

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Agroekologie – Péče o krajinu
Katedra: Katedra agroekosystémů
Vedoucí katedry: doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vliv chemických zdrojů znečištění na jakost povrchových vod v povodí Horní Vltavy

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Peterka, Ph.D.
Konzultant diplomové práce: prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.
Autor diplomové práce: Bc. Tomáš Nekolný

České Budějovice, 2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení:	Bc. Tomáš Nekolný
Osobní číslo:	Z17153
Studijní program:	N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor:	Agroekologie – Péče o krajinu
Zadávací katedra:	Katedra agroekosystémů
Název tématu:	Vliv chemických zdrojů znečištění na jakost povrchových vod v povodí Horní Vltavy.

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

Znečištění vody patří mezi jeden z největších problémů světa. Znečištěním vodních toků a nádrží se zhoršuje kvalita vodních ekosystémů a také ekosystémů v jejich okolí. Mezi typické zdroje znečištění patří zejména průmysl (bodové zdroje), lidská sídla (plošné zdroje) a dopravní prostředky (liniové zdroje). Mezi nežádoucí důsledky nevhodného používání pesticidů, patří kontaminace povrchových vod, narušení ekosystému, kumulace v živých organismech, uhynutí ryb, včel aj.. Nejzávažnější je kontaminace sloučeninami dusíku a fosforu. Vody jsou také znečišťovány při používání, přepravě, skladování a likvidaci nepoužitých pesticidů. Ke kontaminaci povrchové vody dochází také při aplikaci průmyslových hnojiv splavováním (nesprávná agrotechnika) a při erozní činnosti půdy. Ochrana vod je komplexní činností spočívající v ochraně množství a jakosti povrchových i podzemních vod vycházející ze Směrnice 2000/60/ES. Pro Českou republiku platí dodržování Úmluvy o vodách ze dne 10. 9. 2000. Navazující Protokol o vodě a zdraví (Protokol 4. 8. 2005) zaměřuje pozornost na podporu a ochranu lidského zdraví a duševní pohody prostřednictvím zlepšeného hospodaření s vodou, ochrany zdrojů vod a vodních ekosystémů, zlepšování dostupnosti a jakosti vody pro lidskou spotřebu a potlačování chorob souvisejících s vodou. Ochrana vod, jejich využívání a práva k nim upravuje zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

Cílem práce je zjistit množství obsahu živin (N, P), popř. dalších specifických látek podle zdrojů znečištění (bodové, plošné popř. liniové) ve vodním toku zájmového území povodí Horní Vltavy. Získané výsledky statisticky vyhodnoťte. Současně vyhodnoťte srážkové, teplotní a odtokové poměry v dílčím povodí Horní Vltavy za zvolené období.

Ke zpracování práce využijte skripta: Technika zpracování bakalářských a diplomových prací (Kareš J., Vaněček D., Burešová M, 2007) a Práce s VTI (Milota J., Nýdl., V., 1996). Použijte publikaci prof. Kalače: Jak vypracovat diplomovou práci v zemědělských oborech, 2009.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah průvodní zprávy: cca 40-60 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- 1) Směrnice rady 91/676 EHS ze dne 12. 12. 1991 v ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských strojů
- 2) ČSN 757221 "Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod". Český normalizační institut, říjen 1998.
- 3) Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. 10. 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky
- 4) Zákon č. 305/2000 Sb., o povodích
- 5) Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- 6) Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci.
- 7) Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 20/2002 Sb., o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody, ve znění pozdějších předpisů
- 8) Pitter P.: Hydrochemie. VŠCHT Praha, 2009.
- 9) Zákon č. 350/2011 Sb., ze dne 27. října 2011 o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon)
- 10) Fovet, O., et al.: Using long time series of agricultural-derived nitrates for estimating catchment transit times. JOURNAL OF HYDROLOGY, 522., 2015.
- 11) POVODÍ VLTAVY, státní podnik. Sobolíková Z. a kol.: Zpráva o jakosti povrchových vod ve vodních tocích v povodí Horní Vltavy za období 2015 - 2016, České Budějovice: Povodí Vltavy, státní podnik, duben 2016.
- 12) ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, úsek Hydrologie. Výstupy hydrologické bilance za rok 2016 [soubor dat v elektronické podobě], Praha: Český hydrometeorologický ústav, duben 2017.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Peterka, Ph.D.
Katedra agroekosystémů

Konzultant diplomové práce: Prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.
Katedra agroekosystémů

Datum zadání diplomové práce: 21. února 2018
Termín odevzdání diplomové práce: 15. dubna 2019

L.S.

doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.
Vedoucí katedry

Prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
Děkan

V Českých Budějovicích dne 21. března 2018

Prohlášení autora

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu 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 oponentů 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.

Poděkování:

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ing. Jiřímu Peterkovi, Ph.D. a také konzultantovi diplomové práce prof. Ing. Stanislavu Kuželovi, CSc., za ochotu a trpělivost, metodické a odborné vedení, cenné rady, připomínky a pomoc při zpracování této práce. Děkuji také své rodině za podporu během celé doby studia.

Abstrakt:

Diplomová práce je zaměřena na problematiku znečišťování povrchových vod, které patří mezi jeden z největších problémů současného světa. Znečištěním vodních toků a nádrží se zhoršuje kvalita vodních ekosystémů a také ekosystémů v jejich okolí. Mezi typické zdroje znečištění povrchových vod patří zejména bodové zdroje (lidská sídla, průmyslové areály) a plošné zdroje (zemědělství). Zatímco bodové zdroje znečištění je možno monitorovat, u plošných zdrojů je situace daleko složitější. Při zemědělském hospodaření se dostávají do podzemních vod i povrchových vod zbytky hnojiv, pesticidů a dalších látek. Cílem práce je v dílčím povodí Horní Vltavy - řeky Malše zjistit jakost povrchové vody v měřících profilech, zjistit hydrologickou situaci v průběhu roku a vyhodnotit vliv chemických zdrojů znečištění na jakost povrchové vody v daném povodí.

Klíčová slova: povrchové vody, jakost vod, znečištění, zemědělské hospodaření

Abstract:

The diploma thesis is focused on the issue of surface water pollution, which is one of the biggest problems of the contemporary world. The pollution of watercourses and reservoirs worsens the quality of aquatic ecosystems as well as ecosystems in their surroundings. The typical sources of surface water pollution include especially point sources (human settlements, industrial sites) and land resources (agriculture). While the point sources of pollution can be monitored, the situation is far more complicated for the field sources. In agricultural farming, the fertilizer residues, pesticides and other substances come into the groundwater and the surface water. The aim of this work is to find out the quality of surface water in the measuring profiles (river Malše), to find out the hydrological situation during the year and to evaluate the impact of chemical pollution sources influencing the quality of the surface water in the river basin.

Keywords: surface water, water quality, pollution, agricultural farming

Obsah

Úvod.....	9
Teoretická část	11
1. Povodí Horní Vltavy.....	11
1.1 Definice	11
1.2 Vymezení povodí Horní Vltavy	11
1.3 Klimatické poměry	13
1.4 Hydrologické poměry.....	14
2. Povodí Malše	15
2.1 Malše a přítoky.....	15
2.2 VD Římov	17
2.3 Ochranná pásma	17
2.4 Zranitelné oblasti.....	18
3. Ovlivnění jakosti vody.....	21
3.1 Zdroje bodového znečištění	22
3.1.1 Komunální čistírny odpadních vod v povodí Malše	23
3.1.2 Ostatní bodové zdroje	23
3.2 Zdroje plošného znečištění vod.....	24
3.2.1 Hnojiva	25
3.2.1.1 Minerální (průmyslová) hnojiva	27
3.2.1.2 Hnojiva statková (organická).....	28
3.2.2 Přípravky na ochranu rostlin	31
3.3 Některé významné ukazatele znečištění ve vodách	34
3.3.1 Dusík a jeho formy.....	34
3.3.2 Fosfor a jeho formy.....	35
3.3.3 Organické znečištění.....	36
3.3.4 Těžké kovy.....	37
3.3.5 Pesticidy ve vodách.....	37

Praktická část	40
4. Metodika	40
5. Výsledky	44
5.1 Vyhodnocení hydrologických dat v povodí Malše	44
5.1.1 Vyhodnocení srážek.....	44
5.1.2 Vyhodnocení průtoků.....	47
5.2 Vyhodnocení údajů o jakosti ve vodním toku Malše.....	50
6. Diskuze	61
6.1 Nutrienty.....	61
6.2 Organické znečištění	62
6.3 Těžké kovy	64
6.4 Teplotní a kyslíkový režim.....	64
6.5 Pesticidy	64
7. Závěr	65
Literatura.....	67
Elektronické zdroje.....	69
Legislativa ČR.....	70
Legislativa EU	70
Seznam obrázků	71
Seznam tabulek	71
Seznam grafů	72
Seznam příloh	74
Seznam zkratk	74
Seznam použitých hydrogeologických veličin	75

Úvod

Voda je jednou z nejvýznamnějších složek životního prostředí. Bez vody není možný život na naší planetě, je přítomna v organismech, jako jsou rostliny a živočichové, nachází se v půdě, v atmosféře a tvoří složku životního prostředí, kterou nazýváme hydrosféra. Voda zaujímá cca 70 % zemského povrchu, převážně jako moře a oceány, ale i řeky, jezera, rybníky a jiné vodní plochy.

Člověk vodu využívá a používá již od nepaměti, a to nejen k tomu nejzákladnějšímu účelu, kterým je uhašení žízně, ale také k celé řadě činností. Voda je důležitou surovinou pro celou řadu průmyslových odvětví, kde je využívána v procesech výroby. Voda je také významnou látkou v zemědělství, v živočišné i rostlinné výrobě.

S využíváním vody při různých činnostech souvisí také její znečišťování. Voda, kterou odebereme v domácnosti z kohoutku a následně ji použijeme a vypustíme do kanalizace, má změněnou jakost a je třeba ji vyčistit. Takto použitá voda se nazývá odpadní a je odváděna na čistírnu odpadních vod. Zde dojde k jejímu vyčištění na určitou úroveň a jejímu vypuštění zpět do vodního toku. Vyčištěná voda však zpravidla nemá stejné parametry jako původní voda, kterou jsme si natočili z vodovodního kohoutku. Obsahuje zbytkové znečištění, zejména nutrienty (živiny), jako dusík a fosfor, dále organické znečištění, rezidua těžkých kovů atd. Tyto látky pak mají vliv na jakost vody v recipientu, do kterého jsou vypouštěny.

Zemědělská činnost má vliv na povrchové a podzemní vody zejména pokud se jedná o hnojení ať už organickými (statkovými) hnojivy nebo minerálními (průmyslovými) hnojivy. Při aplikaci hnojiv na zemědělskou půdu se tyto látky dostávají do půdního horizontu a následně do podzemních vod. Také může dojít ke splachům z orné půdy do vodních toků. Při ošetřování zemědělských plodin jsou používány tzv. přípravky na ochranu rostlin (pesticidy). Tyto chemické přípravky se také mohou dostat do povrchových a podzemních vod.

Výše uvedené činnosti ovlivňují jakost povrchových a podzemních vod. Tato práce je zaměřena na zjištění vlivu různých zdrojů znečištění na jakost povrchové vody ve

zvoleném toku v povodí Horní Vltavy. Úkolem je zjištění množství obsahu živin (zejména dusíku a fosforu), popř. dalších specifických látek podle zdrojů znečištění (bodové, plošné) ve vodním toku zájmového území povodí Horní Vltavy. K tomuto účelu byl zvolen významný vodní tok Malše. Předmětem práce je zjištění jakosti vody v toku Malše ve zvolených profilech. Získané výsledky byly statisticky vyhodnoceny. Dále byly také vyhodnoceny srážkové, teplotní a odtokové poměry v povodí řeky Malše za zvolené období.

Sledování jakosti vody ve vodních tocích mají na starosti státní podniky povodí, které byly zřízeny na základě zákona č. 305/2000 Sb., o povodích. Cíle ochrany vod jsou definovány v základním dokumentu, kterým je tzv. „Rámcová směrnice o vodách“, jinak také Směrnice Evropského parlamentu a rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Tato směrnice ve svém úvodním odstavci jako první bod uvádí: „Voda není běžný obchodní produkt, ale spíše dědictví, které je třeba chránit, střežit a podle toho s ním nakládat.“ Tato věta více než co jiného přesně vystihuje, jak je pro nás voda nepostradatelná a jak bychom k ní měli přistupovat.

V diplomové práci byla použita data Povodí Vltavy, státní podnik z pravidelného monitoringu chemických ukazatelů jakosti vod ve vybraných profilech vodního toku Malše a tato data byla zpracována dle zadání. Odběry vzorků a jejich rozborů byly provedeny v akreditované laboratoři Povodí Vltavy, státní podnik v Českých Budějovicích. Některé specifické polutanty (kovy, organické látky) byly zpracovávány v dalších laboratořích Povodí Vltavy, státní podnik v Praze a v Plzni. Dále byla zpracována vybraná hydrologická data (průtoky, srážky) za účelem zhodnocení hydrologických poměrů v daném území v daném období. Pro získání uceleného pohledu o bodových zdrojích znečištění byly navštíveny některé komunální čistírny odpadních vod v povodí Malše (Kaplice, Dolní Dvořiště, Benešov nad Černou).

Teoretická část

1. Povodí Horní Vltavy

1.1 Definice

Dle Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (tzv. Rámcová směrnice o vodách) platí následující definice:

Povrchové vody - vnitrozemské vody s výjimkou vod podzemních, brakické a pobřežní vody, ve vztahu k problematice chemického stavu se též zahrnou teritoriální vody.

