

NOVA ORODJA ZA OCENJEVANJE VPLIVOV FITOFARMACEVTSKIH SREDSTEV NA OKOLJE

Marjetka SUHADOLC¹, Igor DUBUS²

¹ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja,
Ljubljana

² Footways, ORLEANS, France

IZVLEČEK

Ocenjevanje okoljskih vplivov fitofarmaceutskih sredstev (FFS) se je v zadnjih nekaj letih hitro razvijalo, posebno na področju modeliranja. Zanesljive modele za ocenjevanje usode FFS, ki so rezultat znanstveno raziskovalnega dela, lahko sedaj nadgradimo v orodja, ki so namenjena podpori pri odločanju (*decision-support tools*), na primer kmetom pri izbiri okoljsko ustrežnejšega FFS, v nacionalnih registracijskih postopkih FFS, ter pri izvajanju direktive o vodah in direktive o trajnostni rabi FFS. Projekt FOOTPRINT, ki ga je financirala Evropska komisija v letih 2006-2009, je pomembno prispeval k izboljšavam pri ocenjevanju tveganj onesnaževanja vodnih virov z i) razvojem metodologije, ki se lahko uporablja na vsaki kmetiji ali ozemlju v Evropi; ii) zbiranjem enotnih podatkovnih baz tal in lastnosti FFS; ter, iii) zadrževanjem podatkovnih baz in rezultatov modeliranja usode FFS v samih programskih orodjih. Orodja FOOTPRINT so bila testirana in prilagojena za uporabo tudi v slovenskem prostoru. Orodje FOOT-FS, ki je namenjeno kmetom in kmetijski svetovalni službi je že pripravljeno za uporabo na območju Apaške doline in deluje v slovenskem jeziku.

Ključne besede: fitofarmaceutska sredstva, okolje, FOOTPRINT, ocenjevanje

ABSTRACT

NEW TOOLS TO ASSESS THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF PLANT PROTECTION PRODUCTS

Much progress has been done over the last few years in assessing the environmental fate of plant protection products, in particular with respect to modelling. Reliable pesticide fate models originating from research can now be implemented in decision-support tools, e.g. to support farmers to manage the environmental risks posed by plant protection products once they are used in the field, national registration of plant protection products, and national implementations of the Water Framework Directive and the Directive on the Sustainable Use of Pesticides. The FOOTPRINT project, funded by the European Commission between 2006 and 2009, contributed significantly to improving the assessment of the risks of contamination of water resources by i) developing a methodology which can be deployed for any farm or territory in Europe; ii) compiling databases for soil and pesticide properties; and, iii) encapsulating databases and results of pesticide fate models in software tools. The FOOTPRINT tools have been tested and adapted for the usage also in Slovenia. FOOT-FS tool, developed for farmers and advisory service, is working in slovenian language and is ready to be used in the Apaca Valley, a catchment to the north east of Slovenia.

Key words: plant protection products, environment, FOOTPRINT, assessment

¹ doc. dr., Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana, e-mail: metka.suhadolc@bf.uni-lj.si

² dr., 10 avenue Buffon, 45071 Orleans Cedex 2, France, e-mail: i.dubus@footways.eu

1 UVOD

Onesnaženost vodnih virov s fitofarmaceutskimi sredstvi (FFS) je eden večjih okoljskih problemov v svetovnem merilu. Kljub povečevanju zahtev do FFS v registracijskih postopkih, se ostanki posameznih FFS še vedno pojavljajo v površinskih vodah in podtalnici, tako v EU kot v Sloveniji. Ker se v okolju zaznavajo povečane vsebnosti tudi nekaterih aktivnih snovi, ki po svojih osnovnih lastnostih ne bi smela biti okoljsko problematična, je toliko bolj nujno iskati nove pristope in več pozornosti nameniti obvladovanju oz. nadzoru njihove rabe s stališča možnih usod teh sredstev v konkretnih kmetijsko-okoljskih situacijah. Usoda FFS v okolju namreč ni odvisna le od lastnosti aktivne snovi oz. pripravka, pač pa jo pomembno določajo naravne razmere prostora (tla, hidrologija, pokrajinske značilnosti), podnebne razmere in kmetijske tehnologije. Z dobro kmetijsko prakso, ki upošteva naravne razmere, lahko namreč občutno zmanjšamo nezaželene izgube FFS v okolju, kot sta izpiranje in površinski odtok FFS, ne da bi se značilno zmanjšala količina ter kakovost pridelkov. Pridelavo rastlin si namreč brez uporabe FFS težko predstavljamo zaradi doseganja ekonomskih ciljev in nenazadnje vedno večjih potreb po hrani.

