

Jihočeská univerzita v Českých
Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Bakalářská práce

**Sledování výskytu farmak a pesticidů
v povodí horní Blanice pomocí pasivního
vzorkování**

Autor: Ing. Pavel VLK

Studijní obor: Zootechnika B4103 – Rybářství

Forma studia: kombinovaná forma

Ročník: 3

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: M.Sc. Ganna Fedorova, Ph.D.

České Budějovice, 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svoji absolventskou práci vypracoval samostatně s použitím níže uvedené literatury a pod vedením doc. Ing. Tomáše Randáka, Ph.D.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své absolventské práce, a to v nezkrácené podobě popř. v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu a přílohám této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponenta práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Ing. Pavel VLK

V Českých Budějovicích dne 8. 4. 2017

Poděkování:

Děkuji svému vedoucímu absolventské práce panu doc. Ing. Tomáši Randákovi, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při zpracování absolventské práce.

Děkuji svému konzultantovi M.Sc. Ganně Fedorové Ph.D. za pomoc při laboratorním zpracování a analýze vzorků.

Děkuji své rodině za podporu a trpělivost v průběhu studia a zpracování mé absolventské práce.

Děkuji VLS ČR, s.p., divize Horní Planá za umožnění studia.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta rybářství a ochrany vod
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ing. Pavel VLK**
Osobní číslo: **V12B033K**
Studijní program: **B4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Název tématu: **Sledování výskytu pesticidů v povodí horní Blanice pomocí pasivního vzorkování**
Zadávací katedra: **Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Horní tok řeky Blanice je unikátním ekosystémem s výskytem kriticky ohroženého druhu - perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*). Probíhají zde projekty zaměřené na záchranu tohoto druhu a v rámci těchto aktivit je velmi důležitá i identifikace potenciálních rizik, která mohou nejen perlorodku, ale i celý ekosystém ohrožovat. Jedním z rizikových faktorů je i přítomnost cizorodých látek ve vodním prostředí. Pramenná oblast řeky Blanice se nachází v prostoru VLS Horní Planá a LS Arnoštov. V této oblasti probíhá běžné lesní hospodaření, které je však také spojeno s aplikací pesticidů v lesních kouturách.

Cílem práce je posoudit vliv aplikace pesticidů v lesních porostech v prostoru VLS Horní Planá a LS Arnoštov na zatížení povodí horní Blanice těmito látkami.

V počátku řešení práce budou ve spolupráci se subjekty hospodařícími na tomto území vytýčovány nejvhodnější lokality (7-10) nacházející se na toku Blanice a jejich přítocích. V době nejintenzivnější aplikace pesticidů budou do vybraných lokalit instalovány pasivní vzorkovače POCIS. Doba jejich expozice bude dle podmínek 2-3 týdny. Následně budou vzorkovače vyjmuty, v laboratoři LECHB FROV JU extrahovány a extrakty analyzovány pomocí kapalinové chromatografie. Na základě zjištěných výsledků bude konstatováno, zda a případně v kterých lokalitách nejvíce se pesticidy dostávají do vodního prostředí. Získané informace budou významným podkladem pro subjekty hospodařící na sledovaném území z hlediska případné změny managementu ochrany lesních porostů.

Rozsah grafických prací: **8-12 tabulek a grafů**

Rozsah pracovní zprávy: **35-40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Randák, T., Slavík, O., Kubečka, J., Adámek, Z., Horký, P., Turek, J., Vostradovský, J., Hladík, M., Peterka, J., Musil, J., Prchalová, M., Jůza, T., Kratochvíl, M., Boukal, D., Vašek, M., Andreji, J., Dvořák, P., 2013. Rybářství ve volných vodách. FROV JU, Vodňany, 434 s.

Kalač, P., Tříška, J., Kolář, L., Jírovcová, E., 2010. Chemie životního prostředí. JU v Českých Budějovicích, ZF, ISBN 978-80-7394-232-8, 171 s.

McMaster, M.C., 2007. HPLC a practical user's guide - 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, ISBN 978-0-471-75401-5, 238 s.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.**


Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Konzultant bakalářské práce: **MSc. Ganna Fedorova, Ph.D.**

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Datum zadání bakalářské práce: **14. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2015**


prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
KATEDRA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
Zetěší 728/II
389 25 Vodňany (2)


doc. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 14. února 2014

Obsah

1. Úvod	6
2. Cíl práce a hypotéza	7
3. Literární přehled	8
3.1. Znečištění povrchových vod	8
3.2. Léčiva a chemikálie pro osobní péči	12
3.2.1. Rozdělení léčiv	13
3.2.2. Charakteristika hlavních skupin účinných látek léčiv	14
3.2.3. PCP's látky	18
3.3. Pesticidy	19
3.4. Pasivní vzorkování	27
4. Materiál a metodika	29
4.1. Charakteristika sledované oblasti	29
4.2. Sledované lokality	31
4.3. Vzorkování	38
4.4. Chemické analýzy pasivních vzorkovačů	40
5. Výsledky a diskuse	42
5.1. Výskyt farmak v horním povodí Blanice	42
5.2. Detekovaná farmaka	44
5.3. Výskyt pesticidů v horním povodí Blanice	48
5.4. Detekované pesticidy	49
5.5. Souhrnné zhodnocení kontaminace sledovaného povodí	53
6. Závěr	56
7. Přehled použité literatury	57
8. Příloha: Seznam grafů, obrázků a tabulek, charakteristika detekovaných látek, abstrakt	62

1. Úvod

Příroda je národním bohatstvím České republiky, které skýtá člověku zdroje, široké spektrum poznání v rozličných přírodních a technických oborech a fyzickou či duševní potřebu. Vytváří životní prostředí pro většinu rostlin, živočichů, hub i člověka, který je v daném prostoru a čase na evolučním vrcholu.

Z výše uvedené skutečnosti vyplývá fakt, že člověk přírodu a její zdroje využívá a přetváří k obrazu svému. Z toho vyplývá i povinnost člověka se o přírodu starat a určitý podíl ze svých vydobytých statků jí vrátit. Sama příroda má schopnost rezistence, ale jen do určité míry. Proto se v současné době stále sílí trend ochrany přírody a krajiny jako celku a revitalizace člověkem narušené přírody. Má své racionální rámce, které se snaží o objektivní posouzení příčiny znečištění přírody a její eliminaci (např. EIA, SEA, programy EU na podporu přírody a krajiny, apod.). Vedle toho se do popředí tlačí nejrůznější ekologická či ochránářská zájmová uskupení s větší či menší úrovní znalostí v problematice přírodních věd včetně všech náležitostí se jich týkajících a v patřičných souvislostech. Zvláště v podmínkách střední Evropy, silně osídlené oblasti, která je pod silným antropogenním tlakem, již nelze pohrávat si s teorií, že „příroda si pomůže sama“ a pojmy „přírozený les“ nebo „přírozené prostředí“. Pravda je, jako vždy, někde uprostřed. Někdy je potřeba oprostít se od předsudků podávaných tou či onou stranou a řídit se logickým úsudkem selského rozumu.

Lidské působení na krajinu s sebou přináší i negativní doprovodné jevy, kterých je třeba vyvarovat. Avšak ne vždy je to možné nebo dosažitelné beze zbytku. Jedná se např. o používání pesticidů v zemědělství, lesnictví, léčiv v humánní a veterinární medicíně, čisticích prostředků, hnojiv, apod.

Tato práce je zaměřena na sledování výskytu zbytků pesticidů a farmak v povodí vodňanské Blanice nad vodárenskou nádrží Husinec.

2. Cíl práce a hypotéza

- Zpracování literární rešerše se zaměřením na nejčastější a nejvýznamnější farmaka, pesticidy a látky používané zemědělství a lesnictví v oblasti horního toku Blanice a jejich potenciálního vlivu na životní prostředí.
- Ve vybraných lokalitách v povodí horní Blance získat pomocí pasivního vzorkování a následných chemických analýz informace o výskytu širokého spektra vybraných farmak a pesticidů ve vodním prostředí.
- Identifikovat hlavní zdroje znečištění ve sledovaném povodí a nejvýznamnější kontaminanty z hlediska jejich koncentrace ve vodě.
- Posoudit vliv vodárenské nádrže Husinec na koncentrace sledovaných látek v toku řeky Blanice.

Hypotéza: Management hospodaření v krajině a obce v povodí horní Blanice představují významné zdroje kontaminace vodního prostředí zbytky farmak a pesticidů, které ovlivňují kvalitu vody v hlavním toku Blanice a následně i ve vodárenské nádrži Husinec.

3. Literární přehled

3.1. Znečištění povrchových vod

Téma znečištění povrchových vod je stále významnější a je mu věnována stále větší pozornost. Odpadní vodou lze nazvat vodu s jakoukoliv změnou chemismu, jakosti i teploty (Velíšek, 2014). Neustále se zvyšuje produkce odpadních vod, které jsou vypouštěné do toků. Význam dříve velmi problematických polutantů (PCB, DDT, aj.) postupně klesá. Do popředí se však dostávají stále nové a nové chemické látky, jako jsou pesticidy, léčiva a prostředky osobní péče člověka. Tyto nové polutanty jsou hrozbou do budoucnosti z hlediska jejich množství, neznámého působení, akumulace, způsobů degradace a vlastností degradačních produktů současných nedostatečných čistírenských technologií, které by zajišťovaly jejich úplné odstranění z odpadních vod (Randák, 2013).

Charakter znečištění povrchových vod rozdělujeme podle několika hledisek. Z časového hlediska je to rozdělení na havarijní, trvalé či dlouhodobé a periodické. O havarijním hovoříme tehdy, pokud dojde k náhlému neočekávanému a velmi silnému zasažení vody cizí látkou v krátkém časovém období (např. havárie cisterny s naftou v bezprostřední blízkosti vodního toku). Dlouhodobé znečištění je pozvolné a pomalé vzhledem k času. Jeho důsledky a účinky jsou dlouhodobé. Trvale mění kvalitu vody a s tím i podmínky prostředí, které se projevují např. ve změnách druhové složení společenstev organismů. Návrat k původnímu stavu je velmi náročný, často nemožný. Jedná se např. o továrnu vypouštějící odpadní vody do vodního toku nebo čistírnu odpadních vod (ČOV), která vypouští částečně vyčištěnou odpadní vodu se zbytkovým znečištěním (Velíšek, 2014).

Podle způsobu, jakým se znečištění dostává do vody, je dělíme na bodové, rozptýlené a plošné. V případě bodového znečištění se polutanty dostávají do toku v jednom místě či lokalitě a v jeho bezprostředním okolí významně mění kvalitu vody a ovlivňují životní prostředí. Jedná se např. o vyústění průmyslových odpadních vod či výtoků z ČOV. Rozptýlené znečištění znamená více bodových znečištění na toku. Plošné znečištění znamená znečištění vodního toku splachem z velkého prostoru nejčastěji pomocí srážek,

např. splach z pole ošetřeného pesticidy nebo splach z pastviny dobytka, která sousedí s tokem (Svobodová, 2007).

Podle původu se dělí znečištění na přirozené a umělé (obvykle antropogenní). Přirozené znečištění je zapříčiněné přírodním jevem. Jedná se zejména o erozi dna a břehů s následným odnosem půdních částic v místech s vysokou unášecí schopností a sedimentace a zanášení koryta na místech s pomalým průtokem vody. To může snížit profil koryta natolik, že se omezí možnosti úkrytu pro ryby (Randák, 2013). V takových místech se voda v horkých letních dnech více prohřívá, což může vést ke snížení koncentrace kyslíku. V důsledku intenzivního deště se splachuje do vody množství organického materiálu z okolí, které způsobuje zakalení vodního sloupce. Kyselý opad v horských oblastech s převahou jehličnanů, následný rozklad a splach při jarním tání sněhu způsobuje silné snížení pH v horských tocích. Tato situace je známá na Šumavě, která se nachází na rulách. Tento jev je např. jednou z příčin nízké přirozené úživnosti pro jelení zvěř v oboře Boubín, polesí Mlynářovice, LČR s.p. (Kolín, 1984). Při silnějším zákalu vodního sloupce může dojít přechodně k ovlivnění fyzikálních a chemických vlastností vody. Při zanesení dna silnou vrstvou sedimentu dochází ke snížení výměny kyslíku, což může mít negativní důsledky pro jikry lososovitých ryb, vedle toho jikry se též mohou poškodit mechanicky (Hora, 2014). Přirozené znečištění většinou nemá samo o sobě fatální následky, neboť působí krátkodobě. Při výrazném ovlivnění životního prostředí ve vodním toku a jeho bezprostředním okolí se ve většině případů jedná o kombinaci několika faktorů.

Antropogenní znečištění zahrnuje širokou škálu lidské činnosti, která se odehrává v přímé interakci s vodou nebo s ní bezprostředně souvisí. Organické látky v toku můžeme dělit na rozložitelné a nerozložitelné. V důsledku nárůstu jejich koncentrace v toku může dojít k nárůstu množství určitého druhu řas či vodních rostlin a tím ke snížení výšky vodního sloupce a prostupnosti světla, ale také zvýšení úkrytových možností pro ryby a k nárůstu bentosu. Některé látky se mohou kumulovat, dostávat se do potravního řetězce a působit toxicky (Hora, 2014).

Negativně může působit provádění stavebních prací zejména na menších horských tocích. Do vody se dostávají splachem zbytky stavebních směsí, které rázovitě zvyšuje pH i přes hodnotu 10. Přičemž hraniční hodnota pro lososovité ryby se udává pH 9,2 (Svobodová a kol., 1987). Při dlouhodobém působení mohou kaly ze štěrkoven, staveb, dolů, apod. snížit prostupnost světla a snížit fotosyntézu. Kaly mohou zanášet žaberní aparáty ryb a bránit dýchání. Většinou tento stav netrvá dlouho a vodní organismy jej bez větší újmy přežijí (Velíšek a kol., 2014).

Významné znečištění v oblastech horských potoků jsou komunální splaškové vody z blízkých měst a obcí. Jedná se o odpady z domácností tvořené zejména močí, fekáliemi, dále zbytky potravy (tuky), čistícími a pracími prostředky. V posledních letech stoupá vliv léčiv, drog a prostředků osobní hygieny. O této skupině polutantů bude pojednáno dále. Absolutní množství i podíl jednotlivých složek se neustále mění v závislosti na denní a roční době (Velíšek a kol., 2014).

Významnou oblastí lidské činnosti, která způsobuje změny ve kvalitě vody, je zemědělství. Jedná se o velice široké spektrum oborů, které se více či méně dotýkají vody, jejímu cílenému využití ve výrobě nebo minimálně ovlivnění její jakosti v dané oblasti.

V oblasti živočišné výroby se jedná o léčiva pro dobytek, prostředky pro desinfekci objektů pro ustájení i venkovních stávaníšť. Dále je zde nebezpečí při využívání antibiotik pro zvýšení přírůstu hospodářských zvířat. Antibiotika (ATB) a jejich metabolity se dostávají močí do půdy a pronikají do povrchových i podzemních vod. Dále díky přítomnosti nízkých koncentrací ATB v prostředí dochází ke vzniku rezistence mikroorganismů vůči těmto látkám, čímž dochází ke snížení účinnosti léčby pomocí ATB (Birošová a kol., 2014). Např. v roce 1996 bylo v zemích EU spotřebováno 10.200 tun antibiotik, z toho 50 % bylo užito pro veterinární a krmivářské účely. V roce 1999 bylo spotřebováno 13.288 tun antibiotik, z toho 65 % pro účely lidské medicíny, 29 % pro veterinární medicínu a 6 % jako růstové prostředky (Kümmerer, 2003). Podobně, i když v menším měřítku, může na lokální úrovni působit oborní chov (divoký či polodivoký) nebo farmový chov divokých druhů zvířat, jako

jsou např. jelen lesní (*Cervus elaphus L.*), daněk evropský (*Dama dama L.*), jelen sika (*Cervus nippon L.*) a jiné. Jedná se o uzavřené chovy s vysokou koncentrací kusů dané zvěře. Je zde zvýšené riziko vzniku onemocnění parazitárního nebo bakteriálního původu. Dále je většina takových oborních chovů komerčně zaměřená s cílem maximalizace trofejí. Z uvedeného plyne, že vedle nutnosti důsledného provádění preventivních opatření, jako je desinfekce krmných zařízení a stávaníšť zvěře, je nasnadě i používání prostředků pro růst kostních tkání v období parožení, minerálních doplňků potravy a prostředků pro odčervení, aj. Ty se podobně jako u domácích druhů zvířat dostávají jako metabolity do venkovního prostředí a jsou splachovány deštěm a průsakem do vodních toků (Kolín, 1984).

Vedle aplikace umělých látek v živočišné výrobě tvoří významnou část látky takřka přírodního původu. Jsou to tzv. odpadní vody hnilobného charakteru (Velíšek a kol., 2014). Jedná se splaškové vody ze silážních jam, skládky hnoje, jatka, stohy a zimoviště velkého množství skotu produkující velké množství kejdy a močůvky, apod. Většinou se jedná o bodové zdroje, jejichž vliv se projevuje dlouhodobě. Projevuje se rozkladnými procesy, při kterých klesá koncentrace kyslíku. Voda je naopak znečištěna organickými látkami, jako je čpavek nebo metan. Nadměrná produkce těchto jinak přirozených látek je jednou z příčin nadměrné eutrofizace vod.

Část zemědělství zabývající se rostlinnou výrobou je nutně poznamenána používáním chemických látek na ochranu rostlin, tzn. pesticidy. Obecně jsou to přípravky používané proti škodlivým živočichům, rostlinám a parazitickým houbám. I když je v současnosti velká snaha pesticidy omezovat a nahrazovat je „bio produkty“, stále se pesticidy používají na 95 % zemědělské plochy (Výboch, Prchalová, 2003). Bodové znečištění povrchových vod vzniklé například špatným uskladněním je nevýznamné. Nejzávažnější způsob transportu pesticidů do vody je plošným splachem z polí či jiných ošetřených ploch nacházejících se v okolí zejména při silném dešti nebo na jaře při tání sněhu. V menší míře, ale přece, se uplatňuje nedodržení technologických postupů při aplikaci (úlety, odnos větrem, omyv deštěm, nevhodná aplikační technika) a nedodržení koncentrace aktivní látky.

Pesticidy používané v lesnictví tvoří asi 3 % z celkového množství použitých pesticidů v ČR za rok (Zahradník, 2013). Množství i způsob aplikace je zcela zanedbatelný. Ošetření pole s obilninami znamená celoplošný postřik. V případě lesního porostu se jedná se ve většině případů plochy do 1 ha (viz. lesní zákon 289/95 Sb.) a o bodovou aplikaci malého množství látky na velké ploše, např. postřik kořenových krčků sazenic smrku ztepilého (*Picea abies*) proti klikorohu borovému (*Hilobius abietis*).

Další členění všech druhů znečištění, jejich zdrojů a působení na povrchové a podpovrchové vody je velmi obsáhlé a přesahuje rámec této absolventské práce.

3.2. Léčiva a chemikálie pro osobní péči

Zde se jedná o relativně novou a svým významem nastupující skupinu látek, která představuje do budoucna velkou hrozbu. Nelze ji nikdy zcela přesně definovat, kvantifikovat ani určit přesný charakter dalšího vývoje. Jedná se o léčiva (farmaka) a látky určené převážně pro osobní hygienu člověka. Úhrnně lze tuto skupinu označit jako PPCP's = Pharmaceuticals and personal care products (Hora, 2014). Pokud se omezíme pouze na použití člověkem, pak PPCP látky samy o sobě představují velice široké spektrum látek s rozličným chemickým složením a působením na živý organismus. Dále pak vstupují do kontaktu s lidským tělem a mohou podléhat i metabolizaci či jiné degradaci. Původní sloučeniny či jejich degradační produkty odcházejí splaškovými vodami kanalizací obvykle do ČOV, kde jsou v závislosti na svém charakteru a úrovni technologie ČOV částečně odstraněny (Golovko a kol., 2014a). Vyčištěná odpadní voda však stále obsahuje poměrně významné koncentrace širokého spektra neodbouraných PPCP sloučenin a jejich degradačních produktů. Tyto látky se dostávají do vodního prostředí, kde dochází k interakcím s různými složkami životního prostředí. K přímému dopadu (otravě) dochází málokdy. Horší je však dlouhodobé působení těchto látek zejména v podobě ovlivnění celých trofických řetězců, rozmnožování a chování organismů. Směs těchto látek vyvolává u exponovaných organismů chemický stres (Li a kol., 2011). Vzniká i rezistence mikroorganismů na ATB (Birošová a kol., 2014). Tyto látky působí z fyziologického hlediska pozvolna, některé účinky se mohou kumulovat či různě kombinovat. Mohou vést k narušení životních cyklů a narušit tak přirozený rozvoj a reprodukci řady živočišných druhů ve volných vodách.

Zvlášť významné jsou látky známé jako endokrinní disruptory. Jedná o látky s hormonálním účinkem na organismus (zejména složky antikoncepce a ostatní látky užívané k hormonální léčbě). Varující jsou nálezy 17 α -ethinylestradiolu (EE2) v řádech ng.l^{-1} ve vodní nádrži Želivka coby zdroje pitné vody (Velíšek a kol., 2014). Tyto látky se vyskytují stále více ve volných vodách, v sedimentech i v rybách po celém světě (Shi, 2013). Téměř celý svět je zasažen nějakou látkou, která má svůj prapůvod v léčivu nebo pesticidu (Jobling, 1998).

