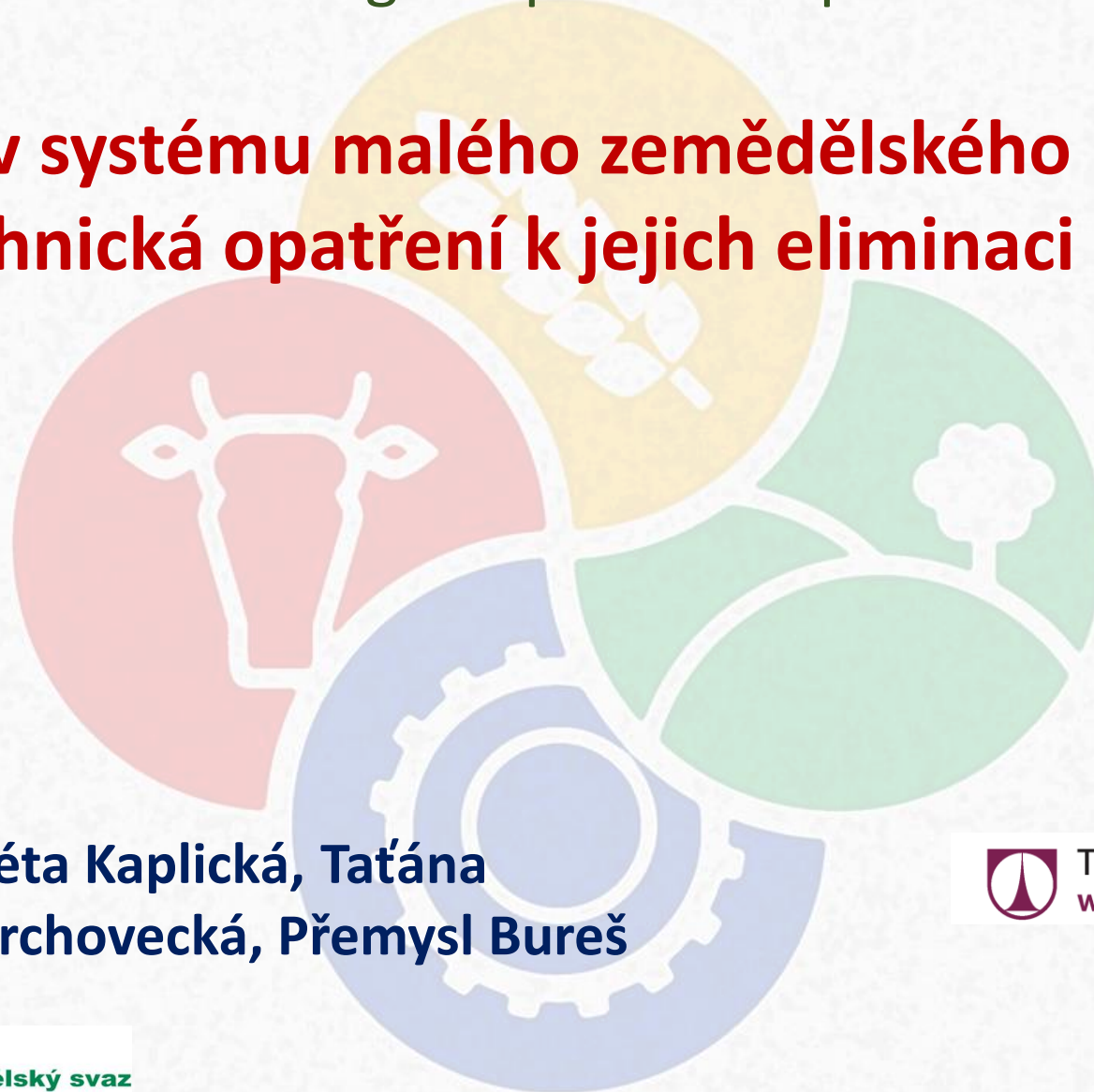


Česká technologická platforma pro zemědělství

Pesticidy v systému malého zemědělského povodí a biotechnická opatření k jejich eliminaci z vod



Antonín Zajíček, Markéta Kaplická, Taťána Halešová, Stanislava Vrchovecká, Přemysl Bureš



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



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
www.tul.cz

AQUAGEN



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ

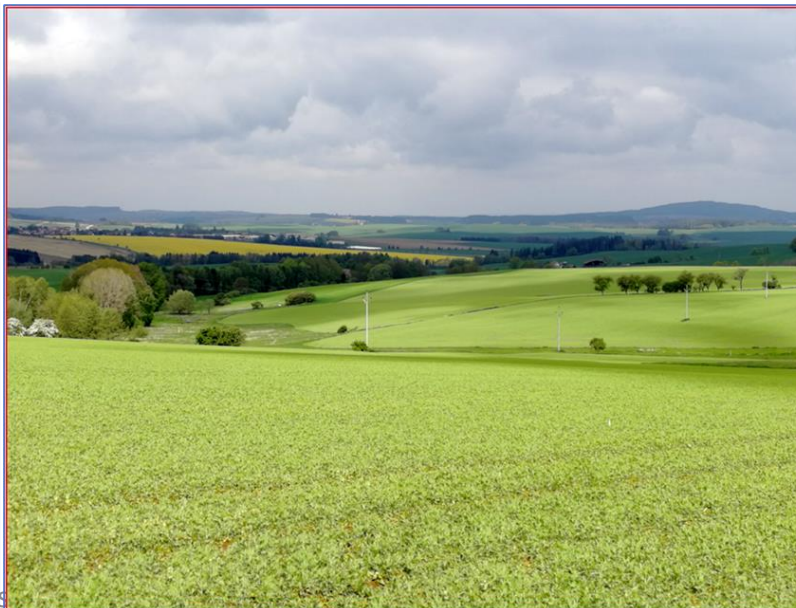


Zemědělský svaz
České republiky

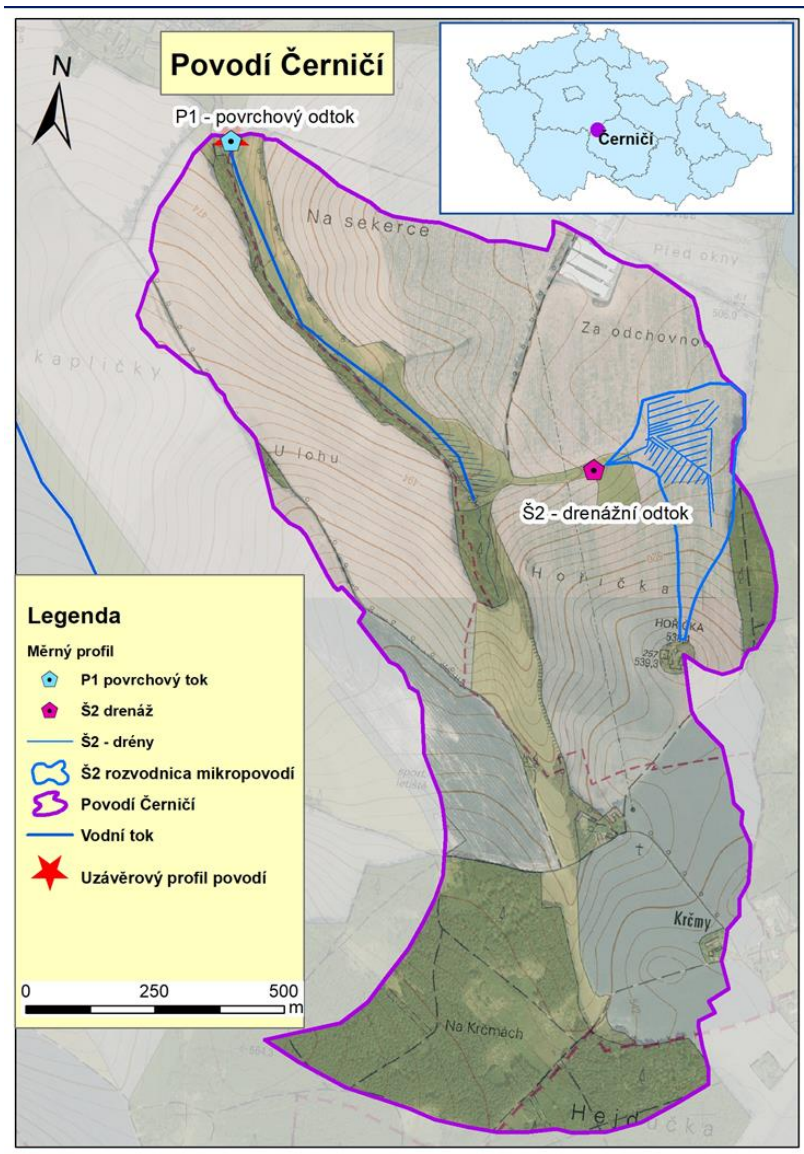
Činnost České technologické platformy pro zemědělství je finančně podporována Ministerstvem zemědělství ČR

Cíle příspěvku

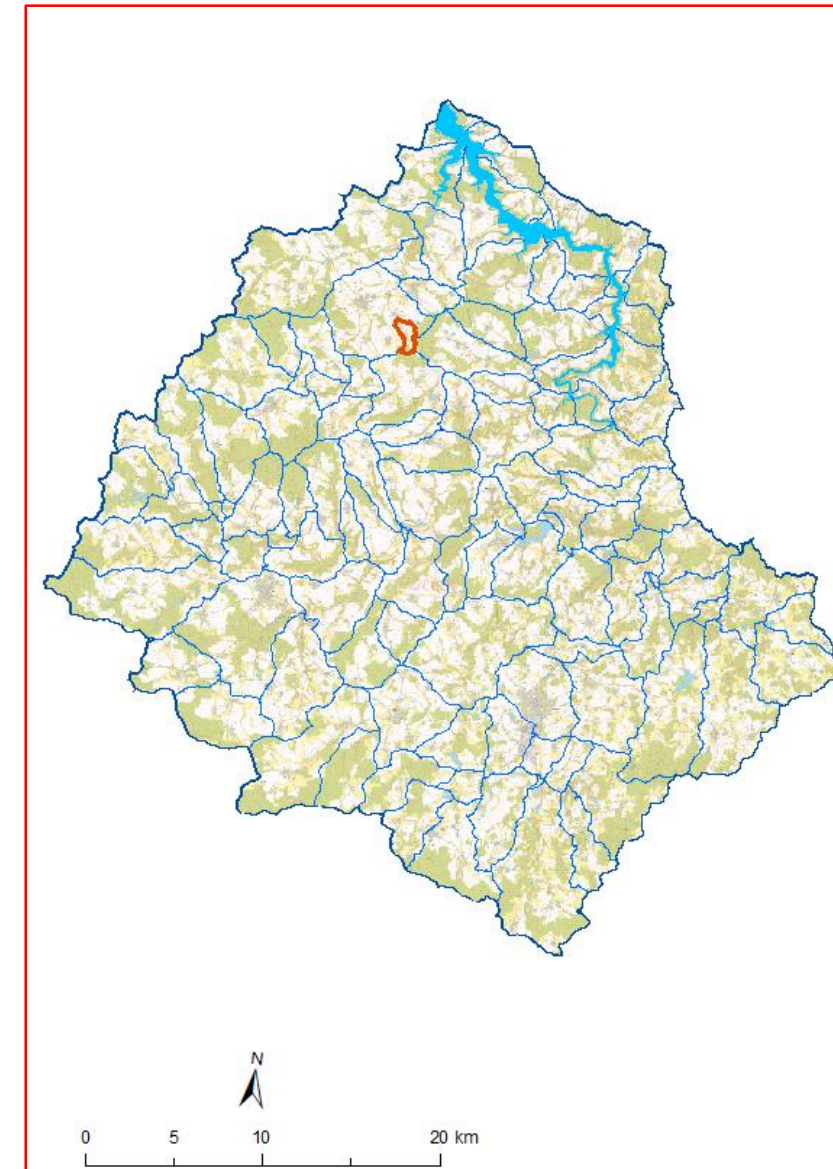
- na příkladu malého zemědělského povodí popsat výskyt a koncentrace pesticidů a jejich metabolitů v různých sledovaných maticích
- představit některá přírodě blízká opatření pro snížení koncentrací pesticidních látek ve vodách
- diskutovat některé problémy při implementaci malých biotechnických opatření



