tretira, a istodobno računa te izbacuje količinu zaštitne tekućine koja je potrebna. Ima laserski senzor koji ima radarski senzor brzine, računalo te zaslon koji je osjetljiv na dodir, automatski regulator protoka mlaznica, ručne prekidače, razdjelnike, mlaznice te cijevi. Kada se primjenjuju ovi raspršivača može se ostvariti ušteda zaštitne tekućine 40 – 70%, a zanošenje zaštitne tekućine se smanjuje do 90% (Pozder i sur., 2018.).

Zadatak raspršivača koji imaju ultrazvučne senzore je uočavanje željenog objekta i proučavanje visine stabala, gustoće te volumena krošnje. Na svakoj strani raspršivača su smješteni senzori i nalaze se ispred mlaznica iz razloga što na taj način aktiviraju ili isključuju mlaznice u slučaju da uoče ili ne uoče krošnju. Imaju centralnu kontrolnu jedinicu koja ima zadataka da kalkulira s potrebnom količinom zaštitne tekućine. Ultrazvučni senzori imaju sposobnost uočavanja željenog objekta koji se nalazi na udaljenosti 0,8 – 6 m te prazan prostor koji se kreće 35 – 120 cm (Sedlar i sur., 2014). Ovakvi senzori se najčešće koriste za mlade nasade te nasade koštičavog voća.

Raspršivači koji imaju optičke senzore imaju zadatak detektirati bolesti. Uz pomoć ovih senzora se određuje količina te vrijeme tretiranja biljke koje mora biti u skladu sa biljkom tj. njenim

zdravstvenim stanjem. Tijekom sezone može se izraditi karta uz pomoć koje se pokazuje koliko je biljka zdrava. Zadatak senzora je da pomoću valnih duljina očitaju prisutnost bolesti, hranjive nedostatke te manjak vode. Selektivnom aplikacijom se ostvaruje nepromijenjena biološka učinkovitost (Pozder i sur., 2018.).

## 5. TEHNIČKI PREGLED RASPRŠIVAČA

Raspršivače je potrebno redovito pregledavati kako bi se utvrdili svi potrebni sigurnosni, ekološki te zdravstveni zahtjevi. Na taj način se osigurava pravilan rad prskalica te raspršivača, a istovremeno se radnici, ljudi, životinje te okoliš zaštićuju. Sve navedeno mora biti u skladu s Zakonom o održivoj uporabi pesticida i Pravilnikom o održivoj uporabi pesticida. Uređaji koji se primjenjuju u Hrvatskoj su u relativno lošem stanju (Banaj i sur., 2012.). Raspršivači bi uvijek trebali biti 100% ispravni i potrebno ih je redovno slati na testiranja o ispravnosti. Tijekom određenog perioda svaki raspršivač je potrebno poslati na testiranja kojim se utvrđuje ispravnost te funkcionalnost istih. Na redovitim pregledima se utvrđuje da li uređaji zadovoljavaju tehničke uvjete kako bi se postigla visoka razina zaštite zdravlja ljudi te životinja i okoliša (Poje, 2019.). Prije pregleda vlasnici moraju očistiti raspršivače na temeljit način i prilikom toga utvrditi nedostatke te fizička oštećenja. Testiranje se započinje tako da se provjeri u čijem je vlasništvu raspršivač i potom se provjere nalazi li se na ulazu u spremnik u kojem se nalazi škropivo grubi pročistač. Svrha pročistača je da spriječi ulazak većim česticama i nečistoćama u spremnik i na taj način ujedno i spriječi da se pumpa zaštopa. Nakon toga se obavi pregled svih ventila, mjerila protoka i mjerača tlaka. Ako se ustanovi ispravnost svega navedenog potrebno je prijeći na slijedeću fazu kontroliranja. Plastičnu zaštitu na priključnom vozilu ne bi se smjelo okretati i potrebno je da je ona posve prekrivena zaštitnom plastikom. Potrebno je da crpka odgovara tehničkim karakteristikama uređaja. Protok ne bi smio biti manji od nazivnog protoka koji je naveden kod tvorničkih karakteristika pumpe. Ukoliko se izmjeri značajno manji protok crpka se mora zamijeniti. Ako se na raspršivaču nalazi manometar također je potrebno utvrditi i njegovu točnost. Ukoliko se utvrdi da nije dovoljno točan potrebno ga je kalibrirati. Za kalibriranje se mogu koristiti mehanički i elektronski uređaji. Kada manometar radi s tlakom od 2 bara mora imati preciznost od  $2 \pm 0,2$  bara. Kada tlak iznosi više od 2 bara tada manometar može imati odstupanje od  $\pm 10\%$ . Daljnje ispitivanje je usmjereno na utvrđivanje kapaciteta crpke, a ne bi smio biti ni veći, a ni manji u odnosu na tvorničke karakteristike. Prilikom testiranja protoka mlaznica koje se nalaze s lijeve i desne strane raspršivača one se spajaju pomoću crijeva u svoje menzure, slika 14.



