

КОРИШЋЕЊЕ ПЕСТИЦИДА У БИЉНОЈ ПРОИЗВОДЊИ  
И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

---

---

SCIENTIFIC MEETINGS

Book CLXXXI

DEPARTMENT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL SCIENCES

Book 16

---

---

# USE OF PESTICIDES IN PLANT PRODUCTION AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Accepted at the VIII meeting of the Department of Chemical and Biological Sciences  
on February 22, 2019

Editors

Academicians

DRAGAN ŠKORIĆ

MARKO ANĐELKOVIĆ

BELGRADE 2019

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

---

---

НАУЧНИ СКУПОВИ

Књига CLXXXI

ОДЕЉЕЊЕ ХЕМИЈСКИХ И БИОЛОШКИХ НАУКА

Књига 16

---

---

# КОРИШЋЕЊЕ ПЕСТИЦИДА У БИЉНОЈ ПРОИЗВОДЊИ И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Примљено на VIII скупу Одељења хемијских и биолошких наука  
од 22. фебруара 2019. године

Уредници  
академици

ДРАГАН ШКОРИЋ  
МАРКО АНЂЕЛКОВИЋ

БЕОГРАД 2019

Издаје  
*Српска академија наука и уметности*  
Кнеза Михаила 35, Београд

Технички уредник  
*Никола Сивановић*

Лектор и коректор  
*Тања Рончевић*

Превод резимеа  
*Ауџори*

Тираж 500 примерака

Штампа  
*Планета ѝриниј, Београд*

© Српска академија наука и уметности 2019

ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР  
академик Драган Шкорић, председник  
академик Марко Анђелковић  
академик Драган Мицић  
проф. др Драгана Божић  
др Горан Малица  
Вера Батина, секретар

САДРЖАЈ  
CONTENTS

|  |     |
|--|-----|
| ПРЕДГОВОР .....  | 9   |
| Васкрсија Јањић<br>ИСТОРИЈАТ И ЗНАЧАЈ ПРИМЕНЕ ПЕСТИЦИДА<br>У БИЉНОЈ ПРОИЗВОДЊИ .....   | 11  |
| Vaskrsija Janjić<br>HISTORY AND IMPORTANCE OF PESTICIDE APPLICATION<br>IN THE PLANT PRODUCTION .....   | 32  |
| Мирјана Лалошевић, Жељко Миловац, Горан Малица, Весна Жупунски,<br>Стеван Маширевић, Радивоје Јевтић<br>ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У РАТАРСТВУ .....  | 33  |
| Mirjana Lalošević, Željko Milovac, Goran Malidža, Vesna Župunski,<br>Stevan Maširević, Radivoje Jevtić<br>PESTICIDE USE IN FIELD CROPS ..... | 51  |
| Емил Рекановић, Милош Степановић,<br>Светлана Милијашевић Марчић, Ивана Поточник<br>ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ПОВРТАРСТВУ .....                    | 53  |
| Emil Rekanović, Miloš Stepanović, Svetlana Milijašević Marčić, Ivana Potočnik<br>PESTICIDE APPLICATION IN VEGETABLE PRODUCTION .....         | 69  |
| Новица М. Милетић<br>ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ВОЂАРСТВУ .....   | 71  |
| Novica M. Miletić<br>APPLICATION OF PESTICIDES IN FRUIT GROWING .....  | 83  |
| Мара Табаковић-Тошић<br>ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ШУМАРСТВУ .....  | 85  |
| Mara Tabaković-Tošić<br>THE APPLICATION OF PESTICIDES IN FORESTRY .....  | 96  |
| Петар Кљајић, Горан Андрић, Маријана Пражић Голић<br>ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ЗАШТИТИ УСКЛАДИШТЕНИХ ПРОИЗВОДА .....                               | 99  |
| Petar Kljajić, Goran Andrić, Marijana Pražić Golić<br>APPLICATION OF PESTICIDES IN STORED PRODUCT PROTECTION .....                           | 118 |

|  |     |
|--|-----|
| Алекса Обрадовић<br>ИНТЕГРАЛНА ЗАШТИТА БИЉА<br>– ПРЕДУСЛОВ ОДРЖИВЕ ПРОИЗВОДЊЕ .....                  | 119 |
| Aleksa Obradović<br>INTEGRATED PLANT PROTECTION<br>– A PRECONDITION FOR SUSTAINABLE PRODUCTION ..... | 130 |
| Александар Седлар<br>УРЕЂАЈИ ЗА ПРИМЕНУ ПЕСТИЦИДА .....  | 131 |
| Aleksandar Sedlar<br>CONDITIONING PESTICIDE APPLICATION .....  | 145 |
| Ивана Теодоровић<br>УТИЦАЈ ПЕСТИЦИДА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ .....  | 147 |
| Ivana Teodorović<br>ENVIRONMENTAL IMPACT OF PESTICIDES .....   | 160 |
| Горан Малица, Васкрсија Јањић<br>РЕЗИСТЕНТНОСТ КОРОВА НА ХЕРБИЦИДЕ .....                             | 161 |
| Goran Malidža, Vaskrsija Janjić<br>HERBICIDE-RESISTANT WEEDS .....                                   | 180 |
| Милан Стевић<br>РЕЗИСТЕНТНОСТ ГЉИВА НА ФУНГИЦИДЕ .....   | 181 |
| Milan Stević<br>FUNGICIDE RESISTANCE .....   | 195 |
| Дејан Марчић<br>РЕЗИСТЕНТНОСТ АРТРОПОДА НА ИНСЕКТИЦИДЕ И АКАРИЦИДЕ .....                             | 197 |
| Dejan Marčić<br>ARTHROPOD RESISTANCE TO INSECTICIDES AND ACARICIDES .....                            | 214 |
| Петар Булат, Стефан Мандић-Рајчевић<br>ЗДРАВСТВЕНИ РИЗИЦИ УСЛЕД ПРИМЕНЕ ПЕСТИЦИДА .....              | 217 |
| Petar Bulat, Stefan Mandić-Rajčević<br>HEALTH RISKS OF PESTICIDE USE .....                           | 226 |
| Драгица Бркић, Нешко Нешкович<br>ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА У ОБЛАСТИ СРЕДСТАВА<br>ЗА ЗАШТИТУ БИЉА .....    | 229 |
| Dragica Brkić, Neško Nešković<br>LEGISLATION ON PLANT PROTECTION PRODUCTS .....                      | 251 |