Řeka - útvar vnitrozemské vody tekoucí v převážné části po zemském povrchu, který ale může téci v části toku pod povrchem.

Vodní útvar - vymezené významné soustředění povrchových nebo podzemních vod v určitém prostředí charakterizované společnou formou jejich výskytu nebo společnými vlastnostmi vod a znaky hydrologického režimu. Vodní útvary se člení na útvary povrchových vod a útvary podzemních vod.

Útvar povrchové vody - vymezené soustředění povrchové vody v určitém prostředí, například v jezeru, ve vodní nádrži, v korytě vodního toku.

Povodí - území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků a případně i jezer do moře v jediném vyústění, ústí nebo deltě vodního toku.

Dílčí povodí - území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků a případně i jezer do určitého místa vodního toku (obvykle jezero nebo soutok řek).

1.2 Vymezení povodí Horní Vltavy

Dílčí povodí Horní Vltavy je vymezeno vyhláškou Ministerstva zemědělství 393/2010 Sb., o oblastech povodí. Dílčí povodí Horní Vltavy leží v jižní části Čech. Spadá do mezinárodního povodí Labe. Na dílčí povodí Horní Vltavy navazuje dílčí povodí Dolní Vltavy (Vyhláška č. 393/2010 Sb.).



Obr. č. 1 – Vymezení dílčího povodí Horní Vltavy (Povodí Vltavy, 2016)

Celková plocha dílčího povodí Horní Vltavy činí celkem 10 952,298 km². Část vodních toků přitéká do dílčího povodí Horní Vltavy z území Spolkové republiky Německo a z Rakouska. Plocha těchto pramenných povodí, ležících mimo území České republiky, je 686,321 km². Páteřním tokem dílčího povodí Horní Vltavy je vodní tok Vltava, jejími nejvýznamnějšími přítoky jsou Malše, Lužnice, Otava a Lomnice. Vymezení dílčího povodí je znázorněno na obrázku č. 1. Hydrologická struktura dílčího povodí Horní Vltavy je uvedena v tab. č. 1 (Povodí Vltavy, 2016).

	Subpovodí	ČHP	Plocha povodí celkem [km ²] na území ČR
Vltava po Lužnici	Vltava po Malši - část *)	1-06-01	1646,894
	Malše - část *)	1-06-02	872,096
	Vltava od Malše po Lužnici	1-06-03	750,306
Lužnice a Vltava od Lužnice po Otavu	Lužnice po státní hranici - část *)	1-07-01	38,019
	Lužnice od státní hranice po Nežárku - část *)	1-07-02	970,419
	Nežárka	1-07-03	1000,841
	Lužnice od Nežárky po ústí	1-07-04	1519,242
	Vltava od Lužnice po Otavu	1-07-05	326,981
Otava, Blanice a Lomnice	Vydra a Otava po Volyňku	1-08-01	1275,94
	Volyňka a Otava od Volyňky po Blanici	1-08-02	724,83
	Blanice a Otava od Blanice po Lomnici	1-08-03	981,533
	Lomnice a Otava od Lomnice po ústí	1-08-04	845,197
Plocha dílčího povodí Horní Vltavy celkem			10952,298

*) označení subpovodí, přesahujícího státní hranice České republiky

Tab. č. 1 - Struktura dílčího povodí (povodí 3. řádu) podle čísla hydrologického pořadí (zdroj: Povodí Vltavy, 2016)

1.3 Klimatické poměry

Klimatické poměry dané oblasti zásadně utvářejí vodní režim v území. Odtokové poměry závisí na spadlých srážkách – na jejich druhu, množství, časovém a plošném rozložení a dále pak na jejich výparu. Spolu s výškovými poměry, sklonitostí, expozicí svahů a dalšími činiteli podmiňují klimatické poměry a výskyt a druhové složení vegetace. Dílčí povodí Horní Vltavy leží stejně jako celá Česká republika v mírném klimatickém pásu severní polokoule na okraji území s mírným oceánským vlivem a pravidelným střídáním čtyř ročních období (Povodí Vltavy, 2016).

Dílčí povodí Horní Vltavy náleží převážně do mírně teplé klimatické oblasti. Na Šumavě a v Novohradských horách se vyskytuje oblast chladná. Rozsah 14 klimatologických charakteristik pro dané oblasti uvádí Atlas podnebí České republiky (Tolasz, 2007).

Nejnižší srážky v dílčím povodí jsou v širší oblasti okolo toku Vltavy pod Českými Budějovicemi a dolních toků Otavy a Blanice, kde jejich dlouhodobý průměr činí 500 – 600 mm, nejvyšší jsou v oblasti Šumavy a Novohradských hor i jejich podhůří, kde dlouhodobý roční srážkový úhrn přesahuje 1200 mm, na Šumavě až 1400 mm. Ve zbylé části dílčího povodí se dlouhodobý srážkový průměr pohybuje mezi 600 a 800 mm. V převážné části dílčího povodí jsou dosahovány průměrné roční teploty vzduchu vyšší než 6°C. Nižší průměrné teploty se vyskytují v oblastech hornatin a vrchovin a zejména v oblasti Šumavy, kde průměrné roční teploty klesají pod 4°C. K nejteplejším oblastem patří území Česko-budějovické a Třeboňské pánve a oblasti Písecka, kde jsou dosahovány průměrné roční teploty vzduchu přes 8°C (Povodí Vltavy, 2016).

Povodí řeky Malše náleží dle Culka (2013) do Českokrumlovského bioregionu. Dle Quitta leží nižší části tohoto regionu v mírně teplých klimatických oblastech MT 5, MT 4, střední polohy v MT 3 a vrcholové části nad 800 m v chladné oblasti CH7. Srážky jsou zde v porovnání se Šumavou daleko nižší, např. vrchol Kletě (nadmořská výška 1084 m.n.m.) má pouze 716 mm srážek při teplotě 4,8 °C. Horní část povodí řeky Malše pak náleží do Novohradského bioregionu, který leží v chladné klimatické oblasti CH7 (dle Quitta). Srážky se na úpatí Novohradských hor pohybují mezi 700 – 800 mm (např. Dobrá Voda – 785 mm) a uvnitř pohoří dosahují

nad 900 mm (Pohoří na Šumavě – 915 mm), v nejvyšších partiích pak i nad 1000 mm (Culek et al., 2013)

1.4 Hydrologické poměry

Pátečním tokem dílčího povodí je Vltava, jejími nejvýznamnějšími přítoky jsou Malše, Lužnice a Otava. Odtokově oblast poměrně dobře charakterizují profily Vltava – České Budějovice ($Q_a = 27,6 \text{ m}^3/\text{s}$, $q_a = 9,66 \text{ l/s/km}^2$, $Q_{100} = 908 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{355} = 6,11 \text{ m}^3/\text{s}$, 59 % odtoku v listopadu až dubnu), Lužnice – Bechyně ($Q_a = 23,6 \text{ m}^3/\text{s}$, $q_a = 5,83 \text{ l/s/km}^2$, $Q_{100} = 577 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{355} = 3,25 \text{ m}^3/\text{s}$, 58 % odtoku v listopadu až dubnu) a Otava – Písek ($Q_a = 23,4 \text{ m}^3/\text{s}$, $q_a = 8,03 \text{ l/s/km}^2$, $Q_{100} = 837 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{355} = 5,47 \text{ m}^3/\text{s}$, 53 % odtoku v listopadu až dubnu). Pro toky pramenící v Novohradských horách (např. Malše) a v podhůří Šumavy (např. Blanice) je typický letní režim povodní, způsobený dešti trvajících několik desítek hodin, nebo i dva až tři dny. Pro Vltavu a Otavu je na jejích horních tocích charakteristický zimní až smíšený režim a na dolních tocích v oblasti povodí převažuje režim letní. Lužnice s přítoky má spíše zimní režim povodní (Povodí Vltavy, 2016).

Charakteristickým znakem tohoto dílčího povodí je velké množství rybníků (obr. 2), z nichž největšími jsou Rožmberk, Bezdrev, Horusický a Dvořiště. V oblasti povodí Horní Vltavy byly rovněž vybudovány velké vodní nádrže horní části Vltavské kaskády – Lipno I, Lipno II a Hněvkovice. Dalšími vodními nádržemi jsou vodárenské nádrže Římov na Malši (obr. 3) a Husinec na Blanici. Humenice na Stropnici slouží pro zásobování užitkovou vodou (Povodí Vltavy, 2016).



Obr. č. 2 – Rybník Klášter (foto: autor)



Obr. č. 3 – VD Římov (foto: autor)

2. Povodí Malše

2.1 Malše a přítoky

Malše je řeka v jižních Čechách a v Rakousku. Pramení na rakouském území jako Maltsh na severovýchodním úbočí hory Viehberg u obce Sandl, poté tvoří v délce 22 km česko-rakouskou státní hranici a nad Dolním Dvořištěm vtéká na naše území. K původu názvu Malše se v knize Pomístná jména v Čechách uvádí: „Původní jméno řeky Malše bylo Malče, jak o tom svědčí doklady z 13. až 15. století. Tato podoba vznikla přivlastňovací příponou -ja z osobního jména Malcha a znamenala ‚Malchova‘ (voda nebo řeka)“. Druhým názorem je, že by měl název vzniknout nejspíše ze vzájemného porovnání s Vltavou. Malše je proti Vltavě menším tokem, z říčního úhlu pohledu pak mělčím (Křivánek, 2014).

Malše protéká severním směrem Novohradským podhůřím, poté Soběnovskou vrchovinou a Kaplickou brázdou do Českobudějovické pánve až ke svému ústí do Vltavy v Č. Budějovicích v nadmořské výšce 385 m n.m. (Povodí Vltavy, 2016).

Celková délka toku je 96 km (z toho 89,3 km v ČR). Plocha povodí měří 979,1 km² (z toho 869,23 km² v ČR). Průměrný průtok u ústí je 6,92 m³/s (dle dat ČHMÚ je to 7,26 m³/s). Horní tok má úzké koryto se zarostlým řečištěm, s četnými meandry a peřejemi a dosahuje šířky 2-5 m. Na středním toku dosahuje již šíře 8 m a teče strmým údolím se skalnatými stráněmi. Lesnatý proudný úsek končí ve vzduť přehradní nádrže Římov (viz dále). Pod přehradou se tok rozšiřuje na 20 m, koryto je různorodé, místy balvanité i s tišinami. Na toku se nachází několik jezů, které vyrovnávají spád vody. V obci Plav je na toku lávka na dvou kamenných pilířích, k níž jsou přidělaná železná vrata, tzv. rechle, sloužící jako stavidla k plavbě a zachycení polenového dřeva plaveného z Novohradských hor. Součástí Malše je i Mlýnská stoka v Českých Budějovicích, která v historii tvořila součást východního opevnění města. V minulosti, až do druhé světové války, byla na této řece provozována voroplavba. Vory se vázaly již na přítoku Malše – Pohořském potoce. Byly široké pouze 2 m, v délkách 6-25 m, celý pramen až 150 m. V Budějovicích se pak vory přestavovaly na šířku 5 m a obvykle se ze tří pramenů z Malše svázal jeden, který pokračoval dál na Prahu. Průtok byl nadlepšován 7 klausurami. Poslední

voroplavba se konala roku 1938 a po druhé světové válce již nebyla nikdy obnovena (Křivánek, 2014).

V povodí řeky Malše je vymezeno osm vodních útvarů povrchových vod, z nichž je sedm v kategorii „řeka“ a jeden útvar v kategorii „jezero“. Jedná se o následující vodní útvary: HVL_0370 Malše od Stropnice po ústí do toku Vltava, HVL_0310 Malše od hráze nádrže Římov po tok Stropnice, HVL_0305_J Nádrž Římov na toku Malše, HVL_0290 Malše od toku Černá po vzduť nádrže Římov, HVL_0260 Malše od Kamenice po tok Černá, HVL_0240 Malše od toku Tichá po tok Kamenice, HVL_0230 Malše od Leopoldschlag Markt po soutok s tokem Tichá a HVL_0220 Malše od státní hranice po Leopoldschlag Markt. Toto členění vychází z platného Plánu dílčího povodí Horní Vltavy (Povodí Vltavy, 2016).

Mezi nejvýznamnější přítoky řeky Malše patří Černá a Stropnice. Černá je pravostranným přítokem Malše s délkou toku na území ČR 26,5 km, plochou povodí 148,2 km² a průměrným průtokem při ústí 1,60 m³/s. Černá pramení na rakouské straně Novohradských hor na úpatí hory Nebelstein (Křivánek, 2014). Na jejím toku asi 6 km před soutokem s Malší je vybudována přehrada Soběnov (stavba v letech 1922-1930), která slouží pro využití vodní energie ve špičkové malé vodní elektrárně pod nádrží. Dalším účelem je ochrana před povodněmi. V této souvislosti je třeba připomenout, že při extrémní povodni v roce 2002 došlo k částečnému odplavení zemní tížné části hráze. V letech 2003 – 2005 byla provedena rekonstrukce hráze, která má parametry – délka 90 m, výška nad terénem 8,55 m (www.pvl.cz). Přítok Černé – Pohořský potok, pramení v rašeliništích jihozápadně od Pohoří na Šumavě. Tento vodní tok patří mezi nejmenší český tok upravený pro voroplavbu. Tato úprava z 18. století spočívá v obložení břehů a dna koryta vodního toku dřevěnou konstrukcí a ve vybudování nádrží na vodu pro plavení dřeva tzv. klausur (Křivánek, 2014).

