

Technologická agentura ČR

T A

Č R

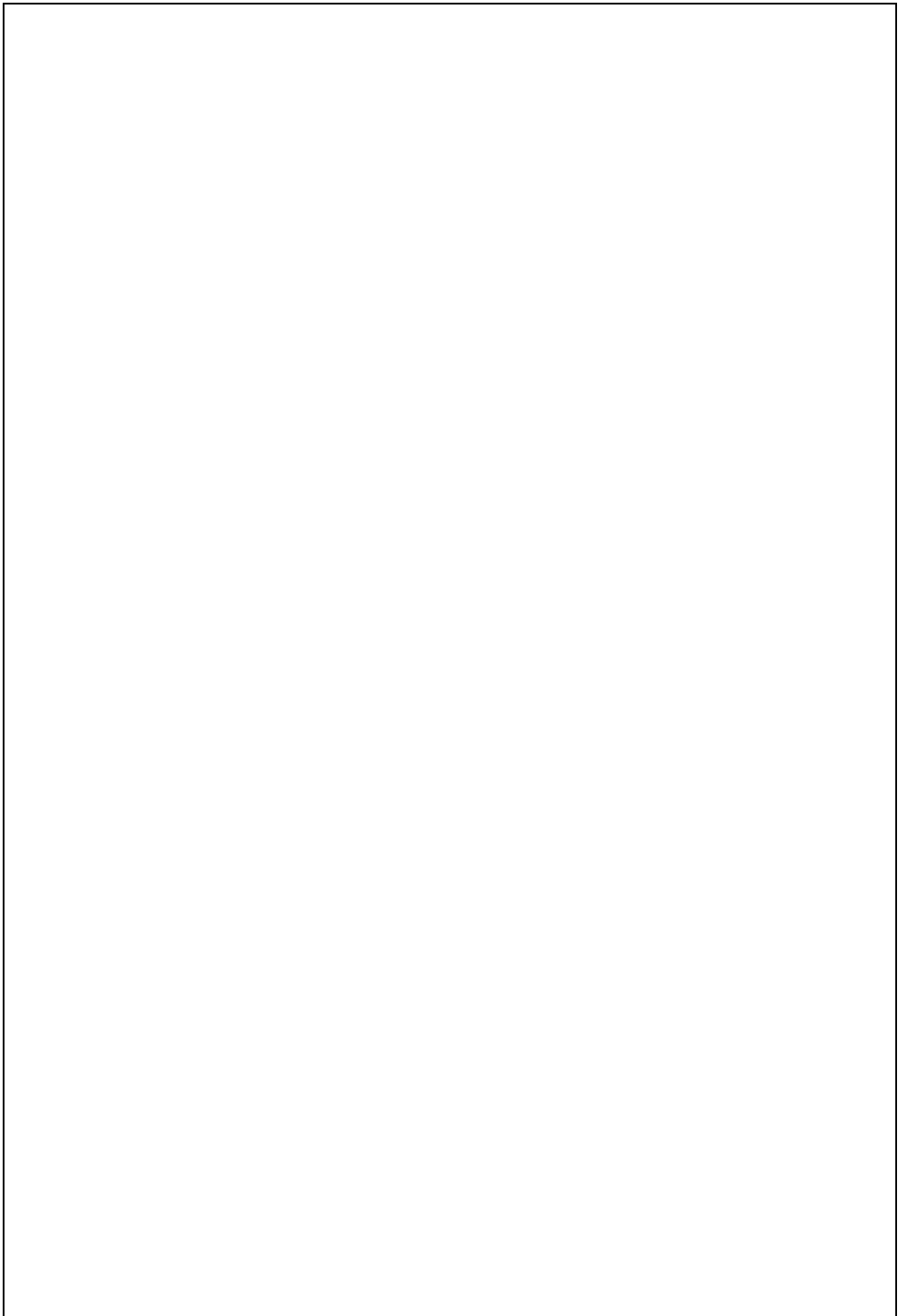
Program **Alfa**

**Sanace zdrojů hromadného zásobování pitnou vodou
ovlivněných pesticidy – metodický postup řešení**

Certifikovaná metodika



listopad 2016





TA04020043

Autoři: RNDr. Pavel Novák, Ph.D. ¹ (novak.pavel@vumop.cz)
RNDr. Petr Kvapil, Ph.D. ² (kvapil@aquatest.cz)
Ing. Jaromír Malec ³ (malec@ate-cr.cz)
Mgr. Antonín Zajíček, Ph.D. ¹
RNDr. Romana Šuráňová ²
Ing. Petr Fučík, Ph.D. ¹
Ing. Antonín Štros ²
Ing. Irena Šupíková ²
Ing. Jana Maxová ¹
Ing. Renata Duffková, Ph.D. ¹
Ing. Jan Haberle, CSc. ⁴
Ing. Milan Vach, CSc. ⁴

¹ Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5

² AQUATEST a.s., Geologická 4, 152 00 Praha 5

³ ATE CR, a.s., Za Potokem 46/4, 106 00 Praha 10

⁴ Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507/73, 161 06 Praha 6 – Ruzyně

Recenzovali:

Mgr. Vít Kodeš, Ph.D. – Český hydrometeorologický ústav – ústředí Praha, Úsek hydrologie – Odbor jakosti vody, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 412 – Komořany

Mgr. Marek Skalický – Vodárna Káraný, a.s., ředitel společnosti, Žatecká 110/2, 110 00 Praha 1 – Staré Město

Metodiku schválilo pro využití v praxi Ministerstvo zemědělství ČR, osvědčením č. 72178/2016-MZE-17221 ze dne 9. 12. 2016.



TA04020043



Poděkování:

Metodika vznikla za finanční podpory Technologické agentury ČR, programu ALFA a jako plánovaný výstup projektu č. TA04020043 „Technologie sanace zdrojů hromadného zásobování pitnou vodou ovlivněných pesticidními látkami – optimalizace hospodaření s nimi, nové metody jejich detekce, hodnocení a eliminace“.

Vydání: první, 2016

ISBN 978-80-87361-61-0

© Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5,
www.vumop.cz

Ředitel ústavu: Ing. Jiří Hladík, Ph.D.

Obsah

I.	Cíl metodiky	7
II.	Vlastní popis metodiky	8
1.	Úvod	8
2.	Vymezení základních pojmů	10
3.	Pesticidy – legislativní rámec v České republice	11
3.1.	Národní akční plán ke snížení používání pesticidů	11
3.2.	Potraviny a krmiva	12
3.3.	Zdroje pitné vody	12
3.4.	Necílové živé organismy	16
4.	Teoretické minimum	17
5.	Diagnostika rizikových pesticidních látek a způsob jejich monitoringu	19
5.1.	Způsoby vzorkování	21
5.1.1.	Bodové vzorkování	21
5.1.2.	Kumulativní – pasivní vzorkování	22
5.2.	Klasifikace zdroje znečištění	27
5.2.1.	Lokální zdroj	27
5.2.2.	Plošný zdroj, kontaminační mrak (nesanovatelný)	28
6.	Způsob hospodaření na ZPF v infiltračních oblastech vodních zdrojů	31
6.1.	Trvalé travní porosty	31
6.2.	Osevní postupy plodin	44
7.	Metodika sanace vodních zdrojů před negativními účinky pesticidních látek	55
7.1.	Pasivní technologie čištění	60
7.2.	Aktivní technologie čištění na zdroji	66



TA04020043



III. Srovnání „novosti postupů“	71
IV. Popis uplatnění Certifikované metodiky.....	72
V. Ekonomické aspekty	73
VI. Závěr	74
Seznam použitých zkratk	75
Seznam tabulek.....	77
Seznam obrázků.....	77
Seznam publikací.....	82
Certifikační doložka.....	83



TA04020043



I. Cíl metodiky

Cílem metodiky je stanovení postupu pro identifikaci a lokalizaci zdroje znečištění rizikovými pesticidními látkami ať už podzemní či povrchové vody sloužící jako zdroj hromadného zásobování pitnou vodou a k co nejefektivnějšímu způsobu eliminace zdroje znečištění.

Metodika je cílená na řešení zhoršené kvality pitných vod, které mají přímou vazbu znečištění – lokalita ovlivněných zemědělskou, lesnickou, rekultivační či průmyslovou činností.

Předkládaná metodika je zaměřena rovněž na technické aspekty diagnostiky, analýz, monitoringu a souvisejících činností, pro její životnost (aplikovatelnost v praxi) by bylo vhodné zakomponovat ji do stávajícího právního prostředí v České republice. Metodika by se měla stát jedním ze základních vodítek, jak přistupovat k řešení problematiky rizikových pesticidních látek ve zdrojích hromadného zásobování obyvatelstva.

II. Vlastní popis metodiky

1. Úvod

Prostředky na ochranu rostlin (pesticidy) jsou v zemědělství nezbytné pro regulaci škodlivých organismů – plevelů, chorob a škůdců rostlin. Bez nich by byly výnosy plodin nižší, horší kvality (mykotoxiny) a dražší. Spektrum a způsoby použití prostředků na ochranu plodin se v dnešním zemědělství značně posunuly od aplikace síry ve starověkém Sumeru, experimentování s arsenem a olovem ve středověku, či používání DDT ve 40.– 60. letech 20. století (Miller, 2002).

Na druhou stranu tyto prostředky mohou být vyplavovány do povrchových a podzemních vod a způsobovat závažné ekotoxikologické problémy jak u terestrické, tak u vodní (nebo na vodu vázané) bioty a zhoršovat jakost vody samotné.

Pesticidní látky jsou měřeny v pitných vodách ve stopových koncentracích. Při průchodu půdou nebo cílovým organismem dochází k jejich rozkladu a přeměně na jiné, potenciálně stejně nebezpečné metabolity. Jedná se o komplexní organické molekuly, které jsou proměnlivé, limitní koncentrace nejsou většinou stanoveny.

Znečištění na bázi pesticidů je většinou původem ze zemědělského, lesního hospodaření či při ochraně dopravních staveb (železnice), přičemž jsou používány i při údržbě veřejné zeleně, komunikací, atd.

Dynamika a intenzita vyplavování pesticidů souvisí s řadou fyzikálních a chemických vlastností půdy a dále s parametry pesticidů, s jejich dávkami a načasováním aplikace, agrotechnikou (tradiční x bezorební hospodaření), mobilitou, resp. potenciálem vyplavení. Tyto parametry vyjadřuje např. tzv. GUS Index – Groundwater Ubiquity Score (Gustafson, 1989), který je funkcí sorpčních schopností (rozdělovací koeficient K_{OC}) a poločasu rozpadu pesticidu v půdě; to vše ve vazbě na hydrologické a biogeochemické procesy (Reichenberger a kol., 2007).



TA04020043



Z půdních vlastností jsou jako vlivné nejčastěji uváděny parametry fyzikální – hydraulická vodivost, zrnitost, struktura a chemické – obsah organické hmoty, CEC, pH (Reichenberger a kol., 2007), často u zrychleného vyplavení pesticidu do vod hraje podstatnou roli preference proudění (Kodešová a kol., 2009).

Bez ohledu na kinetiku rozpadu a sorpční schopnosti pesticidu, je dynamika srážko-odtokových parametrů často sledována jako dominantní z hlediska vyplavování pesticidů z půd do vod (Lennartz, 1999); jako nejvýznamnější příčinná složka bývá – ve vztahu k podmínkám povodí a průběhu počasí – identifikován jak povrchový odtok (Boithias a kol., 2011), tak odtok podpovrchový, nezřídka reprezentovaný vodou z drenážních systémů (Fauser, 2004).

Aktuálnost a potřebnost řešení dané problematiky je vyvolána přetrvávajícím a v některých případech stoupajícím výskytem koncentrací reziduí i metabolitů účinných látek, nezřídka v alarmujících koncentracích ve zdrojích hromadného zásobování pitnou vodou. Například v tocích v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce jako zdroji surové vody pro úpravu na pitnou, zásobující cca 15 % obyvatel ČR, byly detekovány terbuthylazin (herbicid do kukuřice), acetochlor (herbicid do kukuřice a řepky), metazachlor (herbicid do řepky) a linuron (herbicid do kukuřice, brambor a řepky) a jejich metabolity (Liška a Duras, 2011). Řada z uvedených látek je pravidelně v některých přítocích vodní nádrže Švihov na Želivce sezónně nadlimitní.

Je známo, že při dalším nárůstu koncentrací pesticidů by zavádění technologie na jejich odstraňování z vody znamenalo významné zdražení výroby pitné vody.

Metodika reaguje na aktuální stav problematiky, vyplývající z výsledků monitoringů Povodí Vltavy, státní podnik, ČHMÚ a dalších vodárenských institucí. Výsledky dokládají dlouhodobou i krátkodobou dynamiku těchto látek ve vodách. Zdrojové plochy v krajině a hlavní související příčinné faktory vnosu pesticidů do vod zůstávají neznámé, stejně jako chování a osud pesticidů v prostředí půda – voda.



TA04020043



2. Vymezení základních pojmů

biocid

- přípravek používaný k hubení, tlumení nebo omezování růstu škodlivých organismů ve všech oblastech lidské činnosti

pesticid

- přípravek či prostředek na ochranu rostlin určený k tlumení a hubení rostlinných a živočišných škůdců

metabolit

- produkt látkové přeměny (metabolismu) určité látky

relevantní metabolit

- metabolit se považuje za významný („relevantní“), existuje-li důvod předpokládat, že jeho přirozené vlastnosti jsou srovnatelné s vlastnostmi mateřské látky, pokud jde o účinek na biologický cíl, nebo že představuje pro organismy vyšší riziko než mateřská látka nebo riziko srovnatelné anebo že má určité toxikologické vlastnosti, jež jsou považovány za nepřijatelné

3. Pesticidy – legislativní rámec v České republice

Udržitelné užívání pesticidů je v ČR řízeno směrnicí Rady a EP 2009/128/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů. Spolu s ní byly přijaty dva další právní předpisy Společenství, které jsou klíčové pro povolování přípravků na ochranu rostlin a pro jejich uvádění na trh – nařízení EP a Rady (ES) č. 1107/2009 a nařízení EP a Rady (ES) č. 1185/2009 o statistice pesticidů. Dále je použití pesticidů v ČR regulováno zákonem č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči, ve znění zákona č. 626/2004 Sb., zákona č. 444/2005 Sb., zákona č. 131/2006 Sb. a zákona č. 249/2008 Sb. a směrnicí ES č. 91/414/EEC. Jako prostředky na ochranu rostlin smí být v České republice použity jen ty přípravky, které jsou uvedeny v Seznamu registrovaných prostředků na ochranu rostlin.

3.1. Národní akční plán ke snížení používání pesticidů

Český Národní akční plán ke snížení používání pesticidů (NAP) vychází z ustanovení § 48a zákona č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů. NAP stanoví kvantitativně měřitelné úkoly, průběžné i konečné cíle, opatření a harmonogramy pro snížení rizik a omezení dopadů používání přípravků na lidské zdraví a životní prostředí s cílem podpořit vývoj a zavádění integrované ochrany rostlin.

Hlavní cíl NAP respektuje základní poslání rostlinolékařské péče, tj. zabezpečit zdraví rostlin a rostlinných produktů se zřetelem na bezpečnost potravin a ochranu spotřebitele, a vychází z identifikace rizik spojených s používáním přípravků.

Předmětem NAP jsou oblasti, které jsou nebo mohou být dotčeny negativními dopady používáním přípravků na ochranu rostlin. NAP se týká tří oblastí:

1) ochrany zdraví lidí, prevence akutních a chronických otrav v důsledku nehod a neopatrného používání přípravků a zdravotních rizik v důsledku



TA04020043



konzumace potravin s nadlimitním obsahem reziduí a sledování potravin s obsahem reziduí, jejichž konzumace by mohla přinášet zdravotní rizika,

2) ochrany podzemních a povrchových vod, zejména vodních zdrojů a zdrojů pitné vody,

3) ochrany necílových živých organismů (rostlin, bezobratlých, obratlovců) přímo i nepřímo (prostřednictvím potravního řetězce) ohrožených používáním přípravků v zemědělských a lesních ekosystémech.

3.2. Potraviny a krmiva

Pro potraviny a krmiva byly pro široký okruh pesticidů v potravinách a krmivech rostlinného a živočišného původu stanoveny maximální limity reziduí pesticidů MRL (Maximum Residue Levels) nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 396/2005 v platném znění. Pravidla berou do úvahy bezpečnost všech spotřebitelských skupin – např. kojenců, dětí a vegetariánů.

Hodnoty MRL představují maximální legální limity (hladiny) reziduí (pesticidů, které jsou stanoveny pro potravinářské komodity nebo komodity určené ke krmným účelům). Jsou stanoveny na maximální bezpečné úrovni a za předpokladu, že se pesticidy používají podle zásad správné zemědělské praxe. MRL není toxikologický limit a ojedinělé překročení není nezbytně důvodem k obavě z hlediska veřejného zdraví nebo zdraví zvířat. MRL pesticidů zpřístupňuje Komise prostřednictvím online databáze MRL pesticidů.

Reziduem se potom rozumí účinné látky, jejich metabolity a reakční a rozkladné produkty, které se v důsledku používání přípravků na ochranu rostlin vyskytují na/v ošetřených rostlinách, potravinách, krmivech a kdekoli v životním prostředí.

3.3. Zdroje pitné vody

Hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 83/2014 Sb., která s platností od 29. května 2014 novelizuje vyhlášku č. 252/2004 Sb.



TA04020043



Ve vyhlášce jsou definovány pesticidy jako organické insekticidy, herbicidy, fungicidy, nematocidy, akaricidy, algicidy, rodenticidy, slimicidy, příbuzné produkty (např. regulátory růstu) a jejich relevantní metabolity, rozkladné nebo reakční produkty. Stanovují se pouze pesticidy s pravděpodobným výskytem v daném zdroji, nestanovení pesticidních látek se zdůvodní.

Významným pokrokem je definice pojmu relevantní metabolit (dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.1107/2009 ze dne 21. října 2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a o zrušení směrnic Rady 79/117/EHS a 91/414/EHS článek 3, odstavec 32):

Metabolit se považuje za významný (v anglickém znění nařízení je použit termín „relevantní“), existuje-li důvod předpokládat, že jeho přirozené vlastnosti jsou srovnatelné s vlastnostmi mateřské látky, pokud jde o účinek na biologický cíl, nebo že představuje pro organismy vyšší riziko než mateřská látka nebo riziko srovnatelné anebo že má určité toxikologické vlastnosti, jež jsou považovány za nepřijatelné. Takový metabolit je významný pro rozhodnutí o celkovém schválení nebo pro stanovení opatření ke snížení rizika.

Státní zdravotní ústav zpracoval Metodické doporučení pro pitnou vodu pro hodnocení relevantnosti metabolitů pesticidů v pitné vodě (SZÚ, 2015), které vychází z metodiky, kterou vydala v roce 2003 Evropská komise pro hodnocení relevantnosti metabolitů látek v podzemní vodě. V doporučení je popsán praktický postup.