1. Výskyt pesticidů v malém zemědělském povodí



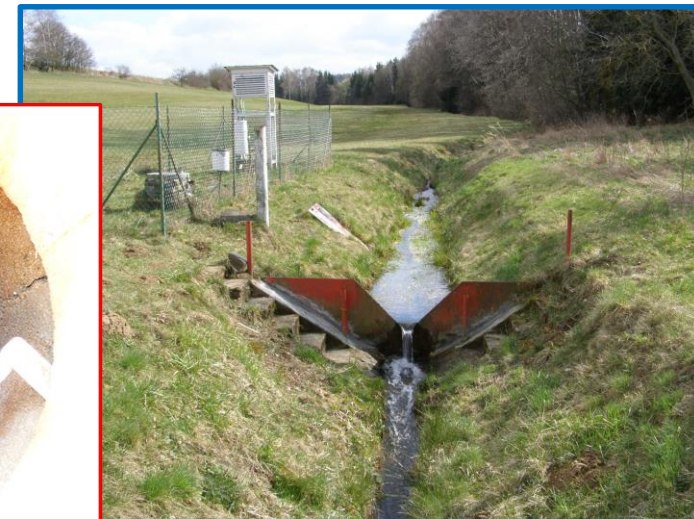
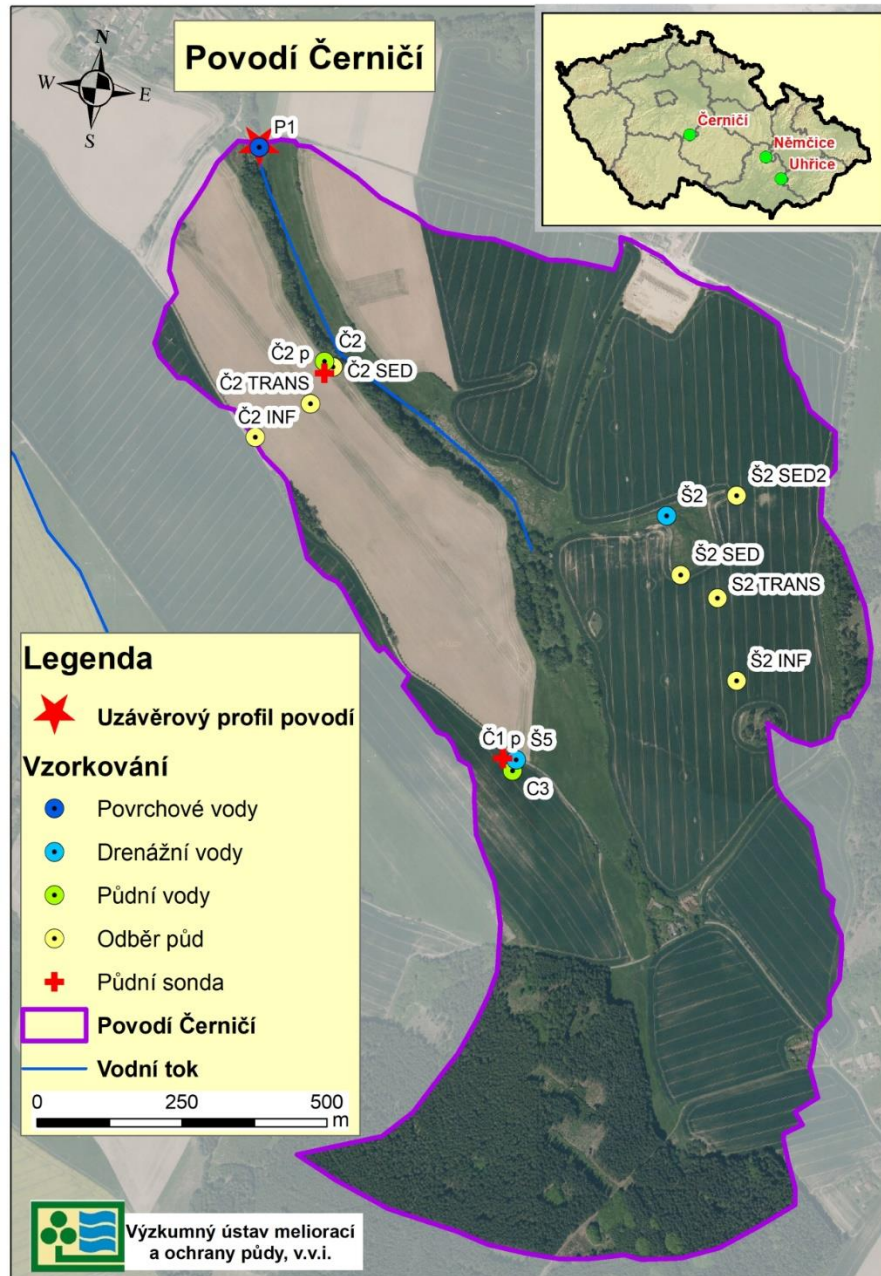
- Českomoravská vrchovina, poblíž městyse Čechtice
- povodí VN Švihov na Želivce
- plocha – 138 ha
- výška 462 -562 m n. m.
- podloží – krystalinikum, pukliny, prameny
- půdy – kambizemě, ve spodních partiích oglejené
- odvodnění ve svahu – 28 % plochy povodí
- povrchový tok ve formě HOZ
- intenzivní rostlinná výroba



System monitoringu

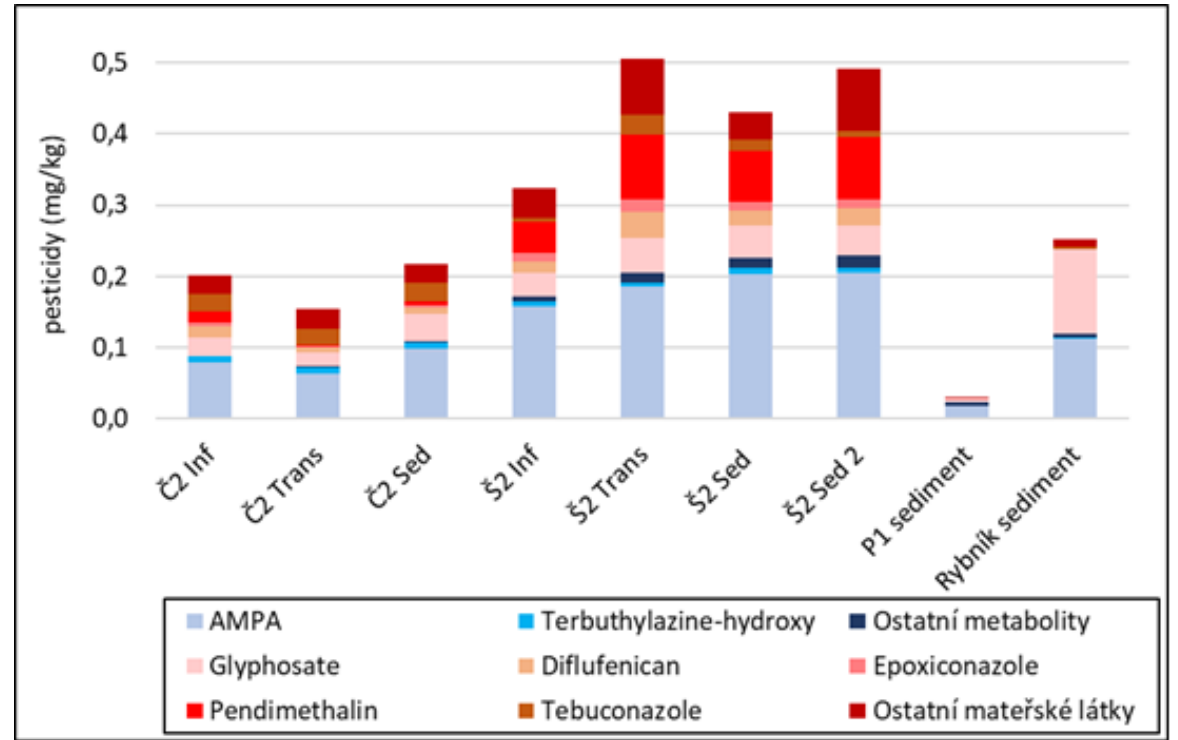
Sledované matrice 2019 – 2023

- půda a sedimenty (orničí, podporničí manuálně)
- půdní vody (lyzimetry, sukční kelímky)
- drenážní vody a povrchové vody (– kombinovaný monitoring – manuální odběry při běžných průtocích a kombinované v průběhu S-O epizod)



Pesticidy a jejich metabolity v půdách a v sedimentech

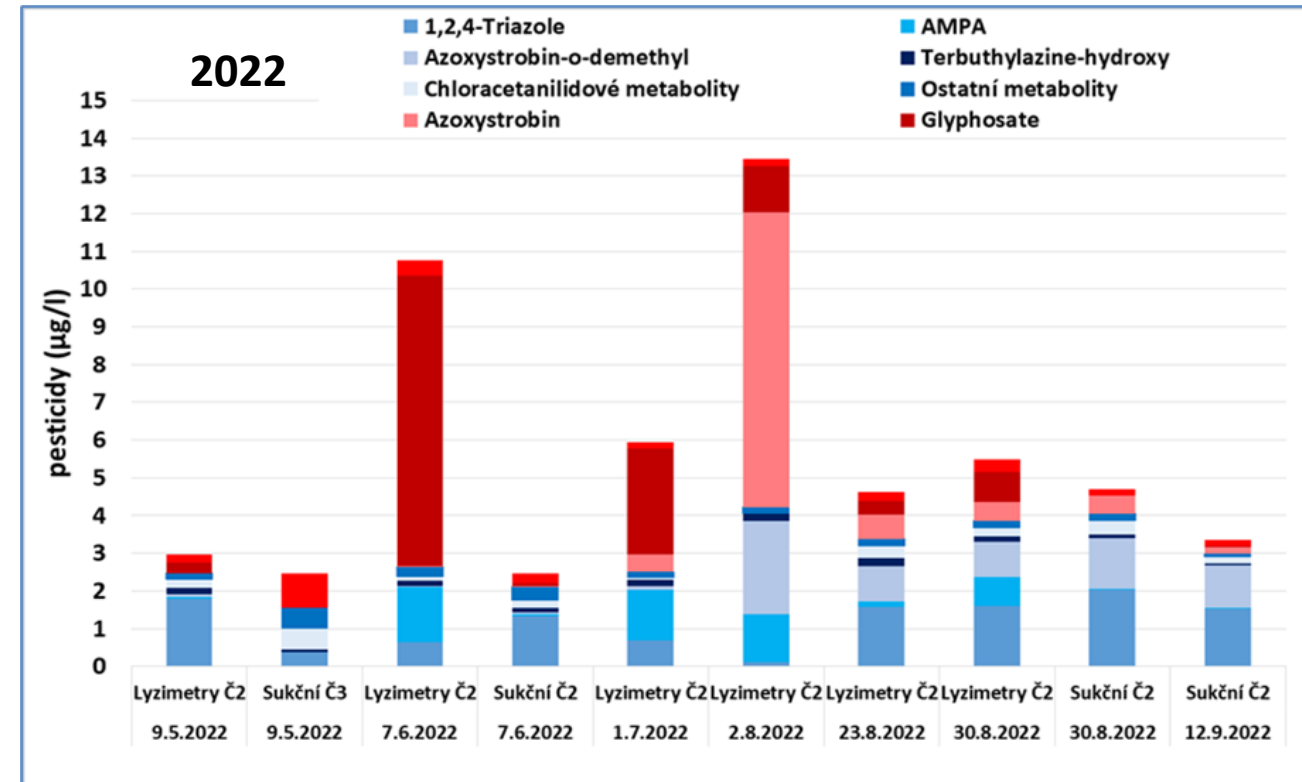
- souhrnné koncentrace **0,01 - 2,21 mg/kg** s průměrnou hodnotou **0,21 mg/kg**
- celkem detekováno **26 látek**
- typický častý výskyt mateřských látek
- dlouhodobě výrazně (přibližně trojnásobně) vyšší koncentrace v povrchové vrstvě půdy
- nízké koncentrace pesticidních látek v sedimentu povrchového toku (písčitý sediment)
- v rybničním sedimentu téměř výhradně glyfosát a jeho metabolit AMPA.