Řeka Stropnice pramení také v Novohradských horách na jihovýchodním úpatí hory Vysoké, je dlouhá 54 km, plochu povodí má 400,4 km² a vlévá se do Malše zprava u Dolní Stropnice s průměrným průtokem 2,38 m³/s (Křivánek, 2014). Na Stropnici byla v letech 1985 – 1988 vybudována přehrada Humenice. Účelem byla ochrana zemědělsky obhospodařovaných pozemků v oblasti pod nádrží u Nových Hradů (www.pvl.cz).

2.2 VD Římov

Vodní dílo Římov je vodárenskou nádrží, vybudovanou v říčním kilometru 21,85 řeky Malše jižně od Českých Budějovic, na jihovýchodním okraji obce Římov. Z hlediska objemu a odebíraného množství vody jde o největší vodárenskou nádrž v jižních Čechách. S přípravou záměru bylo započato již koncem šedesátých let 20. století a vlastní stavba byla zahájena v lednu 1974. Těleso hráze bylo dosypáno koncem roku 1976 a stavební a technologické práce na rozhodujících objektech byly dokončeny v rozsahu umožňujícím zahájit napouštění nádrže v červnu 1978 (www.pvl.cz).

Hráz vodního díla je přímá, kamenitá, s vnitřním těsnícím jádrem. Výška hráze nad terénem je 47,5 m, v koruně je hráz dlouhá 290 m. Celkový objem je 33,8 mil. m³, zatopená plocha je 211,04 ha, délka vzdutí v nádrži je 13 km, plocha povodí je 488,4 km² a průměrný dlouhodobý roční průtok (Q_a) je 4,38 m³/s. Věžový objekt je železobetonové konstrukce, ve které je umístěna šachta malé spodní výpusti, dvě šachty vodárenských odběrů z pěti úrovní a dvě spodní výpusti. Na vrcholu je umístěna horní strojovna, přístupná z koruny hráze po ocelové lávce. V dolní strojovně je malá vodní elektrárna s turbínami typu Banki. Ze spodních výpustí a malé vodní elektrárny odtéká voda odpadní štolou. Pro převádění povodňových průtoků slouží hrazený korunový přeliv o třech polích, umístěný při levém břehu. Navazující nepřehlédnutelný skluz je veden po levém boku údolí a je zakončen vývarem. Nádrž Římov je hlavním zdrojem pro zásobování jižních Čech pitnou vodou a její ochrana je zabezpečena stanovenými zásadami hygienické ochrany a hospodaření v ochranných pásmech nádrže (www.pvl.cz).

2.3 Ochranná pásma

Pro ochranu vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti zdrojů podzemních nebo povrchových vod, které jsou využívány pro zásobování pitnou vodou, slouží institut tzv. Ochranných pásem vodních zdrojů. Ochranná pásma se dělí na ochranná pásma I. stupně v bezprostředním okolí jímacího nebo odběrného zařízení a II. stupně, která slouží k ochraně vodních zdrojů v území stanovených vodoprávním úřadem (Zákon č. 254/2001 Sb.).

Ve smyslu vodního zákona je ochrana a zachování vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti vodních zdrojů veřejným zájmem. Vodní zákon také zmocňuje vodoprávní úřady k tomu, že může v ochranných pásmech zakázat nebo omezit užívání pozemků a staveb, současně ale ukládá za povinnost v určených případech vypořádat náhrady (Oppeltová et al., 2012).

Stanovením ochranných pásem je uplatňován systém tzv. „speciální ochrany vodního zdroje, protože v rámci případných zákazů a omezení pro konkrétní stupně ochranných pásem mohou být uplatňovány pouze takové zákazy a omezení, které jsou nad rámec platných obecně závazných právních předpisů (Kvítek, 2005).

Ochranné pásmo vodárenské nádrže Římov bylo stanoveno rozhodnutím Krajského úřadu Jihočeského kraje, odboru životního prostředí, zemědělství a lesnictví č.j. KUIJK 30750/2006/49 OZZL Ža, Zam, Hav ze dne 7.6.2007. Ochranné pásmo vodárenské nádrže Římov sestává z ochranného pásma I. stupně, které zahrnuje vlastní vodní plochu nádrže a území v okolí nádrže. Na ochranné pásmo I. stupně navazuje ochranné pásmo II. stupně, které zahrnuje širší území i ve vzdálenějších místech. Na území ochranného pásma I. stupně je zakázán vstup nepovolaných osob a vjezd vozidel, s výjimkou několika turistických cest, kde je vstup pěších povolen. Dále je zde zakázána celá řada činností, ať už stavebních, hnojení pozemků, skladování závadných látek a nakládání s nimi a také vypouštění odpadních vod. Omezení a zákazy v ochranném pásmu II. stupně jsou méně přísné (Krajský úřad, 2007).

2.4 Zranitelné oblasti

Zranitelné oblasti jsou území, kde se vyskytují povrchové nebo podzemní vody, zejména využívané nebo určené jako zdroje pitné vody, v nichž koncentrace dusičnanů přesahuje hodnotu 50 mg/l nebo mohou této hodnoty dosáhnout, nebo povrchové vody, u nichž v důsledku vysoké koncentrace dusičnanů ze zemědělských zdrojů dochází nebo může dojít k nežádoucímu zhoršení jakosti vody (Zákon č. 254/2001 Sb.).

Zranitelné oblasti a pravidla pro používání a skladování hnojiv jsou uvedena v nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním

programu. V tomto nařízení, které implementuje tzv. nitrátovou směrnici (91/676/EHS) do naší legislativy, jsou stanovena pravidla pro hnojení, jeho omezení v letním a podzimním období a jeho zákaz v mimovegetačním období, dále pravidla pro maximální přísun dusíku do půdy, pravidla pro skladování hnojiv, střídání plodin, protierozní opatření a omezení hospodaření v okolí povrchových vod. Ve zranitelných oblastech musí být v rámci zemědělského podniku k dispozici dostatečná kapacita pro uskladnění statkových hnojiv v období zákazu hnojení a v období, kdy nelze hnojit s ohledem na půdně-klimatické podmínky (Klír, 2005).

Ukazatel	Celková plocha zranitelných oblastí	Podíl zranitelných oblastí na rozloze ČR dle ČÚZK	Celková plocha zemědělské půdy v ZOD	Podíl zem. půdy v ZOD na rozloze zem. půdy v ČR dle ČÚZK
	ha	%	ha	%
Rozloha zranitelných oblastí od 1.8.2012 do 31.7.2016 (podle k.ú.)	3 283 126	41,6	2 247 091	49
Rozloha zranitelných oblastí od 1.8.2016 (podle k.ú.)	3 301 618	41,9	2 258 394	50,2
Navýšení rozlohy	18 492	0,3	11 303	1,2

Tab. č. 2 – Rozloha zranitelných oblastí v ČR (zdroj: www.eagri.cz)

Zemědělský podnik musí mít zajištěny skladovací prostory pro statková hnojiva s minimální kapacitou odpovídající jejich šestiměsíční produkci. V případě skladování hnojůvky musí být kapacita skladovacích prostor minimálně pro pětiměsíční produkci. Pokud má zemědělec možnost uložit tuhá statková hnojiva na zemědělském pozemku před jejich použitím, neplatí pro něj povinnost zajištění skladovacích prostor. Tuhá statková hnojiva pak lze uložit na zemědělském pozemku na dobu maximálně 12 měsíců, a to pouze způsobem, který neohrozí životní prostředí. Na stejném místě je možné opakované uložení nejdříve po 4 letech, za předpokladu provedení kultivace půdy a každoročního pěstování plodin na tomto pozemku. V případě meziskladování tuhých statkových hnojiv platí maximální lhůta na uložení 9 měsíců. Toto se týká statkových hnojiv z ustájení skotu, prasat a drůbeže, kdy je před vlastním uložením na pozemku nutné jejich tříměsíční skladování nebo v případě ustájení na hluboké podestýlce, která je ze stáje jednorázově vyhrnuta nejméně po 3 týdnech (Nařízení vlády č. 262/2012 Sb.).

Uložení hnojiv na zemědělském pozemku je možné pouze na místech uvedených ve schváleném havarijním plánu. Polní hnojiště (složišťe) pak může být zřízeno, jen pokud je zajištěna bezpečnost jakosti povrchových a podzemních vod. Složiště musí být vzdáleno minimálně 50 m od úvaru povrchových vod, v případě sklonitosti pozemku vyšší než 5 stupňů je vzdálenost minimálně 100 m. Pozemek hnojiště nesmí být meliorován odvodněním, nesmí být zamokřený, nesmí být lehkou písčitou půdou nebo půdou na velmi propustném podloží a nesmí být ornou půdou se sklonem k erozi nebo se sklonitostí větší než 12 stupňů. U polního hnojiště musí být zabráněno odtoku hnojůvky a přítoku povrchové vody. Hnůj musí být urovnán s orientací delší stranou po spádnici a ve vrstvě vysoké minimálně 1,7 m (Nařízení vlády č. 262/2012 Sb. a Klír, 2005).

K výběru vhodného umístění polního hnojiště lze využít Registr půdy - LPIS (Land Parcel Identification System), což je geografický informační systém, který je primárně tvořen evidencí využití zemědělské půdy. Na webových stránkách Ministerstva zemědělství je Registr půdy přístupný na tzv. Portálu farmáře. Na mapové aplikaci je pak po zapnutí příslušných vrstev (životní prostředí - nitrátová směrnice - uložení hnojiv) názorně zobrazeno, kde je možno v rámci příslušného půdního bloku hnůj uložit (Svoboda a Wollnerová, 2015).

V případě povodí řeky Malše jsou zranitelnými oblastmi následující katastrální území: Hodonice u Malont, Mostky, Kaplice, Žďár u Kaplice, Soběnov, Svěbohy, Božejov u Nových Hradů, Žumberk u Nových Hradů, Žár u Nových Hradů, Kamenná u trhových Svinů, mezilesí u Trhových Svinů, Pořešín, Dlouhá, Malče, Chlum nad Malší, Netřebice, Chodeč-Zvíkov, Chodeč, Trhové Sviny, Ločenice, Svatý Jan nad Malší, Sedlce, Velešín, Mojně-Skřidla, Mokrý Lom, Branišovice u Římovy, Římov, Prostřední Svince-Holkov, Kamenný Újezd, Dlouhá Stropnice, Pašínovice, Strážkovice, Střížov nad Malší, Doudleby, Otmanka, Lomec, Plav, Heřmaň u Českých Budějovic, Borovnice u Českých Budějovic, Zborov, Nedabyle, Vidov, Roudné, Srubec, Staré Hodějovice, České Budějovice 7, Nová Ves u Českých Budějovic (Nařízení vlády č. 262/2012 Sb.).

3. Ovlivnění jakosti vody

Zdroje znečištění můžeme co do rozsahu rozdělit na bodové a plošné. Bodové zdroje znečištění jsou svým plošným rozsahem velmi omezeny. Jsou to například místa netěsností nádrží tekutých paliv a chemikálií, netěsnosti potrubí, hnojiště, ale v případě znečišťování povrchových vod jsou to hlavně komunální čistírny odpadních vod. Plošné zdroje znečištění jsou zejména zemědělské pozemky, na kterých se aplikují hnojiva a pesticidy (Šilar, 1996).

V souvislosti se znečištěním povrchových vod je třeba zmínit proces, který nazýváme eutrofizace. Slovo eutrofizace pochází z řečtiny a vzniklo složením slov *eu* (hojný) a *trophí* (potrava, živná látka) a jedná se tedy o přesycování prostředí minerálními živinami (Šafarčíková et al., 2006).

Konkrétně se pojmem eutrofizace rozumí růst obsahu minerálních živin (tzv. nutrientů), především sloučenin fosforu a dusíku, ve vodách, jejichž následkem dochází ke zvýšenému rozvoji fotosyntetizujících organismů, především cyanobakterií (sinic) a řas, a tím ke zhoršení jakosti vody. V menší míře se na tomto procesu podílí také křemík, který je nezbytný pro růst rozsivek. V terestrických vodách jsou limitujícím faktorem rozvoje fytoplanktonu sloučeniny fosforu, na rozdíl od moří, kde limitujícím faktorem jsou sloučeniny dusíku. Eutrofizace se projevuje především ve stojatých vodách, avšak i v tekoucích vodách má svůj význam (Pitter, 2009).

Eutrofizaci lze rozdělit na přirozenou a umělou. Přirozená eutrofizaci, kterou nelze ovlivnit, je způsobena vyplavováním dusíku a fosforu z půd, jejichž vývoj nebyl ovlivněn člověkem a rozkladem odumřelých vodních organismů. Umělá (indukovaná) eutrofizace je výsledkem současného civilizačního procesu, který má za následek neúměrné obohacování povrchových vod sloučeninami dusíku a fosforu. Původ tohoto znečištění je ve splaškových vodách a ve splachu dusíkatých a fosforečných hnojiv z hnojených polí, a to ať už anorganicky nebo organicky. Dalšími, zpravidla bodovými zdroji jsou živočišná výroba, silážní šťávy apod. Původ fosforu v povrchových vodách je hlavně z detergentů obsahujících fosfáty. Přísun živin, zejména anorganických forem dusíku a fosforu porušuje přirozenou biologickou

rovnováhu ve vodách, což vyvolává podstatně intenzivnější přírůstek, primární produkce ve vodě (Witlingerová, 1999).

Jako ukazatel míry celkového množství biomasy fytoplanktonu je všeobecně akceptován chlorofyl-a. Chlorofyl-a je indikátorem trofie (úživnosti) a potenciální fotosyntetické aktivity řas a sinic (cyanobakterií), které jsou dominantními druhy organismů v nádržích (Pitter, 2009).

