

# UTJECAJ PESTICIDA NA OKOLIŠ I LJUDSKO ZDRAVLJE

---

**Putanec, Iva**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:641481>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-23**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni prijediplomski studij Sigurnost i zaštita

Iva Putanec

# **UTJECAJ PESTICIDA NA OKOLIŠ I LJUDSKO ZDRAVLJE**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2024.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Iva Putanec

# **THE IMPACT OF PESTICIDES ON THE ENVIRONMENT AND HUMAN HEALTH**

Bachelor thesis

Karlovac, 2024.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Stručni prijediplomski studij Sigurnost i zaštita

Iva Putanec

# **UTJECAJ PESTICIDA NA OKOLIŠ I LJUDSKO ZDRAVLJE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Dr.sc. Jasna Halambek, v. predavač

Karlovac, 2024.



**VELEUČILIŠTE  
U KARLOVCU**  
Karlovac University  
of Applied Sciences

## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

**KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES**

Trg J.J. Strossmayera 9

HR-47000, Karlovac, Croatia

Tel. +385- (0)47- 843- 510

Fax. +385- (0)47- 843- 579



## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni/specijalistički studij: **STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

Usmjerenje: **ZAŠTITA NA RADU**

Karlovac, 2024.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: **IVA PUTANEC**

Matični broj: 0415621005

Naslov: **UTJECAJ PESTICIDA NA OKOLIŠ I LJUDSKO ZDRAVLJE**

Opis zadatka:

Osnovni cilj ovoga rada je dati pregled najčešće korištenih pesticida, s posebnim osvrtom na njihov utjecaj na ljudsko zdravlje, ali i na okoliš. Detaljno će se pojasniti sistematizacija insekticida, fungicida i herbicida, te će se pregledom dostupne literature pokušati razjasniti utjecaj pesticida na kontaminaciju tla, vode i zraka, kao i putevi unosa u ljudski organizam.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

10/2023.

05/2024.

06/2024.

Mentor:

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Dr.sc. Jasna Halambek v. pred.

Lidija Jakšić, mag.ing.cheming., pred.

## PREDGOVOR

Ovaj rad napisala sam prema uputama i smjernicama mentorice, koristeći dostupnu stručnu literaturu i članke na internetskim stranicama.

Zahvaljujem svojoj mentorici dr.sc. Jasni Halambek na ukazanom povjerenju, stručnosti i pruženoj pomoći tijekom pisanja ovog završnog rada.

Isto tako, zahvaljujem se svim profesorima Veleučilišta u Karlovcu i kolegama s kojima sam se susrela u ove 3 godine studija.

Posebna zahvala namijenjena je za roditelje, brata, dečka i prijatelje koji su mi bili podrška tijekom ovog studija.

## SAŽETAK

Pesticide je moguće podijeliti na više načina, kao što su podjela prema namjeni i načinu djelovanja i prema podrijetlu i kemijskom sastavu. U pesticide ubrajamo insekticide, fungicide i herbicide te se oni najviše koriste. Pesticidi imaju štetan utjecaj na ljudsko zdravlje i okoliš. Kontaminiraju tlo, vodu i zrak, uzrokujući dugoročnu degradaciju okoliša. Izloženost pesticidima može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema kod ljudi, uključujući neurološke poremećaje i kancerogene učinke. Stoga je važno primjenjivati održive poljoprivredne prakse i educirati javnost o sigurnoj uporabi pesticida kako bismo zaštitili zdravlje ljudi i okoliš za buduće generacije.

**Ključne riječi:** okoliš, pesticidi, poljoprivreda, prevencija, utjecaj, zdravlje

## **SUMMARY**

Pesticides can be categorized in various ways, such as based on their purpose and mode of action, as well as by their origin and chemical composition. Insecticides, fungicides, and herbicides are included in pesticides, and they are the most commonly used. Pesticides have harmful impact on human health and the environment. They contaminate soil, water and air, leading to long-term environmental degradation. Exposure to pesticides can result in serious health issues for humans, including neurological disorders and carcinogenic effects. Therefore, it is crucial to implement sustainable agricultural practices and educate the public about the safe use of pesticides to protect the health of people and the environment for future generations.

**Keywords:** agriculture, environment, health, influence, pesticides, prevention



# SADRŽAJ

<b>ZADATAK ZAVRŠNOG RADA</b> .....	I
PREDGOVOR.....	I
SAŽETAK.....	III
SUMMARY.....	IV
SADRŽAJ.....	V
<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PESTICIDI</b> .....	2
<b>2.1. Podjela pesticida</b> .....	3
<b>2.1.1. Podjela pesticida prema namjeni i načinu djelovanja</b> .....	4
<b>2.1.2. Podjela prema podrijetlu i kemijskom sastavu</b> .....	6
<b>2.2. Insekticidi</b> .....	8
<b>2.3. Fungicidi</b> .....	10
<b>2.4. Herbicidi</b> .....	12
<b>3. UTJECAJ PESTICIDA NA OKOLIŠ</b> .....	14
<b>3.1. Pesticidi u tlu</b> .....	16
<b>3.2. Pesticidi u vodi</b> .....	19
<b>3.3. Pesticidi u atmosferi</b> .....	21
<b>5. UTJECAJ PESTICIDA NA LJUDSKO ZDRAVLJE</b> .....	23
<b>6. RAZGRADNJA PESTICIDA</b> .....	25
<b>7. ZAKLJUČAK</b> .....	27
<b>8. LITERATURA</b> .....	28
<b>9. POPIS PRILOGA</b> .....	30
<b>9.1. Popis slika</b> .....	30
<b>9.2. Popis tablica</b> .....	31

## 1. UVOD

U suvremenom poljoprivrednom kontekstu, pesticidi predstavljaju neizbježan alat u borbi protiv štetnika i bolesti koji mogu ozbiljno ugroziti prinos i kvalitetu usjeva. Međutim, iako su pesticidi ključni za osiguranje stabilnosti i produktivnosti poljoprivrednih sustava diljem svijeta, njihova upotreba sa sobom nosi niz kompleksnih problema i rizika za ljude i okoliš.

Utjecaj pesticida na ljudsko zdravlje predstavlja jednu od ključnih zabrinutosti današnjeg društva. Izloženost čovjeka pesticidima može rezultirati nizom zdravstvenih problema, uključujući akutno trovanje, kronične bolesti, neurološke poremećaje, reproduktivne probleme i oštećenja endokrinog sustava. Ovi učinci posebno su izraženi kod poljoprivrednika koji su izloženi visokim koncentracijama pesticida tijekom primjene, ali i kod potrošača koji konzumiraju hranu koja može sadržavati tragove pesticida.

S druge strane, utjecaj pesticida na okoliš također ima velik značaj. Pesticidi mogu imati štetne posljedice na raznolikost i ekosustave u prirodi. Njihova upotreba može rezultirati onečišćenjem tla, vode i zraka, što može imati dugoročne posljedice na biljni i životinjski svijet. Pesticidi mogu imati nespecifične utjecaje na ne ciljane organizme, uključujući pčele i druge korisne kukce koji su ključni za oprašivanje biljaka te održavanje biološke raznolikosti. Dodatno, dugotrajna upotreba pesticida može dovesti do pojave otpornosti kod ciljanih štetnika, što zahtijeva sve veće količine i jaču koncentraciju pesticida za postizanje istog učinka, stvarajući krug koji dodatno povećava izloženost ljudi i okoliša štetnim kemikalijama [1].

S obzirom na kompleksnost problema i širok spektar interesa uključenih sudionika, istraživanja, regulacije i praksa zahtijevaju poseban pristup koji uzima u obzir potrebu za zaštitom usjeva, dugoročnu održivost i sigurnost ljudi i okoliša. Tako dolazi do razvoja održivih metoda kontrole štetnika i promicanje ekološki prihvatljivih poljoprivrednih praksi kako bi se minimalizirali negativni utjecaji na ljude i okoliš. Stoga je cilj ovoga rada dati pregled najčešće korištenih pesticida, s posebnim osvrtom na njihov utjecaj na ljudsko zdravlje, ali i na okoliš.