Informace o relevantnosti metabolitů poskytuje ÚKZÚZ (Odbor přípravků na ochranu rostlin ÚKZÚZ, Zemědělská 1752/1a, Brno, 61300; e-mail: pripravky@ukzuz.cz), pokud nebyl metabolit ještě posouzen, hodnocení provádí Státní zdravotní ústav – Oddělení chemické bezpečnosti.

Hodnocení zdravotních rizik nálezů pesticidních látek a jejich metabolitů v pitné vodě provádí:

- pro nerelevantní metabolity – SZÚ – Oddělení hygieny vody – všeobecně platný limit pro pitnou vodu,

- pro relevantní metabolity – SZÚ – Oddělení hygieny vody a osoby autorizované v hodnocení zdravotních rizik expozice chemickým látkám v prostředí – hodnota platná pro konkrétní vodovod.

K posouzení relevantnosti metabolitů pesticidů se používá metodika Evropské komise Guidance document on the assessment of the relevance of metabolites in groundwater of substances regulated under Council directive 91/414/EEC. Seznam nerelevantních metabolitů pesticidů včetně jejich doporučených limitních hodnot v pitné vodě je veřejně přístupný a díky němu není potřeba provádět hodnocení dublicitně.

Vyhláška dále stanovuje způsob vyhodnocení koncentrací pesticidů a jejich metabolitů a stanovuje limity jejich koncentrací.

S výjimkou čtyř látek (aldrin, dialdrin, heptachlor a heptachlorepoxid), které vzhledem ke své toxicitě mají limitní hodnotu 0,03 µg/l, platí pro všechny jednotlivé pesticidní látky jednotná limitní hodnota 0,1 µg/l stanovená na základě principu předběžné opatrnosti, přičemž hodnota 0,1 µg/l byla vybrána jako měřitelná hodnota za nulu. Toxikologicky odvozená limitní hodnota leží obvykle o řád či více řádů výše. Pro sumu zjištěných pesticidních látek platí limitní hodnota 0,5 µg/l.

Pokud je v pitné vodě analyzován a nalezen metabolit pesticidní látky (nad hodnotu 0,1 µg/l nebo v sumě s ostatními pesticidy či relevantními metabolity nad hodnotu 0,5 µg/l) a tento metabolit je posouzen jako relevantní – a trvá-li překročení této limitní hodnoty déle než 30 dní v roce – postupuje se dále jako v případě nadlimitního nálezu „mateřské“ pesticidní látky čili podle § 3a zákona o ochraně veřejného zdraví: provozovatel vodovodu musí příslušný orgán ochrany veřejného zdraví požádat o určení mírnějšího hygienického limitu (výjimku), kterou lze udělit nejvýše na tři roky atd. Pro relevantní metabolity platí limitní hodnota 0,1 µg/l, dočasný mírnější hygienický limit se stanovuje pro konkrétní zásobovanou oblast na základě hodnocení zdravotních rizik (SZÚ, 2015).

Pokud je v pitné vodě analyzován a nalezen metabolit pesticidní látky (nad hodnotu 0,1 µg/l nebo v sumě s ostatními pesticidy či relevantními metabolity nad hodnotu 0,5 µg/l) a tento metabolit není posouzen jako



TA04020043



relevantní (jedná se o nerelevantní metabolit) – a trvá-li překročení této limitní hodnoty déle než 30 dní v roce – postupuje se dále podle § 4 odst. 6 zákona o ochraně veřejného zdraví čili jako v případě nálezu jakékoliv další látky neupravené prováděcím právním předpisem (vyhláškou č. 252/2004 Sb.): provozovatel vodovodu oznámí tuto skutečnost příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví, který na základě hodnocení zdravotních rizik určí hygienický limit pro výskyt takové látky. Pokud je obsah této látky ve vodě nižší než stanovený hygienický limit, není třeba žádat (udělovat) výjimku.

Monitoringem výskytu pesticidů v podzemních vodách (od roku 2002), který realizuje Český hydrometeorologický ústav, bylo totiž prokázáno, že při posuzování kontaminace podzemních vod pesticidy hrají primární roli jejich metabolity. Monitoring zaměřený pouze na účinné látky bez zohlednění relevantních metabolitů poskytuje výsledky, které mohou vést k mylným závěrům, které neodpovídají dnešní realitě v České republice.

Necílené analýzy vod z hlediska souboru stanovovaných pesticidních látek – zažité se stanovují látky (např. DDT), jejichž výskyt je v dané oblasti nepravděpodobný, naopak ty, které patří v současné době k nejvíce využívaným (např. glyfosát – účinná látka Roundup), se nestavují. To vede k plýtvání s finančními prostředky a vyvolává falešný pocit jistoty, že vše je v pořádku.

Na základě výše uvedeného má osoba povinná dle § 3 odst. 2 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů (provozovatel veřejného zásobování pitnou vodou) předložit orgánu ochrany veřejného zdraví písemný doklad o ověření pravděpodobného výskytu pesticidů ve vodním zdroji (odůvodněný seznam pesticidů) a následně zajistit aktualizovaný rozsah úplných rozborů vody, zaměřený na pravděpodobně vyskytující se pesticidy a jejich metabolity. Odůvodněný rozsah pesticidů by měl být každý rok aktualizován. Pokud provozovatelé vodovodů v odůvodněných případech sdělí orgánu ochrany veřejného zdraví, že v ochranných pásmech jejich zdrojů nebyly některé pesticidní látky používány, pak tyto nemusí stanovovat.

Rozsah analyzovaných ukazatelů pesticidních látek v úplném rozboru – nutnost aktualizace – musí korespondovat s reálně aplikovanými látkami



TA04020043



při ošetřování plodin, dřevin, půdy apod. na plochách, které by mohly ovlivňovat vodu ve zdroji.

3.4. Necílové živé organismy

V oblasti ochrany necílových živých organismů před negativním působením přípravků je účelné tyto dopady posuzovat odděleně podle sledovaných skupin těchto organismů – na včely, na zvěř a ostatní volně žijící obratlovce, na bezobratlé živočichy, na ryby a další vodní organismy a na necílové rostliny. Využívány jsou zejména zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění, vyhláška č. 239/2004 Sb., o přípravcích a dalších prostředcích na ochranu rostlin, v platném znění, směrnice Rady 91/414/EHS o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh, zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění, vyhláška č. 327/2004 Sb., o ochraně včel, zvěře, vodních organismů a dalších necílových organismů při použití přípravků na ochranu rostlin.

4. Teoretické minimum

Chemické složení pesticidů zásadním způsobem ovlivňuje možnosti dekontaminace, představuje širokou škálu typů sloučenin s různými fyzikálně-chemickými vlastnostmi, persisterací v životním prostředí a dalšími vlastnostmi, jako je např. vznik relevantních nebo nerelevantních metabolitů. Podle chemického složení lze klasifikovat následující typy těchto látek:

- chloracetanilidy (metazachlor, acetochlor, alachlor, dimethachlor, metolachlor)
- pyridazinony (chloridazon)
- organochlorové deriváty (aldrin, lindan, dieldrin, alachlor, endosulfan)
- di- a triazinové deriváty (atrazin, terbutylazin, cyanazin)
- organofosfáty (forát, dimethoát, chlorpyrifos)
- karbamáty (fenoxykarb, karbaryl, karbofuran)
- pyretroidy (bifenthrin, cypermethin, deltamethin, alimethrin)
- fenoxyalkanové pesticidy (MCPA, MCPB, MCPP)
- pesticidy na bázi bipyridilů (dikvat, parakvat)
- pesticidy na bázi močoviny (diuron, isoproturon, chlorotoluron)
- pesticidy na bázi glyfosfátu (N-(phosphonomethyl)glycin)
- triazolové pesticidy (tebukonazol, propikonazol, tritikonazol)

Šíření pesticidů a jejich metabolických produktů prostředím vychází ze vztahu mezi retencí, transformací a transportním procesem. Významným faktorem je adsorpce na půdních částicích, která tento řetězec ovlivňuje. Vysoká adsorpce vede k akumulaci v půdě, přičemž se snižuje biodostupnost a biologická degradace pesticidu. Následná desorpce pak vede k zpětnému vymytí do podzemních vod.

Persistence je vlastnost pesticidu související se schopností dlouhodobě setrávat v prostředí bez tendence k přeměně. Většina pesticidů se v půdě časem rozkládá jako výsledek různých chemických a mikrobiologických reakcí. Výsledkem chemických reakcí je jenom částečná deaktivace pesticidů, zatímco půdní mikroorganismy mohou pesticidy rozložit na oxid uhličitý, vodu a anorganické látky. Některé pesticidy vytváří během



TA04020043



degradace přechodné látky nazývané metabolity. Biologická aktivita těchto látek může a nemusí mít pro životní prostředí význam.

Měřítkem času degradace je poločas rozpadu. Pro popsání potenciální persistence jsou podle Kerle et al. (2007) pesticidy klasifikovány jako:

- | | |
|----------------------|------------------------------------|
| nepersistentní | - poločas rozpadu do 30 dní |
| středně persistentní | - poločas rozpadu od 30 do 100 dní |
| persistentní | - poločas rozpadu nad 100 dní |

K předpokladu chování pesticidů a jejich reziduí v různých biologických systémech a ve vodě se používají následující parametry:

- rozpustnost ve vodě
- rozdělovací koeficient oktanol-voda (K_{OW})
- rozdělovací koeficient na organický uhlík (K_{OC})
- rozdělovací koeficient pevná fáze-voda (K_d)
- tlak nasycených par
- Henryho konstanta
- poločas rozpadu
- disociační konstanta (K_a)

5. Diagnostika rizikových pesticidních látek a způsob jejich monitoringu

K diagnostice rizikových pesticidních látek přistupujeme v případech, je-li ve vodním zdroji identifikována jejich přítomnost. Součástí diagnostiky rizikových pesticidních látek je analýza rizik (AR), kterou je doporučeno zpracovat v případech, kdy existuje podezření na existenci závažného ohrožení. AR je vhodné rovněž zpracovat, pokud hrozí znečištění povrchových či podzemních vod s negativními dopady kontaminace na lidské zdraví či jednotlivé složky životního prostředí. V daných případech se pak AR stává rozhodujícím výchozím podkladem pro proces řízení rizik souvisejících s kontaminací území.

Cílem AR je komplexně popsat existující a reálná potenciální rizika plynoucí z existence znečištění životního prostředí a na základě toho stanovit nápravná opatření.

AR je zpracovávána jako komplexní materiál vycházející z těchto na sebe navazujících kroků:

- rešerše dostupných údajů a průzkum stavu znečištění území prováděný podle samostatného metodického pokynu,
- průzkum je obvykle realizován v několika navazujících etapách (na úrovni předběžného koncepčního modelu nebo prvních etap průzkumu může být zpracována předběžná analýza rizik),
- hodnocení zdravotních rizik a rizik pro jednotlivé složky životního prostředí vyplývajících ze zjištěného znečištění (analýza rizik v užším slova smyslu),
- návrh cílů a cílových parametrů nápravného opatření a způsobu prokázání jejich dosažení, včetně návrhu postsanačního monitoringu,
- návrh nápravných opatření nebo srovnání alternativních postupů omezování či eliminace rizik, popř. návrh na zpracování studie proveditelnosti,



TA04020043



- odhad finančních nákladů a časové náročnosti doporučených variant nápravných opatření (analýza poměru vynaložených prostředků k míře snížení rizik).

AR vychází ze skutečností ověřených či známých v době jejího zpracování a má tedy časově omezenou platnost. Tento fakt musí být brán v úvahu při rozhodování o nutnosti, rozsahu a adekvátním postupu nápravných opatření. Pokud nastanou změny významně ovlivňující závěry analýzy rizik (např. změny ve využívání území, změny ve vývoji či rozsahu znečištění, nové vědecké poznatky o působení kontaminantu, nové sanační technologie), je potřebné postupovat podle aktualizované analýzy rizik, která je zaměřena především na vyhodnocení a posouzení důsledků těchto změn.

Základní sjednocující přístup a způsob zpracování AR je uveden a detailně popsán v metodickém pokynu MŽP Analýza rizik kontaminovaného území, Věstník MŽP č. 3, březen 2011

Samotná diagnostika zdroje znečištění má za cíl rychlým a efektivním způsobem identifikovat zdroj rizikových pesticidních látek prokázaných ve ZHZPV. Výsledkem diagnostiky zdroje znečištění jsou informace o prostorovém rozložení znečištění, posouzení možnosti ohrožení okolí šířením prostřednictvím proudění podzemní či povrchové vody a v rámci možností rovněž kvantitativní bilance.

Výsledky diagnostiky zdroje znečištění rovněž stanoví podmínky transportu znečištění a popisují způsob mobility ze zdroje znečištění do zdroje HZPV.

Důležitá je etapovitost prací. To znamená, že jednotlivé práce se provádí postupně v ucelených etapách, které musí být vždy na konci vyhodnoceny ve formě závěrečné zprávy.

Základní metodika pro identifikaci zdroje podzemní vody znečištěné pesticidy vychází ze zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a z příslušných prováděcích předpisů k němu, jako je např. vyhláška č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických průzkumných prací.

- Základní postupy vychází z metodických pokynů MŽP. Metodický pokyn MŽP Indikátory znečištění, 2013
- Metodický pokyn MŽP Analýza rizik kontaminovaného území, Věstník MŽP č. 3, březen 2011
- Metodický pokyn MŽP pro průzkum kontaminovaného území, Věstník MŽP č. 9, září 2005
- Metodický pokyn MŽP Vzorkování v sanační geologii, Věstník MŽP č. 2, Příloha 2, únor 2007

Diagnostika rizikových pesticidních látek a způsob jejich monitoringu by měly vycházet, respektovat a pokud možno přiměřeně zohledňovat požadavky stávajících legislativních či normativních předpisů. Pro příslušné analýzy existují podrobně zpracované ČSN nebo metodiky EPA.

5.1. Způsoby vzorkování

Způsob volby druhu monitoringu a aplikovaného vzorkovacího postupu musí vycházet z celé řady proměnlivých faktorů v případě pesticidů a jejich metabolitů někdy velmi specifických.

V zásadě se jedná o dva principiálně velmi odlišné způsoby vzorkování:

- bodové vzorkování
- kumulativní – pasivní vzorkování

5.1.1. Bodové vzorkování

Bodovým odběrem vzorku rozumíme klasický způsob vzorkování. To znamená, že vzorek (např. z vodárenské nádrže či toku) je odebrán v určitém okamžiku a na konkrétním přesně definovaném místě. Daná metoda vzorkování disponuje jistými nedostatky. Vzorek získaný z bodového odběru reprezentuje pouze okamžité složení v okamžiku odběru a nemusí zachytit periodickou kontaminaci; nastávají problémy při manipulaci s velkými objemy vody, které jsou důležité k analýze stopových koncentrací polutantů; toxikologická data a chemická kritéria kvality vody jsou založena pouze na koncentraci rozpuštěných látek, nikoliv na celkovém množství kontaminantů ve vodě; interpretace bodového odběru, při kterém jsou pro charakterizaci



TA04020043



stavu lokality používána data ze vzorků odebraných pouze v jednom místě a v jednom okamžiku, může být často značně zavádějící a nepřesná.

Tento způsob vzorkování je využíván v případě sledování kvality vody ze ZHZPV, jeho povinný rozsah a četnost jsou dány legislativním předpisem vyhláškou MZd č. 252/2004 Sb. Bodové vzorkování se uplatňuje při jednorázovém screeningu lokality a při drtivě většině běžných průzkumných prací (ekologický audit, AR) a monitoringu kvality podzemní či povrchové vody.

5.1.2. Kumulativní – pasivní vzorkování

Nedostatkům bodového odběru se dá vyhnout použitím tzv. pasivního vzorkování. Jedná se o odběr vzorků z recipientů takovým způsobem, při kterém jsou vzorkovací média nebo testovací organismy exponovány kontinuálně, tzn. dlouhou dobu.

Pasivní vzorkovače jsou zařízení speciální konstrukce, která slouží jako nosič sorbentu, na němž se sorbují sledované látky. Pasivní vzorkovače jsou takové vzorkovače, které pomáhají zachytit výkyvy v koncentracích pesticidních látek ve vodách, které při obvyklém konvenčním – bodovém vzorkování nebývají odhaleny. Při pasivním vzorkování bývají vzorkovače obvykle nasazeny několik týdnů – nejlépe v tekoucích povrchových vodách, případně i ve zdrojích podzemní vody. Základní podmínkou je však neustálý pohyb vzorkované matrice – vody – např. vertikální proudění ve vrtané studni. Z pohledu času se jedná o dlouhodobý odběr vzorku. Tímto způsobem je možné detekovat i velice nízké koncentrace pesticidů, které při analýze z bodového odběru vzorku často nejsou podchyceny. K extrakci bývá použita metoda SPE a analýzy obvykle probíhají metodou LC/MS. Kumulativní vzorkování je vhodné při dlouhodobém sledování vybraných ukazatelů. Proto je velmi vhodné i pro provozovatele ZHZPV ke sledování dlouhodobých vývojových trendů a plánování a provedení případných preventivních opatření předcházejících kontaminaci zdroje.

V důsledku velkého rozvoje pasivního vzorkování v posledním desetiletí můžeme dnes využít širokou škálu vzorkovacích metod, které mohou být



TA04020043



rozděleny na základě mnoha kritérií, jako je způsob akumulace analytů ve vzorkovači nebo typ látek, pro které je vzorkovač navržen.

POCIS

Tento integrativní vzorkovač slouží k vzorkování polárních organických látek ($\log K_{ow} < 4$), jako jsou pesticidy, léčiva, steroidy, hormony atp. Jeho základ tvoří sorbent, jenž se vybírá na základě druhu stanovované látky. Tento sorbent je uzavřen do dvou mikroporézních polyethersulfonových membrán, celá soustava je propojena šrouby umístěnými ve fixačních otvorech kovových kroužků (Alvarez et al, 2004; ITRC, 2005; Vrana et al., 2005).

Pro vzorkování pesticidů se užívá směsný sorbent označovaný jako Triphasic admixture, což je směs 80 % Isolute ENV a 20 % Ambersorbu 1500 naneseném na Biobeads S-X3. Pro více hydrofilní látky (např. léčiva) je vhodnější sorbent Oasis HLB.

Pro extrakci se využívá metoda vysokotlaké extrakce rozpouštědlem či sonikace. Získaný vzorek je analyzován plynovou chromatografií s hmotnostní detekcí, nebo kapalinovou chromatografií s hmotnostní detekcí (ITRC, 2005, Vrana et al., 2005). Systém umožňuje přepočítání koncentrace kontaminantu ve vzorkovači na základě kalibračních dat zjištěných experimentálně a tím stanovení koncentrace sledovaných látek ve vodě.