Bylo prokázáno, že dlouhodobé působení endokrinních disruptorů způsobuje pokles kvality jiker u divoké populace např. u pstruha potočního (*Salmo trutta m. fario*). Dále se zde projevuje tzv. feminizace samců, kdy se jim mění gonády z hlediska stavby i funkce. I krátká expozice endokrinních disruptorů v juvenilním stádiu ryby může ovlivnit vývoj a správnou funkci gonád u dospělého (Jobling, 1998). Zmíněný jev byl prokázán na velkých i malých tocích v zahraničí i v ČR (Hora, 2014). Na malých tocích je tento jev umocněný malými průtoky a tím pádem menším naředěním „vyčištěné“ vody vycházejících z ČOV (Li a kol., 2011). U všech podobných prací se dále projevuje vliv umístění vzorkovacího místa. Největší koncentrace všech naměřených cílových látek je zjišťována v místech s vyšší koncentrací lidí (města, obce, atd.) a pokud mají obce ČOV, tak nejvíce u jejího zaústění zpět do toku (viz. výše) (Hora, 2014).

Přestože jsou léčiva a jejich působení na životní prostředí známé již několik desítek let, jako nový druh odpadu a hrozba pro životní prostředí jsou vnímány až relativně nedávno (Kotyza, 2009). Léčiva lze rozdělit podle jejich odolnosti vůči životnímu prostředí na látky lehce odbouratelné, látky stále hydrofilní a látky stále lipofilní. Posledně jmenované patří k nejzávažnějším, neboť mají schopnost bioakumulace a dostávají se do potravního řetězce (Grabicová a kol., 2015). V ČR je registrováno okolo 1 200 léčivých přípravků, ve volném životním prostředí je v současnosti možné určit a kvantifikovat cca. 100 léčiv (Kotyza, 2009; Grabic a kol., 2012).

3.2.1. Rozdělení léčiv

Léčiva (farmaka) jsou de facto chemické látky přírodního, syntetického či kombinovaného původu s přesně definovanou chemickou strukturou a definovaným účinkem na cílový organismus či orgán. Většinou se skládá z účinných složek a

doprovodných či nosných složek, které mohou napomáhat vlastnímu účinku, zlepšovat vstřebávání nebo zajišťovat stabilitu v organismu (Michelová, 2011)

- Analgetika a protizánětlivá léčiva: nejprodávanější skupina léčiv v ČR, na předpis i volně prodejné. Nejpoužívanější jsou paracetamol, kyselina acetylsalicylová - ibuprofen, diclofenac. Působí proti bolesti, zánětu, otoku a horečce. Jsou nejvíce a nejlépe popsána (Michelová, 2011).
- Kardiovaskulární léčiva: velmi častá léčiva na krevní tlak, srdeční arytmií a dále hypolipidemika (léčiva na snížení vstřebávání cholesterolu).
- Antibiotika: velice významná skupina léčiv s širokým spektrem použití a účinků. Jejich vlastnosti se mohou měnit s měnícími se podmínkami prostředí (teplota, PH, aj.). Významný dopad pro povrchové vody mají splaškové vody z okolí nemocnic. Významné látky jsou sulfonamidy (sulfamethoxazol, erythromycin, tetracyklin). Ve vodách na výstupu z ČOV jsou antibiotika známá v koncentracích ng.l^{-1} až $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Michelová, 2011).
- Antidepresiva
- Cytostatika: léčiva na léčbu rakoviny. Nacházejí se zejména v odpadních vodách z nemocnic v řádech $\mu\text{g.l}^{-1}$.
- Antikoagulancia: léčiva bránící vzniku krevních sraženin. Účinnou látkou bývá často warfarin.
- Hormonální léčiva: nejčastěji používané pro ovlivnění hladiny hormonů související s ovulací a prevence otěhotnění u žen. Estrogenní látky jsou lipofilní. Ryby vykazují známky feminizace při koncentraci $0,1 \text{ ng.l}^{-1}$ EE2 (Michelová, 2011).
- Antiastmatika

3.2.2. Charakteristika hlavních skupin účinných látek léčiv

β – blokátory: Tato skupina látek patří mezi velmi používané k léčení kardiovaskulárních onemocnění, např. vysoký krevní tlak, angína pectoris nebo léčba po infarktu myokardu. Přesným názvem tzv. blokátory β - adrenergních receptorů tlumí

činnost adrenergických receptorů a tím brání reagovat orgánům na stresové situace (Michelová, 2011; www.wikiskripta.eu). Nejčastějšími látkami jsou propranolol (přípravek Hemangiol 3,75MG/ML), atenolol a metoprolol (přípravek Arparial) (www.sukl.cz). Při akutním testu inhibice bylo stanoveno pro perloočku velkou (*Daphnia magna*) 48h EC50 = 7,7 mg.l⁻¹ pro propranolol a 313 mg.l⁻¹ pro atenolol (Michelová, 2011).

ACE – inhibitory a sartany (ARB's): Vedle β – blokátorů jsou také ACE – inhibitory velmi častým lékem na snížení krevního tlaku. Překlad ACE znamená Angiotensin Converting Enzyme. ACE – inhibitory blokují v těle tvorbu účinné látky angiotenzin II, která zvyšuje krevní tlak. Princip je ve snížení napětí cévních stěn (www.wikipedie.org; www.wikiskripta.eu; www.stefajir.cz). Někteří pacienti netolerují užívání angiotenzin ACE – inhibitorů z různých důvodů. Alternativou jsou sartany, kterých je celá řada. Vedle hlavního účinku snižování krevního tlaku mají sartany (ARB's = angiotensin receptor blockers) mnoho doplňujících účinků. Proto je nutné tyto látky předepisovat individuálně podle potřeb konkrétního pacienta. Příklad účinných látek ze skupiny sartanů: valsartan, ibersartan, losartan, telmisartan, olmesartan, kandesartan aj. (www.stefajir.cz; www.sukl.cz) Obecně jsou ACE – inhibitory účinnější, ale ne každý je dobře snáší (Dézsi, 2016). Sartany nabízí širokou paletu přípravků s konkrétním účinkem každé jednotlivé účinné látky. Jsou však pacienty lépe snášené a zároveň vykazují menší výskyt nežádoucích účinků (Li, 2014).

Diklofenak: Jedná se o nesteroidní protizánětlivé léčivo a analgetikum používané převážně ve formě mastí. Roční spotřeba v ČR činí cca. 20 tun (Hora, 2014, Velíšek a kol., 2014). Diklofenak je považován z hlediska toxicity vodního prostředí za nejnebezpečnější analgetikum. Účinnost ČOV se udává od 0 do 90 % podle použité technologie. Michelová, 2011 udává účinnost 17 – 69 %. Nejcitlivějšími organismy jsou ryby, konkrétně jevy spojené s vývojem embrya nebo časem líhnutí. Citlivé jsou též autotrofní organismy a bakterie. U savců diklofenak způsobuje poškození tkáně trávicího traktu.

Test toxicity diklofenaku u perloočky velké (*Daphnia magna*) prokázal při 96hodinovém testu LC₅₀ 22,43 mg.l⁻¹ (Velíšek a kol., 2014). Diklofenak má schopnost

akumulace v těle ryb a i při minimálních koncentracích $5 \mu\text{g.l}^{-1}$ se můžou projevit histopatologické změny na ledvinách a žábrách např. u pstruha duhového (*Onckorhynchus mykiss*) (Michelová, 2011). U stejného druhu pstruha bylo provedeno vystavení ryby koncentraci diklofenaku $1,7 \mu\text{g.l}^{-1}$. Látka byla nalezena ve žluči a byla jednou z příčin snížení příjmu potravy (Velíšek a kol. 2014). U ryby danio pruhované (*Danio rerio*) bylo prokázáno při 96hodinovém testu při koncentraci $1 - 2 \text{ mg.l}^{-1}$ zpožděné líhnutí vajíček (Michelová, 2011). LC_{50} pro stejný druh byla stanovena na $166,6 \text{ mg.l}^{-1}$ při 96hodinovém testu (Velíšek a kol., 2014).

Kyselina acetylsalicylová (kyselina 2-acetyloxybenzen-1-karboxylová). Bývá metabolizována na kyselinu salicylovou. Jedná se o účinnou látku léčiva Aspirin, je to v základní formě bílá krystalická látka, slabě kyselá, částečně rozpustná ve vodě. Roční spotřeba této látky v ČR je cca. 600 tun (Hora, 2014). Aspirin, též Acylpyrin, Anopyrin, se používá proti bolestem (analgetikum), proti horečce (antipyretikum) a zánětům (antiflogistikum). Odstraňování z odpadních povrchových vod je relativně snadné a účinné. Aspirin je nakonec v prostředí zcela mineralizován na oxid uhličitý a vodu (Michelová, 2011).

Uperloočky velké (*Daphnia magna*) je stanovena hladina imobilizace IC_{50} $88,1 \text{ mg.l}^{-1}$ (Michelová, 2011, Velíšek a kol., 2014). Chronický test toxicity prokázal u perloočky snížení reprodukční schopnosti od koncentrace kyseliny acetylsalicylové $1,8 \text{ mg.l}^{-1}$.

Karbamazepin: Tato látka působí zejména na nervovou soustavu. Používá se hlavně jako antidepresivum a antiepileptikum, dále jako léčiva pro léčbu závislostí např. na alkohol a drogy (www.sukl.cz). Používá se nejčastěji lék s obchodním názvem Tegretol CR. Může např. vyvolat problémy osobám s poruchou jaterních funkcí nebo být nebezpečný pro těhotné ženy a plod. Léčivo nebývá volně prodejné. Spotřeba v ČR se udává cca. 7,5 tuny za rok (Hora, 2014). Je často nacházený v povrchových vodách, ČOV jsou při jeho odstraňování málo účinné, někdy méně než 10 % (Golovko a kol., 2014b). Jedním ze signifikantních účinků je snížení pohyblivost a tím znevýhodnění při úniku před predátory. Test toxicity u perloočky velké (*Daphnia magna*) prokázal při 96hodinovém testu LC_{50} $76,3 \text{ mg.l}^{-1}$.

Kyselina klofibrová: Aktivní metabolit klofibrát. Léčiva sloužící k úpravě hladiny lipoproteinů v krvi. Jeho roční spotřeba v ČR je cca. 10 tun (Hora, 2014). Chronické vystavení fibrátům může vést k poškození jater v důsledku inhibice mitochondriální oxidativní fosforylace (Michelová, 2011). Koncentrace 1 – 100 $\mu\text{g.l}^{-1}$ vyvolalo zvýšený podíl samců u *Daphnia magna*, akutní test imobilizace 48 hodin EC_{50} při koncentraci 106 mg.l^{-1} . Akutní test mortality prokázal účinek u *Danio regio* po 48 hodinách při koncentraci $\text{LC}_{50} = 86 \text{ mg.l}^{-1}$.

Antibiotika: Jedná se o látky s antimikrobiálním účinkem používané pro léčbu lidí i hospodářských zvířat. Do prostředí se dostávají močí a stolicí (Velíšek a kol., 2014). Velké procento antibiotik je využíváno jako přídavek do krmiv pro hospodářská zvířata (Kümmerer, 2003). Vedle přímé toxicity vzniká velké nebezpečí ve vzniku rezistence bakteriálních druhů. Asi 70 – 90 % projde organismem v nezměněné podobě nebo ve formě částečného metabolitu. Účinnost ČOV při odstraňování antibiotik z odpadních vod je různá (Velíšek a kol., 2014). Erythromycin působí jako inhibitor syntézy proteinů a zastavuje translaci DNA. Je na něj velice citlivý proces fotosyntézy z důvodu inhibice syntézy proteinů z reakčního centra fotosystému II (Michelová, 2011). Nejvíce jsou citlivé řasy a sinice, které tvoří základ potravního řetězce. Jejich devastace může mít rozsáhlé negativní vlivy na úrovni celého ekosystému (Velíšek a kol., 2014). Sulfamethoxazol inhibuje množení bakterií, když ovlivňuje biosyntézu kyseliny listové. Dále též ovlivňuje fotosyntetický aparát řasy *Selenastrum capricornutum*, zejména temnostní fázi fotosyntézy tím, že snižuje počet reakčních center, a to od koncentrace 2 mg.l^{-1} . U *Daphnia magna* byly pozorovány změny chování a růstu mladých jedinců. LC_{50} u stejného druhu při 96hodinovém testu je 177,3 mg.l^{-1} (Velíšek a kol., 2014). Oxytetracyklin prokázal inhibici růstu u zelené řasy *Selenastrum capricornutum* po 72 hodinách IC_{50} 1,60 mg.l^{-1} . Dospělci ryb a bezobratlých jsou antibiotiky ovlivněny relativně málo, pouze při vysokých koncentracích 10 – 100 mg.l^{-1} . Vliv antibiotik je však prokázán při vývoji juvenilů *Daphnia magna* a vyšší citlivost embrya u dania pruhovaného (Velíšek a kol., 2014).

Hormonální léčiva: Jedná se zejména o látky používané k léčbě hormonálních poruch zejména pohlavních orgánů (Randák a kol., 2013). Tyto látky však působí zásadně na

vodní živočichy, zejména ryby. Narušují činnost žláz s vnitřní sekrecí, narušují strukturu a funkci pohlavních orgánů ryb. Snižují produkci spermatu u samců a vedou k tzv. feminizaci samců (Hora, 2014, Randák a kol., 2013, Jobling 1998, Velíšek a kol., 2014). Všechny látky tohoto charakteru patří do skupiny látek zvaných endokrinní disruptory (EDC = Endocrine Disrupting Chemicals). Významné samičí hormony jsou estrogény (estron E1, estradiol E2, estriol E3) a gestageny (progesteron). Významné samčí hormony jsou androgeny (testosteron). Významné používané syntetické estrogény jsou 17 α -ethinylestradiol (EE2) a mestranol (MeEE2) (Velíšek a kol. 2014). Velký podíl těchto léčiv je aplikovaný jako hormonální antikoncepce orálně, následně se z těla vylučuje močí. Účinky na ryby (feminizace) se projevují již při koncentraci pod 1 ng.l⁻¹. Z ženského těla jsou močí hormony E1 a E2 přirozeně vylučovány v koncentraci 2 – 12 ng.den⁻¹. U žen užívajících hormonální antikoncepci je to 35 μ g.den⁻¹ EE2 (Velíšek a kol., 2014).

Nejvýznamnějším zdrojem hormonálních přípravků ve volném prostředí jsou komunální a splaškové vody, ale také odpadní vody z chovů hospodářských zvířat (léčiva, růstové stimulanty) (Velíšek a kol., 2014). Současné technologie ČOV nejsou schopné tyto látky odstranit. Vedle samotných látek je nebezpečí nekontrolovatelného vzniku nejrůznějších nových sloučenin s nejrůznějšími vlastnostmi.

Drogy: Omamné psychotropní návykové látky jsou dalším významným polutantem, který se objevuje ve volných vodách, a to zejména ve středních a větších městech, resp. na menších tocích pod nimi a pod místními ČOV. Nejčastěji zjištěnými drogami jsou pervitin, extáze a THC (konopné drogy) (Thomas a kol., 2012).

3.2.3. PCP's látky

Celým názvem Personal Care Products jsou velkou skupinou látek pro osobní péči člověka. Jedná se převážně o syntetické látky: šampóny, mýdla, opalovací krémy, deodoranty, laky a barvy na vlasy, aj. Dále sem patří čisticí a prací prostředky. I tyto látky se dostávají do odpadní vody a nejsou zcela odstraněny na ČOV a dostávají se do vodního prostředí (Hora, 2014; Grabicová a kol., 2013; Adámek a kol., 2014). Jejich účinek je daný koncentrací na výtok z ČOV a průtokových poměrech ve vlastním toku.

3.3. Pesticidy

Pesticidy tvoří rozsáhlou a významnou skupinu biocidních látek, které slouží k ochraně cílových rostlin či rostlinných produktů, ovlivnění růstu či zajištění dobrého uskladnění (Velíšek a kol., 2014). V průběhu 20. století došlo s rozvojem poznatků v chemii i k rozvoji a nárůstu používání pesticidů. Vedle požadovaných účinků se postupně začaly zjišťovat i negativní účinky, např. DDT. V 60. – 80. letech minulého století tvořily pesticidy 3 – 6 % otrav vody a ryb (Velíšek a kol. 2014). Na začátku 21. století došlo k uvědomění si vlivu a nebezpečí. Vedle environmentálního dopadu se dostalo do popředí ekonomické hledisko. Současným trendem je použít minimum pesticidů s maximálním účinkem. Proto se také snížil podíl akutních otrav ryb, které tvoří dnes nízké procento (Svobodová, 2007). Většina otrav v současné době je způsobena nedbalostí při aplikaci látky, špatnou aplikační technikou a nevyhovujícími podmínkami pro aplikaci. Zásady integrované ochrany rostlin (lesa) definují použití pesticidů za následujících podmínek (Zahradník, 2015):

- Pouze v nutných případech
- V minimálních předepsaných a potřebných dávkách
- Při minimalizaci rizik na životní prostředí výběrem vhodných přípravků
- Použití vhodné aplikační techniky
- Aplikace vhodných klimatických a povětrnostních vlivů

Vedle těchto zásad používání pesticidů regulují legislativní nástroje. Mezi nedůležitější patří: vodní zákon č. 254/2001 Sb., ES 1107/2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a jejich použití, zákon o rostlinolékařské péči č. 326/2004 Sb., vyhláška č. 327/2012 Sb. o ochraně včel, zvěře, vodních organismů a dalších necílových organismů, vyhláška č. 329/2004 Sb. o přípravcích a dalších prostředcích na ochranu rostlin, vyhláška č. 252/2004 Sb. o stanovení hygienických požadavků na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, zákon o chemických látkách a chemických přípravcích č. 350/2011 Sb. Je trend legislativní nástroje zpřísnovat a tím i používání pesticidů přesněji specifikovat.

Rozdělení pesticidů podle oblasti účinku (Velíšek a kol., 2014):

- Akaricidy – hubení roztočů
- Algicidy – hubení řas
- Arboricidy – hubení nežádoucích stromů a keřů
- Avicidy – hubení ptáků
- Fungicidy – ochrana před houbami a plísněmi
- Herbicidy – hubení nežádoucích rostlin
- Insekticidy – hubení hmyzu
- Moluskocidy – hubení měkkýšů
- Piscicidy – hubení ryb
- Rodenticidy – hubení hlodavců
- Repelenty – odpuzení škůdců

Ve sledované oblasti převažuje používání herbicidů, insekticidů a repelentů (zemědělství, lesnictví). Vedle přítomnosti (původních) účinných látek v životním prostředí je nutné brát v potaz metabolity, resp. degradační stupně jednotlivých účinných látek, které často mění své vlastnosti, dostávají se do spodních částí půdního horizontu, kde kontaminují půdu a spodní vodu na velmi dlouhou dobu a jen pomalu se odbourávají. Nejčastěji se v podzemních vodách vyskytují metabolity chloridazonu, alachloru, metazachloru, metolachloru, acetochloru, atrazinu a terbutrynu, z účinných látek to jsou atrazin, hexazinon a bentazon (Kodeš, Svátková, 2013).

V seznamu používaných pesticidů je 6 účinných látek, kterým je třeba věnovat zvýšenou pozornost. Jsou to alachlor, atrazin, chlorpyrifos, isoproturon, simazin a trifluralin. Vyšší stupeň nebezpečnosti má atrazin, chlorpyrifos, trifluralin, dále hexazinon a terbutryn (Výboch, Prchalová, 2005).

Herbicidy: Jsou to přípravky pro ničení nežádoucí vegetace. Existuje několik rozdělení herbicidů podle použití a systému účinku. Selektivní herbicid účinkuje pouze na plevelné rostliny, neselektivní herbicid účinkuje na veškerou vegetaci.

Kontaktní herbicidy působí na jakoukoliv část rostliny, která s ním přijde do přímého kontaktu. Systémové herbicidy jsou rozváděny kteroukoliv částí, se kterou jsou kontaktovány, do celé rostliny. Selektivní herbicidy ničí plevely, ale neublíží kulturním plodinám (pole s obilím). Totální herbicidy ničí veškeré rostliny (Adámek a kol., 2010).

Herbicidy na bázi triazinů: Jedná se o jedny z nejstarších selektivních herbicidů. Struktura triazinu je heterocyklický kruh, kde jsou 3 atomy uhlíku nahrazeny atomy dusíku. Izomery se navzájem liší vzájemnými pozicemi dusíkových atomů, proto se označují 1,2,3-triazin, 1,2,4-triazin a 1,3,5-triazin. Pesticidní látky na bázi triazinů jsou řazeny mezi látky toxické a škodlivé. Pro vodní organismy se hodnoty toxicity pohybují v rozmezí jednotek až stovek mg.l^{-1} (Velíšek a kol., 2014). V ČR jsou na seznamu prioritních látek, kterým musí být věnována zvýšená pozornost: alachlor, atrazin, chlorpyrifos, isoproturon, simazin, trifluralin (Výboch, Prchalová, 2005). V ČR jsou nyní používané 4 účinné látky na bázi triazinů: metribuzin, metamitron, terbutylazin a tebuconazol (Velíšek a kol., 2014).

Atrazin: 2-chloro-4-(ehtylamin)-6-(isopropylamin)-s-triazin (Velíšek a kol, 2014). Je to syntetický herbicid používaný proti dvouděložným plevelům. Působí jako inhibitor fotosyntézy. Pro lidský organismus je relativně málo škodlivý. U živočichů způsobuje poruchy nervového a svalového systému, narušuje činnost orgánů, jako jsou játra, ledviny a srdce (Bartoš, 2008). Dále může působit jako endokrinní disruptor u obojživelníků a ryb (Velíšek a kol., 2014). V ČR není registrován a od srpna 2005 je na základě Rozhodnutí Evropské komise č. 2004/248/EC zakázán v celé EU. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny jej řadí mezi potenciální lidské karcinogeny (Bartoš, 2008). Problémem jsou však rozvojové země, kde se stále nacházejí velké zásoby a jejich využívání je stálé a nekontrolovatelné (Chalányová, 2013).