Izvor: <http://www.glas-slavonije.hr/233826/7/>

Slika 14. Provjera mlaznica

Menzure se nalaze na istom postolju jedna pokraj druge. Kada prođe određeni vremenski period tijekom kojeg raspršivač radi i priključen je na menzure vrši se usporedba količine tekućine u svakoj menzuri tj. gleda se protok mlaznica. Raspršivač je ispravan ako se ustanovi ista količina tekućine u svim menzurama odnosno protok je jednak kod svake mlaznice. Ako se ustanovi nejednak protok potrebno je ponovo pristupiti provjeri tlakova, pumpi, ventila, crijeva namijenjenih distribuciji te mlaznicama. Kod mlaznica se najčešće javljaju problemi vezani za protok. Nakon svih navedenih postupaka ako je utvrđena ispravnost na uređaj je potrebno zalijepiti naljepnicu na kojoj piše da je uređaj ispravan. Slijedeći pregled se obavlja nakon 3 godine kada se ovi postupci ponavljaju (Sabljak, 2020).



## 6. ZANOŠENJE TEKUĆINE

Drugi naziv za zanošenje tekućine je *drift* i do ove pojave dolazi kada se aplicira zaštitna tekućina uz pomoć raspršivača. Može se pojaviti tijekom apliciranja ili nakon apliciranja tekućine na željenu površinu. Ova pojava ima negativne posljedice na zdravlje čovjeka i životinja koje su u blizini površine koja je tretirana. Također negativno utječe i na vodu. Kapljice mogu biti krupne i sitne. Pojava sitnih kapljica se naziva egzodrift, a pojava krupnih kapljica se naziva endodrift (Brčić i sur., 1995.). Sitne kapljice su osjetljivije na ovu pojavu te ih je potrebno smanjiti. Naročito su na ovu pojavu najosjetljivije kapljice koje su manje od 200  $\mu\text{m}$  (Ozkan, Derksen, 2004.). Količinu kapljica moguće je izmjeriti pomoću vodoosjetljivih papirića, slika 15., koji djeluju tako da se postave na različita mjesta koja će biti tretirana sa škropivom (Ozkan, 1998.).



Izvor: <https://www.syngenta.hr/news/dogadanja/tehnologija->

Slika 15. Vodoosjetljivi papirić

Čimbenici poput veličine kapljica, vremenskih uvjeta, normi raspršivanja, tehničkih parametara uređaja, tipovi mlaznice, radnog tlaka i sl. imaju najveći utjecaj na zanošenje tekućine. Kada vremenski uvjeti nisu idealni (vjetar brzine od  $3 \text{ ms}^{-1}$ , vlažnost zraka iznad 55%, temperature manja od  $22^{\circ}\text{C}$ ) standardne mlaznice se ne mogu primjenjivati. Od nabrojanih uvjeta brzina vjetra najviše utječe na pojavu *drifta* i zbog toga je zaštitu bilja potrebno obaviti rano u jutro ili kasno na večer (Tadić i sur., 2009.). U slučaju kada je vrijeme mirno također se ne preporučuje obavljati zaštitu bilja jer se na taj način stvara nezdravo okruženje za osobe koje obavljaju proces zaštite bilja. Brzina vjetra se određuje pomoću anemometra i ukoliko se izmjeri brzina koja premašuje  $2 \text{ ms}^{-1}$

potrebno je prestati s radom ukoliko se zaštita obavlja sa raspršivačima koji su manjeg kapaciteta. Za raspršivače većeg kapaciteta rad se obustavlja ukoliko brzina vjetra iznosi  $3 - 4 \text{ ms}^{-1}$ . Kada je na raspršivaču zračno – injektorska mlaznica tada se zaštita obavlja neovisno o vremenskim uvjetima, slika 16. Kod jednog istraživanja se uočilo da se zanošenje tekućine od 67 % dogodilo kada se koristio klasični raspršivač, a kada se upotrebljavao gore navedeni raspršivač *drift* je smanjen na 16,7 % (Brčić i sur., 1995.).



Izvor: <https://www.farmersguide.co.uk/new-trailed-vineyard-and-orchard-sprayer/>

Slika 16. Raspršivač sa zračno – injektorskom mlaznicama

Također je izvršeno još nekoliko istraživanja prilikom kojih se vodilo s normom *ISO 22866:2005*. U jednom istraživanju su korišteni raspršivači sa različitim karakteristikama (brzina gibanja, zračne struje ventilatora, mlaznice u vinogradima i voćnjacima). Rezultati istraživanja su takvi da se ustanovilo smanjenje *drifta* za 51 %, a vjetar je imao utjecaj na rezultate u postotku od 24 %. (Grella i sur., 2017.).