Fotodokumentace vzorkovače je uvedena na obr. č. 3 a 4.

SPMD

Jedná se o moderní metodiku pasivního vzorkování pomocí semipermeabilních membrán plněných syntetickým rybím tukem – trioleinem. Systém se využívá pro akumulaci POPs a jiných lipofilních látek ($\log K_{ow} > 4$), což jsou obtížně degradovatelné látky, které se akumulují v organických tkáních.

Membrány jsou při vzorkování exponovány v toku, vrtu či nádrži. Zároveň jsou měřeny podmínky, které mají vliv na průběh vzorkování (pokud je to vyžadováno a pokud jsou dané faktory měřitelné). Po určité době se membrány odeberou a zpracují. Exponovaný triolein z membrán je



TA04020043



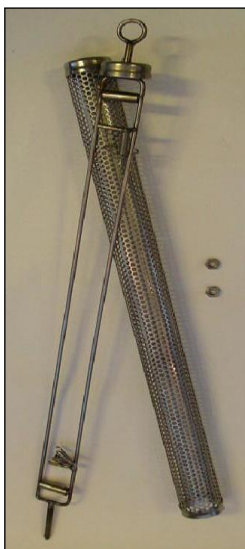
dialyzován a získaný dialyzát se použije k chemické a toxikologické analýze, obě analýzy jsou prováděny ze stejného vzorku. Výhodou SPMD je možnost expozice přímo v sedimentech jako kontaktní „direct“ test a tyto výsledky lze použít pro odhad rizika pro bentické organizmy. Základní předností je model expozice, popsatelný fyzikálně-chemickými parametry. Charakter metody SPMD simuluje akumulaci schopnosti vodních organismů, tj. napodobuje biokoncentraci lipofilních polutantů z vodního prostředí do tukové tkáně vodních živočichů. Proto bývá tato technika označována jako tzv. virtuální ryba (Huckins et al., 2006). Systém umožňuje přepočítání koncentrace kontaminantu ve vzorkovači na odpovídající koncentraci ve vodě použitím tzv. PRC (Performance Reference Compound). Stopové koncentrace působí chronicky, dlouhodobě, a mají negativní hygienické a environmentální dopady. Nízké koncentrace například polyaromatických uhlovodíků a polychlorovaných bifenylů jsou navíc obtížně stanovitelné, pokud to náročná instrumentální technika vzhledem k možným mezím detekce vůbec umožňuje.

Systém SPMD se skládá z polopropustných membrán s tloušťkou stěny menší než 100 μm a velikostí pórů řádově v jednotkách nanometrů. Uvnitř membrány je uzavřen syntetický lipid. Membrány jsou napnuty na nerezový držák – patro, vložené do ochranné klece (v počtu do 6 kusů), tento systém je opatřen teplotním datalogerem a umístěn do vzorkovaného prostředí. Expozice probíhá zpravidla (pro PAU, PCB, PCDD/F) 28–30 dnů. Při expozici dochází k akumulaci všech lipofilních kontaminantů do prostředí trioleinu (sequestrantu). Po době expozice jsou membrány vyjmuty, extrahovány a analyzovány jak chemicky, tak toxikologicky.

Fotodokumentace vzorkovače je uvedena na obr. č. 1, 2 a 4.

Nelze zcela jednoznačně konstatovat, který typ vzorkovače a odběru vzorku je výhodnější či lepší. V rozhodovacím procesu je nutno zohlednit vlastnosti stanovovaných pesticidních látek (poločas rozpadu, rozpustnost, sorpce, měrná hmotnost, polarita), ekonomická kritéria (1 ks analýzy při použití kumulativního vzorkovače je dražší než odběr a analýza bodového vzorku) a časové hledisko (doba pro instalaci pasivního vzorkovače je cca 14 - 21 dní, odběr bodového vzorku lze realizovat za jeden den).

Pasivní vzorkovače pro odběry vzorků z vod



Obr. č. 1: Držák membrány a koš pro odběry vzorků ze silně znečištěných vod (šířka 4,5 cm, délka 73 cm)



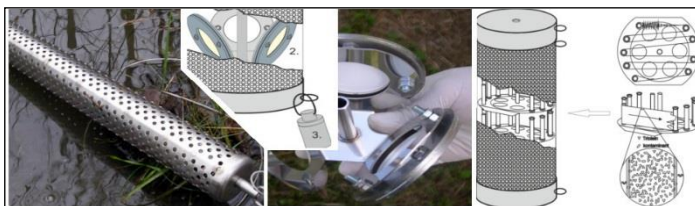
Obr. č. 2: Držák semipermeabilní membrány (výška 5 cm, průměr 15 cm)

Odběr hydrofilních sloučenin



Obr. č. 3: *Vzorkovač POCIS / držák vzorkovačů POCIS (průměr 10 cm, tloušťka 0,6 cm)*

Kombinace použití POCIS a SPMD najednou



Obr. č. 4: *Koš pro např. dvě patra vzorkovačů POCIS a jedno patro SPMD (šířka 16 cm, výška 30 cm) – zdroj: www.ehss.eu*

5.2. Klasifikace zdroje znečištění

Na základě výsledků monitoringu, průzkumných prací a analýzy rizik, která v souladu s platnou legislativou prokáže existenci zdravotních rizik, musí být provedena klasifikace zdroje znečištění. Pro účely stanovení racionálního postupu řešení nežádoucího stavu kvality surové vody ve zdroji (podzemní či povrchová voda) využívaném pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou je vhodné zdroje znečištění rozdělit následujícím způsobem:

- lokální zdroj
- plošný zdroj / kontaminační mrak (nesanovatelný)

5.2.1. Lokální zdroj

Lokální zdroj (např. sklad pesticidních látek nezabezpečený proti vlivům srážkové činnosti) představuje kontaminované území většinou menšího rozsahu plošně a prostorově vymezené průzkumnými pracemi. Svým negativním působením ovlivňuje jasně vymezené území. Jedná se o území, ze kterého se znečištění může šířit většinou jen velmi omezeně. Rozhodující jsou jeho velikost a míra znečištění a příznivé podmínky pro šíření znečištění.

Lokální zdroj znečištění je nejvhodnější sanovat přímo v místě dle standardizovaných postupů (aplikace sorbentu, norné stěny, atd.).

Jedná se o soubor nápravných opatření, jejichž cílem je snížit riziko plynoucí z existence prokázané kontaminace pesticidními látkami. Provádí se formou sanačního zásahu. Může to být proces aktivní (odtěžba, sanační čerpání) směřující k reálnému snížení koncentrací pesticidních látek ve složkách horninového prostředí nebo proces pasivní (atenuace, podzemní těsnící stěna, enkapsulace, vybudování nového zdroje vody) stanovený na základě informací z průzkumných prací a z analýzy rizik zvoleným způsobem. Jedná se ve většině případů o destruktivní proces (např. demolice kontaminovaného objektu či odtěžba kontaminované nenasurované zóny). Vzhledem ke složitosti problematiky pesticidních látek a jejich relevantních metabolitů mu někdy musí předcházet studie proveditelnosti a většinou pilotní test, případně obojí.

5.2.2. Plošný zdroj, kontaminační mrak (nesanovatelný)

Plošný zdroj představuje kontaminované území širšího rozsahu. Svým negativním působením ovlivňuje širší území, přičemž související tzv. kontaminační mrak je prostor, v němž je podzemní voda znečištěna více než přípouštějí cílové limity sanace a za běžných podmínek není možné aplikovat standardní sanační metody.

Kontaminačním mrakem se rozumí prostor, v němž je podzemní voda znečištěna více než přípouštějí cílové limity sanace. Jeho rozsah a míra znečištění jsou v čase proměnlivé. Plošný a prostorový rozsah kontaminačního mraku jsou dány celou řadou faktorů. Mezi klíčové patří přírodní podmínky (hladina podzemní vody, hydraulické vlastnosti horninového prostředí, blízkost vodního toku) umožňující šíření znečištění prostřednictvím podzemní vody po směru jejího proudění a samozřejmě výchozí koncentrace kontaminantu v primárním zdroji – ohnisku znečištění případně přetrvávající dotace kontaminantu do horninového prostředí v důsledku pravidelné dlouhodobé a opakující se aplikace závadných pesticidních látek.

Identifikace zájmového území

Jakost povrchových a podzemních vod významně ovlivňuje plošné znečištění ze zemědělského hospodaření (vymývání živin, eroze). Význam plošného znečištění bude s pokračujícím poklesem znečištění z bodových zdrojů vzrůstat. Jeho podíl je podstatný právě u pesticidů a je odlišný v různých oblastech České republiky v závislosti na hustotě osídlení, intenzitě a způsobu zemědělského hospodaření a klimatických podmínkách.

Identifikace území plošného zdroje znečištění je provedena na základě primární analýzy území, do které patří syntéza vstupních podkladů (hydrogeologie, hydropedologie, DMT), jsou identifikovány směry odtoku podzemních vod a mělkých podpovrchových vod. Dále jsou dohledány pěstované plodiny, které umožňují zpětně získat přehled o potenciálně aplikovaných látkách.



TA04020043



Hodnocení řešitelnosti na ploše

Kritické zdrojové lokality plošného zemědělského znečištění vod jsou obecně enklávy zemědělské půdy s vysokým potenciálem (rizikem) z hlediska rozličného působení na urychlený odnos živin a polutantů (pesticidů) z území. Vymezení kritických zdrojových lokalit je vymezeno pomocí syntetické mapy zranitelnosti podzemních vod (Novák a kol., 2012).

Vymezení kritických zdrojových lokalit plošného zemědělského znečištění je provedeno na základě syntézy tří dílčích vrstev: vrstvy zranitelnosti půdy, vrstvy zranitelnosti horninového prostředí a vrstvy dotace podzemních vod. Vrstva zranitelnosti půdy vychází z kódů BPEJ, jež představují grafickou a numerickou databázi, která je unikátní pro podmínky ČR svojí přesností měřítko zpracovaných dat 1 : 5 000 (Mašát a kol., 2002).

Pro hodnocení procesu infiltrace byly použity poslední čtyři číslice kódu – hlavní půdní jednotka, sklonitost, expozice, skeletovitost a hloubka půdy, které byly rozčleněny do kategorií 1–5 (kategorie 1 = nejvyšší infiltrační schopnost, 5 = nejnižší infiltrační schopnost). Dále byly jednotlivým prvkům kódu přiřazeny váhy, které vyjadřují významnost jednotlivých kritérií k procesu infiltrace. Součinem hodnot kategorií a vah daného kritéria a jejich součtem vzniká pět kategorií zranitelnosti z hlediska potenciální infiltrace srážkové vody do půdního a horninového prostředí, kdy kategorie 1 a 2 vyjadřují maximální míru infiltrace a 5 minimální míru infiltrace (Janglová et al. 2003, Novák a kol. 2012). Metoda je chráněna Užítým vzorem č. 20352 evidovaným u Úřadu průmyslového vlastnictví ČR.

Změna hospodaření

Z pohledu eliminace znečištění plošného zdroje, resp. kontaminačního mraku se jako nejefektivnější nabízí provedení změny hospodaření, respektive preventivní opatření v podobě zatravnění. Volba konkrétního způsobu opatření vychází z plošného rozsahu zdrojové plochy. Pokud je zdrojová plocha vymezena jako území malého rozsahu, je vhodné volit variantu tzv. cíleného zatravnění zdrojové plochy, je-li území většího rozsahu, kde není z ekonomického hlediska vhodné volit zatravnění, je

vhodné použít variantu spočívající ve změně hospodaření, respektive změně osevních postupů.

Specifické charakteristiky tzv. preventivních opatření plošného zdroje kontaminačního nesanovatelného mraku jsou detailně popsány viz **kap. 6**.

Alternativou pro změnu hospodaření, jako nástroje pro eliminaci plošného zdroje znečištění jsou pomocné půdní látky (PPL), které představují širokou skupinu materiálů. PPL přispívají ke snížení stresových podmínek pro rostliny a ke zlepšení chemických, fyzikálních a biologických vlastností půd, pomáhající optimalizovat vláhovou bilanci rostlin.

PPL jsou tedy jednou z možností podpory eliminace a biodegradace nežádoucích zbytkových pesticidních látek a jejich metabolitů. Vedlejším pozitivním efektem v tomto případě je eliminace nebo zmírnění následků sucha a zlepšování kvality půd (Bhardwaj, 2007, Salaš et al., 2011, Straková et al., 2009). Potenciálně použitelnými materiály jsou v tomto případě lignit nebo biochar, eventuálně doplněné vhodným biodegradovatelným substrátem pro podporu biodegradace. Lignit nebo biochar jsou díky svým sorpčním schopnostem (Pekař, Klučáková, 2008, Havelcová et al., 2009, Doskočil, Pekař, 2012), a vysokému obsahu humusových látek (Doskočil et al., 2014) velmi vhodnou PPL, stejně jako hydroabsorbenty, schopné zachytit velký objem vody. Vysoké sorpční schopnosti těchto materiálů poslouží k zachycení a pozdržení aplikovaných (eventuálně) nadbilančních pesticidů v přípovrchové, aerobní zóně půdního profilu s příhodnými podmínkami pro biodegradaci pesticidních látek.

Tyto materiály jsou zároveň zdrojem organické hmoty a humátů (Doskočil et al., 2015) v kombinaci s hydroabsorbentem, který zadržuje vlhkost, čímž může nejen kladně ovlivnit přirozené procesy v půdě, ale umožní i lepší působení materiálu nejen pro biodegradaci nežádoucích zbytkových látek, ale i lepší vlastnosti půdy samotné pro zvýšení výnosů rostlinné výroby. Jedná se však o nové a prozatím v plném měřítku neodzkoušené postupy řešení, které musí být dimenzovány v závislosti na typu odstraňované kontaminace na základě laboratorních a poloprovozních zkoušek.

6. Způsob hospodaření na ZPF v infiltračních oblastech vodních zdrojů

Vhodně zvolené způsoby hospodaření na zemědělském půdním fondu v infiltračních oblastech vodních zdrojů představují preventivní opatření, vedoucí ke snižování rizika vyplavování pesticidů do vod.

Mezi efektivní způsoby hospodaření patří cílené zatravňování, respektive volba vhodných osevních postupů

6.1. Trvalé travní porosty

Zatravňování patří mezi účinná preventivní opatření ke snížení znečištění vod z plošných zdrojů.

Tato významná mimoprodukční funkce trvalého travního porostu (TTP) souvisí s jeho morfologickým utvářením (kompaktní drnová vrstva a hustý kořenový systém), které umožňuje účinně přijímat půdní dusík a akumulovat ho v rostlinné biomase (na rozdíl od polních plodin) téměř celoročně. Rovněž zastoupení půdních mikroorganismů a jejich aktivita, která je v půdách TTP s vysokým obsahem organické hmoty výrazně vyšší než v orné půdě, přispívá k retenci dusičnanů v půdě imobilizací a k jejich odbourání denitrifikací (Griffiths et al., 2008). Regulační ekosystémová funkce TTP umožní hnojení relativně vysokými dávkami dusíku bez negativního dopadu na kvalitu vod (do 200 kg/ha/rok, Fiala, 2002). Kromě schopnosti redukovat dusičnanové znečištění má TTP další podpůrné a regulační ekosystémové funkce jako sekvestrace uhlíku, snížení eroze půdy a zvýšení retence vody v krajině, popř. snížení vyplavování pesticidů (Hejduk, 2007, Höningová et al., 2012).

Ochrana vodních zdrojů pomocí TTP přímo souvisí s jeho botanickou diverzitou (botanickým složením) a pokryvností porostu, které jsou dané nejen stanovištními podmínkami, ale i lidskou činností (pratotechnická opatření, způsob založení porostu, využití porostu, hnojení). Veškerá opatření, která vedou k vývoji a udržení druhově bohatého a hustého porostu, přispívají zároveň k rozvoji ochrany jakosti vody.

Ochranná funkce TTP je nejčastěji spojována s dusičnanovým znečištěním. Například Heathwaite a Griffiths (1998) uvádějí účinnost ochranné funkce TTP zjištěním, že travní pásy o šířce 10 m snížily export N z ploch hnojených minerálními hnojivy o 94 % a z kejdovaných ploch o 75 % (zejména v dusičnanové formě). V ČR byla účinnost zatravnění prokázána ve vícero pracích jak statistickou analýzou (Fučík et al., 2008), tak experimentálně (Zajíček a Kvítek, 2013). Proto jsou travní porosty vysoce ceněnou kulturou zejména v ochranných pásmech vodních zdrojů (OPVZ), tj. územích zodpovědných za tvorbu množství a jakosti povrchových a podzemních vod sloužících pro pitné účely a dále ve zranitelných oblastech dusičnany (ZOD). Z hlediska omezení vyplavení dusičnanů je ve ZOD nutné respektovat období zákazu a limity hnojení, které vycházejí z Akčního programu Nitrátové směrnice (novela nařízení vlády č. 262/2012 Sb. S účinností od 1. 8. 2016 č. 236/2016 Sb.).

TTP také mohou představovat účinnou ochranu rizikových oblastí před vyplavováním pesticidních látek, zejména těch, které se vyznačují vyšší rozpustností ve vodě. Tyto látky se při průchodu půdou a vniku do podpovrchových a podzemních vod chovají podobně jako dusičnany. Bylo prokázáno, že z TTP (na který se pesticidy aplikují pouze výjimečně) jsou vyplavovány pouze metabolity pesticidních látek (Zajíček a Fučík, 2015). Jejich koncentrace se liší podle hydrologické situace. Tento jev je dlouhodobý a souvisí s dobou zdržení vody v povodí, která např. u drenážních systémů může představovat i několik let. V praxi to znamená, že mateřské látky aplikované před zatravněním stačí zmetabolizovat dříve, než se dostanou do odtoku, avšak vysoce perzistentní metabolity se mohou nacházet ve vodách pod TTP ještě mnoho let po zatravnění.

Zatravnění by však mělo být přes prokázanou účinnost využíváno účelně tak, aby nebyla přílišnou konverzí orné půdy na TTP omezena produkční funkce krajiny (Hauck et al., 2014), a také by mělo být situované do těch míst povodí, ve kterých vzniká většina podpovrchového odtoku z povodí (Zajíček et al., 2016) a která tudíž mají největší význam pro vyplavování pesticidů i živin z povodí. Pro zabezpečení účinnosti zatravnění jako opatření pro snížení zátěže vod je potřeba, aby bylo umístěno do správně vymezených



TA04020043



zdrojových (zranitelných) oblastí s nejmělkčími půdami, kde vzniká většina odtoku z povodí. Ve zdrojových (infiltračních) oblastech dochází k formování množství a jakosti zdrojů podzemních vod, a proto je nutné, aby porost plnil i mimoprodukční funkce. Účelová změna kultury (plodiny) by mohla významně tento proces ovlivnit. Zemědělsky obhospodařované zdrojové (infiltrační) oblasti s vysokou půdní propustností představují významný plošný zdroj znečištění vod v důsledku vymývání živin (zejména N, P) a polutantů (pesticidy), a to zejména za předpokladu návaznosti těchto vod na drenážní systémy (Goswami et al., 2009), které zachycují pramenné vývěry i vodu proudící mělce pod povrchem.