- typické látky v půdách: glyfosát, AMPA, diflufenican, pendimethalin
- časté též fungicidy tebuconazole a epoxiconazole
- nevyskytují se chloracetanilidy ani 1,2,4 triazol

Pesticidy a jejich metabolity v půdních vodách

- detekováno **101** pesticidních látek
- souhrnné koncentrace **2,97-13,45 $\mu\text{g/l}$** .
- vysoký podíl mateřských látek, celkem 65 pesticidů, včetně těch, nepocházejících z aktuální aplikace.
- **typické mateřské látky:**
tebuconazole (s nejvyšší koncentrací 7,35 $\mu\text{g/l}$), azoxystrobin (až 7,82 $\mu\text{g/l}$), thiamethoxam (až 3,99 $\mu\text{g/l}$) a s nižšími koncentracemi též boscalid, clothianidin a terbuthylazine. Glyfosát byl detekován v 58 % vzorků, jeho nejvyšší koncentrace však byla 7,72 $\mu\text{g/l}$.

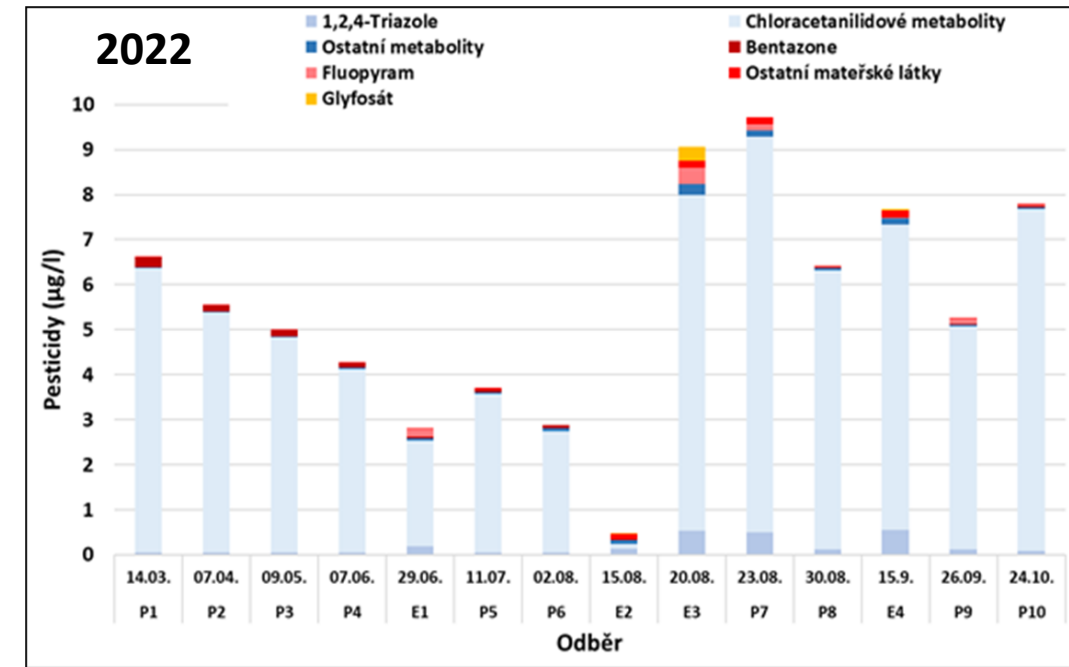
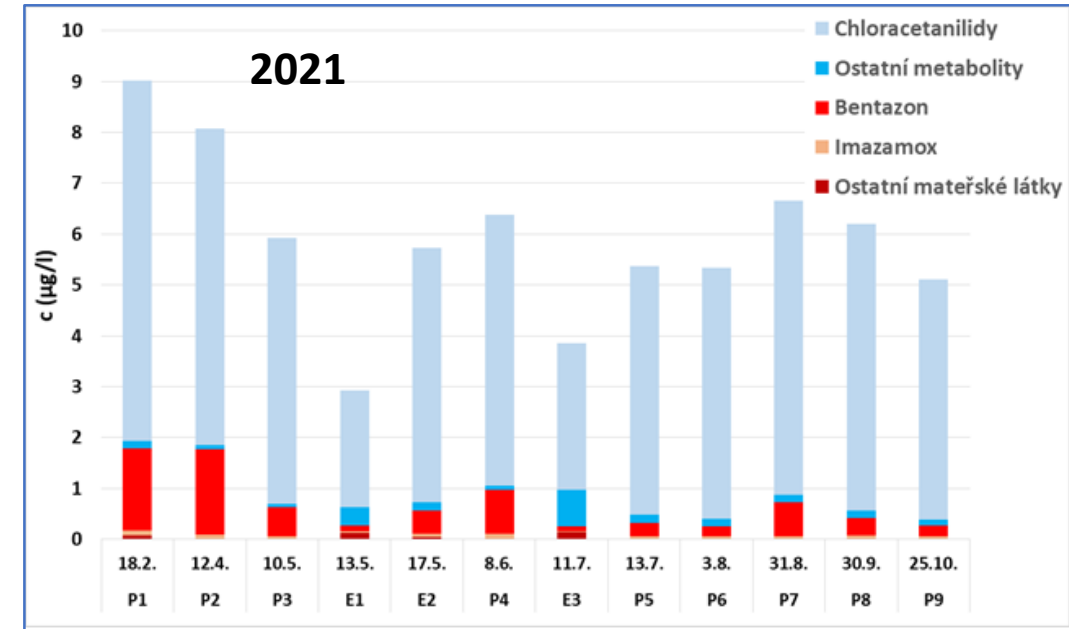


- **typické metabolity:** 1,2,4 triazole (až 2,04 $\mu\text{g/l}$), dále metabolity terbuthylazinu aalachlor ESA, AMPA
- méně četný byl výskyt dalších metabolitů chloracetanilidů

Pesticidy a jejich metabolity v drenážních vodách

| odvodnění (ha) | subpovodí (ha) | využití | průměrný průtok (l/s) | specifický odtok (l/s/ha) | (m n.m.) |
|----------------|----------------|-----------|-----------------------|---------------------------|----------|
| 1,21 | 3,82 | orná půda | 0,256 | 0,067 | 515 |

- zjištěno **61 látek** s výraznou převahou metabolitů (90 -99 % mimo SOE)
- sumární koncentrace **0,90 – 30,82 µg/l** s průměrnou hodnotou **6,31 µg/l**
- složení látek a jejich koncentrace se liší dle hydrologické situace
- převažují metabolity (chloracetanilidy, 1,2,4 triazole, terbuthylazin)
- mateřské látky převážně v průběhu S-O epizod
- typické metabolity – chloracetanilidy, 1,2,4 triazole, metabolity terbuthylazinu
- typické mateřské látky - dle aktuální aplikace (výjimkou je bentazon)
- Pokud nastane SOE po aplikaci – glyfosát a AMPA



Koncentrace pesticidů v povrchovém odtoku – závěrový profil DVT

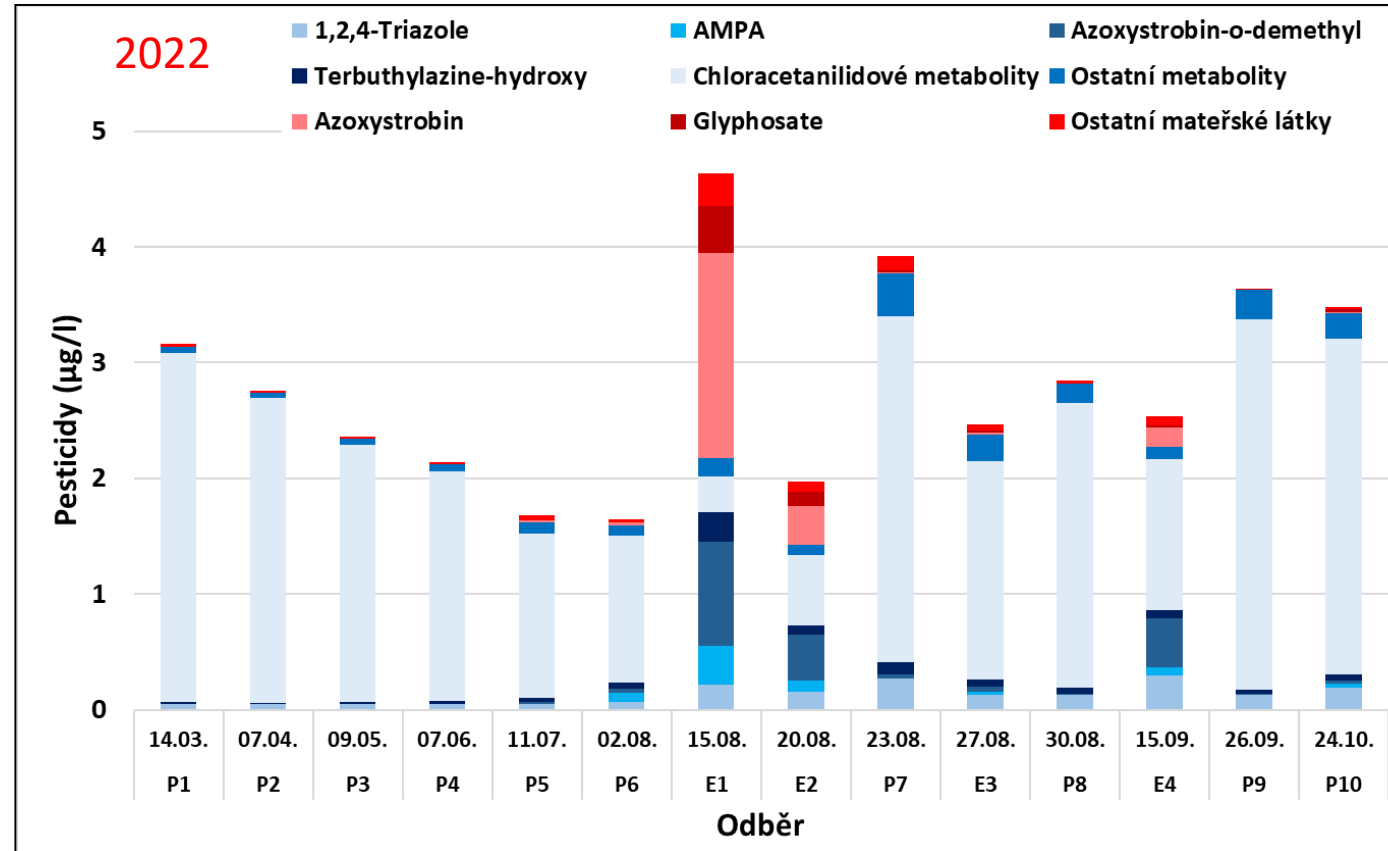


| Průtok | Průměrný (l/s) | Maximum (l/s) | Průměrný specifický l/s/ha |
|--------|----------------|---------------|----------------------------|
| 2021 | 5,4 | 85 | 0,039 |
| 2020 | 3,7 | 86 | 0,027 |
| 2019 | 2,7 | 19 | 0,019 |