Simazin: 6-chlor-N₂, N₄-diethyl-1,3,5-triazin-2,4-diamin. Používal se jako totální herbicid a lze jím selektivně hubit řadu klíčících plevelů (Fremrová, 2007). V těle ryb je simazin rychle metabolizován a vylučován. Poločas rozkladu v těle ryb je méně než 7 dní. Působí jako endokrinní disruptor, způsobuje histopatologické změny na játrech, inhibuje detoxikační enzymy (Velíšek a kol., 2014). V ČR není registrován a v EU je zakázán. LC₅₀ pro kapra obecného (*Cyprinus carpio*) je 40 mg.l^{-1} .

Hexazion: 3-cyclohexyl-6-(dimethylamino)-1-methyl-1,3,5-triazine-2,4(1H,3H)-dione. Jedná se o totální triazinový herbicid dříve velmi používaný v lesnictví. Dále byl používaný pro ošetření zpevněných ploch, jako jsou parkoviště, manipulační plochy, železniční násypy, atd. Účinkuje na jednoleté i víceleté plevely a některé dřeviny. Působí jako inhibitor fotosyntézy. (Michalová, Güntherová, 2012) V EU je tato látka zakázána. ČR měla výjimku z tohoto zákazu do r. 2007 pro použití na lesních plochách. Hexazion je lehce toxický a relativně stabilní. Poločas rozpadu je udáván 90 dní (Bartoš, 2008), poločas rozpadu ve vodě 60 dní (Michalová, Güntherová, 2012). U zvířat bylo prokázáno působení na zvětšování a dysfunkci jater, změny na kostře a způsobuje methemoglobinémii (Bartoš, 2008).

Metribuzin: 4-amino-6-tert-butyl-3-(methylthio)-1,2,4-triazin-5-one, preemergentní a postemergentní selektivní herbicid proti plevelům rajčat, brambor, obilovin, aj. V ČR je v současné době registrovaný a používaný do přípravků Mistral, Metribuzin 70 WG, Qestral, aj. V povrchových vodách relativně rychle podléhá fotolýze. Poločas rozpadu v rybníční vodě je 7 dní. Metribuzin zpomaluje ontogenetický vývoj, poškozuje ledviny a játra. LC_{50} pro kapra je $175,1 \text{ mg.l}^{-1}$ (Velíšek a kol., 2014).

Terbutryn: (N^2 -tert-butyl-N4-ethyl-6-methylthio-1,3,5-triazin_2,4-diamin). Selektivní herbicid pro plevely v obilovinách a luštěninách a pro zničení plovoucích rostlin a řas ve vodních tocích a rybnících. Od srpna 2005 je v EU zakázán na základě rozhodnutí 2004/248/EC. Poločas rozpadu v rybníce je 180 dní. LC_{50} pro okouna říčního (*Perca fluviatilis*) je 4 mg.l^{-1} , pro pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) 3 mg.l^{-1} (Velíšek a kol., 2014).

Terbuthylazin: 6-chloro-N-(1,1-dimethylethyl)-N-ethyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine. Používá se jako systémový herbicid zejména do přípravků na ochranu kukuřice proti jednoletým dvouděložným plevelům (ježatka kuří noha, merlík bílý, aj.), přípravky např. Balaton, kterému skončila registrace pro uvádění na trh, ale smí být používán do spotřebování zásob (www.eagri.cz). Roční spotřeba této látky je cca. 12 tun (Velíšek a kol., 2014). Toxicita terbuthylazinu je $3,4 \text{ mg.l}^{-1}$ u pstruha duhového (*Oncorhynchus*

mykiss) při 96 hodinovém testu toxicity a u perloočky velké (*Daphnia magna*) 5 mg.l⁻¹ při 48 hodinovém testu toxicity.

Herbicidy na bázi fenoxycetové kyseliny: Jedná se převážně o selektivní herbicidy proti jednoděložným rostlinám. Proto jsou používány v zemědělství pro ochranu obilovin. Alkalická sůl 2-methyl-4-chlorfenoxycetová kyselina nesoucí označení MCPA je účinnou látkou přípravku Dicopur M750 (Zahradník, 2015). MCPA se volně rozloží do 20 dnů. LC₅₀ při 96 hodinovém testu toxicity pro pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) je 160 mg.l⁻¹, EC₅₀ při 48 hodinovém testu na perloočku velkou (*Daphnia magna*) je 190 mg.l⁻¹.

Herbicidy na bázi glyfosátů: Jsou to v současné době nejpoužívanější herbicidy na světě. Glyfosát je derivát glycinu, systematický název 2-(fosfomethyl)aminoocetová kyselina, N-(fosfomethyl)glycin. Používá se jako totální herbicid v zemědělství, lesnictví i k ochraně proti nežádoucí vegetaci na zpevněných plochách či stavbách jako jsou např. chodníky, železniční násypy, sklady, parkoviště, aj. Mezi nejznámější patří řada přípravků Round up (Biaktiv, Rapid, Klasik, Flex), Dominátor, Touchdown, Clinic, aj. (Zahradník, 2015). Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) zařadila přípravky s touto látkou mezi pravděpodobné karcinogeny pro člověka. Akutní test toxicity 96 hodin u přípravku Roundup Flex prokázal LC₅₀ = 1,039 mg.l⁻¹ pro pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) a 48 hodinový test toxicity EC₅₀ = 243 mg.l⁻¹ pro perloočku velkou (*Daphnia magna*) (Bezpečnostní list: Roundup Flex). U přípravku Dominator je pro pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) LC₅₀ = 109 mg.l⁻¹ při 96hodinovém testu (Bezpečnostní list: Dominator). V současné době chce EU glyfosátové herbicidy zakázat či alespoň výrazně omezit v rozsahu jejich používání.

Insekticidy: Jedná se o velmi členitou, důležitou a hojně používanou skupinu pesticidů k ochraně rostlin před škodlivým hmyzem, a to na různých stanovištích a v různé fázi jeho vývoje (Adámek a kol., 2010). Státní rostlinolékařská správa věnuje těmto přípravkům velkou pozornost z hlediska účinnosti na cílové organismy ale také ochranu necílových organismů, viz. vyhláška č. 327/2012 Sb. Insekticidy se primárně dělí na

požerové, kontaktní a fumigační (transpirační, vdechované) podle způsobu, jak se do těla hmyzu dostávají. Účinky se mohou vzájemně kombinovat.

Insekticidy na bázi organofosfátů: Jedná se o velmi širokou skupinu pesticidů odvozenou z esterů kyseliny fosforečné (Velíšek a kol., 2014). Vedle insekticidních účinků mají organofosfáty účinky i herbicidní. Hlavní skupiny jsou thiofosfáty, amidofosfáty a fosfonáty (Zahradník, 2015). Pesticidy z této skupiny jsou to toxické pro hmyz, ryby, obojživelníky i savce včetně člověka. Mechanismus působení je neurotoxický coby inhibitor enzymů, zejména acetylcholinesterázy (Velíšek a kol. 2014). U hmyzu působí kontaktně, požerově i vdechem (Adámek a kol., 2010). Důležitou látkou z této skupiny je chlorpyrifos. Jedná se o účinnou látku přípravků jako je Dursban nebo Reldan (Zahradník, 2015). Tato látka je na seznamu látek, kterým musí být věnována zvýšená pozornost (Výboch, Prchalová, 2003). Velmi používaným byl přípravek Soldep používaný k utlumení přemnoženého hrubého zooplanktonu, popř. při antiparazitální léčbě. Jeho toxicita na pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) je u testu 48h $LC_{50} = 0,545 \text{ ml.l}^{-1}$, u perloočky velké (*Daphnia magna*) $0,2 \cdot 10^{-6} - 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ ml.l}^{-1}$ (Velíšek a kol., 2014).

Insekticidy na bázi karbamátů: Tato skupina se též nazývá uretany. Základem pro tuto skupinu insekticidů jsou sloučeniny kyseliny karbamové NH_2COOH nebo N,N – dimethylkarbamové. Jedná se o meziprodukt při výrobě močoviny z amoniaku a oxidu uhličitého. Podobně jako organofosfáty inhibují acetylcholinesterázu, ale reverzibilně. (Adámek a kol., 2010, Velíšek a kol., 2014). Velký rozvoj prodělaly tyto látky v 80. letech minulého století. Např. Pirimor, účinná látka pirimicarb. Většina z nich je v současnosti zakázána (Zahradník, 2015). Nejznámější látkou je karbofuran (2,2-dimethyl-2,3-dihydro-1-benzofuran-7-yl methylkarbamát), známější je pod obchodním názvem Furadan. Je vysoce toxický. Pro savce se letální dávka pohybuje v řádech miligramů na kilogram hmotnosti. Toxicita při testu 96h LD_{50} pro pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) je $560 \mu\text{g.l}^{-1}$, pro perloočku velkou (*Daphnia magna*) při 48h LD_{50} je $18,7 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Insekticidy na bázi chlorovaných uhlovodíků: Tato skupina pesticidů byla používána jako nejuniverzálnější insekticid proti širokému spektru škůdců. Jsou to deriváty uhlovodíků, kde jsou atomy vodíku nahrazeny atomy chloru (Velíšek a kol., 2014). Nejznámějším a zároveň velmi problematickým perzistentním pesticidem z této skupiny je DDT – dichlordifenyltrichlorethan. Vedle své velké účinnosti je také silně lipofilní a má řadu negativních vlastností (Adámek a kol. 2010). V současné době je ve vyspělém světě zakázán. Problémem jsou chudé rozvojové země se zásobami, které jsou stále používány a uváděny do oběhu. Letální hodnoty při testu 96h LC₅₀ pro pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) je 8,7 μg.l⁻¹, pro perloočku velkou (*Daphnia magna*) je 4,7 μg.l⁻¹. V zemích EU je v pitné vodě přípustný maximální limit 0,1 μg.l⁻¹ (Velíšek a kol., 2014).

Insekticidy na bázi pyretroidů: Jsou to nové moderní látky používané jako insekticidy. Pyretriny jsou přírodní organické sloučeniny získané ze z kopretiny starčkolisté (*Chrysanthemum cinerariaefolium*), resp. pyretrin I a pyretrin II. Pyretroidy jsou látky stejného charakteru vyráběné uměle (Velíšek a kol., 2014). Nejsou perzistentní, rychle podléhají biodegradaci a rozpadají se působením kyslíku a světla. Jsou neurotoxické pro hmyz, blokují sodíkové kanály nervových vláken. Nežádoucí účinek se projevuje na rybách a ostatních vodních organismech, stejně tak u necílových druhů hmyzu např. včely. Jsou základem pro účinné látky, jako jsou cypermethriny, deltamethriny, apod. (Velíšek a kol., 2014, www.wikipedie.cz). Tyto látky jsou obsaženy ve velmi používaných insekticidních prostředcích jako je Vaztak Active, Vaztak Forst (alfa-cypermethrin) nebo Decis Mega (delta-methrin). Pyretroidy v současné době vytlačují z trhu organofosfáty (Zahradník, 2015).

Delta-methrin [(S) alfa-kyano-3-fenoxybenzyl-(1R,3R)-cis-3-(2,2-dibromvinyl)-2,2-dimethylcyklo-propankaboxylát] je nejúčinnější pesticid z této skupiny s širokým použitím v domácnostech i zemědělství. Roční spotřeba delta-methrinu se v ČR pohybuje okolo 830 kg (Velíšek a kol., 2014). Toxicita delta-methrinu při testu 96h LC₅₀ je u pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) je 1,0 μg.l⁻¹, u perloočky velké (*Daphnia magna*) činí při testu 48h LC₅₀= 0,038 μg.l⁻¹.

Repelenty: Vedle výše uvedených skupin látek se v lesnictví a zemědělství používá i řada jiných pomocných látek, jako jsou repelenty, k preventivní ochraně cílových kulturních plodin před různými škodlivými organismy. Jednou z těchto skupin jsou právě repelenty. V lesnictví se ve velké míře používají k ochraně mladých kultur lesních dřevin (zejména smrku ztepilého), resp. asimilačních orgánů. Jednotlivé sazenice se jimi natírají na terminálu a prvním přeslenu. Velice používanými jsou přípravky Stopkus, Aversol, Morsuvin nebo Cervacol. Základní účinná látka je thiram, chemický název bis(dimethylthiokarbamoyl)disulfid (Bezpečnostní list: Aversol, Bezpečnostní list: Stopkus). Toxicita pro thiram je stanovena pro ryby při testu 96h LC₅₀ na hodnoty 0,046 – 1,20 mg.l⁻¹, pro *Daphnia sp.* je stanovena EC₅₀ při 48h testu hodnota nad 0,2 mg.l⁻¹. Dále se používají repelenty na ochranu kmenů lesních i ovocných dřevin při jejich poškození při těžbě a soustředování dřeva, hlodavci či ořezem a parkovými úpravami jako způsobem zacelení rány a zabránění vstupu houbových chorob a dřevokazného hmyzu. Přípravek Recervin se používá pro nástřik či nátěr kmenů mladých a středně starých porostů lesních dřevin k zabránění škod ohryzem a loupáním jelení zvěří. Účinná látka tohoto přípravku je dimethylbenzen. Akutní toxicita na rybách byla stanovena testem 48h LC₅₀ = 309 mg.l⁻¹, test imobilizace pro *Daphnia sp.* stanovený testem 24h LC₅₀ = 126 mg.l⁻¹ (Bezpečnostní list: Recervin). Velmi používaný přípravek Sanatex je používán k nátěru odřených stromů při těžbě, manipulaci a soustředování dřeva v lese. Účinnou látkou je hexamethylen-tetramin. Test akutní toxicity pro ryby stanovil testem 96h LC₅₀ = 696 mg.l⁻¹, pro *Daphnia sp.* 48h EC₅₀ = 482 mg.l⁻¹. Předpoklad pro aplikaci repelentů je slunné suché počasí, aby aplikovaná látka zaschla na povrchu sazenic či kmenů a došlo tak k maximálnímu ochrannému účinku a ekonomickému zhodnocení přípravku. Po ztuhnutí jsou již takřka nerozpustitelné a nesplavitelné do okolí po dobu několika let.

Rodenticidy: Hlodavci, zejména myšovití hlodavci, jsou významnými škůdci hospodářských plodin pěstovaných člověkem, a to jak v zemědělství, tak i v lesnictví. Uskladněné plodiny lze alespoň částečně chránit. V domácnostech mechanickými pastičkami nebo pomocí rodenticidů, ve větších skladovacích objektech pak výhradně pomocí rodenticidů. Největší problém bývá ochrana zemědělských a mladých lesních kultur přímo v terénu. I množství přípravků na ochranu rostlin je velmi omezené. Řada z nich spadá do kategorie biocidů, nelze je volně používat v terénu, aniž bychom se

dostali do střetu s platnou legislativou. Jediným v tomto směru použitelným přípravkem je Lanirát Micro. Oproti jiným přípravkům nemění ve venkovním prostředí působením vzdušné vlhkosti své vlastnosti a hlodavci jej dobře přijímají. Účinná látka je bromadiolon, účinkem je snížená krvetvorba a snížená schopnost krve přenášet kyslík. Přes svoji dobrou účinnost a ekonomickou výhodnost má lanirát pravidelně problémy s registrací coby přípravku na ochranu rostlin (Zahradník, 2013, Zahradník 2015). Toxicita byla stanovena pro pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) byla stanovena testem 96h LC₅₀ = 28 mg.l⁻¹, pro *Daphnia sp.* 48h LC₅₀ = 40 mg.l⁻¹.

Farmaka, PCP látky a pesticidy představují velmi široké spektrum látek, jejich kombinací a rozsahů použití. Jejich dělení podle nejrůznějších kritérií je tak složité a rozsáhlé a zdaleka přesahuje rámec této práce.

3.4. Pasivní vzorkování

Jednou z moderních metod, jak sledovat znečištění vodního prostředí mikropolutanty je pasivní vzorkování (Grabic a kol., 2015) Jedná se o moderní a účinnou metodu pro měření znečištění i ve slabě proudící vodě. Pasivním vzorkovačům není třeba dodávat žádnou energii ani nepotřebují žádnou extra údržbu. Jejich provoz je tak relativně laciný, nemají žádné mechanické pohyblivé části a umožňují dlouhodobější kontinuální vzorkování oproti dynamickým vzorkovačům. Pasivními vzorkovači lze prozkoumat organické znečištění i na velkých tocích v oblastech s vysokým počtem obyvatel (Shi, 2013). Pomocí pasivních vzorkovačů lze zjišťovat různé skupiny látek, a to podle použitého vzorkovače a typu sorbentu, např. DGT (Diffusive Gradients in Thin-films) zachytává a priori kovy a kovové ionty (Kočí, Grabic, 2008).

Pasivní vzorkovač POCIS (Polar Organic Chemical Integrative Sampler) představuje vhodný způsob, jak zjišťovat přítomnost hydrofilních organických látek ve vodě s celkově slabším stupněm znečištění, jako jsou pesticidy a farmaka. POCIS umožňuje měření koncentrace látek v koncentracích ng.l⁻¹ až µg.l⁻¹ (Fedorova, 2014). Vzorkovač musí být po celou dobu ponořen, voda musí proudit alespoň v řádu několika l/min, doba pro vzorkování bývá obvykle 2 – 4 týdny. (Kočí, 2008). Vlastní vzorkovač se skládá ze dvou kruhových nerezových kotoučů, mezi kterými jsou dvě polopropustné

mikroporézní polyethersulfonové membrány o průměru 7 cm, mezi kterými je uložen sorbent (obr. 1).



Obr. 1: Pasivní vzorkovač POCIS (E&H Service, Praha)

Aktivní plocha povrchu vzorkovače je 41 cm² (Alvarez, 2002). Celý vzorkovač je uzavřen v ochranném obalu se závěsným ouškem (obr. 2). Může se instalovat buď jednotlivě nebo v sérii několika vzorkovačů umístěných na držáku a upevněných v ochranném koši, který se celý umístí do vody (Grabiec a kol., 2015)



Obr. 2: Ochranný obal vzorkovače POCIS (E&H Service, Praha)

Obecně se používají dvě základní konfigurace POCISů. První je třífázová konfigurace, tj. kombinace tří sorbentů vhodná pro zjišťování většiny pesticidů, syntetických i přírodních hormonů a širokého spektra chemických látek v odpadních vodách. Druhá konfigurace je zaměřená na zjišťování farmaceutických látek (Alvarez, 2002). Používané sorbenty jsou Oasis HBL, Isolute ENV a Ambrsorb 1500 (Kočí, 2008).

Pomocí vzorkovačů POCIS lze sledovat široké spektrum cizorodých látek. V současnosti se v našich podmínkách využívají pro sledování více než sta farmak a desítek pesticidů.