Obecně se zdrojové oblasti nacházejí v horních partiích území (zejména tam, kde není povrchový odtok) poblíž rozvodnice, kde jsou také mělké a kamenité půdy s malou retencí pro vodu a velkou hodnotou nasycené hydraulické vodivosti, převážně vyšší než 1 m/den. HPV zde leží často v dost velké hloubce a vlhkost nepřesahuje 50 % celkové polní vodní kapacity (Kvítek a Doležal, 2003). Zdrojové oblasti drenáží jsou popsány HPJ 29, 34 a 37. Kvítek et al. (2008) spočítali, že vlastní oblast infiltrace srážek tvoří pouze menší část celé zdrojové oblasti. Pro jejich správné vymezení byl v České republice vyvinut systém analýzy zranitelnosti půd pomocí kódu BPEJ (Janglová et al., 2003). Tyto výsledky byly dále rozvinuty metodikou pro identifikaci kritických zdrojových lokalit plošného zemědělského znečištění (Kvítek et al., 2008) a nakonec do podoby syntetické mapy zranitelnosti podzemních vod (Novák et al. 2010, 2012). Jedná se o celorepublikové mapové dílo v měřítku 1 : 50 000, které je chráněné užitečným vzorem.



TA04020043



6.1.1. Obecná doporučení – management TTP

Extenzivní louky a pastviny s produkcí sena 1–3 t/ha jsou sečeny jednou ročně nebo spásány 1–2 x ročně nebo spásány nesystematicky (občasně). Hnojení je diferencované podle půdních podmínek (tab. č. 1 a 2).

Polointenzivní louky a pastviny s produkcí sena 3–5 t/ha/rok jsou sečeny 1–2 x ročně nebo spásány ve 3–4 pastevních cyklech. Hnojení je diferencované podle půdních podmínek (tab. č. 3 a 4).

Intenzivní louky a pastviny jsou kulturní nebo umělé travní porosty s vysokou úrovní prátotechniky (hnojení, mechanické ošetřování apod.). Intenzivní louky jsou v optimálních pedoklimatických podmínkách nejméně třísečné, intenzivní pastviny lze využít pro 5 pastevních cyklů.

Kromě extenzivních forem pícního využití (extenzivní až poloextenzivní sečné či pastevní využití) je za určitých podmínek možná alternativní (bez pícního využití) údržba porostů mulčováním. Zde se jedná o rozklad rozřezané travní hmoty, která po seči zůstane na pokose. Toto opatření lze uplatnit pouze v určitých stanovištních podmínkách a takovým způsobem (časové rozvržení zásahu), kde rozkladem hmoty nedojde k výraznému narušení jakosti vody, resp. hustoty a diverzity porostu.

6.1.2. Ošetření travních porostů ve vazbě na legislativu

Příjemci plateb plynoucích z dotačních titulů (nařízení vlády č. 63/2016 Sb., o podmínkách provádění agroenvironmentálně-klimatických opatření) jsou vázáni dodržováním určitých pravidel, která podmiňují příjem platby. Na základě stanovené obecné péče jsou seče a pasení prováděny dvakrát ročně a jsou vázány k určitým termínům (do 31.7. a 31.10.). Při druhé polovině vegetačního období lze seč a pastvu kombinovat. Nedopasky na pastvinách lze do 30 dnů po ukončení pastvy mulčovat. Jinak lze mulčování provádět pouze se souhlasem orgánů ochrany přírody. Hnojení je aplikováno podle zásad Nitrátové směrnice (nařízení vlády č. 262/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů). Ke hnojení TTP nelze používat kejdu s výjimkou kejdy skotu.

6.1.3. Obecné aspekty mulčování a (ne)sečení ve vazbě na ochranu vod

Mulčování nebo nesečení často vede k vyššímu vyplavování dusičnanů než prosté sečení. Mulčování v podmínkách rychlé mineralizace může představovat riziko znečištění podzemní vody. V oligotrofních porostech probíhá rozklad biomasy pomaleji než v mezotrofních až eutrofních. Není vhodné též mulčovat samotné jeteloviny (vyšší proplavení dusičnanového dusíku). Nejnižší ztráty dusíku vyplavením jsou u plně zapojených porostů u jedno- až třísečných porostů. Vícesečné porosty a porosty s bohatším botanickým složením a postupnou dobou dozrávání by měly propouštět méně dusičnanů do podzemní vody než jednosečné a druhově chudé porosty. U nově založených porostů je doporučeno pravidelné kosení (2–3 za rok) z hlediska podpory druhového bohatství a lepšího prokořenění.

Z hlediska pokryvnosti porostu není vhodné trojsečné využití při nedostatku vláhy a živin (špatné odnožování) a jednosečné využití u vzrůstných trav.

Dopad mulčování na druhové složení je ovlivněn rychlostí rozkladu mulče (ležící hmota může potlačit nízké dvouděložné druhy) a na tom, do jaké míry obohatí mulč stanoviště živinami (podpora trav, případně plevelných druhů). Mulčování v termínu pozdní seče podporuje samovysemeňování rostlinných druhů. Častější mulčování (dvakrát za rok) je vhodné z hlediska rychlejšího rozkladu menšího množství biomasy, botanického složení, pokryvnosti a minimalizace prázdných míst (přibližuje se dvousečnému využití), ale může mít horší dopad na jakost vody než mulčování jednou za rok (rozklad biomasy v jarních měsících probíhá rychleji). Mulčování není vhodné na úrodných půdách (mezotrofní a eutrofní stanoviště), kde vede k nárůstu nevhodných dvouděložných plevelů, v tom případě je nejvhodnější dvousečné využití. Mulčování je doporučeno pouze v podmínkách, kde je nutné dodávat živiny (pro nízká společenstva) v podmínkách oligotrofních až mezotrofních stanovišť, zvláště pokud se dobře rozkládá mulčovaná hmota (obecně probíhá rozklad biomasy v oligotrofních podmínkách pomaleji). Nevhodným zásahem je mulčování na konci vegetační sezóny jako jediný způsob ošetření, kdy se tento zásah

ve vlivu na botanické složení přibližuje nesečení. Je možné také střídát kosení s mulčováním, ať už v průběhu jedné vegetační sezóny nebo po rocích.

Plošné nesečení travních porostů (lada) není v žádném případě doporučováno. Nesklizené plochy degradují, druhově chudnou, může docházet k náletu dřevin, zvyšuje se zaplevelení, kontaminace hydrosféry, obsah kořenové biomasy, vlhkost stanoviště a zhoršuje se kvalita půdní organické hmoty. Dochází zde k vyššímu promývání dusíku, fosforu, draslíku, vápníku, sodíku a síry a snížení pH. Na stanovištích s optimálními podmínkami přibývá plevelných dvouděložných druhů a v extrémních nebo méně příznivých stanovištích trávy. Občasná seč (po několika letech) nestačí k návratu do původního stavu. U některých stabilizovaných fází lad je třeba k obnově žádoucí vegetační skladby a někdejší větší druhové rozmanitosti nejen obnovit pravidelné sklizně, ale i porosty přihnout, aby se povzbudil růst druhů, které rychlým zužitkováním přístupných živin přerostou a potlačí nežádoucí druhy lad.

Nejvýraznější protierozní funkci plní dobře zapojené, hustě prokořeněné a vhodně využívané luční porosty. Při zakládání porostů je nezbytné co nejrychlejší zapojení (vhodný startovací komponent v travní směsi, který později může ztratit na významu, např. jílek vytrvalý, jílek jednoletý a bojínek cibulkatý, zastoupení do 10 váhových procent). Protierozní účinek má v mimovegetačním období i mulč. Základ směsi s vysokou protierozní schopností by měly tvořit druhy značně vytrvalé s malým nárůstem nadzemní biomasy a pevným kořenovým systémem (např. kostřava červená, kostřava ovčí, jetel plazivý a čičorka pestrá).

Z hlediska zachování a zvýšení ochrany jakosti vod lze jako nejvhodnější využití v extenzivních a poloextenzivních podmínkách využití lučních (jetelo)travních porostů v ochranných pásmech vodních zdrojů doporučit dvousečné, případně jednosečné využití (podle nárůstu biomasy) druhově bohatého porostu. Jako naprosto nežádoucí a nepřijatelné ze všech hledisek (botanické složení, jakost vody, jakost půdní organické hmoty, estetický vzhled atd.) je vyloučení jakéhokoliv hospodaření – vznik lad. Všechny ostatní způsoby využití TTP jsou více či méně určitým kompromisem.



TA04020043

**Tab. č. 1: Doporučená pratotechnika na extenzivních loukách**

Stanoviště	Extenzivní louky – pratotechnika							
	Dávky N (kg/ha)	Sečení a mulčování	Přísev	Obnova	Odvodnění	Použití pesticidů	Poměr živin	Smykování
Mělké – stř. hluboké půdy, propustné, středně kamenité	max. do 50 kg za účelem zvýšení hustoty porostu, 1 x podle potřeby na jaře	1 x ročně seč nebo mulč nejpozději však v srpnu	ne	ne	možné pouze povrchově (přikopy a stružky)	výjimečně, bodově, při výskytu ruderálních plevelů	neupravovat, nevápnit	velmi důležité pro rozhrnování krtin (snižování rozsahu míst s možností vzniku ohnisek ruderálních plevelů)
Sklonité nad 12°	0		ne	ne				
Nívná a zamokřená	0		sekat 1 x ročně, nemulčovat	ne				

Technologie sanace zdrojů hromadného zásobování pitnou vodou ovlivněných pesticidními látkami - optimalizace hospodaření s nimi, nové metody jejich detekce, hodnocení a eliminace.



TA04020043

**Tab. č. 2: Doporučená pratotechnika na extenzivních pastvinách**

Stanoviště	Extenzivní pastviny – pratotechnika											
	Dávky N (kg/ha)	Zatížení pastviny (VDJ/ha)	Přísev	Obnova	Odvodnění	Použití pesticidů		Poměr živin	Smykování	Příkrm	Zimní pastva	Nedopasky
Mělké sř.hluboké půdy, propustné, středně kamenité	do 25–30 exkrementy	max. 0,5	ne	ne	ne	výjimečně, přednostně bodově		cca za 2–3 roky dodat P (kolem 30 kg/rok), mj. pro udržení jetelovin v porostu, nevápnit	ano	ne	ne	likvidovat během vegetace
Sklonité mezi 12° a 17°	do 25–30 exkrementy	do 0,5	ne	ne	ne	ne	ne	bez hnojení, nevápnit	ano	ne	ne	likvidovat
Nivní půdy	do 25 exkrementy	přepásání porostu *	ne	ne	ne	ne	ne	bez hnojení, nevápnit	ano, nutné výkaly, krtince, náplavy	ne	ne	likvidace při sečení nebo 1 x na konci vegetace

/* v období, kdy to umožní půdní vlhkost

Technologie sanace zdrojů hromadného zásobování pitnou vodou ovlivněných pesticidními látkami - optimalizace hospodaření s nimi, nové metody jejich detekce, hodnocení a eliminace.



TA04020043

**Tab. č. 3: Doporučená pratotechnika na polointenzivních loukách**

Stanoviště	Polointenzivní louky – pratotechnika							
	Dávky N (kg/ha)	Sečení a mulčování	Přísevy	Obnova	Odvodnění	Použití pesticidů	Poměr živin	Smykování
Mělké-stř. hluboké půdy propustné středně kamenité	50–80 pro zvýšení hustoty porostu, v 1–2 dávkách	1–2x ročně seč a mulč, nejpozději v srpnu	možné pro zvýšení druhové diverzity a hustoty porostu	pouze místně, na malých výměřích v rozsahu m ²	není třeba	výjimečně, aplikace pouze knotovým aplikátorem při velké zaplevelenosti v prvních letech	neupravovat nevápnit	ano pro rozhrnutí krtin
Půdy sklonité nad 12°	25–50		vhodné	možná, ale pouze v pásech při snížení hustoty porostu	v případě pramenných vývěrů pouze povrchové, stružkami, pro zabránění vzniku erozního ohrožení			

Technologie sanace zdrojů hromadného zásobování pitnou vodou ovlivněných pesticidními látkami - optimalizace hospodaření s nimi, nové metody jejich detekce, hodnocení a eliminace.



TA04020043

Stanoviště	Polointenzivní louky – pratotechnika							
	Dávky N (kg/ha)	Sečení a mulčování	Přísevy	Obnova	Odvodnění	Použití pesticidů	Poměr živin	Smykování
Nivní a zamokřené půdy	0	1–2x ročně seč, nemulčovat	nevhodné na zamokřených lokalitách, jinak spíše podpora pratotechniky	nevhodné na zamokřených lokalitách, jinak spíše podpora pratotechniky	při výrazném přemokření zapříčiňují sníženou únosnost terénu, vhodné – povrchové odvodňovací příkopy	výjimečně		

Technologie sanace zdrojů hromadného zásobování pitnou vodou ovlivněných pesticidními látkami - optimalizace hospodaření s nimi, nové metody jejich detekce, hodnocení a eliminace.



TA04020043

**Tab. č. 4: Doporučená pratotechnika na polointenzivních pastvinách**

Stanoviště	Polointenzivní pastviny – pratotechnika										
	Dávky N (kg/ha)	Zatížení pastviny (VDJ/ha)	Přísev	Obnova	Odvodnění	Použití pesticidů	Poměr živin	Smykování	Příkrm	Zimní pastva	Nedopasky
Mělké-stř. hluboké půdy propustné středně kamenité	25–50 exkrementy	0,5–1,0	ne	možná	ne	výjimečně bodově ochrana proti ruderálním plevelům	cca za 3–4 roky dodat P (kolem 40 kg/rok), mj. pro udržení jetelovin v porostu, nevápnit	roztírání pevných exkrementů po ukončení každého pastevního cyklu	podle užitkovosti zvířat	ne	dosekávat, případně mulčovat

Technologie sanace zdrojů hromadného zásobování pitnou vodou ovlivněných pesticidními látkami - optimalizace hospodaření s nimi, nové metody jejich detekce, hodnocení a eliminace.



TA04020043



Stanoviště	Polointenzivní pastviny – pratotechnika										
	Dávky N (kg/ha)	Zatížení pastviny (VDJ/ha)	Přísev	Obnova	Odvodnění	Použití pesticidů	Poměr živin	Smykování	Příkrm	Zimní pastva	Nedopasky
Půdy sklonité mezi 12° a 17°	25–75 exkrementy	0,5–1,5	ano	ne	ne		cca za 3–4 roky dodat P (kolem 50 kg/rok), mj. pro udržení jetelovin v porostu, nevápnit	roztírání výkalů			

Technologie sanace zdrojů hromadného zásobování pitnou vodou ovlivněných pesticidními látkami - optimalizace hospodaření s nimi, nové metody jejich detekce, hodnocení a eliminace.



TA04020043

Stanoviště	Polointenzivní pastviny – pratotechnika										
	Dávky N (kg/ha)	Zatížení pastviny (VDJ/ha)	Přísev	Obnova	Odvodnění	Použití pesticidů	Poměr živin	Smykování	Příkrm	Zimní pastva	Nedopasky
Nivní půdy	do 25 exkrementy	do 0,5 kombinované využití (+seč)	ne	ne	ne	ne	cca za 2–3 roky dodat P (kolem 30 kg/rok), opatrně – eutrofizace vod, nevápnit	ano	ne	ne	

Technologie sanace zdrojů hromadného zásobování pitnou vodou ovlivněných pesticidními látkami - optimalizace hospodaření s nimi, nové metody jejich detekce, hodnocení a eliminace.

6.2. Osevní postupy plodin s redukováním vstupem pesticidů

Struktura plodin a odpovídající osevní postupy (OP) by měly odpovídat půdním a klimatickým podmínkám, které umožňují realizovat výnosový potenciál plodin bez neúměrných vkladů dodatečné energie. Dodržování osevních postupů v zemědělských podnicích má řadu biologických, výrobních, organizačních a ekonomických přínosů. Umožňuje systematicky ovlivňovat úrodnost půdy všech pozemků, optimalizovat agrotechnická opatření podle místních podmínek a regulovat dopady na životní prostředí, dlouhodobě plánovat technickou základnu, alokovat plodiny a odrůdy na vhodné pozemky, stabilizovat a lépe odhadovat výnosy a produkci v podniku, operativně organizovat lidské a technické zdroje podniku atd.

V důsledku tlaku trhu, cenové a dotační politiky a poklesu stavu skotu je v současnosti struktura plodin méně rozmanitá, neboť převažují tržní druhy, především obilniny a řepka. Zcela zřejmý je negativní pokles podílu zlepšujících plodin, především nejcennějších skupin plodin v OP, víceletých jetelovin. Požadavky rychle rostoucího počtu bioplynových stanic zvýšily plochu kukuřice na biomasu. Důsledkem těchto strukturálních změn je pokles biologické diverzity a stability agroekosystému, negativní bilance organické hmoty v půdě, nutnost nahrazovat pozitivní působení OP na zaplevelení, výskyt chorob a škůdců častější aplikací pesticidů, které ve formě reziduí znečišťují povrchové i podzemní vody včetně zdrojů pitné vody. Dalším zdrojem xenobiotik je povrchový splach pesticidů při pěstování kukuřice a dalších, především širokořádkových druhů.

Jednou z možností redukce vstupu pesticidů do prostředí jsou osevní postupy, které vylučují nebo snižují podíl nejrizikovějších kultur. Z hlediska podnikatelů v zemědělství představuje hlavní problém výpadek zisku z tržních plodin a nedostatek biomasy pro bioplynové stanice.

6.2.1. Hlavní hlediska pro výběr plodin a doporučených OP

Hlavními hledisky pro výběr plodin a doporučených OP jsou:

- redukce vstupů pesticidů, zvláště herbicidů,
- co nejdelší doba zeleného/rostlinného pokryvu půdy a redukce/eliminace eroze,
- preference plodin a sledů, které zajišťují zvýšený input organické hmoty a oživení půdy, jako prvek zvyšující stabilitu půdního prostředí, mikrobiální aktivitu a lepší degradaci pesticidů a jejich produktů,
- zvýšené zastoupení méně běžných druhů například z čeledi hvězdnicovitých (slunečnice, světlice barvířská), stružkovcovitých (svazenka), miřkovitých (koriandr setý), rdesnovitých (pohanka) a vikvovitých (vlčí bobý, cizrna, úročník, tolíce dětelová, vikev huňatá, seradela-ptačí noha, komonice, vičenec, šírovník růžkatý, vičenec ligrus, hrachor, jetel panonský), u travin např. bojínky, kostřavy, lipnice, trojštět,
- omezení negativních dopadů změny osevních postupů na čistý zisk ve srovnání s OP s vysokým podílem řepky a kukuřice.