|   |     |
|---|-----|
| Мирослав Ивановић<br>ПОСТУПАЊЕ СА АМБАЛАЖНИМ ОТПАДОМ<br>ОД СРЕДСТАВА ЗА ЗАШТИТУ БИЉА .....  | 253 |
| Miroslav Ivanović<br>MANAGEMENT OF EMPTY CROP PROTECTION PRODUCT<br>CONTAINERS .....  | 267 |
| Горан Алексић, Мира Старовић, Светлана Живковић, Слободан Кузмановић<br>ЗНАЧАЈ ПРОГНОЗНО-ИЗВЕШТАЈНЕ СЛУЖБЕ<br>У СУЗБИЈАЊУ ШТЕТНИХ ОРГАНИЗАМА У ПОЉОПРИВРЕДИ .....                   | 269 |
| Goran Aleksić, Mira Starović, Svetlana Živković, Slobodan Kuzmanović<br>THE IMPORTANCE OF THE DISEASES FORECASTING SERVICE<br>IN THE HARMFUL ORGANISMS CONTROL IN AGRICULTURE ..... | 285 |
| ИЗВОДИ ИЗ ДИСКУСИЈЕ .....   | 287 |
| ЗАКЉУЧЦИ .....  | 289 |
| КОМЕНТАР .....  | 295 |



## ПРЕДГОВОР

Актуелност проблематике развоја пољопривреде, као једног од стратешких праваца привредног развоја Србије, чији је саставни део и биљна производња, па тиме и употреба пестицида, уз недвосмислена опредељења за очување и унапређење природне средине и очување биодиверзитета, представљали су основни мотив да Академијски одбор за село и Академијски одбор „Човек и животна средина“ Српске академије наука и уметности организују 13–14. новембра 2018. године у Свечаној сали САНУ научно-стручни скуп под називом: „Коришћење пестицида у биљној производњи и заштита животне средине“.

Јавно мњење, здравствене организације и организације за заштиту животне средине, и у свету и код нас, већ дуго времена забрињава интензивна примена пестицида због њиховог утицаја на здравље људи (акутна и хронична токсичност, генотоксичност, мутагеност, оштећења нервног и имуног система), утицаја на животну средину (контаминација воде, земљишта и хране токсичним резидуима) и ефеката на биодиверзитет. Та забринутост расте са објективним спознавањем комплексности и мултидимензионалности проблематике везане за примену пестицида и заштите средине у најширем значењу те речи, као и здравља људи. Развијају се нове стратегије заштите биља, као што су истраживања у области биолошке контроле у ужем смислу, откривање и синтеза нових селективних и еколошки прихватљивих пестицида и генетичко инжињерство, а у домену заштите животне средине поставља се концептуални оквир, развоја методологија и моделовање у еколошкој процени ризика од пестицида.

Циљ овог скупа био је да обезбеди плодотворну размену компетентних мишљења о свим релеватним проблемима у оквиру тематике скупа, где је пружена прилика једном делу стручњака из одговарајућих дисциплина да изнесу своје респектабилно знање и искуства и предложе могуће правце развоја и решења актуелних проблема из ове области.

Током дводневног рада скупа саопштено је 16 научно-стручних радова. Комплексно су обрађени пестициди и њихово коришћење у позитивном смислу, као и дилеме и негативности које проузрокују за човека, биљке и животну средину, односно екосистем.

Скуп је почео детаљним историјским прегледом и значајем примене пестицида у биљној производњи; потом је детерминисана примена пестицида у ратарству, повртарству, воћарству и шумарству, а проблематика заштите ускладиштених производа је темељно обрађена, са акцентом на интегралној заштити биља, као предуслову одрживе производње. Значајан простор посвећен је уређајима за примену пестицида. Прецизно и методично је обрађена тема утицаја пестицида на животну средину, истакавши значај резистентности појединих корова на пестициде, резистентност гљива на фунгициде и резистентност артропода на инсектициде и акарициде. Значајан простор посвећен је здравственим ризицима по човека због погрешне примене пестицида. Изложена је и коментарисана законска регулатива у области заштите биља. Посебно је обрађена тема поступања са амбалажом средстава за заштиту биља.

На основу изложених реферата и публикованих радова евидентна је чињеница да наша земља поседује веома квалитетан научни и стручни кадар, способан да са успехом целовито решава проблематику везану за коришћење пестицида. Анализирајући све приказане радове, констатујемо да аутори успешно прате промене у производњи и примени пестицида, као и увођење пестицида са новим формулацијама који безбедније обезбеђују њихову примену у заштити људи, биљака, животиња и животне средине у целини.

Целовитим сагледавањем изнете проблематике, уз услов да се све предложено адекватно примени у пракси, у практичном коришћењу пестицида не би требало да буде већих проблема. Ово изискује перманентну обуку наших произвођача, посебно у области примене нових пестицида. Стога је важно да Зборник радова са овог скупа буде, директно или индиректно (преко стручњака), доступан сваком произвођачу. У овом трансферу знања посебно место припада стручњацима у пољопривредно-стручним службама, што уједно претпоставља њихову перманентну едукованост и информисаност о свим новинама у овој области.

Користимо ову прилику да се посебно захвалимо ауторима, учесницима скупа, на квалитетним радовима, а посебно на илустративним и сугестивним презентацијама и припремљеним радовима за публикавање, чиме су омогућили да се успешно реализује циљ овог скупа – указивање на општа кретања у области пестицида и њихове адекватне и безбедне примене.