## 2. PESTICIDI

Pesticidi su bilo koja tvar ili mješavina tvari čija je namjena sprječavanje, uništavanje i kontroliranje bilo kojeg nametnika, uključujući vektore bolesti koji uzrokuju bolesti ljudi ili životinja. Također služe za sprječavanje, uništavanje i kontroliranje neželjenih vrsta bilja ili životinja koji uzrokuju štetu u proizvodnji, spremanju, transportiranju ili prodaji hrane, poljoprivrednih usjeva, drva i drvenih proizvoda te proizvodnji hrane za životinje. Ovaj termin obuhvaća i regulatore rasta biljaka, defolijante, sredstva za sprječavanje prijevremenog opadanja plodova te kemijska sredstva koja se koriste prije ili nakon berbe kako bi se spriječilo prerano truljenje plodova tijekom skladištenja ili transporta [2].

Postoje različite vrste pesticida, a one uključuju insekticide (koji se koriste za suzbijanja insekata), herbicide (koji se koriste za suzbijanje korova), fungicide (koji se koriste za suzbijanje gljivica), rodenticide (koji se koriste za suzbijanje štakora i miševa), kao i druge vrste specijaliziranih pesticida za različite namjene.

Sintetički pesticidi, koji su dizajnirani i proizvedeni u laboratorijima, često su učinkovitiji i dugotrajniji od prirodnih pesticida, ali isto tako mogu biti i štetniji za okoliš i ljudsko zdravlje. Neki od najpoznatijih sintetičkih pesticida uključuju organske fosfate, organske kloride i karbamate. S druge strane, prirodni pesticidi su derivati biljaka, mikroorganizama ili minerala te se smatraju manje toksičnima i obično su brže razgradivi u okolišu [2].

## 2.1. Podjela pesticida

Najkorišteniji pesticidi su herbicidi, insekticidi i fungicidi. Slika 1. prikazuje dijagram udjela pojedinih pesticida na tržištu.



**Slika 1.** Vrste pesticida [Vlastita izrada]

### 2.1.1. Podjela pesticida prema namjeni i načinu djelovanja

Kao što je već ranije navedeno, pesticidi su prema namjeni podijeljeni u više skupina:

- Insekticidi: koriste se za suzbijanje insekata koji mogu oštetiti usjeve i prenositi bolesti na biljke, životinje i ljude
- Herbicidi: namijenjeni su suzbijanju korova koji mogu konkurirati uzgojenim biljkama za resurse poput vode, hranjivih tvari i svjetlosti
- Fungicidi: koriste se za suzbijanje gljivica koje uzrokuju bolesti biljaka, poput plijesni, hrđe i pepelnice
- Rodenticidi: namijenjeni su suzbijanju štetnih glodavaca poput miševa i štakora
- Nematocidi: koriste se za suzbijanje nematoda, crva koji mogu oštetiti korijenje biljaka
- Akaricidi: namijenjeni su suzbijanju grinja koje mogu napadati biljke, kao i biti štetne po ljudsko zdravlje
- Moluskicidi: koriste se za suzbijanje puževa i školjki koje mogu nanositi štetu usjevima [3].

Kada je u pitanju podjela prema načinu djelovanja tada govorimo o nekoliko vrsta pesticida. Za početak, kontaktni pesticidi koji djeluju kada dođu u izravan kontakt sa štetnikom ili površinom koju trebaju zaštititi. Sistemski pesticidi koji se apsorbiraju i distribuiraju unutar biljke te pružaju zaštitu i suzbijaju štetnike i bolesti. Kontaktno-sistemski pesticidi su kombinacija kontaktnog i sistemskog djelovanja, djeluju na mjestima gdje dolaze u kontakt sa štetnicima i također se apsorbiraju u biljku kako bi pružili dugotrajnu zaštitu.

Fumiganti se koriste u plinovitom obliku kako bi dospjeli u tlo ili prostorije gdje su prisutni štetnici, repelenti odbijaju štetnike bez nužnog nanošenja štete, stvarajući neprikladne uvjete za njihovo naseljavanje ili hranjenje i zadnja vrsta su atraktanti koji su suprotnost repelentima, oni privlače štetnike na određeno mjesto ili zamku, olakšavajući njihovo uklanjanje ili kontrolu [3].

Ove podjele omogućuju poljoprivrednicima i stručnjacima zaštite bilja da odaberu odgovarajući pesticid prema specifičnim potrebama i uvjetima kako bi učinkovito kontrolirali štetnike i bolesti, kao i učinke na okoliš i ljudsko zdravlje.

**Tablica 1.** Podjela pesticida prema djelovanju na pojedine organizme [3].

Vrsta pesticida- ime	Vrste organizama na koje djeluju
Aficidi	Lisne uši (biljne)
Akaricidi	Grinje i krpelji (paučnjaci)
Algicidi	Alge
Avicidi	Ptice (vrane, vrapci, golubovi)
Baktericidi	Bakterije
Fungicidi	Gljive
Insketicidi	Insekti
Ineskto-akarcidi	Insekti i grinje
Kemosterilizatori	Uzrokuju sterilitet
Korvicidi	Vrane
Larvicid	Larve (razvojni oblici insekata)
Nematocidi	Nematode (crvi ili gliste)
Raticidi	Štakori
Rodenticidi	Glodavci
Virucidi	Virusi

### 2.1.2. Podjela prema podrijetlu i kemijskom sastavu

Podjela pesticida prema podrijetlu obuhvaća kategorizaciju prema tome jesu li pesticidi sintetički, što znači da su kemijski proizvedeni u laboratoriju ili su prirodni, što znači da su derivati biljaka, mikroorganizama ili minerala. Sintetički pesticidi često su jači, dizajnirani tako da vrlo učinkovito uništavaju štetnike ili suzbijaju bolesti biljaka. Imaju visoku razinu učinkovitosti i mogu biti stabilniji u okolišu od prirodnih pesticida, također, mogu se proizvoditi u velikim količinama i lako prilagoditi specifičnim potrebama. Međutim, sintetički pesticidi mogu imati dugotrajne i štetne učinke na okoliš, uključujući onečišćenje tla, vode i zraka te negativne posljedice po zdravlje ljudi i životinja. Kao što smo spomenuli, prirodni pesticidi se dobivaju iz prirodnih izvora poput biljaka, životinja i minerala. Ovi pesticidi često su manje toksični i brže se razgrađuju u okolišu od sintetičkih proizvoda, imaju manje štetne učinke na okoliš i ljudsko zdravlje. Mogu biti korisni u organskom uzgoju jer zadovoljavaju kriterije održivosti i ekološke prihvatljivosti. Manje su učinkoviti od sintetičkih pesticida te ih može biti teže proizvesti u velikim količinama, također, neki od njih mogu biti skuplji ili imati kraći rok trajanja. Prirodni pesticidi uključuju različite tvari kao što su biljni ekstrakti, esencijalna ulja, enzimi, bakterije i gljivice koje se koriste za kontrolu štetnika ili bolesti. Primjeri prirodnih pesticida uključuju piretrin iz cvijeta buhača, bakterijski insekticid *Bacillus thuringiensis* i neem ulje iz need drveta [4].

Kada govorimo o podjeli pesticida prema kemijskom sastavu znamo da nam oni pružaju uvid u kategorije prema njihovim kemijskim svojstvima i mehanizmima djelovanja. Organski fosforilirani spojevi uključuju insekticide poput organofosforinih spojeva kao što su malation, paration, diazinon. Djeluju inhibirajući enzime u živčanom sustavu insekata, što rezultira paralizom i smrću. Organski kloridni spojevi su klasa pesticida koja je uglavnom zabranjena zbog svoje trajne toksičnosti i sposobnosti bioakumulacije u okolišu. Među najpoznatijim pesticidima u ovoj skupini je bio DDT (diklordifeniltrikloretnan), koji je bio široko korišten zbog svoje učinkovitosti u suzbijanju insekata. Karbamati su pesticidi koji djeluju inhibirajući enzime u živčanom sustavu insekata, mogu biti manje toksični od organofosforinih spojeva, ali i dalje predstavljaju rizik za ljude i okoliš.