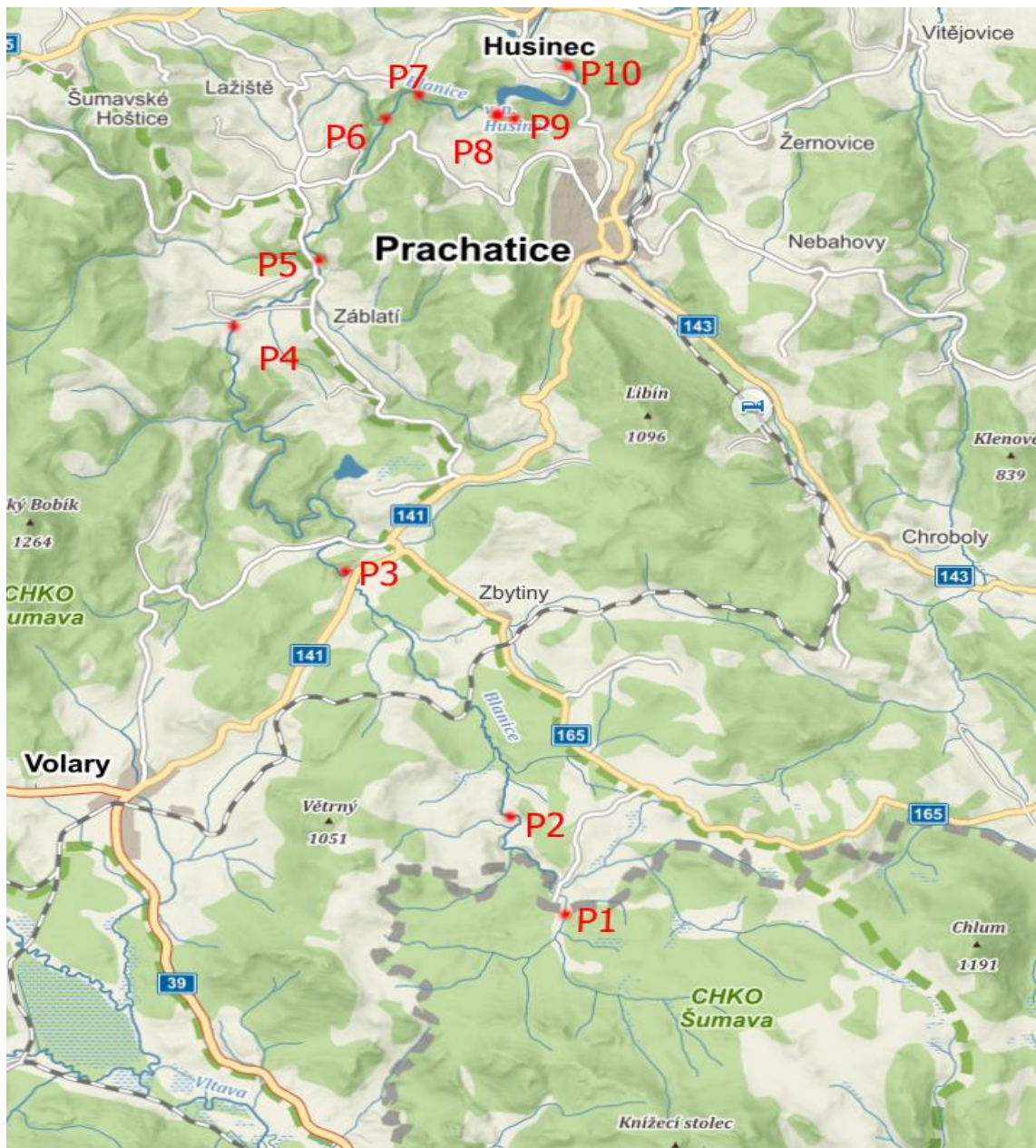
4. Materiál a metodika

4.1. Charakteristika sledované oblasti

Zájmovým územím je horní povodí vodňanské Blanice od jejího pramene pod hráz Vodní nádrže Husinec. Prameniště Blanice se nachází na severním úbočí hory Knížecí Stolec (1 230 m n. m.). Historicky se jedná o pohraniční území, které bylo velmi málo obydlené. Charakteristické byly na přelomu 19. a 20. století malé vesnice o několika málo domech s česko-německým obyvatelstvem, např. Arnoštov (Ernsbrunn), Ondřejov (Andreasberg) nebo Křišťanov (Christianberg). Krajina byla převážně lesního charakteru, lidskou činností ovlivňována jen maloplošným extenzivním hospodařením. Zhruba v první polovině 20. století se oblast rozvinula. V Arnoštově vznikla sklárna, dřevosklad, škola a počet stálých obyvatel se blížil pěti stům. Tím vznikl i tlak na okolní přírodní prostředí. Byla zde vybudována úzkokolejná lesní železnice pro dopravu dřeva na dřevosklad. V 50. letech minulého století vznikl Vojenský výcvikový prostor Boletice a oblast se téměř vylidnila. Snížil se tlak na krajinu a tento stav přetrvává dodnes. Území využívá Armáda ČR k vojenské výcvikové činnosti, hospodářsky ho spravuje státní podnik Vojenské lesy a statky ČR, divize Horní Planá, Lesní správa Arnoštov. Lesní hospodářství probíhá standardně jako v hospodářském lese dle platné legislativy. Vyskytuje se zde několik významných chráněných druhů živočichů. Blanici zde charakterizuje bystřínný ráz s kamenitým či štěrkovým dnem a písečnými nánosy v tišinách.

Mezi obcemi Arnoštov a Spálenec se nachází objekt odchovny v rámci Záchranného programu perlorodky říční spadajícího pod Agenturu ochrany přírody krajiny. Celý VVP Boletice je součástí několika režimů ochrany přírody: Natura 2000, EVL, Ptačí oblast Boletice, CHKO Šumava. Přímou na území LS Arnoštov se nachází NPP Prameny Blanice a NPP Blanice. Lze tedy předpokládat, že zatížení životního prostředí je v této oblasti minimální. Důležitými přítoky Blanice v této oblasti jsou Puchárenský potok a Černý potok.

V níže položených oblastech, od Spálence a Zbytin, dále je již krajina v okolí řeky Blanice ovlivněna zemědělstvím, převážně pastvou dobytka a skliznípícnin. To přináší zátěž v podobě veterinárních medikamentů a metabolitů chovaných užitkových zvířat. V okolí obce Záblatí se k živočišné výrobě přidává i rostlinná výroba a používání pesticidů. Ve sledovaném území se nachází též manipulační sklad dřeva Pila Podedvory. Ve spodní části sledovaného území je již krajina zatížena lidskou činností daleko více než v pramenné oblasti (obr. 3). Sledovaná část povodí je zakončena Vodárenskou nádrží Husinec (VN Husinec) (61 ha), která slouží mj. jako záložní zdroj pitné vody pro město Prachatice a okolní obce.



Obr. 3: Mapa sledovaného území s vyznačenými lokalitami (www.mapy.cz)

4.2. Sledované lokality

Délka sledovaného úseku je cca. 37 km vodního toku. Pramen Blanice se nachází ve výšce 971 m n. m., pod hrází VN Husinec ve výšce 501 m n. m., tzn. výškový rozdíl činí 470 metrů (www.mapy.cz). Jednotlivé lokality byly vybrány tak, aby co možná nejlépe reprezentovaly dané území a monitorovaly vytipované nejvýznamnější zdroje antropogenního znečištění Blanice mikropolutanty (obr. 3).

Lokalita P1: GPS 48°53'23,29''N 13°59'36,42''E

Prvním monitorovaným profilem byla obec Arnoštov, resp. kraj VVP Boletice, kde řeka Blanice opouští vojenský prostor (foto č. 1). Podle všech předpokladů by zde měla být voda nejméně znečištěná. Nadmořská výška je zde 836 m n. m.



Foto č. 1: Lokalita P1 (Vlk, 2014)

Lokalita P2: GPS 48°53'59,95''N 13°59'2,42''E

Mezi obcemi Arnoštov a Spálec nec se nachází specializované zařízení zaměřené na reprodukci a odchov raných stádií perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*). Zhruba 300 m nad touto odchovnou byla vybrána druhá lokalita, nadmořská výška 823 m n. m. (foto č. 2)



Foto č. 2: Lokalita P2 (Vlk, 2014)

Lokalita P3: GPS 48°57'2,53''N 13°56'30,43''E

Tento monitorovaný profil byl zvolen pod obcí Blažejovice na místě bývalého mostu, nadmořská výška 756 m n. m. (foto č. 3).



Foto č. 3: Lokalita P3 (Vlk, 2014)

Lokalita P4: GPS 48°59'42,56''N 13°54'48,86''E

Monitorované místo se nachází na toku Blanice nad obcí Záblatí u bývalého Řepešinského mlýna v místě křížení s vozovkou, nadmořská výška 610 m n. m. (foto č. 4). Hlavním důvodem volby této lokality bylo jasně identifikovat vliv Záblatí jakožto významné obce na sledovaném toku a vliv změny charakteru krajiny a způsobu jejího využívání.



Foto č. 4: Lokalita P4 (Vlk, 2014)

Lokalita P5: GPS 49°0'27,94''N 13°55'51,53''E

Toto místo bylo zvoleno pod obcí Záblatí nad vtokem Cikánského potoka do Blanice (foto č. 5). Nadmořská výška je zde 578 m n. m.

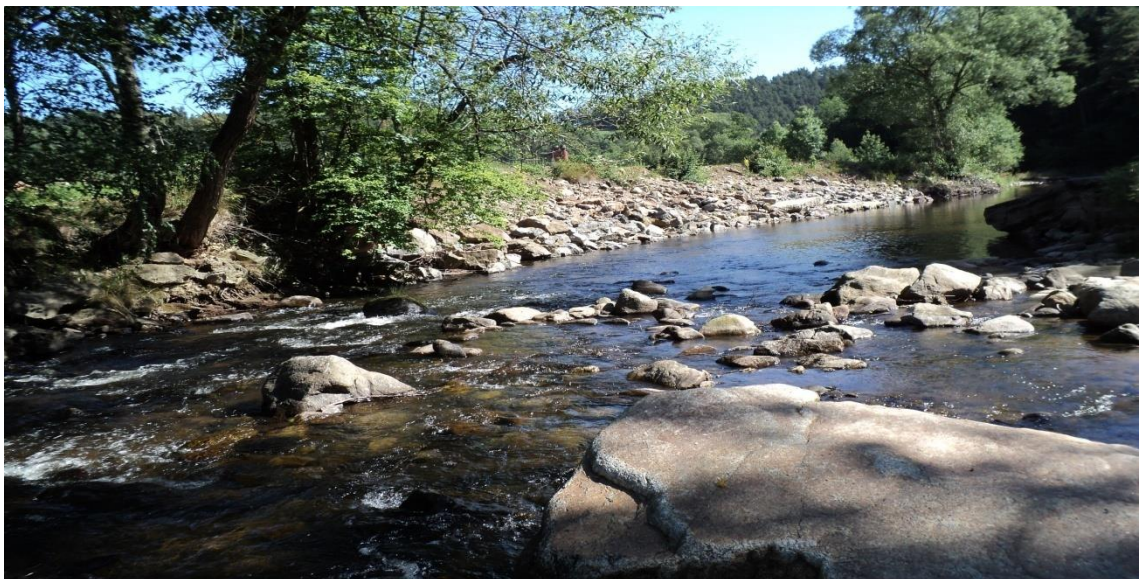


Foto č. 5: Lokalita P5 (Vlk, 2014)

Lokalita P6: GPS 49°1'56,14''N 13°56'58,79''E

Pro tento vzorkovač bylo vybráno místo mezi Zábrdským mlýnem a Podedvory pod vtokem Žárovenského potoka (foto č. 6). Nadmořská výška 549 m n. m. Tato lokalita podchytí obce Zábrdí a Lažiště, tzn. území se silnou zemědělskou činností a lidským osídlením.



Foto č. 6: Lokalita P6 (Vlk, 2014)

Lokalita P7: GPS 49°2'10,88''N 13°57'11,16''E

Vzorkovač byl umístěn do vody těsně pod objektem Pila Podedvory, nadmořská výška 543 m n. m. (foto č. 7).



Foto č. 7: Lokalita P7 (Vlk, 2014)

Lokalita P8: GPS 49°1'57,22''N 13°58'28,98''E

Blanice zde prochází místem zvaným Rechle a vlévá se do Vodní nádrže Husinec. U vtoku se jedná o záplavové území přehrady, kde silně kolísá výška vodní hladiny v závislosti na množství srážek v předcházejících dnech, nadmořská výška je zde 524 m n. m. (foto č. 8).



Foto č. 8: Lokalita P8 (Vlk, 2014)

Lokalita P9: GPS 49°1'56,07''N 13°58'33,55''E

Zde byl vzorkovač umístěn do ústí pravostranného přítoku do VN Husinec, do Černého potoka, který přivádí vodu od obcí Oseky, Kahov a Podolí. Nadmořská výška 523 m n. m. (foto č. 9)



Foto č. 9: Lokalita P9 (Vlk, 2014)

Lokalita P10: GPS 49°2'31,40''N 13°59'24,52''E

Vzorkovač byl umístěn pod hrází VN Husinec ke zjištění, zda se sledované látky zachytí v přehradě nebo pokračují dále vodním toku Blanice (foto č. 10). Nadmořská výška 501 m n. m.

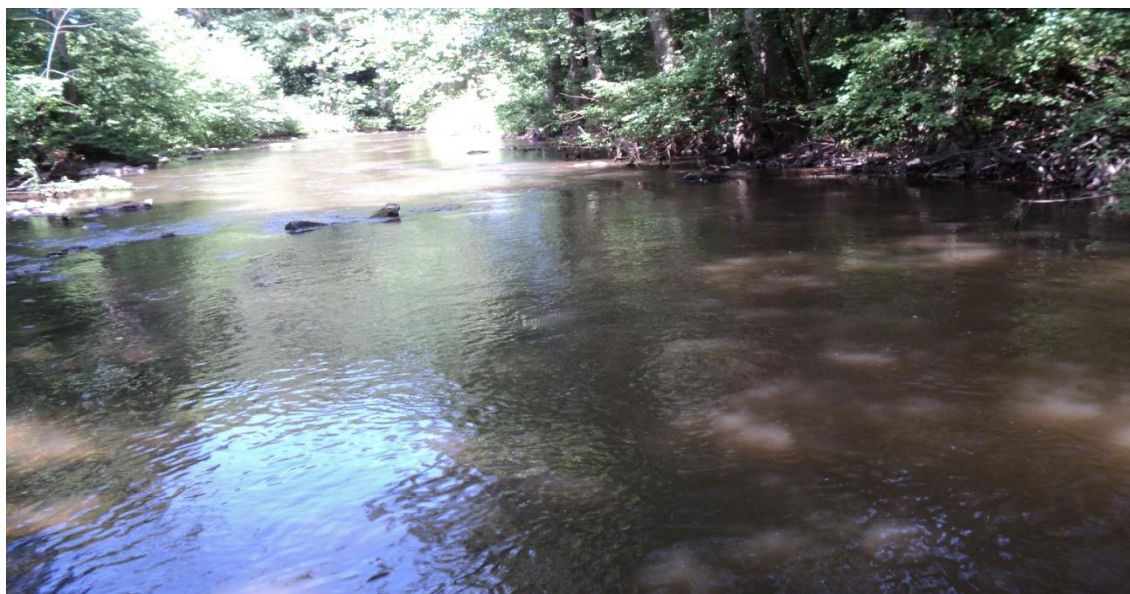


Foto č. 10: Lokalita P10 (Vlk, 2014)

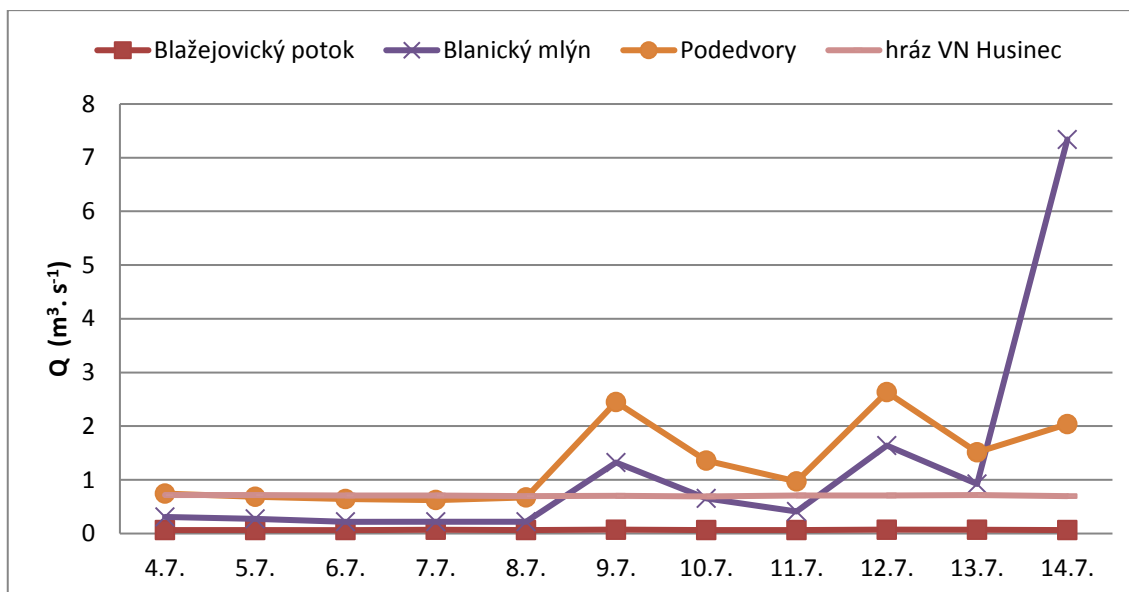
4.3. Vzorkování

Pasivní vzorkovače POCIS v pesticidní konfiguraci tzv. „POCIS pest“ byly ve výše uvedených lokalitách exponovány v období 4. 7. 2014 až 15. 7. 2014, tzn. 11 dní. Na každé lokalitě byl nainstalován jeden vzorkovač POCIS umístěný v ochranné mřížce z nerezové oceli. Vzorkovač byl zavěšen pomocí lanka na pevný předmět na toku (větev, pata stromu, konstrukce mostu, apod.). Při sběru vzorkovačů byly tyto umístěné do svého původního obalu a řádně popsány tak, aby nedošlo k jejich záměně (Grabic a kol., 2015). Konkrétní místa byla vybrána tak, aby byla skrytá kvůli neoprávněnému zásahu cizích osob a charakterizovala danou lokalitu. S instalací vzorkovačů POCIS se začalo první den v 7:00 v Arnoštově a postupovalo se postupně po proudu řeky Blanice až pod hráz VN Husinec. Při sbírání vzorkovačů se postupovalo stejným způsobem (viz. tabulka č. 1).

Tabulka č. 1: Expozice vzorkovačů POCIS na vybraných lokalitách

vzorkovač	lokalita	vložení		teplota vody °C	vyjmutí		teplota vody °C
		datum	čas		datum	čas	
P1	Arnoštov - VVP Boletice	4.7.2014	7:45	9,0	15.7.2014	7:00	10,5
P2	Spálenec - nad odchovnou	4.7.2014	8:15	9,5	15.7.2014	7:30	10,5
P3	Blažejovice - most	4.7.2014	8:45	11,5	15.7.2014	7:45	12,0
P4	Řepešínský mlýn	4.7.2014	9:00	12,0	15.7.2014	8:00	13,5
P5	Pod obcí Záblatí	4.7.2014	9:15	13,5	15.7.2014	8:15	13,5
P6	Žárovenský potok - Zábrdím	4.7.2014	9:30	13,0	15.7.2014	8:30	13,5
P7	Podedvory - pila	4.7.2014	10:00	13,5	15.7.2014	8:45	13,7
P8	Rechle - přítok do VN Husinec	4.7.2014	10:30	15,0	15.7.2014	9:30	14,5
P9	Černý potok - Oseky - Kahov	4.7.2014	10:35	14,0	15.7.2014	9:35	14,0
P10	pod hrází VN Husinec	4.7.2014	10:45	16,5	15.7.2014	10:00	16,0

V průběhu expozice vzorkovačů POCIS ve vodě převažovalo slunečné počasí. Během vzorkovacího období byla na webových stránkách Povodí Vltavy (www.pvl.cz) sledována výška hladiny a průtok na uzávěrných profilech Blažejovický potok, Blanický mlýn, Podedvory a VN Husinec – pod hrází. V noci z 8. 7. na 9. 7. byla dešťová přeháňka a 12. 7. v odpoledních hodinách bouřka, která zvedla hladinu a zvýšila průtok na sledovaném toku (obr. 4).



Obr. 4: Průtoková situace na sledovaném území

4.4. Chemické analýzy pasivních vzorkovačů

Při extrakci pasivních vzorkovačů a následné analýze bylo postupováno dle metodiky (Grabic a kol., 2015). Očištěný a suchý POCIS byl před vlastní extrakcí rozšroubován nad hliníkovou fólií, na kterou byla pinzetou opatrně přenesena membrána ze vzorkovače. Pro extrakci pest. POCISu bylo použito 5 x 10 ml směsi rozpouštědel metanol : toluen : dichlormetan v objemovém poměru 1:1:8. Vzhledem ke koncovce s použitím kapalinové chromatografie bylo následně nutné toluen odstranit. To bylo provedeno přidáním 10 ml metanolu, protřepáním (s použitím vortexu) a opětovným odpařením extraktu na zhruba 1 ml.



Foto č. 11: Extrahovaný vzorek (Vlk, 2017)

Tento krok byl opakován 2 x až do odstranění zbytkového toluenu. Poté byl vzorek převeden do předem zvážené vialky. Vialka se vzorkem byla zvážena a uchována při $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do doby analýzy. Před analýzou byly ke vzorku přidány vnitřní standardy měřených látek a vzorek byl naředěn vodou v poměru 1:1 pro instrumentální analýzu. Následně byly vzorky analyzovány pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie LC, ve spojení s hmotnostním spektrometrem, který pracuje na principu trojitého kvadrupólu MS/MS TSQ Quantum Ultra (Thermo Fisher Scientific, San Jose, CA, USA), vybaveného čerpadly Accela 1250 LC a autosamplerem HTS XT-CTC (CTC Analytics AG, Zwingen, Switzerland). Systém byl vybaven pro separaci cílových látek kolonou Hypersil GOLD Phenyl column (50 mm x 2,1 mm i.d., 3 μm částice) a předkolonou Hypersil GOLD Phenyl guard column (10 mm x 2,1 mm i.d., 3 μm částice) od Thermo Fisher Scientific. Poté byly stanoveny cizorodé látky dle výsledků kapalinové chromatografie a byla vypočtena jejich koncentrace ve vzorku (ng.POCIS^{-1}).

