VYPLAVOVÁNÍ PESTICIDNÍCH LÁTEK DRENÁŽNÍMI SYSTÉMY ZA RŮZNÝCH HYDROLOGICKÝCH SITUACÍ

Aneb co přinesl kontinuální monitoring?

Antonín Zajíček, Petr Fučík, Markéta Kaplická

Jana Maxová, Marek Liška, Jakub Dobiáš

Proč sledovat množství a kvalitu vod drenáží?

- Více než 25 % zemědělské půdy v ČR bylo odvodněno (1,1 mil. ha).

- Drenážní voda často představuje jediný odtok z malých zemědělských povodí.

- V malých povodích má drenáž velký podíl na celkovém odtoku i odnosu živin a pesticidů z povodí.

- V malých povodích krystalinika ČR kolem 65 – 75 % celkového odtoku.

- Kvalita vod z drenáží (pesticidy , dusičnany) ve svahu nejtěsněji spjata s LANDUSE tzv. zdrojových oblastí

Vyplavování pesticidů do vod

- Původ: z bodových i plošných zdrojů znečištění, přičemž plošné zdroje (odtok ze zemědělské půdy) mají na kontaminaci vod významný podíl.

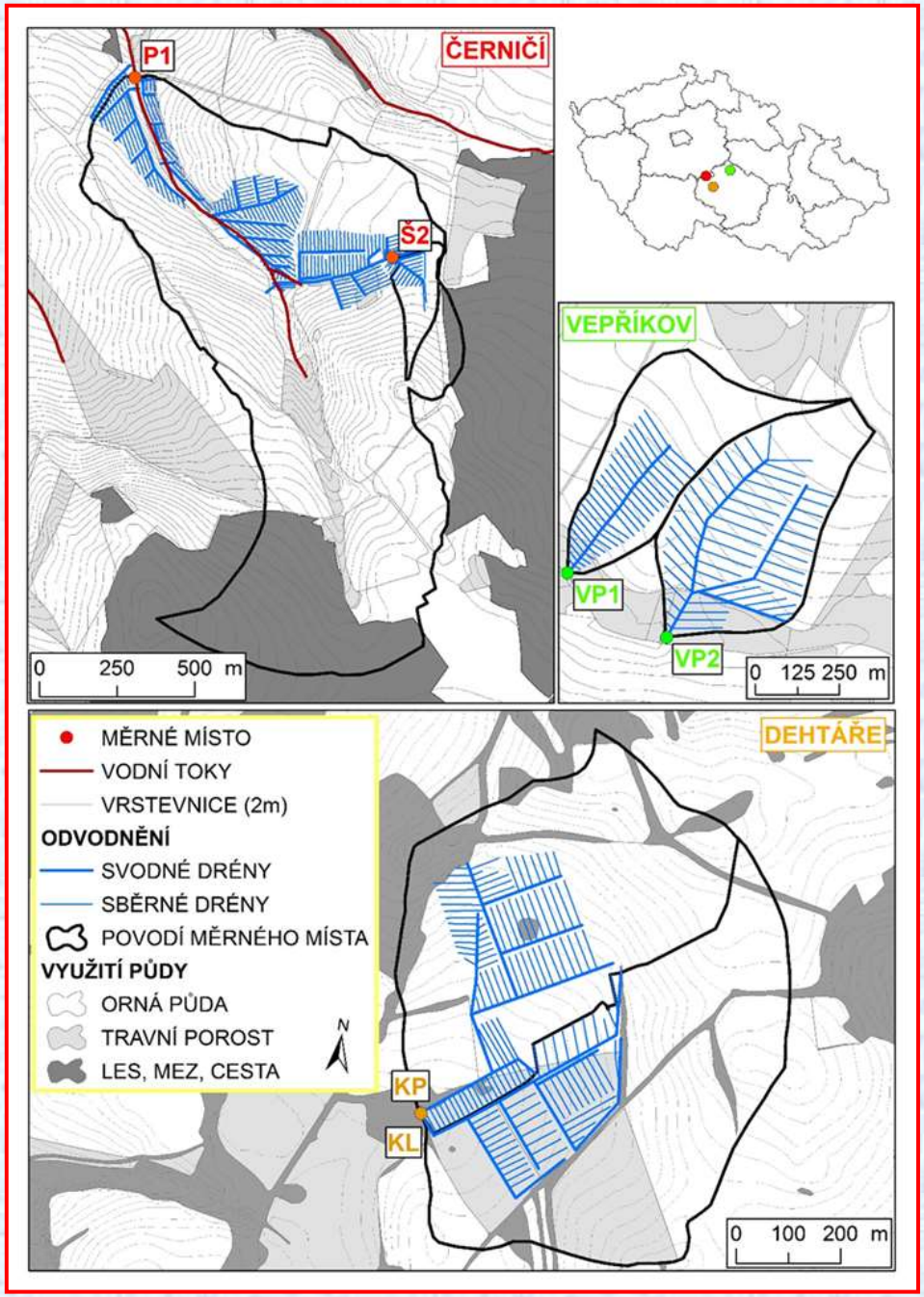
- Se zlepšenými možnostmi monitoringu se ukazuje také velký význam mělkého podpovrchového odtoku, jehož součástí je odtok drenážní.

- Významnou roli v transportu pesticidů hrají preferenční cesty, např. makropóry a v podmínkách krystalinika také trhliny a pukliny.

- Rychlost preferenčního proudění během SOE může být natolik vysoká, že fyzikálně-chemické vlastnosti pesticidů ztrácejí z hlediska jejich vyplavování v těchto situacích význam

- Zrychlený odtok (jakéhokoli typu) významně snižuje čas na reakci pesticidu s prostředím (sorpci nebo degradaci) a může vest k přímému a bezprostřednímu vyplavování mateřské látky do povrchových vod.

Pokusné lokality VÚMOP, v.v.i.



Monitoring množství a jakosti drenážních a povrchových vod

- UV sondy – měření hladiny/průtoku
- čidla teploty vody
- automatické vzorkovače
- monitoring stabilních izotopů ve srážkové, drenážní, povrchové i podzemní vodě

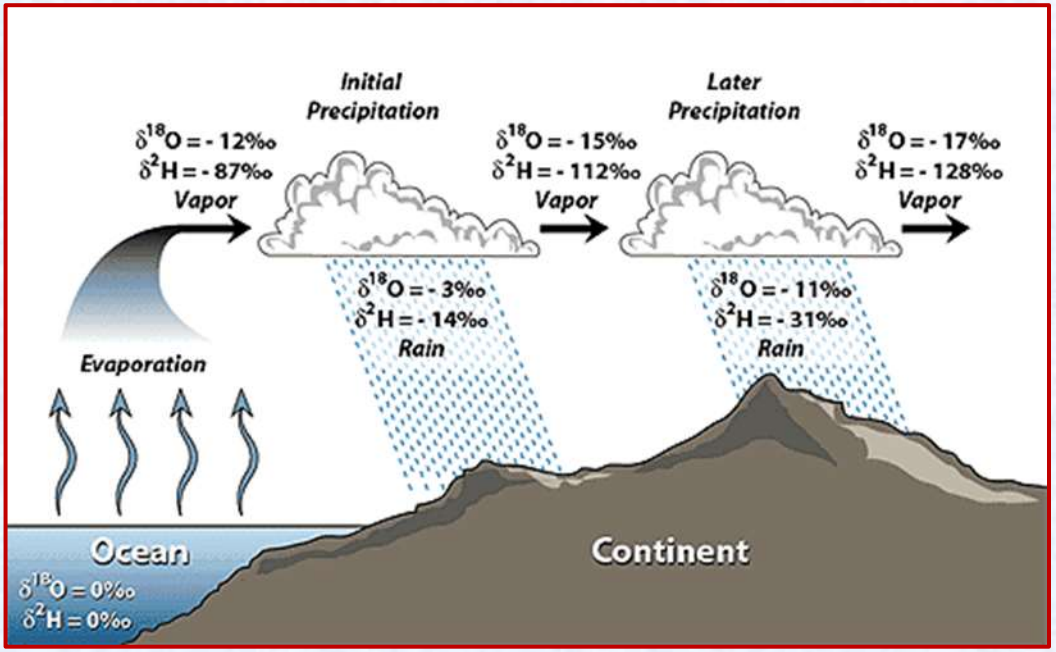
Metody - odběry vzorků

- **Pravidelné odběry (nízké průtoky, základní a pomalý svahový odtok):**
  ruční odběr – duben až říjen

- **Srážko-odtokové epizody (zvýšené průtoky, rychlé složky odtoku):**
  odběr automatickým vzorkovačem – celoročně

- **Vzorky analyzovány v laboratořích PVL, státní podnik**
- **Od 2016 – doplňkové využití pasivních vzorkovačů POCIS a SPMD**
- **(analýza FROV, Vodňany)**

Metody – separace drenážního odtoku



IAEA: International Atomic Energy Agency

V - SMOW - standard používaný k porovnání izotopového složení (poměr $^{18}O/^{16}O$ a $^{2}H/H$) různých vod s průměrnou vodou v oceánu (v ‰)

Frakcionace – podíl lehkých a těžkých izotopů se mění při přechodech vody mezi kapalnou a plynnou fází, přednostně se vypařují lehčí izotopy

Chemická separace:

pomocí stabilních izotopů ^{18}O a ^{2}H na „starou a novou vodu“ - event – pre event water směsný model:

$$Rs = \frac{Qs}{Qt} = \frac{Ct - Cn}{Cs - Cn}$$

$$Qt = Qs + Qn$$

$$CtQt = CsQs + CnQn$$

Metody – stanovení MRT – průměrné doby zdržení vody v povodí

Proložení amplitudy vstupů (srážek) a výstupů (odtok):

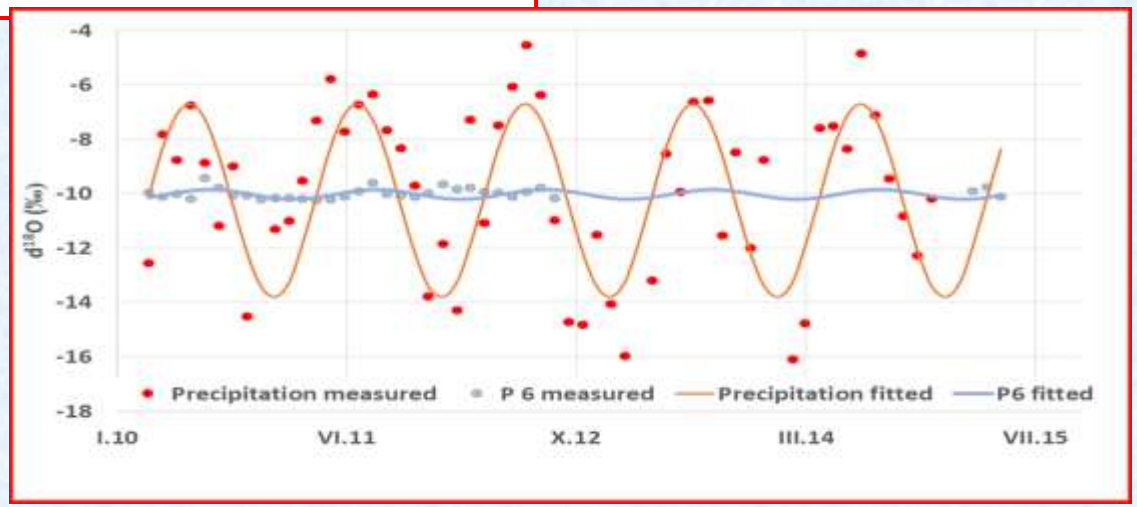
$d^{18}O$ = mean ($d^{18}O$) + A * SIN (2πt/b) + C,

kde mean ($d^{18}O$) (% V-SMOW) is je průměrná hodnota $d^{18}O$, A (‰ V-SMOW) je sezónní amplituda $d^{18}O$, b je perioda sezónního cyklu (1r perioda je 2π), t je doba (měsíce) a c (rad) je fázový posun. Parametry mean ($d^{18}O$), A a C byly získány doplněním změřených dat pomocí metody nejmenších čtverců