Академик Драган Шкорић,  
председник Академијског одбора за село САНУ

Академик Марко Анђелковић,  
председник Академијског одбора „Човек и животна средина“ САНУ

# УТИЦАЈ ПЕСТИЦИДА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

ИВАНА ТЕОДОРОВИЋ\*

С а ж е т а к. – Поред нестанка природних станишта, хемијски стрес представља један од разлога константног смањења диверзитета и бројности популација врста различитих група организама. Регулаторно декларисан општи циљ заштите налаже да примена пестицида не сме имати неприхватљиве ефекте на животну средину, односно на нециљне врсте (и њихово уобичајено понашање), биодиверзитет и екосистеме. Због немогућности остварења постављених циљева, неопходне су корените промене у процедурама и пракси процене и управљања ризиком од пестицида. Рад ће приказати концептуални оквир, водеће принципе и трендове у даљем развоју еколошке процене ризика (ЕРА) од пестицида. Посебна пажња је посвећена а) Основним поставкама и начелима степенасте (хијерархијске) ЕРА; б) Развоју посебних циљева заштите од пестицида (заснованих на концепту очувања екосистемских функција и услуга); ц) Проширењу оквира ЕРА на раније незаступљене или слабо заступљене специфичне делове животне средине, групе нециљних организама и њихове екосистемске функције / услуге (нпр. седимент, водоземци, гмизаваци, више биљке, опрашивање) и д) Развоју методологије и афирмације ЕРА на вишим нивоима биолошке организације (у односу на досадашњи доминантни ниво индивидуе) увођењем различитих типова моделовања у више степене ЕРА (токсикодинамичко/токсикокинетичко, популационо и моделовање на нивоу ланаца исхране), а у циљу повећања еколошке и екосистемске релевантности ЕРА.

*Кључне речи:* еколошка процена ризика, нециљне врсте, посебни циљеви заштите, екосистемске функције и услуге

## 1. ОПШТИ И ПОСЕБНИ ЦИЉЕВИ ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ ОД ПЕСТИЦИДА

Сви прописи у области регулисаних хемикалија постављају стриктне критеријуме за одобравање промета и примене хемикалија, који уједно представљају и опште циљеве заштите – ГПГ (енгл. General Protection Goal, GPG) од њиховог штетног деловања. Уредбом 1107/2009 [1] дефинисано је, између осталог, да средство за заштиту биља, након примене у складу са добром пољопривредном праксом и у реалним условима коришћења, не сме довести до неприхватљивих ефеката на животну средину, односно нециљне врсте (и њихово уобичајено понашање), биодиверзитет и природне екосистеме. Појам

---

\* Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет,  
ivana.teodorovic@dbe.uns.ac.rs

животна средина обухвата воде (подземне, површинске, прелазне, обалне и морске), седимент, земљиште, ваздух, дивље врсте фауне и флоре и све њихове међусобне односе [1]. Појам биодиверзитет дефинисан је као разноликост свих живих бића, из свих делова животне средине (копнених, морских и осталих водених екосистема) и еколошких комплекса, којих су жива бића саставни део, а разноликост обухвата интраспецијску (разноликост гена), интерспецијску (разноликост врста) и екосистемску разноликост [1].

Поред нестанка и фрагментације природних станишта, хемијски стрес и даље представља један од узрока константног смањења диверзитета и бројности популација врста различитих група организама. Последњих неколико деценија забрињава пад диверзитета међу бескичмењацима, посебно нециљним зглаварима [2]. Пад бројности популација медоносне пчеле, дивљих врста пчела и бумбара угрожава велики број екосистемских функција и услуга, пре свих опрашивање. Показало се да одређени инсектициди (посебно из групе неоникотиноида) у условима симултаног деловања већег броја различитих стресора у великој мери доприносе овом тренду [3]. Нажалост, пад диверзитета и бројности популација констатован је и код свих група кичмењака. За разлику од друге половине прошлог века, када је масовно коришћење органохлорних, органофосфорних и карбаматних пестицида (инсектицида) угрожавало популације великог броја врста птица, током последњих деценија водоземци и гмизавци су најугроженије групе кичмењака [4]. Због нестанка природних станишта, водоземци и гмизавци често алтернативна станишта проналазе на пољопривредним површинама. Неки пестициди, већ при дозвољеним начинима и количинама примене, код водоземаца и гмизаваца могу изазвати леталне и низ сублеталних ефеката (као што су генотоксични, имуносупресивни, тератогени, ефекти на ендокрини систем, репродукцију, понашање) [5].

Процедуре превентивне процене ризика од хемикалија развијене и примењиване у контексту раније важећих прописа, не могу на адекватан начин одговорити на веома широко постављене опште циљеве заштите од штетног деловања хемикалија. Након што је Уредба 1107/2009 [1] заменила претходно важећу Директиву 91/414 [6], било је неопходно увести корените промене у процедуре и праксу превентивне процене и управљања ризиком од пестицида. Важан предуслов за остваривање општег циља заштите јесте јасно и прецизно дефинисање посебних циљева заштите – СПГ (енгл. Specific Protection Goal, SPG). Панел за средства за заштиту биља и њихове остатке (ППР Панел) Европске агенције за безбедност хране (ЕФСА) предложио је концептуални оквир за постављање СПГ у процени ризика од пестицида [7] на ком су заснована сва касније усвојена мишљења ЕФСА и ЕФСА ППР Панела [2, 3, 5, 8, 9, 10, 11] и ревидирани водичи за процену ризика [12, 13] у контексту Уредбе 1107/2009 [1]. Предложени концептуални оквир за постављање СПГ обухвата: основне групе (таксономске и функционалне) органи-

зама које треба заштитити, нивое биолошке организације сваке групе организама која се штити (ентитети), карактеристике, односно функције, сваке групе организама која се штити (атрибути), као и размере прихватљивог ефекта на одабране ентитете и/или атрибуте (у просторно-временској скали) који не утичу на остваривање ГПП, уз високи степен поузданости (табела 1).

Табела 1. Кључне групе организама и елементи за постављање посебних циљева заштите (СПГ), према [7]

| <b>Кључне групе организама</b>   |  |
|--|--|
| <b>Микроорганизми</b>  |  |
| Алге   |  |
| <b>Нециљне васкуларне биљке</b> (водене и копнене)   |  |
| <b>Водени бекичмењаци</b>  |  |
| <b>Копнени нециљни зглавкари</b> (овде припада и медоносна пчела)  |  |
| <b>Копнени бескичмењаци</b> (осим зглавкара) (овде припадају и кишне глисте)   |  |
| <b>Кичмењаци</b> (рибе, водоземци, гмизавци, птице и сисари)   |  |
| <b>Елементи</b>  | <b>Могућности</b>  |
| <b>Ентитет:</b><br>ниво биолошке организације<br>кључних група организама  | Јединка – (мета) популација – функционална група – екосистем   |
| <b>Атрибут (карактеристика)</b><br>ентитета која се штити  | Понашање – преживљавање / раст<br>– абунданца / биомаса – процес –<br>биодиверзитет  |
| <b>Ниво ефекта</b><br>који се сматра прихватљивим  | Занемарљив – благ – умерен – јак   |
| <b>Временска димензија:</b><br>дужина трајања, фреквенца и<br>интервали између поновљеног<br>(прихватљивог) ефекта   | Дани – седмице – месеци – сезоне – година  |
| <b>Просторна димензија:</b><br>простор (или удаљеност од места<br>примене пестицида) на коме је<br>дозвољен прихватљив ниво ефекат<br>током дозвољеног трајања | Унутар агроекосистема – рубна подручја –<br>близина агроекосистема – сливно подручје<br>/ шире подручје изван агроекосистема |
| <b>Поузданост процене</b>  | Ниска – средња – <b>висока</b><br>(регулаторни захтев)   |