**Tablica 2.** Klasifikacija pesticida prema kemijskom sastavu [4].

VRSTA PESTICIDA		UTJECAJ NA ŠTETNIKA
ORGANSKI	Organoklorirani (pet ili više atoma klora)	Disruptori živčanog sustava, urokuju grčeve i paralizu
	Organofosforni	Onemogućuju prijenos živčanih impulsa što dovodi do naglih trzaja, zatim paralize
ANORGANSKI		Pretežno urokuju trovanje želuca

Zatim slijedi još jedna klasa pesticida koja djeluje na enzime u živčanom sustavu insekata, a to su organski fosfati (npr. malation, diazinon). Iako su neki organski fosfati manje toksični od drugih, oni i dalje mogu imati štetne učinke na ljude, životinje i okoliš. Botanički pesticidi izvedeni su iz biljaka i sadrže aktivne tvari koje biljke koriste za obranu od štetnika. Mineralni pesticidi uključuju tvari poput sumpora, bakra i željeza te se koriste za suzbijanje štetnika i bolesti biljaka. Sumpor se često koristi u organskom uzgoju za kontrolu plijesni i insekata, bakrov sulfat se također koristi kao fungicid u kontroliranom uzgoju [4].

**Tablica 3.** Klasifikacija pesticida prema toksičnosti [4].

RAZINA TOKSIČNOSTI	LD <sub>50</sub> (mg/kg) tjelesne mase	
	Gutanjem	Putem kože
Izuzetno opasni	<5	<50
Vrlo opasni	5-50	50-200
Umjereno opasni	50-2000	200-2000
Niska vjerojatnost za akutne posljedice	≥5000	-



**Tablica 4.** Klasifikacija pesticida prema načinu formulacije [4].

<b>FIZIKALNO STANJE</b>	<b>KARAKTERISTIKE</b>
Emulzirajući koncentrat	Ne zahtijeva konstantno miješanje pri svakoj uporabi
Prašak (močljivi)	Zahtijeva konstantno miješanje pri svakoj uporabi
Granule	Dobiveni miješanjem aktivnog sastojka s glinom
Mamci	Dobiveni miješanjem aktivnog sastojka s hranom
Prah (nemočljivi)	Mora se primjenjivati u suhom stanju

## **2.2. Insekticidi**

Insekticidima nazivamo sve tvari kojima se vrši zaštita bilja od štetnih utjecaja kukaca. Koriste se u poljoprivredi za zaštitu usjeva od štetočina koje mogu smanjiti prinos ili uništiti usjeve, ali se koriste i u urbanim područjima za kontrolu štetnih insekata poput komaraca, mrava i muha te se mogu koristiti i u veterinarskoj medicini za zaštitu domaćih životinja od parazita poput buha, krpelja i ušiju. Insekticidi mogu imati nuspojave na okoliš i zdravlje ljudi i životinja ako se ne koriste ispravno, stoga je važno slijediti smjernice za sigurnu uporabu insekticida i pridržavati se propisanih doza i načina primjene. Postoje razne zakonske regulative koje kontroliraju uporabu insekticida u mnogim zemljama kako bi se osiguralo da se koriste na siguran i odgovoran način [5].

Postoji podjela na 2 vrste, a to su sistemični i nesistemični insekticidi. Sistemični insekticidi su kemijske tvari koje se primjenjuju na biljku ili površinu te se apsorbiraju ili distribuiraju unutar biljke. Kada se primjeni na biljku, biljka se apsorbira putem korijena ili lišća. Insekti koji se hrane tom biljkom unose i insekticid te se time trovanje insekata događa unutar njihovog tijela. Ova vrsta insekticida pruža dugotrajnu zaštitu biljaka od štetočina te štite biljku od štetnika koji se hrane na različitim dijelovima biljke. Koriste se u poljoprivredi za zaštitu usjeva od insekata koji se hrane unutar biljke i posebno su korisni kad su štetnici skriveni ili zaštićeni unutar biljnog tkiva.

Kada je riječ o nesistemičnim insekticidima oni su nešto drugačiji, kemijski spojevi koji djeluju na insekte kada dođu u izravan kontakt s tretiranom površinom.

Kada se nanese na površinu, insekti koji dođu u kontakt s ovom vrstom insekticida izloženi su otrovnim tvarima koje uzrokuju njihovu smrt. Brzo djeluju na insekticide koji su izloženi tretiranoj površini, često su lakši za primjenu i ne zahtijevaju apsorpciju unutar biljke. Koriste se za suzbijanje insekata koji se nalaze na površini tla, lišća ili drugih dijelova biljaka te za hitne situacije kada je potrebno brzo djelovanje protiv insekata [5].

Kao primjer u praksi, mogu se uzeti lisne uši koje se uklanjaju insekticidima. Lisne uši djeluju tako da se hrane sokovima biljaka. Često su problematični za poljoprivredne kulture jer mogu uzrokovati ozbiljnu štetu biljkama i oslabiti ih.



**Slika 2.** Lisne uši

<https://gospodarski.hr/rubrike/zastita-bilja/lisne-usi-na-ukrasnom-bilju/>



**Slika 3.** Insekticid

<https://poljocentar.hr/product.asp?product=decis-ec-100-&code=028307>

### 2.3. Fungicidi

Fungicidi su klasa pesticida koji se koriste za kontrolu gljivičnih bolesti u biljkama. Ovi kemijski spojevi sprječavaju ili zaustavljaju rast gljivica koje mogu uzrokovati štetu na usjevima, ukrasnim biljkama ili drugim biljkama. Fungicidi su ključni alat u poljoprivredi i vrtlarstvu jer gljivične bolesti mogu biti ozbiljan problem koji može smanjiti prinos usjeva ili uništiti biljke.

Klasificiramo ih u 3 skupine: prema kemijskoj strukturi, načinu djelovanja i spektru djelovanja. Fungicidi se mogu podijeliti prema njihovoj kemijskoj strukturi na nekoliko različitih skupina, uključujući azole, benzimidazole, fenoksi kiseline i dr. Mogu se klasificirati i prema načinu djelovanja na biljke i gljivice, to uključuje kontaktne fungicide koji djeluju kada gljivice dođu u kontakt s tretiranom površinom i sistemične fungicide koji se apsorbiraju u biljku i šire se kroz nju. Također, dijele se na široki spektar koji djeluju na različite vrste gljivica ili na uski spektar, koji su selektivniji i djeluju samo na određene vrste gljivica.

Kada je riječ o načinu djelovanja, on ovisi o vrsti odabranog fungicida. Neki djeluju tako da sprječavaju staničnu diobu gljivica, čime zaustavljaju njihov rast i razmnožavanje. Drugi fungicidi oštećuju stanične membrane gljivica, što dovodi do propuštanja vitalnih tvari i na kraju smrti gljivica i određeni inhibiraju specifične enzime koji su ključni za metabolizam gljivica, što ih sprječava da prežive ili se razmnožavaju.

Primjena je široka, a proteže se od poljoprivrede, pa sve do industrije. U poljoprivredi se koriste za zaštitu usjeva poput pšenice, kukuruza, krumpira, voća i povrća od gljivičnih bolesti koje mogu smanjiti prinos ili uništiti usjeve. U vrtlarstvu se koriste za zaštitu ukrasnih biljaka, povrća i drugih biljaka iz vrtova i cvjetnjaka od gljivičnih infekcija koje mogu uzrokovati propadanje biljaka ili oštetiti njihov izgled. U industriji se koriste, na primjer, u zaštiti drveta od truljenja ili u proizvodnji papira kako bi se spriječio rast plijesni [6].

Primjena fungicida može imati štetne i neželjene posljedice na okoliš, uključujući one koji utječu na korisne organizme poput pčela, ptica i drugih životinja, stoga je važno koristiti fungicide na način koji minimizira štetne učinke na okoliš, uključujući primjenu u skladu s uputama i smjernicama. Važan su alat u zaštiti biljaka, no njihova primjena zahtijeva pažljivo upravljanje kako bi se osigurala učinkovita kontrola bolesti uz minimalne negativne posljedice po okoliš i ljudsko zdravlje [6].

Primjer u praksi je botrytis (Sl.4.). To je gljivična bolest koja može utjecati na različite biljke, uključujući voće, povrće, cvijeće i druge usjeve. Poznata je pod nazivom "siva plijesan" zbog karakterističnog sivog ili smeđeg pljesnivog rasta koji uzrokuje na zaraženim biljkama. U tom slučaju, koriste se fungicidi (Sl.5.) npr. Nordox ili Teldor.