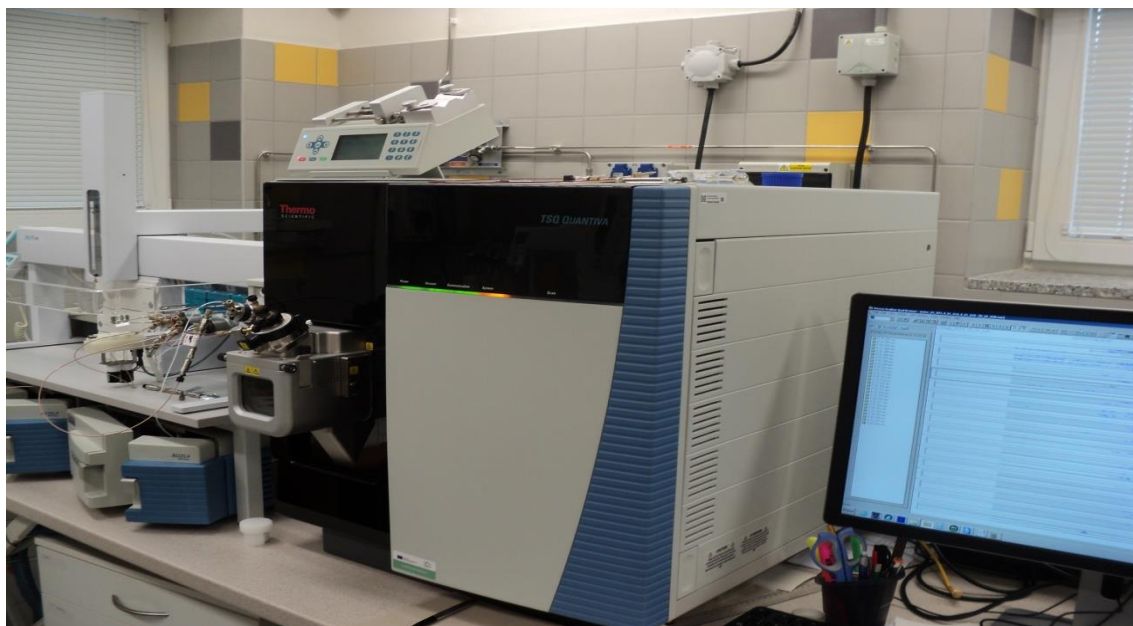
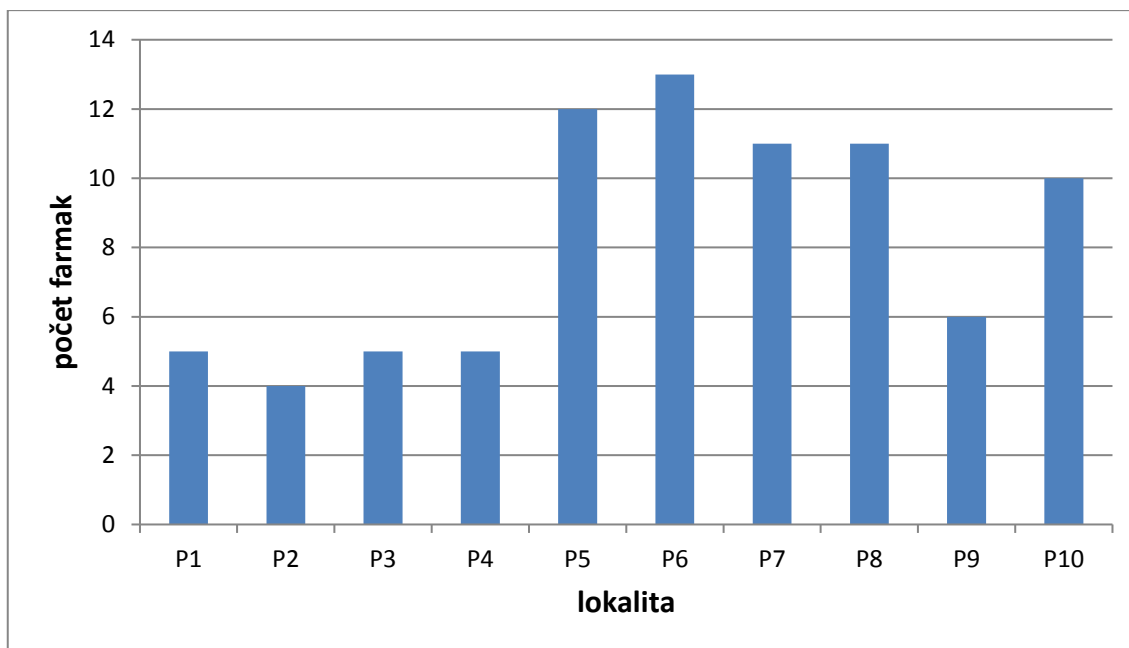


Foto č. 12: Kapalinový chromatograf (Vlk, 2017)

5. Výsledky a diskuse

5.1. Výskyt farmak v horním povodí Blanice

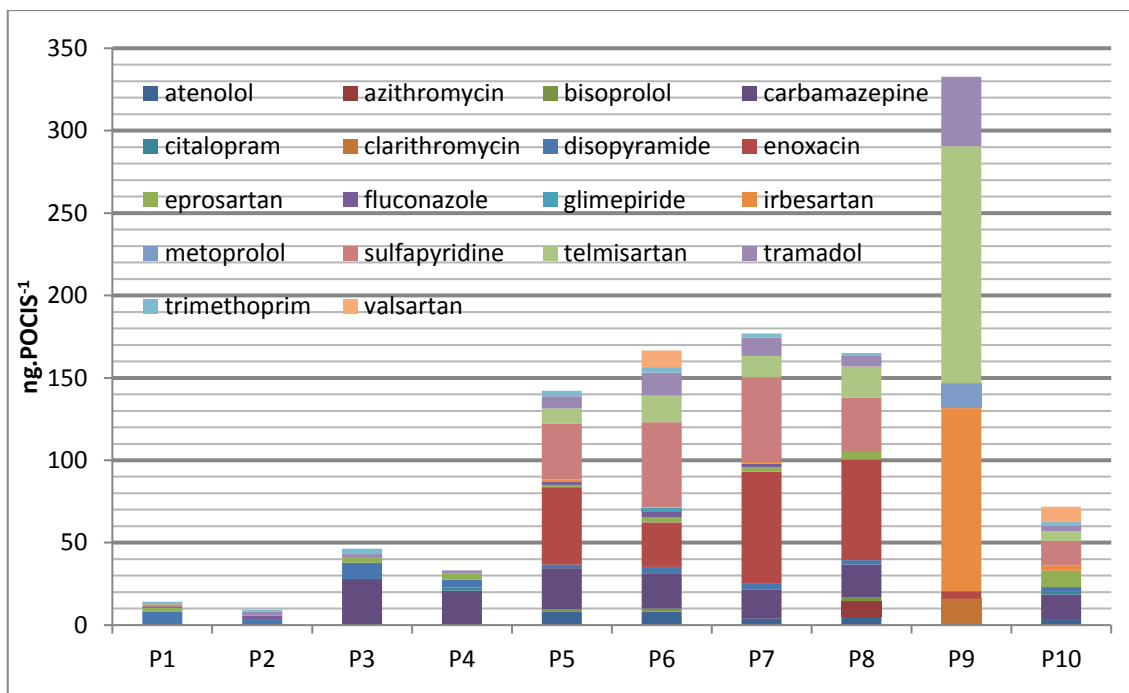
V horní části povodí vodňanské Blanice bylo sledováno celkem 127 farmak. Celkem bylo detekováno 18 látek (viz. příloha). Z obr.5 je patrné, že v horní části sledovaného úseku od VVP Boletice (P1) po Řepešínský mlýn (P4) je nižší počet detekovaných farmak na jednotlivých lokalitách (4 nebo 5). Lze to odůvodnit relativně malou hustotou osídlení v oblasti a nižší úrovní využívání krajiny. Naproti tomu od obce Záblatí (P5) dále počty stouply na 11 - 13 druhů látek. Počet obyvatel v okolních obcích roste a stále více se zvětšuje spádová plocha povodí. Výjimku ve spodní části sledované oblasti tvoří Černý potok tekoucí od obcí Oseky - Kahov, patrně z důvodu krátkého toku a relativně malého dílčího povodí oproti celkové délce sledovaného úseku Blanice. Zde bylo detekováno 6 farmak. Pod hrází VN Husinec bylo detekováno 10 farmak.



Obr. 5: Počet detekovaných farmak na sledovaných lokalitách

Zajímavé jsou 2 zjištěné skutečnosti. Podobně jako počet jednotlivých druhů farmak, tak i jejich celkové množství je nízké do lokality P4, tzn. Řepešinský mlýn. Od obce Záblatí (P5) množství látek výrazně narůstá. V případě poslední lokality P10, tzn. pod hrází VN Husinec, zůstal počet detekovaných farmak stejný jako nad VN Husinec, ale zjištěné množství se výrazně snížilo. Lze tedy ukazovat na fakt, že přehrada jako taková působí jako určitý filtr, který do určité míry farmaka zachytává.

Z obr. 6 je zřejmé, že některá farmaka jsou zastoupena nepatrně (četnosti i množstvím). Naproti tomu jiná lze nalézt téměř na všech zkoumaných lokalitách nebo jsou zastoupena významně co do zjištěného množství. Charakteristika farmak detekovaných ve sledovaném území je uvedena v příloze.



Obr. 6: Celková zátěž detekovanými farmaky na jednotlivých lokalitách

5.2. Detekovaná farmaka

Atenolol: V rámci sledované oblasti toku byl zjištěný ve spodní části. První a největší koncentrace byla naměřená pod obcí Záblatí (P5) v koncentraci 8,4 ng.POCIS⁻¹ a na lokalitě pod Zábrdským mlýnem (P6) v koncentraci 8,2 ng.POCIS⁻¹. Celkově byl atenolol zjištěný na 5 lokalitách z 10 sledovaných.

Azithromycin: Ze všech sledovaných lokalit byl zjištěný pouze v jedné, a to na lokalitě P8 u přítoku do VN Husinec v množství 9,3 ng.POCIS⁻¹.

Bisoprolol: Byl zjištěný nad hranicí měřitelnosti na 3 lokalitách, a to P5 pod Záblatím, P6 pod Zábrdským mlýnem a P8 u přítoku do husinecké přehrady, navíc v relativně malých koncentracích 1,2 – 2,1 ng.POCIS⁻¹.

Karbamazepin (carbamazepine): Tato látka je významná z hlediska účinku, četnosti a množství výskytu. Ve sledovaném toku Blanice byl zjištěn výskyt na 7 lokalitách z 10. Pod hranicí měřitelnosti se nacházely lokality P1 Arnoštov, P2 Spálenec a P9 Černý

potok. První nález 28 ng. POCIS⁻¹ byl pod silničním mostem v Blažejovicích (P3). Dále koncentrace pokračuje klesající tendencí až pod hráz VN Husinec (P10), kde byla změřena koncentrace 15 ng. POCIS⁻¹. U karbamazepinu nedochází ke skokovému snížení koncentrace nad a pod hrází VN Husinec.

Citalopram: Na sledovaném území byl zjištěn ve 2 vzorkovačích, a to na lokalitě P4 Řepešinský mlýn v koncentraci 1,8 ng.POCIS⁻¹ a P10 pod hrází VN Husinec v koncentraci 1,5 ng.POCIS⁻¹. Je tedy minoritní látkou v porovnání s ostatními zjištěnými látkami.

Clarithromycin (Klaritromycin): Byl detekován v jediném vzorkovači, konkrétně na lokalitě P9 Černý potok. Koncentrace v tomto místě byla stanovena 16 ng.POCIS⁻¹.

Disopyramid: Vyjma lokality P9 Černý potok byl zaznamenán ve všech sledovaných lokalitách v koncentracích v koncentracích 2,1 – 9,9 ng.POCIS⁻¹. Přičemž největší koncentrace byly zjištěny v lokalitách P1 Arnoštov (8,4 ng.POCIS⁻¹) a P3 Blažejovice (9,9 ng.POCIS⁻¹). Směrem dále po toku Blanice se koncentrace mírně snižovala.

Enoxacin: V horní části sledovaného toku se nevyskytuje v měřitelných koncentracích. Od obce Záblatí (P5) a dále po toku se jeho koncentrace skokově zvyšuje na desítky ng. POCIS⁻¹. Koncentrace na lokalitě P5 pod obcí Záblatí byla stanovena na 47 ng.POCIS⁻¹, nejvyšší koncentrace byla zjištěna na lokalitě P7 Podedvorská pila v hodnotě 68 ng. POCIS⁻¹. Ve vzorkovači P9 Černý potok byla hodnota 4,6 ng. POCIS⁻¹. Na lokalitě P10 pod hrází VN Husinec nebyl enoxacin detekován. Lze v tomto případě opět poukazovat na schopnost vodní nádrže zadržet významné množství některých látek.

Eprosartan: Vyjma lokality P9 Černý potok byl zjištěn ve všech vzorkovačích, byť v relativně malých koncentracích v řádu několika jednotek ng. POCIS⁻¹. Oproti předcházejícím farmakům byla v případě eprosartanu zjištěna nejvyšší koncentrace pod hrází VN Husinec, a to 9,8 ng. POCIS⁻¹.

Flukonazol: Tento lék byl zjištěn na 5 lokalitách z 10. První výskyt byl zaznamenán na začátku sledovaného území na lokalitě P1 Arnoštov v koncentraci 0,86 ng. POCIS⁻¹ a P2 Spálenec v koncentraci 2,1 ng. POCIS⁻¹. Další detekce flukonazolu byla na lokalitě P5 pod Záblatím v koncentraci 2,1 ng. POCIS⁻¹, P6 Zábrdský mlýn v koncentraci 3,7 ng. POCIS⁻¹ a P7 Podedvorská pila v koncentraci 2,1 ng. POCIS⁻¹.

Glimepirid: Je to farmakum s minimálním výskytem co do množství i četnosti ve sledované oblasti. Byl zjištěn ve vzorkovači pouze na jediné lokalitě, a to P6 Zábrdský mlýn v koncentraci 2,2 ng. POCIS⁻¹.

Irbesartan: Byl zjištěn v pěti vzorkovačích z deseti. Ve čtyřech zmíněných případech byla hodnota na úrovni 1,2 - 3,2 ng. POCIS⁻¹. Výrazná hodnota byla zjištěna na lokalitě P9 Černý potok, a to 111 ng. POCIS⁻¹. Lze to zdůvodnit malým dílčím povodím Černého potoka a relativně krátkou vzdáleností od obcí Kahov, Oseky a Podolí a tím i malým rozředěním látky ve vodě. Na lokalitě P10 pod hrází VN Husinec byla hodnota 3,2 ng. POCIS⁻¹. Projevilo se naředění látky ve velké vodní ploše a také schopnost akumulace polutantů ve vodní nádrži.

Metoprolol: Ve sledovaném úseku se vyskytl pouze v jedné lokalitě, a to P9 Černý potok v hodnotě 15 ng. POCIS⁻¹.

Sulfapyridin: První relevantní nález byl na lokalitě P5 pod obcí Záblatí v koncentraci 34 ng. POCIS⁻¹, největší koncentrace byla naměřena na lokalitě P6 Zábrdský mlýn 52 ng. POCIS⁻¹. Na Černém potoce zjištěný nebyl. Pod hrází VN Husinec (P10) byla zjištěna koncentrace 15 ng. POCIS⁻¹.

Telmisartan: Je jednou z látek, které se v horní části Blanice po Řepešinský mlýn nevyskytuje. Od lokality P5 Záblatí dále byl naměřen v rozmezí 9 - 19 ng. POCIS⁻¹. Výjimku tvoří vzorkovač P9 Černý potok, kde se skokově koncentrace zvýšila 144 ng. POCIS⁻¹, tedy o řád stovky nanogramů na POCIS. A pod hrází husinecké přehrady na lokalitě P10 se koncentrace opět skokově snížila na 5,8 ng. POCIS⁻¹.

Tramadol: Vyjma lokality P1 Arnoštov byl zjištěn ve všech vzorkovačích v relativně nízkých koncentracích 1,7 – 14 ng. POCIS⁻¹. Opět tvoří výjimku lokalita P9 Černý potok, kde byla naměřená hodnota 42 ng. POCIS⁻¹.

Trimethoprim: V celém sledovaném úseku Blanice byl zjištěný v 8 vzorkovačích z 10, a to poměrně rovnoměrně ve vyrovnaných koncentracích 1,1 – 3,4 ng. POCIS⁻¹.

Valsartan: Ve sledované oblasti byl valsartan zjištěn ve dvou lokalitách přibližně ve stejné koncentraci. Přesněji v lokalitě P6 Zábrdský mlýn v hodnotě 10 ng. POCIS⁻¹. Pravděpodobně je používán v oblasti toku Žárovenského potoka. Druhý výskyt byl zjištěn v lokalitě P10 pod hrází VN Husinec v koncentraci 9,3 ng. POCIS⁻¹.

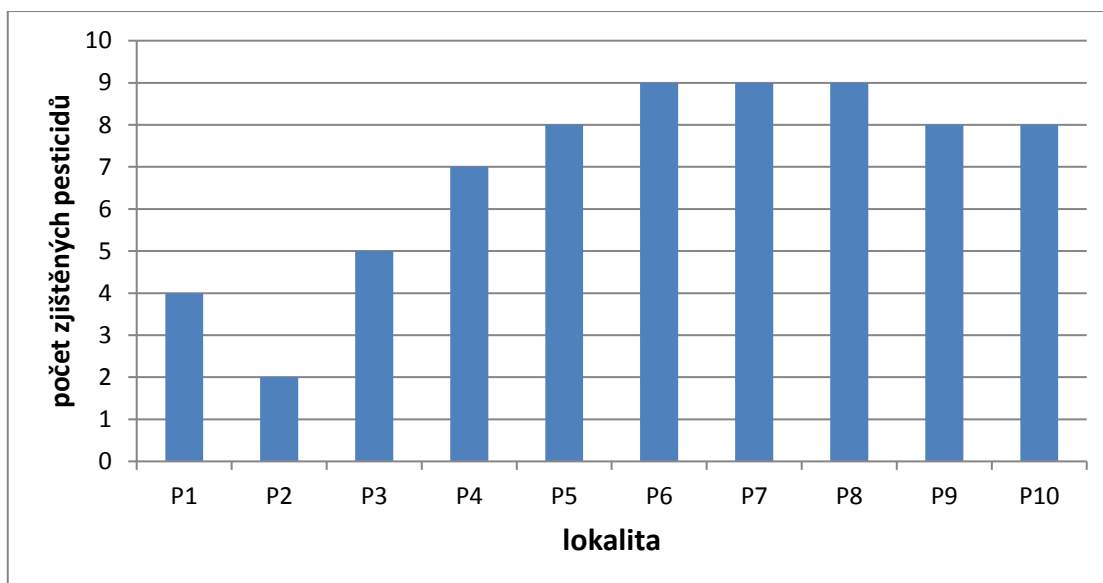
Významnou skupinou léčiv, která byla ve vodním prostředí sledovaného úseku Blanice přítomna, jsou léky na srdeční nemoci a vysoký krevní tlak, kterých bylo zjištěno 8 druhů. Dále byly nalezeny 4 druhy antibiotik a 2 druhy významných antidepresiv.

V horní části sledovaného úseku povodí Blanice je nejvyšší celková naměřená koncentrace farmak 46,4 ng. POCIS⁻¹ (4 farmaka) na lokalitě P3 Blažejovice. Na lokalitě P2 Spálenec byla zjištěna nejnižší hodnota z celého sledovaného úseku, přesně 9,2 ng. POCIS⁻¹. Na první lokalitě P1 Arnoštov byla celková naměřená koncentrace farmak 14,06 ng. POCIS⁻¹. Ve spodní části sledovaného úseku je farmaky zatížen nejvíce Černý potok (P9), kde byla naměřena celková koncentrace farmak 332,6 ng. POCIS⁻¹. Zároveň je to nejvyšší hodnota na sledovaném úseku Blanice. Dominantní podíl mají 2 farmaka: irbesartan a telmisartan. Je však důležitý fakt, že se jedná o malý tok a polutanty zde mají malou možnost se naředit ve vodě. Z hlediska množství sledovaných látek vstupujících do VN Husinec se z důvodu nízkého průtoku jedná o mnohem méně významný zdroj znečištění v porovnání s hlavním tokem Blanice. Vyjma Černého potoka byla naměřena největší koncentrace na lokalitě P7 Podedvorská pila v hodnotě 176,9 ng. POCIS⁻¹. V lokalitě P10 pod hrází VN Husinec byla zjištěna celková koncentrace 71,9 ng. POCIS⁻¹.

5.3. Výskyt pesticidů v horním povodí Blanice

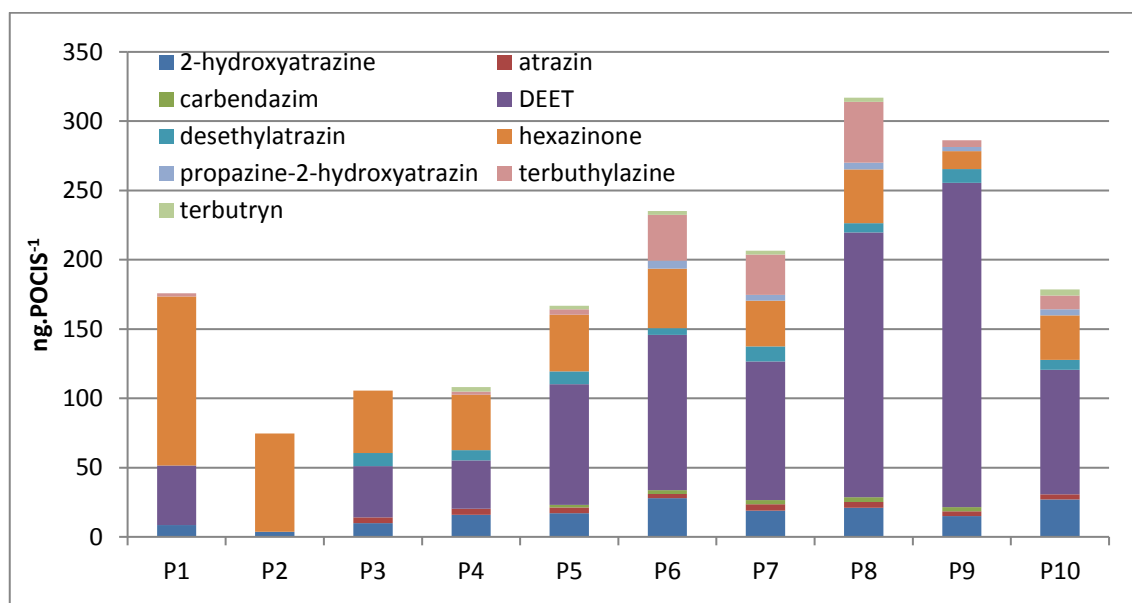
V horní části povodí vodňanské Blanice bylo sledováno 74 druhů účinných látek pesticidů (viz. příloha). Z toho bylo detekováno 9 látek. Charakteristika jednotlivých detekovaných pesticidů je uvedena v příloze.