3.1 Zdroje bodového znečištění

Jako bodové zdroje znečištění označujeme především odpadní vody různého složení a účinku, které se zpravidla do vodního prostředí dostávají jedním nebo více výpustnými objekty kanalizací (Adámek, 2010).

Přibližné složení typické splaškové odpadní vody je uvedeno v tabulce č. 3

látka	koncentrace [mg/l]
nerozpuštěné látky - celkem	700
rozpuštěné látky	500
rozpuštěné látky - fixované	300
rozpuštěné látky - těkavé	200
suspendované látky	200
suspendované látky - fixované	50
suspendované látky - těkavé	150
BSK-5	300
CHSK-Cr	400
TOC	200
celkový dusík	40
organický dusík	15
volný amoniak	25
celkový fosfor	10
organický fosfor	3
anorganický fosfor	7
tuky	100

Tab. č. 3 – Charakteristické složení splaškové odpadní vody (zdroj: Adámek, 2010)

Mezi nejvýznamnější zdroje bodového znečištění povrchových vod patří čistírny odpadních vod, ze kterých jsou odpadní vody vypouštěny do recipientu. Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití

změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z nich odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody se dělí na tři hlavní skupiny, na vody splaškové, městské a průmyslové. Podskupinu tvoří odpadní vody ze zemědělství a chovu zvířat (Pitter, 2009).

Splaškové (komunální) odpadní vody jsou odpadní vody z domácností, hygienických zařízení, objektů stravování, ubytování apod. Tyto vody obsahují hrubě rozptýlené látky, jemně rozptýlené látky, jemně rozptýlené usaditelné látky, jemně rozptýlené obtížně usaditelné a neusaditelné látky a rozpuštěné látky. Z vodohospodářského hlediska patří k nejvýznamnějším složkám znečištění splaškových odpadních vod organické znečištění, sloučeniny dusíku a fosforu (Adámek, 2010).

Průmyslové odpadní vody mají na rozdíl od vod splaškových rozmanitý charakter, a proto se jejich škodlivost při vypouštění do recipientu může velmi lišit. Z jednotlivých výrobních procesů se odvádějí vody typických vlastností a složení. Některé odpadní vody se mohou čistit společně se splaškovými, jiné vyžadují oddělené čištění ve specializovaných čistících zařízeních nebo alespoň jejich předčištění. Průmyslové odpadní vody se dělí podle typu znečišťujících látek na převážně anorganicky znečištěné a na převážně organicky znečištěné. Některé průmyslové odpadní vody mohou obsahovat i toxické látky (Pitter, 2009).

3.1.1 Komunální čistírny odpadních vod v povodí Malše

V povodí Malše se nacházejí tyto významnější komunální čistírny odpadních vod: ČOV Rychnov nad Malší, ČOV Dolní Dvořiště, ČOV Kaplice, ČOV Kaplice Střítežnádraží, ČOV Velešín (odtok mimo povodí Malše – čerpání do povodí Vltavy), ČOV Netřebice, ČOV Římov, ČOV Doudleby, ČOV Horní Stropnice, ČOV Nové Hrady, ČOV Borovany a ČOV Trhové Sviny.

3.1.2 Ostatní bodové zdroje

V povodí Malše se nenacházejí žádné průmyslové čistírny odpadních vod, ani jiné významnější bodové zdroje znečištění. Toto je dáno zejména tím, že povodí Malše je povodím vodárenské nádrže Římov a platí zde přísnější požadavky na ochranu vod.

3.2 Zdroje plošného znečištění vod

Plošné znečištění vod je na rozdíl od bodového obtížně sledovatelné, protože se odehrává časoprostorově nepravidelně v závislosti na proměnlivých meteorologických, půdních, morfologických a porostních podmínkách. Zdroje plošného znečištění jsou obecně členěny do následujících kategorií:

1. Zdroje a látky umělé, v přírodě se nevyskytují (pesticidy, mořidla, některé látky z atmosférických depozic), ale používají se v zemědělství.
2. Zdroje přírodních anorganických látek – uvolňují se z horninového prostředí zrychleným zvětráváním, které je způsobeno atmosférickými depozicemi (bazické kationty, hliník, případně další prvky a ionty).
3. Zdroje zemědělských živin (minerální a statková hnojiva) – dusík, fosfor, vápník.
4. Zdroje přírodních živin (uvolňují se mobilizací z půdního prostředí v procesu mineralizace půdní organické hmoty).
5. Eroze (sedimenty) a na půdu navázané minerální látky, těžké kovy, pesticidy (Kvítek et al., 2017).

Intenzivní zemědělská velkovýroba ovlivňuje výrazným způsobem jakost povrchových a podzemních vod. Současný rozvoj zemědělské výroby vychází z rozsáhlého nasazení mechanizace, z velkoplošného využívání chemických prostředků, zejména průmyslových hnojiv a pesticidů. Na plošném znečištění zemědělského původu se podílí nejenom průniky chemických látek a hnojiv do podzemních a následně povrchových vod, ale i vodní eroze, která je pak příčinou zhoršení kvality povrchových vod v důsledku splachů orné půdy (Tlapák, 1992).

V případě ochrany vodních zdrojů lze konstatovat, že bodové zdroje znečištění jsou v dnešní době dobře poznány a v praxi jsou řešitelné, zatímco plošné zdroje znečištění jsou velmi obtížně identifikovatelné. Nejzávažnější nebezpečí při možné kontaminaci povrchových vod dnes představují dusičnany, fosfor, těžké kovy a pesticidy (Kvítek et al., 2005).

3.2.1 Hnojiva

Termín hnojiva je vymezen v zákoně č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů. Za hnojiva jsou považovány látky obsahující živiny pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce (Zákon č. 156/1998 Sb.).

Hnojiva rozdělujeme podle tří základních hledisek (Hlušek, 2004):

1. Podle účinnosti
 - a) hnojiva přímá
 - b) pomocné látky
2. Podle původu
 - a) hnojiva průmyslová (minerální)
 - b) hnojiva statková (organická)
3. Podle skupenství
 - a) hnojiva tuhá
 - b) hnojiva kapalná

Hnojiva přímá jsou látky, které obsahují jednu nebo více rostlinných živin, zpravidla ve větším množství, a to buď v minerální, nebo organické formě. Rostlinám poskytují makroživiny nebo mikroživiny. Hnojiva dělíme na minerální (průmyslová) a statková (organická), (Richter a Hlušek, 1994).

Mezi hnojiva také řadíme tzv. pomocné látky, což jsou látky, které neobsahují rostlinné živiny ve větším množství, rostlinám tedy nedodávají živiny, ale umožňují zlepšit výživu úpravou životního prostředí nebo ovlivňují metabolismus rostlin tak, že rostliny dovedou využít větší množství živin na tvorbu výnosu. Dělí se na pomocné půdní látky (bez účinného množství živin), které půdu biologicky, chemicky nebo fyzikálně ovlivňují, zlepšují její stav nebo zvyšují účinnost hnojiv a pomocné rostlinné přípravky (bez účinného množství živin), které jinak příznivě ovlivňují vývoj kulturních rostlin nebo kvalitu rostlinných produktů (Richter a Hlušek, 1994).

Hnojiva průmyslová (minerální) zahrnují všechny hnojivé látky vyráběné mimo zemědělský závod. Hlavními zástupci této skupiny jsou koncentrovaná minerální hnojiva, která dělíme následovně:

- jednosložková – obsahují jednu živinu (dusík, fosfor, draslík) jako hlavní. Mohou obsahovat také doprovodné ionty (např. Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^-), popř. mikroelementy. Dělí se na hnojiva dusíkatá, fosforečná, draselná, vápenatá a hořečnatá,
- vícesložková – hnojiva s obsahem minimálně dvou nebo více hlavních živin, mohou obsahovat doprovodné ionty a mikroelementy. Podle obsahu živin se dělí na hnojiva
 - dvojitá s obsahem 2 hlavních živin (NP, NK, PK),
 - trojitá (plná),
 - mikrohnojiva – s obsahem mikroelementů,
 - zvláštní skupinu tvoří hnojiva se sírou.

Podle způsobu výroby rozlišujeme vícesložková hnojiva smíšená, která se vyrábí mechanickým mísením jednosložkových hnojiv a nacházejí se buď v práškové formě, nebo se granulují a hnojiva kombinovaná, která se vyrábí chemickými pochody z původních surovin (Vaněk, 2007).

Hnojiva statková jsou hnojiva, která se vyznačují velkým objemem a jsou produkována přímo v zemědělském podniku. Mají vysokou hnojivou hodnotu a jsou jimi do půdy dodávány rostlinné živiny (makro i mikroelementy), organické látky, mikroorganismy a stimulační, růstové a hormonální látky. Hlavními zástupci jsou stájová hnojiva jako chlévský hnůj, kejda, močůvka a hnojůvka. Dále mezi statková hnojiva patří ostatní hnojiva, jako např. zelené hnojení, sláma na hnojení, komposty a ostatní organická hmota (Vaněk, 2002).

Hnojiva tuhá – minerální hnojiva jednosložková nebo vícesložková, která se podle velikosti částic dělí na prášková (převládají částice menší než 1 mm) a zrnitá (částice zpravidla 1-4 mm) a podle způsobu výroby mohou být krystalická nebo granulovaná. Hnojiva kapalná mohou opět být jednosložková nebo vícesložková, vyrábějí se jako číré roztoky nebo suspenze a mohou se dále dělit na minerální hnojiva kapalná

beztlaká, nízkotlaká a vysokotlaká. Obdobně je možné provést i rozdělení statkových hnojiv na tuhá (chlévkový hnůj) a tekutá (močůvka, hnojůvka, kejda), (Hlušek, 2004).

Z hlediska vodních zdrojů se projevují nejnejpříznivěji průmyslová hnojiva, která jsou dobře rozpustná ve vodě a snadno se vyplachují nebo splachují do povrchových vod nebo infiltrují do podzemních vod. Rozhodujícím činitelem ovlivňujícím kvalitu vodních zdrojů jsou dusičnany, které pocházejí zejména z hnojení. Zvýšený obsah dusičnanů ve vodách je dán zejména nesprávným způsobem aplikace hnojiv. Další problematickou oblastí při aplikaci průmyslových hnojiv je, že některá z nich, převážně fosforečná hnojiva, obsahují těžké kovy, zejména kadmium, které se dostává do půdy a následně i do podzemních a povrchových vod (Tlapák, 1992).

3.2.1.1 Minerální (průmyslová) hnojiva

Průmyslová hnojiva jsou nezbytnou podmínkou intenzifikace zemědělské výroby. Jsou to zejména výrobky chemického, báňského, stavebního a hutního průmyslu, která jsou vyráběna průmyslově mimo zemědělský podnik a obsahují značný podíl živin. Pokud nejsme schopni dodat odebrané živiny z půdy hnojivy organickými a nechceme zvyšovat zápornou bilanci živin v půdě, a tím snižovat půdní úrodnost, je třeba chybějící čisté živiny doplnit hnojivy průmyslovými, která jsou nezbytná pro doplňování a rozšiřování zdrojů živin pro rostliny, avšak nemohou nahradit půdně zúrodňovací vliv organických hnojiv (Baier, 1985).

Minerálním hnojivem je podle zákona č. 156/1998 Sb. hnojivo, v němž jsou deklarované živiny obsaženy ve formě minerálních látek. Tyto látky mohou být získány různými fyzikálními či chemickými postupy. Dříve se takto vyrobená hnojiva nazývala „strojená“, „průmyslová“, „umělá“ a podobně. Podle legislativy i terminologicky je dnes správný název „minerální hnojiva“. Ani tento název však nemusí přesně odpovídat složení hnojiv, neboť za minerální hnojivo se ze zákona považují i hnojiva obsahující dusík v organické formě – například dusíkaté vápno, močovina a její produkty. Za minerální hnojiva jsou považována také hnojiva obsahující stopové živiny ve formě chelátů nebo komplexů (Klír et al., 2007).

Podle obsahu živin rozeznáváme jednoduchá hnojiva dusíkatá s nitrátovým (ledkovým), amoniakálním a amonným, amidovým dusíkem a hnojiva s dusíkem

ve dvou a více formách a hnojiva pozvolna působící. Nejdůležitějšími zástupci dusíkatých hnojiv jsou ledek vápenatý, ledek hořečnato-vápenatý, ledek sodný, ledek amonný s vápencem, síran amonný, čpavková voda, močovina, dusíkaté vápno, dusičnan amonný, DAM 390 (Baier, 1985).

Dále jsou zde fosforečná hnojiva, která obsahují hlavní živinu fosfor buď ve formě přímo rostlinám přístupné, nebo ji poskytují až po uvolnění v půdě. Např. superfosfát jednoduchý, superfosfát trojitý, hyperfosfáty, Thomasova moučka (Hlušek, 2004).

Dalšími jednoduchými hnojivy jsou draselná hnojiva, v nichž je oceňován draslík jako hlavní živina. Kromě draslíku mohou tato hnojiva obsahovat určité množství jiných biogenních prvků (Mg, Ca, B aj., z užitečných Na, Cl aj.). Např. draselná sůl (chlorid draselný), síran draselný, kainity. Mezi ostatní jednosložková hnojiva patří hnojiva vápenatá (vápence, sádrovce) a hořečnatá (sírany), (Kunzová, 2010).