**Slika 4.** Botrytis

<https://www.planetnatural.com/pest-problem-solver/plant-disease/gray-mold/>



**Slika 5.** Fungicid

<https://agrolandshop.com/product/fungicid-nordox-75-wg-40gr/>

## 2.4. Herbicidi

Herbicidi su kemijske tvari ili spojevi koji se koriste za suzbijanje, kontrolu ili uništavanje korova. Korovi su biljke koje rastu na nepoželjnim mjestima, poput poljoprivrednih polja, travnjaka, vrtova ili šuma, mogu konkurirati kultiviranim biljkama za resurse kao što su voda, svjetlost i hranjive tvari. Kako bi se očuvali usjevi i biljke u okolišu, herbicidi su postali važno sredstvo u poljoprivredi, vrtlarstvu, urbanom okolišu i šumarstvu.

Oni mogu biti formulirani na različite načine, ovisno o njihovoj namjeni i učinkovitosti. Često se primjenjuju na korov direktno ili na tlo kako bi spriječili klijanje sjemena korova ili oštetili rast korijena korova. Također, mogu se primijeniti na lišće ili stabljike korova kako bi ih izravno uništili.

Selektivni herbicidi i herbicidi širokog spektra su dvije glavne kategorije herbicida koje se koriste za kontrolu korova, ali se razlikuju po svom djelovanju u specifičnim primjenama. Selektivni herbicidi su formulirani tako da ciljaju specifične vrste korova ili biljaka, dok minimiziraju štetu na željenim usjevima ili biljkama [7].

Ovi herbicidi se često koriste u poljoprivredi, vrtlarstvu i šumarstvu gdje je potrebno suzbiti određene korove bez nanošenja štete usjevima ili drugim biljkama. Na primjer, neki selektivni herbicidi mogu ciljati širokolisne korove u usjevima žitarica, dok usjeve ostavljaju netaknutima.

Selektivni herbicidi obično ciljaju specifične metaboličke procese ili proteinske puteve koji su prisutni samo u određenim vrstama korova. To omogućuje njihovu selektivnost, jer usjevi ne dijele iste metaboličke puteve ili osjetljivost na aktivne sastojke herbicida kao korovi. Herbicidi širokog spektra, poznati i kao neselektivni herbicidi su formulirani da unište većinu biljaka s kojima dođu u kontakt, uključujući i korove i željene biljke. Ovi herbicidi se obično koriste na područjima gdje je potrebno potpuno uklanjanje vegetacije, kao što su prazne parcele zemlje prije sadnje novih usjeva, staze, pločnici, parkirališta ili druga područja gdje se želi potpuno odsustvo biljnih vrsta [7].

Djeluju na osnovne metaboličke procese ili strukturne karakteristike biljaka, što rezultira uništenjem biljnog tkiva, budući da ciljaju osnovne procese u biljkama, oni nemaju selektivnost i djeluju na većinu biljaka s kojima dođu u kontakt.

U praksi se često susrećemo s korovom i herbicidima koji djeluju protiv korova (Sl.6.), npr Total TF (Sl.7.).



**Slika 6.** Tretiranje korova herbicidom

<https://www.agroklub.com/vocarstvo/vrijeme-je-za-suzbijanje-visegodisnjih-korova/28038/>



**Slika 7.** Herbicid

<https://poljocentar.hr/product.asp?product=total-tf-&code=026322>

### 3. UTJECAJ PESTICIDA NA OKOLIŠ

Pesticidi su nezamjenjivo sredstvo u suvremenoj poljoprivredi, omogućavajući poljoprivrednicima kontrolu nad štetnicima i korovima, te poboljšavajući prinos i kvalitetu usjeva. Međutim, iako su neophodni za održavanje produktivnosti poljoprivrednih površina, pesticidi donose i niz problema za okoliš s kojim su u interakciji.

Istražene su različite složene interakcije između pesticida i okoliša tijekom godina. S obzirom na opsežnu primjenu pesticida diljem svijeta, važno je razumjeti kako ovi kemijski spojevi utječu na tlo, vodu, zrak i ljudsko zdravlje. Prvo u nizu, proučit ćemo kako pesticidi utječu na tlo, osnovni resurs koji podržava rast biljaka i održava biološku raznolikost. Zadržavanje pesticida u tlu može imati dugoročne posljedice na zdravlje tla i mikrobiološku aktivnost, što može dovesti do smanjenja plodnosti i produktivnosti tla. Zatim, promatramo kako se pesticidi ispiru s poljoprivrednih površina i dospijevaju u vodene tokove, jezera, i podzemne vode. Ovo zagađenje vodenih ekosustava može imati ozbiljne posljedice po vodene organizme, uključujući ribe, vodozemce i vodene ptice, te ugroziti kvalitetu pitke vode za ljude. Također, utjecaj na zrak nije zanemariv. Primjena pesticida može rezultirati isparavanjem njihovih aktivnih sastojaka u atmosferu, što može dovesti do zagađenja zraka. Pored isparavanja aktivnih sastojaka, pesticidi se mogu razgraditi u atmosferi na manje toksične spojeve, ali ovaj proces također može rezultirati formiranjem štetnih spojeva poput ozona na nižoj razini atmosfere [8].

Mogu imati dugotrajne posljedice na ekosustave. Na primjer, dugotrajna izloženost pesticidima može dovesti do smanjenja populacija korisnih insekata i ptica koje se hrane štetnim insektima, što može poremetiti prirodne ravnoteže i lanac prehrane. Također, korištenje pesticida može dovesti do pojave otpornosti kod ciljanih štetnika, što zahtijeva upotrebu sve snažnijih kemikalija kako bi se postigao isti učinak. Pesticidi mogu imati štetne učinke na mikroorganizme koji su ključni za zdravlje tla i biološku raznolikost.

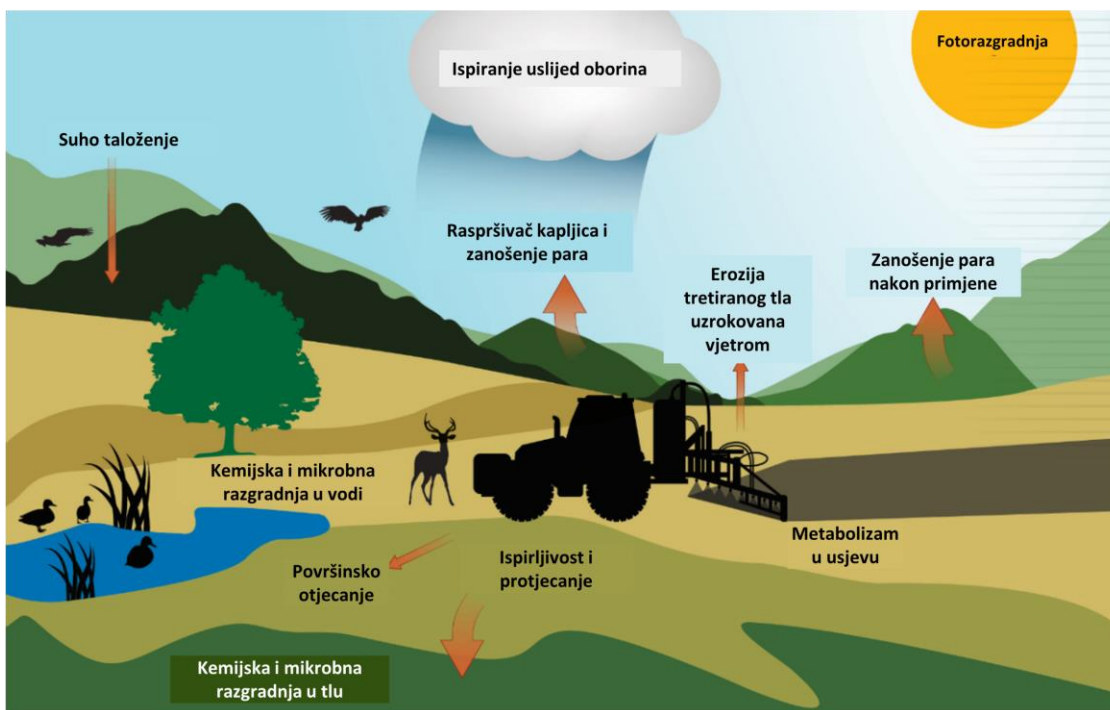
Oni mogu narušiti ravnotežu mikroorganizama u tlu, što može dovesti do smanjenja plodnosti tla i poremećaja ciklusima hranjivih tvari. Ovo može imati dugoročne posljedice na sposobnost tla da podrži usjeve i održava zdrav ekosustav.