Priorita zisku je většinou v rozporu s ostatními prioritami, prakticky je nelze optimalizovat všechny současně. I pěstování tzv. nosných plodin, které spolu s víceletými jetolovinami zlepšují a reprodukují v osevním postupu půdní úrodnost (luskoviny, hnojené okopaniny) s sebou často nese zvýšenou potřebu herbicidů a přípravků chemické ochrany nebo problémy s tržním uplatněním. Současné konvenční zemědělství se bez pesticidů neobejde, ale je možné jejich využití racionalizovat (např. Kocourek a kol., 2016, 2013)

Přímo v podnicích je nezbytné věnovat větší pozornost plošnému (prostorovému) rozmístění plodin z hlediska utváření krajinného prostoru a prvků ekologické stability, vodotečí apod. Současné strojové vybavení umožňuje efektivně aplikovat i malé dávky, lokální aplikaci bez zásahu mimo cílovou plochu a rovněž výběr přípravků a účinných látek umožňuje relativně šetrné aplikace (Kocourek a kol., 2016 aj.). Samozřejmostí je dodržování požadavků agroenvironmentální politiky (Akční program Nitrátové

směrnice, pravidla Greeningu, omezení pro hospodaření v pásmech ochrany vod apod.).

6.2.2. Doba rostlinného pokryvu půdy

Prodloužení rostlinného pokryvu půdy je realizováno vyšším zastoupením plodin na zelené hnojení a strniskových mezplodin, jak přímým výsevem, tak i podsevem do některých plodin. Jako krycí plodiny se nejčastěji využívá jarní ječmen a oves, bob, směsky. Meziplodiny a směsky na zelené hnojení zvyšují input uhlíku do půdy, zlepšují strukturu půdy, potlačují plevele, exudáty a látky v biomase nebo produkty jejího rozkladu v půdě některých druhů a odrůd potlačují původce chorob a škůdce, známé jsou nematocidní účinky čiroku a hořčice. V případě ponechání strniště a mulče vymrzajících druhů mezplodin až do konce zimy a začátku jara se významně redukuje riziko eroze půdy, nejlépe při setí do mulče, ale případná chemická likvidace přezimujících druhů není pro tyto plochy se zvýšenou ochranou žádoucí.

Dále se prodloužení pokryvu půdy realizuje vyšším zastoupením ozimých směsek, ozimů a víceletých píceň. Z hlediska úrodnosti půdy a kvality půdního prostředí jsou nejvhodnější víceleté jeteloviny, ale problémem je odbyt sklizené biomasy.

Systémy minimalizace zpracování půdy jsou sice výhodné z hlediska hospodaření s půdní vodou, eliminace povrchového smyvu, ale vyžadují vyšší vstupy herbicidů a hnojiv.

6.2.3. Alternativní přístupy

V nejbližších letech se bude dále rozšiřovat pěstování (především víceletých druhů) plodin na energetické využití a spalování biomasy, štěpku (topoly aj.) a další technologie (Pastorek a kol., 2004, Petříková a kol., 2006). Nejvýkonnější z energetických plodin je Miscanthus, dále čirok, šťovík OK-2 („Uteuša“), lesknice rákosovitá a další výkonné trávy. V prvních letech růstu po založení plantáží je možné aplikaci herbicidů částečně nahradit mechanickým odplevelením, mulčováním a pěstováním živého mulče,

v dalších letech mají tyto druhy velkou konkurenční schopnost. Výhodou je recyklace živin, trvalý pokryv a zastínění povrchu půdy. Technologie pěstování energetických plodin redukuje povrchový splach a omezují aplikaci pesticidů, avšak doposud ještě nejsou příliš rozšířeny a mohou přinášet organizační i technické problémy.

Podobné problémy představuje převod cílových ploch do režimu ekologického zemědělství, které jinak kompletně řeší problém s pesticidy. Podmínky zavedení a uznání ploch v režimu ekologického zemědělství však nejsou jednoduché. Řadu postupů v alternativních systémech pěstování však lze použít pro redukcii vstupů agrochemikálií v konvenčním zemědělství.

6.2.4. Rámcové osevnické postupy

Jsou navrženy osevnické postupy, sledy plodin pro odlišné výrobní podmínky (podniky se živočišnou výrobou a potřebou velkobjemových krmiv, podniky bez živočišné výroby zaměřené na produkci zrnin, podniky s potřebou biomasy pro bioplynové stanice) s přihlédnutím ke klimatickým podmínkám (teplé a sušší oblasti – cca VT, T1, T2, MT2 x vlhčí, mírně teplé oblasti – cca T3, MT1, MT3). U osevnických sledů je nutné zvolit druhy meziplodin na zelené hnojení a strniskové meziplodiny (přednostně směsky) podle konkrétních stanovištních podmínek, termínu sklizně hlavní plodiny a stavu pozemku, průběhu počasí a následných druhů. Výběr je širší než druhy uvedené v tabulkách níže (tab. č. 5–12). V sušších podmínkách je nutné zvažovat i zásobu vody v půdě a nahradit při časném výsevu vzrůstné druhy (např. hořčice) plodinami s pomalejším růstem na podzim (jednoděložné). U osevnických postupů jsou uvedeny případné agronomické nebo mechanizační/organizační problémy/požadavky a současně jsou doporučena rámcová opatření, např. zvýšené výsevky pro potlačení plevelů, směsi odrůd, postupy pro mechanickou likvidaci plevelů nebo použití biofungicidů (např. Hýsek a kol., 2008).

Jedním z rozhodujících ukazatelů způsobu zpracování půdy je množství a kvalita organické hmoty, ponechané na povrchu půdy. Zejména sláma a posklizňové zbytky představují zdroj infekčního materiálu, který je schopen přezimovat a napadat nově založené porosty. Dalším kritériem je hloubka

zpracování půdy, resp. hloubka zapravení infikované biomasy do půdy. Při klasické orebné technologii dochází k zapravení organické hmoty hlouběji do půdy, kde dochází k jejímu rozkladu bez možnosti uplatnění infekčních částic. U stále více se rozšiřujících technologií s mělkým zpracováním půdy a zejména pak při zakládání porostů přímým setím do nezpracované půdy zůstává značný podíl slámy a posklizňových zbytků na povrchu půdy a je tak zdrojem infekce. Proto je při využívání půdoochranných technologií nutné, aby ponechávaná sláma byla co nejjemněji rozdracena a rovnoměrně rozptýlena po povrchu půdy. Dodání dusíku a následně zasetí meziplodiny podpoří rychlejší destrukci slámy a posklizňových zbytků obilnin.

Efektivní pěstování polních plodin vyžaduje uplatnění agrotechnických a ochranných opatření, která zajistí nejen ekonomicky rentabilní, ale zároveň i zdravou a kvalitní produkci. Vzhledem k redukovanému vstupu pesticidů, je jedním z možných opatření využití biopesticidů. V praxi se využívají především biofungicidy, které mají schopnost potlačovat fytopatogenní houby, parazitickou půdní mikroflóru a tím pozitivně ovlivňovat zdravotní stav porostů (např. Hýsek a kol., 2008). Nejčastěji se aplikují ve směsi s osivem jako suché mořidlo, ale některé je možno využít ve formě postřiku. Využívají se také kombinace biofungicidů s biostimulačními látkami, např. rostlinnými hormony.

V teplejších oblastech ČR lze částečně jako náhradu za kukuřici doporučit sóju, i když se její porosty desikují. U sóji se zemědělci setkávají s některými stresovými faktory, jejichž dopad lze zmírnit aplikací biologicky aktivních látek. Tyto látky se využívají většinou k listové aplikaci, jejich hlavním efektem je zvýšení odolnosti rostlin k vysokým či naopak nízkým teplotám, k vodnímu deficitu, k nadměrným koncentracím těžkých kovů nebo solí, pesticidům i nepříznivému působení bakterií, virů a houbových patogenů.

Tab. č. 5: Osevní postup s produkcí biomasy pro podniky se živočišnou výrobou (skot), teplejší, sušší oblast

	8 honný	6 honný	Krátký sled
1	jarní ječmen nebo bob s podsevem	j.ječmen s podsevem	j.ječmen s podsevem
2	vojtěška nebo směs vikvovitých a travin pro sušší podmínky (tolice, jetel Pramedí, vikve)	vojtěška	směs oz.vikvovitých druhů – oz.pšenice
3	vojtěška – ozimá pšenice	vojtěška – oz.pšenice	oz.pšenice – vymrzající meziplodiny
4	ozimá pšenice – meziplodiny s využitím jako krmivo, aplikace hnoje na zbytky meziplodin	oz.pšenice – krambe, vymrzající meziplodiny	kukuřice nebo čirok (výsev do mulče)
5	plodiny pro živý mulč – kukuřice na siláž do mulče (ponechání strniště)	kukuřice nebo čirok na siláž (výsev do mulče), čirok se nechá obrůstat	
6	slunečnice, svazenka, lupina, štirovník na zeleno nebo semeno – ozimá peluška, krambe, vymrzající směska (koriandr, pohanka, mastňák)	svazenka, lupina, štirovník aj. na semeno – ozimá peluška, vymrzající směska (pohanka aj.)	
7	pohanka, proso, lesknice- aplikace hnoje, ozimá pšenice nebo špalda (pozdější výsev)		
8	ozimá pšenice – svazenka, bér vlašský		

Tab. č. 6: Osevní postup s produkcí biomasy pro podniky se živočišnou výrobou (skot), chladnější, vlhčí oblast

	8 honný	6 honný	Krátký sled
1	oves, jarní ječmen s podsevem	oves s podsevem	oves s podsevem
2	jetel červený s jíllem nebo jinou trávou	směs jetelů s nízkým podílem trav	jetel červený – oz. plodina



TA04020043

	8 honný	6 honný	Krátký sled
3	jetelotravní směska – oz.pšenice, triticale	jetel – oz.pšenice, triticale	oz. pšenice nebo triticale-zelené strniště
4	ozimá pšenice, žito nebo triticale – aplikace hnoje na strniště – rychle rostoucí meziplodiny, hořčice aj.	oz.pšenice, triticale – vymrzající meziplodiny slunečnice, pohanka	bob – svazenka, ředkev nebo hořčice
5	tuřín, krmná řepa, kukuřice na siláž (výsev do mulče) – hořčice, krambe, svazenka	bob – svazenka, ředkev, lesní žito nebo hořčice	kukuřice, širok do mulče – ponechání strniště
6	svazenka aj. minoritní druhy na semeno – ozimá peluška nebo vymrzající směska (koriandr, pohanka, mastňák habešský)	kukuřice na siláž, tuřín, krmná řepa – meziplodina hořčice, svazenka, ředkev	
7	jarní pšenice nebo hořčice – aplikace hnoje na strniště (nižší dávka)		
8	bob na zrno – svazenka, ředkev, krmná brukev/kapusta nebo hořčice- zbytky ponechané do konce zimy		

Přínosy: zachování produkce „cash“ plodin, potlačení plevelů, zlepšená kvalita půdního prostředí, kladná bilance organické hmoty, vyšší druhová diverzita

Kritické body: V případě velmi teplé zimy, kdy mohou rostliny svazenky aj. přezimovat nebo částečně regenerovat, je nutné mulč včas zpracovat mechanicky (zvláště v případě suché zimy a nízké zásoby zimní vláhy) a použít odpovídající technologii výsevu. V případě, že podnik spadá do zranitelné oblasti nitráty, je aplikace hnoje časově omezena.

Výnosy plodin po meziplodinách a zeleném hnojení mohou být nižší, zvláště v případě sucha

Další opatření: Pro potlačení plevelů je nutné využít mechanické postupy likvidace plevelů, opakované zpracování půdy (vláčení, u kuřice a široku i po zasetí před vzejitím, u obilnin i ve fázi 2–3 listů), při setí do širších řádků je možné využít plečkování (kartáčková plečka), u statkových hnojiv musí být zaručena likvidace semen plevelů standardními postupy.

Tab. č. 7: Osevní postup s produkcí biomasy pro podniky se živočišnou výrobou, chladnější a vlhčí oblast (produkce pro potřeby zeleného pásu krmení, produkce suché píče a pastvy)

	8 honný	6 honný
1	jarní ječmen, oves nebo bob s podsevem	j. ječmen nebo oves s podsevem
2	směs travin (jílky aj.) s podílem vikvovitých	směs travin s podílem jetele červeného
3	dočasná louka s možností spásání – zaorávka na konci zimy	dočasná louka s možností spásání (zaorávka drnu na konci zimy)
4	luskoobilná směska na píci nebo sušení – ozimá pšenice	směska podle potřeb živočišné výroby – ozimá pšenice
5	ozimá pšenice – podsev jílek, jetel plazivý nebo meziplodina: směska ředkev olejná, svazenka, hořčice, víkev	ozimá pšenice – svazenka, hořčice, ředkev (ponechání zbytků přes zimu)
6	bob – meziplodina: svazenka, ředkev, krambe nebo hořčice	krmná řepa, krmná mrkev, kapusta, tuřín s podsevem jetele plazivého
7	jarní pšenice - aplikace hnoje (nižší dávka) – vymrzající meziplodina (pohanka, koriandr aj.)	
8	hrách – obrůstající meziplodiny pro podzimní pastvu	

Prínosy: redukce eroze, různorodá produkce pro živočišnou výrobu a pastvu

Kritické body: V případě zaplevelení dočasné louky je nutná dřívější likvidace a výsev směsky na krmení.

Tab. č. 8: Osevní postup s produkcí rostlinné biomasy na plochách s vysokým rizikem eroze, chladnější, vlhčí oblast

	10 honný
1	jarní ječmen, oves nebo bob s podsevem
2	jetelotráva
3	jetelotráva – ozimá pšenice
4	ozimá pšenice – meziplodina: směska ředkev olejná, svazenka, hořčice, vikev – ponechání do konce zimy
5	oves, jarní ječmen s podsevem
6	směs travin (jílky aj.) s podílem vıkvovitých
7	dočasná louka s možností spásání
8	dočasná louka s možností spásání
9	dočasná louka – ozimá pšenice (případně již v 8. roce)
10	ozimá pšenice – ředkev, hořčice, svazenka – ponechání do konce zimy

Tab. č. 9: Osevní postup se zvýšeným inputem organické hmoty a pokryvem půdy, teplejší, sušší oblasti

	8 honný	6 honný
1	jarní ječmen s podsevem vojtěšky nebo vıkvovitých	jarní ječmen s podsevem
2	vojtěška nebo směs vıkvovitých pro sušší podmínky	vojtěška, směsi vıkvovitých pro sušší podmínky
3	vojtěška – oz.pšenice	Jarní pšenice – meziplodiny pro sušší oblasti (slunečnice, pohanka)
4	ozimá pšenice – krambe, vymrzající meziplodiny nebo ponechání strniště a jarní směska	čirok, proso (výsev do mulče) – oz.pšenice (podle termínu sklizně)
5	jarní směska – čirok, proso (ponechání strniště a mulče slámy)	ozimá pšenice nebo jarní pšenice – vymrzající směska
6	luskoviny na zrno (bob, hrách, soja) – meziplodina: slunečnice, pohanka, krambe, hořčice	kukuřice, bér, výsev do mulče (ponechání strniště)
7	jarní pšenice nebo špalda – meziplodina svazenka, peluška, pohanka, koriandr, masťnák a jejich směs	
8	kukuřice nebo čirok (výsev do vymrzlého mulče), bér	

Tab. č. 10: Osevní postup se zvýšeným inputem organické hmoty do půdy, chladnější, vlhčí oblasti

	8 honný	6 honný
1	oves s podsevem	oves s podsevem
2	jetel, směs vikvovitých s trávou	jetel
3	jetel – ozimá pšenice	jetel – ozimá pšenice
4	ozimá pšenice – svazanka nebo hořčice nebo ponechání strniště s mulčem slámy	ozimá pšenice – svazanka nebo hořčice nebo ponechání strniště
5	kukuřice, širok, výsev do mulče – ponechání strniště, svazanka, hořčice, ředkev, krambe	kukuřice – ponechání strniště
6	hrách nebo bob s podsevem jílků nebo meziplodina: svazanka (zapravení na počátku či konci zimy)	bob, hrách – svazanka, hořčice (zapravení na počátku zimy)
7	j. ječmen nebo j.pšenice – podsev jílek, jetel plazivý nebo meziplodiny svazanka, peluška, ředkev, hořčice	
8	kukuřice (výsev do vymrzlého mulče) – ponechání strniště do zimy	

Přínosy: redukce potřeby herbicidů, zlepšená bilance organické hmoty, vyšší druhová diverzita při zachování produkce biomasy pro bioplynové stanice nebo úsušků

Kritické body: V případě přezimování meziplodin je nutné mulč včas zpracovat mechanicky (válení, podmítka, mělčí orba a hlubší kypření) a použít odpovídající technologii výsevu.

Při vysokém tlaku ozimých plevelů nahradit ozimou pšenici jarními druhy, při vysokém výskytu jarních plevelů naopak ozimými druhy. Zohlednit i odrůdové vlastnosti (tolerance a rezistence k chorobám, délka vegetační doby, hustota), vyšší výsevky je nutné používat podle lokality a úrodnosti půdy, předplodiny, náchylnosti k poléhání. Podle potřeby zařadit hlubokou orbu (na počátku zimy).

Při výskytu chorob pat stébel přednostně pěstovat oves, místo ponechání strniště zařadit rychle rostoucí meziplodinu (hořčice, svazanka), nutné je hluboké a rovnoměrné zapravení strniště a slámy.

Výnosy plodin po meziplodinách a zeleném hnojení mohou být nižší, zvláště v případě sucha.

Další opatření: Pro potlačení plevelů je nutné využít běžné nechemické postupy, opakované zpracování půdy, zaklopení hlubokou orbou.