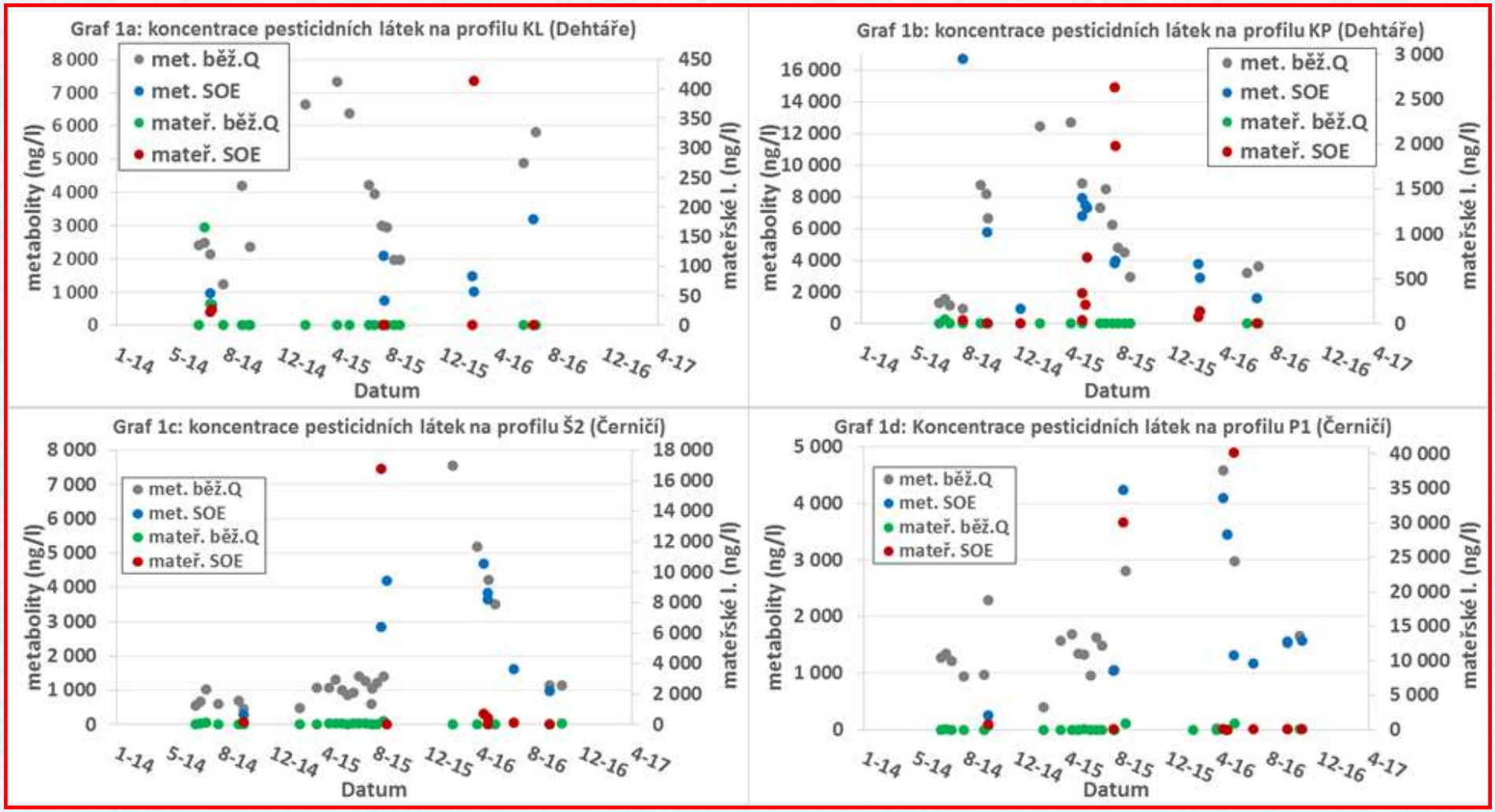
$$MRT = \left(\frac{1}{b'}\right)\left[\left(\frac{A_p}{A}\right)^2 - 1\right]^{0.5}$$

- Ap - amplituda vstupů (srážky)
- A – amplituda výstupu (odtok)

((1/b´) = (6 / 2π)) – konverze na měsíce



Výsledky - vyplavování pesticidů drenážními systémy



Pokusná lokalita Dehtáře – orná půda a TTP

Výsledky: Dehtáře (2014 – 2017)

Místo		KL				KP			
Hydrologická situace		Běžné průtoky		SOE		Běžné průtoky		SOE	
Látka	Typ	Detek. (%)	Conc. (ng/l)	Detek. (%)	Conc. (ng/l)	Detek. (%)	Conc. (ng/l)	Detek. (%)	Conc. (ng/l)
Alachlor ESA	D	96	85 - 728	96	25 - 416	100	211 - 1110	100	33 - 915
Alachlor OA	D	0	n	0	n	0	n	16	20 - 41
Dimethachlor ESA	D	93	23 - 134	50	22 - 71	46	20 - 62	2	35
Metazachlor ESA	D	100	136 - 9250	100	26 - 3700	100	252 - 10400	100	104 - 8060
Metazachlor OA	D	69	24 - 388	71	22-163	100	25 - 1110	100	29 - 11200
Metolachlor ESA	D	100	620 - 4730	100	66 - 1280	100	187 - 1900	100	35 - 881
Metolachlor OA	D	89	31 - 383	63	21 - 65	61	21 - 320	40	21 - 122
AMPA	D	0	n	0	n	0	n	12	56 -81
Atrazine-2-hydroxy	D	0	n	0	n	0	n	24	10 - 30
Terbutylazin-2-hydroxy	D	0	n	0	n	0	n	56	10 - 37
Clomazone	F	0	n	0	n	0	n	43	11 - 360
Chlorsulfuron	H	0	n	0	n	11	25 - 80	18	34 - 460
Fluopicolide	F	0	n	0	n	0	n	55	15 - 2 800
Glyfosát	H	0	n	0	n	0	n	24	84 - 356
Chlorotoluron	H	0	n	0	n	0	n	6	13 - 21
Linuron	H	0	n	0	n	0	n	31	25 - 719
Mandipropamid	F	0	n	0	n	0	n	10	21 - 200
Mesotrione	H	0	n	0	n	0	n	27	11 - 460
Metalaxyl	F	0	n	0	n	0	n	21	12 - 980
Tebuconazol	F	6	20	0	n	0	n	11	11 - 76

KL – TTP
KP – orná půda

SOE – srážko – odtoková epizoda

D – metabolit, F – fungicid, H – herbicid, I – insekticid, Konc. – koncentrace

Černičí závěrový profil - drenážní skupina a drobný vodní tok

Výsledky: Černičí (2014 – 2017)

Místo		Š2				P1			
Hydrologická situace		Běžné průtoky		SOE		Běžné průtoky		SOE	
Látka	Typ	Detek. (%)	Conc. (ng/l)	Detek. (%)	Conc. (ng/l)	Detek. (%)	Conc. (ng/l)	Detek. (%)	Conc. (ng/l)
Acetochlor ESA	D	100	50 - 172	98	20 - 93	89	29 - 105	76	20 - 121
Alachlor ESA	D	100	25 - 228	77	21 - 132	97	76 - 1030	98	37 - 1 040
Metazachlor ESA	D	100	298 - 9460	100	125 - 5230	100	123 - 7410	100	33 - 5930
Metazachlor OA	D	56	20 - 2360	100	30 - 2420	83	23 - 1870	89	22 - 2790
Metolachlor ESA	D	12	20 - 69	2	49	3	137	2	65
Atrazine-2-hydroxy	D	18	11 - 21	90	10 - 33	25	10 - 19	40	11 - 63
Terbutylazin-2-hydroxy	D	18	11 - 30	79	10 - 55	94	11 - 43	98	14 - 270
Chloridazon desphen.	D	0	n	0	n	25	52 - 110	24	51 - 130
AMPA	D	0	n	0	n	0	n	42	185 - 1 970
Acetochlor	H	6	16-41	8	11 - 25	8	11 - 29	11	11 - 39
Bentazone	H	79	13 - 72	46	10 - 33	6	18 - 19	5	11 - 33
Clomazone	F	0	n	10	1700 - 3400	7	11 - 29	20	39 -8 100
Cyprosulfamide	H	0	n	0	n	7	22 - 460	33	12 - 25000
Diflufenican	H	3	63	0	n	6	10 - 21	24	10 - 2980
Epoxiconazole	F	0	n	10	12 - 36	3	17	14	16 - 97
Fluroxypyr	H	3	49	0	n	3	42	7	52 - 270
Glyphosate	H	0	n	0	n	0	n	36	69 - 453
Chlorotoluron	H	0	n	0	n	14	12 - 574	33	12 - 973
Chlorsulfuron	H	12	11 - 79	35	30 - 760	25	11 - 140	24	10 - 350
Isoproturon	H	0	n	0	n	6	73 - 367	15	22 - 45
Isoxaflutole	H	0	n	0	n	3	37	2	4800
Metazachlor	H	6	18 - 200	4	11 - 19 000	6	50 - 840	22	10 - 37 000
Metolachlor	H	9	21 - 46	4	11 - 13	3	13	9	10 - 91
Pendimethalin	H	3	14	2	14	8	11 - 29	22	15 - 1110
Pethoxamid	H	3	11			3	40	7	22 - 38 000
Quinmerac	H	0	n	0	n	0	n	4	690 - 910
Tebuconazol	F	3	32	46	15 - 640	8	11 - 43	27	11 - 510
Thiacloprid	I	0	n	16	14 - 390	0	n	3	160
Thiencarbazone-meth.	H	0	n	0	n	7	30 - 360	35	11 - 10 000
Terbuthylazin	H	6	13 - 35	0	n	3	11	4	22-24