Kada su pesticidi u pitanju, postoji pitanje dugoročne akumulacije i perzistencije u okolišu. Neke vrste pesticida mogu se sporije razgrađivati ili akumulirati u tlu, vodi ili tkivima biljaka ili životinja. Ovo može dovesti do dugoročne kontaminacije okoliša i potencijalnih rizika za ljudsko zdravlje i ekosustave. Jedan od najznačajnijih aspekata utjecaja pesticida na okoliš je i fenomen drifta. Drift se odnosi na širenje pesticida izvan ciljanog područja primjene, što može rezultirati kontaminacijom okolnog ekosustava. Ovo je posebno problematično u slučaju primjene pesticida u blizini vodenih tijela ili područja s visokom biološkom raznolikošću, gdje nekontrolirani drift može prouzročiti ozbiljne štete na lokalnoj flori i fauni.

Kako bismo smanjili negativne utjecaje pesticida na okoliš, važno je promicati integrirano upravljanje štetnicima koje uključuju kombinaciju različitih metoda kontrole. Važno je ulagati u istraživanje i razvoj sigurnijih i održivijih alternativa pesticidima koje će smanjiti njihov utjecaj na okoliš, kao i vršiti obuku poljoprivrednika o sigurnoj primjeni, praćenju i regulaciji upotrebe pesticida.

Korištenje pesticida može imati štetan utjecaj na okoliš, uključujući kvalitetu podzemnih i površinskih voda, tla, biološku raznolikost, ekosustave i ljudsko zdravlje. Ostaci pesticida mogu se naći u hrani, budući da se primjenjuju na poljima i mogu prodrijeti u okolno tlo i vodu (Sl.8.). Mogu negativno utjecati na biljni i životinjski svijet, pridonoseći smanjenju biološke raznolikosti, uključujući smanjenje populacije kukaca [8].





Slika 8. Negativan utjecaj pesticida na okoliš [8].

### 3.1. Pesticidi u tlu

Pesticidi imaju značajan utjecaj na tlo, kako kratkoročno tako i dugoročno. Njihova primjena može rezultirati kontaminacijom tla, što može negativno utjecati na njegovu plodnost i biološku aktivnost.

Kratkoročno, pesticidi mogu izravno djelovati na mikroorganizme u tlu, uključujući bakterije, gljive i ostale organizme koji su ključni za razgradnju organske tvari i ciklus hranjivih tvari. Ovo može dovesti do smanjenja biološke aktivnosti tla i poremećaja u ciklusima hranjivih tvari, što može imati negativne posljedice na plodnost tla i sposobnost podrške biljnom rastu. Dugoročno, pesticidi mogu imati akumulativne učinke u tlu. Neke vrste pesticida mogu se sporije razgrađivati i ostati prisutne u tlu dulje vremena, čiji je rezultat nakupljanje tih kemikalija u tlu i potencijalno dugotrajna kontaminacija [9].

Ovo može prouzročiti probleme za kasnije usjeve ili biljne kulture koje se uzgajaju na kontaminiranim područjima, kao i potencijalne rizike za zdravlje ljudi i životinja koje konzumiraju proizvode s takvih područja. Javljaju se i kroz proces bioakumulacije i biomagnifikacije, ovi procesi mogu rezultirati nakupljanjem pesticida u lancu prehrane, počevši od mikroorganizama u tlu, preko biljaka, pa do životinja koje se hrane tim biljkama. Kako se pesticidi nakupljaju u organizmima kroz prehranu, mogu doseći visoke koncentracije u vrhovima lanca prehrane, što rezultira ozbiljnim štetnim učincima na predatorne životinje. Pored toga, pesticidi mogu imati indirektno učinke na tlo putem promjena u biljnim kulturama ili mikroorganizama u tlu. Na primjer, upotreba pesticida može dovesti do smanjenja populacija korisnih mikroorganizama u tlu koji su odgovorni za fiksaciju dušika ili razgradnju organske tvari, što može poremetiti prirodne procese u tlu i smanjiti njegovu plodnost.

Jedan od značajnijih aspekata utjecaja pesticida na tlo je i promjena tvari u tlu. Upotreba pesticida može dovesti do promjena u kemijskom sastavu tla, uključujući promjene u pH vrijednosti, sadržaju organske tvari i hranjivim tvarima. Ove promjene mogu utjecati na sposobnost tla da podrži biljni rast i razvoj i dovesti do dugoročnih posljedica za poljoprivrednu proizvodnju i ekološke sustave.

Oni mogu imati i štetne učinke na žive organizme u tlu, uključujući korisne organizme poput glista, kukaca i mikroba koji su ključni za održavanje zdravog tla. Ovi organizmi igraju važnu ulogu u razgradnji organske tvari, cirkulaciji hranjivih tvari i održavanju strukture tla. Izloženost pesticidima može dovesti do smrti ili smanjenja populacija ovih organizama i poremetiti ravnotežu ekosistema u tlu i smanjiti njegovu sposobnost održavanja biljnog rasta. Uz to, upotreba pesticida može dovesti do erozije tla i gubitka plodnosti tla. Pesticidi mogu oslabiti strukturu tla i smanjiti njegovu otpornost na eroziju, što može rezultirati gubitkom tla, posebno na obroncima i područjima s nagibom. Ovo može imati ozbiljne posljedice za poljoprivrednu proizvodnju, vodne resurse i ekološku stabilnost lokalnih ekosustava [9].

Pored toga što mogu neposredno djelovati na tlo, pesticidi mogu izazvati promjene u dinamici vode u tlu. Na primjer, određene vrste pesticida mogu smanjiti sposobnost tla da zadržava vodu, te se povećava rizik od erozije i ispiranja hranjivih tvari u podzemne vode. Ovo može rezultirati gubitkom tla i smanjenjem plodnosti, kao i kontaminacijom podzemnih voda. Oni mogu izazvati i neželjene nuspojave na tlo kroz stvaranje rezistentnih štetnika. Kada se pesticidi koriste kontinuirano, moguće je da populacije štetnika razviju otpornost na te kemikalije. To može dovesti do potrebe za upotrebom većih količina ili jačih pesticida kako bi se postigao isti učinak. Ova praksa može dalje pogoršati problem otpornosti, stvarajući krug povećane upotrebe pesticida i otpornosti na njih [9].

**Tablica 5.** Čimbenici koji utječu na postojanost pesticida u tlu [5].

<b>PESTICID</b>	<b>TLO</b>	<b>KLIMA</b>
Kemijski sastav	Tip tla	Kretanje vjetra
Hlapivost	Biljni pokrov	Temperatura
Topljivost	Nagib	Sunčevo zračenje
Nastanak	Geografska lokacija	Oborine
Koncentracija primjena (metoda/vremensko doba/učestalost/količina)	Mikrobiološki sastav  Kemijski sastav	Vlaga

### 3.2. Pesticidi u vodi

Pesticidi imaju značajan utjecaj na vodene resurse, uključujući površinske vode poput rijeka, jezera i potoka, kao i podzemne vode. Kada se pesticidi koriste na poljoprivrednim ili urbanim područjima, postoji rizik od ispiranja ili otjecanja kemikalija u vodeni ekosustav, što može prouzročiti ozbiljne negativne posljedice.

Površinske vode su posebno osjetljive na zagađenje pesticidima. Nakon primjene, pesticidi mogu biti isprani s površine tla tijekom kišnih ili navodnjavajućih događaja te se zatim prenose u obližnje vodene tokove. Ovdje mogu uzrokovati kontaminaciju vode i ozbiljne ekološke štete, uključujući smrt riba i drugih vodenih organizama, poremećaj ekosustava vodenih staništa te smanjenje kvalitete vode za piće i druge svrhe.

Podzemne vode također su ugrožene od pesticida, osobito ako se primjenjuju na područjima s propusnim tlima ili blizu bunara i izvora vode. Pesticidi se mogu infiltrirati u tlo i doseći dublje slojeve, gdje mogu kontaminirati podzemne vode.

Ovo predstavlja ozbiljan rizik za opskrbu pitkom vodom i može zahtijevati skupe postupke pročišćavanja kako bi se uklonili pesticidi iz vode za piće.