Klasični pristopi z uporabo determinističnih simulacijskih modelov (PELMO, PEARL, MACRO, PRZM, GLEAMS, PESTLA) se zaradi podatkovne, časovne in finančne zahtevnosti v splošnem v praksi ne uporabljajo za rutinske izdelave ocen tveganja rabe FFS za posamezna območja, razen, kadar se odločimo za modeliranje omejenega števila fiksnih ali pa najslabših možnih (*the worst case*) scenarijev. Uporaba omenjenih modelov je nadalje omejena na ozek krog strokovnjakov, ker zahteva zelo specifična znanja in izkušnje. Razvoj računalniških modelov zato poteka v smeri poenostavljanja in zagotavljanja večje splošne uporabnosti, s čim manjšimi napakami rezultata. Razvijajo se t. im. meta-modeli, ki skozi statistično ocenjevanje izločajo nepotrebne, podrobne podatke ter analizirajo približke izhodnih rezultatov.

Ocenjevanje okoljskih vplivov fitofarmaceutskih sredstev se je v zadnjih nekaj letih zelo hitro razvijalo, posebno na področju modeliranja. Projekt FOOTPRINT »Functional tools for pesticide risk assessment and management«, ki ga je financirala Evropska komisija v letih 2006-2009 (www.eu-footprint.org), je pomembno prispeval k izboljšavam pri ocenjevanju tveganj onesnaževanja vodnih virov na naslednje načine:

- (i) z razvojem metodologije, ki se lahko uporablja na vsaki kmetiji ali ozemlju v Evropi;
- (ii) z zbiranjem enotnih podatkovnih baz tal in lastnosti FFS na nivoju EU;
- (iii) z vgrajevanjem podatkovnih baz in rezultatov modeliranja usode FFS v sama programska orodja (modeliranje v naprej).

Metodologija FOOTPRINT se razvija tudi po sklepu EU projekta v letu 2009 in sicer s pomočjo nacionalnih projektov. V Sloveniji smo s CRP projektom V3-0548 lahko pri nadaljnjem razvoju orodij FOOTPRINT aktivno sodelovali še naprej, orodja testirali in prilagajali uporabi v specifičnih kmetijsko-okoljskih scenarijih RS, ter hkrati prenašali nova znanja v slovenski prostor.

2 ZASNOVA IN PREDNOSTI FOOTPRINTOVIIH ORODIJ

Računalniška orodja FOOTPRINT so zasnovana na zanesljivih in znanstveno preverjenih modelih za ocenjevanje usode FFS, ki so nadgrajeni v "decision-suport" orodja z namenom enostavnejše podpore pri upravljanju okoljskih tveganj uporabe FFS, kot tudi pri odločanju v registracijskih postopkih.

Nova orodja so namenjena trem različnim končnim skupinam uporabnikov:

- (i) kmetom in svetovalni službi na ravni kmetije (FOOT-FS),
- (ii) upravljalcem voda na ravni vodozbirnih območij (FOOT-CRS),
- (iii) ustvarjalcem politik na državni in/ali EU ravni (FOOT-NES).

Orodja omogočajo:

- (i) identifikacijo glavnih poti in virov onesnaženja s FFS v pokrajini;
- (ii) ocenjevanje vsebnosti FFS v podtalnici in površinskih vodah;
- (iii) ocenjevanje učinkovitosti potencialnih omilitvenih ukrepov za zmanjševanje onesnaženja s FFS.

Računalniška orodja FOOTPRINT za ocenjevanje izpiranja FFS v podtalnico uporabljajo najnovejšo verzijo modela MACRO, ki upošteva tudi preferenčni tok vode skozi makropore (Jarvis, 2007). Za ocenjevanje površinskega odtoka in erozije se znotraj FOOTPRINTA uporablja model PRZM, ki ga je razvila USEPA. Pomembna inovativnost pristopa FOOTPRINT je upoštevanje širokega spektra možnih kombinacij (kmetijsko-okoljskih scenarijev) in izračunavanje (modeliranje) v naprej, ki na ta način omogoča končnemu uporabniku hitro pot do rezultata (v nekaj minutah, namesto v nekaj urah ali dneh). Rezultat številnih simulacij z izbranim modelom je velika baza podatkov (*look-up table*), ki se uporablja za iskanje v naprej izračunanih rezultatov modela na podlagi različnih vhodnih podatkov. Torej, v principu podatkovna mreža, vgrajena v uporabniku prijazno orodje (program), nadomešča direktno delo s simulacijskim modelom za določanje prenosov FFS v okolju.