Vícesložková hnojiva tvoří skupinu hnojiv, která obsahují dvě a více hlavních živin. Podle jejich počtu se dělí na dvousložková, tříložková a vícesložková. K nejdůležitějším vlastnostem vícesložkových hnojiv patří obsah přijatelných živin a jejich vzájemný poměr. Výhodou u těchto hnojiv je rovnoměrné zastoupení živin v granulích, umožňující stejnoměrnou aplikaci, mají příznivé fyzikální vlastnosti, odpadá míchání jednoduchých hnojiv, obsahují méně škodlivého balastu. Používání vícesložkových hnojiv je ekonomicky výhodnější. Jedinou nevýhodou je konstantní poměr živin, který je možno napravit výrobou hnojiv s různými obsahy a poměry živin. Podle způsobu výroby vícesložkových hnojiv je rozdělujeme na vícesložková hnojiva směsná (smíšená) a kombinovaná (Richter a Hlušek, 1994).

3.2.1.2 Hnojiva statková (organická)

Chlévský hnůj

Chlévský hnůj je zušlechtěná směs podestýlky s tuhými a tekutými výkaly hospodářských zvířat. Chlévská mrva je substrát nezušlechtěný, tj. získaný po vyvezení stáji. Teprve fermentací (zráním) z ní vzniká chlévský hnůj. Chlévský hnůj má pro půdní úrodnost velký význam. Obohacuje půdu o snadno rozložitelné

uhlíkaté a dusíkaté látky, které jsou zdrojem energie, CO₂ a přijatelných forem dusíku i ostatních živin, obsahuje v sušině asi 1–2 % mikroorganismů, které příznivě ovlivňují biologickou půdní činnost, obsahuje růstové látky, hlavně heteroauxin, je zdrojem vody (obsah 60–80 %) a prostřednictvím organických látek zlepšuje fyzikální a fyzikálně chemické vlastnosti půdy. Při výrobě chlévského hnoje je hlavním úkolem zabezpečit uchování co největšího množství organických látek a uchování maximálního množství živin. Při dobrém ošetřování chlévské mrvy se ztráty organické hmoty pohybují od 25–30 %. To znamená, že z 1 t chlévské mrvy se vyrobí 0,7 – 0,75 t hnoje. Při běžném ošetřování se ztráty pohybují kolem 40 a při špatném až 60 %. Ke ztrátám organické hmoty přistupují i ztráty živin, které činí u dusíku 30–40 %, fosforu 10 % a draslíku 20 % (Hlušek, 2004).



Obr. č. 4 – Nevhodně provedené uložení polního hnojiště (foto: autor, 2017)

Kejda

Kejda je částečně prokvašená směs pevných a tekutých výkalů hospodářských zvířat zředěná vodou. Podle původu se může jednat o kejdu skotu, prasat a drůbeže. Kejda vzniká v bezstelivových provozech. Důležitým kvalitativním znakem kejdy je obsah sušiny. U kejdy skotu a prasat je žádoucí obsah sušiny od 7,5 do 15 %, u drůbeže od 15 do 20 %. Organické látky tvoří asi 70 až 80 % sušiny. Kvalitní kejda je

srovnatelná s ostatními statkovými hnojivy, obohacuje se o organické látky a snadno přijatelné živiny. Její složení závisí na druhu hospodářských zvířat, krmení, množství vypité vody, způsobu odklizu a skladování. Nejvíce je však ovlivněno množstvím technologické a jiné vody, jejíž obsah by neměl překročit 20 % vyprodukované neředěné kejdy. Kvalitní kejda (skotu, prasat, drůbeže) je vysoce hodnotné organominerální hnojivo, spojující vlastnosti hnoje a minerálních hnojiv (Baier, 1985).

Druh kejdy	Sušina	Organické látky	N (dusík)	P (fosfor)	K (draslík)
Skot	7,5	5,5	0,4	0,10	0,40
Prasata	7,5	6,0	0,6	0,13	0,27
Drůbež	15,0	10,5	1,0	0,30	0,40

Tab. č. 4 – Průměrný obsah živin v kejdě v % čerstvé hmoty (zdroj: Šálek a Tlapák, 2006)

Močůvka

Močůvka je rozložená moč ustájených hospodářských zvířat zředěná vodou. Patří mezi stájová hnojiva, i když obsah organických látek v ní je nízký. Močůvka je tedy kapalným dusíkato-draselným hnojivem se značně rozdílným obsahem živin. Kromě živin obsahuje také látky stimulační neboli růstové (rostlinné hormony, především auxiny). Močůvka má proto vyšší užitnou hodnotu, než ukazuje samotný obsah živin (Baier, 1985).

Hnojůvka

Hnojůvka je tekutina, která vytéká z hnoje při zrání na hnojišti. Rozdíl mezi močůvkou a hnojůvkou je hlavně v tom, že močůvka obsahuje pouze malé množství mikroorganismů (původní moč je u zdravých zvířat sterilní), kdežto hnojůvka je na mikroorganismy velice bohatá, protože sebou strhuje velkou část mikrobů z hnoje, které se v ní dále množí (Zemánek, 2010).

Kompost

Komposty jsou organická hnojiva, která definujeme jako směs organických látek a zeminy, oživenou užitečnou půdní mikroflórou, v níž probíhají nebo proběhly humusotvorné procesy (Hlušek, 2004). Statkové komposty slouží k recyklaci

organické hmoty v rámci zemědělského podniku. Základem pro jejich výrobu je odpadní rostlinná biomasa a dále chlévská mrva, kejda a zemina. (Richter a Kubát, 2003).

Silážní šťávy

Silážní šťávy vznikají jako odpad při silážování. Je to buněčná šťáva, která se uvolňuje po odumření rostlinných buněk, zejména na počátku silážování. Chemické složení silážních šťáv je značně rozdílné v závislosti na silážované rostlinné hmotě (Richter a Kubát, 2003).

Silážní šťávy mají tmavě hnědou až černou barvu, jsou silně zakalené a páchnou. Jejich reakce je silně kyselá (pH 3,5 až 4,5) z důvodu vysokého podílu alifatických organických kyselin (mléčná, octová, máselná). Dále obsahují různé sacharidy, železo, mangan a dusík v amoniakální formě (Pitter, 2009).

Digestát

Digestát, jinak také fermentační zbytek, je sekundárním produktem anaerobní fermentace biologicky rozložitelných materiálů, který vzniká v bioplynových stanicích v procesu výroby bioplynu (Marada et al., 2008).

Digestát je slabé minerální hnojivo, protože v procesu anaerobní digesce se rozložila labilní organická hmota a zůstaly pouze stabilní organické látky, a to ještě v přebytku vody. V kapalné části digestátu (fugátu) je sice minerální dusík, ale značně zředěný a v jeho pevné části (separátu), pak pouze dusík organický, rostlinám nepřístupný (Kolář et al., 2009).

3.2.2 Přípravky na ochranu rostlin

Podle Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 1107/2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a o zrušení směrnic Rady 79/117/EHS a 91/414/EHS jsou přípravky na ochranu rostlin definovány jako přípravky, které jsou určeny k ochraně rostlin a rostlinných produktů před škodlivými činiteli a nemohou být používány v komunální sféře (Prokop, 2017).

Konkrétní účel použití je dán dle nařízení ES č. 1107/2009 následovně:

- ochrana rostlin či rostlinných produktů před všemi škodlivými organismy, či ochrana před působením těchto organismů, ledaže jsou hlavním důvodem použití těchto přípravků spíše hygienické účely než ochrana rostlin či rostlinných produktů;
 - ovlivňování životních procesů rostlin, například jako látky ovlivňující růst, avšak jinak než jako živiny;
 - uchovávání rostlinných produktů, pokud se na tyto látky nebo produkty nevztahují zvláštní předpisy o konzervantech;
 - ničení nežádoucích rostlin, či rostlin s výjimkou částí řas, pokud přípravky nejsou aplikovány na půdu nebo na vodu k ochraně rostlin;
 - regulace nebo prevence nežádoucího růstu rostlin s výjimkou řas, pokud přípravky nejsou aplikovány na půdu nebo na vodu k ochraně rostlin.
- (Nařízení ES č. 1107/2009)

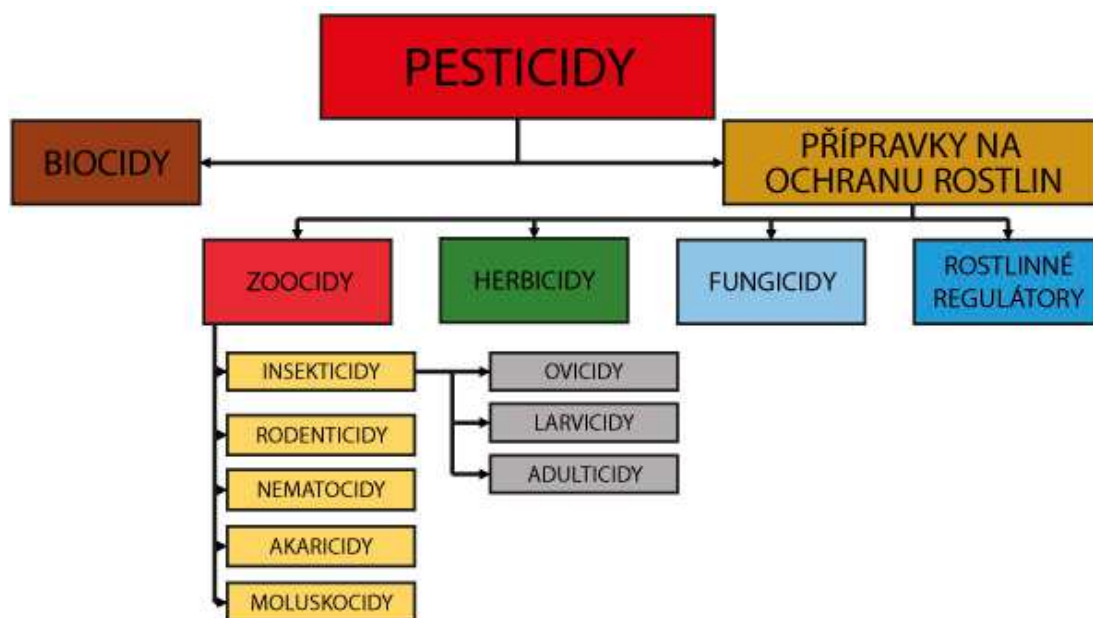
Přípravky na ochranu rostlin jsou jinak nazývány také jako pesticidy. Jsou to chemikálie používané proti škodlivým živočichům, plevelům a parazitickým houbám, které ohrožují zemědělské, zahradní a lesní rostliny, zásoby potravin a zemědělských produktů, průmyslové materiály, užitečná zvířata nebo i samotného člověka (Cremllyn, 1985).

Jiná definice pesticidy označuje jako látky používané k ničení, zabíjení organismů, které člověk z určitého důvodu chce zničit nebo potlačit. Liší se jak svým chemickým složením, tak cílovými skupinami organismů, proti kterým jsou určeny. Pesticidy využívají rozmanitých mechanismů, kterými na cílový organismus působí (Šuta, 2008).

Podle mezinárodní definice FAO (Food and Agriculture Organization) se pesticidem rozumí jakákoli látka nebo směs látek určených k prevenci, ničení nebo zvládnutí jakéhokoli škůdce, včetně vektorů onemocnění člověka nebo zvířat, nežádoucích druhů rostlin nebo živočichů způsobujících škody v průběhu výroby, zpracování, skladování, přepravy nebo uvádění na trh potravin, zemědělských komodit. Termín zahrnuje rovněž látky určené jako regulátory růstu rostlin, defolianty, látky zabíjející předčasněmu pádu ovoce před sklizní a látky aplikované na plodiny před,

nebo po sklizni na ochranu před poškozením během skladování a přepravy (Vlček a Pohanka, 2011).

Rozdělení pesticidů podle jejich účinku na cílový organismus ukazuje následující obrázek:



Obr. č. 5 – Schéma rozdělení pesticidů (Prokop, 2017)

Pesticidy mohou být anorganické nebo organické povahy. Aktivní anorganickou složkou může být Cu, Hg, As, Pb, F, polysulfidy a elementární síra. Převládají však látky organické. Organické pesticidy lze rozdělit do několika skupin, z nichž nejdůležitější jsou organochlorové a organofosforové pesticidy. Z ostatních skupin organických látek lze jmenovat karbamáty, heterocyklické sloučeniny (triaziny a jejich deriváty), fenoxyalifatické kyseliny, deriváty močoviny, deriváty fenolů a další (Pitter, 2009).

Pesticidy, které jsou vnášeny do životního prostředí, se dostávají do povrchových a podzemních vod, zde se pohybují, přetrvávají a rozkládají různým způsobem. Jejich chování ve vodním prostředí je dáno zejména jejich rozpustností, přilnavostí, adsorpcí, perzistencí, případně dalšími faktory. Zbytky pesticidů a jejich rozkladných produktů, které přetrvávají v plodinách, půdě a ve vodě se nazývají rezidua. Rezidua pesticidů pak mohou mít další negativní vliv na kvalitu vod (Witlingerová, 1999).