Дефиниција ГПГ [1] имплицира заштиту свих врста организама, на свим типовима станишта, у сваком тренутку. Међутим, у контексту процене ризика и управљања ризиком од пестицида у агроекосистемима, неопходно је одражавати равнотежу између пољопривредне производње и заштите биодиверзитета, уз прихватање чињенице да није могуће укупни биодиверзитет заштитити свуда и увек. Због тога је уместо директне заштите (хипотетичног) биодиверзитета, као оптималан концепт предложена заштита екосистемских услуга, преко заштите и очувања кључних екосистемских функција [7]. Екосистемским услугама сматрају се све добробити које човечанство има од различитих екосистемских функција, а деле се у четири групе [14]:

1. услуге које обезбеђују сировине (храну, грађу, воду, генетске ресурсе, и сл.);
2. регулационе услуге (опрашивање, регулација вода / ерозије, квалитет ваздуха, пречишћавање вода и сл.);
3. услуге од културног значаја (разноликост, естетске вредности, туризам, рекреација, образовне вредности и сл.) и
4. услуге подршке, које су предуслов за остваривање свих претходно наведених типова услуга (фотосинтеза и примарна продукција, кружење воде и нутријената, и сл.).

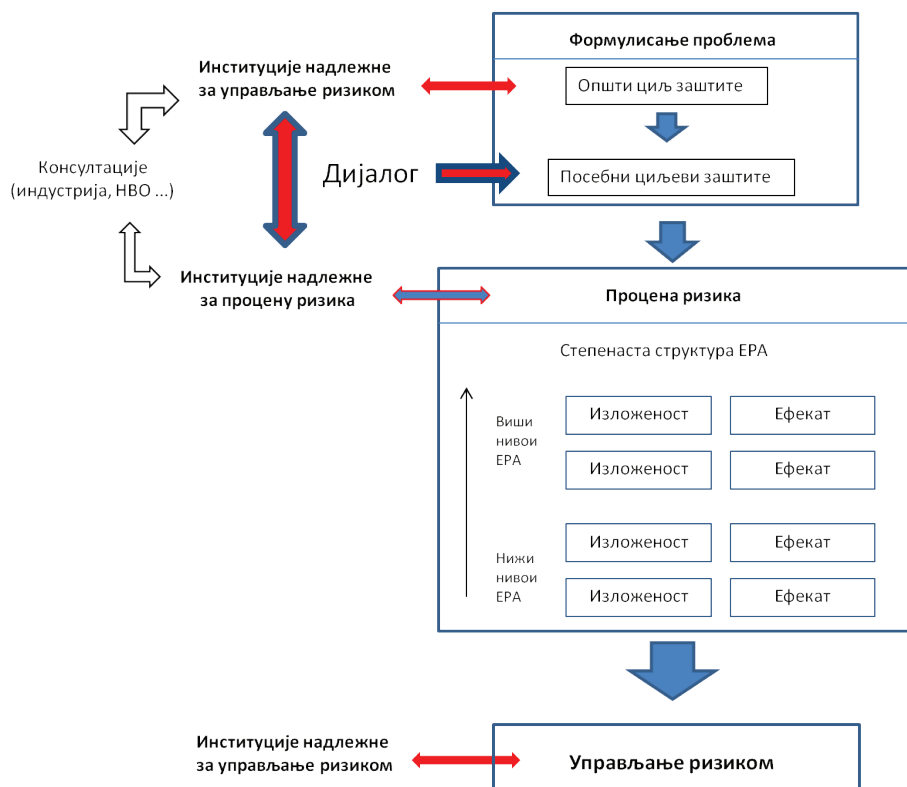
Све екосистемске услуге директно зависе од очувања биодиверзитета у најширем смислу (генски, специјски и екосистемски) па је јасно да концепт очувања екосистемских услуга испуњава ГПГ од средстава за заштиту биља (заштита биодиверзитета).

У агроекосистемима је немогуће истовремено максимизирати све екосистемске услуге увек и свуда, односно, неопходно је очувати равнотежу између пољопривредне производње и очувања свих других екосистемских услуга које могу бити угрожене пољопривредном производњом, а посебно применом средстава за заштиту биља [7]. Решење лежи у а) идентификацији кључних елемената екосистема (репрезентативне врсте или функционалне групе организама) који суштински доприносе очувању најважнијих екосистемских функција и услуга и б) постављању адекватних посебних циљева заштите за сваки од њих. Свака кључна група организама обезбеђује већи број екосистемских услуга. Према предлогу [7] за сваки пар „група организама – кључна екосистемска услуга“ могуће је комбинацијом различитих елемената поставити СПГ. У табели 2 дат је пример предлога СПГ за групу организама „нециљни копнени зглавкари (укључујући и пчеле)“ и екосистемску услугу „опрашивање“.