Nuyttens i sur., (2007.) su u slijedećem istraživanju uočili smanjenje *drifta* kada se povećao *ISO* broj mlaznica uz smanjenje brzine gibanja i tlaka. Mlaznice koje imaju manji *ISO* broj tj. manji protok proizvode manje kapljice, a one koje imaju veći *ISO* broj proizvode veće kapljice. Kada se koriste mlaznice koje imaju manji *ISO* broj tada se povećava mogućnost za pojavu *drifta* u odnosu na mlaznice koje imaju veći *ISO* broj. *Drift* se također smanjuje kada se brzina kretanja i radni tlak ravnomjerno održavaju tijekom apliciranja zaštitne tekućine. Kada se primijeti da su se vremenski

uvjeti poremetili tada je potrebno zaustaviti apliciranje, raspršivač zaštititi i postaviti ga blizu biljaka. Sitnije kapljice su više sklone *driftu* u odnosu na veće iz razloga što imaju manju kinetičku energiju. To je razlog zašto ove kapljice lebde u zraku i vjetar koji ima brzinu  $2 - 5 \text{ ms}^{-1}$  može utjecati na to da se poremeti proces tretiranja (Fox, 1987.). Kada se prikuplja zanesena tekućina oko površine potrebno je koristiti kolektore koji imaju različite oblike te su različitih vrsta. To mogu biti plastične tube, filter papirići, PVC trake te pamučne tkanine. Kolektor je potrebno odabrati tako da se uskladi cijena i potreba. Najprihvatljiviji odabir su filter papirići, a imaju svojstva učinkovitosti, korištenosti te cjenovne pristupačnosti (De Schampheleire i sur., 2008.). Za smanjivanje količine izgubljene tekućine osmišljen je sustav „recycling“ koji ima zadatak sakupljati kapljice koje samo prolaze kroz tretiranu površinu, slika 17.



Izvor: <http://www.clemens.com.au/browse-products/Spraying-Equipment/>

Slika 17. Reciklirajući sustav

Ovaj sustav je zamišljen tako da se koristi kod vinograda kod kojih se grožđe bere strojno. Prednost ovakvog sustava se može primijetiti tijekom zime kada nema lisne mase (Banaj i sur., 2010.).

## 7. OPASNOSTI TIJEKOM RASPRŠIVANJA

Tijekom tehnološkog procesa raspršivanja opasnosti se dijele na mehaničke izvore opasnosti te opasnosti uslijed toksičnog djelovanja zaštitne tekućine. Mehanički izvori opasnosti su zapravo radni dijelovi stroja koji su okretni tijekom rada te cjevovodi kod kojih postoji mogućnost pucanja. Pomoću kardanskog vratila se kreće zaštitna tekućina od spremnika do biljke, a ono pokrene pogon crpke. Opasnost od kardanskog vratila prijete kada se ono okreće te proizvodi veliku snagu. Ukoliko radnik nije pažljiv prijete mu ozljede kada puni raspršivač ili tijekom regulacije i provjere da li je uređaj ispravan. Još jedna opasnost za radnika je i ventilator koji je također rotirajući dio stroja. Ukoliko radnik nije dovoljno oprezan dijelovi odjeće ili duže kose mogu upasti u ventilator te ga povući. Razvodne cijevi su također opasnost za radnika jer se u njima nalazi zaštitna tekućina koja je pod visokim tlakom kada stroj radi. Ako cijevi puknu u blizini radnika on se može ozlijediti. Ove situacije se sprječavaju tako da što je potrebno učiniti slijedeće (Kušec i sur., 2013.):

- Provjeriti ispravnost svih dijelova prije upotrebe stroja,
- Provjeriti dijelove koji prenose snagu imaju li zaštitu kao i naljepnicu opasnosti,
- Ukoliko ventilator nema adekvatne zaštite potrebno ju je postaviti,
- Provjeriti ispravnost svih spojeva na cjevovodu, a jednom godišnje ih preciznije provjeriti u radionici.

Kada se koristi zaštitna tekućina tada prijete opasnost čovjeku te okolini. Ova opasnost ovisi o otrovnosti kemijskog sredstva, količini kemijskog sredstva u organizmu, prisutnosti kemijskih nečistoća, temperaturi okoline i načinu i korištenju zaštite. Također je važna i vrsta stroja s kojim se izvršava proces zaštite, a naročito kabina traktora. Kada se poštuju mjere zaštite prilikom rukovanja sa zaštitnom tekućinom tako se može zaštititi od njihovog lošeg utjecaja. Ovo je naravno moguće kada se poštuju i upute sigurnog rada strojeva. Prilikom rukovanja s tekućinom moraju se upotrebljavati zaštitne rukavice, odijelo, a na lice je potrebno staviti respirator. Ukoliko su tekućine jako otrovne ne preporučuje se rad dulji od 6 sati. Prilikom rada s ovakvim tekućinama najčešće stradavaju dišni organi. Najveća opasnost prijete vozačima traktora i potrebno je da se oni u što većoj mjeri pridržavaju mjera opreza (Kušec i sur., 2013.).