Osim toga, pesticidi mogu imati dugoročne učinke na vodene ekosustave. Neki pesticidi mogu biti perzistentni u vodi, što znači da se sporo razgrađuju i mogu ostati prisutni u vodi dulje vremena. Ovo može imati dugoročne posljedice na vodene organizme i ekosustave, uključujući akumulaciju u tkivima riba i drugih organizama te poremećaj ekološke ravnoteže vodenih staništa. Jedan od problema povezanih s pesticidima u vodi je njihova sposobnost da se nakupljaju u sedimentima vodenih tijela. Pesticidi koji dospiju u vodu mogu se taložiti na dnu vodenih tokova ili jezera, gdje se mogu zadržati dulje vrijeme. Ovo može predstavljati dugoročni izvor zagađenja jer se pesticidi mogu polako oslobađati iz sedimenta u vodu, posebno tijekom turbulentnih događaja poput poplava ili erozije tla. Ovo može rezultirati ponovnom kontaminacijom vode i produljenjem njihovog utjecaja na vodene ekosustave. Osim direktnog zagađenja voda, pesticidi također mogu imati negativne posljedice na kvalitetu vode putem procesa eutrofikacije [10].

Eutrofikacija se javlja kada visoke razine hranjivih tvari, poput dušika i fosfora, doprinose prekomjernom rastu algi i drugih vodenih biljaka. Neki pesticidi, posebno dušični spojevi, mogu biti izvori ovih hranjivih tvari. Kada pesticidi dospiju u vode, mogu potaknuti rast algi i stvaranje algalnih cvatova, što može dovesti do smanjenja razine kisika u vodi i smrti riba i drugih vodenih organizama.

Pored toga, pesticidi mogu imati i neželjene posljedice na vodene organizme i ekosustave. Oni mogu izravno otrovati ribe, vodene insekte i druge organizme u vodi, što može dovesti do gubitka biodiverziteta i poremećaja i vodenim ekosustavima. Ovi negativni utjecaji mogu se proširiti na cijeli ekosustav, uključujući vodozemce, ptice i sisavce koji ovise o vodenim resursima za preživljavanje. Još jedan važan aspekt utjecaja pesticida na vode je povezan s njihovim kemijskim svojstvima i sudbinom u vodnim okolišima. Mnogi pesticidi imaju tendenciju da se različito ponašaju u vodi, ovisno o njihovoj topivosti u vodi, stupnju razgradnje, vezanju za čestice ili sedimente, te njihovoj tendenciji da se akumuliraju u biološkim tkivima. Ova svojstva mogu utjecati na način na koji se pesticidi distribuiraju i transportiraju u vodenim sustavima te na njihovu raspoloživost za vodene organizme. Također, pesticidi mogu imati i interakcije s drugim kemikalijama prisutnim u vodi, što može dodatno utjecati na njihovu toksičnost i biološku raspoloživost. Na primjer, interakcije s drugim organskim i anorganskim spojevima prisutnim u vodi mogu utjecati na topljivost pesticida, brzinu razgradnje ili njihovu sposobnost vezanja za sedimente. Ove interakcije mogu rezultirati promjenama u toksičnosti pesticida ili njihovoj sposobnosti da se akumuliraju u tkivima vodenih organizama. Isto tako, pesticidi mogu biti izvor kontaminacije vode čak i nakon prestanka njihove primjene. Mnogi pesticidi imaju sposobnost da ostanu prisutni u okolišu dugotrajno nakon primjene, što može rezultirati kontinuiranim otpuštanjem ovih kemikalija kroz eroziju tla, otpuštanje iz sedimenta ili prenošenje kroz atmosferske padaline. Ova kontinuirana izloženost može rezultirati akumulacijom pesticida u vodenim tijelima i dugoročnim ekološkim i zdravstvenim rizicima za vodene ekosustave i ljude koji ovise o tim vodama [11].

Stoga je ključno razumjeti kompleksne interakcije između pesticida i vodenih sustava kako bi se razvile učinkovite strategije zaštite voda od pesticidne kontaminacije.

### 3.3. Pesticidi u atmosferi

Iako se često manje istražuje u usporedbi s drugim medijima poput tla i vode, prisutnost pesticida u atmosferi postaje sve važnija tema istraživanja i zabrinutosti zbog njihovog potencijalnog utjecaja na zdravlje ljudi i okoliš. Jedan od glavnih načina na koji pesticidi ulaze u atmosferu je putem isparavanja ili ispuštanja tijekom primjene.

Kada se pesticidi raspršuju ili primjenjuju na poljoprivrednim površinama ili urbanim područjima, dio tih kemikalija može ispariti u atmosferu i postati aerosoliziran, što znači da se nalaze u obliku sitnih čestica u zraku. Ovi pesticidni aerosoli mogu putovati na velike udaljenosti od mjesta primjene, što može rezultirati daljnjim širenjem pesticidne kontaminacije. Na primjer, pesticidi ispušteni u atmosferu na poljoprivrednim površinama mogu se transportirati vjetrom na udaljena područja, gdje mogu kontaminirati tlo, vodu i biljni svijet [12].

Pesticidi prisutni u atmosferi također se mogu taložiti na površini tla ili biljaka tijekom sušenja nakon primjene, što može dodatno doprinijeti zagađenju okoliša i širenju pesticidne kontaminacije. Ovi talozi mogu biti posebno problematični u urbanim područjima gdje se pesticidi često koriste za kontrolu štetnika na travnjacima i u vrtovima. Osim direktnog raspršivanja i taloženja pesticida u atmosferi, postoje i drugi načini na koje pesticidi mogu završiti u zraku. Na primjer, pesticidi mogu ispariti s površine tla ili biljaka nakon primjene te se zatim ponovno taložiti u obliku suhih čestica u zraku. Ovi pesticidni praškovi mogu se zatim transportirati vjetrom na udaljena područja, gdje mogu biti udahnuti ili taloženi na površini tla ili vode.

Utjecaj pesticida na atmosferu i kvalitetu zraka još uvijek nije potpuno istražen, ali postoji zabrinutost zbog mogućih zdravstvenih rizika povezanih s izlaganjem pesticidima putem udisanja aerosoliziranih čestica ili prašaka. Osim toga, postoji zabrinutost zbog potencijalnog utjecaja pesticida na ekosustave i klimatske procese, uključujući mogućnost da pesticidi utječu na atmosferske kemije i formiranje ozona ili drugih zagađivača u zraku [12].

Jedan od značajnijih aspekata utjecaja pesticida na atmosferu je njihov potencijal da sudjeluju u kemijskim reakcijama u zraku i doprinose formiranju novih spojeva.

Neki pesticidi mogu reagirati s drugim zagađivačima u zraku, poput dušičnih oksida ili organskih spojeva prisutnih u atmosferi, pod utjecajem sunčeve svjetlosti i drugih atmosferskih čimbenika. Ovi procesi mogu rezultirati formiranjem novih spojeva, uključujući one koji su štetni za zdravlje ljudi i okoliš, poput ozona i nižim slojevima atmosfere.

Pesticidi u atmosferi mogu imati indirektne učinke na klimatske procese. Neki imaju sposobnost da apsorbiraju ili reflektiraju sunčevu svjetlost kada su prisutni u aerosoliziranom obliku u zraku. Ovi aerosoli mogu utjecati na zračenje energije u atmosferi i na lokalne ili globalne klimatske uvjete, što može rezultirati promjenama u temperaturi, oborinama ili drugim klimatskim parametrima.

Kako bi populacija bolje razumjela utjecaj pesticida na atmosferu i razvili strategije zaštite zraka, važno je provoditi istraživanja koja se bave emisijama pesticida u atmosferu, njihovim transportom i sudjelovanjem u atmosferskim procesima. Također je ključno promicati održive prakse upravljanja pesticidima koje minimiziraju njihovo oslobađanje u atmosferu te provoditi mjere zaštite zraka kako bi se osigurala sigurnost zraka za ljudsko zdravlje i okoliš na lokalnoj i globalnoj razini. Osim toga, potrebno je uspostaviti međunarodnu suradnju kako bi se učinkovito rješavali problemi povezani s transportom i globalnim utjecajem pesticida u atmosferi [13].