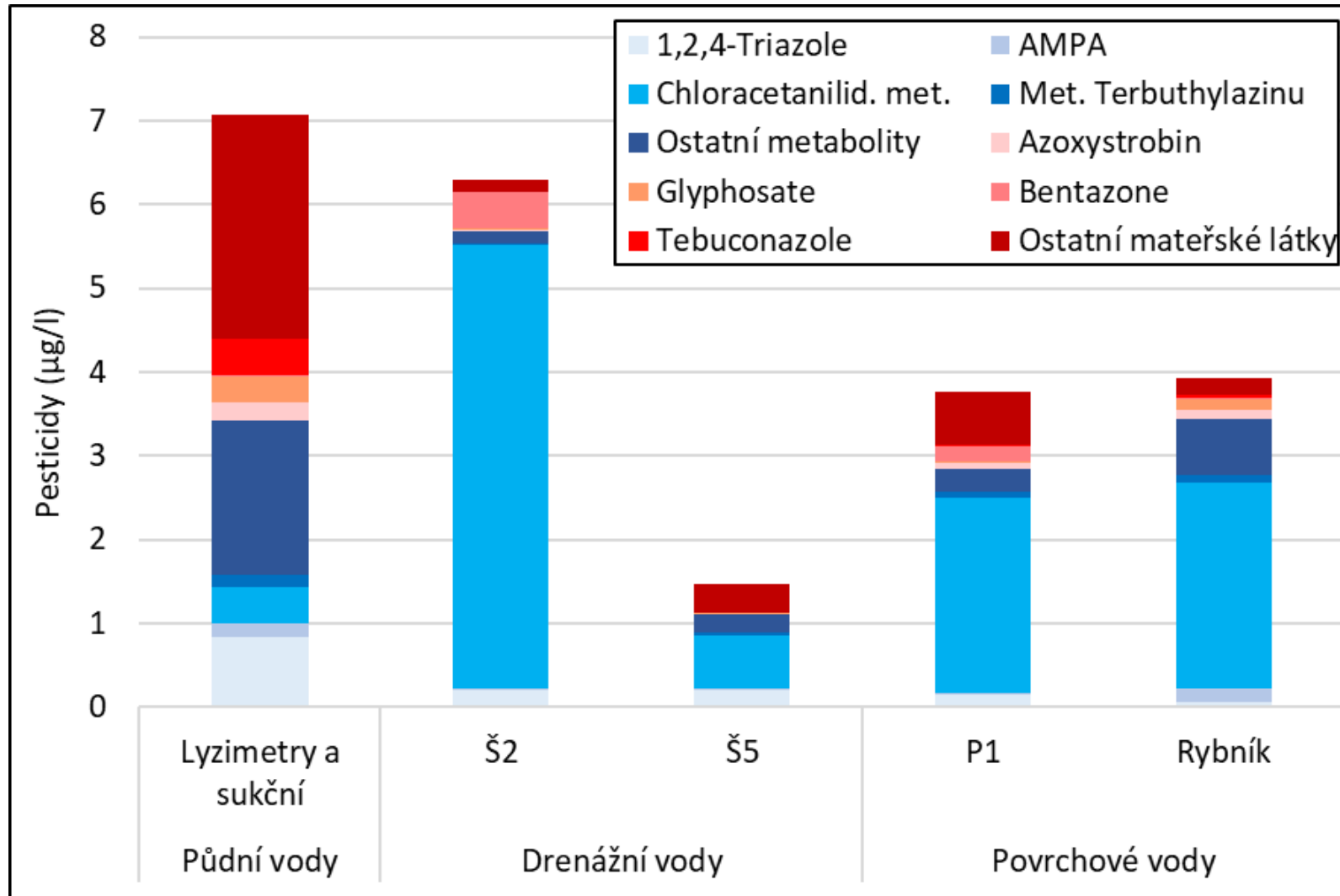
- Potok v podobě HOZ, odtok složen převážně z drenážního odtoku
- Obdobná dynamika pesticidních látek
- Více látek oproti jedné drenážní skupině

Koncentrace pesticidů a jejich metabolitů v povrchovém toku

- zjištěno celkem 95 látek, koncentrace **1,09 - 27,23 $\mu\text{g/l}$** , průměrně **3,27 $\mu\text{g/l}$**
- obdobné složení jako v drenážním odtoku s převahou metabolitů (průměrně **2,54 $\mu\text{g/l}$**)
- mateřské látky v období běžných průtoků v nízkých koncentracích (průměrně **0,04 $\mu\text{g/l}$**), v průběhu epizod byla tato hodnota **1,17 $\mu\text{g/l}$** .
- typické metabolity – chloracetanilidy, 1,2,4 triazole

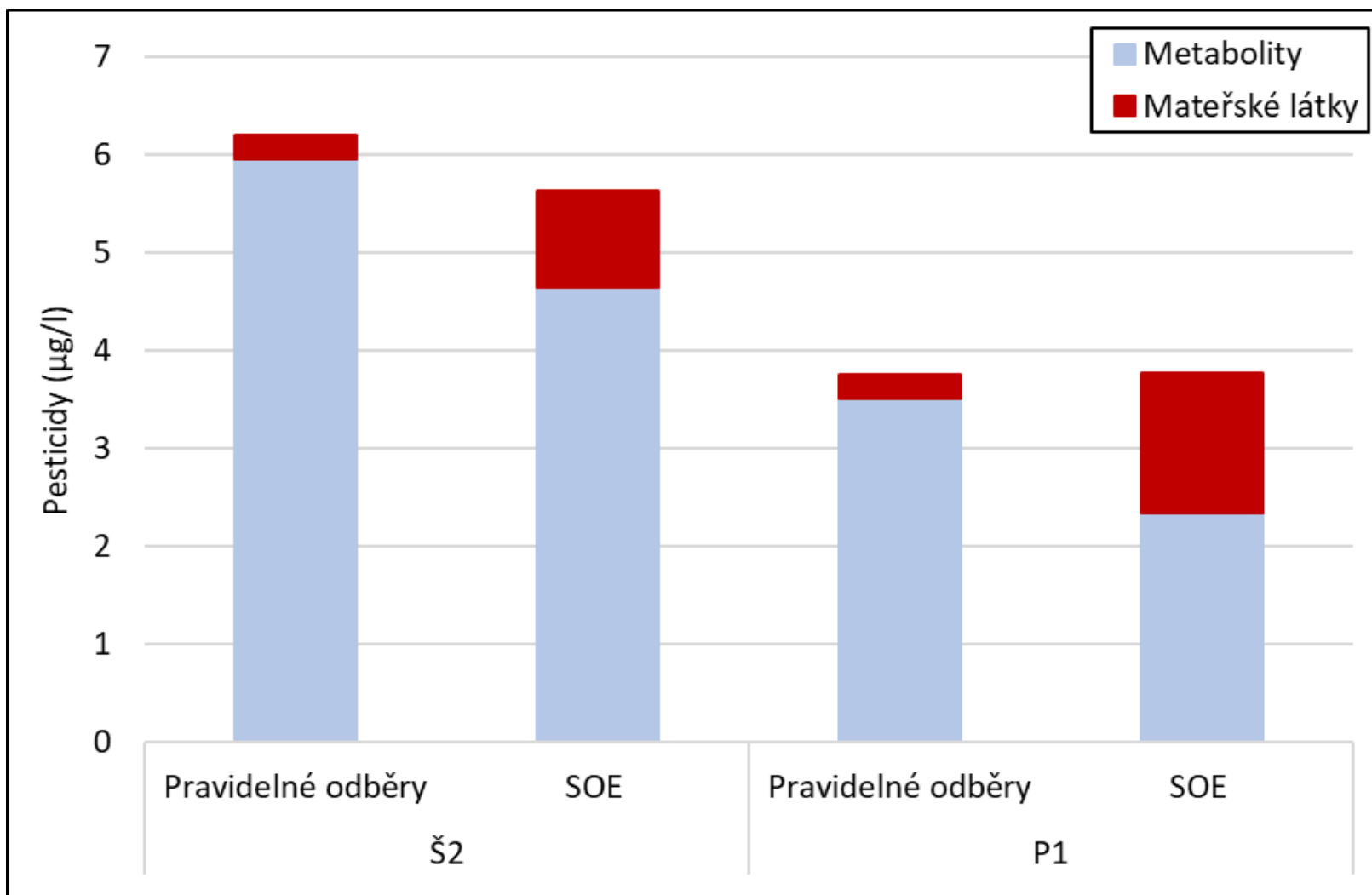


Koncentrace pesticidních látek v různých typech sledovaných vod



Průměrné koncentrace pesticidů v půdních, drenážních a povrchových vodách

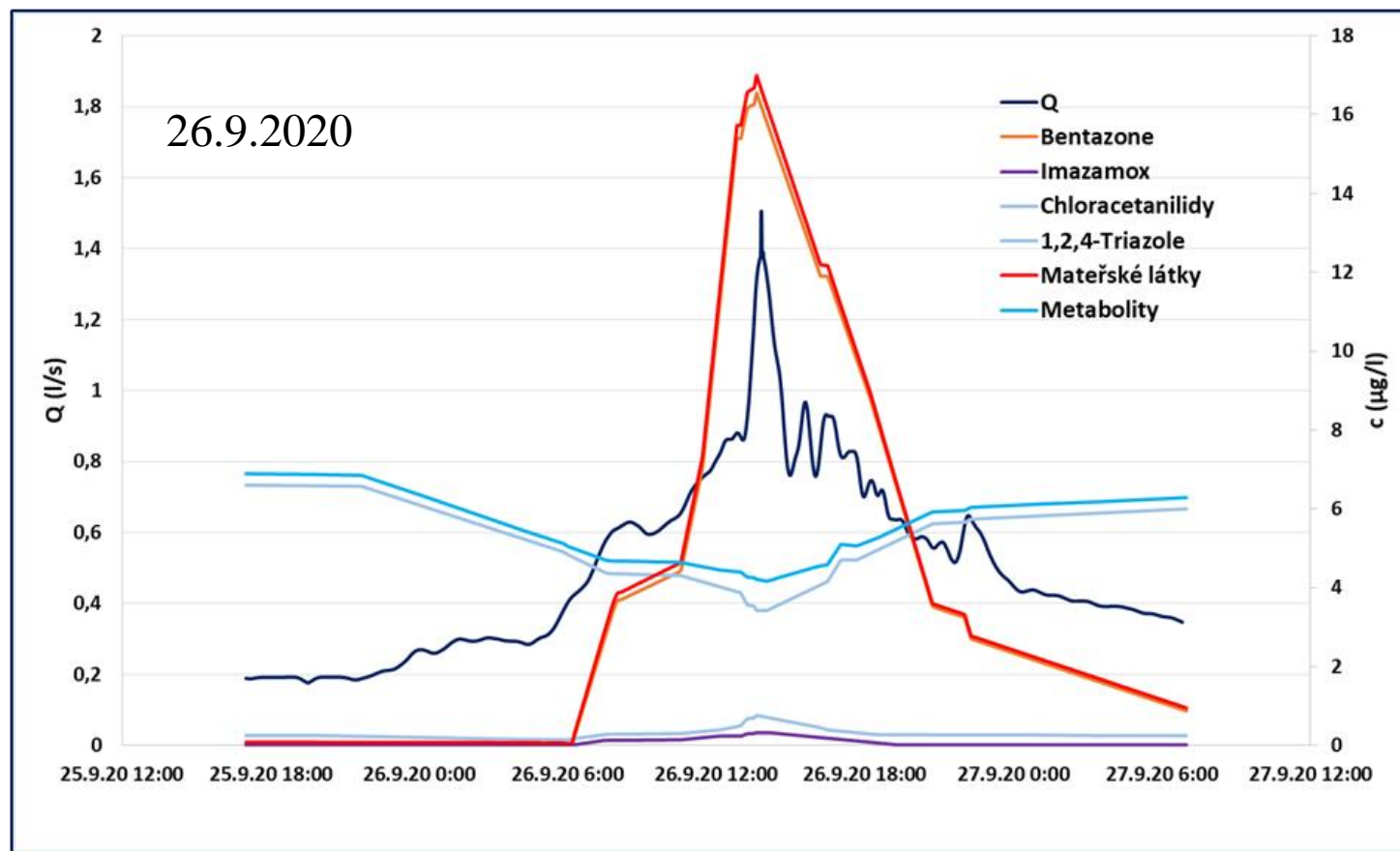
Koncentrace pesticidních látek v období běžných průtoků a v období srážko-odtokových epizod



Průměrné koncentrace pesticidů v drenážních (Š2) a povrchových (P1) vodách v průběhu běžného odtoku a srážko-odtokových epizod