Š2 – drenáž

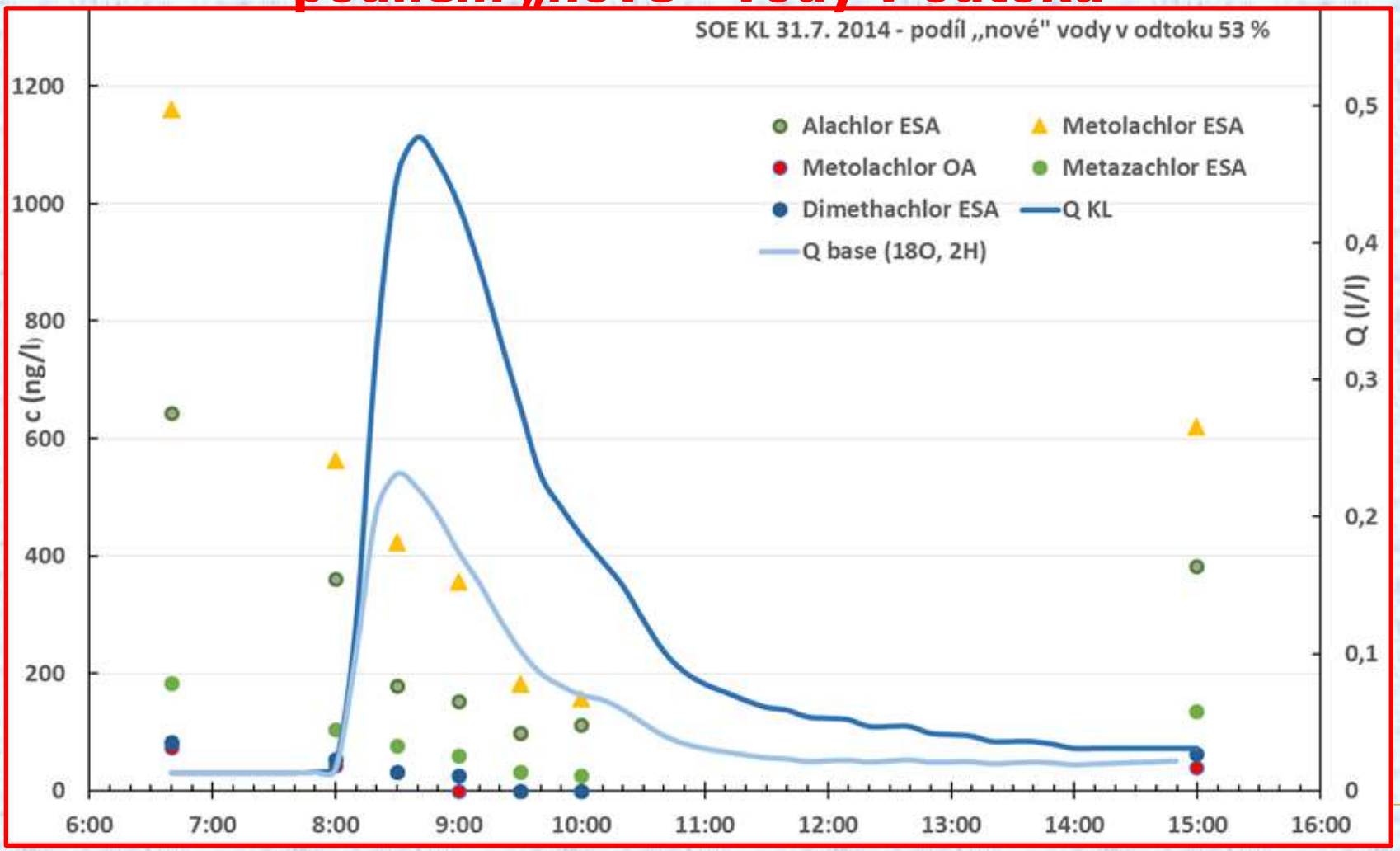
P1 povrchový tok

SOE – srážko – odtoková epizoda

D – metabolit, F – fungicid, H – herbicid, I – insekticid, Conc. – koncentrace

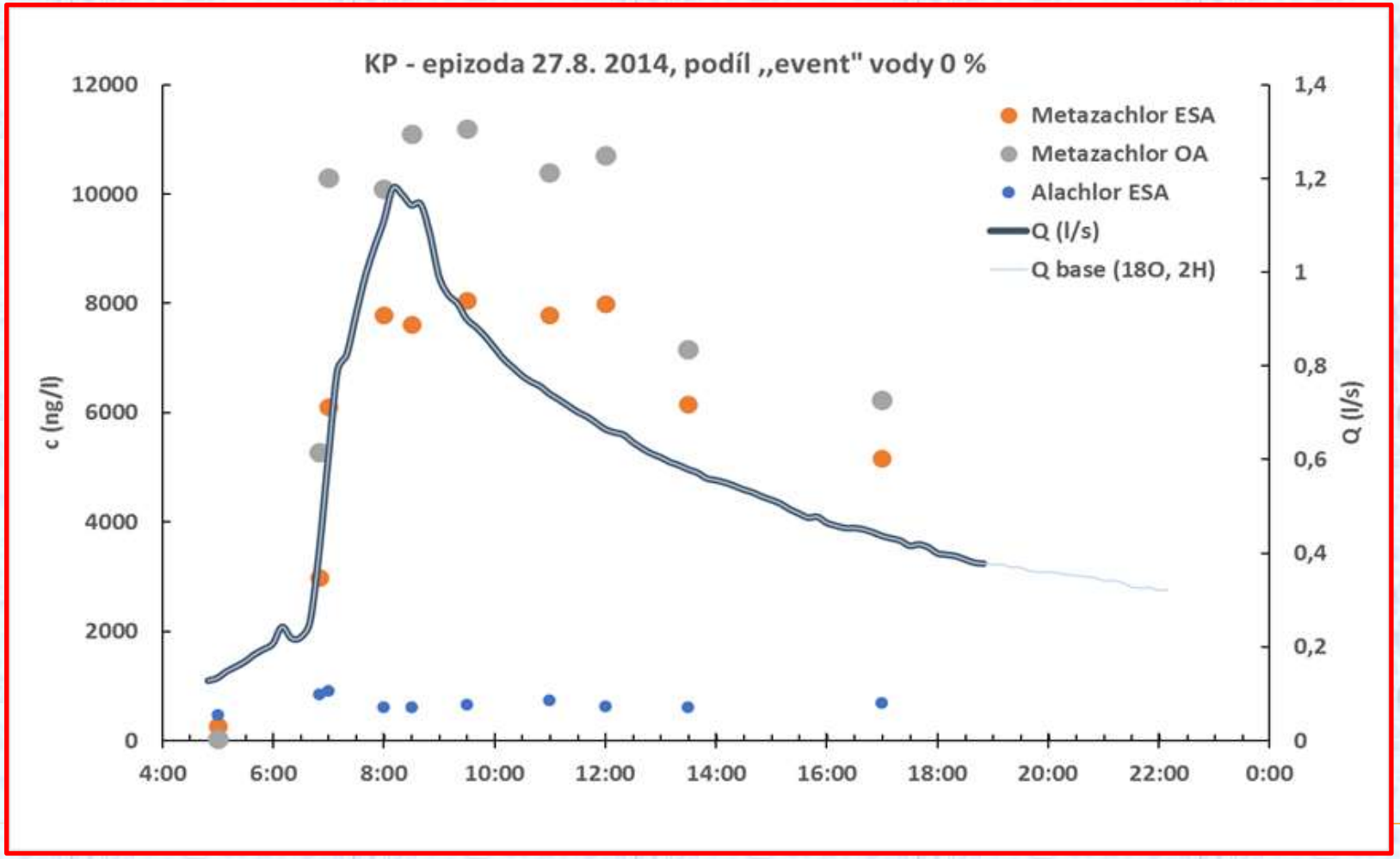
Principy vyplavování pesticidů v průběhu SOE

S-O epizody : dynamika koncentrací metabolitů - SOE s podílem „nové“ vody v odtoku



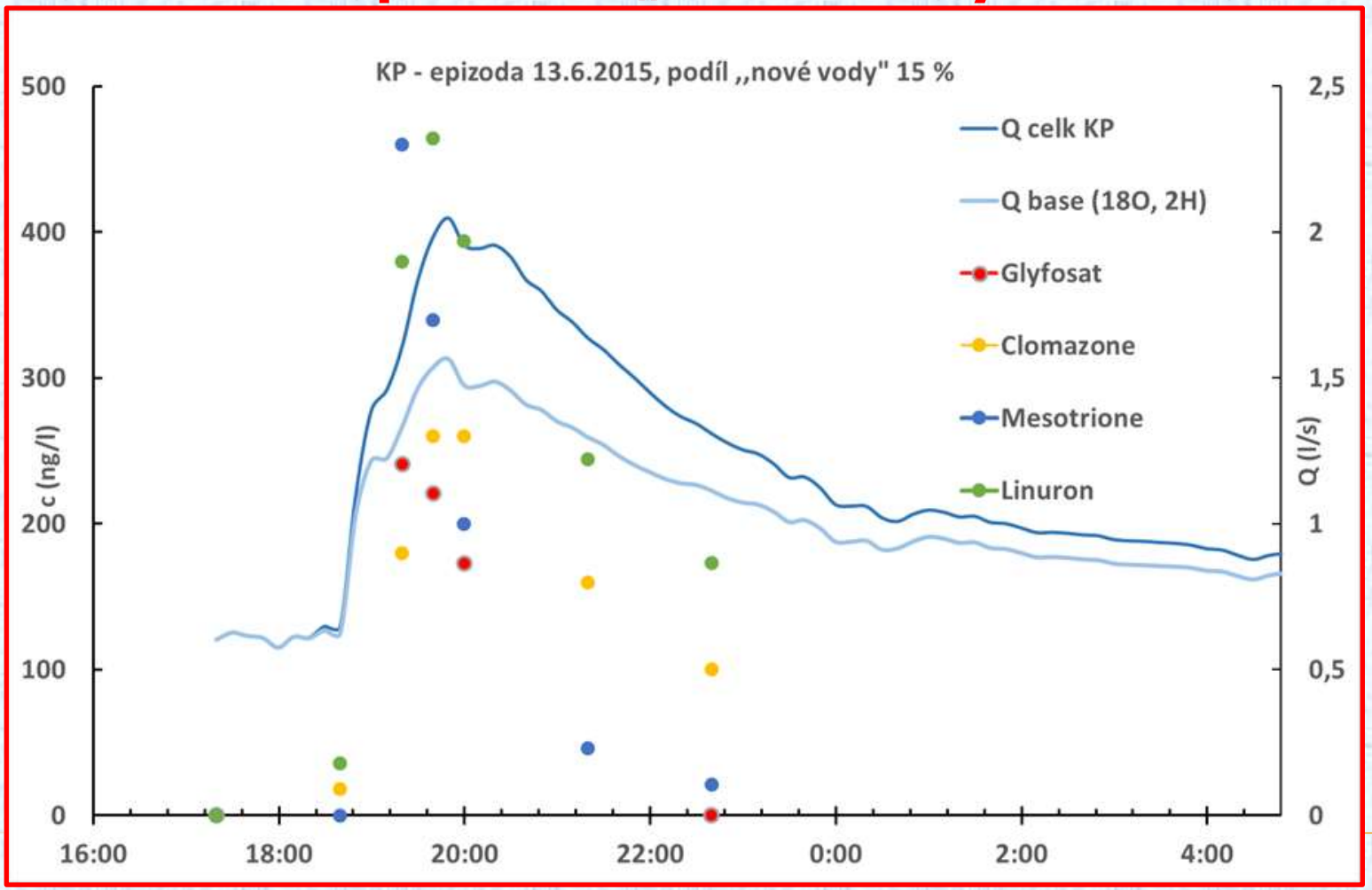
- **Charakteristika: TTP, dlouho po poslední aplikaci, velký podíl „event. – nové“ vody, klesající koncentrace metabolitů**

S-O epizody : dynamika koncentrací metabolitů - SOE bez podílu „nové“ vody v odtoku

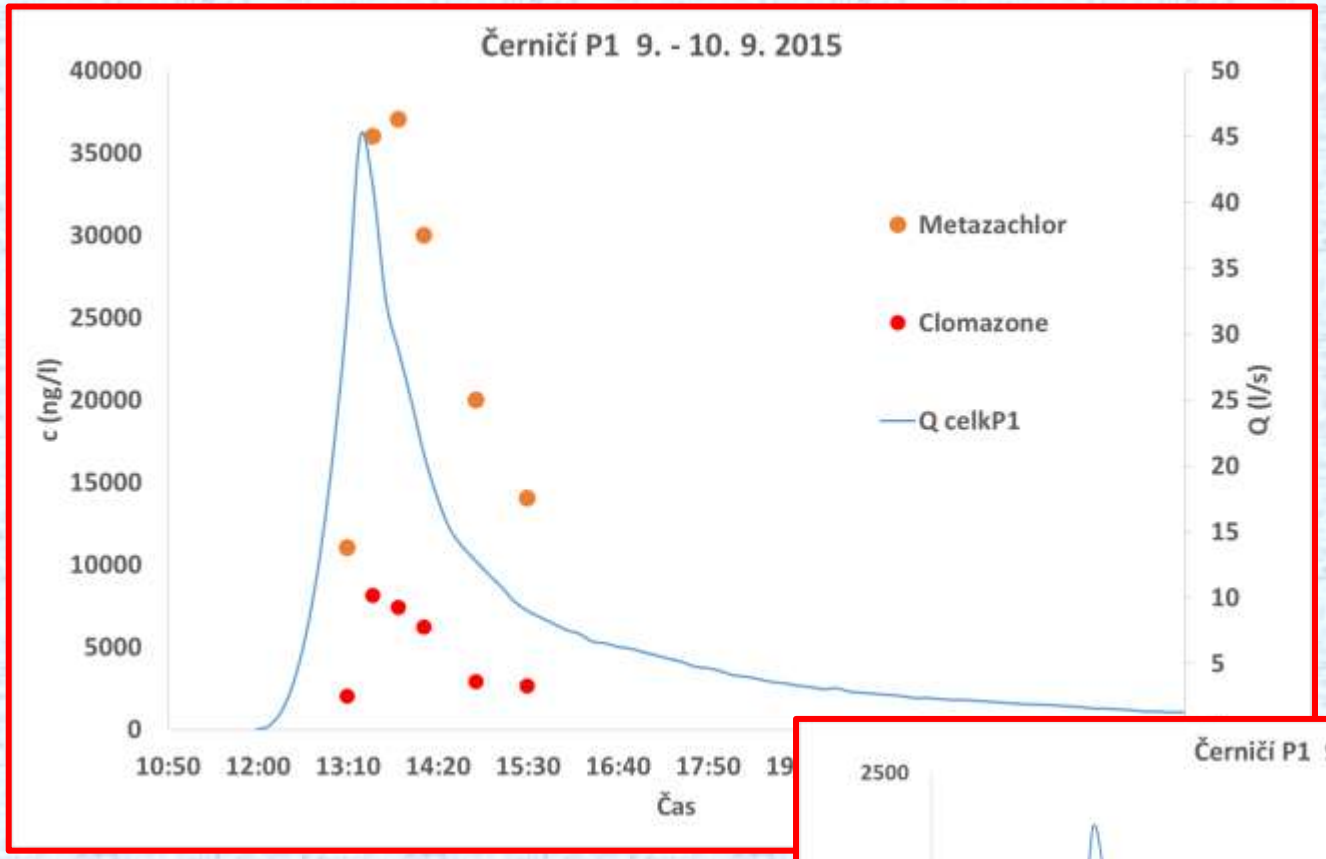


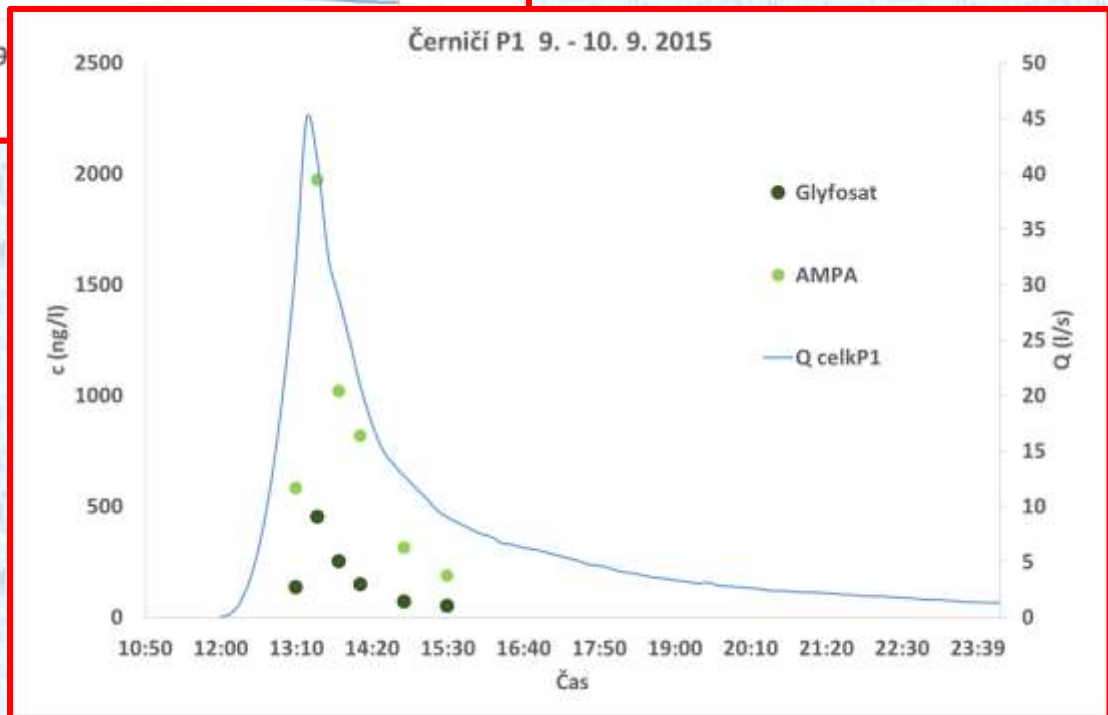
- **Charakteristika: orná půda, 7 týdnů po poslední aplikaci, žádný podíl „event“ vody, rostoucí koncentrace metabolitů**