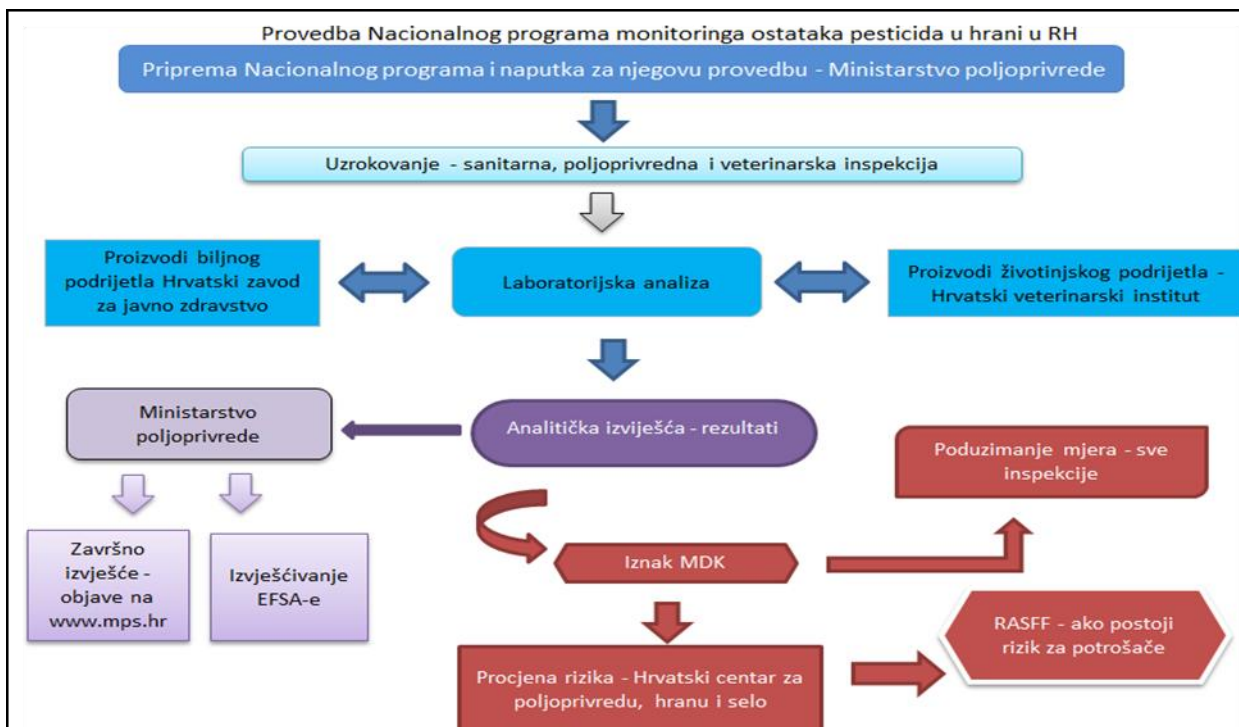
## 5. UTJECAJ PESTICIDA NA LJUDSKO ZDRAVLJE

Razumljiva je zabrinutost zbog štetnih učinaka pesticida na okoliš i ljudsko zdravlje, s obzirom na njihovu sposobnost uništavanja mnogih različitih vrsta, a ne samo ciljanih. Pesticidi su stvoreni da budu otrovni, pa je slučajna izloženost njima izuzeto opasna. Istraživanja su pokazala povezanost između izloženosti pesticidima i različitih bolesti. Ljudi su izloženi ovim opasnostima jer rukuju pesticidima, ali i jer dolaze u kontakt s okolišem koji je zagađen pesticidima. Stoga je potrebno istražiti kako pesticidi ulaze u ljudski organizam. Utvrđeno je da su najčešći načini unošenja pesticida u organizam preko kože (transdermalno), inhalacijom, gutanjem i putem sluznice oka (Tablica 6.) [14].

**Tablica 6.** Najčešći načini ulaska pesticida u ljudski organizam [4].

Apsorpcija putem kože	Najčešći način; izloženost prilikom prolijevanja, raspršivanja, miješanja, skladištenja, odlaganja pesticida; najopasnije koncentrirane otopine pesticida
Gutanje	Najopasniji način; lošom higijenom prilikom rukovanja, zabunom ako je ambalaža neoznačena
Sluznica oka	Izloženost prilikom razbacivanja jer postoji mogućnost odskakivanja granula pesticida
Udisanje	Hlapivi pesticidi; izloženost povećana u zatvorenim prostorima poput staklenika, raspršivanju pri temperaturama većim od 30 °C, presitne kapljice





**Slika 9.** Shematski prikaz provedbe Nacionalnog programa praćenja ostataka pesticida u hrani [14].

Kada se jednom unesu u organizam, pesticidi se šire do svih organa putem krvotoka, a izlučuju se kroz urin, izdisanjem i kožom. Dok su prisutni u tijelu, mogu izazvati niz bolesti i poremećaja čija ozbiljnost ovisi o toksičnosti pesticida i razini izloženosti. Posebno su osjetljive skupine poput trudnica, djece i starijih ljudi. Istraživanja su pokazala da izloženost pesticidima može biti povezana s različitim bolestima, uključujući karcinom, leukemiju, astmu, dijabetes te smanjenje reproduktivne sposobnosti kod muškaraca.

Akutna izloženost visokim koncentracijama pesticida može izazvati trenutne zdravstvene probleme poput mučnine, povraćanja, glavobolje, vrtoglavice pa čak i smrtnih slučajeva. Ovi incidentni često se događaju kod poljoprivrednika, radnika u industriji pesticida i osoba koje žive u blizini tretiranih polja [14].

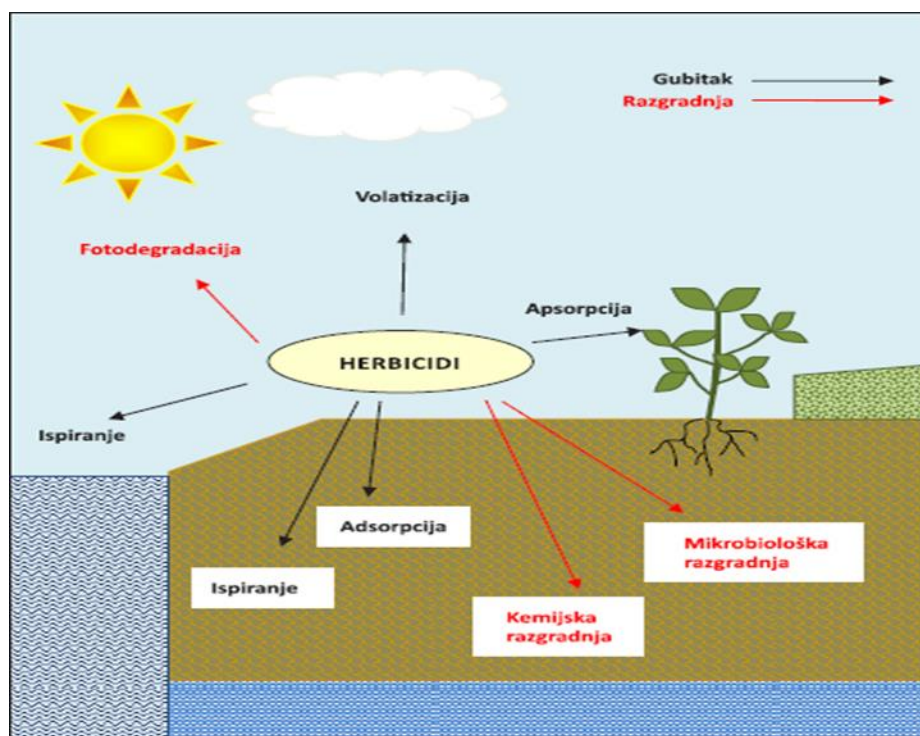
Kronična izloženost pesticidima također predstavlja ozbiljan zdravstveni problem. Dugotrajna izloženost niskim dozama pesticida povezana je s različitim zdravstvenim problemima, uključujući neurološke poremećaje, rak, hormonalne disbalans te oštećenja jetre i bubrega. Djeca su posebno osjetljiva na štetne učinke pesticida zbog njihove manje tjelesne mase i još uvijek razvijajućih organa i sustava. Prenatalna izloženost pesticidima može dovesti do razvojnih poremećaja, neuroloških problema te povećanog rizika od alergija i respiratornih bolesti kasnije u životu.

## **6. RAZGRADNJA PESTICIDA**

Pesticidi mogu biti podložni kemijskim reakcijama, kao što su hidroliza (reakcija s vodom), fotoliza (reakcija sa svjetlom) i oksidacija (reakcija s kisikom). Ove reakcije često dovode do razgradnje pesticida u manje toksične ili neaktivne spojeve. Što se tiče biološke razgradnje, mikroorganizmi poput bakterija, gljivica i algi, igraju ključnu ulogu u ovoj vrsti razgradnje. Oni mogu koristiti pesticide kao izvor hrane ili razgraditi pesticide kao dio svog metabolizma. Biološka razgradnja često rezultira razgradnjom pesticida u jednostavnije i manje toksične spojeve.