Koncentrace pesticidních látek – ukázka SOE

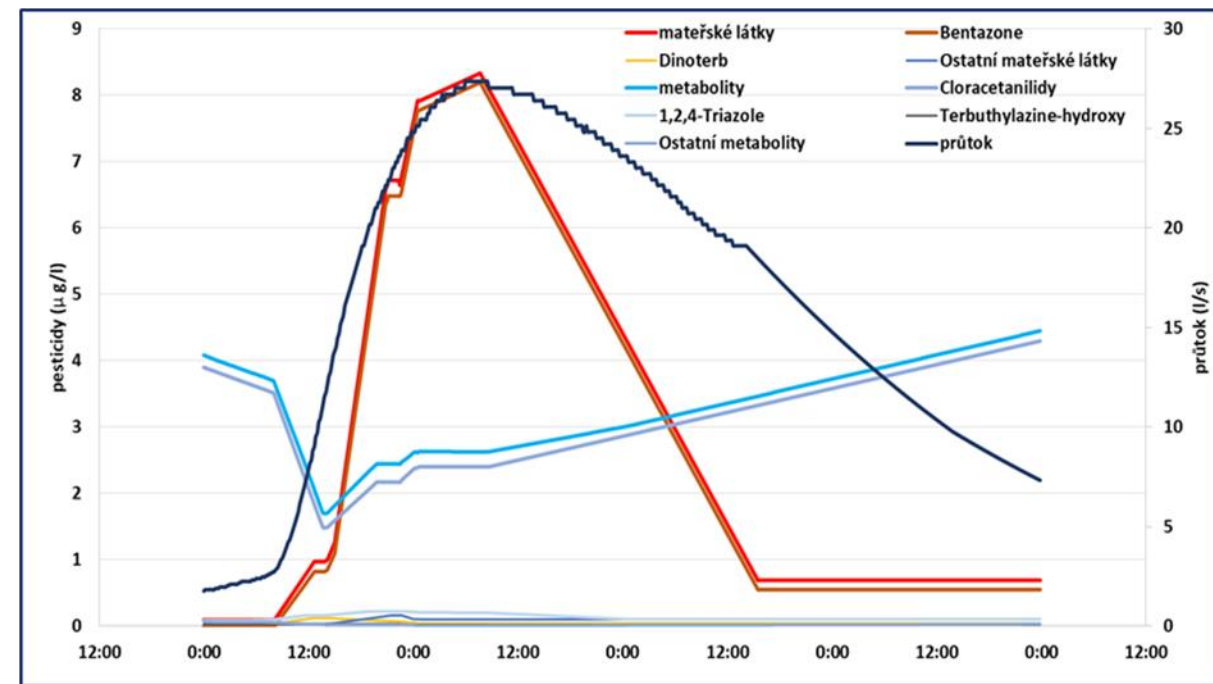
- zvýšení drenážního průtoku z 0,2 l/s na 1,5 l/s
- změna teploty drenážní vody- přítomnost vody z příčinné srážky
- koncentrace bentazonu až 15,4 µg/l, po kulminaci průtoku následoval rychlý pokles jeho koncentrací



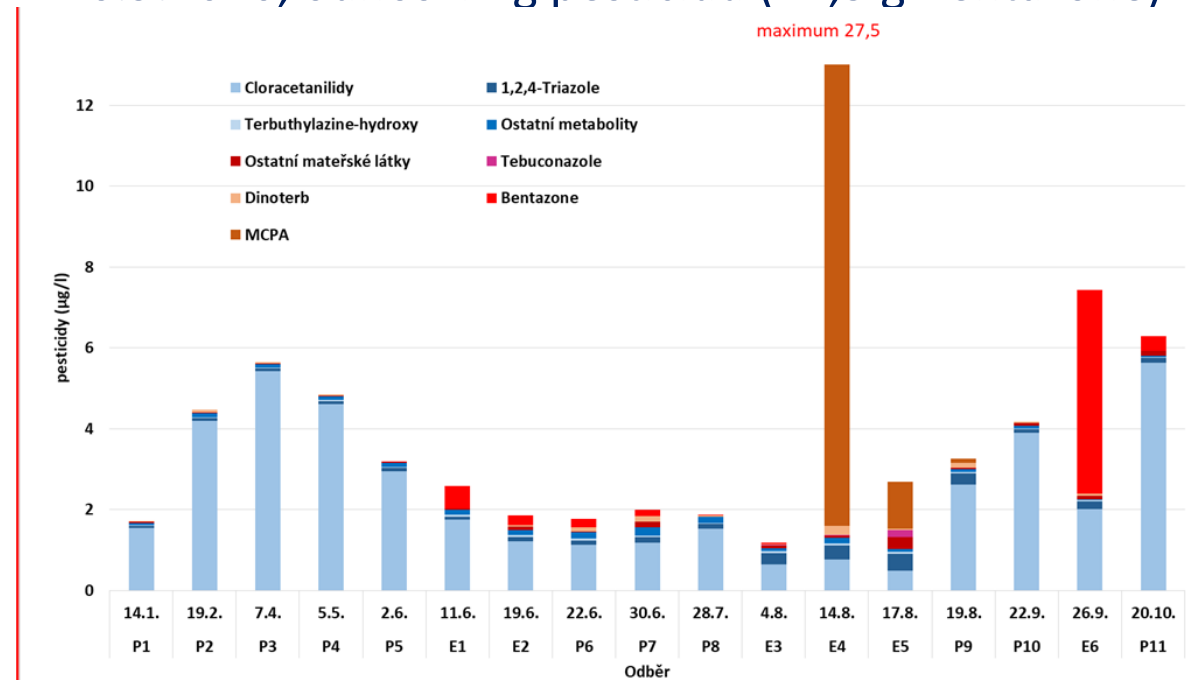
- typické naředění koncentrací metabolitů chloracetanilidů
- odnos celkem 5,0 g pesticidních látek
- z tohoto množství bylo 3,4 g mateřských látek - 3,3 g bentazonu
- odnos metabolitů 1,6 g, převážně metabolitů chloracetanilidových herbicidů (1,47 g) a 1,2,4-triazol (0,14 g)

Mateřské látky v povrchovém toku:

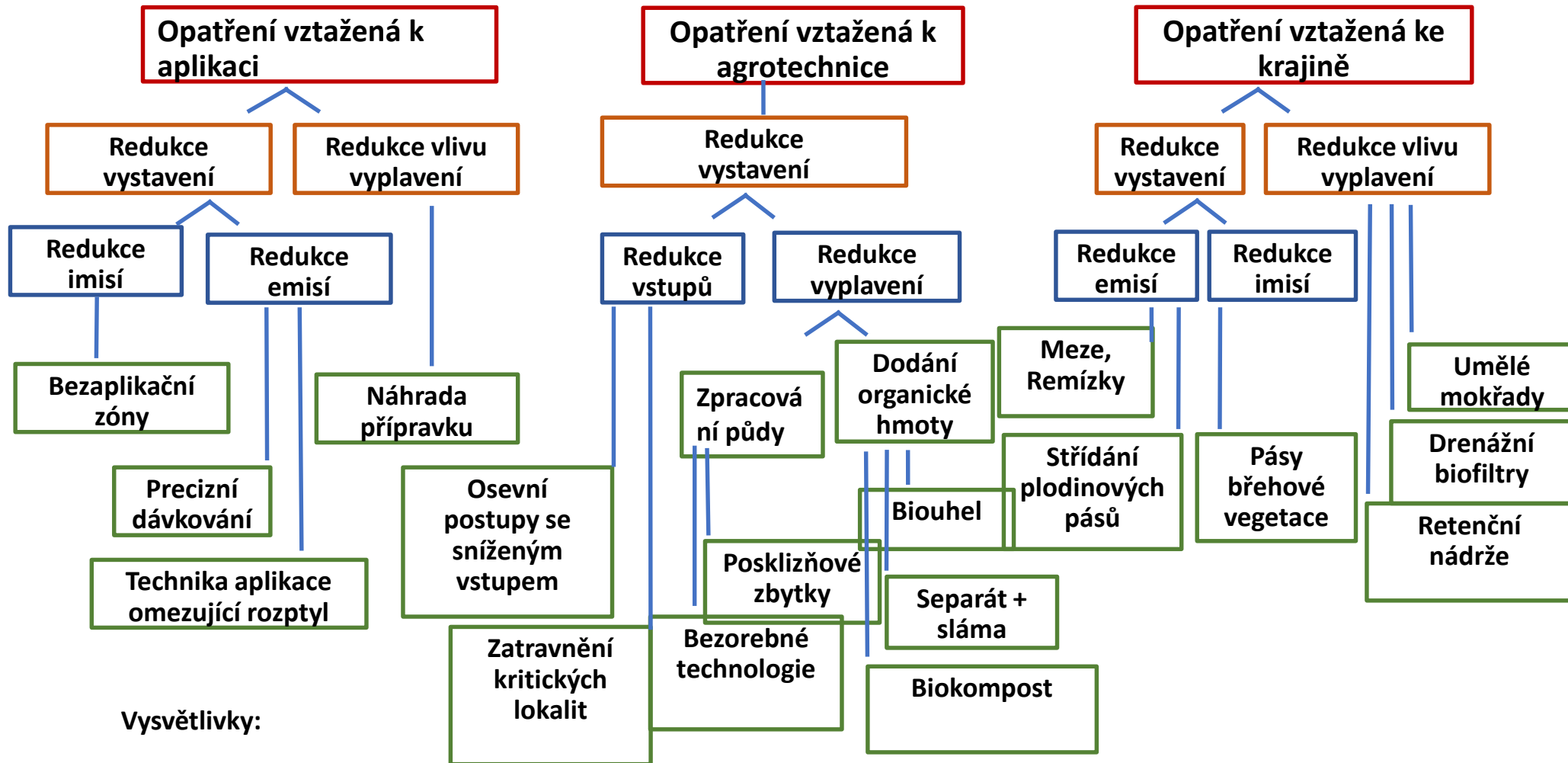
- látky s vysokými koncentracemi v průběhu epizod - MCPA (max 25,60 $\mu\text{g/l}$), mesotrion (max 2,25 $\mu\text{g/l}$), foramsulfuron (max 0,67 $\mu\text{g/l}$) a glyfosát (max 0,52 $\mu\text{g/l}$).
- látky pravidelně nalézané v nízkých koncentracích s růstem v průběhu epizod - bentazone (až 7,77 $\mu\text{g/l}$), azoxystrobin (až 2,40 $\mu\text{g/l}$) a tebuconazole (až 0,41 $\mu\text{g/l}$).
- látky dlouhodobě přítomné s velmi nízkou koncentrací - (fluazifop, imazamox a chlorsulfuron)



26.9.2020, odnos 41 g pesticidů (22,5 g Bentazone)



2. Opatření ke snížení zátěže vod pesticidy

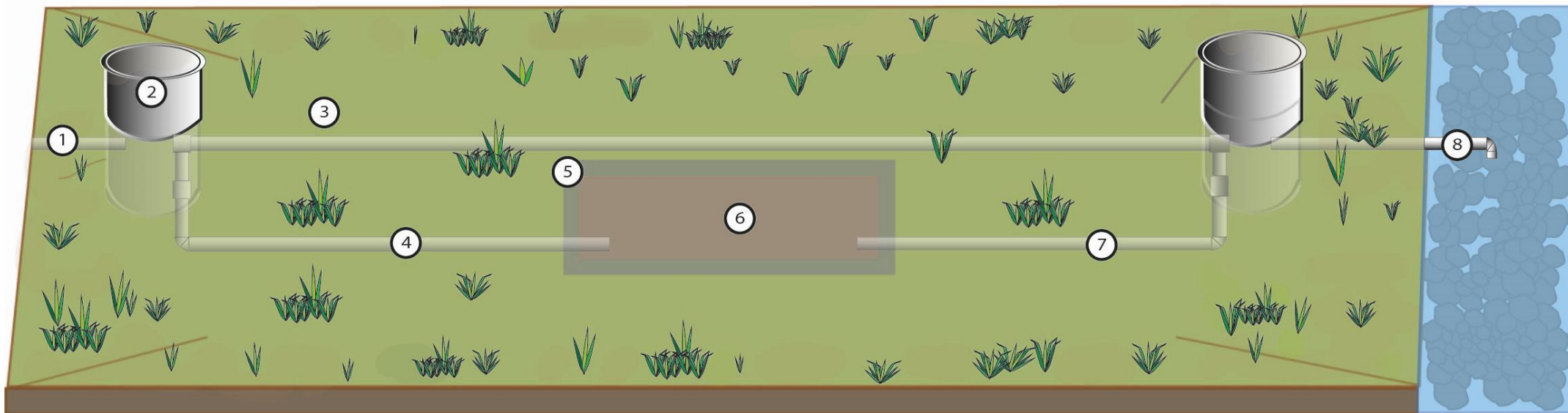


Vysvětlivky:

- Princip opatření
- Cíl opatření
- Vliv opatření
- Příklad opatření

Vhodná opatření na stavbách zemědělského odvodnění a v jejich návaznosti

Drenážní bioreaktor/biofiltr



1 Přítok drenážní vody

2 Šachtice s rozdělovacím objektem

3 Bypass vyšších vod

4 Nátok vody do bioreaktoru

5 Lože bioreaktoru

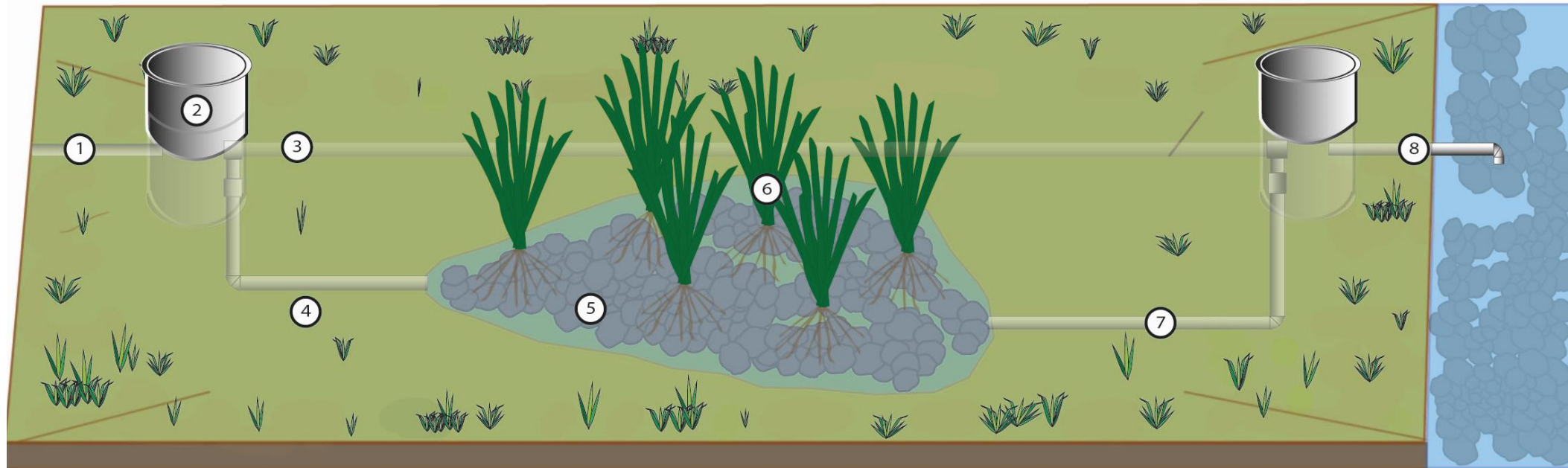
6 Náplň bioreaktoru

7 Odtok přečištěné vody

8 Odtok do recipientu

Vhodná opatření na stavbách zemědělského odvodnění a v jejich návaznosti

Kořenová čistírna

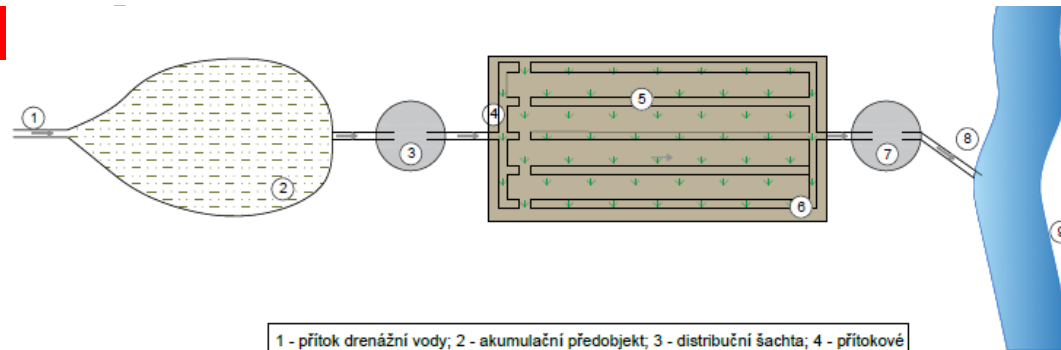


1 Přítok drenážní vody
2 Šachtice s rozdělovacím objektem
3 Bypass vyšších vod
4 Nátok vody do čistírny

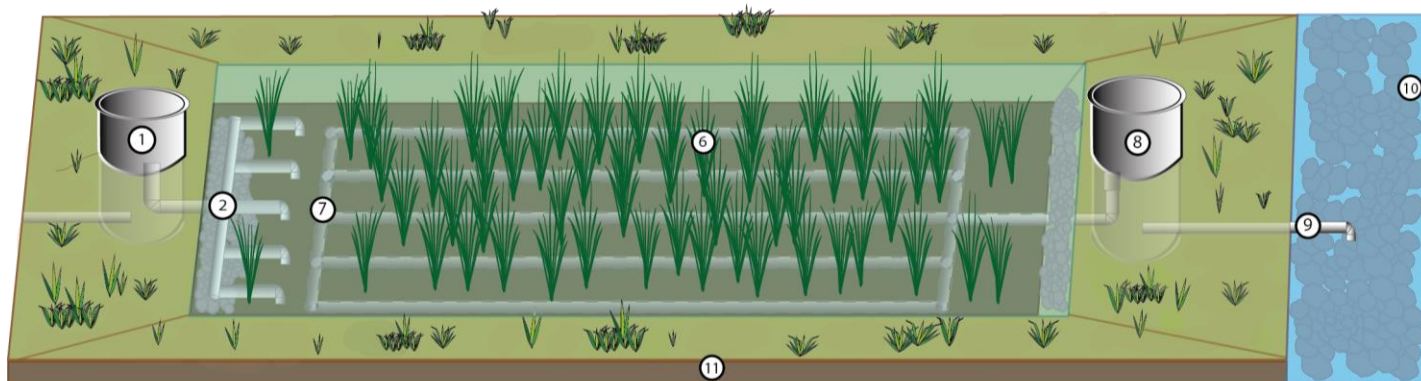
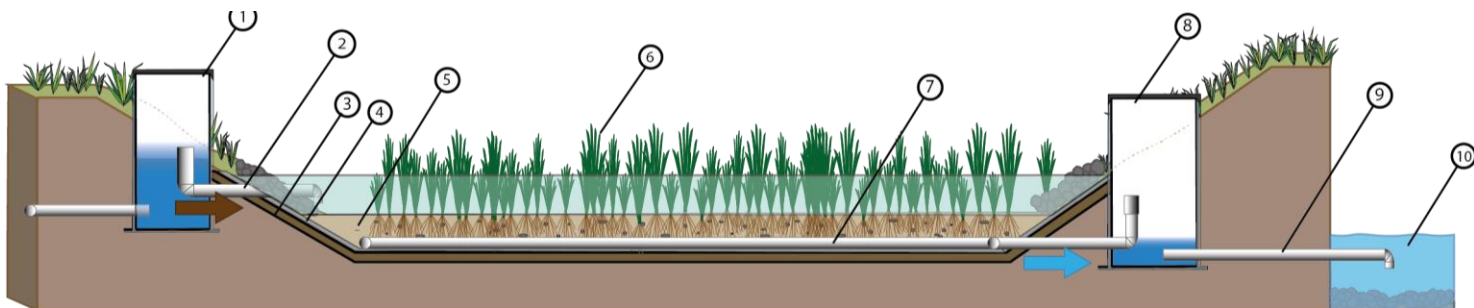
5 Hrubé kamenivo
6 Mokřadní vegetace
7 Odtok přečištěné vody
8 Odtok do recipientu

Vhodná opatření na stavbách zeměděl odvodnění a v jejich návaznosti

Umělý mokřad



1 - přítok drenážní vody; 2 - akumulační předobjekt; 3 - distribuční šachta; 4 - přítokové potrubí; 5 - drenážní/distribuční potrubí; 6 - objekt mokřadu; 7 - manipulační šachtice; 8 - odtokové potrubí; 9 - recipient



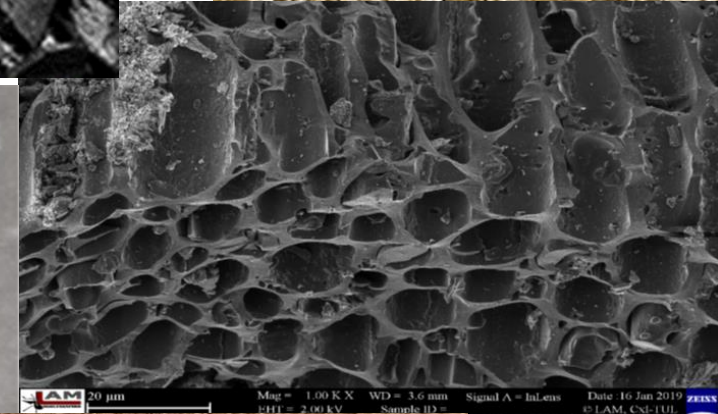
1 – distribuční šachta; 2 – přítokové potrubí; 3 – geotextilie; 4 – fólie; 5 – substrát; 6 – mokřadní vegetace; 7 – drenážní / distribuční potrubí; 8 – manipulační šachtice; 9 – odtokové potrubí; 10 – recipient; 11 – okolí mokřadu chráněno zemním valem či průlehem



Substráty

Zamýšlené/testované

- Biouhel
- Bílá rašelina
- Štěpka
- Vermikulit
- Lignit
- Polymerní nanovláknna
- Jemný štěrč
- Rostliny

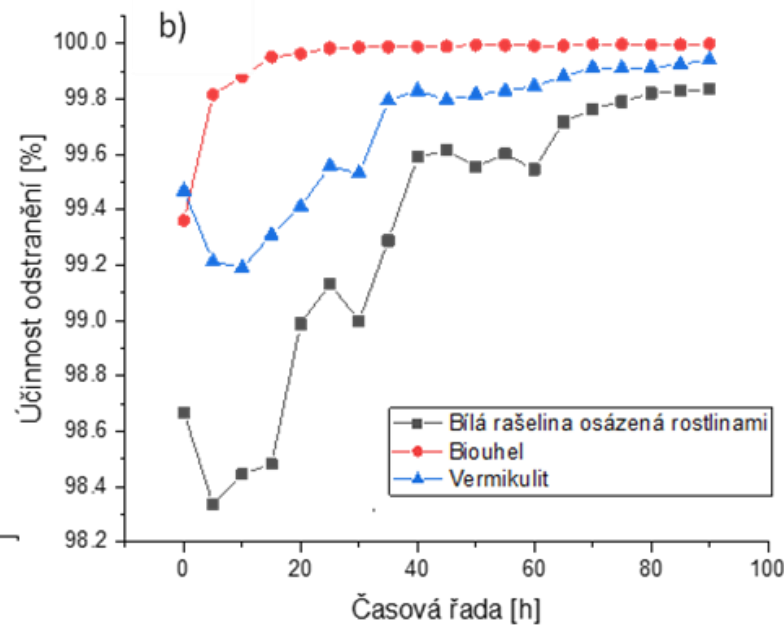
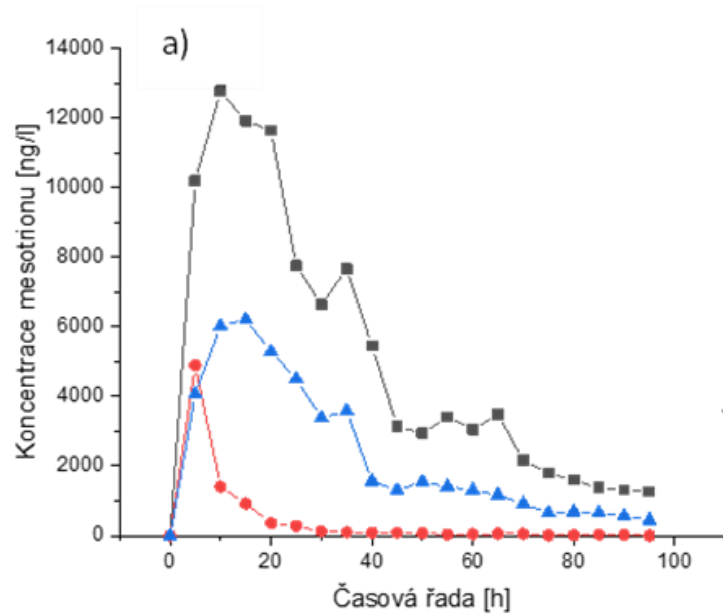