2.1 Kmetijsko okoljski scenariji

Za zmanjševanje potencialnih tveganj uporabe FFS je pomembno upoštevanje dejanskih okoljskih razmer. Prav številčnost različnih kmetijskih okoljskih scenarijev je eden večjih dosežkov projekta FOOTPRINT, ki v svojih orodjih tla Evrope razvršča v 373 različnih vrst tal (od tega jih je 264 na obdelovalnih zemljiščih) in podnebje v 16 pasov, predvsem glede vpliva, ki ga imajo talne lastnosti in podnebne razmere na obnašanje FFS v okolju. To pomeni 4.224 različnih okoljskih scenarijev (kombinacij podnebja in tal). Za primerjavo, v sedanjih registracijskih postopkih EU lahko izbiramo le med devetimi, tako imenovanimi FOCUS scenariji, med katerimi pa ni slovenskega scenarija (FOCUS, 2000). Če ob različnih kombinacijah tal in podnebja upoštevamo še fitofarmacevtske pripravke (100 kombinacij DT₅₀ in Koc) in čas aplikacij (12 mesecev), dobimo kar okoli 5 milijonov tekov modelov MACRO in PRZM / za 1 posevek ali nasad. Dejstvo je, da to predstavlja velik zalogaj za modeliranje. Slovenija je med prvimi državami v EU, ki že ima rezultate modeliranja za testiranje beta verzij orodij FOOTPRINT na modelnem območju Apaške doline in sicer za FFS, ki se uporabljajo v koruzi.

Pomembna novost pri oblikovanju kmetijsko okoljskih scenarijev je razvrščanje tal glede na njihov potencial prenosa FFS v vodne vire (Hollis s sod., 2008). Footprintov sistem razvršča tla na podlagi njihovega potenciala za hiter prenos vode s površja zemljišč v mrežo površinskih voda z različnimi hitrimi ali srednje hitrimi odzivnimi mehanizmi na padavine. Oblikovali smo diagram vprašanj (selektor tal), ki vodijo k odgovoru, ali imajo tla potencial za hiter prenos vode s površja zemljišč v mrežo površinskih voda z različnimi hitrimi ali srednje hitrimi odzivnimi mehanizmi na padavine. Če ga nimajo, predvidevamo, da FFS ostajajo v tleh. Vprašanja, vezana na teksturo tal in razlike v stopnji in razporeditvenemu vzorcu organske snovi v talnem profilu, pa vodijo do odgovora, kolikšen je potencial tal za

vezavo FFS na talne delce. FFS, ki se nahajajo v talni raztopini, so podvržena izpiranju skozi talni profil ter hkrati dosegljiva razgradnim procesom. Kljub veliki kompleksnosti tal in medsebojni prepletenosti procesov v tleh, ki določajo usodo FFS in jih model MACRO v izračunih dejansko upošteva, pa se uporabnik z njimi ne sreča. Selektor tal smo testirali in izboljševali tudi v slovenskem prostoru s transformacijami več kot 150 talnih profilov iz nacionalnega sistema klasifikacije tal v klasifikacijo FOOTPRINT.

2.2 Baza podatkov FFS

Zaradi širokih potreb po kakovostnih in od industrije (t. j. proizvajalcev FFS) neodvisnih podatkov o lastnostih FFS je nastala Footprintova baza podatkov (*Pesticide Properties Data Base* = PPDB). Vsebuje bistvene informacije vezane na usodo fitofarmaceutskih sredstev v okolju, fizikalno-kemijske in ekotoksikološke lastnosti aktivnih snovi. Obsežna baza podatkov, ki deluje tudi v slovenskem jeziku, je dostopna na spletnem naslovu: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/>.

2.3 Orodje FOOT-FS

Od treh FOOTPRINTovih orodij je uporabniku najbolj prijazno in enostavno orodje FOOT-FS, ki je napisano v programu Microsoft Visual Basic. Razvoj programa je potekal pod vodstvom Univerze Hertfordshire, pri čemer so bila uporabljena vsa spoznanja raziskovalne skupine FOOTPRINT; na primer izdelava kmetijsko-okoljskih scenarijev, izdelava baze podatkov FFS, meta-modeliranje, izdelava ocen tveganja s predlogi omilitvenih ukrepov. FOOT-FS tako sestoji iz več podprogramov in modulov, ki delujejo tudi kot povsem samostojne enote.