S-O epizody : dynamika koncentrací mateřských látek-SOE s podílem „nové“ vody v odtoku



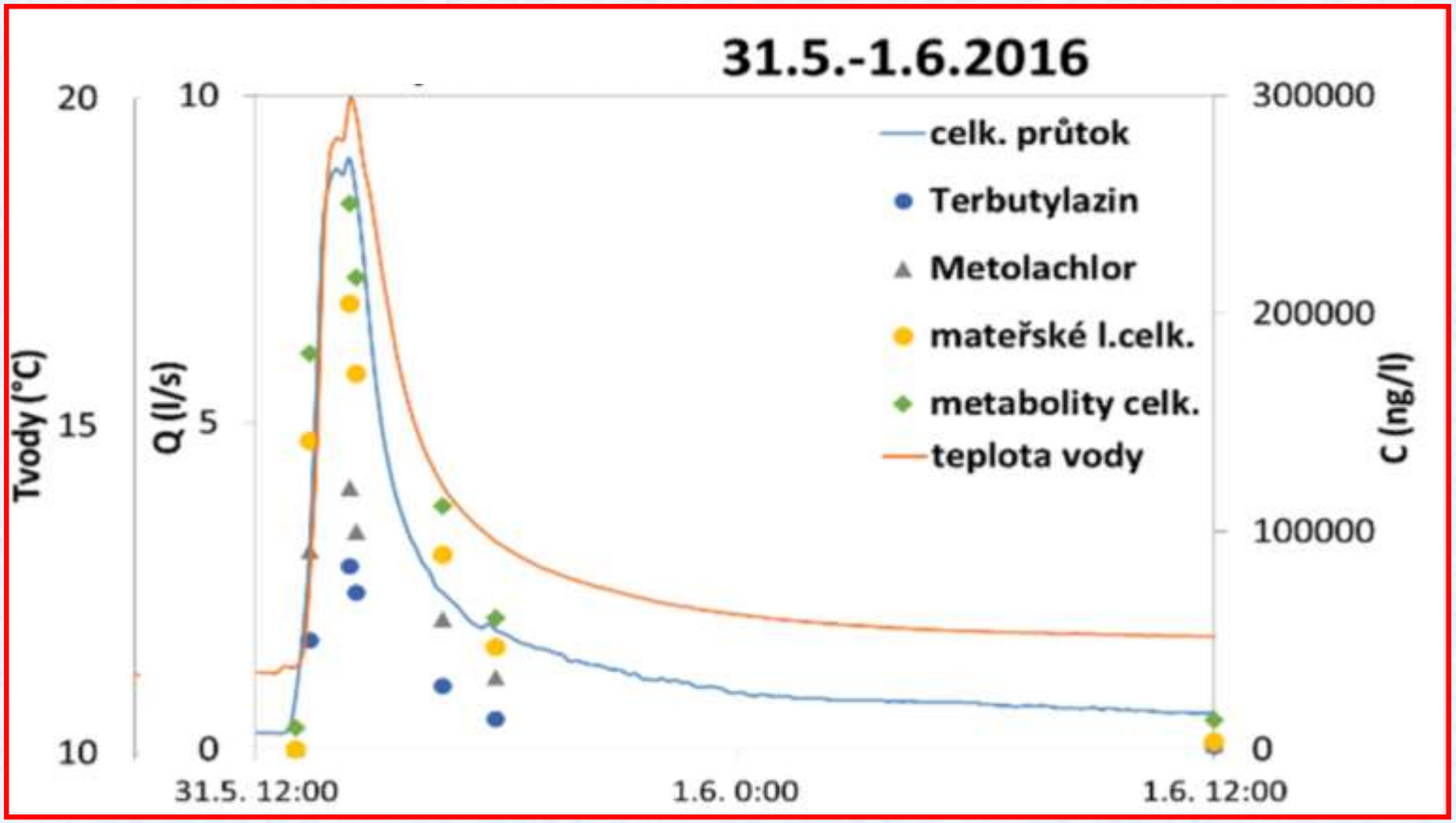
- **Charakteristika: orná půda, časně po poslední aplikaci, podíl ,,event“ vody, mateřské látky v odtoku**





- **Charakteristika: povrchový tok, epizoda po období sucha, voda 2 týdny v povodí, krátce po poslední aplikaci, vysoké koncentrace různých mateřských látek**

Půdní blok s kukuřicí – SOE s největším odnosem pesticidů



- **Datum aplikace látky: 7.5.2016, premergentně na kukuřici**
- **Přípravek: Gardoprim Gold v dávce 4 l/ha; (S-metolachlor 312,5 g/l a Terbuthylazin 187,5 g/l)**
- **Srážka: 20 mm; Q: z 0,25 l/s na kulminačních 9,0 l/s za 90 minut**
- **Odnos pesticidních látek za tuto 24 hodin trvající epizodu byl 33 g, z nichž 14,6 g byly mateřské látky (5,5 g Terbuthylazin a 8,9 g Metolachlor) a 18,4 g byly metabolity**

Vyplavování pesticidů pod rizikovou plodinou

- Půdní blok s opakovaným pěstováním kukuřice pro BPS

Půdní blok – bilance pesticidních látek 2017 (vegetační sezóna)

- **Výpočet byl proveden pro mikropovodí drenážní skupiny VP 2, které má plochu 28,3 ha, z čehož 21,3 ha zaujímá vlastní odvodnění**

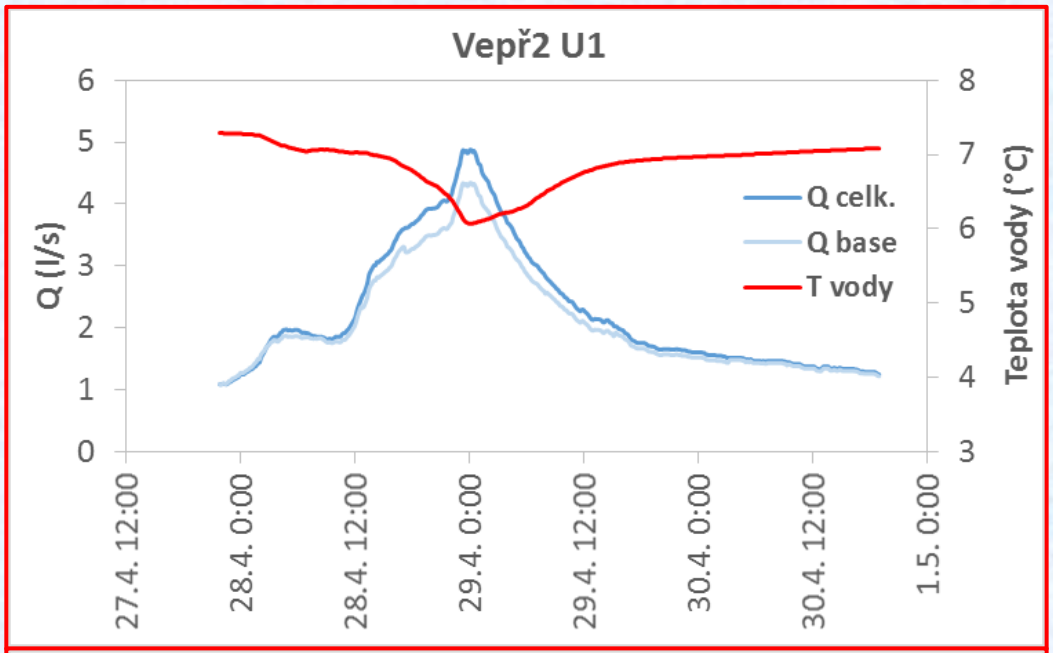
- **Plodina - kukuřice**

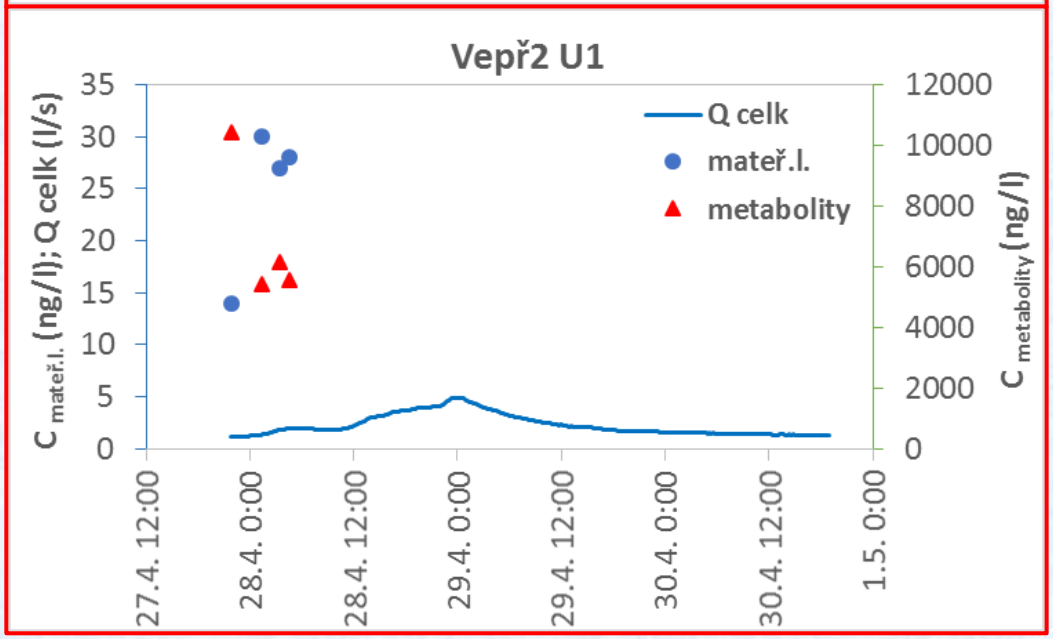
- **Aplikace: 13.5.2017, premergentně Successor TX (Pethoxamid c= 732 g/l a Terbuthylazin c= 187,5 g/l, skupina Triaziny), celkové množství účinných látek aplikovaných na mikropovodí VP 2 bylo 33,9 kg Pethoxamidu a 21,2 kg Terbuthylazinu**

- **Aplikace: 15. 6. 2017, bodově aplikován herbicid Story (Mesotrion c = 267 g/l, skupina Triketony a Florasulam c= 16,7 g/l, skupina Triazolopyrimidiny). V rámci této aplikace bylo na plochu mikropovodí VP 2 dodáno celkem 0,142 kg Florasulamu a 2,263 kg Mesotrionu**

Půdní blok - kukuřice – SOE 1 (2017)