Testování substrátů

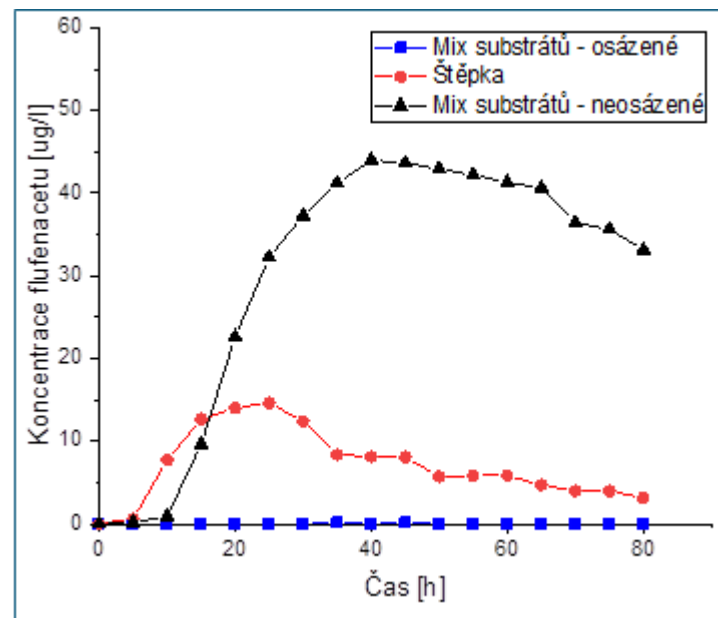
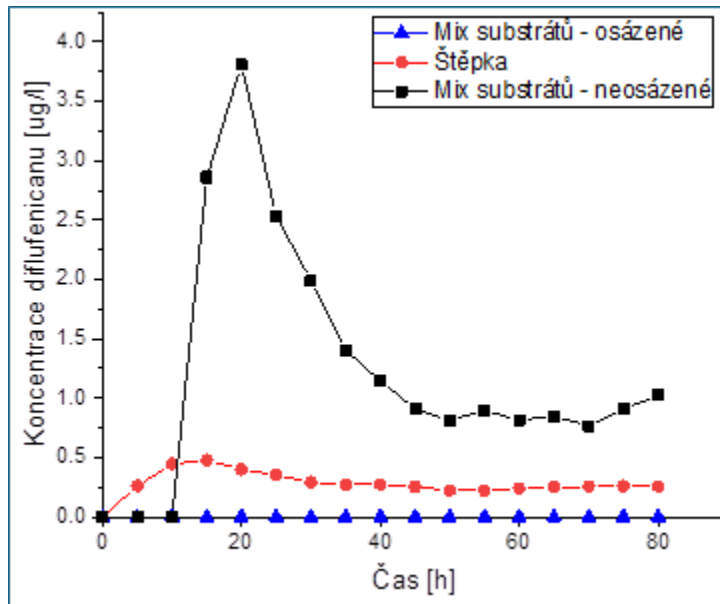


Výsledky testování

Expoziční testy ukazují, že nejvíce vhodným sorbentem pro tyto látky je sorbent tvořený biocharem, vermikulitem a štěpkou v poměru 1:1:1 společně s přítomností olší.



Průběh expozičního testu pro mesotrion



Průběh expozičního testu pro diflufenican

Průběh expozičního testu pro flufenacet

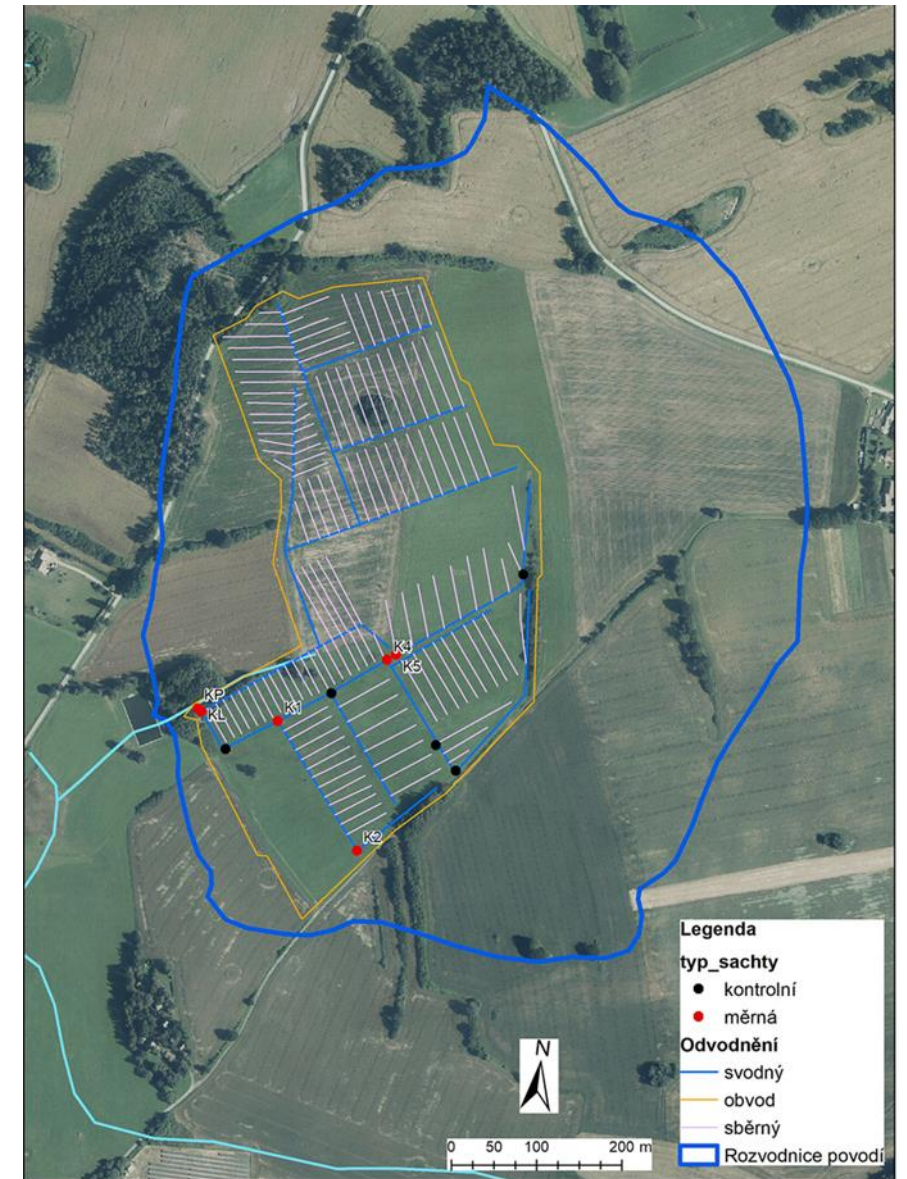
Realizace biofiltrů - pokusná lokalita Dehtáře



k.ú. Dehtáře
Cca 8 km od Pelhřimova
Pokusná lokalita VÚMOP

| lokality | drenážní skupina | odvodnění (ha) | subpovodí (ha) | druh pozemku (hnojení) | průměrný průtok (l/s) | specifický odtok (l/s/ha) | nadm. v. (m n.m.) |
|----------|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------|
| Dehtáře | KL | 6,51 | 29,6 | TTP (K) | 0,219 | 0,007 | 550 |
| Dehtáře | KP | 9,51 | 28,3 | orná půda (M, K) | 1,265 | 0,044 | 550 |

Vhodná lokalita pro realizaci drenážních biofiltrů



Příklad realizace – uzavřený systém



Realizace otevřeného systému



Příklad realizace – otevřený systém



Příklad realizace – otevřený systém



3. Možnosti implementace opatření?

Povodí Vltavy, státní podnik: Studie proveditelnosti 1037 opatření v povodí VN Švihov

- 1 037 opatření zpracovaných do podoby listů opatření typu A
- 681 opatření protierozních (mez, zatravněný pás, zatravněná údolnice, průleh....)
- 255 opatření snižujících znečištění z podpovrchových zdrojů (na drenáži – biofiltry, tůň, regulace....),
- 68 opatření kombinovaných (mokřady..)
- 33 opatření doprovodných (vegetace...)
- Všechna opatření jsou dostupná zde:

<https://studiepv1.vumop.cz//project/map.php>

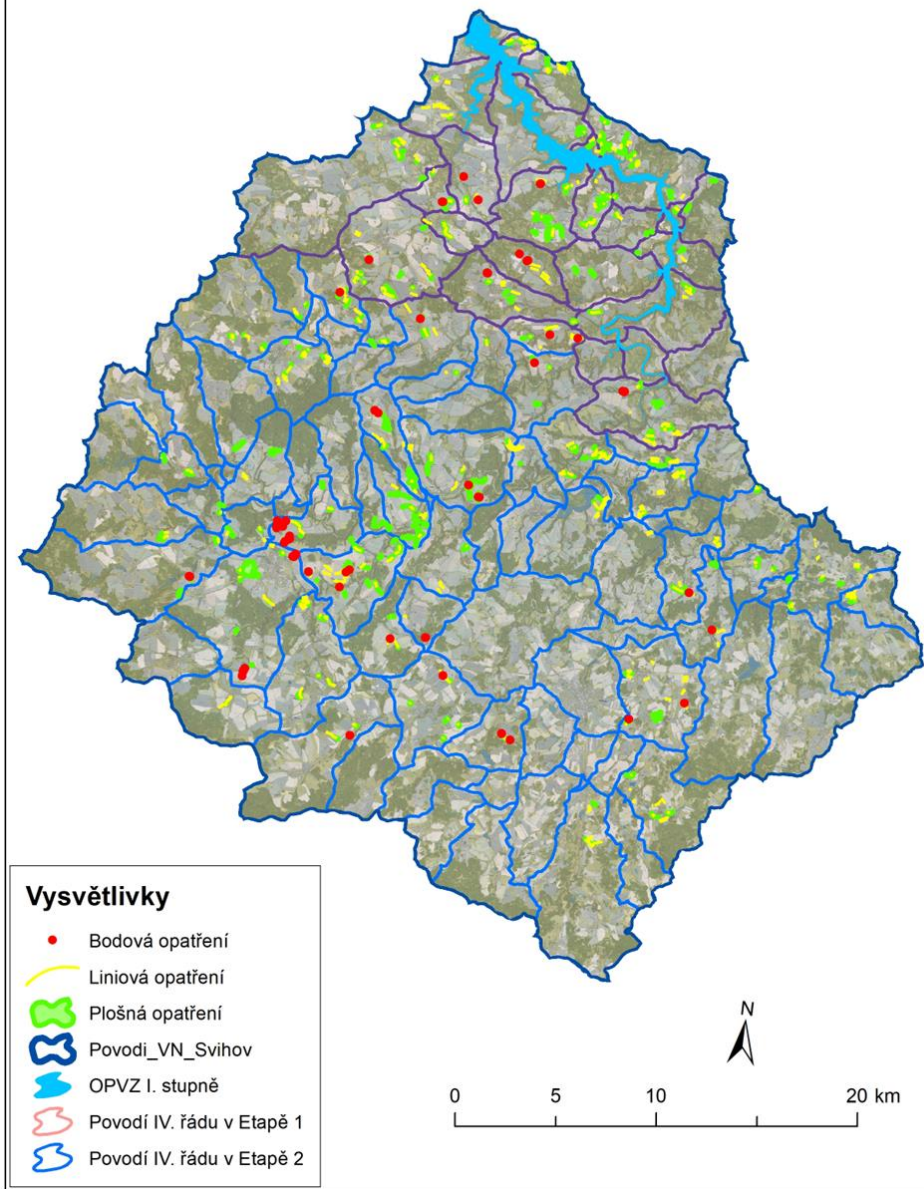
| Název opatření | Počet opatření | Hlavní účinek |
|--|----------------|---------------|
| Regulace odtoku z pramenních jímek | 2 | Na drenáži |
| Protierozní mez | 182 | Protierozní |
| Zatravněný pás | 113 | Protierozní |
| Protierozní sedimentační nádrž | 91 | Protierozní |
| Zatravnění údolnice | 78 | Protierozní |
| Svodný průleh | 55 | Protierozní |
| Odváděcí průleh | 48 | Protierozní |
| Převody drenážních vod na úrovni POZ | 46 | Na drenáži |
| Mokřad v dolní části OS (či v jeho návaznosti) | 46 | Kombinované |
| Odkrytí drénu a jeho úplné odstranění | 40 | Na drenáži |
| Tůň dotovaná drenážní vodou nebo tůň na drenážní výusti | 40 | Na drenáži |
| Suchá nádrž | 39 | Protierozní |
| Odkrytí zatrubněných HOZ | 36 | Na drenáži |
| Liniová zeleň | 33 | Doprovodné |
| Svodný odvodňovací příkop | 32 | Protierozní |
| Retenční průleh | 31 | Protierozní |
| Rozdělovací objekt | 29 | Na drenáži |
| Objekt na drenáži typu kořenové čistírny | 22 | Na drenáži |
| Revitalizace vodního toku | 18 | Kombinované |
| Zasakovací drén | 13 | Na drenáži |
| Biofiltr v návaznosti na drenážní systém | 9 | Na drenáži |
| Lokální eliminace drénu (části drénu) - zaslepení | 6 | Na drenáži |
| Šachtice s bezpečnostním odtokem | 6 | Na drenáži |
| Záchytný - odváděcí příkop | 6 | Protierozní |
| Zatravnění infiltrační oblasti s návazností na odvodnění | 4 | Kombinované |
| Ochranná hrázka | 3 | Protierozní |
| Polní cesta s protierozní funkcí | 3 | Protierozní |
| Regulace na úrovni POZ | 3 | Na drenáži |
| Plošné odstranění POZ | 2 | Na drenáži |
| Plošné regulace na úrovni POZ | 1 | Na drenáži |
| Celkem | 1037 | |