## 8. ZAKLJUČAK

Ovim diplomskim radom je obuhvaćena tematika uporabe senzora i raspršivača u trajnim nasadima. Trajne nasade potrebno je zaštititi od različitih štetnih organizama i biljnih bolesti koji mogu zahvatiti vinograde te voćnjake. Zaštićuju se uz pomoć različitih pesticida i fungicida. Zaštita se nanosi uz pomoć raspršivača koji mogu imati različite senzore. Prilikom nanošenja zaštite može se pojaviti *drift* ili zanošenje tekućine te je to potrebno smanjiti. Senzori imaju zadatak da otkriju, mjere te registriraju stabla koje je potrebno zaštititi. Oni mogu biti ultrazvučni, *LIDAR* te infracrveni senzori. Ultrazvučni senzori služe da se odredit udaljenost između stabala uz pomoć ultrazvučnih valova. *LIDAR* senzori identificiraju udaljenost do stabala te ih se često naziva i optičkim sensorima. Prednost ovih senzora je što su točniji od ultrazvučnih. Infracrvenim sensorima se određuje udaljenost između krošnji, a radi na principu prijenosnog i primajućeg svjetlosnog toka. Selektivnom aplikacijom se smanjuje količina škropiva i na taj način se može značajno uštediti na njemu.

Raspršivači se sastoje od različitih dijelova poput spremnika, crpki, mlaznica, uređaja za reguliranje, elektrostatskih uređaja te ventilatora. Spremnik služi za skladištenje škropiva te čiste vode koja je namijenjena za pranje ruku radnika te održavanju unutrašnjosti raspršivača. Materijal spremnika ne smije biti sklon korodiranju. Crpka služi kako bi proizvela potreban tlak zaštitne tekućine tako da raspršivač ispravno funkcionira. Slijedeći dio raspršivača su mlaznice koje moraju odrediti odrede kapacitet raspršivača te oblik i domet škropiva, a zadaća im je da rasprše škropivo na biljke. Uređajima za reguliranje upravljaju stručne osobe i oni moraju upravljati tlakom sustava. Elektrostatski uređaji moraju omogućiti škropivu dolazak do najudaljenijih dijelova krošnje i povećati količinu kapljica po jedinici površine. Zadnji dio raspršivača je ventilator koji mora stvarati struju zraku koja je namijenjena za transport i dezintegraciju generiranog mlaza. On djeluje na mlaz tako da ga raspršuje po trajnom nasadu.

Postoje različite vrste raspršivača i dijele se na leđne, traktorske, samohodne, tunnelske i raspršivače koji su namijenjeni selektivno aplikaciji. Leđni se upotrebljavaju za manje vinograde i voćnjake, a za veće su traktorski koji mogu imati vlastiti, pogon od priključnog vozila te kombinirani. Ovi raspršivači se dijele na nošene i vučene te mogu imati aksijalne u tangencijalne ventilatore. Vučeni spremnici su obično većeg kapaciteta od nošenih. Slijedeća vrsta raspršivača su samohodni koji

baš nisu učinkoviti kod trajnih nasada. Za bujne nasade se upotrebljavaju tunelski raspršivači, a drift kod ovakvih raspršivača je uvelike smanjen jer škropivo koje nije nanoseno na površinu vraća nazad u sustav za ponovnu upotrebu. Kod raspršivača za selektivnu aplikaciju se koriste različite vrste senzora, a zadatak senzora je ranije opisan.

Raspršivače je potrebno i testirati kako bi što učinkovitije radili. U Hrvatskoj je situacija ispravnosti raspršivača jako loša. Prilikom podvrgavanja testiranju je potrebno detaljno očistiti raspršivač kako bi vlasnik uočio eventualne tehničke nedostatke. Prilikom testiranja prvo se utvrđuje vlasništvo, a nakon toga tehničke karakteristike te da li je uređaj u skladu s njima. Mlaznice su te koje najčešće nisu ispravno pa ih je potrebno redovitije održavati.

Jedna od pojava koja se pojavljuje kod raspršivača u trajnim nasadima je drift odnosno zanošenje tekućine. Ta pojava može negativno utjecati na okoliš, životinje te zdravlje čovjeka. Kapljice koje se pojavljuju mogu biti sitnije i krupnije, a sitnije više utječu na ovu pojavu. Količina kapljica se mjeri uz pomoć vodoosjetljivih papirića. Na pojavu kapljica utječu osim nabrojanih utječu i slijedeći čimbenici kao što su norme raspršivanja, tehničkih parametara i sl. Kako bi se drift smanjio koriste raspršivači s većim ISO brojem mlaznica jer takve mlaznice proizvode veće kapljice. Sustav „recycling“ je razvijen tako da sakuplja kapljice te sakuplja kapljice koje samo prođu kroz tretiranu površinu.

Tijekom raspršivanja se mogu pojaviti različite opasnosti. Opasnosti koje prijete radniku mogu biti mehaničke te toksične opasnosti od zaštitne tekućine. Mehaničke opasnosti koje prijete radniku su od rotirajućih dijelova poput kardanskog vratila i ventilatora koji mogu uhvatiti radnikovu odjeću. Ukoliko rotirajući dijelovi uhvate odjeću može doći do uništavanja dijelova tijela te je uređaj potrebno što brže zaustaviti. Toksične opasnosti prijete dišnim organima. Postoje jako toksična zaštitna sredstva s kojima nije preporučljivo raditi duži vremenski period. Tijekom rada potrebno je na ruke i tijelo obući zaštitne rukavice i odijelo, a na glavu staviti respirator. Ovo se posebno odnosi na vozače traktora.