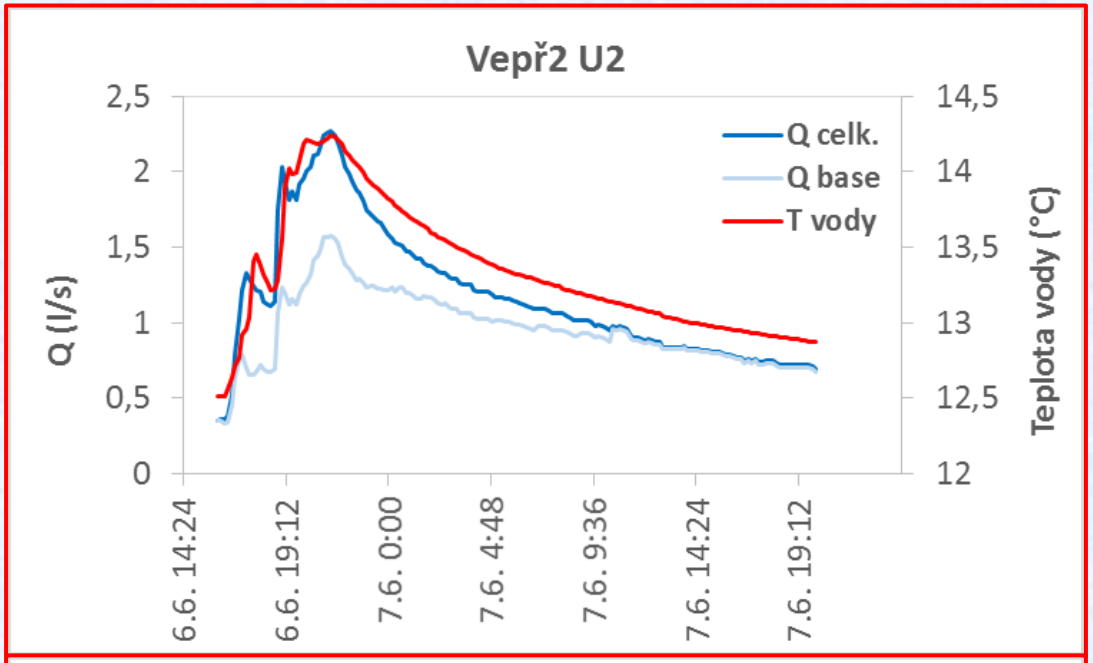
- **SOE zimního typu, malý podíl nové vody**
- **Před aplikací**
- **Nízké koncentrace mateřských látek, vysoké koncentrace metabolitů**

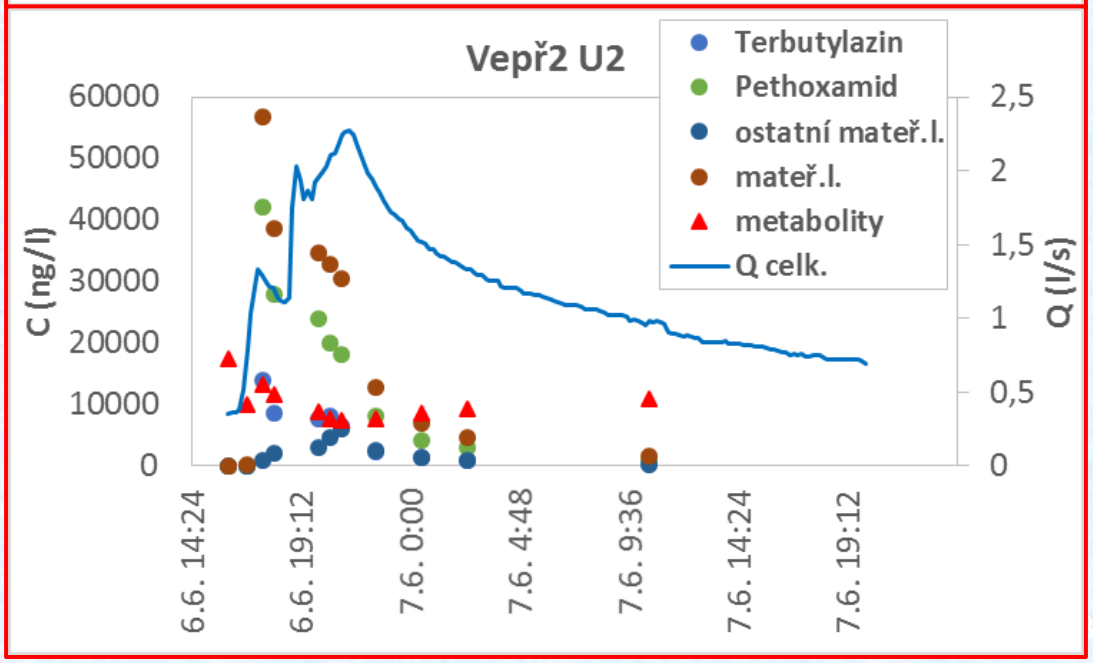




Půdní blok - kukuřice – SOE 2 (2017)

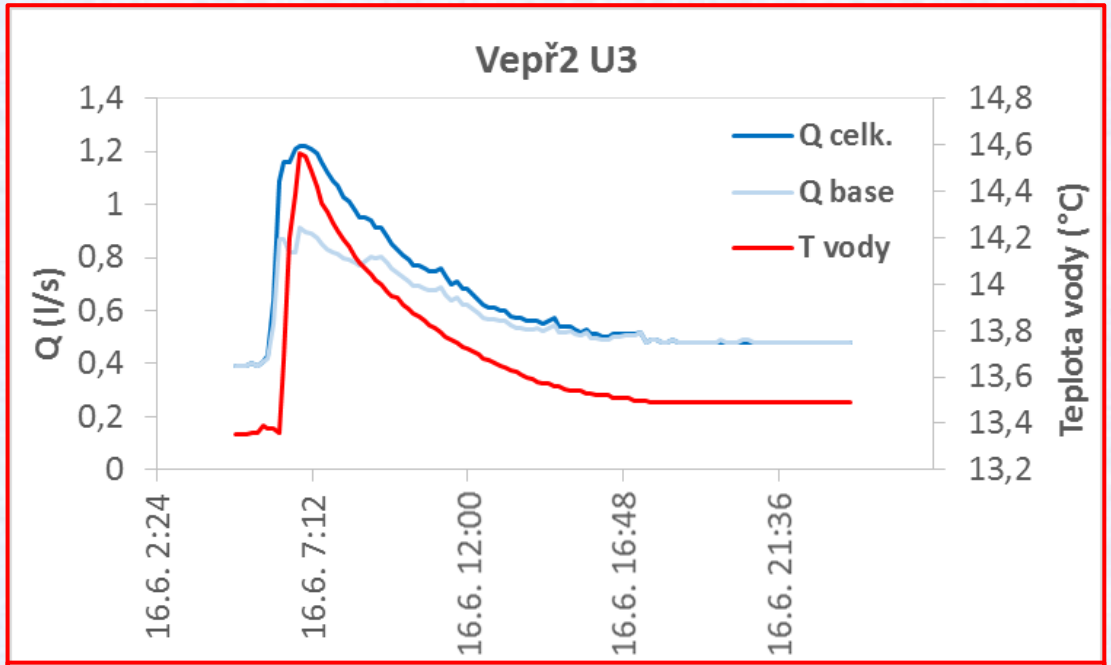
- SOE letního typu, velký podíl nové vody
- 3 týdny po aplikaci (Terbuthylazin, Penthoxamid)
- Obrovské koncentrace mateřských látek
- Vysoké koncentrace metabolitů byly novou vodou ředěny

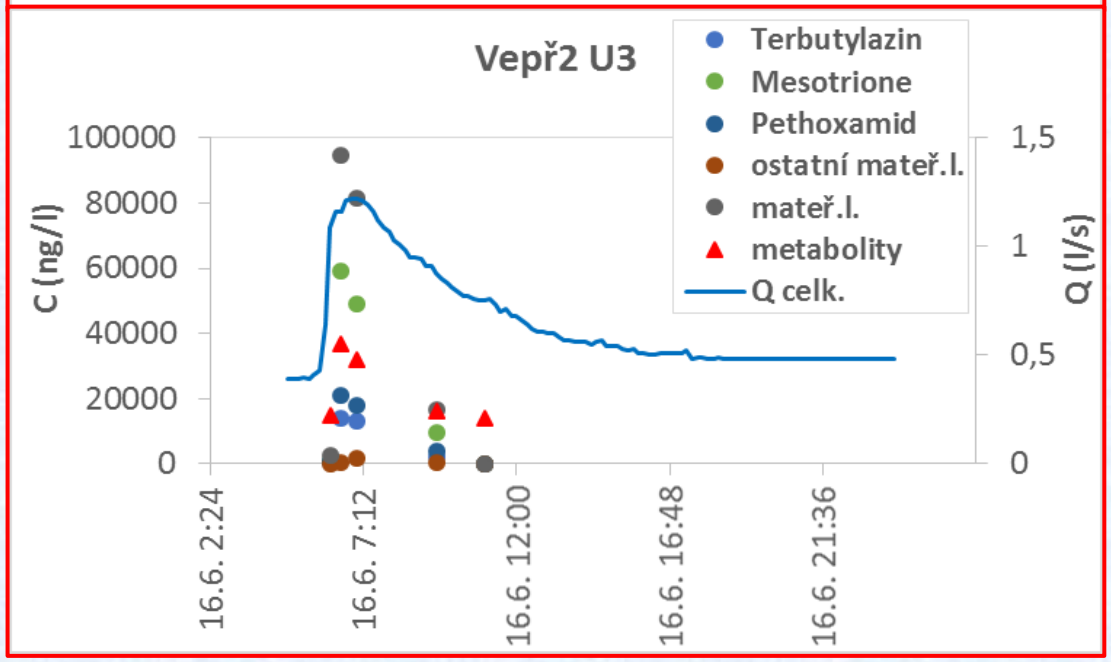




Půdní blok - kukuřice – SOE 3 (2017)

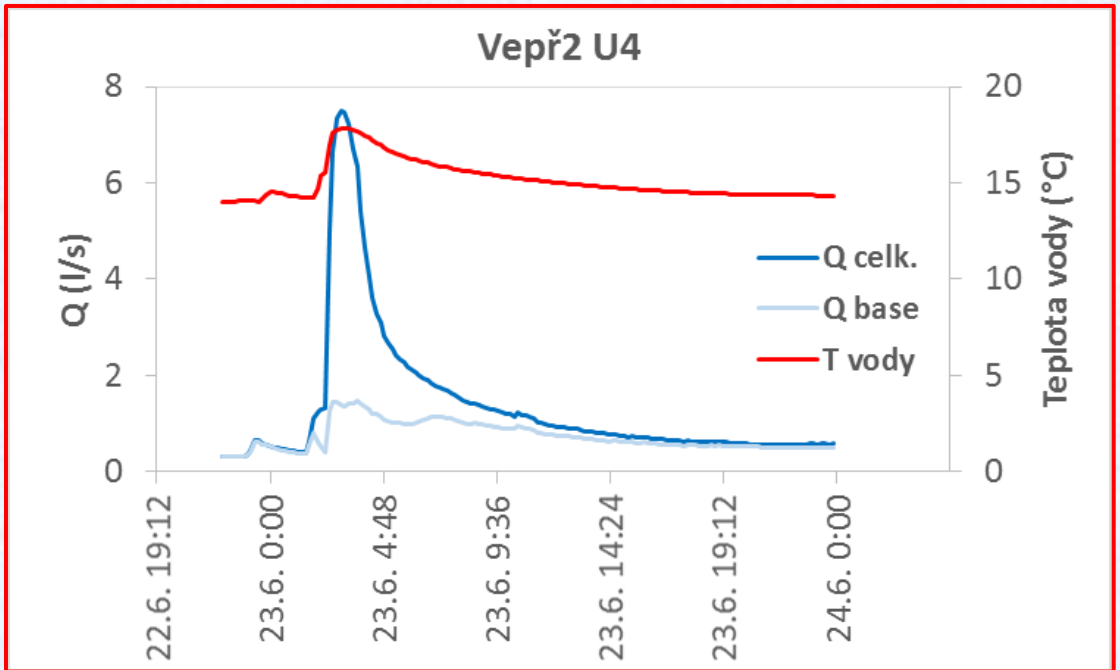
- SOE letního typu, velký podíl nové vody
- 3 týdny po aplikaci (Terbuthylazin, Penthoxamid)
- Obrovské koncentrace mateřských látek
- Vysoké koncentrace metabolitů byly novou vodou ředěny