Табела 2. Пример развоја посебних циљева заштите за нециљне копнене зглавкарце (укључујући и пчеле) и њихову екосистемску услугу опрашивање (према [7, 13])

| <b>Група организама: Нециљни копнени зглавкарци (укључујући и пчеле) -</b>      |   |   |
|---|---|---|
| <b>Кључна екосистемска услуга: опрашивање</b>                                   |   |   |
|   | <b>Дивље врсте пчела, бумбари</b>   | <b>Медоносна пчела</b>  |
| <b>Регулаторни захтев (ГПГ)</b>   | Нису дозвољени неприхватљиви летални и сублетални ефекти (укључујући уобичајено понашање) | Нису дозвољени неприхватљиви летални и сублетални ефекти на колоније (преживљавање и развој); односи се и на ларве и на уобичајено понашање пчела   |
| <b>Посебан циљ заштите (СПГ)</b>  | Само благи ефекти на биодиверзитет, абунданцу и понашање                                  | Није дозвољен значајан ефекат на преживљавање и пашу (укључујући и и пашу на гајеним биљкама)   |
| <b>Ентитет</b>  | Популације  |   |
| <b>Атрибут</b>  | Преживљавање, абунданца, понашање   | Преживљавање, снага пчелињег друштва / број јединки у колонији, понашање  |
| <b>Ниво дозвољеног ефекта</b>   | Занемарљиви до благи ефекти (у зависности од животног циклуса врсте)                      | Занемарљиви до благи ефекти на популације унутар колоније / Није дозвољен значајан ефекат на понашање (паша)<br>Дозвољени пад бројности колоније: 7% [13]   |
| <b>Просторна димензија дозвољеног ефекта</b>                                    | Унутар и изван обрадивих површина   |   |
| <b>Временска димензија (прихватљива дужина трајања дозвољеног нивоа ефекта)</b> | Дани – током цветања гајених биљака / седмице у рубним подручјима                         | Дани – током цветања гајених биљака / седмице, месеци – изван обрадивих површина<br>Повећање морталитета радилица у односу на контролу: 6 дана – фактор 1,5; 3 дана – фактор 2; 2 дана – фактор 3 максимално [13] |

Постављање посебних циљева заштите је први корак (формулисање проблема) у сложеном процесу процене и управљања ризиком (слика 1) и у принципу је у надлежности институција за управљање ризиком, идеално кроз дијалог са институцијама задуженим за процену ризика и консултацијама са заинтересованим институцијама (индустрија, академске институције, невладин сектор итд.). Институције надлежне за управљање ризиком пре свега одлучују о нивоу или размерама прихватљивог ефекта за сваки посебни циљ заштите, у контексту ауторизације, односно регистрације пестицида.



Слика 1. Поједностављени приказ процеса и надлежности у процени и управљању ризиком од пестицида. (прерађено према [7])

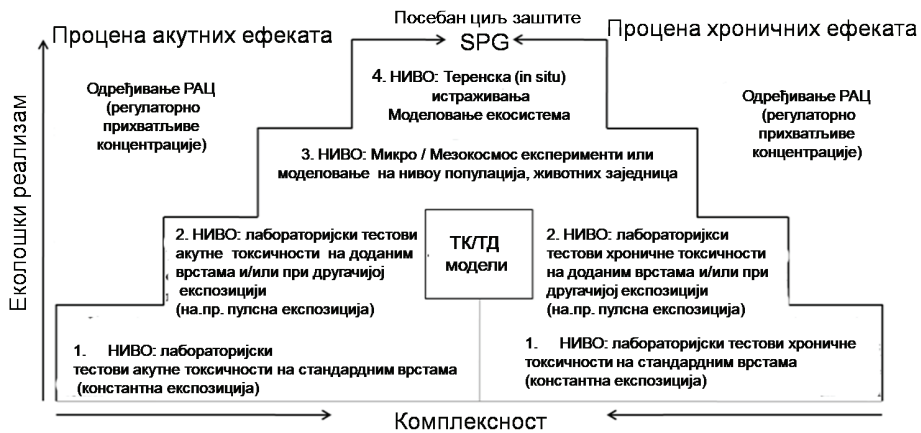
## 2. ОСНОВНА НАЧЕЛА СТЕПЕНАСТЕ (ХИЈЕРАРХИЈСКЕ) ПРОЦЕНЕ РИЗИКА ОД ПЕСТИЦИДА

Превентивна процена ризика један је од основних алата у контроли и одрживој употреби пестицида у циљу превенције неприхватљивог ризика за природне популације нециљних врста и екосистеме. Процена ризика је



процес који обухвата процену ефекта на биолошке системе и процену нивоа њихове изложености у животnoj средини [4].

Хијерархијски приступ представља основу еколошке ЕРА при регистрацији и ауторизацији пестицида. Сваки од хијерархијски постављених нивоа обухвата комплетну процену изложености и ефекта и пружа конкретан резултат у виду очекиване концентрације пестицида у животnoj средини – ПЕЦ (за воду, земљиште, седимент), односно РАЦ– регулаторно прихватљиве концентрације пестицида у животnoj средини, као и оцене прихватљивости ризика за нециљне врсте [12]. Хијерархијски приступ омогућава да се у ЕРА креће од једноставне, конзервативне процене ефекта, а да се наредни, виши нивои, у којима се користе комплексније, сложеније и софистицираније екотоксиколошке методе и модели, примењују за корекцију РАЦ (слика 2), уколико процена на нижим нивоима укаже на неприхватљив ризик за одређене групе организама, односно основне екосистемске функције и услуге [4]. Основни постулат оваквог приступа је да сви нивои процене ризика имају исте ГПГ и СПГ, односно, процена ризика обезбеђује исти степен заштите нециљних организама и екосистемских функција, без обзира на ком нивоу је процена завршена. Наравно, због хијерархијског принципа на коме се базира, нижи нивои процене су конзервативнији од виших, захтевају далеко мање експерименталних напора, али имају нижи ниво екосистемског реализама [12].



Слика 2. Поједностављени приказ хијерархијски организоване процедуре за процену акутних и хроничних ефеката у акватичној средини. Процедура је део процеса процене ризика у површинским водама (само водени стуб) које су у непосредној близини обрадивих површина. (прерађено из [12])

Процес процене ризика за пестициде увек почиње од првог нивоа, условљено обавезним минималним захтевима за доставу релевантних података [15, 16] а то су резултати лабораторијских тестова акутне и хроничне

токсичности на прописаним стандардним врстама. Процес процене ризика од акутних и хроничних ефеката тече паралелно (слика 2). Екстраполација резултата добијених на стандардним биолошким моделима на природне популације нециљних врста или група организама постиже се применом акутних и хроничних корективних фактора (АФ), чије вредности, логично, опадају са порастом нивоа процене ризика услед повећања еколошке релевантности и екосистемског реализма резултата (исхода) процене [4, 12].