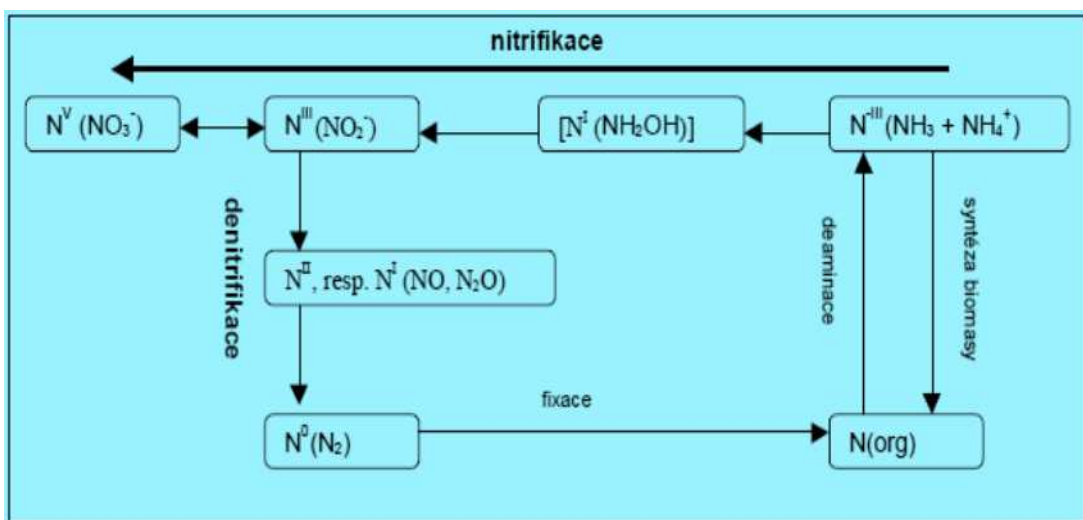
3.3 Některé významné ukazatele znečištění ve vodách

3.3.1 Dusík a jeho formy

Dusík spolu s fosforem patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky, které náleží do skupiny tzv. nutrientů, které jsou nezbytné pro rozvoj mikroorganismů. Uplatňuje se při všech biologických procesech probíhajících v povrchových, podzemních a odpadních vodách a při biologických procesech čištění a úpravy vody. Sloučeniny dusíku mohou být buď anorganického, nebo organického původu (Pitter, 2009).

Obsah celkového dusíku můžeme vyjádřit jako součet čtyř hlavních forem výskytu – amoniakálního ($N-NH_4^+$), dusitanového ($N-NO_2^-$), dusičnanového ($N-NO_3^-$) a organického dusíku (N_{org}): $N_{celk} = N-NH_4 + N-NO_2 + N-NO_3 + N_{org}$ (Langhammer, 2002).

Z biochemických přeměn anorganických forem dusíku je nejdůležitější oxidace amoniakálního dusíku na dusitany až dusičnany (nitrifikace) a redukce dusičnanů na elementární dusík (denitrifikace) jak je znázorněno v následujícím obrázku č. 6.



Obr. č. 6 – Přeměny anorganických forem dusíku (Langhammer, 2002)

Významným zdrojem dusíku jsou splaškové vody, dalším zdrojem jsou pak odpady ze zemědělství, především z živočišné výroby. Neméně významným zdrojem jsou splachy ze zemědělsky obdělávané půdy hnojené dusíkatými hnojivy a některé průmyslové odpadní vody (Pitter, 2009).

Z jednotlivých forem dusíku se na největším znečištění povrchových a podzemních vod podílejí dusičnany a amoniakální forma dusíku (Wittlingerová, 1999).

Dlouhodobé využívání pitné vody s vysokými koncentracemi dusičnanů má na lidský organismus toxické účinky, prostřednictvím methemoglobinémie způsobované dusitany, které mohou vznikat v lidském těle bakteriální činností z dusičnanů. Dusitany mohou kromě toho spolupůsobit při vzniku N-nitrosoaminů, které jsou karcinogenní. Amoniakální dusík (přesněji nedisociované molekuly NH_3) má toxické účinky na vodní faunu, především ryby (Kvítek, 2017).

3.3.2 Fosfor a jeho formy

Přírodním zdrojem fosforu ve vodách je rozpouštění a vyluhování některých půd, minerálů a zvětralých hornin. Obsah fosforu v půdách se pohybuje v rozmezí od 400 mg/kg do 1200 mg/kg (Pitter, 2009).

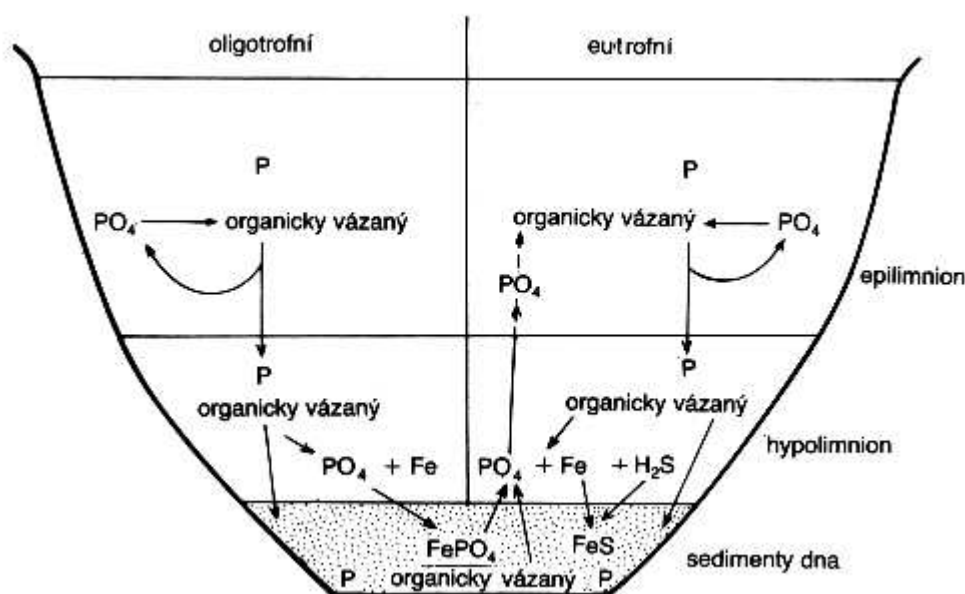
Distribuce fosforu mezi půdními částicemi různých rozměrů (velikostí) je zásadní vlastnost vzhledem k procesům uvolňování a transportu fosforu, neboť náchylnost jednotlivých půdních frakcí k rozměňování (odlučování), erozi a přesunu je různá. Na obsah fosforu má značný vliv hnojení, konkrétně dávky hnojivy, pěstované plodiny a způsob zapravení hnojiva do půdy. Vysoký obsah látek fosforu byl např. zjištěn u písčité frakce půdy, která byla hnojena velkými dávkami chlévské mrvy, aplikované bez jejího zapravení do půdy (Kvítek, 2017).

Fosfor je prvek, který se ve vodách vyskytuje v organických nebo anorganických sloučeninách (Langhammer, 2002).

Celkový fosfor ve vodách lze rozdělit na rozpuštěný P_{rozp} a na nerozpuštěný P_{nerozp} . Rozpuštěný i nerozpuštěný fosfor se dále dělí na anorganicky (P_{anorg}) a organicky (P_{org}) vázaný. Anorganicky vázaný P_{rozp} se dělí na orthofosforečnanový a polyfosforečnanový. Běžně se analyticky stanovuje fosfor celkový (P_{celk} nebo také TP – total phosphorus), orthofosforečnanový fosfor (P-PO_4 , častěji označován jako rozpuštěný reaktivní fosfor), partikulární fosfor a fosfor vázaný v hydrolyzovatelných fosforečnanech (Kvítek, 2017).

Hlavním zdrojem fosforu v povrchových vodách jsou antropogenní aktivity. Vlastní zdroje fosforu pokrývají všechny typy zdrojů emisí - od bodových zdrojů, tvořených vypouštěním komunálních i průmyslových odpadních vod po zdroje plošné, způsobené splachy ze zemědělských ploch. Hlavním a stabilním zdrojem emisí fosforu z komunálních zdrojů je fosfor z fekálních odpadů, přítomný ve splaškových odpadních vodách. Druhou složkou zátěže fosforem z komunálních zdrojů je fosfor, obsažený v pracích a čisticích prostředcích, využívaných v domácnostech (Langhammer, 2002).

Sloučeniny fosforu mají významnou úlohu v přírodním koloběhu látek. Jsou nezbytné pro nižší i vyšší organismy, které je přeměňují na organicky vázaný fosfor. Po uhynutí a rozkladu organismů se fosforečnany opět uvolňují do prostředí. Fosfor má také klíčový význam pro eutrofizaci povrchových vod (Pitter, 2009).



Obr. č. 7 – Koloběh fosforu ve vodním ekosystému (<http://web2.mendelu.cz>)

3.3.3 Organické znečištění

Organické znečištění zahrnuje pestré směs různých organických látek, které mohou být původu přírodního nebo antropogenního. Kvalitativní a kvantitativní stanovení jednotlivých sloučenin se kvůli pracnosti zpravidla neprovádí. Pro potřebu získání

informací o organickém zatížení jsou obvykle používána takzvaná skupinová stanovení, kterými se stanovuje skupina příbuzných látek pomocí jednoho standardu. Mezi skupinová stanovení patří metody, kterými se stanovuje suma všech organických látek pomocí kyslíku spotřebovaného na jejich oxidaci. V případě chemické oxidace je to CHSK (chemická spotřeba kyslíku), metoda založená na biochemické oxidaci se nazývá BSK (biochemická spotřeba kyslíku). Dalším skupinovým stanovením je TOC (total organic carbon), neboli celkový organický uhlík (Chudoba et al., 1991).

Organické látky antropogenního původu, které pocházejí ze splaškových a průmyslových odpadních vod, z odpadů ze zemědělství, ze skládek atd., se v povrchových vodách vyskytují společně s organickými látkami přírodního původu, a proto je velice těžké posoudit původ znečištění. Přítomnost organických látek nelze považovat za jednoznačný průkaz znečištění antropogenního původu (Pitter, 2009).

3.3.4 Těžké kovy

Při posuzování znečištění prostředí kovy či polokovy se často hovoří o samostatné skupině kovů zvaných těžké nebo toxické. Tato skupina však není přesně specifikována, z chemického hlediska ji lze definovat objemovou hmotností větší než 5 g/cm^3 . Mezi toxické kovy vyskytující se ve vodách patří zejména Hg, Cd, Pb, As, Se, Cr, Ni, Be, Ag a Sb. Z hlediska toxicity má prioritní význam rtuť, kadmium, olovo a arsen (Pitter, 2009).

Většina těžkých kovů má schopnost postupně se akumulovat z vodního prostředí do sedimentů a do živých organismů. Nejvyšší akumulací koeficient mají kadmium, rtuť a olovo. Zdrojem těžkých kovů jsou především metalurgické závody, tepelné elektrárny, doprava, zemědělství (hnojiva s obsahem kadmia, moření osiva sloučeninami obsahujícími rtuť), důlní vody a průsakové vody ze složišť popílku (Adámek, 2010).

3.3.5 Pesticidy ve vodách

Pesticidy mohou být ve vodách přítomny buď rozpuštěné, nebo nerozpuštěné. Ze značné části mohou být sorbovány na nerozpuštěných látkách minerální i

organické povahy. Proto jejich stanovení jenom v kapalné fázi není pro odpovědné hodnocení celkového znečištění vodního útvaru postačující a je nezbytná i analýza sedimentů, kalů a půdy. Vzhledem ke své nebezpečnosti vyžadují pesticidy cílené sledování, i když jejich stanovení ve vodách je náročné (Pitter, 2009).

Dynamika a intenzita vyplavování pesticidů je složitý proces, který souvisí s řadou fyzikálních a chemických vlastností půdy a také s parametry pesticidů, s jejich dávkami a načasováním aplikace, agrotechnikou, mobilitou, resp. potenciálem vyplavení různých látek. Pro kontaminaci povrchových vod jsou individuální procesy méně významné než doba, po kterou může pesticidní látka reagovat s okolní půdou a zbytky rostlin, Zrychlený odtok (jakéhokoliv typu) významně snižuje čas na reakci pesticidů s prostředím (sorpci nebo degradaci) a může vést k přímému vyplavování mateřské látky do povrchových vod (Kvítek et al., 2017).

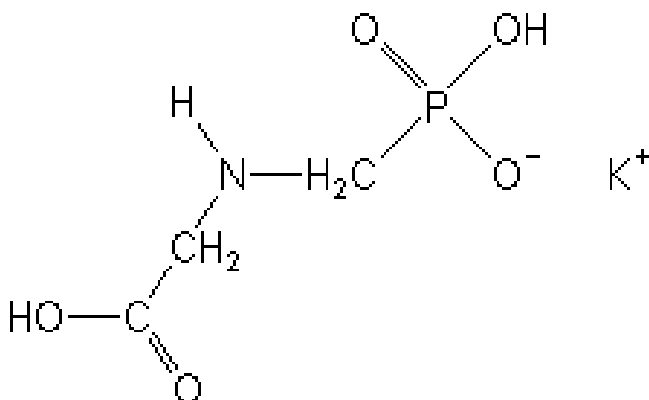
Současné systémy zemědělské produkce potravin, krmiv a biomasy jsou nerozlučně svázané s používáním herbicidů, fungicidů a insekticidů. Celosvětově se každý rok spotřebuje cca 3,3 milionů tun pesticidů, z toho cca 420 tis. tun v Evropě a 4,8 tis. tun v ČR. Jejich použití je zdůvodňováno potřebou zajistit dostatečnou kvantitu a kvalitu potravin a krmiv, ale zároveň představuje jeden z největších úmyslných vstupů potenciálně nebezpečných látek do půdy, vody, ovzduší a plodin. I pokud jsou pesticidy používány dle příslušných nařízení, jen malá část účinně zasahuje cíle (škůdce), zatímco dominantní část aplikovaného množství se stává krátkodobými či dlouhodobými kontaminanty životního prostředí s celou řadou možných negativních vlivů (Hofman, 2018).

Jednou z kategorií herbicidů jsou triazinové herbicidy. Jedná se o organické sloučeniny s třemi atomy dusíku vázanými v kruhovém cyklu. Zatímco některé z triazinů byly v EU zakázány a používají se stále v USA (atrazin, simazin), jiné se používat v EU mohou (např. terbutylazin). Triazinové herbicidy jsou ve velké míře používány např. při pěstování kukuřice (Dragus et al., 2012).