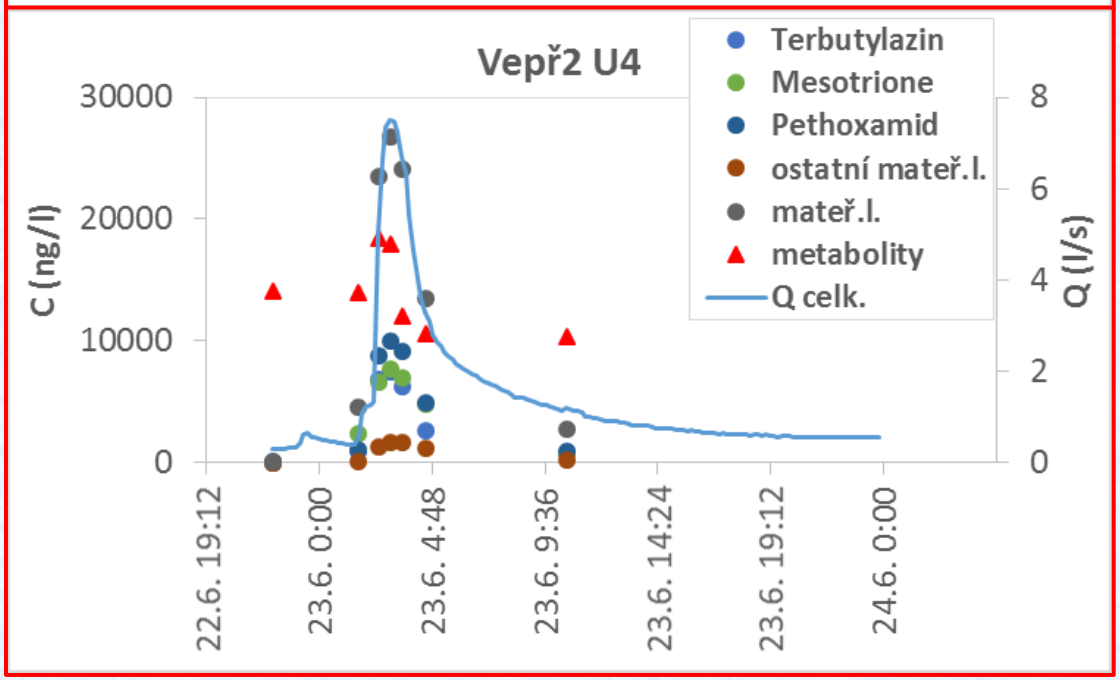




Půdní blok - kukuřice – SOE 4 (2017)

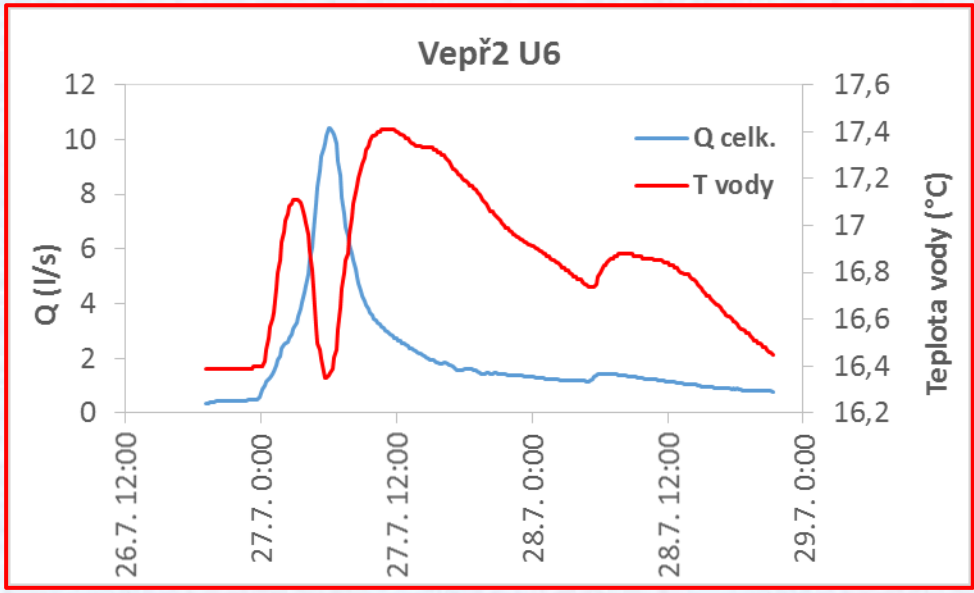
- SOE letního typu, extrémní podíl nové vody
- 40 dnů po aplikaci (Terbuthylazin, Penthoxamid)
- 7 dnů po bodové aplikaci (Mesotrion)
- Vysoká koncentrace mateřských látek
- Vysoké a proměnlivé koncentrace metabolitů

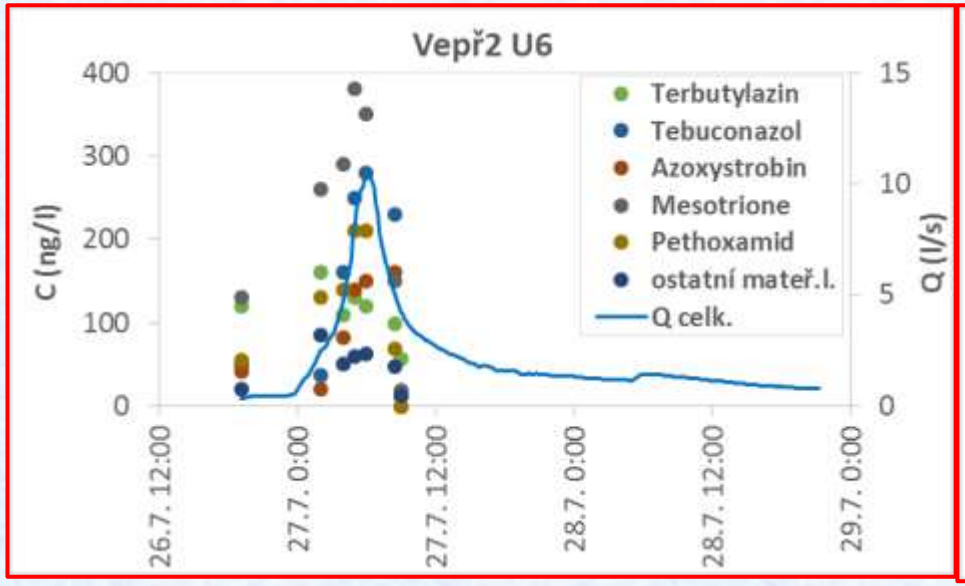


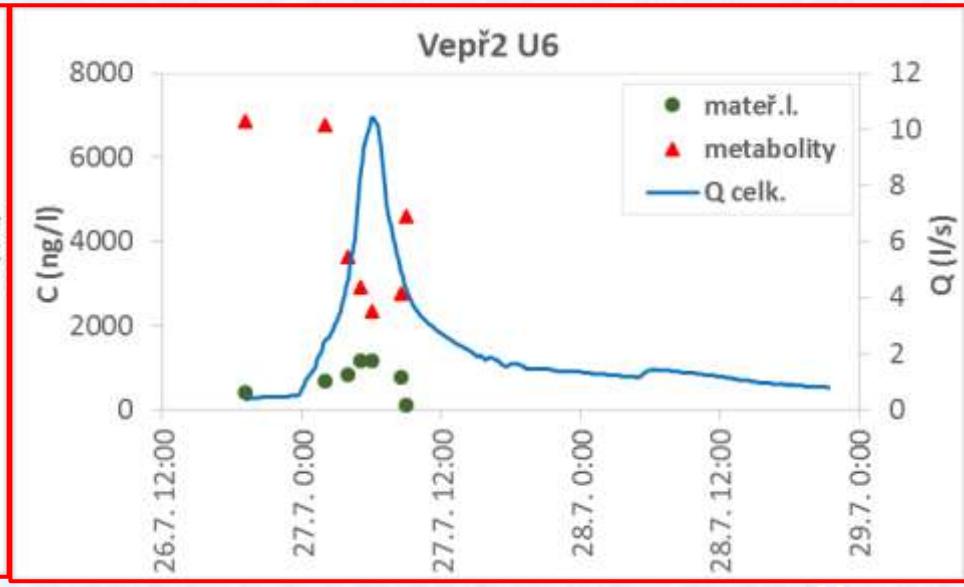


Půdní blok - kukuřice – SOE 6 (2017)

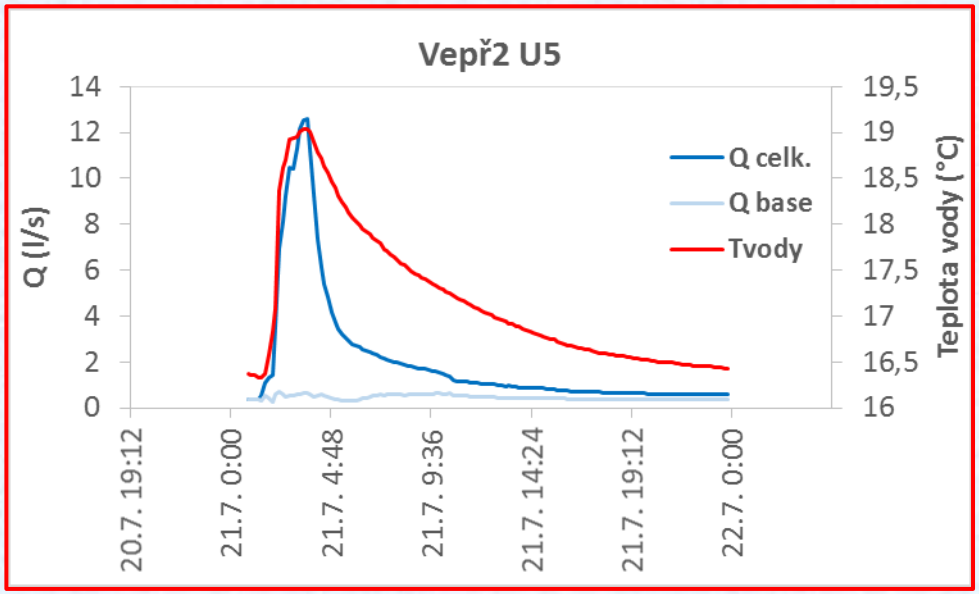
- **SOE letního typu, problematická separace**
- **Více než 2 měsíce po aplikaci**
- **Relativně nízké koncentrace, mat. látek, koncentrace metabolitů jsou ředěny novou vodou**



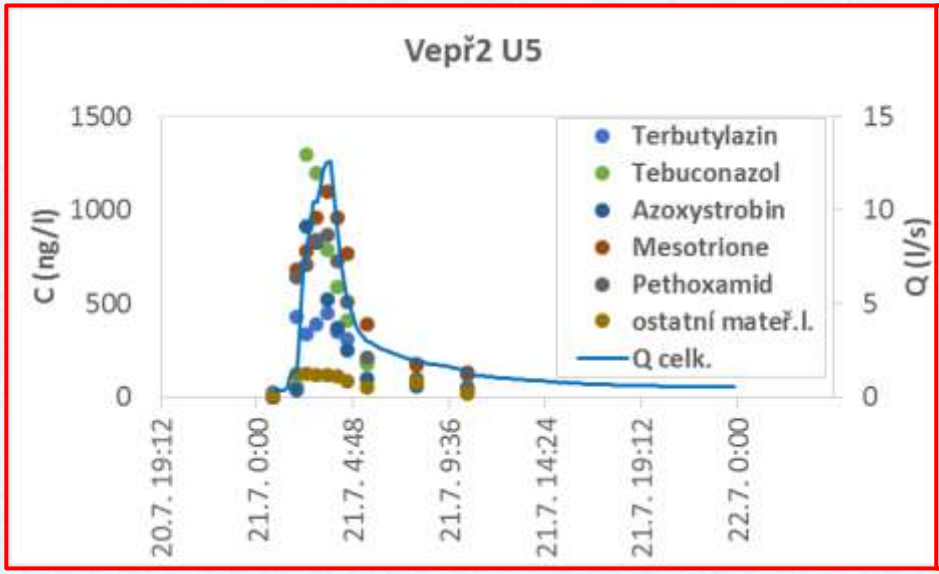


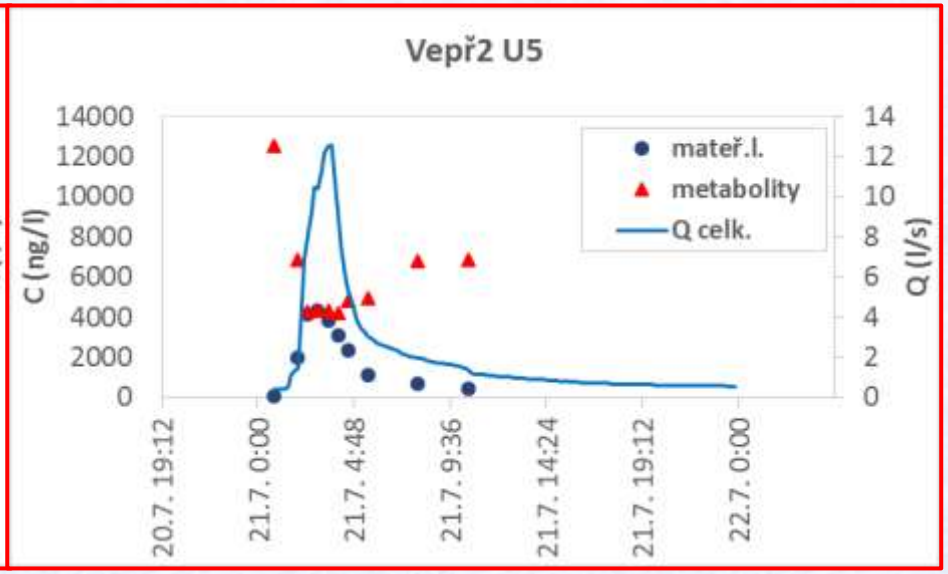


Půdní blok- kukuřice – SOE 5 (2017)