## 9. LITERATURA

1. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj, Ž., Lukač, P. (2010.): Unapređenje tehnike aplikacije pesticida. Sveučilište Josipa Juraja Strossmayera, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
2. Banaj, Đ., Tadić, V., Petrović, D., Knežević, D., Seletković, N. (2012.): Testiranje tehničkih sustava u zaštiti bilja u Republici Hrvatskoj. Sveučilište Josipa Juraja Strossmayera, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
3. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj, Ž., Lukač, P. (2013.): Unapređenje tehnike aplikacije pesticida, Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
4. Berntsen, J., Thomsen, A., Schelde, K., Hansen, O. H., Knudsen, L., Broge, N., Hougaard, H., Hørfarter, R. (2006). Algorithms for sensor-based redistribution of nitrogen fertilizer in winter wheat. *Precision Agriculture*, 7, 65-83.  
<https://doi.org/10.1007/s11119-006-9000-2>. 03.10.2022.
5. Bokulić, A., Budinščak, Ž., Čelig, D., Deždek, B., Hamel, D., Ivić, D., Novak, M., Mrnjavčić Vojvoda, A., Nikl, N., Novak, N., Novaković, V., Pavunić Miljanović, Z., Peček, G., Poje, I., Prpić, I., Rehak, T., Ševar, M., Šimala, M., Turk, R. (2015.): Priručnik za sigurno rukovanje i primjenu sredstva za zaštitu bilja. Ministarstvo poljoprivrede, Zagreb., 40 - 44.
6. Bošnjaković, A. (1981.): Mašine za zaštitu bilja. Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad., 53 - 55.
7. Bugarin, R., Đurić, N., Sedlar, A. (2009.): Ekološki prihvatljive mašine za aplikaciju pesticida u voćnjacima i vinogradima. *Savremena poljoprivredna tehnika*, Novi Sad, 35(1-2): 1 - 156.
8. Brčić, J., Maceljčki, M., Novak, M., Berčić, S., Ploj, Tone., Mirošević, N. (1995.): Mehanizacija u voćarstvu i vinogradarstvu. Agronomski fakultet Zagreb, Zagreb
9. Dagostin, S., Schärer, J. H., Pertot, I., Tamm, L. (2011): Are there alternatives to copper for controlling grapevine downy mildew in organic viticulture?, *Crop Protection*, 30 (7): 776 – 788.

10. De Schamphelre, M., Baetens, K., Nuyttens, D., Spanoghe, P. (2008.): Spray drift measurements to evaluate the Belgian drift mitigation measures in field crops. *Crop Protection*, 27(3-5): 577 - 589.
11. 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>. 03.10.2022.
12. Escola, A., Planas, S. Rosell, J. R. Gràcia, F., Gil, E., & Val, L.(2007): Variable dose rate sprayer prototype for dose adjustment in tree crops according to canopy characteristics measured with ultrasonic and laser lidar sensors. 6th European Conference on Precision Agriculture – ECPA, Skiathos, Greece.
13. Escola, A., Rosell-Polo, J. R., Planas, S., Gil, E., Pomar, J., Camp, F., Llorens, J., I Solanelles, F. (2013): Variable rate sprayer. Part 1 orchard prototype: design, implementation and validation. *Comput. Electron. Agric.*, 95, 122-135.<https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.02.004>
14. Fox, R. (1987.): Travel and wind affect jet sprayers. *American Nurseman*, 165 (1):100 – 102.
15. 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.
16. Giles, D. K., Delwiche, M. J., Dodd, R. B. (1987). Control of Orchard Spraying Based on Electronic Sensing of Target Characteristics. *Trans. ASAE*, 30, 1624-1630. <https://doi.org/10.13031/2013.30614>. 03.10.2022.
17. Giles, D. K., Delwiche, M. J., Dodd, R. B. (1988). Electronic Measurement of Tree Canopy Volume. *Trans. ASAE*, 31, 264-272. <https://doi.org/10.13031/2013.30698>. 03.10.2022.
18. Giles, D. K., Delwiche, M. J., & Dodd, R. B. (1989). Sprayer control by sensing orchard crop characteristics: orchard architecture and spray liquid savings. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 43, 271-289. [https://doi.org/10.1016/S0021-8634\(89\)80024-1](https://doi.org/10.1016/S0021-8634(89)80024-1). 03.10.2022.
19. Gregorio, E., Torrent, X., Planes de Marti, S., Solanelles, F., Sanz, R., Rocadenbosch, F., Masip, J., Ribes-Dasi, M., Rosell-Polo, J. (2016). Measurement of spray drift with