Z obr. 7 je patrné, že v horní části sledovaného úseku povodí (lokality P1-P4) je používaný menší počet druhů pesticidů. Od lokality P4 Řepešinský mlýn níže po proudu počet druhů pesticidů stoupá. Rozdíl však není tak markantní jako u farmak. Pesticidy se používají po delší časové období byť v menším množství druhů, tj. osvědčené účinné pesticidy se používají dlouhodobě. Právě v úseku mezi lokalitami P3 Blažejovice a P4 Řepešinský mlýn se charakter krajiny mění z lesnaté na otevřené zemědělské plochy (pole, pastviny, apod.). Nejnižší počet (2 pesticidy) byl detekovaný na lokalitě P2 Spálenec. Ve spodní části sledovaného povodí jsou počty detekovaných pesticidů vyrovnané. Nejvyšší počet 9 látek byl zjištěný na lokalitách P6 Zábrdský mlýn, P7 Podedvorská pila a P8 Rechle – přítok do VN Husinec. Ani na lokalitě P10 pod hrází VN Husinec nedošlo k tak výraznému poklesu počtu pesticidních látek jako v případě farmak. Zde bylo zjištěno 8 pesticidních látek



Obr. 7: Počet detekovaných pesticidů na sledovaných lokalitách

Z hlediska celkové zátěže pesticidů je tento rozdíl daleko výraznější (obr. 8). V okolí obce Záblatí již naplno probíhá zemědělská činnost, rostlinná i živočišná výroba. Proto taky od lokality P5 celková zátěž pesticidy stoupá. Pod obcí Záblatí byla zjištěna celková koncentrace pesticidů 166,9 ng. POCIS⁻¹. Na následující lokalitě P6 Zábřdský mlýn to bylo již 235,2 ng. POCIS⁻¹. Největší koncentrace 316,9 ng. POCIS⁻¹ byla zjištěna na lokalitě P8 na přítoku do VN Husinec. Lokalita P9 Černý potok ukázala koncentraci 286,3 ng. POCIS⁻¹, jedná se o druhou nejvyšší koncentraci. Pod hrází VN Husinec na lokalitě P10 byla zjištěna koncentrace nižší než na předcházejících, a to 178,5 ng. POCIS⁻¹. Za zmínku stojí i koncentrace 175,7 ng. POCIS⁻¹ na lokalitě P1 Arnoštov.



Obr. 8: Celková zátěž detekovanými pesticidy na jednotlivých lokalitách

5.4. Detekované pesticidy

Atrazin: Ve sledovaném úseku Blanice se vyskytoval atrazin od lokality P3 Blažejovice dále v přibližně vyrovnaných koncentracích 2,9 – 4,6 ng. POCIS⁻¹. Dále byly zjištěny tyto metabolity atrazinu:

2-hydroxyatrazin, desethylatrazin a propazin-2-hydroxyatrazin.

Ve zkoumané oblasti se jediný 2-hydroxyatrazin vyskytoval na všech lokalitách. Nejmenší koncentrace byla zjištěna na lokalitě P2 Spálenec 3,7 ng. POCIS⁻¹. Největší koncentrace byla zjištěna na lokalitě P6 Zábrdský mlýn 28 ng. POCIS⁻¹. Dále byla podobně vysoká hodnota zjištěna na lokalitě P10 pod hrází VN Husinec, a to 27 ng. POCIS⁻¹. Koncentrace 2-hydroxyatrazinu jsou viditelně méně vyrovnané, než tomu bylo u atrazinu. Desethylatrazin se na prvních dvou lokalitách nenacházel. Od lokality P3 Blažejovice byl detekován na všech vzorkovaných místech v koncentracích 5,0 – 11,0 ng. POCIS⁻¹. Jeho celková koncentrace je mírně vyšší a méně vyrovnaná než u atrazinu. Propazine-2-hydroxyatrazin se objevil v měřitelné koncentraci prvně na lokalitě P6 Zábrdský mlýn 5,7 ng. POCIS⁻¹. To byla zároveň nejvyšší změřená koncentrace. Nejmenší koncentrace byla zjištěna na lokalitě P9 Černý potok 3,1 ng. POCIS⁻¹. V porovnání s atrazinem jsou hodnoty propazin-2-hydroxyatrazinu mírně vyšší, nicméně vyrovnané.

Carbendazim: Chemický název je methyl-N-(benzimidazol-2-yl)-karbamát. V měřitelné koncentraci byl carbendazim přítomen v 5 vzorkovačích z 10 v úseku P5 pod obcí Záblatí až P9 Černý potok. Nejnižší koncentrace byla změřena na lokalitě P5 pod Záblatím v hodnotě 1,9 ng. POCIS⁻¹, nejvyšší koncentrace 3,6 ng. POCIS⁻¹ byla změřena na lokalitě P8 Rechle – přítok do VN Husinec.

DEET: Systematický chemický název je N, N-diethyl-3-methylbenzamid. DEET byl zjištěný ve všech vzorkovačích vyjma lokality P2 Spálenec. V horní části sledovaného území byl detekován v nižších koncentracích, zde 35 – 43 ng. POCIS⁻¹. Od lokality P5 pod obcí Záblatí koncentrace látky skokově narůstá na 87 ng. POCIS⁻¹, na 191 ng. POCIS⁻¹ na lokalitě P8 přítok do VN Husinec a své maximum má na lokalitě 234 ng. POCIS⁻¹ na lokalitě P9 Černý potok. Na lokalitě P10 pod hrází VN Husinec koncentrace výrazně klesá na 90 ng. POCIS⁻¹. Přesto se jedná o látku s nejvýraznějším zastoupením na celém sledovaném úseku horního povodí Blanice.

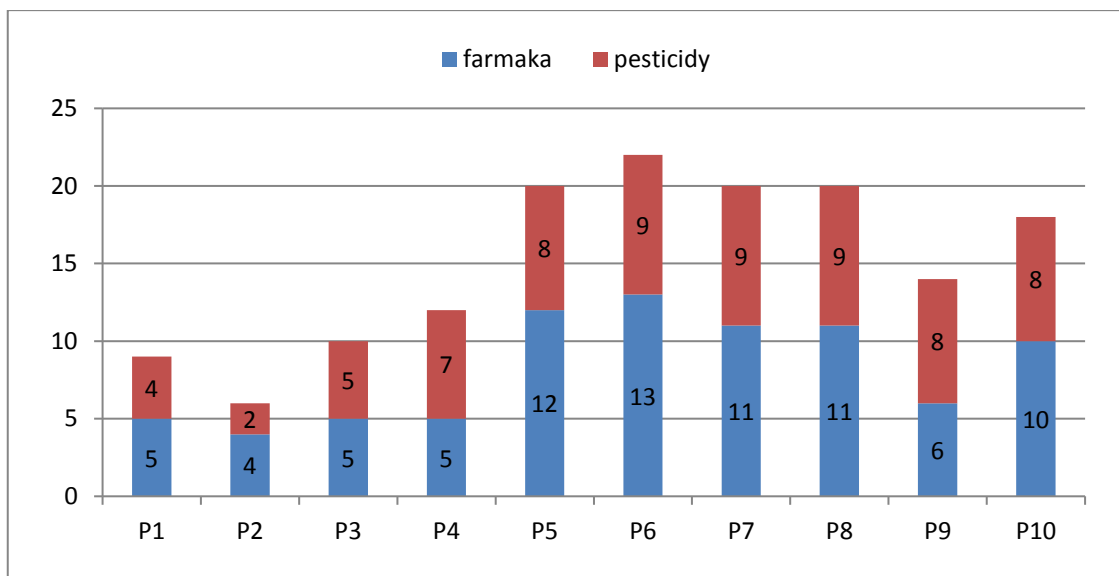
Hexazinon: Celý název je 3-cyklohexyl- 6-dimethylamino-1-methyl-1,3,5-triazin-2,4-dion. Ve sledovaném území Blanice byla látka hexazinon zjištěna ve všech vzorkovačích. Největší koncentrace byla zjištěna na lokalitě P1 Arnoštov s hodnotou 122 ng. POCIS⁻¹. Postupně dále po proudu řeky koncentrace klesá. Mezi lokalitami P3 Blažejovice až P6 Zábrdský mlýn je koncentrace vyrovnaná, pohybuje se mezi 40 –

45 ng. POCIS⁻¹. Nejmenší hodnota byla zjištěna na lokalitě P9 Černý potok, a to 13 ng. POCIS⁻¹. Zde se ale jedná o malé dílčí povodí vzhledem k celé sledované oblasti. Na lokalitě P10 pod hrází VN Husinec byla zjištěna hodnota 32 ng. POCIS⁻¹. Vzhledem ke klesajícímu trendu nelze říct, že by se hodnota snížila skokově, tedy že by v tomto případě husinecká přehrada působila jako filtr.

Terbutylazin: Celý název terbutylazinu je 6-chloro-N-(1,1-dimethylethyl)-N'-ethyl-1,3,5-triazin-2,4-diamin. Terbutylazin se vyskytl v 8 vzorkovačích z 10. V horní části sledovaného úseku toku jsou zjištěné koncentrace nízké 0,0 – 3,8 ng. POCIS⁻¹ a v dolní části od lokality P6 Zábrdský mlýn koncentrace narůstá na 29 – 44 ng. POCIS⁻¹. Pod hrází VN Husinec (P10) koncentrace výrazně poklesla na 10,0 ng. POCIS⁻¹.

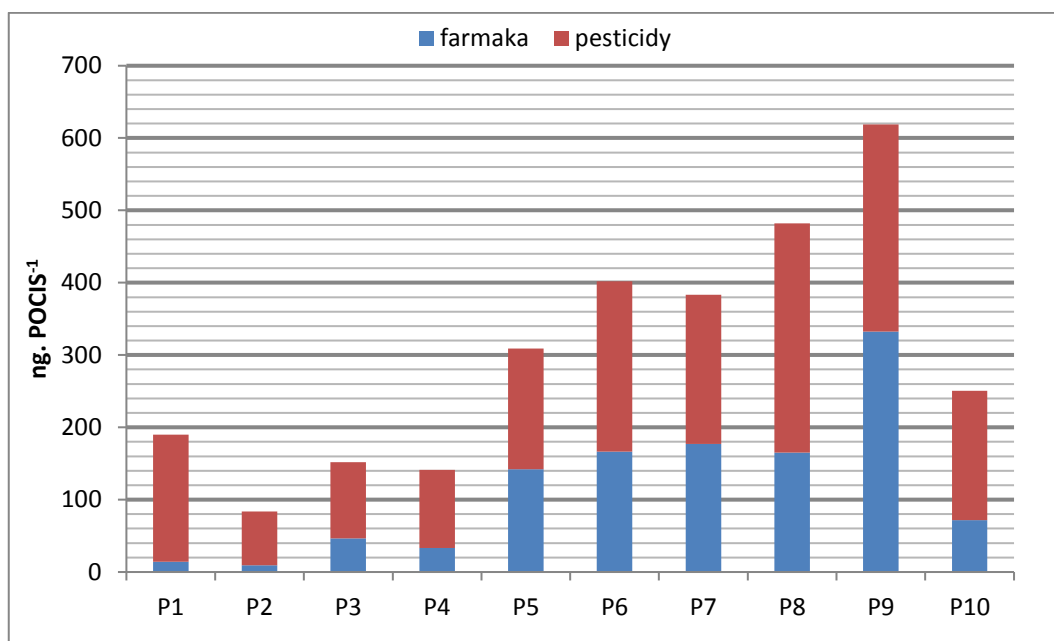
Terbutryn: Chemický název je N-(1,1-dimethylethyl)-N-ethyl-6-(methylthio)-1,3,5-triazin-2,4-diamin. Z hlediska četnosti výskytu a naměřených koncentrací ve sledované oblasti patří terbutryn k méně významným. Na lokalitách v horní části toku (P1 - P3) se nevyskytuje, stejně tak na lokalitě P9 Černý potok. První výskyt byl zjištěn na lokalitě P4 Řepešínský mlýn v koncentraci 3,3 ng. POCIS⁻¹. Koncentrace jsou dále po toku celkem vyrovnané. Nejnižší koncentrace byla ve vzorkovači P5 pod obcí Záblatí, největší koncentrace byla naměřena na lokalitě P10 pod hrází VN Husinec, a to 4,3 ng. POCIS⁻¹.

Jak se projevvalo u pesticidů i farmak, první čtyři lokality od hranice VVP Boletice v Arnošově po Blažejovice byly co do počtu zjištěných polutantů méně zasažené. Zhruba od lokality P4 Řepešínský mlýn nebo P5 od obce Záblatí počet polutantů stoupá na počty okolo 20 druhů látek na lokalitu. Největší počet 22 druhů polutantů byl zjištěn na lokalitě P6 Zábrdský mlýn (obr. 9). Vysoký počet 14 druhů polutantů je v případě Černého potoka (P9) vzhledem k tomu, že se jedná o malé území resp. povodí.



Obr. 9: Celkový počet detekovaných polutantů na sledovaných lokalitách

Nejvyšší celkové znečištění farmaky a pesticidy bylo prokázáno na lokalitě P9 Černý potok s celkovou koncentrací 618,9 ng. POCIS⁻¹ na 14 druhů zjištěných látek. Druhou nejvíce zasaženou lokalitou byla P8 přítok do VN Husinec s koncentrací 482 ng. POCIS⁻¹ na 20 druhů zjištěných látek. Lokalita P10 pod hrází VN Husinec prokázala koncentraci 250,4 ng. POCIS⁻¹ na 18 druhů zjištěných látek. Nejméně zasažená byla lokalita P2 Spálenec s celkovou koncentrací 83,9 ng. POCIS⁻¹ na 6 druhů zjištěných látek. Lokalita P1 Arnoštov byla zatížena 9 detekovanými polutanty v celkové koncentraci 189,76 ng. POCIS⁻¹ (obr. 10).



Obr. 10: Celková zátěž detekovanými polutanty na jednotlivých lokalitách

5.5. Souhrnné zhodnocení kontaminace sledovaného povodí

Souhrnný pohled na farmaka a pesticidy ve sledované oblasti povodí vodňanské Blanice ukazuje znečištění vodního toku i na místech, kde se znečištění příliš nepředpokládá. Zejména na prvních dvou lokalitách P1 Arnoštov a P2 Spálenec. Obec Arnoštov vybuodovala v roce 2016 ČOV, která má napomoci k čištění odpadních vod. Nabízí se studie jejího vlivu na výskyt antropogenních polutantů po určité době jejího provozu. Výsledky práce prokazují stoupající tendenci celkového zatížení ve směru vodního toku antropogenními polutanty v závislosti na stoupajícím počtu obyvatel v okolí toku a zemědělském a lesnickém využívání krajiny. Dále ukazuje vliv VN Husinec, která působí jako filtr a velkou část sledovaných polutantů nařadí popř. ji zadržuje v sedimentu a tím výrazně sníží kontaminaci v toku pod vodní nádrží. Celkově se tato skutečnost projevila spíše u farmak než u pesticidů, např. atenolol, telmisartan nebo irbesartan nebo terbuthylazin.

Farmaka jako polutant vznikají téměř bezprostředně tam, kde se vyskytují lidé resp. v okolí jejich obydlí, ve městech, v zaměstnání apod. Jsou relativně novými polutanty (Kotzya a kol., 2009), přesto byla zjištěna i v málo osídlené krajině v těsném sousedství VVP Boletice, kam se běžně veřejnost nedostane a dá se předpokládat minimální kontaminace životního prostředí. První větší obcí na sledovaném úseku toku je Záblatí. Mimo jiné se v této obci nachází pobočka Farní charity Prachatice, která poskytuje azyl pro osoby bez domova, nemocné, po protialkoholní či protidrogové léčbě. Lze zde tedy předpokládat zvýšenou spotřebu léčiv s různým účinkem. Metabolity těchto léčiv se dostávají splaškovými vodami do vodního toku. Skokový nárůst celkové koncentrace farmak byl zjištěn právě ve vzorkovači pod obcí Záblatí na lokalitě P5. Podle tamní zaměstnankyně s. Hany Melichnové (březen 2017) se zde používají mj. léčiva UNO, Ibuprofen 400, Warfarin, Paralen, NDRI – inhibitory a Amlozek, které dokládají výskyt látek zjištěných ve vzorkovačích POCIS.

- UNO = lék na revmativní artritidu, bolesti kloubů a svalů podávané ve formě tablet. Účinná látka je sodná sůl diclofenaku. Toto léčivo se prodává pouze na předpis. Až 30 % účinné látky se vylučuje stolicí beze změny (www.sukl.cz).
- Ibuprofen 400 = antirevmatikum a analgetikum s širokým použitím.
- Warfarin = léčivo na ředění krve, léčba stavů po infarktu, na trombózu a embolii.

- Paralen = lék proti horečce, bakteriálním a virovým infekcím, bolestem svalů, kloubů a hlavy a zubů. Účinnou látkou je paracetamol.
- NDRI – inhibitory = překlad názvu je „Noradrenalin and Dopamine Reuptake Inhibitors“ (www.leciva-leky.nasclovek.cz). Léčiva blokující noradrenalinové a dopaminové receptory způsobující zklidnění nerovnováhy soustavy. Používají se jako antidepresiva. Mohou mít však nežádoucí vedlejší účinky, jako je snížení krevního tlaku, závratě a omdlívání. Dále nevolnosti, nespavost, průjem a svalový třes. Příkladem jsou přípravky Elontril 150 MG nebo Wellbutrin. Jejich účinnou látkou je bupropion hydrochlorid, který se metabolizuje v játrech. Až 87 % je vstřebáno v těle (www.sukl.cz).
- Amlozek = lék na vysoký krevní tlak. Účinnou látkou je amlodipin besylát. Metabolizuje se v játrech. Až 10 % látky je vyloučeno močí v nezměněné podobě, až 60 % látky je vyloučeno močí jako metabolit (www.sukl.cz).

Podobná práce byla provedena na malých tocích v Krušných horách. Významné zdroje znečištění vodního prostředí farmaky byly obce v bezprostřední blízkosti vodního toku. Byly zde detekovány léky na vysoký krevní tlak, antibiotika a antihistaminika (Grabic a kol., 2013). Hora (2014) sledoval ve své práci mj. výskyt cizorodých látek v Živném potoce v okolí Prachatic. Přestože se jedná o nepoměrně větší velikost vodního toku k velikosti města v porovnání s touto prací, některé zjištěné skupiny farmak byly shodné, např. léky na vysoký krevní tlak, analgetika, antidepresiva a protizánětlivá léčiva. Fedorová a kol. (2014) provedla monitoring farmak na velkých vodních tocích na 21 lokalitách po celé ČR. Na všech lokalitách byly zjištěny carbamazepin v koncentracích 196 – 2 690 ng. POCIS⁻¹ a tramadol v koncentracích 160 – 2 250 ng. POCIS⁻¹, tzn. antidepresiva, antiepileptika. V této práci byl carbamazepin detekován v hodnotách 15 – 28 ng. POCIS⁻¹, tramadol v hodnotách 1,7 – 42 ng. POCIS⁻¹.

Výskyt pesticidů je dlouhodobě spojen se zemědělskou a lesnickou činností. Z celkového počtu 9 měřitelných pesticidů je 7 látek na bázi triazinů. Přestože jsou všechny zjištěné triaziny již přes 10 let zakázané (Velíšek a kol., 2014, Zahradník, 2015, www.wikipedia.org), jsou stále v půdě adsorbované a jen pomalu degradují (Kodeš, Svátková, 2013). Ze sedmi zjištěných triazinových herbicidů jsou čtyři na bázi atrazinu nebo jeho metabolitů. Přestože jsou koncentrace relativně nízké, jsou zjištěny

na všech zkoumaných lokalitách. Z atrazinů měl nejvyšší koncentrace a zároveň výskyt na všech lokalitách 2-hydroxyatrazin.

Nejvýznamnějšími látkami zjištěnými už od první lokality P1 Arnoštov jsou DEET a triazinový herbicid hexazinon. Koncentrace hexazinonu je zde nejvyšší, dále po toku klesá. Hexazinon byl součástí herbicidu Velpar, který byl dříve v lesnictví velmi používaný. Proto je jeho zjištěné množství v lesnatých částech krajiny vysoké a s ústupem lesů a přibývajícím zemědělskou půdou směrem k husinecké přehradě klesá. Opačně je na tom insekticid DEET. Na počátku sledovaného úseku je jeho koncentrace nízká oproti spodní části sledovaného úseku Blanice. V obou případech se jedná o odkaz minulosti z doby, kdy se na životní prostředí a důsledky používání pesticidů nebral takový ohled.

Kodeš a Svátková (2013) provedli screening na 660 místech po celé ČR. Mezi nejčastěji se vyskytujícími účinnými látkami ve spodních vodách patří atrazin, hexazinon a terburhylazin. Na 53 % sledovaných míst byla zjištěna alespoň jedna látka.