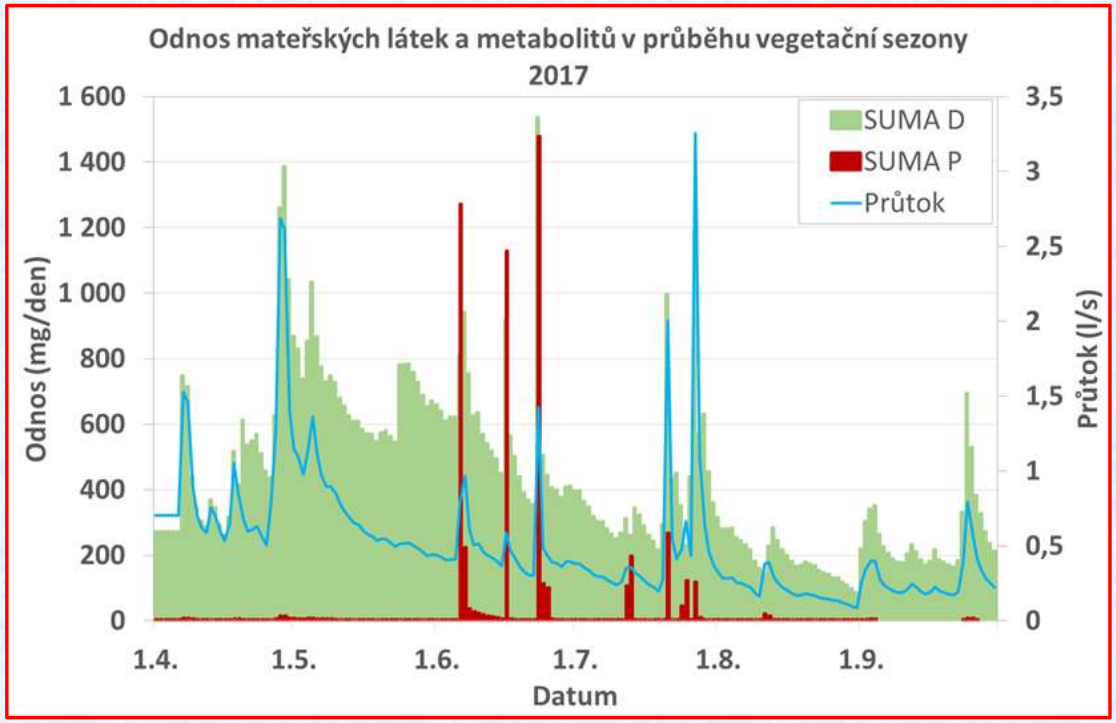


- **SOE letního typu, extrémní podíl nové vody**
- **Přibližně 2 měsíce po aplikaci**
- **Koncentrace mateřských látek jsou již relativně nižší, vysoké koncentrace metabolitů jsou ředěny novou vodou**





Kukuřice – 2017 bilance



Odnos (g)	Terbutylazin	Pethoxamid	Mesotrione	suma P	D Terbu	Dmetola	suma M
Celkový	1,3	2,6	1,1	5,7	24,3	12,3	79,9
SOE	1,1	2,5	1,1	5,1	2,5	7,1	17,7

- **Celkový odnos pesticidních látek za hodnocenou vegetační sezónu 2017 byl 85,61 g**
- **Převažovaly metabolity s celkovým odnosem 80 g. Většina metabolitů (79 %) byla vyplavena v období mimo SOE**
- **Odnos mateřských látek za vegetační sezónu z mikropovodí VP 2 byl 5,67 g, z toho v průběhu SOE 5,1 g. To představuje 89,9 %. Ze všech vyplavených mateřských látek bylo 89 % aplikováno v aktuální sezóně**

SHRNUTÍ POZNATKŮ – VYPLAVOVÁNÍ METABOLITŮ

Za běžných a nízkých průtoků se v drenážních vodách vyskytují téměř výhradně metabolity.

Nejčastěji detekované a v nejvyšších koncentracích jsou přítomny metabolity chloracetanylidových herbicidů:

Metazachlor ESA 136 – 10 400 ng/l

Metolachlor ESA 163 – 4 730 ng/l

Alachlor ESA 19 – 1 100 ng/l

tj. herbicidy používané nejčastěji k řepce a k bramborám, kukuřici.

Další látky: Acetochlor ESA, metabolity Terbuthylazinu (tam, kde byl používán) a Chloridazonu

VYPLAVOVÁNÍ METABOLITŮ

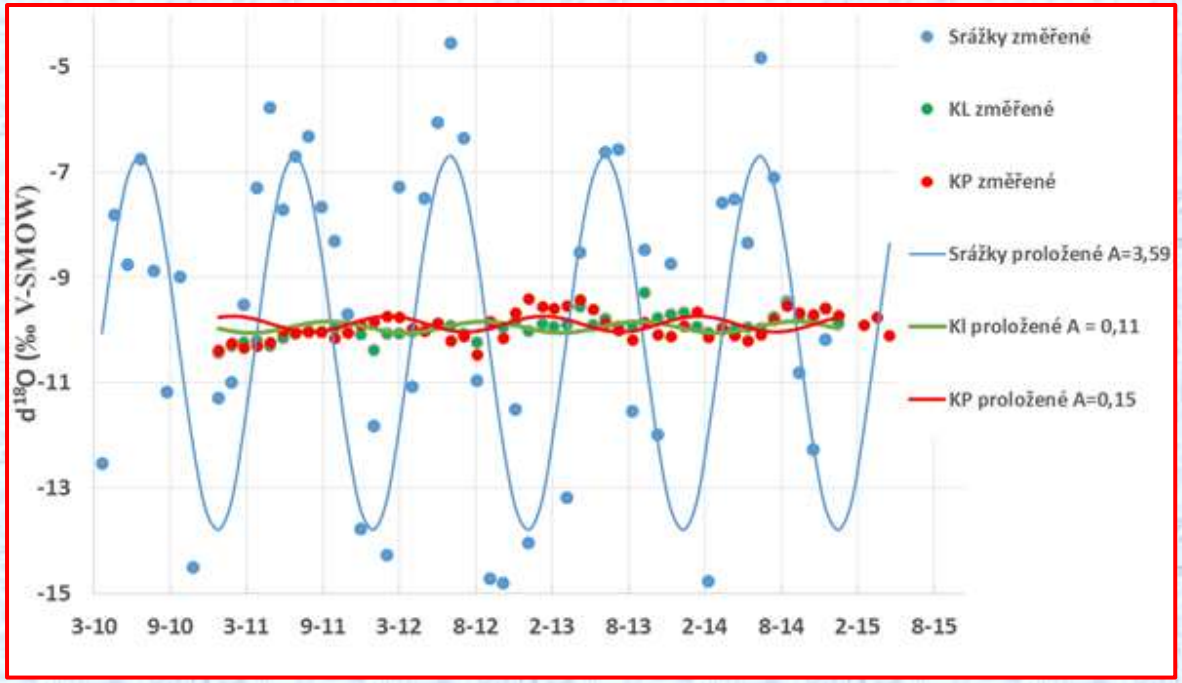
průměrná koncentrace metabolitů (ng/l)

- KL 5174 (drenáž - TTP)
- KP 5172 (drenáž - orná půda)
- Š2 1752 (drenáž - orná půda)
- P1 1726 (potok - převážně orná půda)

- Na povodí Dehtáře nebyl žádný rozdíl mezi drenážní vodou z TTP a ornou půdou
- Dlouhá doba vyplavování souvisí s vysokou perzistencí těchto látek a delší dobou zdržení pomalejších složek odtoku v povodí.
- Vyplavování je spojeno s (převážně) pomalým svahovým odtokem.
- Jedná se o dlouhodobý problém, který lze obtížně řešit agrotechnickými opatřeními.

Permanentní výskyt metabolitů

- Souvisí s velkou perzistencí těchto látek v půdě,
- s relativně dlouhou dobou zdržení základního a svahového odtoku, - tyto složky tvoří většinu drenážního odtoku, zejména mimo srážko-odtokové epizody.



- doba zdržení základního a svahového odtoku na povodí Dehtáře byla stanoveny na 3,3 roky na skupině KP a až 5 let na skupině KL, na Černičí Š2 - 2,1 roku.

SHRNUTÍ POZNATKŮ – VYPLAVOVÁNÍ MATEŘSKÝCH LÁTEK

- **Vyplavování mateřských látek je téměř výhradně spjato se srážko – odtokovými epizodami.**
- **Podmínkou k vyplavování je epizoda krátce po jejich aplikaci a přítomnost „nové" vody v odtoku.**
- **Pokud nastane větší SOE s významným podílem „nové" vody, koncentrace mateřských látek může být až ve statisících ng/l, odnos v desítkách g za den.**

Datum (začátek SOE)	Profil	Q kulminační (l/s)	Q_event podíl (%)	Cfw metabolity (ng/l)	Cfw mateřské látky (ng/l)	Plodina	Doba od poslední aplikace	Odnos (mg)
5.6.2016	VP 1	5,5	velký	23760	64405	kukuřice	30 dnů	5300
15.6.2016	VP 1	1,8	velký	16911	12199	kukuřice	1 den	2800
1.6.2016	VP2	9	velký	77000	154140	kukuřice	26 dnů	33000
15.6.2016	VP 2	10,6	velký	58 207	19 948	kukuřice	1 den	11400
28.5.2016	P1	27,4	35	40213	1248	různé	30 dnů	28900

SHRNUTÍ POZNATKŮ – MONITORING

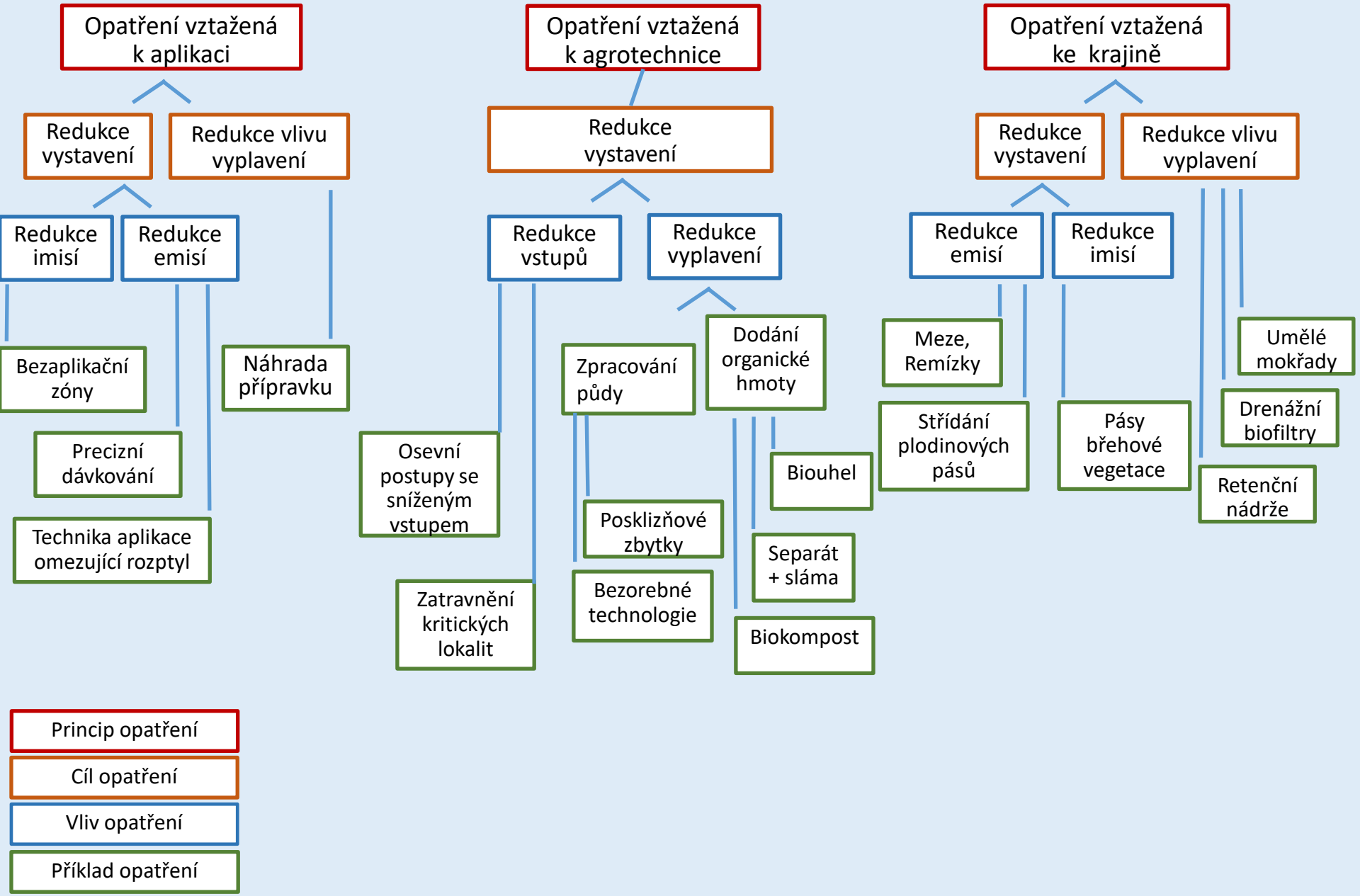
- Pro sledování koncentrací a dynamiky pesticidů v drenážních vodách je nutný správně nastavený systém podrobného monitoringu (vzorkovače v průběhu epizod). Důležité je využití dalších metod (izotopy, modelování).
- Neocenitelná je spolupráce se zemědělci (informace o typu a množství pesticidů a času jejich aplikace).