### 3. РЕВИЗИЈА ВОДИЧА ЗА ЕКОЛОШКУ ПРОЦЕНУ РИЗИКА ОД ПЕСТИЦИДА

Регулаторно условљен концепт процене ризика годинама трпи озбиљне критике научне и стручне јавности, пре свега због конзервативног приступа који се базирао доминантно на лабораторијским тестовима појединачних супстанци и то на малом броју стандардних врста, према стандардизованим тест протоколима, уз спорадичну примену микро и мезокосмос студија искључиво на вишим нивоима ЕРА [4, 17, 18, 19, 20]. Због бројних недостатака, у последњих десетак година улажу се велики напори у развој методологија и процедура којима би се унело више екосистемског реалитета у ЕРА, чиме би се испунио и главни циљ целог процеса – заштита популација нециљних врста, биодиверзитета и екосистема [4].

#### 3.1. *Регулаторни захтеви као основ за ревизију ЕРА*

Стандардни лабораторијски тестови акутне и хроничне токсичности који су представљали основ за ЕРА [21, 22] у контексту Директиве 91/414 [6] не обезбеђују адекватне податке за одговор на нове регулаторне захтеве. Због тога је проширен обим обавезних података о екотоксиколошким испитивањима у досијеима [15, 16], којим се, између осталог, захтевају подаци не само о ефектима на птице и сисаре, већ и о ефектима на друге копнене кичмењаке (водоземце и гмизавце) као и подаци о сублеталном и ендокрином деловању супстанци на копнене кичмењаке и рибе. Такође, захтевају се подаци о хроничној токсичности за пчеле, ефектима на развој и одређене развојне стадијуме пчела, као и подаци о осталим сублеталним ефектима. Први пут су обухваћене и нециљне терестричне више биљке, као и додатне врсте акватичних макрофита и др. Уколико средство за заштиту биља садржи више активних материја, или активне материје специфичног механизма токсичног деловања, или се укупна токсичност препарата (смеше) не може проценити (једноставним моделима) на основу података о ефектима појединачних конституената (што није редак случај [нпр. 17, 18, 19, 20]) надлежне националне институције могу захтевати и податке о екотоксиколошким ефектима средстава за заштиту биља [16].

### 3.2. *Стајтус и најредак ревизије ЕРА водича*

Ступањем на снагу Уредбе 1107/2009 [1], ЕФСА је од Европске комисије добила мандат да ревидира Водиче за акватичну [21] и терестричну екотоксикологију [22] који су донети још у контексту Директиве 91/414 [6]. Одлучено је да се водичи рашчлане, да се уради веома детаљна научна анализа у форми мишљења за сваку од кључних група нециљних организама или типова екосистема, из којих би проистекли водичи за процену ризика који ће обезбедити помаке ка еколошки релевантнијој и екосистемски реалнијој ЕРА.

Први ревидирани водич у области терестричне екотоксикологије био је водич за процену ризика за птице и сисаре [23]. Упркос одређеним помацима, водич ће у наредном периоду бити поново ревидиран (Хозе Таразона (Jose Tarazona), персонална комуникација) да би се ЕРА и за ове групе организама ускладила са а) предлозима СПГ [7]; б) најновијим прописима [15, 16]; в) новим научним сазнањима, методама и сл.

На захтев Европске комисије (као приоритет) ЕФСА је 2013. год. развила водич за процену ризика од средстава за заштиту биља за пчеле (медоносну пчелу, дивље пчеле и бумбаре) [13] са степенастом (хијерархијском) структуром. Ово је први ревидирани водич за који су усаглашени и прихваћени ЦПГ постављени су у складу са раније развијеном методологијом [7] са акцентом на опрашивање (табела 2) и производњу меда као две најважније екосистемске функције. Водич представља значајан напредак у односу на вишедеценијску праксу, како са аспекта релевантне процене изложености, тако и процене ефекта. Осим леталних, водич обухвата сублеталне (укључујући и понашање), хроничне и кумулативне ефекате (према новим регулаторним захтевима) што се постиже лабораторијским тестовима на различитим животним стадијумима (адулти, ларве), а посебно еколошки релевантнијим семи-теренским и теренским испитивањима, на нивоу популација односно пчелињих друштава.

Осим наведена два водича, у периоду између 2010. и 2018. године, усвојено је више мишљења о тренутном статусу и будућим приоритетним правцима развоја процедура ЕРА од средстава за заштиту биља за нециљне терестричне више биљке [8], нециљне зглаваре [2], организме земљишта [10] и водоземце и гмизавце [5]. Тренутно се припрема мишљење о тренутном статусу процене ризика за следеће мишчеве, јер се показало да због специфичне биологије и екологије, врсте из ове групе нису адекватно обухваћене тренутно важећим водичем за птице и сисаре [Крис Топинг (Chris Topping), персонална комуникација]. Очекује се да ће у наредном периоду на основу наведених мишљења бити развијени водичи за ЕРА од пестицида за све групе организама и типове екосистема.

Што се тиче акватичне ЕРА, одлучено је да се претходни водич [21] такође рашчлани, али не према таксономским групама организама као у случају терестричне ЕРА; него према одељцима акватичних екосистема (органи-

зми воденог стуба и дна), односно специфичним методолошким приступима (моделовање).

Водич за степенасту процену ризика од средстава за заштиту биља за акватичне организме у воденим телима у непосредној близини обрадивих површина [12] развијен је 2013. године и једини је из групе ревидираних водича усвојен од стране Европске комисије (SANTE–2015-00080). Овај водич представља први од три документа којим ће се заокружити ЕРА у акватичној средини. Водич није обухватио процену изложености, јер се сматра да је ФОКУС методологија адекватна (уз тренутну ревизију, Михаел Клајн (Michael Kleine), персонална комуникација). Процедуре развијене у водичу служе за процену ефеката пестицида на акватичне организме који насељавају водени стуб. За одређивање регулаторно прихватљивих концентрација пестицида у акватичној средини, водич развија два приступа – а) праг еколошког ефекта (ЕТО) који је могуће применити на свим нивоима процене и б) еколошки опоравак (ЕРО) на вишим нивоима процене ризика, чиме водич прави озбиљан помак у смислу еколошке релевантности ЕРА. Тестови на стандардним прописаним врстама при константном нивоу експозиције у дефинисаном временском трајању остају обавезни, али хијерархијска структура процене ефекта (слика 2) у вишим нивоима ЕРА нуди значајне помаке у односу на ранију праксу: могуће је користити резултате добијене на нестандартним врстама, резултате тестова у измењеном режиму изложености, користити просечан одговор већег броја врста из исте групе (геомеан приступ), или хазардну фракцију (ХП5) добијену моделовањем дистрибуције осетљивости врста (ССД). Водич отвара могућност да се у ЕРА користе резултати симулација на калибрисаним и валидираним моделима, у складу са добром праксом моделовања [24].