- a specifically designed lidar system. *Sensors*, 16(4), 499.  
<https://doi.org/10.3390/s16040499>. 03.10.2022.
20. Grella, G., Gallart, M., Marucco, P., Balsari, P., Gil, E. (2017.): Ground Deposition and Airborne Spray Drift Assessment in Vineyard and Orchard: The Influence of Environmental Variables and Sprayer Settings. *Sustainability*, 9(5): 728.
  21. Hardi, 2021. <https://www.hardi-international.com/> 04.05.2021.
  22. Jeon, H. Y., Zhu, H., Derksen, R. C., Ozkan, H. E., Krause, C. R., & Fox, R. D. (2011). Performance evaluation of a newly developed variable-rate sprayer for nursery liner applications. *Trans. ASABE*, 54(6), 1997-2007.  
<https://doi.org/10.13031/2013.40648>. 03.10.2022.
  23. Jejčič, V., Godeša, T., Hočevar, M., Širok, B., Malneršič, A., Štancar, A., Lešnik, M., i Stajanko, 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. <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2011.01>
  24. Jurišić, M., Šumanovac, L., Zimmer, D., Barač, Ž. (2015.): Tehnički i tehnološki aspekti pri zaštiti bilja u sustavu precizne poljoprivrede, *Poljoprivreda*, 1: 75 - 81.
  25. Kušec, V., Stojnović, M., Sito, S., Fabijanić, G., Kušec I., Arar, M (2013.): Opasnosti i mjere sigurnosti pri uporabi uređaja za zaštitu bilja u poljoprivredi. *Glasnik zaštite bilja*, 36(5): 57 - 64.
  26. Landers, A., Palleja, T., i Llorens, J. (2017): Technologies for the precise application of pesticides into vineyards. [www.infowine-internet](http://www.infowine-internet) journal of enology and viticulture, 2/1.
  27. Leško, 2021. <https://shop.lesko.hr/odabir-dizne-za-atomizer/> 04.10.2022.
  28. Llorens, J., Gil, E., & Llop, J. (2011). Ultrasonic and Lidar sensors for electronic canopy characterization in vineyards: Advances to improve pesticide application methods. *Sensors*, 11(2), 2177-2194. <https://doi.org/10.3390/s110202177>. 03.10.2022.
  29. 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.
  30. 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.
31. 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.
  32. Medved, I. (2020.): Sve što trebate znati o atomizerima.  
<https://www.agroportal.hr/poljoprivredna-mehanizacija/34215> 06.10.2022.
  33. Mikulić, J. (2016.): Primjena atomizera “Zupan DT 1000“ u voćarskoj proizvodnji. Završni rad, Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Križevci.
  34. Miranda-Fuentes, A., Gamarra-Diezma, J. L., BlancoRoldán, G. L., Cuenca, A., Llorens, J., Rodríguez-Lizana, A., Gil-Ribes, J. A. (2015.): Testing the influence of the air flow rate on spray deposit, coverage and losses to the ground in a superintensive olive orchard in southern Spain. *Supro Fruit 2015 - 13th Workshop on Spray Application in Fruit Growing*, Lindau, Germany. 17.
  35. Nuyttens, D., De Schampheleire, M., Baetens, K., Sonck, B. (2007.): The influence of operator-controlled variables on spray drift from field crop sprayers. *Transactions of the ASABE* 50(4): 1129 - 1140.
  36. Ozkan, H. E. (1998): *New Nozzles for Spray Drift Reduction*. Ohio State University.
  37. Ozkan, H.E., Derksen, R.C. (2004): Effectiveness of Turbo drop and Turbo Teejet Nozzles in Drift Reduction. Ohio State University Extension FactSheet, AEX-524-98, [ohioline.ag.ohio-state.edu](http://ohioline.ag.ohio-state.edu), USA
  38. Palleja, T. & Landers, A. (2014). *Precision Spraying in the Orchard and Vineyard: Measuring Canopy Density*. *New York Fruit*, 22, 4.
  39. Pascual, M., Villar, J. M., Rufat, J., Rosel, J. R., Sanz, R., & Arnó, J. (2011). Evaluation of peach tree growth characteristics under different irrigation strategies by LIDAR system: preliminary results. *Acta Horticulturae*, 889, 227-232.  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.889.26>. 03.10.2022.
  40. Petrović, D., Jurišić, M., Tadić, V., Plaščak, I., Barać Ž. (2018): Different sensor systems for the application of variable rate technology in permanent crop. *Technical journal* 12 (3), 188 – 195.