Fizikalni procesi poput erozije, isparavanja i filtracije također mogu doprinijeti razgradnji pesticida. Npr. isparavanje može ukloniti pesticide iz tla ili vode, dok ih erozija može premjestiti na druga područja gdje mogu podlijegati drugim procesima razgradnje. Također, pesticidi se mogu adsorbirati na čestice tla, što može usporiti ili ubrzati njihovu razgradnju. Desorpcija, proces u kojem se pesticidi otpuštaju iz tla, može rezultirati ponovnim dostupnostima pesticida za biološku ili kemijsku razgradnju. Mogu se vezati za organske tvari u tlu ili u vodi, poput humusa ili algi, ove reakcije mogu utjecati na brzinu i put razgradnje pesticida (Sl.10.) [15].

Važno je napomenuti da razgradnja pesticida ovisi o mnogim čimbenicima, uključujući vrstu pesticida, svojstva tla ili vode, prisutnost organizama, uvjete okoliša i primjenu pesticida. Dok se neki pesticidi mogu brzo razgraditi, drugi mogu ostati u okolišu dulje vrijeme, što može rezultirati akumulacijom i potencijalnim ekološkim rizicima. Stoga je važno provoditi istraživanja o razgradnji pesticida kako bi se razumjeli njihovi utjecaji na okoliš i ljudsko zdravlje [15].



Slika 10. Razgradnja pesticida [15].

## 7. ZAKLJUČAK

Pesticidi su neizostavan alat u poljoprivredi i kontroli štetnih utjecaja, ali njihova uporaba može imati značajan utjecaj na okoliš i ljudsko zdravlje. Iako su mnogi pesticidi proizvedeni da budu selektivni i djelotvorni u suzbijanju ciljanih štetnika, njihova široka primjena može rezultirati negativnim posljedicama. Utjecaj pesticida na okoliš uključuju kontaminaciju tla, vode, zraka i ekosustava. Pesticidi mogu imati toksične učinke na neciljane organizme, uključujući ptice, ribe, kukce i druge korisne organizme. Akumulacija pesticida u okolišu može dugoročno ugroziti stabilnost ekosustava i održivost prirodnih resursa.

Što se tiče ljudskog zdravlja, izloženost pesticidima može dovesti do različitih zdravstvenih problema, uključujući akutna trovanja, kronične bolesti i neurološke poremećaje. Posebno su osjetljive skupine poput trudnica, djece i starijih osoba. Važno je naglasiti da je svaka vrsta pesticida jedinstvena i može imati specifične utjecaje na okoliš i zdravlje ljudi.

Stoga je važno provoditi detaljna istraživanja i procjene rizika za svaki pesticid kako bi se razumjeli njegovi potencijalni učinci te primjenjivati stroge propise i prakse upravljanja pesticidima kako bi se smanjili njihovi negativni učinci na okoliš.

## 8. LITERATURA

1. Carvalho, P.F.: Pesticides, environment and food safety, Food and Energy Security (2017) 48-60.
2. Jurak, G. Med i pčele kao bioindikator i zagađenja okoliša pesticidima u Varaždinskoj županiji, Doktorska disertacija, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku (2014). <http://zpio.unios.hr/wp-content/uploads/radovi/dokt.disert/gordana.jurak.pdf>, pristupljeno 2.3.2024.
3. Krajcar, D.: Dezinfekcija, dezinskcija, deratizacija, Zavod za javno zdravstvo grada Zagreba, Zagreb (2001), ISBN 953-97699-2-2. 76 – 89., pristupljeno 5.3.2024.
4. Kim K. H., Kabir E., Jahan S. A. Exposure to pesticides and the associated human health effects. Sci. Total Environ. 2017. 575, pp. 525–535.
5. Arias-Estévez M., López-Periago E., Martínez-Carballo E., Simal-Gándara J., Mejuto C. J., García-Río L. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. Agric. Ecosyst. Environ.. 2008. 123(4), pp. 247–260
6. Želježić, D., Perković P.: Uporaba pesticida i postojeće pravne odredbe za njezinu regulaciju, Sigurnost, 53 (2011) 141-150.
7. Bokulić, A., Budinščak, Ž., Čelig, D., Dezdek, B., Hamel, D., Ivić, M., Novak, A., Mrnjavčić Vojvoda, N., Nikl, N., Novak, V., Novaković, Z., Pavunić Miljanović, G., Peček, I., Poje, I., Prpić, T., Rehak, M., Ševar, M., Šimala, R., Turk:" Priručnik za sigurno rukovanje i primjenu sredstava za zaštitu bilja", Ministarstvo poljoprivrede, Zagreb (2015.), ISBN 978-953-6718-19-1
8. Clearwater, R. L., T., Martin T., Hoppe, T. (2016) „Environmental sustainability of Canadian agriculture: Agri-environmental indicator report series – Report #4”, kanadsko ministarstvo poljoprivrede i poljoprivredno-prehrambenih proizvoda, Ottawa, str. 155. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/pesticides-5-2020/hr/> pristupljeno 15.3.2024.

9. National Library Of Medicine, National Center for Biotechnology Information, Sep 3 2021; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8434383/> pristupljeno 15.3.2024.
10. National Library Of Medicine, National Center for Biotechnology Information, Molecular Targets of Herbicides and Fungicides- Are There Useful Overlaps for Fungicide Discovery? Dec 15, 2023, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10755756/> pristupljeno 20.3.2024.
11. National Library Of Medicine, National Center for Biotechnology Information, Pesticides: Behavior in Agricultural Soil and Plants, Sep 3 2021; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8434383/> pristupljeno 6.4.2024.
12. National Library Of Medicine, National Center for Biotechnology Information, Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment, Jan 27.,2021; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7908628/> pristupljeno 7.4.2024.
13. Šarkanj B., Kipčić D., Vasić-Rački Đ., Delaš F., Galić K., Katalenić M., Dimitrov, N., Klapac T., *Kemijske i fizikalne opasnosti u hrani*, Osijek (2014).
14. Pavlinić- Prokurica, A.: *Ostatci pesticida u hrani-opasnosti i rizici*, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu [https://www.hapih.hr/wp-content/uploads/2019/11/Pavlini%C4%87-Prokurica\\_Ostaci-pesticida-u-hrani-%E2%80%93-opasnosti-i-rizici](https://www.hapih.hr/wp-content/uploads/2019/11/Pavlini%C4%87-Prokurica_Ostaci-pesticida-u-hrani-%E2%80%93-opasnosti-i-rizici) pristupljeno 8.4.2024.
15. Baličević R., Ravlić, M., 2014, *Herbicidi u zaštiti bilja*, Poljoprivredni fakultet, Osijek, str. 29-30; 43

## 9. POPIS PRILOGA

### 9.1. Popis slika

<b>Slika 1.</b> Vrste pesticida [Vlastita izrada].....	3
<b>Slika 2.</b> Lisne uši .....	9
<b>Slika 3.</b> Insekticid .....	9
<b>Slika 4.</b> Botrytis .....	11
<b>Slika 5.</b> Fungicid.....	11
<b>Slika 6.</b> Tretiranje korova herbicidom .....	13
<b>Slika 7.</b> Herbicid.....	13
<b>Slika 8.</b> Negativan utjecaj pesticida na okoliš [8].....	16
<b>Slika 9.</b> Shematski prikaz provedbe Nacionalnog programa praćenja ostataka pesticida u hrani [14]. .....	24
<b>Slika 10.</b> Razgradnja pesticida [15]......	26

## 9.2. Popis tablica

<b>Tablica 1.</b> Podjela pesticida prema djelovanju na pojedine organizme [3].....	5
<b>Tablica 2.</b> Klasifikacija pesticida prema kemijskom sastavu [4]. .....	7
<b>Tablica 3.</b> Klasifikacija pesticida prema toksičnosti [4].....	7
<b>Tablica 4.</b> Klasifikacija pesticida prema načinu formulacije [4].....	8
<b>Tablica 5.</b> Čimbenici koji utječu na postojanost pesticida u tlu [5].....	18
<b>Tablica 6.</b> Najčešći načini ulaska pesticida u ljudski organizam [4]. .....	23