Како је водич обухватио само организме воденог стуба, накнадно је усвојено мишљење о процени ефекта пестицида на организме дна у воденим телима у непосредној близини обрадивих површина [9] које се базира на истим принципима као и водич. Акватична ЕРА је за сада заокружена мишљењем о статусу токсикокинетичко – токсикодинамичких (ТК/ТД) модела за процену ефекта у регулаторно условљеној процени ризика од пестицида за акватичне организме [11].

Водич за идентификацију ендокриних својстава [25] представља велику прекретницу, не само због тога што се односи на један од највећих изазова за очување биодиверзитета данас, а то су ендокрина својства ксеноботика, већ су први пут процене хазарда за људе и нециљне врсте интегрисане у јединствен водич који се односи на две административно раздвојене групе регулисаних хемикалија, биоциде и пестициде.

### *3.2. Развој методологије за еколошки релевантнију процену ризика од пестицида*

Постојећи стандардни тестови (нпр.ФЕТАКС, АМА и ЛАГДА на ембрио-ларвалним стадијумима водоземаца) су веома осетљиви тестови за

детекцију ендокриних ефеката на раст и метаморфозу, али нису довољни за процену хроничне – репродуктивне токсичности. Уважавајући етичка ограничења, постоји оправдана потреба за даљим развојем тестова хроничне токсичности, као и тестова целог животног циклуса кичмењака, посебно водоземаца и гмизаваца, у циљу идентификације и потврде ендокриних својстава пестицида [5, 25]. Неопходан је и даљи развој специфичних биомаркера и *in vitro* есеја у циљу идентификације механизма токсичног деловања пестицида код нециљних група организама, посебно ефеката на ендокрини и репродуктивни систем, јер апикални одговори у стандардним тестовима не могу пружити овакве информације. Биохемијско-физиолошке и омик методе масовно се користе у екотоксикологији, њихов потенцијал је велики, ако су на адекватан начин инкорпорирани у ЕРА за нециљне кичмењаке.

Водич за акватичну ЕРА [12] отворио је пут примени ТКТД модела за процену ефекта пестицида као алтернативи тестовима са стандардним и нестандартним врстама при измењеном режиму излагања. За акватичне екосистеме, у непосредној близини агроекосистема, пулсна изложеност је правило па је поставка стандардних тестова при константним концентрацијама пестицида сасвим далеко од реалности. Од свих развијених ТКТД модела, за регулаторне сврхе се препоручују ГУТС (енгл. General Unified Threshold models of Survival, GUTS) за моделовање леталних ефеката код свих акватичних врста животиња и Lemna модел (ефекти на раст, али само за врсте овог рода). У наредном периоду очекује се даљи развој Myriophyllum а посебно ДЕВтокс модела (енгл. Dynamic Energy Budget theory based models, DEBtox) који имају велики потенцијал [11]. Екстраполација резултата лабораторијских тестова на популације и животне заједнице није поуздана, јер у реалним екосистемима стохастичност фактора животне средине, биологија и екологија врста и њихов конзервациони статус утичу једнако, ако не и више од токсиколошке осетљивости на укупан утицај који токсични стрес од пестицида носи. Популациони модел, развијен, калибрисан, валидиран и документован према критеријумима добре праксе моделовања [24] за једну врсту водоземаца [5] представља одличан пример како популациони модели могу бити прилагођеног регулаторним наменама и инкорпорирани у ЕРА. У наредном периоду се очекује даљи развој регулаторно прихватљивих популационих модела за различите врсте, као и модела на нивоима ланаца исхране и екосистемских модела, у којима лежи будућност еколошки релевантне и екосистемски реалистичне процене ризика.

#### Захвалница

*Захваљујем се колеџама из ЕФСА ППР Панела (2015–2018. год.) и радне групе ТКТД на драгоценом искуству и стиченом знању. Захваљујем се Министарству просвете, науке и технолошкој развоја Републике Србије на финансијској подршци са пројекта ОИ 173037 током писања овог рада.*

## РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Regulation No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC. Off J Eur Union L 309:1–50.
- [2] EFSA PPR Panel (EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues) (2015): Scientific Opinion addressing the state of the science on risk assessment of plant protection products for non-target arthropods. EFSA Journal 13(2):3996
- [3] EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues (PPR) (2012): Scientific Opinion on the science behind the development of a risk assessment of Plant Protection Products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. and solitary bees). EFSA Journal 10(5) 2668.
- [4] Teodorović, I., Kaišarević, S. (2015): Ekotoksikologija. Univerzitet U Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za biologiju i ekologiju. Novi Sad.
- [5] EFSA PPR Panel (EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues), Ockleford, C., Adriaanse, P., Berny, P., Brock, T., Duquesne, S., Grilli, S., Hernandez-Jerez, AF., Bennekou, SH., Klein, M., Kuhl, T., Laskowski, R., Machera, K., Pelkonen, O., Pieper, S., Stemmer, M., Sundh, I., Teodorovic, I., Tiktak, A., Topping, CJ., Wolterink, G., Aldrich, A., Berg, C., Ortiz-Santaliestra, M., Weir, S., Streissl, F. and Smith, RH. (2018): Scientific Opinion on the state of the science on pesticide risk assessment for amphibians and reptiles. EFSA Journal 16(2):5125, 301 pp.
- [6] Council Directive 91/414/EEC of 15 July 1991 concerning the placing of plant protection products on the market. OJ L 230, 19.8.1991, p. 1–32.
- [7] EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues (PPR) (2010): Scientific Opinion on the development of specific protection goal options for environmental risk assessment of pesticides, in particular in relation to the revision of the Guidance Documents on Aquatic and Terrestrial Ecotoxicology (SANCO/3268/2001 and SANCO/10329/2002). EFSA Journal 8(10):1821.
- [8] EFSA PPR Panel (EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues) (2014): Scientific Opinion addressing the state of the science on risk assessment of plant protection products for non-target terrestrial plants. EFSA Journal 12(7):3800
- [9] EFSA PPR Panel (EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues) (2015): Scientific Opinion on the effect assessment for pesticides on sediment organisms in edge-of-field surface water. EFSA Journal 13(7):4176.
- [10] EFSA PPR Panel (EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues) (2017): Ockleford, C., Adriaanse, P., Berny, P., Brock, T., Duquesne, S., Grilli, S., Hernandez-Jerez, AF., Bennekou, SH., Klein, M., Kuhl, T., Laskowski, R., Machera, K., Pelkonen, O., Pieper, S., Stemmer, M., Sundh, I., Teodorovic, I., Tiktak, A., Topping, CJ., Wolterink, G., Craig, P., de Jong, F., Manachini, B., Sousa, P., Swarowsky, K., Auteri, D., Arena, M. and Rob, S., (2017): Scientific Opinion addressing the state of the science on risk assessment of plant protection products for in-soil organisms. EFSA Journal 15(2):4690.
- [11] EFSA PPR Panel (EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues) (2018): Ockleford, C., Adriaanse, P., Berny, P., Brock, T., Duquesne, S., Grilli, S., Hernandez-Jerez, AF., Bennekou, SH., Klein, M., Kuhl, T., Laskowski, R., Machera, K., Pelkonen, O., Pieper, S., Smith, RH., Stemmer, M., Sundh, I., Tiktak, A., Top-