FOOT-FS je prilagojen kmetovalcem in kmetijskim svetovalcem, ki potrebujejo hitro oceno tveganja rabe FFS v konkretnem okolju, to je za posamezno obdelovalno zemljišče (njivo, trajni nasad) ali celotno posestvo (kmetijo). Zato je zelo pomemben prvi korak, to je določitev kmetijsko-okoljskega scenarija z orodjem »moji podatki«. Uporabnik na podlagi izbiranja določi lastnosti okolja:

- (i) podnebne značilnosti (s klikom na karto podnebnih con),
- (ii) talni tip (diagram vprašanj),
- (iii) značilnosti obdelovalnega zemljišča (velikost, žive meje, vodni jarki...).

Uporabnik nadalje izbere zeleno rastlinsko vrsto (seznam s slikami), izdelava program FFS (pripravek, aktivna snov, odmerek, predviden datum nanosa) in izbere opremo (škopilnik in šobe). Sledi delo z orodjem »presoje«, kjer program za izbrani kmetijsko-okoljski scenarij poišče v bazi rezultatov modeliranja, oceno tveganja rabe FFS. Izdelava ocene je izredno hitra (nekaj sekund). Rezultat pokaže, koliko FFS se izgubi po različnih poteh: z izpiranjem skozi talni profil v podtalnico, s površinskim odtokom in erozijo, prek zanašanja ob nanosu FFS (*drift*) ter drenažo. Tveganja rabe so prikazana grafično z različnimi barvami glede na stopnjo tveganja. Poudariti je potrebno, da za enostavnimi grafičnimi prikazi ocen tveganja programu FOOT-FS stojijo izračunane vrednosti, ki jih je moč izvoziti v xls datoteko. Pomembna novost pristopa FOOTPRINT je tudi vzporeden prikaz omilitvenih ukrepov, to je možnih ukrepov, ki tveganje potencialno zmanjšujejo. Ali bi bili ti ukrepi v izbranem primeru vhodnih podatkov res učinkoviti, lahko takoj preverimo s ponovnim zagonom presoje.

Pomembno je, da orodje FOOT-FS deluje v slovenskem jeziku in je pripravljeno za uporabo v slovenskem prostoru. Zadnja beta verzija 1.3.1 že vključuje rezultate modeliranja za

specifične kmetijsko okoljske kombinacije, značilne za Apaško dolino, in jo lahko prenesemo v kmetijsko prakso za ocenjevanje tveganj uporabe FFS v izbranih poljščinah na ravni kmetije na tem območju. Za vpeljavo orodja na druga območja v slovenskem prostoru pa je potrebno izdelati kmetijsko-okoljske scenarije za ta območja in komplementarne baze rezultatov modeliranj.

2.4 Orodji FOOT-CRS in FOOT-NES

Orodji FOOT-CRS in FOOT-NES sta računalniški aplikaciji, ki delujeta znotraj ArcGIS okolja in sta zato za uporabnika zahtevnejši v primerjavi s programom FOOT-FS. Namenjeni sta izdelavi ocen tveganja uporabe fitofarmacevtskih sredstev na večjem območju, na primer za zaokrožena povodja oz. vodozbirna območja (*catchment*) (FOOT-CRS) ali na državni oz. EU ravni (FOOT-NES).

Za ocenjevanje tveganj lahko uporabimo »default« vhodne podatke, katerih natančnost je za nacionalno raven vprašljiva oz. uporabna le za zelo grobe ocene tveganj rabe FFS (npr. vhodni podatki iz »Corine Land Cover DB« in »Soil Geographic Database of Europe«, ki sta izdelani v merilu 1:1.000.000). Za natančnejše ocene pa je potrebno pridobiti kar najbolj natančne vhodne podatke za preučevano območje in jih ustrezno pripraviti. Na primer, izdelati je potrebno karte rabe tal, talnih tipov ter mej območja, pri katerih prilagodimo tudi strukturo atributnih tabel. Posebej izdelamo tabelo talnih tipov, v kateri že določimo kombinacije in razmerja pedokartografskih ter pedosistematskih enot ter določimo Footprintove talne tipe. Delovanje aplikacije zahteva še druge rastrske in vektorske digitalne podatke, ki jih pridobimo iz različnih virov (npr. Geodetska uprava Slovenije) in jih ni potrebno modificirati. Na primer: digitalni model višin, pretok, karta mreže površinskih vod, karta klimatskih pasov ter karta prispevanja površinskih ter podzemnih vod.