Z této i podobných prací vyplývá, že i přes všeobecnou snahu snižovat kontaminaci životního prostředí pomocí ČOV a zpřísnování pravidel pro používání chemických látek, se farmaka a pesticidy ve vodním prostředí nacházejí. Buď v důsledku nedostatečného vyčištění odpadních vod nebo v důsledku jejich užívání a dlouhodobé kontaminace životního prostředí. Původní chemické látky v interakci s nejrůznějšími faktory prostředí mění své vlastnosti. Metabolity těchto látek se stávají perzistentní a ještě dlouho po vyřazení původní látky z oběhu jsou neustále přítomny v půdním profilu. Odtud se pak pomalu dostávají do vodního prostředí. Řešením do budoucna je zavedení vhodných účinných a ekonomicky únosných technologií na čištění vody (Kráal, 2010), snižování množství používaných pesticidů zejména v zemědělství a efektivnější dohled příslušných státních orgánů na používání chemických látek vzhledem k životnímu prostředí, ale také likvidaci nespotřebovaných zbytků a obalů od těchto chemických látek.

6. Závěr

Z výsledků provedených analýz vyplývá, že část sledovaných antropogenních polutantů je přítomna ve všech sledovaných lokalitách včetně horních profilů, ve kterých by se znečištění očekávalo jen minimálně nebo vůbec. Výsledky dále ukazují, že koncentrace farmak i pesticidů stoupá v podélném profilu s přibývajícím hustotou osídlení a stupňujícím se lesnickém a zejména zemědělském využívání krajiny. U farmak je tento nárůst výraznější.

Významným zdrojem znečištění farmaky je ve sledovaném úseku Blanice obec Záblatí. Je to první větší obec s vyšším počtem obyvatel na hlavním toku řeky. Dále po toku se přičítá vliv ostatních obcí včetně těch nacházejících se na přítocích Blanice. Nejvýznamnějšími detekovanými farmaky byly carbamazepin, enoxacin, sulfapyridin a telmisartan. U pesticidů není možné určit jednoznačně konkrétní zdroj znečištění. Druh zjištěných pesticidů vyjadřuje charakter krajiny a dlouhodobý způsob jejího využívání. Co do počtu detekovaných látek je více zasažena spodní část toku. Pesticidy významné svým množstvím se nacházejí plošně v celém sledovaném úseku (hexazinon, DEET). I když se často jedná o látky používané v minulosti a v současnosti zakázané, díky svým vlastnostem a chemické stabilitě jsou stále výraznými kontaminanty.

Vodní nádrž Husinec snižuje koncentrace sledovaných látek ve vodě. Tento jev je výraznější u farmak než u pesticidů.

Na základě hypotézy uvedené v úvodu této práce lze konstatovat, že farmaka a pesticidy používané v horním povodí Blanice ovlivňují kvalitu vody v toku a VN Husinec a mohou představovat riziko pro životní prostředí.

7. Přehled použité literatury

- Adáamek, Z., Halešic, J., Maršálek, B., Rulík, M., 2010: Aplikovaná hydrobiologie, FROV JU v Českých Budějovicích
- Alvares, D., 2004: Polar Organic Chemical Integrativ Sampler (POCIS), Columbia Enviromnemtal Research Center
- Bartoš, L., Javůrková, L., Vokolková, J., 2008: Separace pesticidů z podzemních vod, Sborník konference Pitná voda 2008, W&ET Team České Budějovice, str. 119 – 122, IBSN 978-80-254-2034-8
- Bezpečnostní list: Aversol, Tora s.r.o., Spytihněv, rok vydání 1998, rok revize 2013
- Bezpečnostní list: Dominator, Dow AgroSciences s.r.o.
- Bezpečnostní list: Lanirat Micro, Prost a.s., Náměšř nad Oslavou
- Bezpečnostní list: MCPA 50SL, AgriStrar – agrochemicals s.r.o.
- Bezpečnostní list: Recevin, Nera Agro s.r.o., Neratovice, rok vydání 1997, rok revize 2013
- Bezpečnostní list: Roundup Flex, verze 1.0, Monsanto CR, s.r.o.
- Bezpečnostní list: Sanatex VS, Tora s.r.o., Spytihněv, rok vydání 1998, rok revize 2013
- Bezpečnostní list: Stopkus, Tora s.r.o., Spytihněv, rok vydání 2008, rok revize 2013
- Bezpečnostní list: Velpar 5G, Nera Agro s.r.o., Neratovice, rok vydání 2000, rok revize 2004
- Birošová, L., Maculák, T., Bodík, I., Ryby, J., Škubák, J., Grabic, R., 2014: Pilot study of seasonal occurrence and distribution of antibiotics and drug resistant bacteria in wastewater treatment plants in Slovakia, Science of The Total Environment 490: str. 435-439
- Dézi, C. A., 2016: The different therapeutic choices with ARBs. Which one to give? When? Why?, Am I Cardiovasc Drugs 16 (4): str. 255–266; IBSN 40256-016-0165-4
- ES 1107/2009 Evropská směrnice o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a jejich použití
- Fedorova, G., Randak, T., Golovko, O., Kodes, V., Grabicova, K., Grabic, R., 2014: A passive sampling method for detecting analgesics, psycholeptics, antidepressants and illicit drugs in aquatic environments in the Czech Republic
- Fremrová, L., Pitter, P., Břizová, E., Franče, P., 2007: Podklady pro Ministerstvo životního prostředí k provádění Protokolu o PRTR – přehled metod měření a identifikace látek sledovaných podle Protokolu o registrech úniků a přenosů znečišťujících látek v únicích do vody, Hydroprojekt CZ a.s., MŽP Praha
- Golovko, O., Kumar, V., Fedorova, G., Randák, T., Grabic, R., 2014 a: Seasonal changes in antibiotics, antidepressants/psychiatric drugs, antihistamines and lipid regulators in a wastewater treatment plant, Chemosphere 111: str. 418 – 426

- Golovko, o., Kumar, V., Fedorova, G., Randák, T., Grabic, R., 2014 b: Removal and seasonal variability of selected analgesics/anti-inflammatory, anti-hypertensive/cardiovascular pharmaceuticals and UV filters in wastewater treatment plant, *Environmental Science and Pollution Research* 21: 7578 – 7585
- Grabic, R., Fick, J., Lindberg, R. H., Fedorova, G., Tysklind, M., 2012: Multi-residue method for trace level determination of pharmaceuticals in environmental samples using liquid chromatography coupled to triple quadrupole mass spectrometry, *Talanta* 100, str. 183 – 195
- Grabic, R., Grabicová, K., Fedorova, G., Golovko, O., Randák, T., 2015: Metodika sledování kontaminace povrchových vod organickými cizorodými látkami pomocí pasivních vzorkovačů, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 33 str., IBSN 978-80-7514-031-9
- Grabic, R., Randák, T., Žlábek, V., Turek, J., Fedorova, G., 2013: Sledování výskytu polárních kontaminantů ve vybraných profilech vodotečí v Krušných horách [online], [cit. 2014-04-02], http://www.ochranavody.cz/upload/out/Sledovani_vyskytu_polarnich_kontaminantu_CZ_WWW.pdf
- Grabic, R., Grabicová, K., Fedorova, G., Golovko, O., Randák, T., 2015: Metodika sledování kontaminace povrchových vod organickými cizorodými látkami pomocí pasivních vzorkovačů, *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 158, 33 str.
- Grabicova, K., Fedorova, G., Burkina, V., Steinbach, Ch., Schmidt-Posthaus, H., Zlabek, V., Kocour Kroupova, H., Grabic, R., Randak, T., 2013: Presence of UV filters in surface water and the effects of phenylbenzimidazole sulfonic acid on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) following a chronic toxicity test, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 96: str. 41 – 47
- Grabicova, K., Grabic, R., Blaha, M., Kumar, V., Cervený, D., Fedorova, G., Randak, T., 2015: Presence of pharmaceuticals in benthic fauna living in a small stream affected by effluent from a municipal wastewater treatment plant, *Water Research* 72, str. 154 – 153
- Hora, V., 2014: Vliv komunálního znečištění na ryby žijící v malém toku (absolventská práce), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 67 str.
- Horáček, Z., Král, M., Strnad, Z., Vytejčková, V., 2013: Vodní zákon s podrobným komentářem po velké novele stavebního zákona k 1. 1. 2013, II. vydání, *Sondy Praha*, 320 str. IBSN 978-80-86846-48-8
- Chalányová, M., Procházková, I., Hutta, M., 2013: Vývoj metody izolácie vybranej skupiny pesticidov z pôdy prietokovou extrakciou z tuhej vzorky pred HPLC analýzou, *Chemické listy* 107, str. 165 – 171, *Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave*
- Jobling, S., 1998: *Wildspread Sexual Disruption in Wild Fish*
- Kočí, V., Grabic, R., 2008: Vzorkování stopových koncentrací rizikových látek ve vodárenské praxi, *Sborník konference Pitná voda 2008, W&ET Team České Budějovice*, str. 89 – 94, IBSN 978-80-254-2034-8

- Kodeš, V., Svátková, M., 2013: Výsledku monitoringu pesticidů v podzemních vodách, Český hydrometeorologický ústav Praha, Odbor jakosti vod
- Kolín, S., 1984: Obora Boubín (absolventská práce), Vysoká škola zemědělská v Brně, Fakulta lesnická, 86 str.
- Kotyza, J., Soudek, P., Kafka, Z., Vaněk, T., 2009: Léčiva – „Nový“ environmentální polutant, Chemické listy 103, str. 540 – 547
- Král, P., 2010: Provozní zkušenosti s odstraňováním triazinových herbicidů na GAU, Sborník konference Pitná voda 2010, W&ET Team České Budějovice, str. 169 – 174, IBSN 978-80-254-6854-8
- Kümmerer, K., 2003: Significance of antibiotics in the environment, Institute of Environmental Medicine and Hospital Epidemiology, Freiburg University
- Li, E. C., Heran, B. S., Wright, J. M., 2014: Angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitors versus angiotensin receptor blockers for primary hypertension, Cochrane Database Syst Rev8
- Li, Z. H., Velisek, J., Zlabek, V., Grabic, R., Machova, J., Kolarova, J., Li, P., Randak, T., 2011: Chronic toxicity of Verapamil on juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on morphological indices; hematological parameters and antioxidant responses, Journal of Hazardous Materials 185 (2-3): str. 870 – 880
- Li, Z. H., Zlabek, V., Turek, J., Velisek, J., Pulkrabova, J., Kolarova, J., Sudova, E., Berankova, P., Hradkova, P., Hajslova, J., Randak, T., 2011: Evaluating environmental impact of STPs situated on streams in the Czech Republic: An integrated approach to biomonitoring the aquatic environment, Water Research 45 (3): str. 1403 – 1413
- Michelová, M., 2011: Výskyt farmak v prostředí a jejich interakce s organismy (absolventská práce), Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta, 54 str.
- Raclavská, H., Kuchařová, J., Plachá, D., 2008: Podklady k provádění Protokolu o PRTR – Přehled metod a identifikace látek sledovaných podle Protokolu o registrech úniků a přenosů znečišťujících látek v únicích do půd, VŠB, MŽP Praha
- Randák, T., Grabic, R., Fedorova, A., 2014: Možnosti detekce nelegálních drog v odpadních vodách, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- Randák, T., Slavík, O., Kubečka, J., Adámek, Z., Horký, P., Turek, J., Vostradovský, J., Hladík, M., Peterka, J., Musil, J., Prchalová, M., Jůza, T., Kratochvíl, M., Boukal, D., Vašek, M., Andreji, J., Dvořák, P., 2013: Rybářství ve volných vodách, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 434 str. IBSN 978-80-87437-49-0 Sborník konference Pitná voda 2012, s. 151-156. W&ET Team, Č. Budějovice 2012. ISBN 978-80-905238-0-7
- Shi, W., Hu, G., Chen, S., Wei, S., Cai, X., Chen, B., Feng, J., Hu, X., Wang, X., Yu, H., 2013: Occurrence of estrogenic activities in second-grade surface water and ground water in Yangtze River Delta, China, Environmental Pollution 181, str. 31 – 37

- Svobodová, Z. a kol., 1987: Toxikologie vodních živočichů, SZN, Praha, 231 s.
- Svobodová, Z. a kol., 2007: Nemoci sladkovodních a akvarijních ryb, Informatorium Praha, 264 str., IBSN 978-80-7333-051-4
- Thomas, K. V., Bijlsma, L., Castiglioni, S., Covaci, A., Emke, E., Grabic, R., et al, 2012: Comparing illicit drug use in 19 European cities through sewage analysis, Science of the Total Environment 432: str. 432 – 439
- Velíšek, J., Svobodová, Z., Bláhová, J., Máchová, J., Stará, A., Dobšíková, R., Šíroká, Z., Modrá, H., Valentová, O., Randák, T., Štěpánková, S., Maršálek, P., Kocour-Kroupová, H., Grabic, R., Zuzková, E., Bartošková, M., Stancová, V., 2014: Vodní toxikologie pro rybáře, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 600 str., IBSN 978-80-87437-89-6
- Výboch, M., Prchalová, H., 2003: Hodnocení rizikovosti útvarů podzemních vod z hlediska prostředků na ochranu rostlin, VÚV T. G. M. Praha
- Výboch, M., Prchalová, H., 2005: Omezení negativních vlivů pesticidů na povrchové a podzemní vody, VÚV T. G. M. Praha
- Vyhláška 252/2004 Sb. o stanovení hygienických požadavků na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody
- Vyhláška č. 327/2012 Sb. o ochraně včel, zvěře, vodních organismů a dalších necílových organismů
- Vyhláška č. 329/2004 Sb. o přípravcích a dalších prostředcích na ochranu rostlin
- www.agromanual.cz Agromanuál.cz, České Budějovice
- www.eagri.cz Ministerstvo zemědělství ČR, Praha
- www.eregpublicsecure.ksrzis.cz Koordinační středisko pro resortní zdravotnické informační systémy, Praha
- www.hydro.chmi.cz Český hydrometeorologický ústav, Praha
- www.leciva-leky.nasclovek.cz
- www.mapy.cz
- www.mzcr.cz Ministerstvo zdravotnictví ČR, Praha
- www.pesticideinfo.org Pesticide Action Network – North America, Oakland, CA
- www.pvl.cz Povodí Vltavy, Praha
- www.sitem.herts.ac.uk University of Hertfordshire, England, UK
- www.stefajir.cz
- www.sukl.cz Státní ústav pro kontrolu léčiv, Praha

www.szpi.cz Státní zemědělská a potravinářská inspekce, Brno

www.ukzuz.cz Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno

www.wikipedia.org

www.wikipedie.cz

www.wikiskripta.eu

Zahradník, P., Zahradníková, M., 2013: Seznam povolených přípravků a dalších prostředků na ochranu lesa 2013, Lesnická práce, 132 str., IBSN 978-80-7458-038-3

Zahradník, P., Zahradníková, M., 2015: Integrovaná ochrana rostlin pro lesní porosty, příloha k metodické příručce Seznam povolených přípravků a dalších prostředků na ochranu lesa, Lesní ochranná služba VÚLHM, 150 str. IBSN 978-80-7458-068-0

Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Zákon č. 326/2004 Sb. Zákon o rostlinolékařské péči

Zákon č. 350/2011 Sb. Zákon o chemických látkách a chemických přípravcích

Příloha

Seznam obrázků, fotografií a grafů

Obr. 1: Pasivní vzorkovač POCIS	28
Obr. 2: Ochranný obal vzorkovače POCIS	28
Obr. 3: Mapa sledovaného území s vyznačenými lokalitami	31
Foto č. 1: Lokalita P1	32
Foto č. 2: Lokalita P2	33
Foto č. 3: Lokalita P3	33
Foto č. 4: Lokalita P4	34
Foto č. 5: Lokalita P5	34
Foto č. 6: Lokalita P6	35
Foto č. 7: Lokalita P7	36
Foto č. 8: Lokalita P8	36
Foto č. 9: Lokalita P9	37
Foto č. 10: Lokalita P10	38
Obr.4: Průtoková situace na sledovaném území (graf)	40
Foto č. 11: Extrahovaný vzorek	41
Foto č. 12: Kapalinový chromatograf	42
Obr. 5: Počet detekovaných farmak na sledovaných lokalitách (graf)	43
Obr.6: Celková zátěž detekovanými farmaky na jednotlivých lokalitách (graf)	44
Obr. 7: Počet detekovaných pesticidů na sledovaných lokalitách (graf)	48
Obr.8: Celková zátěž detekovanými pesticidy na jednotlivých lokalitách (graf)	49
Obr.9: Celkový počet detekovaných polutantů na sledovaných lokalitách (graf)	52
Obr.10: Celková zátěž detekovanými polutanty na jednotlivých lokalitách (graf)	52

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Expozice vzorkovačů POCIS na vybraných lokalitách	39 (65)
Tabulka č. 2: Seznam všech sledovaných farmak	66
Tabulka č. 3: Seznam všech sledovaných pesticidů	67

Tabulka č. 1: Expozice vzorkovačů POCIS na vybraných lokalitách

vzorkovač č.	lokalita	vložení		teplota vody °C	vyjmutí		teplota vody °C
		datum	čas		datum	čas	
1	Arnoštov - VVP Boletice	4.7.2014	7:45	9,0	15.7.2014	7:00	10,5
2	Spálenec - nad odchovnou	4.7.2014	8:15	9,5	15.7.2014	7:30	10,5
3	Blažejovice - most	4.7.2014	8:45	11,5	15.7.2014	7:45	12,0
4	Řepešínský mlýn	4.7.2014	9:00	12,0	15.7.2014	8:00	13,5
5	Pod obcí Záblatí	4.7.2014	9:15	13,5	15.7.2014	8:15	13,5
6	Žárovenský potok - Zábrdím	4.7.2014	9:30	13,0	15.7.2014	8:30	13,5
7	Podedvory - pila	4.7.2014	10:00	13,5	15.7.2014	8:45	13,7
8	Rechle - přítok do VN Husinec	4.7.2014	10:30	15,0	15.7.2014	9:30	14,5
9	Černý potok - Oseky - Kahov	4.7.2014	10:35	14,0	15.7.2014	9:35	14,0
10	pod hrází VN Husinec	4.7.2014	10:45	16,5	15.7.2014	10:00	16,0

Tabulka č. 2: Seznam všech sledovaných farmak

Seznam jednotlivých sledovaných farmak ve vodě		
Alfuzosin	Enrofloxacin	Oxolinic_acid
Alprazolam	Eprosartan	Oxytetracycline
Amiodiarone	Erythromycin	Paroxetine
Amitriptyline	Felodipine	Penicillin_V
Ampicillin	Fenofibrate	Perphenazine
Atenolol	Fexofenadine	Pizotifen
Atorvastatin	Finasteride	Promethazine
Atracurium	Flecainide	Ranitidine
Azelastine	Fluconazole	Repaglinide
Azelastine	Flumequine	Risperidone
Azithromycin	Fluoxetine	Ropinirole
Beclomethasone	Flupentixol	Rosuvastatin
Bezafibrate	Fluphenazine	Roxithromycin
Biperiden	Flutamide	Sertaline
Bisoprolol	Fulvestrant	Sotalol
Bromocriptine	Furosemide	Sulconazole
Budenoside	Glibenclamide	Sulfadiazine
Bupropion	Glimepiride	Sulfadimethoxine
Carbamazepine	Haloperidol	Sulfamerazine
Chlorpromazine	Hydroxyzine	Sulfamethazine
Chlorprothixene	Irbesartan	Sulfamethizole
Cilazapril	Isradipine	Sulfamethoxazole
Ciprofloxacin	Itraconazole	Sulfamethoxypyridazine
Citalopram	Ketoconazole	Sulfamoxol
Clarithromycin	Levofloxacin	Sulfaphenazole
Clemastine	Levomepromazine	Sulfapyridine
Clindamycine	Lomefloxacin	Sulfaquinoxaline
Clomipramine	Loperamide	Sulfasalazine
Clonazepam	Maprotiline	Sulfathiazole
Clotrimazole	Meclozine	Tamoxifen
Codeine	Memantine	Telmisartan
Cyproheptadine	Metoprolol	Terbinafine
Desloratadine	Mianserin	Terbutaline
Diclofenac	Miconazole	Terconazole
Dicycloverine	Mirtazapine	Tetracycline
Difloxacin	Naloxone	Tramadol
Diltiazem	Nefazodone	Trihexyphenidyl
Diphenhydramine	Norfloxacin	Trimethoprim
Dipyridamole	Orphenadrine	Valsartan
Disopyramide	Oseltamivir	Venlafaxine
Donepezil	Oseltamivir_carboxylate	Verapamil
Econazole	Oxazepam	Zuclopenthixol
Enoxacin		

Tabulka č. 3: Seznam všech sledovaných pesticidů

Seznam jednotlivých sledovaných pesticidů ve vodě		
134Dichlorophenyl)urea	Desethylatrazin	Metoxuron
13Chloro4methylphenyl3methy	Desmetryn	Metribuzin
14Isopropylphenyl3methylurea	Diazinon	Metsulfuron_methyl
2-hydroxyatrazine	Diazinon-O-analog	Nchloroacetyl2,6diethylanil
3_chloro_4_methylaniline	Dichlorvos	Neburon
4_Isopropylaniline	Diuron	Picloram
Ametryn	Epoxiconazole	Pirimicarb
Anthranilic_acid_isopropyl	Fenuron	Pirimiphos_ethyl
Atraton	Florasulam	Pirimiphos_methyl
Atrazin	Fluazifop_P	Prometon
Atrazine_desethyl-2-hydroxy	Flusilazole	Prometryn
Atrazine-desisopropyl	Foramsulfuron	Propachlor
Bensulfuron_methyl	Hexazinone	Propazine
Bentazon	Imazamethabenz_methyl	Propazine-2-hydroxy
Buprofezin	Imazamox	Pyrimethanil
Carbendazim	Imidacloprid	Sebuthylazine
Carbofuran_3_hydroxy	loxynil	Simazin
Chlorantraniliprole	Isoproturon	simazine_hydroxy
Chlorobromuron	MCPA	Terbuthylazine
Chlorotoluron	Metabenzthiazuron	Terbutryn
Clomazone	Metalaxyl	Triazophos
Crimidine	Metazachlor	Tricyclazol
Cyanazine	Metconazole	Trietazine
Cyproconazole	Metobromuron	Warfarin
DEET	Metolachlor	

Charakteristika detekovaných farmak

Atenolol: Tato účinná látka se řadí do skupiny tzv. β – blokátorů. Princip účinku spočívá v tlumení činnosti tzv. beta – receptorů, které produkují stresové hormony v reakci na stresový podnět. Používá se k léčbě srdečních poruch, zejména vysokého krevního tlaku, ischemické choroby srdeční a angíny pectoris. Je součástí přípravků jako je Atexexal 100 nebo Apo-ateno 100 MG. Dávka účinné látky se pohybuje 25 – 100 mg denně na člověka (www.stefajir.cz; www.sukl.cz).