Tab. č. 11:

Tab. č. 11: Osevní sled s vyšším podílem zrnin v podnicích bez živočišné výroby, pro teplejší a sušší podmínky

	7honný	4 honný
1	jarní ječmen – ozimá směska: vikvovitě nebo hořčice (ponechání do zimy)	j.ječmen – ozimá směska vikvovitě, hořčice
2	pohanka, proso – ponechání strniště	pohanka, proso – ponechání strniště
3	hrách – oz.pšenice	hrách – oz.pšenice
4	oz.pšenice – meziplodina pohanka, sléz, vikvovitě, mastnáček a jejich směsky	oz.pšenice – meziplodina pohanka, sléz, vikvovitě a jejich směsky
5	jarní pšenice, laskavec – meziplodina ředkev	
6	soja, pohanka – aplikace kompostu-ozimá pšenice	
7	ozimá pšenice – meziplodina peluška, svazenka	

Tab. č. 12: Osevní sled s vyšším podílem zrnin v podnicích bez živočišné výroby, pro chladnější a vlhčí podmínky

	7 honný	5 honný
1	oves s podsevem	oves s podsevem
2	jetel – oz.pšenice	jetel – oz.pšenice
3	ozimá pšenice – ponechání strniště nebo meziplodiny hořčice, svazenka (zaorávka na konci zimy)	ozimá pšenice – hořčice, ředkev, koriandr, mastnáček
4	hrách – triticales	hrách – triticales
5	triticales – orba příp. s nižší dávkou kompostu	triticales – hořčice, svazenka
6	jarní ječmen – meziplodiny svazenka, peluška, ředkev, hořčice, krambe, koriandr	
7	svazenka na semeno – peluška, širok s hořčicí	

7. Metodika sanace vodních zdrojů před negativními účinky pesticidních látek

Pro výběr nejúčinnějšího způsobu sanace vodního zdroje kontaminovaného pesticidními látkami je nutné provedení klasifikace zdroje vody. Tato klasifikace je základním předpokladem pro vypracování technicko-ekonomické studie (TES) k příslušnému typu zdroje, jež je určující pro stanovení optimální a ekonomicky nejvhodnější technologie eliminace pesticidních látek ze ZHZPV.

Klasifikace zdroje i TES jsou provedeny zejména s cílem objektivního zhodnocení proveditelnosti pasivního (provozně méně technicky náročného i méně nákladného) opatření na vodním zdroji. Z tohoto pohledu je v rámci klasifikace zdroje proveden jeho základní popis s uvedením základních parametrů a potřeb zásobování vodou. Je-li na základě úvodní klasifikace zdroje zhodnocena potenciální proveditelnost pasivního opatření, může být přistoupeno k detailnímu hodnocení proveditelnosti na základě TES.

Zdroje vody se klasifikují dle několika hledisek:

Podle původu jímané vody:

- zdroje povrchových vod
- zdroje podzemních vod

Pro oba typy zdrojů je možné hledat pasivní způsoby řešení.

Podle velikosti odběru:

- zdroje s odběry vody nad 10 000 m³ ročně
- zdroje s odběry vody pod 10 000 m³ ročně

Zdroje s odběry vody nad 10 000m³ budou obtížněji řešitelné pasivním způsobem. Proveditelnost pasivního systému čištění je pak závislá zejména na prostorových možnostech pro instalaci zařízení.

Podle objektů k jejich jímání:

- zdroje – odběry z vodního toku (povrchové tekoucí vody)
- zdroje – odběry z vodního toku vzdutého jezem (povrchové tekoucí vody)
- zdroje – odběry z hladiny vodní nádrže (povrchové vody stojaté)
- zdroje vertikální – trubní - vrtané studny, šachtové - kopané studny (podzemní vody)
- zdroje horizontální – jímací zářezy, štoly, galerie, vodorovné vrty (podzemní vody)
- zdroje plošné – pramenní jímky (podzemní vody)

Pasivní systémy čištění budou obtížně proveditelné na odběrech z povrchových vodních toků.

Podle počtu odběrných míst:

- zdroje s odběrem z jednoho odběrného místa
- zdroje se skupinovým odběrem z více odběrných míst v rámci jednoho jímacího území (typické pro odběr podzemních vod)

Pasivní systém bude v tomto případě řešitelný za předpokladu možnosti svedení odebíraných vod k místu instalovaného pasivního systému. Bude tedy záviset zejména na prostorových možnostech jímacího území.

Technicko-ekonomická studie eliminace pesticidních látek ze ZHŽPV je návrhem variant řešení sanace, hodnocení těchto variant (s ohledem na minimalizaci rizik, ekonomické, technické a sociálně-politické aspekty), doporučení nejvhodnější varianty sanace a jejího zdůvodnění. Výsledkem je přehled reálně použitelných technologií a jejich ocenění.

Technicko-ekonomická studie je zpracována v souladu a s využitím Metodického pokynu MŽP Zásady zpracování studie proveditelnosti opatření pro nápravu závadného stavu kontaminovaných lokalit (Tylčer et al., 2007).

Studie proveditelnosti je podkladem pro odpovědný konečný výběr varianty nápravného opatření k realizaci. Ze studie proveditelnosti vychází

projekt nápravných opatření. Základní význam studie proveditelnosti je v tom, že ještě v předprojektové fázi může významně snížit nejistoty a rizika, spojené s realizací nápravných opatření.

Hodnocené varianty jsou studií proveditelnosti dostatečným způsobem charakterizovány technicky, nákladově a z hlediska svých efektů. Jejich hodnocení, vzájemné porovnání a eliminace jsou prováděny shodným způsobem podle stanovených kritérií. Všechny faktory, uplatňující se při hodnocení variant, jsou ve studii dokumentovány tak, aby si čtenář mohl průběžně vytvářet vlastní názor a posuzovat odůvodněnost vyslovovaných závěrů.

Pro vypracování TES je třeba u specifikovaných vodních zdrojů zhodnotit a provést:

- kvantitativní charakteristiku – informace o vydatnosti zdroje a množství jímáné surové vody,
- kvalitativní charakteristiku – podrobný fyzikální, chemický a mikrobiologický rozbor surové vody včetně údajů o zjištěných pesticidních látkách (identifikace pesticidů, monitoring jejich výskytu),
- specifikaci technických možností čištění vod – stanovení metody sanace vodního zdroje (zhodnocení bude-li možné použít pasivní systémy anebo je nutné použít aktivní způsoby čištění),
- prostorovou analýzu okolí zdroje vody – vyhodnocení prostorových možností blízkého okolí vodního zdroje, určení jak velký pozemek je možné použít pro budoucí technologii čištění vod s ohledem na skutečnost, že pasivní technologie čištění jsou prostorově náročnější než aktivní technologie,
- předběžný topografický, geologický a hydrogeologický průzkum lokality pro výstavbu technologie čištění vod (pasivní technologie vyžadují specifické geologické podmínky lokality, které jsou uvedeny dále v textu),
- zhodnocení ekonomických aspektů – tzn. provedení finanční rozvahy, zda zdroj pitné vody bude čištěn (aktivní nebo pasivní technologií) nebo zda je možné zajistit náhradní zdroj pitné vody.

V rámci TES je nutné zhodnotit, zda je možné zdroj vody čistiť pomocí levnějších pasivních systémů anebo je nutné postavit klasickou aktivní technologii čištění. Pro pasivní systémy je třeba také posoudit, zda jsou v blízkosti zdroje vody dostatečně velké pozemky, kde by bylo možné pasivní systém postavit. Je třeba zvážit optimální situování nádrží pasivního systému včetně orientace jednotlivých sekcí systému tak, aby byla zajištěna co nejvyšší účinnost čištění. Je třeba posoudit topografické, geologické a hydrogeologické podmínky (geologie nesaturevané zóny, úroveň hladiny podzemní vody, hydraulický spád na lokalitě s ohledem na využití gravitace pro pohyb vody v systému).

TES by měla také předběžně vzít v úvahu i případné střety zájmů, které řeší zákon o posuzování vlivu na životní prostředí EIA (zákon č. 100/2001 Sb., příloha 2 – zásady pro zjišťovací řízení).

Vlastní TES je zpracována ve dvou krocích.

1) Prvním krokem je provedeno hrubé porovnání existujících metod řešení. Pro každou potenciálně vhodnou metodu sanace jsou stručně zpracovány následující údaje:

- název,
- princip technologie,
- popis,
- kapacita,
- energetická a surovinová náročnost,
- náročnost na obsluhu a údržbu,
- reference o jejím použití v praxi,
- rizika a vliv na životní prostředí,
- ověření navrhované technologie.

Na základě tohoto hodnocení jsou vybrány dvě až tři potenciálně nejvhodnější metody nebo varianty řešení. Kritériem sestavení variant je především požadavek na splnění cílů opatření, primárně tedy snížení koncentrací pesticidních látek a jejich metabolitů pod limitní hodnoty stanovené příslušnými právními předpisy (vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 83/2014 Sb. novelizující vyhl. č. 252/2004 Sb., kterou se

stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody). Každá varianta je popsána s důrazem na výklad rozdílů vzhledem k ostatním. Prezentovány jsou základní parametry návrhu (např. předpokládaný počet vrtů, jímané množství, počet stupňů čištění, efektivita čištění s ohledem na cílové kontaminanty, provozní, technologická i ekonomická náročnost apod.) a údaje o době potřebné k dosažení cíle nápravného opatření.

2) Následuje druhý krok, který představuje podrobné hodnocení a porovnání variant.

Samotné vyhodnocení je pak prováděno dvěma způsoby:

- vyhodnocením jednotlivých variant podle definovaných kritérií,
- srovnávacím hodnocením variant.

Na základě vyhodnocení je dále provedeno doporučení dalšího postupu prací. Kritéria hodnocení variant sanačních opatření jsou technické, institucionální a ekonomické povahy. Kritéria hodnocení jsou tato:

- Účinnost

je definována mírou spolehlivosti dosažení cílů nápravných opatření. Rovněž je nutné brát v úvahu míru sanačního rizika spojenou s danou metodou nápravného opatření.

- Proveditelnost

představuje technické a administrativní aspekty realizace daného nápravného opatření. Hodnocení proveditelnosti zahrnuje faktory jako např. dostupnost speciálních technologií, zkušenosti s jejich použitím k danému cíli, legislativní náročnost dané technologie apod. V rámci kritéria proveditelnosti je posuzováno i časové hledisko s posuzováním zejména doby pro vyřízení a instalaci technologického zařízení.

- Odhad nákladů

uvažovány relativně (nízké, střední, nebo vysoké), na základě obecných předpokladů a odhadů. Specifikace kvalifikovaných hrubých celkových nákladů na úrovni řádů umožní relativní srovnání jednotlivých variant za účelem vyloučení těch, které jsou výrazně nákladnější než jiné. Je třeba rozlišovat náklady výstavby od nákladů na provoz, údržbu a monitoring.

Před definitivním rozhodováním o realizaci sanačního opatření jsou v co největší míře eliminovány nejistoty, týkající se funkčnosti a proveditelnosti uvažovaných variant a alternativ v podmínkách dané konkrétní lokality a ZHZPV.

7.1. Pasivní technologie čištění

Pasivní technologie čištění vody jsou inovativní technologie čištění vody, které využívají k rozkladu kontaminantu přirozené přírodní procesy založené na fyzikálně-chemických, chemických a biochemických reakcích s využitím gravitační energie místo energie elektrické. Jelikož se jedná v případě pesticidních látek o zcela nové postupy, není možné pro dimenzování takovýchto systémů jednoduše využít údajů z odborné literatury a je třeba pro jednotlivé pesticidní látky daný návrh podložit laboratorními a terénními zkouškami.

Obecně je od aplikace pasivních technologií očekávána nízká provozní náročnost při zachování spolehlivosti systému čištění. Jelikož se jedná o využití přírodních procesů čištění, které mohou být závislé i na klimatických podmínkách, může jejich dimenzování a instalace představovat vyšší časové nároky. V případě problematiky zdrojů pitných vod je však většinou hledáno rychlé řešení problému s cílem zajištění dostatečně kvalitní pitné vody. V takovémto případě je možné uvažovat i o dočasné instalaci aktivní jednotky čištění vod, provozované do doby uvedení do provozu nízkonákladového systému čištění vod.

Výhodami pasivních způsobů čištění oproti klasickým aktivním technologiím jsou nízké náklady na výstavbu, obsluhu a provoz, malé množství vznikajících odpadů, nízká spotřeba podpůrných činidel pro degradaci kontaminace, nízká energetická náročnost. Proto je možné je využívat v odlehlejších oblastech, kde není přístup k elektrické energii.

Určitou nevýhodou pasivních technologií čištění vod je nízká rychlost biologických procesů degradace kontaminantů. Tento nedostatek je možné eliminovat delší dobou zdržení čištěné vody v pasivním systému, větší plochou pasivního systému.

Při projektování pasivních systémů se vychází z následujících poznatků:

- nádrže pasivních systémů jsou většinou obdélníkového tvaru, ale není to podmínka,
- tyto nádrže by měly být z inertního netoxického materiálu, aby nedocházelo k sekundární kontaminaci vody a aby byla voda izolována od okolního prostředí,
- ke zvýšení účinnosti degradace přispívají dobré hydraulické podmínky a rovnoměrné podélné protékání vody celou nádrží,
- výběr metody čištění a vhodného substrátu závisí na druhu kontaminantu (pesticidu) a na zvoleném způsobu jeho odstranění z vody,
- účinnost čištění vod je přímo úměrná velikosti pasivního systému a době zdržení vody v systému.

Způsoby dekontaminace vod pasivními technologiemi v pasivních systémech jsou založeny na přírodních procesech probíhajících v kombinaci aerobních, anaerobních a anoxických podmínek v různých částech technologie.

Čištění vod kontaminovaných pesticidními látkami v pasivních systémech je pak prováděno kombinací fyzikálních (sorpcí), fotochemických (fotolýza), chemických (hydrolytické a oxidačně-redukční reakce) a biochemických (biologické odbourávání organických látek s využitím mikroorganismů, bakterií a hub) procesů.

Mezi fyzikálními metodami a chemickými, fotochemickými a biochemickými metodami využívanými v pasivních systémech je jeden zásadní rozdíl a tím je dočasnost sorpce jako fyzikální metody čištění vod. Za určitých podmínek je pak sorpční kapacita sorbentu prodlužována díky biodegradaci a rozkladu pesticidních látek ze sorbentu. Příkladem přírodních sorpčních materiálů mohou být kromě jílových minerálů i zbytky rostlin, kořenových systémů, ale i rašelina, obilná siláž, kůra, listy, dřevní hmota. Cílem laboratorního testování je tedy nalézt a upřesnit nejvhodnější kombinaci materiálů a postup prací tak, aby bylo maximálně využito samočisticí schopnosti a dosaženo maximální životnosti použitých sorbentů.

Degradace pesticidů spočívá v jejich transformaci a následných změnách molekulární struktury, ke kterým dochází v chemických, fotochemických a biologických procesech. Poločas rozpadu pesticidů v prostředí je ovlivněn jejich reaktivitou v abiotických (fotolýza, hydrolýza, oxidačně-redukční reakce) a biotických (biodegradace, metabolická potřeba mikroorganismů) procesech.

Pro biodegradace pesticidů je významným problémem biologická dostupnost pesticidů v prostředí. Biologickou dostupností se myslí podíl pesticidů, které jsou volné, dostupné pro biodegradaci. Většinou není kontaminant pro biodegradaci volný, ale je vázaný na jílové minerály (často poměrně pevně). Je-li vazba příliš pevná, organismus není schopen tento kontaminant rozkládat a ten pak zůstává v prostředí. Stejně tak nemůže být biologicky rozložen pesticid, který je vázán poměrně slabě, ale v místě, kam se malé bakteriální buňky nevejdou a nemohou jej metabolizovat. Biologická dostupnost kontaminantů souvisí s jejich rozpustností ve vodě a s rozdělovacím koeficientem mezi oktanolem a vodou. Čím je látka rozpustnější a hydrofilnější, tím je biologicky dostupnější. Zvýšit biologickou dostupnost lze pomocí netoxických detergentů. Dalším problémem biodegradace je dostupnost živin – zejména minerálních živin, vody a kyslíku. Pro úspěšnou biodegradaci pesticidů je třeba zabezpečit dostatek těchto látek. Dimenzování sorbční směsi je provedeno právě na základě laboratorních zkoušek, na základě dosahované účinnosti biosorbčního procesu.

Pro striktně aerobní mikroorganismy v provzdušněné části filtru jsou zdrojem uhlíku a energie čistě aerobní procesy, kdy jsou pesticidy mineralizovány na oxid uhličitý za současně spotřeby vzdušného kyslíku v provzdušněné zemině. V zaplavené půdě saturované zóny zemin mohou být aerobní mikroorganismy nahrazovány anaerobními, které při respiraci jako konečný akceptor elektronů využívají místo kyslíku jinou látku přítomnou společně s pesticidy v kontaminovaném prostředí. Mezi takové látky patří nitráty (přeměna na nitrit nebo až na volný dusík), sulfáty (jejich redukci vznikají hydrogensulfidy), CO₂ (přeměna na CH₄) a některé ionty kovů jako jsou Fe, Mn, Se atd. Vedle anaerobní respirace mohou v anaerobním prostředí probíhat fermentační procesy, kdy jsou do prostředí uvolňovány také meziprodukty rozkladu organické hmoty, jako jsou alkoholy, ketony a organické kyseliny.

Výběr vhodné metody čištění vod v pasivních systémech se provede na základě druhu pesticidu a dále na základě geochemie čištěných vod. Pro vyšší účinnost dekontaminace vod se při výběru optimální kombinace metod čištění pokud možno zachovávají přírodní geochemické podmínky vstupní vody a to alespoň na začátku projektovaného pasivního systému, tedy např. je-li vstupní voda v oxidačních podmínkách, pak na začátku pasivního systému minimálně v první nádrži budou také zachovány oxidační podmínky.

Důležitým kritériem pro ověření uplatnění pasivní technologie je zjištění prostorových podmínek na dané lokalitě. Jak bylo uvedeno výše, v případě pasivních systémů čištění vod jsou větší nároky na plochu, ve které je možné systém umístit. Při vyšších vstupních koncentracích nebo při vyšších průtocích je třeba poměrně velké plochy pro výstavbu. Pro úspěšnou dekontaminaci vod v pasivních systémech jsou rozhodující dva faktory – kinetika procesu dekontaminace vod a retenční čas, který je úzce svázán s průtokem čištěné vody a plochou pasivního systému. Tyto faktory se ověří laboratorními a terénními zkouškami.

Adekvátní doba zdržení kontaminované vody závisí na kvalitě a množství sledovaných pesticidů. Vybraná plocha pro realizaci systému by měla disponovat i rezervou pro jeho případné budoucí rozšíření (např.



TA04020043

naplánováním přídatných segmentů v případě změn v kvalitě a množství vod).

Návrh pasivního systému se provede na základě posouzení topografických parametrů území, které jsou určující pro plánování tvaru a orientace systému. Cílem je v tomto případě využití přirozeného spádu pro odtok vody a minimalizace technických prvků, které dále mohou být předmětem poruch a závad, vyžadujících zvýšenou míru údržby.

Na výstupu z pasivní technologie za poslední stupeň čištění pitných vod je třeba zařadit filtrační a hygienizační stupeň úpravy pitné vody, který zajišťuje chloraci vody před vstupem do vodovodního řadu.