41. Petrović, D., Banaj, Đ., Tadić, V., Knežević, D., Banaj, A.(2019.): Utjecaj tipa raspršivača i tehničkih čimbenika na depozit tekućine. 47th Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering", Opatija. 25(1): 89 - 98.
42. Petrović, D., Jurišić, M., Plaščak, I., Duvnjak, V., Marković, M., Banaj, A., Tadić, V. (2019): Utjecaj selektivne aplikacije s ultrazvučnim sensorima na zanošenje i depozit tekućine u nasadu višnje. Poljoprivreda 25 (1), 89 – 98.
43. 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.
44. Petrović, D., Banaj, Đ., Banaj, A., Knežević, D., Tadić, V. (2021.): The use of sensor technology in crop protection. 48<sup>th</sup> Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering", Zagreb, Croatia, 2021
45. Poje, T. (2019): Analiza strojeva za primjenu pesticida pregledanih u 2017. godini u Sloveniji. 47th symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering": 243-248.
46. Pozder, P., Krušelj, I. (2018.): Nova tehnološka dostignuća i rješenja pri primjeni sredstva za zaštitu bilja. Glasilo biljne zaštite, 18(5): 472 - 482.
47. Romanazzi, G., Lichter, A., Mlikota Gabler, F., Smilanick, J. L. (2012.): Recent advances on the use of natural and safe alternatives to conventional methods to control postharvest gray mold of table grapes, Postharvest Biology and Technology, 63(1): 141 – 147.
48. Romanazzi, G., Mancini, V., Feliziani, E., Servili, A., Endeshaw., S., Neri, D. (2012.): Impact of Alternative Fungicides on Grape Downy Mildew Control and Vine Growth and Development, APS Publicitians, 100(4): 739 – 748.
49. Rosell, J. R., Sanz, R., Llorens, J., Arnó, J., Ribes-Dasi, M., Masip, J., Camp, F., Gràcia, F., Solanelles, F. and Pallejà, T. (2009.): A tractor-mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: A comparison with conventional destructive measurements. Biosystems Engineering, 102: 128 - 134.
50. 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.  
<https://doi.org/10.1243/095440705X34667> . 03.10.2022. 03.10.2022.
51. Sabljak, J. (2020). Eksploatacija raspršivača u trajnim nasadima. Završni rad. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek. Osijek.
  52. Sawant, S. D., Sawant, I., Shetty, D., Shinde, M. (2011.): Control of powdery mildew in vineyards by Milastin K, a commercial formulation of *Bacillus subtilis* (KTBS), 25(1): 26 – 32.
  53. Savocchia, S., Mandel, R., Crisp, P., Sscott, E. (2011.): Evaluation of ‘alternative’ materials to sulfur and synthetic fungicides for control of grapevine powdery mildew in a warm climate region of Australia, *Australasian Plant Pathol*, 40: 20–27.
  54. Sedlar, A., Bugarin, R., Đukić, N. (2014.): Tehnika aplikacije pesticida. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad., 37 (1): 65 - 74
  55. 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.
  56. Tadić, V., Banaj, Đ., Banaj, Ž. (2009.): Smanjenje zanošenja pesticida u funkciji zaštite okoliša. 2<sup>nd</sup> 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, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Poljoprivredni fakultet, Osijek.
  58. Thiéry, D., Philippe, L., Muneret, L., Rusch, A., Sentenac, G., Vogelweith, F., Ilitis., C., Moreaus, J. (2018.): Biological protection against grape berry moths, *Agronomy for Sustainable Development*, 38(15)
  59. Vercruyssen, F., Steurbaut, W., Drieghe, S., Dejonckheere, W. (1999.): Off target ground deposits from spraying a semi-dwarf orchard. *Crop Prot*, 18: 565 - 570.
  60. Volčević, B. (2006.): Zaštita bilja. Neron, Bjelovar. 56 - 61.
  61. Župan sprayers, 2021. <https://www.zupan.si/artikal/3193/elektrostatika?nodeid=184>  
04.10.2022.

62. Xiongkui, H., Aijun, Z., Yajia, L., & Jianli, S. (2011). Precision orchard sprayer based on automatically infrared target detecting and electrostatic spraying techniques. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 4, 35-40.

## 10. SAŽETAK

Raspršivači na sebi mogu imati senzore koji imaju zadatak da uočavaju stabla te tome prilagode količinu zaštitnog sredstva. Raspršivači imaju različite dijelove poput spremnika, crpke, mlaznica, uređaja za regulaciju, elektrostatskih uređaja te ventilatora. Raspršivači se mogu podijeliti na leđne, traktorske, tunnelske, samohodne te raspršivače namijenjene selektivnoj aplikaciji, a pogon raspršivača može biti vlastiti ili pomoću traktorskog motora. Selektivni raspršivači imaju senzore koji se nalaze ispred mlaznica te služe kako bi uočili krošnjju. Tijekom apliciranja škropiva može se pojaviti drift ili zanošenje tekućine. Pojavi drift sklone su sitnije kapljice te je potrebno koristiti mlaznice koje proizvode veće kapljice odnosno mlaznice sa većim ISO brojem. Raspršivače je također potrebno testirati kako bi radili na ispravan način. Ukoliko raspršivači nisu ispravni mogu se pojaviti različite opasnosti od mehaničkih izvora te zaštitne tekućine koja može imati toksično djelovanje. U raspršivačima se koriste različiti pesticidi. Pesticidi imaju loše djelovanje na zdravlje čovjeka te okoliš i iz tog razloga potrebno je koristiti alternativna sredstva ukoliko su ona jednako učinkovita kao i kemijska.

**Ključne riječi:** raspršivač, senzori, drift, pesticidi.

## 11. SUMMARY

Sprayers can have sensors on them that have the task of detecting trees and adjusting the amount of protective agent accordingly. Sprayers have different parts such as tanks, pumps, nozzles, regulating devices, electrostatic devices and fans. Sprayers can be divided into backpack, tractor, tunnel, self-propelled and sprayers intended for selective application, and the drive of the sprayer can be its own or by means of a tractor engine. Selective sprayers have sensors located in front of the nozzles to detect the canopy. During the application of the spray, a drift or drift of the liquid may occur. Smaller droplets are prone to drift, so it is necessary to use nozzles that produce larger droplets, or nozzles with a higher ISO number. The sprinklers also need to be tested to work properly. If the sprayers are not working properly, different dangers can arise from mechanical sources and the protective liquid, which can have a toxic effect. Different pesticides are used in sprayers. Pesticides have a bad effect on human health and the environment, and for this reason it is necessary to use alternative means if they are as effective as chemical ones.