- ping, C.J., Wolterink, G., Cedergreen, N., Charles, S., Focks, A., Reed, M., Arena, M., Ippolito, A., Byers, H. and Teodorovic, I., (2018): Scientific Opinion on the state of the art of Toxicokinetic/Toxicodynamic (TKTD) effect models for regulatory risk assessment of pesticides for aquatic organisms. *EFSA Journal* 16(8):5377
- [12] EFSA PPR Panel (European Food Safety Authority Panel on Plant Protection Products and their Residues) (2013): Guidance on tiered risk assessment for plant protection products for aquatic organisms in edge-of-field surface waters. *EFSA Journal* 11(7):3290, 268 pp. doi:10.2903/j.efsa.2013.3290
- [13] European Food Safety Authority (2013) EFSA Guidance Document on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. and solitary bees). *EFSA Journal* 2013;11(7):3295
- [14] Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, 160 pp.
- [15] Commission Regulation (EU) No 283/2013 of 1 March 2013 setting out the data requirements for active substances, in accordance with the Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market. *Off J Eur Union L* 93/1:1–84
- [16] Commission Regulation (EU) No 284/2013 of 1 March 2013 setting out the data requirements for plant protection products, in accordance with the Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market. *Off J Eur Union L* 93/85:1–68
- [17] Teodorović, I., Knežević, V., Tunić, T., Čučak, M., Nikolić-Lečić, J., Leovac, A., Ivančev-Tumbas, I. (2012): *Myriophyllum aquaticum* versus *Lemna minor*: sensitivity and recovery potential after exposure to atrazine. *Environ Toxicol Chem* 31(2):417–426
- [18] Brkić, D., Szakonyne-Pasics, I., Gašić, S., Teodorović, I., Rašković, B., Brkić, N., Nešković, N. (2015): Subacute and subchronic toxicity of Avalon mixture (bentazone+dicamba) to rats. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 39, 1057–1066
- [19] Tunić, T., Knežević, V., Kerkez, Đ., Tubić, A., Šunjka, D., Lazić, S., Brkić, D., Teodorović, I. (2015): Some arguments in favour of a *Myriophyllum aquaticum* growth inhibition test in a water-sediment system as an additional test in risk assessment of herbicides. *Environ Toxicol Chem* 34(9):2104–2115
- [20] Knežević, V., Tunić, T., Gajić, P., Marjan, P., Savić, D., Tenji, D., Teodorović, I. (2016): Getting More Ecologically Relevant Information from Laboratory Tests: Recovery of *Lemna minor* After Exposure to Herbicides and Their Mixtures. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 71(4), 572–588
- [21] Guidance Document on Aquatic Ecotoxicology in the context of the Directive 91/414/EEC (SANCO/3268/2001) rev. 4 final, 17.11.2002, p. 1–62.
- [22] Guidance Document on Terrestrial Ecotoxicology under Council Directive 91/414/EEC (SANCO/10329/2002) rev. 2 final, 17.10.2002, p. 1–39.
- [23] European Food Safety Authority (EFSA) (2009) Guidance Document on Risk Assessment for Birds & Mammals on request from EFSA. *EFSA Journal* 2009; 7(12):1438.
- [24] EFSA PPR Panel (EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues) (2014). Scientific Opinion on good modelling practice in the context of mechanistic effect models for risk assessment of plant protection products. *EFSA Journal* 12(3):3589

- [25] ECHA (European Chemicals Agency) and EFSA (European Food Safety Authority) with the technical support of the Joint Research Centre (JRC), Andersson, N., Arena, M., Auteri, D., Barmaz, S., Grignard, E., Kienzler, A., Lepper, P., Lostia, AM., Munn, S., Parra Morte, JM., Pellizzato, F., Tarazona, J., Terron, A. and Van der Linden, S. (2018): Guidance for the identification of endocrine disruptors in the context of Regulations (EU) No 528/2012 and (EC) No 1107/2009. EFSA Journal 2018;16(6):5311

*Ivana Teodorović*

## ENVIRONMENTAL IMPACT OF PESTICIDES

### S u m m a r y

Besides habitat degradation and fragmentation, chemical stress is one of the main reasons for biodiversity loss and population decline of a number of species. General protection goals (GPG) as stated in the regulation demand that pesticides, upon application consistent with good practice and realistic conditions of use, shall have no unacceptable effects on the environment, non-target species (including their behaviour), biodiversity and ecosystems. Such GPG can not be reached without fundamental changes in risk assessment and management practice. The paper summarizes a) risk and effect assessment conceptual frameworks; b) development of specific protection goals (SPG) based on ecosystem functions and services concept; c) development of effect assessment schemes for previously under-represented environmental compartments (e.g. sediment, amphibians and reptiles, non-target terrestrial plants, pollination) and d) development of testing and non-testing methods (e.g. modelling) which would address emerging risks (e.g. endocrine disruption) at higher levels of biological organisation (in comparison to still dominant individual level) and contribute to more ecologically relevant and environmentally realistic risk assessment.