Laboratorní a terénní poloprovozní ověření

Laboratorními testy se ověří účinnosti vybraných metod odbourávání pesticidů pro vodu odebranou z kontaminovaného zdroje pitné vody. Laboratorní zkoušky jsou nezbytné, protože až na výjimky nejsou dostupné údaje o degradaci jednotlivých pesticidů v literatuře. Navíc dostupné hodnoty z literatury jsou platné jen pro lokální podmínky, pro které byly laboratorní zkoušky prováděny.

Na základě laboratorních testů se ověří účinnost fyzikálních, chemických, fotochemických, biochemických metod a dokumentuje kinetika procesu odbourávání.

Laboratorní testy přinášejí oproti testům v reálném prostředí některá podstatná zjednodušení: idealizovaný poměr voda/zemina, intenzivní kontakt mezi fázemi a činidlem při třepání, dále jsou většinou prováděny při laboratorní teplotě. Tyto faktory způsobují, že reakce probíhají s větší intenzitou (rychlostí, účinností) a tuto skutečnost je nutné mít na zřeteli při návrhu poloprovozních pilotních testů pro vybrané nejúčinnější metody.

Na laboratorní testy navazují terénní poloprovozní zkoušky. Poloprovozní technologie se navrhne podle výsledků průzkumů přírodních poměrů (morfologických, geologických a hydrogeologických poměrů) a postaví co nejbližší u zdroje pitných vod v místě budoucí finální technologie.

Hlavním cílem terénních pilotních zkoušek je nalezení optimálních podmínek pro provedení provozní aplikace na zájmové lokalitě, a to zejména ověření způsobu a technologických parametrů aplikace činidla a kapacity navrhovaných zařízení. Při testu samotném se sleduje kinetika úbytku kontaminace, změna koncentrací dalších vybraných organických a anorganických látek, chemismus případně mikrobiální aktivita. Ze závěrů laboratorních testů se vyberou takové metody čištění vod, které zajišťují spolehlivé výsledky čištění vod s dostatečnou účinností.

Je-li na základě laboratorních testů vybráno více metod čištění, provede se souběžná zkouška jednotlivých metod tak, aby bylo možné monitorovat kvalitu vod v jednotlivých stupních (nádržích).

Monitoring poloprovozní technologie by měl trvat nejméně 1 rok tak, aby byly zajištěny informace o kvalitě vod za různých klimatických podmínek (jaro, léto, podzim, zima). Optimální doba poloprovozního monitoringu jsou 2 roky. V rámci poloprovozního zkoušení technologie je na základě nepříznivých výsledků monitoringu možné provádět i úpravy a optimalizace jednotlivých technologií a technologických celků.

Na konci poloprovozního provozu jsou známy následující výstupy:

- metody čištění a náplně jednotlivých technologických celků,
- konfigurace technologických celků,
- orientace jednotlivých nádrží tak, aby byly zajištěny co nejlepší hydraulické poměry protékání jednotlivých technologických celků,
- stanovení technologických parametrů (průtoky, účinnosti, plocha a velikost finálního pasivního systému).

Projekt, stavba, provoz zařízení

Na základě úspěšných pilotních poloprovozních zkoušek jsou v případě dosažení uspokojivých účinností odstraňování pesticidů z vod definována kritéria pasivního systému čištění:

- maximální a minimální průtok
- účinnost, resp. dobu zdržení vody v pasivním systému
- velikost pasivního systému a jeho uspořádání

- metody a způsoby odstraňování kontaminantu z vody

Až na základě znalosti těchto parametrů je navržen, vyprojektován a postaven systém s trvalou pasivní technologií čištění pesticidních látek z kontaminovaného vodního zdroje.

Po výstavbě trvalé čistírny vod se zahájí zkušební provoz včetně několikaletého monitoringu kvality výstupních vod z pasivní technologie tak, aby výstupní voda splňovala legislativní požadavky na pitnou vodu.

7.2. Aktivní technologie čištění na zdroji

Aktivní technologie jsou konvenční, v současnosti nejčastěji používané technologie dekontaminace pesticidních látek na zdrojích pitných vod. K jejich aplikaci je přistoupeno v případě, že z hodnocení TES zpracované pro příslušný ZHZPV vyplývá, že realizace pasivního (provozně méně technicky náročného i méně nákladného) opatření na vodním zdroji není možná. Použití aktivní technologie je rovněž nutné v případě, kdy TES sice realizaci pasivního systému doporučí, ale při ověřování podmínek pro pasivní systém (prostor, geochemie, časové hledisko dosažení podlimitních koncentrací) se prokáže, že jsou tyto podmínky pro pasivní řešení nevyhovující.

Volba aktivní technologie resp. metody čištění (fyzikální – sorpce, reverzní osmóza, ultrafiltrace; chemické – oxidace; fotochemické – rozklad UV zářením) závisí na kvalitativním složení identifikovaných pesticidů či metabolitů pesticidních látek a na jejich kvantitativním zatížení daného ZHZPV.

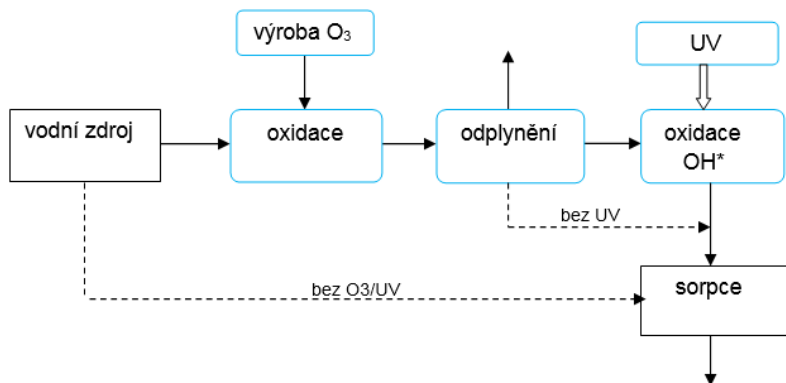
Pro dekontaminaci pitných vod znečištěných pesticidy atrazin, cyanazin, metribuzin, simazin, alachlor, metolachlor, pendimethalin a další se použije metoda sorpce na vhodné sorpční materiály (např. aktivní uhlí). Účinnost odstraňování pesticidů touto metodou se pohybuje mezi 50–99 %. Jednoznačně se prokazuje růst účinnosti se zvyšujícím se poměrem množství sorbentu/voda.

Sorpční procesy, zejména na aktivním uhlí, jsou z hlediska dlouhodobě používaných a ověřených technologických postupů odstranění pesticidů z pitné vody v průmyslovém měřítku v současné době nejúčinnější a zřejmě nejuniverzálnější metodou čištění. Ve specifických případech jsou doplněny předřazenou oxidací vod ozonem, případně ozonem a UV zářením (viz obr. č. 5).

Dle kvalitativního a kvantitativního zatížení vod pesticidy, ale i dalšími sorbovatelnými látkami se volí jeden z variantních postupů:

- sorpce pesticidů na aktivním uhlí,
- oxidace vody ozonem a sorpce zbytkových pesticidů a produktů jejich rozkladu na aktivním uhlí,
- oxidace vody ozonem za přítomnosti UV záření a sorpce zbytkových pesticidů a produktů jejich rozkladu na aktivním uhlí.

Lze konstatovat, že účinnost uvedených variant z hlediska odstraňování pesticidů roste v uvedeném pořadí, nicméně současně také roste jejich ekonomická náročnost.



Obr. č. 5: Aktivní technologie čištění vodního zdroje od pesticidních látek

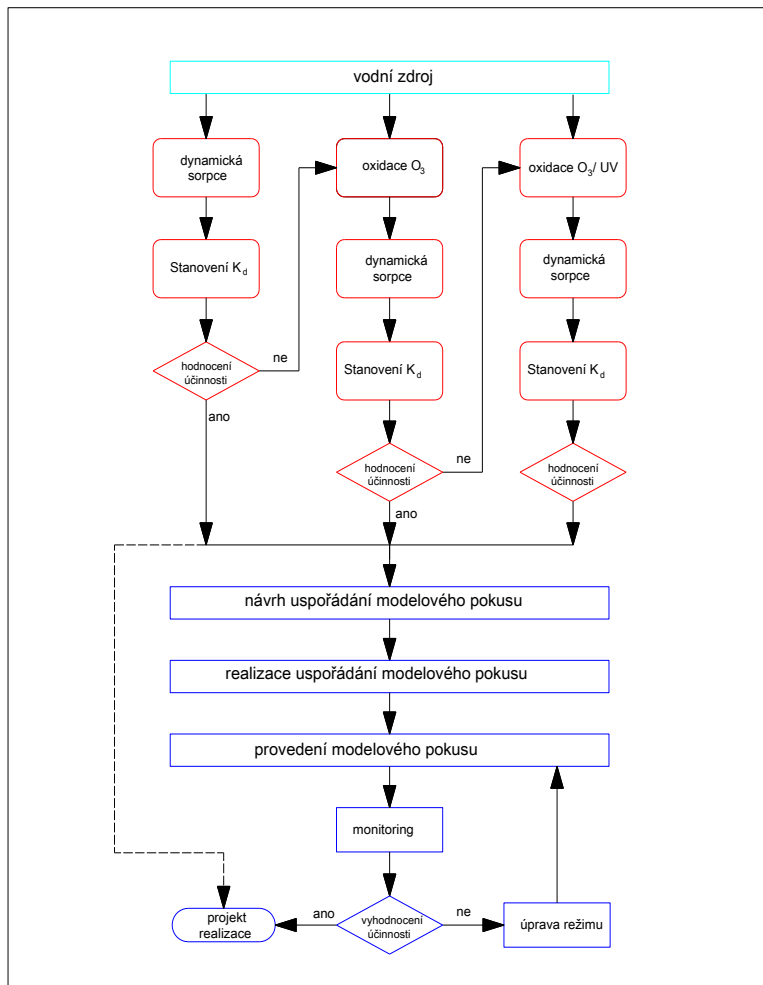


TA04020043



Pesticidy ze skupin triaziny, acetanilidy, chlorované organické látky, organofosfáty, močovina a karbamáty lze odstraňovat reverzní osmózou. Vzhledem k velikosti molekuly většiny pesticidů je dosahováno vysoké účinnosti, ovšem společně s dalšími rozpuštěnými látkami. Účinnosti dekontaminace u těchto skupin pesticidů byly zjištěny v rozmezí 85–100 %, v závislosti na charakteru membrány. Membránové technologie vykazují sice vysokou účinnost, problémem jako u mnoha obdobných aplikací je vedle vysokých provozních a investičních nároků likvidace koncentrátů a doplnění minerálů do vody. Analogickou metodou je odstranění pesticidů ultrafiltrací, při jejím použití pro odstraňování pesticidů je však dosahováno nižší účinnosti než při použití reverzní osmózy.

Po zvolení resp. návrhu použití příslušné metody čištění je před vlastní realizací finálního čistícího zařízení nejprve třeba provést laboratorní ověření technologie. Teoretický rozbor možných aktivních technologií sanace vodního zdroje nebo statické laboratorní metody nejsou reálnou cestou získání relevantních údajů pro poloprovodní (modelové) zařízení nebo dokonce projekt provozního zařízení. Je třeba realizovat laboratorní zařízení, které modeluje provoz formou výstavby jednoduché jednotky v laboratorním měřítku, instalované přímo na vodním zdroji. Schéma získávání potřebných údajů je uvedeno na obr. č. 6. Je nutno konstatovat, že tento postup je poměrně časově náročný. Z laboratorního zařízení je možné získat dostatečné údaje pro návrh technologie s omezenou kapacitou upravovaného množství vod (řádově v m³/hod). V případě vyššího požadovaného množství čištěných vod je nutná realizace poloprovodního zařízení, které umožní spolehlivé modelování konečné kapacity vody.



Obr. č. 6: Schéma získání technologických podkladů sanace

Pozn.: K_d – rozdělovací koeficient pevná fáze - voda

$K_d = x/c$, kde x ... množství látky adsorbované na jednotku hmotnosti ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

c ... množství rozpuštěné látky v roztoku ($\mu\text{g}/\text{l}$)



TA04020043



Na základě výsledků pilotních poloprovozních zkoušek se navrhne, vyprojektuje a postaví trvalá aktivní technologie čištění pesticidních látek z kontaminovaného vodního zdroje.

Po výstavbě trvalé čistírny vod je třeba zahájit zkušební provoz včetně několikaletého monitoringu kvality výstupních vod z technologie.

7.3. Zajištění nového zdroje vody

Další možností řešení zatížení ZHZPV pesticidními látkami je náhrada stávajícího kontaminovaného zdroje novým zdrojem vody. Podklady k takovému rozhodnutí poskytne TES (viz výše v textu), která je zpracována na samém počátku procesu návrhu možností sanace vodního zdroje a je určující pro stanovení optimálního a ekonomicky nejvhodnějšího řešení.

Zajištění nového vodního zdroje může být obtížnější a nákladnější projekt než samotné čištění pitných vod na úpravně. Realizace aktivní nebo pasivní jednotky čištění může být i dočasným krokem do doby vybudování nového vodního zdroje.

Zajištění nového zdroje pitné vody představuje kromě posouzení dostupné infrastruktury posouzení vodohospodářské a hydrogeologické. V případě kladných stanovisek je zapotřebí zpracování projektové dokumentace a vodoprávní řízení dle platné legislativy. Po získání stanovisek, souhlasů a rozhodnutí a zajištění financování realizace je možné zahájit vlastní budování vodního zdroje a následně jeho provozování.

Vývojový diagram celkového metodického postupu sanace vodního zdroje před pesticidy je uveden v příloze č. 1.



TA04020043



III. Srovnání „novosti postupů“

oproti původní metodice, případně jejich zdůvodnění, pokud se bude jednat o novou neznámou metodiku (§ 2, odst. 1, písm. b) a písm. c) zákona č. 130/2002 Sb.)

Novost předkládané metodiky spočívá v tom, že sjednocuje stávající obecné a zavedené postupy aplikované pro průzkum znečištění půdního a horninového prostředí při zakomponování specifických vlastností pesticidních látek a snaží se nabídnout ucelený systémový postup vedoucí k rychlému a efektivnímu nalezení zdroje kontaminace přípravky na ochranu rostlin.

Uplatnění metodiky se předpokládá zejména ve vodárenství, především v případě provozovatelů zdrojů hromadného zásobování obyvatelstva pitnou vodou, a to ať už jako pomůcka při řešení výskytu konkrétní kontaminace zdroje pesticidů, tak rovněž z preventivních důvodů předcházení těmto situacím.

Príslušná diagnostika a metodika by měly plnit úlohu preventivní, indikační, ale i provozně ozdravnou ve snaze být schopny odhadnout míru rizik, jak pro zdraví člověka, tak případně i další biotu na úrovni jedince, populace druhu či i ekosystému.

Stanovení odpovědnosti za znečištění, které se může projevit prakticky ihned po aplikaci pesticidního přípravku, často však i po několika letech nebo i později, se v praxi může ukázat jako velmi obtížné. Realizace nápravného opatření může přitom být též finančně, technicky i časově velmi náročná.



TA04020043



IV. Popis uplatnění Certifikované metodiky

informace pro koho je určena a jakým způsobem bude uplatněna

Nově získané poznatky budou přenášeny i do strategických materiálů v gesci Ministerstva zemědělství a Státní rostlinolékařské správy (viz Registr přípravků na ochranu rostlin). Databáze zahrnuje přípravky registrované v České republice a souběžně dovážené přípravky na ochranu rostlin podle zákona č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči.

Předkládaná metodika zohledňuje závěry a doporučení Národního akčního plánu (NAP; <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/udrzitelne-pouzivani-pesticidu/narodni-akcni-plan-cr-nap/>) k zajištění udržitelného používání pesticidů v ČR, který obsahuje implementaci směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/128/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů.

Jednou z metod, zmíněných v NAP, které by měly být využity pro zajištění plnění dílčích cílů NAP, je stanovení prostorově a časově definovaného vymezení pozemků, na kterých používání přípravků pro ochranu rostlin představuje vyšší riziko pro necílové organismy a prostředí (tzv. „hot spot management“). Řešení navrhovaného projektu je dále v souladu s požadavkem NAP – zlepšení osvěty a komunikace mezi profesionálními uživateli přípravků hospodařícími na pozemcích, na nichž jsou vymezeny ochranné vzdálenosti od zdrojů vod, vodoprávními úřady, vodohospodáři i veřejností.

Dopady přítomnosti zvýšených koncentrací pesticidních látek ve vodách se projevují jak v lokálním měřítku, tak i v níže ležících vodních útvech (nádržích) a tedy se dotýkají nejen uživatelů předmětného území (zemědělci, vlastníci půdy), ale i správců vodních toků, či nádrží a celé společnosti z hlediska kvality života.



TA04020043



V. Ekonomické aspekty

vyčíslení (v tis. Kč) nákladů na zavedení postupů uvedených v metodice
a vyčíslení (v tis. Kč) ekonomického přínosu pro uživatele

Uvedení této metodiky do praxe bude mít nepřímé ekonomické dopady v oblasti úpravy surové vody na vodu pitnou, dojde ke snížení respektive nezvyšování nákladů na úpravu vod. Tento faktor se pozitivně promítne do cen vodného pro právní subjekty i fyzické osoby, což má i sociální rozměr implementace této metodiky do praxe. S tím souvisí i snížení zdravotních rizik obyvatelstva vyvolaných zdravotně závadnou pitnou vodou.

Zároveň dojde k zefektivnění a sjednocení volby vhodného postupu sanace zdroje pesticidů komplexním přístupem

Zvýšené provozní náklady na úpravu surové vody na vodu pitnou z hlediska odstraňování pesticidních látek **představují 0,4-0,7 Kč/m³**.

Příklad:

Při předpokládané produkci pitné vody vodárnou Káraný v objemu 12,5 mil. m³ za rok, lze při aplikaci výše uvedených metodických postupů vyčíslit úsporu řádově 5-8,75 mil. Kč ročně.

VI. Závěr

Certifikovaná metodika popisuje soubor metodických kroků vedoucích k řešení zátěže zdrojů hromadného zásobování pitnou vodou pesticidními látkami. Základní přínosy metodiky lze rozdělit na:

- zlepšení systému monitoringu a kontroly výskytu pesticidních látek ve zdrojích zásobování pitnou vodou,

- vytvoření kategorizace zdrojů a vyhodnocení rizikovosti a vlivů sledovaných látek,

- způsoby detekce, monitoringu a sanace pesticidních látek přímo na zdroji pitné vody nebo ve zdrojové oblasti potenciální kontaminace.

Aplikace souboru technik a metodických diagnostických a interpretačních postupů přímo v uživatelské praxi přinese:

- snížení rizik kontaminace povrchových a podzemních vod prostředky na ochranu rostlin,

- snížení rizik a potenciálního zlepšení zdravotního stavu populace;

- zvýšení a zajištění trvalé jakosti pitné vody v potřebném množství, přijetím jednak preventivních, tak i technických opatření v infiltračních oblastech i v místě zdroje a úpravní pitné vody;

- optimalizaci nákladů na úpravu a dekontaminaci pitné vody;

- vytvoření nových pracovních míst (specializované laboratoře, výrobci filtrů a úpraven pitné vody).