**Key words:** Sprayer, sensors, drift, pesticides.

## 12. POPIS SLIKA

Slika 1. Princip rada ultrazvučnih senzora .....	7
Slika 2. Sustav ultrazvučnog senzora .....	8
Slika 3. Princip rada LIDAR senzora.....	11
Slika 4. Spremnik .....	16
Slika 5. Lechler ITR model mlaznice.....	18
Slika 6. Uređaji za reguliranje.....	19
Slika 7. Aksijalni ventilator.....	20
Slika 8. Aksijalni ventilator na traktoru .....	23
Slika 9. Traktorski vučeni raspršivač s radijalnim ventilatorom.....	23
Slika 10. Samohodni raspršivač .....	24
Slika 11. Tunelski raspršivač .....	25
Slika 12. Raspršivač sa laserskim sensorima .....	26
Slika 13. Provjera mlaznica.....	29
Slika 14. Vodoosjetljivi papirić.....	30
Slika 15. Raspršivač sa zračno – injektorskom mlaznicama.....	31
Slika 16. Reciklirajući sustav .....	32



**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku  
Poljoprivredni fakultet u Osijeku  
Sveučilišni diplomski studij, Mehanizacija

Diplomski rad

**PRIMJENA RAZLIČITIH TIPOVA RASPRŠIVAČA PRI ZAŠTITI TRAJNIH NASADA**

Stefan Dvornić

**Sažetak:** Raspršivači na sebi mogu imati senzore koji imaju zadatak da uočavaju stabla te tome prilagode količinu zaštitnog sredstva. Raspršivači imaju različite dijelove poput spremnika, crpke, mlaznica, uređaja za regulaciju, elektrostatskih uređaja te ventilatora. Raspršivači se mogu podijeliti na leđne, traktorske, tunelske, samohodne te raspršivače namijenjene selektivnoj aplikaciji, a pogon raspršivača može biti vlastiti ili pomoću traktorskog motora. Selektivni raspršivači imaju senzore koji se nalaze ispred mlaznica te služe kako bi uočili krošnju. Tijekom apliciranja škropiva može se pojaviti drift ili zanošenje tekućine. Pojavi drift sklone su sitnije kapljice te je potrebno koristiti mlaznice koje proizvode veće kapljice odnosno mlaznice sa većim ISO brojem. Raspršivače je također potrebno testirati kako bi radili na ispravan način. Ukoliko raspršivači nisu ispravni mogu se pojaviti različite opasnosti od mehaničkih izvora te zaštitne tekućine koja može imati toksično djelovanje. U raspršivačima se koriste različiti pesticidi. Pesticidi imaju loše djelovanje na zdravlje čovjeka te okoliš i iz tog razloga potrebno je koristiti alternativna sredstva ukoliko su ona jednako učinkovita kao i kemijska.

**Rad je izrađen pri:** Poljoprivredni fakultet u Osijeku

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

**Broj stranica:** 42

**Broj grafikona i slika:** 16

**Broj tablica:** 0

**Broj literaturnih navoda:** 55

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** raspršivač, senzori, drift, pesticidi.

**Datum obrane:**

**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
4. izv.prof.dr.sc. Ivan Plaščak, zamjenski član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilište u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

**BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agriculture  
University Graduate Studies, Mechanization**

**Graduate thesis**

**APPLICATION OF DIFFERENT TYPES OF SPRAYERS IN THE PROTECTION OF PERMANENT PLANTATIONS**

Stefan Dvornić

**Abstract:** Sprayers can have sensors on them that have the task of detecting trees and adjusting the amount of protective agent accordingly. Sprayers have different parts such as tanks, pumps, nozzles, regulating devices, electrostatic devices and fans. Sprayers can be divided into backpack, tractor, tunnel, self-propelled and sprayers intended for selective application, and the drive of the sprayer can be its own or by means of a tractor engine. Selective sprayers have sensors located in front of the nozzles to detect the canopy. During the application of the spray, a drift or drift of the liquid may occur. Smaller droplets are prone to drift, so it is necessary to use nozzles that produce larger droplets, or nozzles with a higher ISO number. The sprinklers also need to be tested to work properly. If the sprayers are not working properly, different dangers can arise from mechanical sources and the protective liquid, which can have a toxic effect. Different pesticides are used in sprayers. Pesticides have a bad effect on human health and the environment, and for this reason it is necessary to use alternative means if they are as effective as chemical ones.

**Thesis performed at:** Faculty of Agriculture in Osijek

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

**Number of pages:** 42

**Number of figures:** 16

**Number of tables:** 0

**Number of references:** 55

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** Sprayer, sensors, drift, pesticides.

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

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

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University in Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.