Jak uvádí Hofman (2018), terbutylazin a jeho transformační produkty jsou často nacházeny jak v povrchových tak podzemních vodách. Zejména se jedná o hydroxy-terbutylazin a desetyl-terbutylazin.

Významným herbicidem, který se používá ve velkém množství je glyfosát. Jedná se o širokospektrální herbicid globálně používaný na plevely na orné půdě. Princip jeho účinku je inhibice enzymu zapojeného do syntézy aminokyselin a je účinný pouze na rostoucí rostliny. Do životního prostředí se glyfosát dostává zejména vlastní aplikací. V půdě je pevně vázán a degraduje průměrně za 45 dní. Ve vodním prostředí degraduje oproti půdě asi dvakrát pomaleji a pro vodní prostředí je nebezpečný. V roce 2013 bylo v ČR spotřebováno 935 469 kg glyfosátu, přičemž asi 50 % bylo použito při pěstování obilnin. Pokud se týká jeho toxicity, pak v roce 2015 přišla Světová zdravotnická organizace a Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny s hodnocením glyfosátu jako potencionálně karcinogenní látky, která může způsobovat rakovinu krve. Nicméně o toxicitě glyfosátu je v současné době vedeno mnoho vědeckých, ale i politických sporů (<http://hydro.chmi.cz/pasporty/>, www.arnika.org).

Podle posledních zpráv o omezování používání glyfosátu z Ministerstva zemědělství je od ledna 2019 zakázáno používání přípravků s obsahem glyfosátu pro tzv. desikaci, tedy dozrávání některých plodin či zvýšení podílu sušiny porostu před sklizní. Omezeno je rovněž plošné používání glyfosátu. Změnu pravidel použití pro nakládání s přípravky obsahujícími glyfosát umožnilo prováděcí nařízení Evropské komise. To sice obnovilo schválení účinné látky glyfosát, současně však umožnilo členským státům, aby na národní úrovni rozhodly o omezení jejího použití (www.eagri.cz/public).



Obr. č. 8 – Strukturální vzorec draselné soli glyfosátu (zdroj: <http://hydro.chmi.cz>)

Praktická část

4. Metodika

Na významném vodním toku Malše a jejích přítocích (řeka Stropnice a Černá) jsou umístěny profily pro odběr vzorků. Tyto profily mají přesně danou polohu, a to pokud se týká říčního kilometru i pokud se jedná o konkrétní umístění odběrného místa (levý nebo pravý břeh). Pro posouzení a vyhodnocení jakosti povrchových vod ve vodním toku Malše a jejích vybraných přítocích byly vybrány následující profily jakosti vod, které jsou uvedeny v tabulce č. 5.

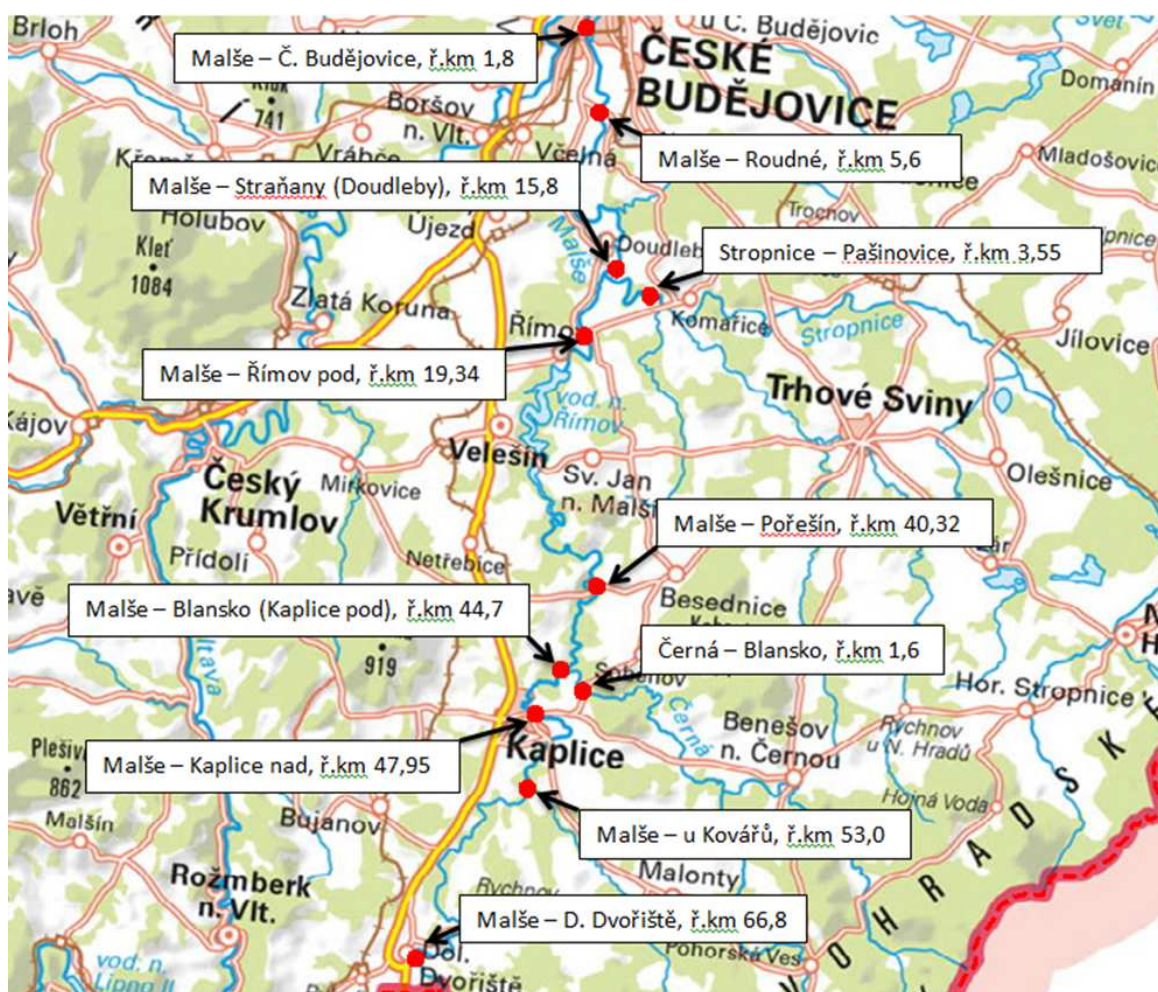
Vodní tok	Profil jakosti	ř.km
Malše	České Budějovice	1,80
Malše	Roudné	5,60
Malše	Straňany (Doudleby)	15,80
Malše	Římov pod	19,34
Malše	Pořešín	40,32
Malše	Blansko (Kaplice pod)	44,70
Malše	Kaplice nad	47,95
Malše	u Kovářů	53,00
Malše	Dolní Dvořiště	66,80
Stropnice	Pašínovice	3,55
Černá	Blansko	1,60

Tabulka č. 5 – Seznam profilů sledování jakosti

Sledování jakosti povrchových vod v uvedených profilech pravidelně provádí vodohospodářská laboratoř Povodí Vltavy, státní podnik, pracoviště České Budějovice. V těchto profilech je sledována celá řada fyzikálních i chemických ukazatelů, jako např. teplota vody, barva, zákal, pH, konduktivita, rozpuštěné a nerozpuštěné látky, rozpuštěný kyslík, nasycení kyslíkem, organické znečištění (CHSK_{Cr}, BSK₅, TOC, DOC), nutrienty a jejich formy (N-celk., N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, dusičnany, P-celk., P-PO₄), těžké kovy, specifické organické látky (PAU, PCB, pesticidy), léčiva atd.

Pro potřeby diplomové práce byla využita některá data ze sledování jakosti od státního podniku Povodí Vltavy. Tato data byla poskytnuta na základě Předávacího protokolu č. 5/2019.

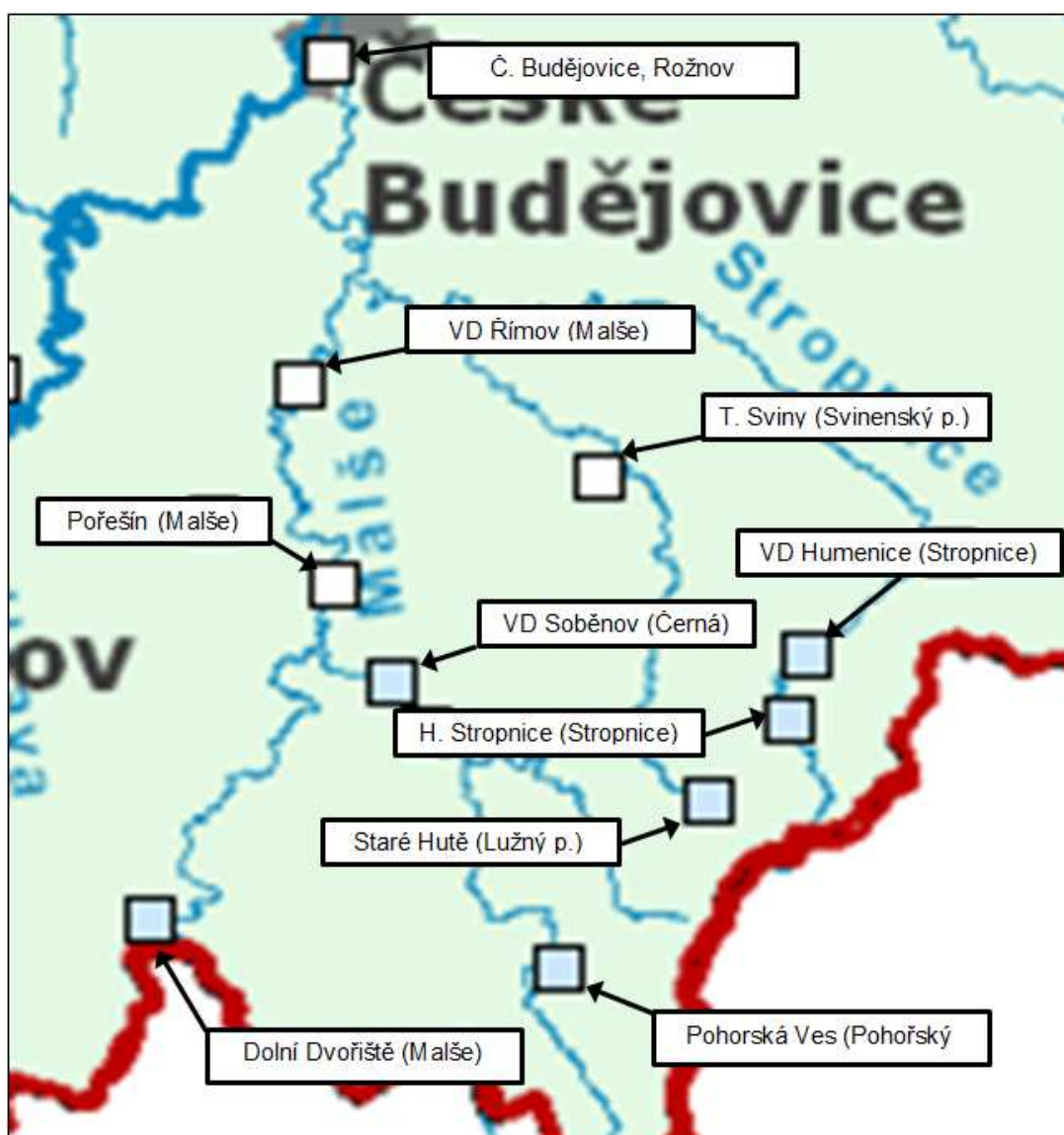
Rozbory povrchových vod v daných profilech byly použity ze sledování v roce 2018. Každý profil byl vzorkován jednou měsíčně. Profily jsou vyznačeny v následujícím obrázku č. 9.



Obr.č. 9 – Mapa s vyznačením sledovaných profilů (zdroj mapy GISyPoNET, popisky a značky-upraveno: autor)

Z jednotlivých rozborů byly vybrány následující ukazatele ke statistickému zpracování: P-celk., N-celk., N-NH₄, N-NO₃, CHSK_{Cr}, TOC, BSK₅, Cd, Pb, rozp. O₂, teplota vody a pesticidy (glyfosát, triazinové herbicidy). V každém profilu byl z dvanácti měsíčních hodnot spočítán roční průměr v jednotlivém ukazateli. Tento roční průměr byl následně porovnán s hodnotami přípustného znečištění povrchových vod dle přílohy č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Ukazatele rozp. O₂, teplota vody a pesticidy byly měřeny jen v některých profilech.