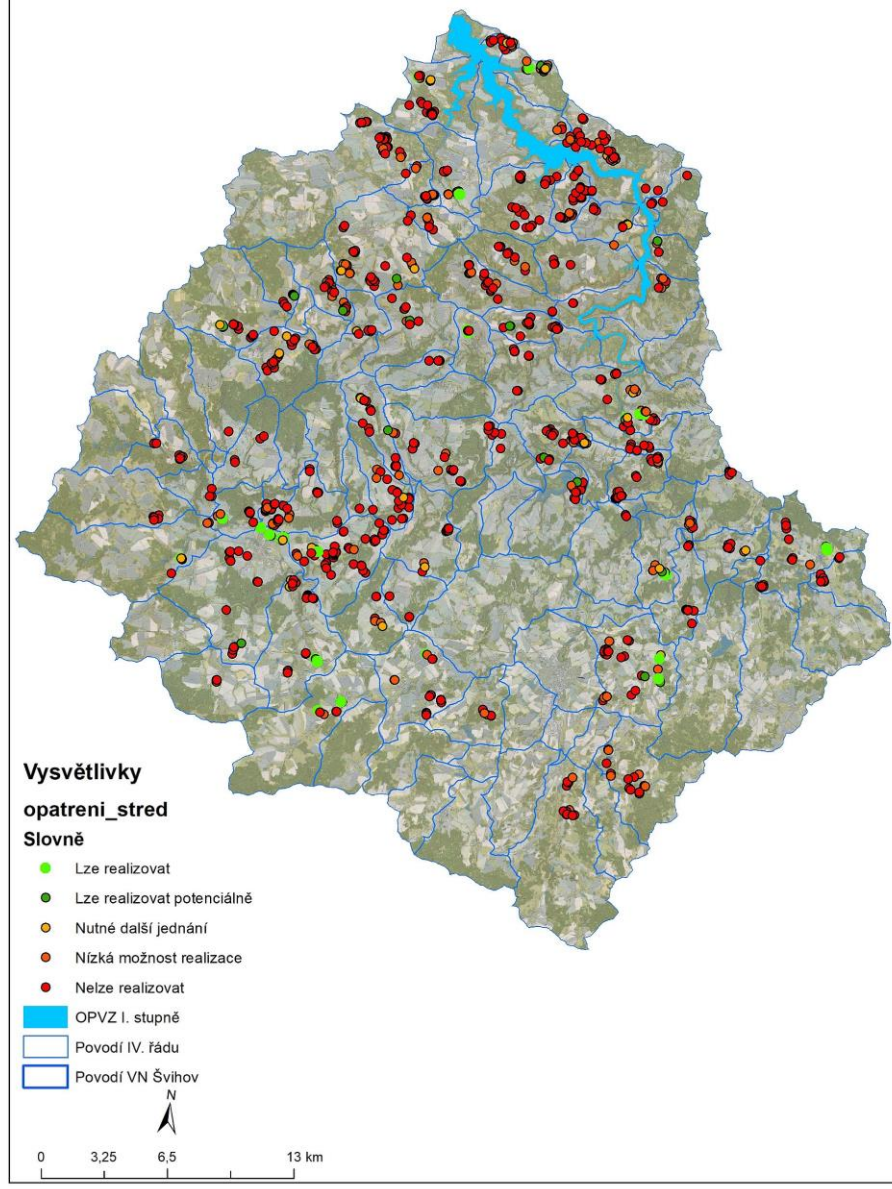
Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.



Přehled opatření hodnocených v rámci Studie proveditelnosti

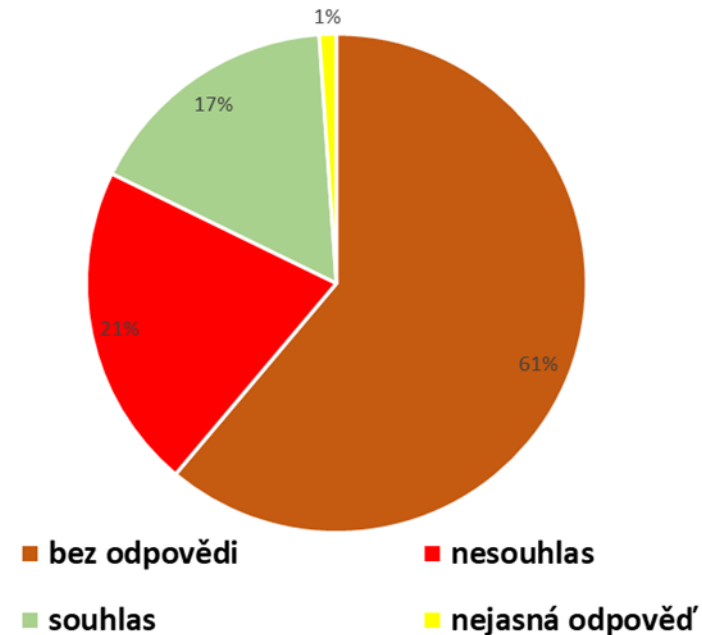


Přehled realizovatelnosti opatření hodnocených v rámci Studie proveditelnosti



- Celkem 8 398 žádostí o vyjádření odeslaných 2 145 vlastníkům,
- odpovědělo 824 vlastníků (38 %), kteří se vyjádřili k 3 265 žádostem (39 %),
- z těchto vyjádření bylo souhlasných 1 398 (17 % z požadovaných stanovisek),
- 93 došlých odpovědí bez jasného stanoviska,
- 659 nesouhlasných stanovisek
- z hlediska odůvodnění nesouhlasných odpovědí jednoznačně převládá „znehodnocení půdy“, následně „nevyjasněný způsob financování realizace a údržby“.

Podíl typu odpovědi vlastníků pozemků



Výsledky studie

| Realizovatelná opatření | Počet |
|---|-------|
| Protierozní sedimentační nádrž | 10 |
| Odkrytí drénu a jeho úplné odstranění | 6 |
| Protierozní mez | 6 |
| Zatravnění údolnice | 6 |
| Mokřad v dolní části drenážního systému (či v návaznosti na něj) s předřazeným objektem | 5 |
| Odváděcí průleh | 5 |
| Převody drenážních vod na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení | 5 |
| Odkrytí zatrubněných hlavních odvodňovacích zařízení | 4 |
| Suchá nádrž | 4 |
| Svodný odvodňovací příkop | 4 |
| Svodný průleh | 4 |
| Tůň dotovaná drenážní vodou nebo tůň na drenážní výusti | 4 |
| Zatravněný pás | 4 |
| Liniová zeleň | 3 |
| Revitalizace vodního toku | 3 |
| Rozdělovací objekt | 3 |
| Biofiltr v návaznosti na drenážní systém | 2 |
| Objekt na drenáži typu kořenové čistírny | 2 |
| Záchytný - odváděcí příkop | 2 |
| Lokální eliminace drénu (části drénu) - zaslepení | 1 |
| Regulace na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení | 1 |
| Regulace odtoku z pramenních jímek | 1 |
| Zasakovací drén | 1 |

| Realizovatelnost | |
|------------------|--|
| kategorie | slovně |
| 1 | Lze realizovat |
| 2 | Lze realizovat potenciálně |
| 3 | Realizace případně možná po dalším jednání |
| 4 | Nízká možnost realizace |
| 5 | Nelze realizovat |

| kategorie | počet opatření |
|-----------|----------------|
| 1 | 51 |
| 2 | 35 |
| 3 | 81 |
| 4 | 138 |
| 5 | 732 |

Závěry – výskyt pesticidů

- malé zemědělsky využívané povodí může být značně zatíženo pesticidy a jejich metabolity
- spektrum pesticidních látek v systému půda, sediment, půdní, drenážní a povrchové vody se liší dle dané matrice a také dle vlastností dané látky.
- v půdách a sedimentech se vyskytují málo rozpustné, silně sorbované látky, zejména glyfosát, jeho metabolit AMPA a některé azolové fungicidy a herbicidy pendimethalin a diflufenican.
- půdní vody obsahují značné množství mateřských látek, včetně látek silně sorbovaných, jako např. fungicid epoxiconazole, který je v půdě velmi perzistentní, ale nepříliš rozpustný ve vodě.

Závěry – vyplavování pesticidů

- drenážní systémy představují významný zdroj vyplavování metabolitů a za určitých okolností i mateřských látek
- podle hydrologických podmínek, pěstovaných plodin a aplikovaných látek se odnos pesticidů pohyboval od **12 do 57 g/ha/rok** z mikropovodí jedné drenážní skupiny a **od 3 do 11 g ha/rok** z celé plochy povodí
- v absolutních číslech představuje roční odnos všech pesticidních látek přibližně **500 g za rok z celého 138 ha** zemědělského povodí
- v drenážním i povrchovém odtoku výrazně převažují metabolity, nicméně v průběhu srážko-odtokových epizod se může vyplavovat také významné množství mateřských látek. Vyplavování mateřských látek je převážně výhradně spjato se srážko – odtokovými epizodami
- výsledky potvrdily důležitost vzorkování v průběhu srážko-odtokových epizod. Bez kontinuálního odběru v rámci SOE by v tomto případě bylo ztraceno 60 - 90 % informací o koncentraci a odnosu mateřských látek.

Závěry – realizace opatření

- V současné době se jeví většina biotechnických opatření jako obtížně realizovatelná
- Otázky, které vyvstaly v průběhu řešení:
 - Možnosti financování realizace opatření
 - Financování údržby
 - Kompenzace případné ztráty produkce pro zemědělce
 - Kompenzace za snížení výměry orné půdy z hlediska vlastníků předmětného pozemku

Děkuji za pozornost

Antonín Zajíček

zajicek.antonin@vumop.cz



Tento příspěvek vznikl s podporou projektu Národní agentury zemědělského výzkumu za podpory výzkumného projektu **QK21010341** „Optimalizace souboru opatření pro zemědělská povodí v rámci procesu pozemkových úprav“

Využitá data byla získána též v rámci projektu Národní agentury zemědělského výzkumu č. **QK1910282** „Možnosti zmírnění dopadů extrémních srážko-odtokových jevů v malých povodích s ohledem na požadavky trvale udržitelného zemědělského hospodaření a produkce ryb“