Azitromycin: Patří do skupiny makrolidových antibiotik. Je účinnou látkou přípravků Azitromycin Mylan 500 MG nebo Azitromycin Sandoz, aj. Lze jej použít na široké spektrum streptokokových infekcí (spála, angína, bronchitida, infekce kůže), některé pohlavní choroby (kapavka) i např. první stádium boreliózy. Denní dávka v podobě potahovaných tablet je 250 – 500 mg na osobu (www.stefajir.cz; www.sukl.cz).

Bisoprolol: Řadí se opět do skupiny β – blokátorů, tedy léků na vysoký krevní tlak. Denní dávka se používá 1,25 – 10 mg.osoba⁻¹.den⁻¹ (www.stefajir.cz; www.sukl.cz).

Karbamazepin (carbamazepine): Jedná se o účinnou látku používanou k léčbě epilepsie, depresí, šizofrenie, dále při léčbě alkoholových a drogových závislostí. Základní princip účinku je utlumení nervové činnosti a přenosu podnětů do mozku, zmírnění reakce na vnější podněty a zlepšování nálady člověka (Michelová, 2011). U ryb a jiných může významně ovlivnit chování, utlumit reakce a tím snáze vystavit rybu útokům predátorů (Golovko a kol., 2014b).

Karbamazepin je perzistentní polutant. Je schopen fotodegradace, ale pouze za vysoce specifických podmínek (Michelová, 2011). Je účinnou látkou např. Biston, Neurotop 200 MG, Tegretol, Timonil Retard. Maximální denní dávka na dospělé osobu je 1 600 mg, pro dítě ve věku 3 – 6 let 10 – 20 mg. Metabolizace probíhá v játrech. Známé je 7 metabolitů karbamazepinu. Při jednorázové dávce se až 30 % vyloučí močí jako produkty metabolismu, 2 – 3 % se vyloučí v nezměněné formě (www.sukl.cz).

Citalopram: Účinná látka patří do skupiny antidepresiv. U nás je velmi používaná k léčbě úzkostí, maniodepresivní psychózy, depresí a fobií. Citalopram ovlivňuje systém tzv. neuromediátorů v mozku, které umožňují přenos podnětů mezi jednotlivými nervovými buňkami. Zvyšuje množství serotoninu v mozku a tím pomáhá zlepšit náladu

a psychickou pohodu, ale nepůsobí tlumivě (www.stefajir.cz). Denní dávka pro dospělého osobu je 10 – 20 mg, výjimečně až 40 mg.

Clarithromycin (Klaritromycin): Jedná se o antibiotikum s širokým využitím na streptokokové infekce (spála, angína, růže). Dobře účinkuje na legionely, chlamydie a žaludeční bakterie *Helicobacter pylori*. Podává se ve formě tablet v dávce 250 – 500 mg na osobu a den (www.stefajir.cz).

Disopyramid: Tato účinná látka je součástí léčiv Rythmodan nebo Norpace. Používá se k léčbě srdeční arytmie. Močí se vylučuje až 80 % léčiva, z toho 50 – 60 % během 5 dnů v nezměněné formě. Až 15 % se vylučuje stolicí (www.mzcr.cz).

Enoxacin: Je součástí skupiny antibiotik. Je součástí přípravků k léčbě infekcí urinálního a intestinálního traktu a některých pohlavních chorob (kapavka) (www.wikipedie.cz). Vedlejším negativním projevem může být nespavost (www.sukl.cz).

Eprosartan: Je to první ze skupiny santonů, které byly zjištěné na horním toku vodňanské Blanice. Tato látka je obsažena v přípravku Teveten 600 MG, podává se ve formě tablet v maximální dávce 600 mg na den a osobu. Používá se jako lék na vysoký krevní tlak. Vedlejším negativním účinkem může být porucha gastrointestinálního traktu (www.sukl.cz; www.stefajir.cz).

Flukonazol: Patří do skupiny antimykotik, tj. léky proti plísním. Účinná látka flukonazol má široké použití, od běžných plísněných onemocnění (zaplísnění nehtů) až po kvasinkové infekce dutiny ústní, zánět jícnu a kvasinkové infekce pochvy u žen. Podává se ve formě tablet, denní dávka pro dospělého člověka je u méně závažných infekcí 100 – 200 mg, u silných infekcí 400 – 800 mg (www.stefajir.cz; www.sukl.cz).

Glimepirid je účinnou látkou přípravku Amaryl 2 MG podávaného v tabletách. Používá se jako lék na cukrovku, jeho denní dávka pro dospělého osobu je 4 mg. Ale až 35 % přípravku je vyloučena močí v nezměněné formě (www.sukl.cz).

Irbesartan: Další z řady santonů nalezených ve sledované oblasti. Jedná se o velmi často používaný lék na vysoký krevní tlak, dále taky při selhání srdce a léčebné fáze po infarktu. Podává se v denní dávce 150 – 300 mg pro dospělého člověka (www.stefajir.cz).

Metoprolol: Je to také léčivo na vysoký tlak ze skupiny β – blokátorů. Dále se používá k léčbě ischemické choroby srdeční, anginy pectoris, selhávání srdce, bušení srdce – zpomaluje srdeční rytmus, aj. Pro dospělého člověka představuje denní dávku 200 mg (www.stefajir.cz).

Sulfapyridin: Jedná se o derivát sulfasalazinu, který je metabolitem kyseliny acetylsalicyové, který se používá např. v přípravku aspirin. Má silné protizánětlivé účinky. Rozkládá se pomalu, proto se vstřebává a působí hlavně ve střevě (www.stefajir.cz). Používá se i k léčbě kožních nemocí (www.sukl.cz). Je součástí léku Sulfasalazin 500 mg, který se podává ve formě 500 miligramových tablet až 4 krát denně.

Telmisartan: Třetí ze skupiny santonů ve sledované oblasti. Opět jde o účinnou látku na léčbu vysokého krevního tlaku a jiných srdečních onemocnění. Vhodný je i v případě kombinace léčby srdce a cukrovky 1. a 2. typu. Nezpůsobuje pacientům problémy při suchém kašli jako ACE-inhibitory. Denní dávka je 20 – 80 mg pro dospělého člověka (www.stefajir.cz).

Tramadol: Tato účinná látka působící na centrální nervový systém. Používá se ve formě tablet i kapek jako analgetikum a antidepresivum. Předepisuje se pacientům s ortopedickými bolestmi a artrózou v dávce 100 – 200 mg denně (www.stefajir.cz; www.sukl.cz).

Trimethoprim: Poslední ze čtyř antibiotik nalezených ve sledované oblasti. Používá se jako účinná látka několika významných přípravků, např. Biseptol 120, Contrimoxazol Forte, Sumetrolim, Triprim (www.sukl.cz). Biseptol se prodává ve formě tablet. Jeho účinná látka je kombinací trimethoprimu a sulfamethoxazolu. Používá se na léčbu dýchacích cest a gastrointestinálního traktu (E. coli, Euterobacter sp., Morganella morganii). Přípravek Contrimoxazol se používá na léčení dýchacích cest. Trimiprim se používá k léčbě infekcí močových cest a infekcí trávicího traktu. Podává se ve formě tablet, maximální denní dávka pro dospělého člověka je 600 mg. Během prvních 24 hodin po podání se 40 – 80 % účinné látky vyloučí močí (www.sukl.cz).

Valsartan: Poslední ze skupiny santonů ve sledované oblasti. Používá se k léčbě stavů po infarktech, vysokého tlaku a kombinuje své účinky i na léčbu cukrovky typu 1 a 2.

Denní dávka pro dospělého člověka se stanovuje nečastěji 80 – 160 mg (www.stefajir.cz).

Charakteristika detekovaných pesticidů

Atrazin: Býval jedním z nejpoužívanějších triazinových herbicidů. Jako účinná látka byl součástí mnoha přípravků (např. Aldrin, Zeazin, Gesaprim) na hubení plevelů na polích s kukuřicí, chmelu a cukrové třtiny. Od roku 2005 je v ČR zakázán. Působí neurotoxicky na savce, způsobuje poruchy krvetvorby, průjmy a zvracení u člověka (Raclavská a kol., 2008). Působí jako endokrinní disruptor u ryb a ostatních vodních živočichů, narušuje vývoj juvenilních jedinců a hormonální systém. Se snižujícím se pH se pomaleji rozkládá (Velíšek a kol., 2014). Se snižujícím se pH se zvyšuje adsorpce na jílové minerály, organickou hmotu a amorfni oxidy železa a hliníku (Raclavská a kol., 2008). Vedle původní látky jsou stejně nebezpečné pro vodní metabolity vzniklé hydrolýzou (Velíšek a kol., 2014).

Navázání na půdní částice a průsak do spodní vody způsobí zvýšení perzistence. Takové látky se pak odbourávají velmi pomalu a jsou i po dlouhé době měřitelné jako v případě výsledků vzorkování pro potřeby této práce (Kodeš, Svátková 2013). Desethylatrazin je nebezpečná závadná látka s vysokým toxickým účinkem pro vodní organismy (www.ukzuz.cz). 2-hydroxyatrazin neboli 4-(ethylamino)-2-hydroxy-6-(isopropylamino)-1,3,5-triazin coby metabolit atrazinu je považován za velmi perzistentní. Degradace v půdě za aerobního prostředí trvá 164 dní (www.sitem.herts.ac.uk). Desethylatrazin i 2-hydroxyatrazin jsou považovány za nebezpečné látky z hlediska vodního zákona č. 254/2001 Sb. i vyhlášky 252/2004 Sb. o kvalitě pitné vody.

Carbendazim: Jedná se o širokospektrální fungicidní a insekticidní látku, která byla v minulosti hodně používaná (www.ukzuz.cz). V současné době má hodně přípravků na ochranu rostlin s obsahem carbendazimu ukončenou registraci (www.eagri.cz). Mezi současně registrované přípravky s obsahem carbendazimu patří Pirimor – insekticid používaný proti mšicím při postřiku brambor v dávce 0,3 – 0,5 kg. ha⁻¹ v 300 – 600 litrech vody na hektar. Jako fungicid se používal k ošetření skladovaného ovoce a

obilovin (www.wikipedia.org, www.szpi.cz, www2.zf.jcu.cz) v přípravcích jako jsou Prelude SP WS a Karben Flo Stefes a Biocide CTN. Dále se používá či používalo mnoho přípravků jako předosevní příprava obilovin, např. ozimné pšenice přípravkem Albit proti kořenové hnilobě a sněti pšeničné nebo Bavistin WG coby fungicid proti lámání stébel a padlí v dávce $0,5 \text{ kg. ha}^{-1}$ v 200 – 300 litrech na hektar (www.szpi.cz, www.agromanual.cz, www.eregpublicsecure.ksrzis.cz). Podle výzkumu University Hertfordshire se carbendazim rozkládá při hydrolýze v laboratorních podmínkách při pH 7 a teplotě vody $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ až 350 dní. Degradace v půdě při aerobních podmínkách trvá 40 dní, ve vodním sedimentu 34 dní. Akutní test toxicity prokázal v testu 96 hodin $\text{LC}_{50} = 0,19 \text{ mg. l}^{-1}$ pro pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) (www.sitem.herts.ac.uk).

DEET: Látka byla vynalezena v USA původně jako insekticid, později jako repelent proti komárům, klíšťatům, apod. Inhibuje tvorbu enzymu acetylcholinesterázy. Na hmyz tak působí jako nervosvalový toxin (www.wikipedia.org). V ČR je tato účinná látka registrovaná jako biocid. Je součástí přípravků např. Difusil Repellent Plus, Astrid repellent nebo Predator maxx plus (www.eregpublicsecure.ksrzis.cz). Používá se v kombinaci s jinými insekticidy, kdy má schopnost zvyšovat toxicitu karbamátů (www.wikipedia.org). Test toxicity u pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) prokázal 96hod $\text{LC}_{50} = 71,25 \text{ } \mu\text{g. l}^{-1}$, u perloočky velké (*Daphnia magna*) byla zjištěna při imobilizačním testu 48 hod $\text{EC}_{50} = 75,00 \text{ } \mu\text{g. l}^{-1}$ (www.pesticideinfo.org).

Hexazinon: Je významným členem skupiny triazinových herbicidů. Chová se jako neselektivní herbicid. V době svého největšího rozmachu se používal na redukci travních porostů a nežádoucích dřevin (keřů) v lesnictví, zemědělství i na udržování technických objektů (sklady, parkoviště, železniční násypy, aj.) (www.wikipedia.org). V ČR byl hexazinon účinnou látkou dvou hlavních nejpoužívanějších přípravků, a to Velparu 5G a Velparu 90 WSP (www.agromanual.cz). Přibližně 31 % spotřeby bylo používáno v lesnictví a zemědělství a 29 % na průmyslové plochy (www.wikipedia.org). Bylo však zjištěno, že hexazinon velice snadno proniká půdou, stává se v půdním profilu perzistentní a kontaminuje spodní vody. Proto byl v roce 2007 v ČR zakázán (www.agromanual.cz, www.ukzuz.cz). Podle bezpečnostního listu pro Velpar 5G se hexazinon v živém organismu a půdě za aerobních podmínek

odbourává 3 – 6 měsíců. Při 96 hodinovém testu toxicity byla stanovena pro pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) $LC_{50} > 100\ 000\ \mu\text{g. l}^{-1}$.

Terbuthylazin: Další zástupce skupiny triazinových herbicidů s velmi podobnými účinky jako atrazin (www.wikipedia.org). Základním účinkem je inhibice fotosyntézy, resp. fotosystému II. Podle Českého hydrometeorologického ústavu (www.hydro.chmi.cz) má rovněž i terbuthylazin má mnoho nebezpečných metabolitů např. desethylterbuthylazin, 2-hydroxyterbuthylazin, desisopropyl-2-hydroxy atrazin, aj. Mezi používané přípravky na ochranu rostlin dle www.ukzuz.cz patří např. Akris, Zeagran 350, Balaton, Calaris nebo Succesor T. Přípravek Akris se používá na ochranu kukuřičných polí před jednoletými lipnicovitými plevely a jednoletými dvouděložnými plevely s obsahem terbuthylazinu 250 g. l⁻¹ přípravku. Přípravek se používá v koncentraci 2 litry na hektar na 200 – 400 litrů vody na hektar. Přípravek Zeagran se používá proti dvouděložným jednoletým plevelům (merlík bílý, kopřiva, lilek černý) v kukuřici v dávce 2 litry na hektar v 200 – 400 litrech na hektar. Přípravek Succesor T je opět přípravek na ochranu kukuřičných polí před jednoletými dvouděložnými plevely, jako jsou ježatka kuří noha nebo lesklíce. Použité množství je 3 litry na hektar ve 200 – 400 litrech vody na hektar. Degradace v půdě za aerobních podmínek trvá až 75 dní, ve vodním sedimentu až 70 dní, ve vodním sloupci až 6 dní. Test toxicity prokázal $LC_{50} = 2,2\ \text{mg. l}^{-1}$ u pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) při 96hodinovém testu a $EC_{50} = 21,2\ \text{mg. l}^{-1}$ u perloočky velké (*Daphnia magna*) při imobilizačním testu 48 hodin (www.sitem.herts.ac.uk).

Terbutryn: Poslední detekovaný pesticid v horním povodí Blanice. Jedná se o neselektivní triazinový herbicid působící jako inhibitor fotosyntézy (www.arnika.org). Chemický název je N-(1,1-dimethylethyl)-N-ethyl-6-(methylthio)-1,3,5-triazin-2,4-diamin. Významnými metabolity jsou desisopropyl-2-hydroxy atrazin nebo desethyl-2-hydroxy terbuthylazin (www.hydro.chmi.cz). Jako metabolit je v půdním prostředí velmi mobilní a perzistentní, schopný kontaminovat spodní vody. Dříve se používaly pesticidní přípravky např. Igran 80 WP, Dikogren Special nebo Synleton 60DP. V současné době není v ČR registrovaný pesticidní přípravek s účinnou látkou terbutryn (www.ukzuz.cz). Používá se v biocidních přípravcích, často v kombinaci s jiným pesticidem či biocidem. Např. přípravek Parmetol DF39 nebo Acticide EPL, kde je terbutryn v kombinaci mj. s carbendazimem a které se používají k desinfekci a

konzervaci povrchů a povlaků (www.eregpublicsecure.ksrzis.cz). Podle www.sitem.herts.ac.uk trvá aerobní degradace v půdě až 74 dní, ve vodě až 27 dní a ve vodním sedimentu až 60 dní. 96 hodinový test toxicity prokázal $LC_{50} = 1,1 \text{ mg. l}^{-1}$ pro pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) a při 48 hodinovém testu $LC_{50} = 2,66 \text{ mg. l}^{-1}$ pro perloočku velkou (*Daphnia magna*).

Abstrakt:

Sledování výskytu farmak a pesticidů v povodí horní Blanice pomocí pasivního vzorkování

Cílem této práce bylo stanovit výskyt farmak a pesticidů v horní části vodňanské Blanice. Tato řeka pramení ve VVP Boletice. Byl předpoklad, že toto území, kde je přítomnost veřejnosti a využívání krajiny minimální, bude minimální znečištění těmito antropogenními polutanty. Vyšší znečištění přichází dále po vodním toku se zvýšeným využíváním krajiny.

Ke sběru vzorků byly použity pasivní vzorkovače POCIS, analýza byla provedena pomocí kapalinové chromatografie. Bylo sledováno 201 látek (127 farmak, 74 pesticidů). Nad hranicí měřitelnosti bylo zjištěno 27 látek (18 farmak, 9 pesticidů).

Nejmenší zatížení bylo zjištěno na lokalitě Spálenec, celkové zatížení farmaky a pesticidy činilo 83,9 ng. POCIS⁻¹. Největší celkové zatížení bylo zjištěno na lokalitě Černý potok, celkové zatížení farmaky a pesticidy činilo 618,9 ng. POCIS⁻¹. Jedná se však o malý tok. Druhé nejvyšší znečištění bylo zjištěno na lokalitě Rechle na přítoku do VN Husinec, celkové zatížení farmaky a pesticidy činilo 482 ng. POCIS⁻¹.

V horní části sledovaného vodního toku je zatížení relativně malé vzhledem k nízké úrovni osídlení a využívání krajiny. Od lokality Řepešínský mlýn stoupá počet obyvatel v povodí a krajina se mění z lesní na zemědělskou. Zde výrazně stoupá i znečištění krajiny, které se pak projevilo i ve vzorkovačích umístěných ve vodním toku. Některé látky mění ve volném prostředí své chemické vlastnosti a stávají se perzistentní. Proto jsou v krajině přítomné i dlouho po ukončení jejich používání (hexazinon, DEET). Velká vodní nádrž VN Husinec dokáže velkou část polutantů zadržet. Tento jev se projevil více u farmak než u pesticidů.

Klíčová slova: farmaka, pesticidy, POCIS, pasivní vzorkování

Abstract:

Monitoring of the pharmaceuticals and pesticides occurrence in the upper part of Blanice river using passive sampling approach

The goal of this thesis was to determine the occurrence of pharmaceuticals and pesticides at the upper part of Blanice river. The spring of the river is located in the Military area Boletice. In this area is minimal incidence of people and minimal land use. It was assumed minimum level of pollution at this part of the monitored area. Higher pollution level was supposed in the downstream part of the monitored area relating to higher population density and agriculture.

POCIS passive samplers were used for collecting samples. Analysis were performed by liquid chromatography. There were 201 substances (127 pharmaceuticals, 74 pesticides). The concentrations of 27 substances (18 pharmaceuticals, 9 pesticides) were above the limit of quantification.

The lowest level of pollution was found at Spalenec site with total pharmaceuticals and pesticides concentration 83.9 ng. POCIS⁻¹. The highest level of contamination was found at the site Černý stream - 618.9 ng. POCIS⁻¹. However this is only a small stream. The second highest contamination was found in the Rechle site close to the inlet to Husinec drinking water reservoir. Total level of pharmaceuticals and pesticides at this site was amounted to 482 ng. POCIS⁻¹. In the upper part of the monitored catchment area is relatively low level of settlement and use of landscape. There is also low level of pharmaceuticals and pesticides pollution. At the Řepešín mill is forestry landscape changing to agricultural landscape and number of inhabitant is rising up. From this site pollution increases considerably in the landscape. This effect was then reflected in our results. Some substances in the environment change its chemical properties and become persistent. Therefore they are present in the landscape long time after their prohibition for using (e.g. hexazinone, DEET). The Husinec water reservoir reduces the amount of contaminants in the water of Blanice river. This effect was more pronounced for pharmaceuticals than pesticides.

Key words: pharmaceutical, pesticide, POCIS, passive sampling