Výše uvedené přínosy povedou ke zvyšování kvality životního prostředí v oblastech ochrany vod a ve vodním hospodářství ve vazbě na zemědělské hospodaření.



TA04020043



Seznam použitých zkratk

BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
ČR	Česká republika
ČSN	česká technická norma
DDT	dichlordifenyltrichlorethan
ECD	detektor elektronového záchytu (Electron Capture Detector)
EDB	ethylen dibromid
EIA	vyhodnocení vlivů na životní prostředí (Environmental Impact Assessment)
EPA	Agentura pro ochranu životního prostředí (Environmental Protection Agency)
EP	Evropský parlament
ES	Evropské společenství
GC	plynová chromatografie (Gas Chromatography)
HPJ	hlavní půdní jednotka
HPV	hladina podzemní vody
K _a	disociační konstanta
K _d	rozdělovací koeficient pevná fáze-voda
K _{OC}	rozdělovací koeficient na organický uhlík
K _{OW}	rozdělovací koeficient oktanol-voda
KÚ	krajský úřad
KVK	kationtová výměnná kapacita
LC	kapalinová chromatografie (Liquid Chromatography)
LLE	extrakce kapalina-kapalina (Liquid-Liquid Extraction)
MCPA	4-chloro-2-methylfenoxyoctová kyselina
MCPB	4-(4-chloro-2-methylfenoxy)butanová kyselina
MCP	2-(2-methyl-4-chlorofenoxy) propionová kyselina
MP	metodický pokyn



TA04020043



MRL	maximální limity reziduí pesticidů (Maximum Residue Levels)
MRM	MRM přechod - vícenásobná reakce (Multiple Reaction Monitoring)
MS	hmotnostní spektrometr (Mass Spectrometer)
MZd	Ministerstvo zdravotnictví ČR
MZe	Ministerstvo zemědělství ČR
MŽP	Ministerstvo životního prostředí ČR
NAP	Národní akční plán pro pesticidy
NV	nařízení vlády
OP	osevní postupy
OPVZ	ochranné pásmo vodního zdroje
PAU	polyaromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenyly
PCDD/F	polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany
pH	vodíkový exponent
POCIS	Polar Organic Chemical Integrative Sampler
POPs	persistentní organické látky
PPL	pomocné půdní látky
PRC	Performance Reference Compound
SPE	extrakce na tuhou fázi (Solid Phase Extraction)
SPMD	Semi-Permeable Membrane Device
SZÚ	Státní zdravotní ústav
TES	technicko-ekonomická studie
TTP	trvalý travní porost
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
UV	ultrafialové (záření)
ZHZPV	zdroj hromadného zásobování pitnou vodou
ZOD	zranitelné oblasti dusičnany



TA04020043



Seznam tabulek

Tab. č. 1: Doporučená pratotechnika na extenzivních loukách.....	37
Tab. č. 2: Doporučená pratotechnika na extenzivních pastvinách	38
Tab. č. 3: Doporučená pratotechnika na polointenzivních loukách	39
Tab. č. 4: Doporučená pratotechnika na polointenzivních pastvinách.....	41
Tab. č. 5: Osevní postup s produkcí biomasy pro podniky se živočišnou výrobou (skot), teplejší, sušší oblast.....	49
Tab. č. 6: Osevní postup s produkcí biomasy pro podniky se živočišnou výrobou (skot), chladnější, vlhčí oblast	49
Tab. č. 7: Osevní postup s produkcí biomasy pro podniky se živočišnou výrobou, chladnější a vlhčí oblast)	51
Tab. č. 8: Osevní postup s produkcí rostlinné biomasy na plochách s vysokým rizikem eroze, chladnější, vlhčí oblast	52
Tab. č. 9: Osevní postup se zvýšeným inputem organické hmoty a pokryvem půdy, teplejší, sušší oblasti	52
Tab. č. 10: Osevní postup se zvýšeným inputem organické hmoty do půdy, chladnější, vlhčí oblasti	53
Tab. č. 11: Osevní sled s vyšším podílem zrnin v podnicích bez živočišné výroby, pro teplejší a sušší podmínky.....	54
Tab. č. 12: Osevní sled s vyšším podílem zrnin v podnicích bez živočišné výroby, pro chladnější a vlhčí podmínky.....	54

Seznam obrázků

Obr. č. 1: Držák membrány a koš pro odběry vzorků ze silně znečištěných vod.....	25
Obr. č. 2: Držák semipermeabilní membrány	25
Obr. č. 3: Vzorkovač POCIS / držák vzorkovačů POCIS.....	26
Obr. č. 4: Koš pro např. dvě patra vzorkovačů POCIS a jedno patro SPMD	26
Obr. č. 5: Aktivní technologie čištění vodního zdroje od pesticidních látek	67
Obr. č. 6: Schéma získání technologických podkladů sanace.....	69



TA04020043



Seznam použité literatury

Alvarez, D.A., Petty, J.D., Huckins, J.N., Jones-Lepp, T.L., Getting, D.T., Goddard, J.P., Manahan, S.E. 2004. Development of a passive, in situ, integrative sampler for hydrophilic organic contaminants in aquatic environments. *Environ. Toxicol. Chem.* 23:1640-1648.

Bhardwaj, A. K., Shainberg, I., Goldstein, D., et al. 2007. Water retention and hydraulic conductivity of cross-linked polyacrylamides in sandy soils. *Soil Science Society of America Journal*, 2007, 71, s. 406–412.

Boithias, L. et al. 2011. Occurrence of metolachlor and trifluralin losses in the Save river agricultural catchment during floods. *J Hazard Mater*, 196, 210–219.

Doskočil, L., Grasset, L., Enev, V., Kalina, L., Pekař M. 2015. Study of waterextractable fractions from South Moravian lignite. *Environmental Earth Sciences*, 2015, vol. 73, no. 7, p. 3873-3885. ISSN: 1866-6280.

Doskočil, L., Grasset, L., Válková, D., Pekař, M. 2014. Hydrogen peroxide oxidation of humic acids and lignite. *Fuel*, 2014, vol. 134, p. 406-413. ISSN 0016-2361.

Doskočil, L., Pekař, M. 2012. Removal of metal ions from multi-component mixture using natural lignite. *Fuel Processing Technology*, 2012, vol. 101, p. 29-34. ISSN 0378-3820.

Fausser, P., et al. 2008. Predicted Concentrations for Pesticides in Drainage Dominated Catchments. *Water Air Soil Pollut*, 187, 149–156.

Fiala, J. 2002. Současné systémy obhospodařování travních porostů – (1. část), *Úroda* 6: 9-11.

Fučík, P.; Kvítek, T.; Lexa, M.; Novák, P.; Bílková, A. 2008. Assessing the Stream Water Quality Dynamics in Connection with Land Use in Agricultural Catchments of Different Scales. *Soil & Water Res.* 3, 98–112.

Goswami, D., Kalita P. K., Cooke R. A. C., Mcisaac G. F. 2009. Nitrate-N loadings through subsurface environment to agricultural drainage ditches in two flat Midwestern (USA) watersheds. *Agricultural Water Management*, 96: 1021–1030.

Griffiths, B. S., Hallett, P. D., Kuan, H.L., Gregory, A. S., Watts, C. W., Whitmore, A. P. 2008. Functional resilience of soil microbial communities depends on both soil structure and microbial community composition. *Biol. Fertil. Soils* 44: 745-754.



TA04020043



- Gustafson, D.I. 1989. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability, *Environ. Toxicol. Chem.* 8, 339–537.
- Hauck, J., Schleyer, Ch., Winkler, K. J., Maes, J., 2014. Shades of Greening: Reviewing the Impact of the new EU Agricultural Policy on Ecosystem Services. *Change Adaptation Socioecological Systems*, 1: 51–62.
- Havelcová, M., Mizera, J., Sýkorová, I., Pekař, M. 2009. Sorption of metal ions on lignite and the derived humic substances. *J. Hazard. Mater.*, 2009, vol. 161, no. 1, p. 559–564. ISSN 0304-3894.
- Heathwaite, A. L., Griffiths, P. 1998. Nitrogen and phosphorus in runoff from grassland with buffer strips following application of fertilizers and manures. *Soil use and management* 14 (3): 142 – 148.
- Hejduk, S. 2007. Ekosystém trávníků. In *Travní porost jako krajinný prvek*. Brno: MZLU v Brně, 2007, s 45–50. ISBN 978–80–7375–045–9.
- Hönigová, I., Vačkář, D., Lorencová, E., Melichar, J., Götzl, M., Sonderegger, G., Oušková, V., Hošek, M., Chobot, K., 2012. Survey on grassland ecosystem services - Report of the European Topic Centre on Biological Diversity. Nature conservation agency of the Czech Republic, p. 78.
- Huckins, J.N., Petty, J.D., and Booiij, K. 2006. *Monitors of organic chemicals in the environment - semipermeable membrane devices*. Springer, New York.
- Hýsek, J., Vach, M., Javůrek, M. 2008. *Biologická ochrana proti houbovým fytopatogenům* Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 22 s.
- ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council) 2005. *Technology Overview of Passive Sampler Technologies. DSP-4*. Washington, D. C.: Interstate Technology & Regulatory Council, Authoring Team.
- Janglová, R., Kvítek, T., Novák, P., 2003. Categorisation of soil infiltration capacity based on GIS proceeding of soil survey data (In Czech). *Soil and Water Scientific Studies* 2: 61–81.
- Kerle, E.A., Jenkins, J.J. and Vogue, P.A. 2007. *Understanding pesticide persistence and mobility for groundwater and surface water protection*. Oregon State University Extension Services, EM8561-E.
- Kocourek, F., Holý, K., Abrham, Z., Scheufler, V. 2013. *Expertní systém pro rozhodování o ochraně rostlin podle ekonomických prahů škodlivosti*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., AG info, s.r.o., 2013, <http://www.aginfo.cz/joomla/index.php/programy/eps>.



TA04020043



Kocourek, F., Stará, J., Jursík, M., Hamouz, P. 2016. Expertní systém pro regulaci pesticidů pro nízkoreziduální a bezreziduální produkci ovoce a zeleniny. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Česká zemědělská univerzita v Praze, AG-info, s.r.o. <http://www.aginfo.cz/joomla/index.php/programy/eps>

Kodešová, R. et al. 2009. Impact of varying soil structure on transport processes in different diagnostic horizons of three soil types. *J Contam Hydrol*, 104, 107–125.

Kvítek, T.; Doležal, F. 2003. Vodní a živinný režim povodí Kopaninského toku na Českomoravské vrchovině. *Acta Hydrologica Slovaca*, 2, 255-264.

Kvítek, T.; Fučík, P.; Novák, P.; Novotný, I.; Kaplická, M.; Žižala, D. 2008. Identifikace potenciálních zdrojových lokalit plošného zemědělského znečištění - standardizovaný podklad pro projektování komplexních pozemkových úprav. *Metodika, VUMOP, v.v.i.*, 34 s., ISBN 978-80-904027-3-7.

Lennartz, B. 1999. Variation of herbicide transport parameters within a single field and its relation to water flux and soil properties. *Geoderma* 91, 327–345.

Liška, M., Duras, J. 2011. VN Švihov - monitoring kvality vody v povodí a jeho výsledky. *Vodní hospodářství*, 3/2011: 93-98.

Mašát a kol. 2002. *Metodika vymezení a mapování BPEJ*. Praha: MZE a VUMOP. ISBN 80-238-9095-6. 113s.

Miller, Gt. 2002. *Living with the Environment (12th Edition)*. Wadsworth/Thomson Learning. Belmont, CA.

Novák, P., Dvořáková, E., Micheliček, E., Slavík J., Hartlová L. 2010. Metodika konstrukce syntetických map potenciální zranitelnosti podzemních vod pro území České republiky. *Geodetický a kartografický obzor* 9: 189–193.

Novák, P., Slavík, J., Nováková, E., Michlíček, E., Hartlová, L., Herrmann, Z., Macků, J., Brant, V. 2012. Metodický postup tvorby syntetické mapy zranitelnosti podzemních vod. *Metodika. VUMOP, v.v.i.*, 44 s. ISBN 978-80-87361-19-1.

Pandey, S. P., Cameron, K. C., Dakers, A. J. 1992. Nitrogen leaching losses from pig slurry applied to a shallow soil. *Bioresource Technology* 41 (3): 251-258.

Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P. 2004. Biomasa – obnovitelný zdroj energie. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., 286 s. ISBN 80-85634-06-5

Pekař, M., Kislínger, J., Klučáková, M. 2011. Fyzikálně-chemický přístup k problematice degradace půd v podmínkách aridního klimatu. *Úroda*, 2011, vol. 12, no. 10, vědecká příloha, p. 473-481. ISSN 0139-6013.



TA04020043



Pekař, M., Klučáková, M. 2008. Comparison of Copper Sorption on Lignite and on Soils of Different Types and Their Humic Acids. *Environ. Eng. Sci.*, 2008, vol. 25, no. 8, s. 1123–1128.

Petřiková, V., Sladký, V., Stražil, Z., Šafařík, M., Ust'ak, S., Váňa, J. 2006. *Energetické plodiny*. Nakladatelství Profi Press, s.r.o., Praha, 1. vydání 2006, 127 s.

Reichenberger, S. et al. 2007. Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground- and surface water and their effectiveness; A review. *Sci Total Environ*, 384, 1–35.

Salaš, P., Mokričková, J., Sasková, H., Litschmann, T. 2011. Vliv aplikace pomocných půdních látek na vitalitu dřevin z pohledu hodnocení morfologických charakteristik. *Úroda, vědecká příloha*. 2011. sv. LIX, č. 10, s. 528–537. ISSN 0139-6013.

SZÚ. 2015. Metodické doporučení pro hodnocení relevantnosti metabolitů pesticidů v pitné vodě [online]. [cit. 15.11.2016] Dostupné na <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/metodicke-doporuceni-pro-hodnoceni-relevantnosti-metabolitu>

Straková, M., Salaš, P., Kohut, M., Pekař, M., Ševčíková, M., Pelikán, J. 2009. Modelový projekt zamezení biologické degradace půd v podmínkách aridního klimatu. In *Trávníky 2009 – Zeleň v suchých oblastech ČR*. Agentura Bonus. 2009. s. 4–9. ISBN 978-80-86802-14-5.

Vrana B., Mills A. G., Allan I. J., Dominiak E., Svensson K., Knutsson J., Morrison G. et Greenwood R. 2005. Passive sampling techniques for monitoring pollutants in water. *Trends in Analytical Chemistry*. School of Biological Sciences, University of Portsmouth.

Zajíček, A., Pomije, T., Kvítek, T. 2016. Event water detection in tile drainage runoff using stable isotopes and a water temperature in small agricultural catchment in Bohemian- Moravian Highlands, Czech Republic. *Environmental Earth Sciences*: 75:1-13. DOI 10.1007/s12665-016-5561-1

Zajíček, A., Fučík, P. 2015. Rezidua pesticidů v drenážních vodách - zahraniční zkušenosti a první výsledky z České republiky. *Rostlinolékař 6:32 – 35*.

Zajíček, A., Kvítek, T. 2013. Vliv cíleného zatravnění zdrojové oblasti na koncentrace dusičnanů v drenážních vodách. *Sovak*, 22(9):14-17.



TA04020043



Seznam publikací

Seznam publikací, které předcházely metodice a byly publikovány (pokud existují), případně výstupy z určité znalosti, jestliže se jedná o originální práci. U jednotlivých publikací je třeba uvést dedikaci, která je v jednotlivých publikacích uvedena.

Odborné články

Novák, P., Zajíček, A., Fučík, P., Hejduk, T., Kvapil, P., Šuráňová, R. Šupíková, I., Fiedler, J. (2016): Nové metody detekce pesticidních látek ve zdrojích pro pitnou vodu, jejich hodnocení a eliminace, SOVAK, Časopis oboru vodovodů a kanalizací, str. 22–27, číslo 1/2016

Specializována mapa s odborným obsahem

Novák, P., Hejduk, T., Maxová, J. (2015): Mapa kategorizace ohroženosti vodních zdrojů závadnými látkami, specializovaná mapa s odborným obsahem, certifikační osvědčení MZE – Ministerstvo zemědělství, Odbor státní správy ve vodním hospodářství a správy povodí



TA04020043



Certifikační doložka

- Dedikace

Metodika vznikla za finanční podpory Technologické agentury ČR, programu ALFA a jako plánovaný výstup projektu č. TA04020043 „Technologie sanace zdrojů hromadného zásobování pitnou vodou ovlivněných pesticidními látkami – optimalizace hospodaření s nimi, nové metody jejich detekce, hodnocení a eliminace“.

- Jména oponentů

Odborník ze státní správy:

Mgr. Vít KODEŠ, Ph.D.
Český hydrometeorologický ústav – ústředí Praha
Úsek hydrologie – Odbor jakosti vody
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 412 – Komořany
Tel.: +420 244 032 314
E-mail: kodes@chmi.cz
<http://portal.chmi.cz/>

Odborník z daného oboru:

Mgr. Marek SKALICKÝ
Vodárna Káraný, a.s.
Ředitel společnosti
Žatecká 110/2, 110 00 Praha 1 – Staré Město
Tel.: +420 725 780 101
E-mail: skalicky@vodarnakarany.cz
<http://www.vodarnakarany.cz>



TA04020043



- Kontakty na osoby předkladatele metodiky,

RNDr. Pavel Novák, Ph.D.

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

Oddělení Hydrologie a ochrany vod

Vedoucí oddělení

Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5 – Zbraslav

Tel: +420 257 027 210

Mobil: +420 728 184 577

novak.pavel@vumop.cz

<http://www.vumop.cz>

RNDr. Petr Kvapil, Ph.D.

AQUATEST a.s.

Ředitel úseku Věda a výzkum

Geologická 4, 152 00 Praha 5

Tel.: +420 485 152 611

Mobil: +420 737 667 261

kvapil@aquatest.cz

<http://www.aquatest.cz/>

Ing. Jaromír Malec

ATE CR, a.s.

Ředitel

Za potokem 46/4, 106 00 Praha – Záběhlice

Tel.: +420 272 760 045

Mobil: +420 603 815 958

malec@ate-cr.cz

<http://www.ate.cz/>



TA04020043



-
- Prohlášení předkladatele metodiky,

Předkladatel metodiky prohlašuje, že zpracovaná metodika nezasahuje do práv jiných osob z průmyslového nebo jiného duševního vlastnictví.

- Prohlášení předkladatele, že souhlasí s uveřejněním jeho práce na webových stránkách certifikačního orgánu

Předkladatel metodiky souhlasí s uveřejněním metodiky na webových stránkách Ministerstva zemědělství.