Orodji FOOT-CRS in FOOT-NES izračunata ocene povprečnih koncentracij izbranega FFS na dnu profilov za obdobje 20 let, njihove vnose v mrežo površinskih vod in ocene maksimalnih koncentracij v površinskih vodah za določen mesec v obdobju 20 let (ob izhodu iz območja). Končni produkt orodij FOOT-CRS in FOOT-NES so karte, tabele in grafi zgoraj naštetih izračunov.

Testiranje orodja FOOT-CRS na območju Apaške doline kaže na pomembnost upravljanja s FFS na ravni vodnozbirnih območij, saj so ocene tveganja močno odvisne od vnosov FFS celotnega območja. Tveganja lahko zmanjšujejo z ustreznim kolobarjenjem kultur, ki je prilagojeno tudi uporabi FFS.

3 SKLEPI

FOOT-FS, FOOT-CRS in FOOT-NES so se pokazali kot obetavna orodja, s katerimi lahko tveganja rabe FFS hitro in relativno enostavno ocenjujemo na ravni kmetije, vodozbirnega območja ali države, ter tako zmanjšujemo morebitne negativne vplive, ki jih lahko imajo FFS na okolje. Pomembna inovativnost pristopa FOOTPRINT je možnost upoštevanja širokega spektra kombinacij in že vgrajena baza rezultatov modeliranja, ki na ta način omogoča končnemu uporabniku hitro pot do rezultata (v nekaj minutah, namesto v nekaj urah ali dneh). Predhodna informacija o potencialnem tveganju rabe FFS, ki ga v danem trenutku želimo uporabiti na določenem območju s specifičnimi okoljskimi razmerami (tla, podnebje), pa je predpogoj, da v primeru velikih tveganj ukrepamo drugače kot smo sprva načrtovali: zmanjšamo odmere FFS, izberemo alternativno sredstvo, povečamo razdaljo od tretiranega zemljišča do vodnega vira, in podobno.

Ta nova orodja so lahko v podporo odločevalcem pri nacionalnih registracijskih postopkih FFS, izvajanju vodne direktive in direktive o trajnosti rabi pesticidov. Orodja FOOTPRINT na primer lahko omogočajo:

- (i) identifikacijo problematičnih FFS, območij, rastlin, ter kmetijskih praks;
- (ii) razvrščanje aktivnih snovi po prioriteti;
- (iii) optimiziranje monitoring programov;
- (iv) preverjanje ali so možne rešitve za zmanjševanje tveganj;
- (v) pripravo smiselnih akcijskih načrtov.

Za zmanjševanje prenosov FFS v vodne vire je nenazadnje bistveno sodelovanje kmetijske svetovalne službe in pridelovalcev, da orodje FOOT-FS uporabljajo in izboljšajo kmetijsko prakso; ter tudi odločevalcev z ugotavljanjem tveganja in pripravo omilitvenih strategij na širših območjih (FOOT-CRS, FOOT-NES) ter z rednim spremljanjem učinkovitosti ukrepov.

4 ZAHVALA

Razvoj orodij je financirala EU komisija v 6. okvirnem programu (št. pogodbe 022704), testiranje in prenos v slovenski prostor pa so v okviru CRP projekta V3-0548 podprli MZ - Urad za kemikalije, MKGP in ARRS.

5 LITERATURA

- FOCUS, 2000. FOCUS groundwater scenarios in the EU review of active substances. Report of the FOCUS Groundwater Scenarios Workgroup, EC Document Reference Sanco/321/2000, 202 str.
- Hollis, J., Jarvis, N., Reichenberger, S., Suhadolc, M., Dubus, I. 2008. Categorizing European soils according to the ability to retain or transmit diffuse source pollutants. V: Blum, W. E. H. (ur.), Gerzabek, M. H. (ur.), Vodrazka, M. (ur.). Eurosoil 2008, Vienna, Austria, August 2008-08-04: book of abstracts: 106
- Jarvis, N.J. 2007. A review of non-equilibrium water flow and solute transport in soil macropores: principles, controlling factors and consequences for water quality. *European Journal of Soil Science*, 58: 523–546