- Bez těchto předpokladů hrozí riziko ztráty až 90 % informací

SHRNUTÍ POZNATKŮ

Drenážní systémy představují významný zdroj vyplavování metabolitů i mateřských látek !

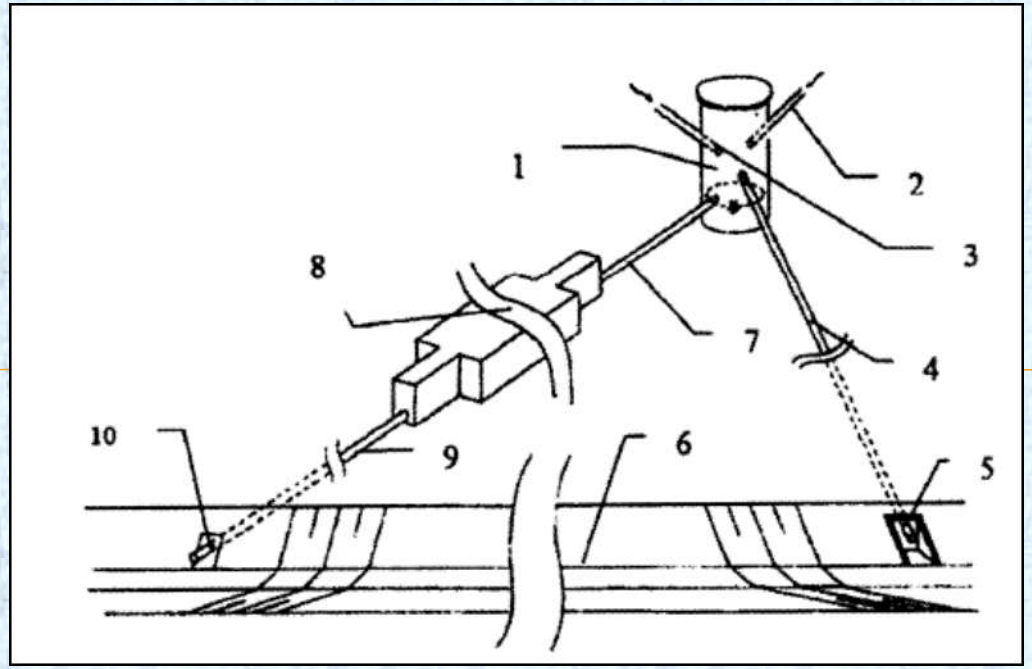
Opatření ke snížení rizika kontaminace vod pesticidy



PŘÍKLADY OPATŘENÍ

Drenážní biofiltr

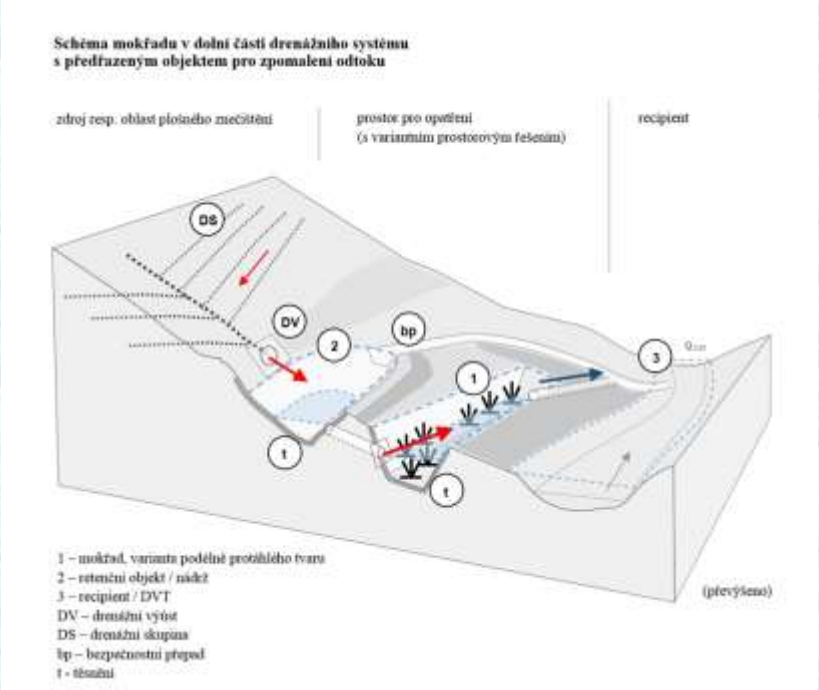
Efekty převážně pozitivní z hlediska zlepšení jakosti drenážních vod (dusík, některé pesticidy) – v období po počáteční stabilizaci funkce; investičně a provozně relativně nenáročná realizace a provoz.
Účinnost 30 – 80 %



PŘÍKLADY OPATŘENÍ

Umělý mokřad

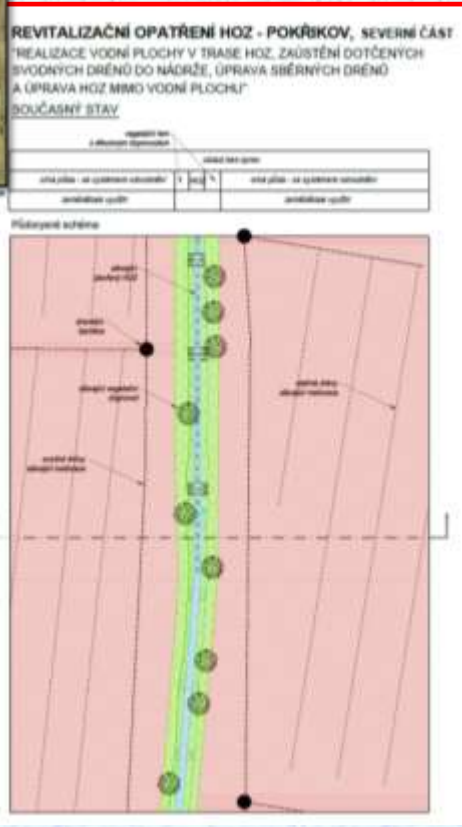
Účinnost 30 – 70 %

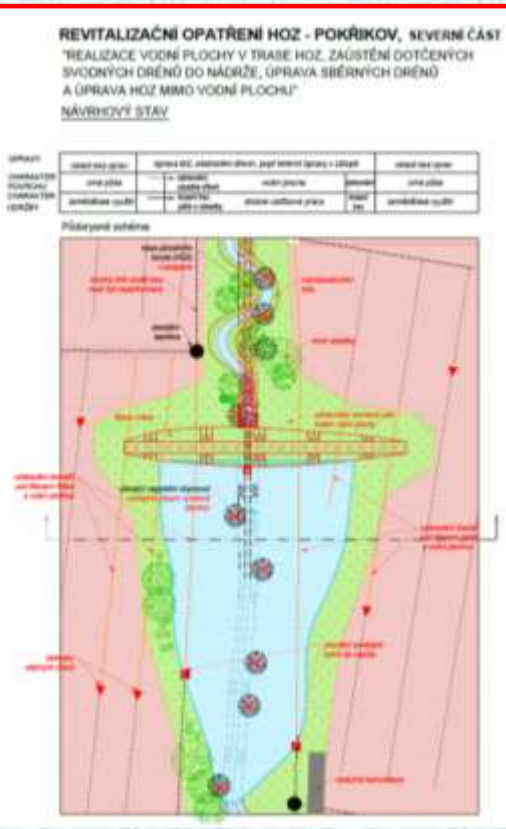


PŘÍKLADY OPATŘENÍ

Túň s drenážní vodou

Efekty – převážně ekologické – biodiverzita, krajinná estetika





ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

- Zohlednění výsledků doporučeních pro zemědělskou a vodohospodářskou praxi (metodika a ověřená technologie VÚMOP, v.v.i

Opatření organizační a agrotechnická:

- Striktně dodržovat pravidla pro správnou aplikaci, zejména ve zdrojových lokalitách (mělké, propustné půdy poblíž rozvodnic)
- Zatravnění nejzranitelnějších lokalit
- Osevní postupy plodin s redukovaným vstupem pesticidů
- Využití principů precizního zemědělství pro snížení množství aplikovaných pesticidů

Opatření následná:

- Umělé mokřady

DALŠÍ INFORMACE

Metodika

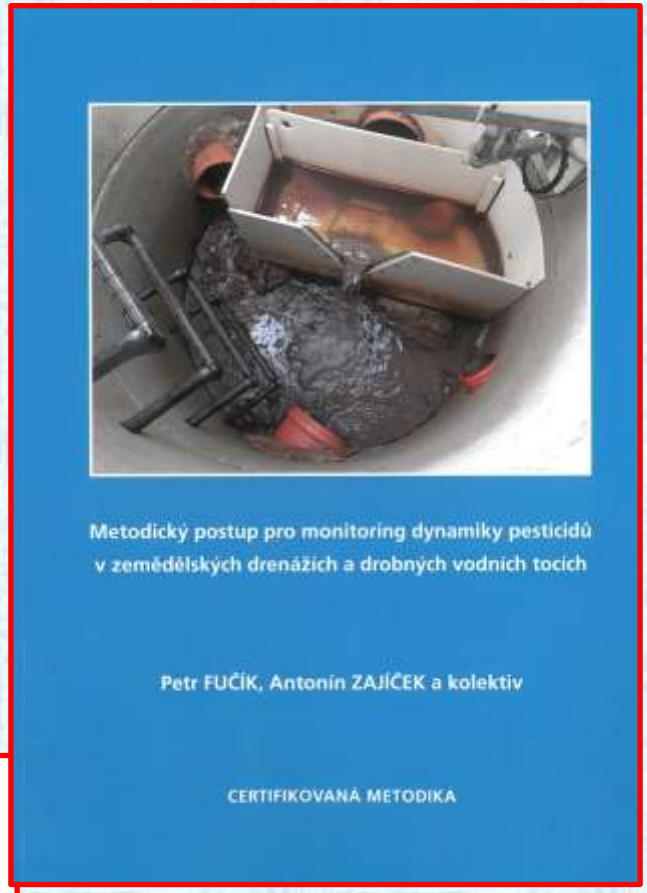
Publikace v českých časopisech:

ZAJÍČEK, A., FUČÍK, P., KAPLICKÁ, M., MAXOVÁ, J. (2017): Vyplavování pesticidních látek zemědělskou drenáží. Rostlinolékař 4 (2017), 24 – 28.

DOBIÁŠ J., KOŽELUH M., ZAJÍČEK A., FUČÍK P., LIŠKA M. (2018): Dynamika vyplavování pesticidních látek v povodí Čechtického potoka. VTEI 3(60).

Zajíček, A., Fučík, P., Maxová, J., Kaplická, M. (2017): Rezidua pesticidů v drenážních vodách – limity, koncentrace, principy vyplavování. Agromanuál 12(8): 58-61. ISSN 1801-7673.

Ověřená technologie



Publikace S IF:

ZAJÍČEK A., FUČÍK P., KAPLICKÁ M., LIŠKA M., MAXOVÁ J., DOBIÁŠ J. (2018): Pesticide leaching by agricultural drainage in sloping, mid-textured soil conditions – the role of runoff components. Water Science and Technology, 77(7-8): 1879-1890. doi: 10.2166/wst.2018.068.

ng by agricultural drainage in sloping, mid-textured soil conditions – the role of runoff components

Antonín Zajíček, Petr Fučík, Markéta Kaplická, Marek Liška, Jana Maxová and Jakub Dobiáš

ABSTRACT

Dynamics of pesticides and their metabolites in drainage waters during baseflow periods and rainfall-runoff events (RREs) were studied from 2014 to 2016 at three small, tile-drained agricultural catchments in Bohemian-Moravian Highlands, Czech Republic. Drainage systems in this region are typically built in slopes with considerable proportion of drainage runoff originating outside the drained area itself. Continuous monitoring was performed by automated samplers, and the event hydrograph was separated using ^{18}O and ^{2}H isotopes and drainage water temperature. Results showed that drainage systems represent a significant source for pesticides leaching from agricultural land. Leaching of pesticide metabolites was mainly associated with baseflow and shallow interflow. Water

Kontakt:

zajicek.antonin@vumop.cz

DĚKUJI ZA POZORNOST