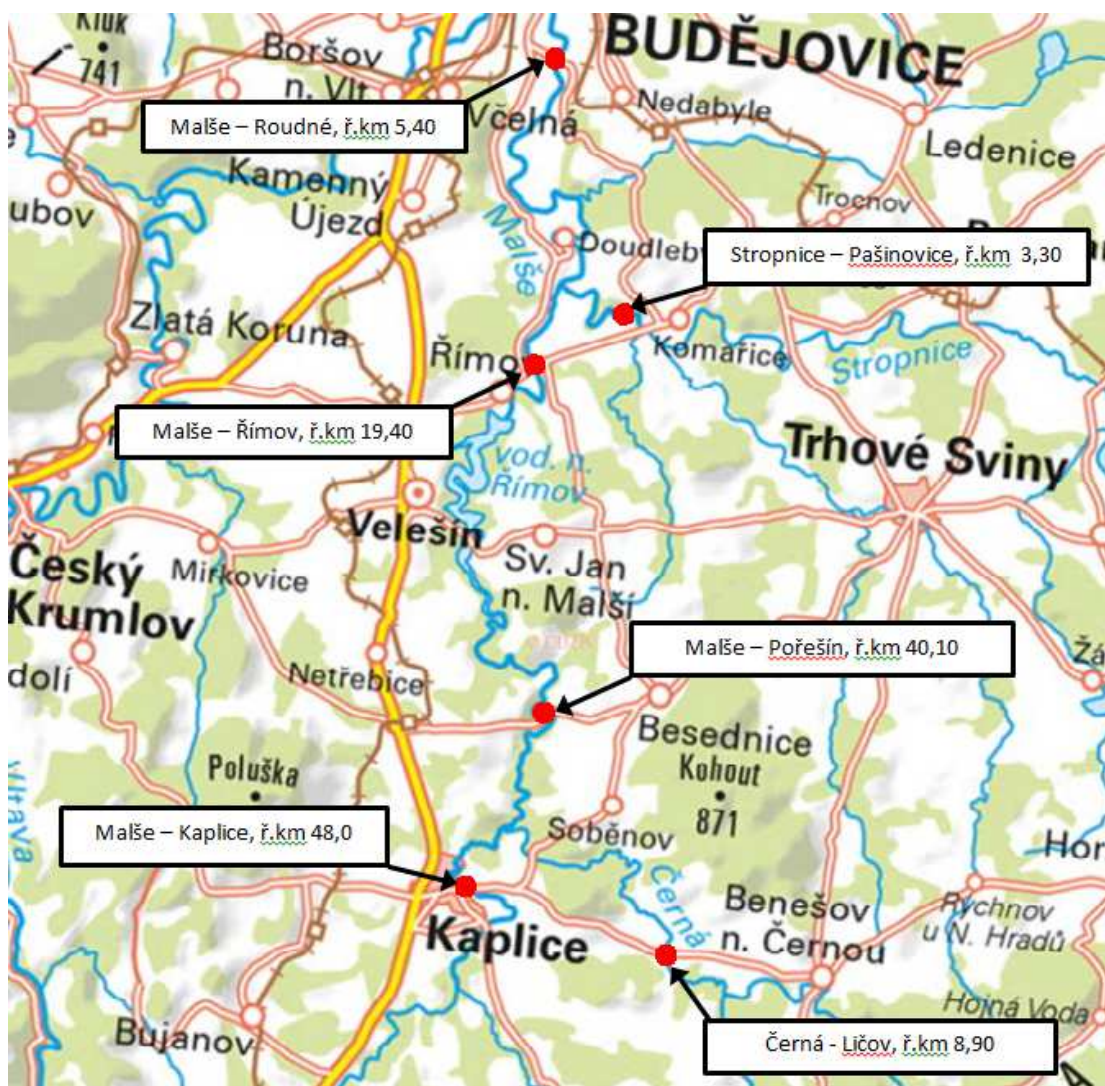
Kromě vyhodnocení jakosti povrchových vod byla také vyhodnocena poskytnutá hydrologická data. Konkrétně se jedná o srážkové úhrny ze srážkoměrných stanic v povodí řeky Malše, údaje o průtocích z limnigrafických stanic a údaje o teplotě vody. Hodnoty srážek byly převzaty ze srážkoměrných stanic od státního podniku Povodí Vltavy. Hodnoty okamžitých průtoků byly převzaty rovněž od státního podniku Povodí Vltavy z limnigrafů. Umístění srážkoměrných stanic v rámci povodí je zobrazeno na následujícím obrázku č. 10.



Obr.č. 10 – Mapa s vyznačením srážkoměrných stanic (zdroj www.pvl.cz, popisky a značky – upraveno: autor)

Srážkoměrné stanice automaticky zaznamenávají dopadlé srážky a jejich úhrn za posledních 24 hodin v 7:00 každý den.

Údaje o aktuálních průtocích v jednotlivých profilech jsou vždy k 7:00 každého dne. Takto změřené hodnoty průtoků byly statisticky zpracovány do grafu. Mapa s umístěním jednotlivých limnigrafů je v následujícím obrázku č. 11.



Obr.č. 11 – Mapa s vyznačením umístění limnigrafů (zdroj mapy GISyPoNET, popisky a značky - upraveno autor)

Data o průtocích z jednotlivých limnigrafů byla využita pro porovnání aktuálních průtoků v době odběru vzorků. Významně vysoké hodnoty průtoků nad dlouhodobý normál, stejně jako významně nízké průtoky mají vztah k naměřeným hodnotám znečištění v povrchových vodách.

5. Výsledky

5.1 Vyhodnocení hydrologických dat v povodí Malše

5.1.1 Vyhodnocení srážek

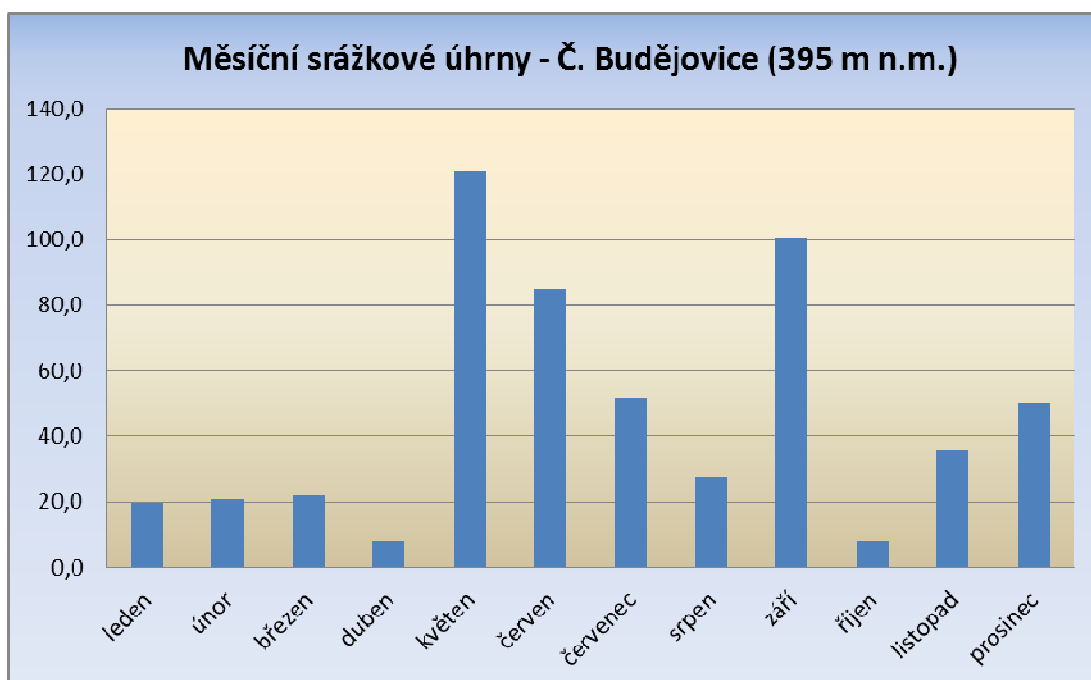
V povodí řeky Malše byly pro vyhodnocení údajů o srážkových úhrnech vybrány následující srážkoměrné stanice: Č. Budějovice (Malše), VD Římov (Malše), Pořešín (Malše), Dolní Dvořiště (Malše), VD Soběnov (Černá), Pohorská Ves (Pohořský p.), Trhové Sviny (Svinenský p.), Staré Hutě (Lužný p.), VD Humenice (Stropnice) a Horní Stropnice (Stropnice). V těchto srážkoměrných stanicích, u kterých se zaznamenávají dopadlé srážky kontinuálně, byly spočítány celkové srážkové úhrny za rok 2018 a také vždy nejvyšší zaznamenaná srážka v daném dni. Všechny tyto údaje byly zaneseny do následující tabulky č. 6. Dále byly statisticky zpracovány jednotlivé měsíční srážkové úhrny, které byly vyneseny do grafů č. 1 až 3.

Srážkoměr	max. srážka [mm/den]	srážk. úhrn za rok [mm/rok]
Č. Budějovice (Malše)	43,0 (3. 5. - 4.5.)	551
VD Římov (Malše)	42,7 (24.5.-25.5.)	553
Pořešín (Malše)	48,4 (28.6.-29.6.)	651
Dolní Dvořiště (Malše)	30,0 (12.6.-13.6.)	452
VD Soběnov (Černá)	51,6 (3.9.-4.9.)	762
Pohorská Ves (Pohořský p.)	57,4 (12.6.-13.6.)	748
Trhové Sviny (Svinenský p.)	33,4 (3.5.-4.5.)	516
Staré Hutě (Lužný p.)	62,0 (28.6.-29.6.)	815
VD Humenice (Stropnice)	40,4 (3.9.-4.9.)	628
Horní Stropnice (Stropnice)	46,8 (3.9.-4.6.)	712

Tabulka č. 6. - Vyhodnocení srážkových úhrnů v roce 2018

Dle předběžné zprávy Českého hydrometeorologického ústavu „Sucho v roce 2018“ byl v roce 2018 roční srážkový úhrn na území České republiky 522 mm, což odpovídá pouze 76 % normálu z let 1981-2010, který činí 686 mm. Nižší úhrn srážek byl v období od roku 1961 zaznamenán pouze v roce 2003 (504 mm) a i v suchém roce 2015 spadlo na území ČR v průměru 532 mm srážek.

Pokud porovnáme roční srážkový úhrn na území ČR s naměřenými hodnotami ze srážkoměrných stanic v povodí řeky Malše, pak můžeme konstatovat, že údaje v nižších nadmořských výškách (stanice Č. Budějovice – 551 mm, VD Římov – 553 mm nebo Trhové Sviny – 516 mm) více či méně korespondují s celostátním průměrem za rok 2018. Když však údaje z těchto stanic porovnáme s dlouhodobým srážkovým normálem (1981-2010) pro Jihočeský kraj (687 mm), pak je zřejmé, že i zde vidíme srážkový deficit, který se pohybuje mezi 75 a 80 % normálu. Měsíční srážkové úhrny v milimetrech na metr čtvereční ze srážkoměrné stanice v Českých Budějovicích (nadm. výška – 395 m n.m.) jsou zobrazeny v následujícím grafu č. 1.



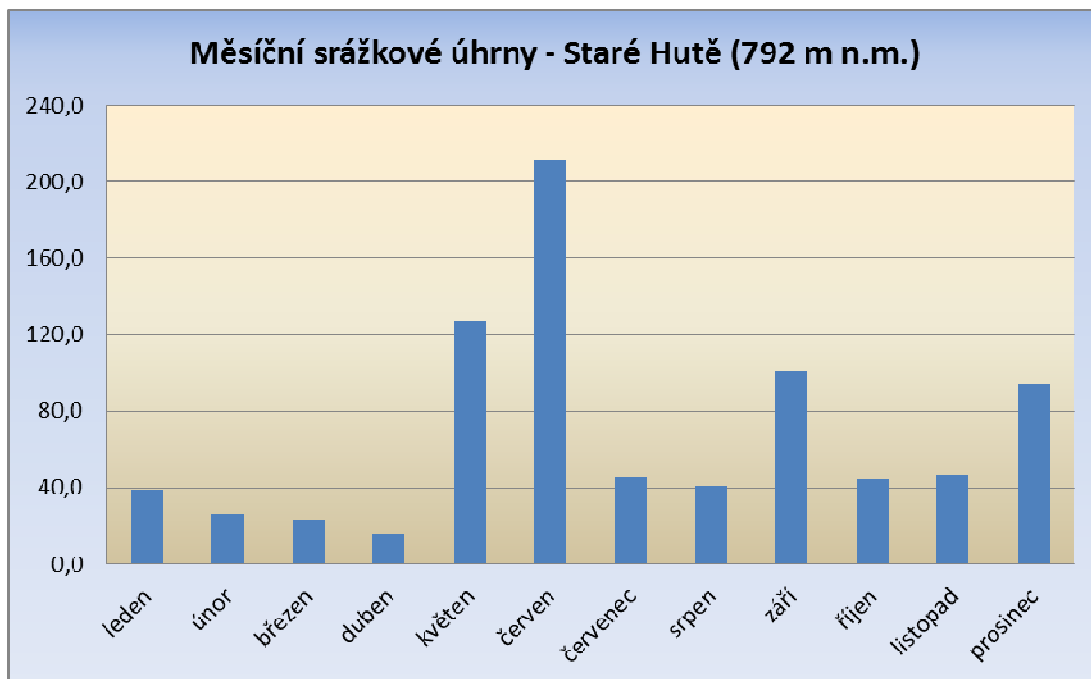
Graf č. 1 – Měsíční srážkové úhrny (mm) v roce 2018 v Č. Budějovicích

Z výše uvedeného grafu vyplývá, že srážkově nejbohatší byly měsíce květen, září a červen, ve kterých dohromady spadla více než polovina ročního úhrnu srážek (307 mm). Naopak v dubnu a říjnu byly srážkové úhrny shodně jen 8 mm a jednalo se tak o nejsušší měsíce v roce. Z hlediska zemědělského hospodaření, kdy je nejvíce vláhy potřeba v jarních měsících, byla situace v roce 2018 značně nepříznivá.

Srážkové úhrny v roce 2018 byly velmi nízké i v horských oblastech Novohradských hor a v jejich podhůří. Dle Culka et al. (2013) se běžné srážkové úhrny na úpatí Novohradských hor pohybují mezi 700 – 800 mm (např. Dobrá Voda – 785 mm) a

uvnitř pohoří dosahují nad 900 mm (např. Pohoří na Šumavě – 915 mm), v nejvyšších polohách pak i nad 1000 mm.

Pro vyhodnocení srážkových poměrů v horské a podhorské oblasti Novohradských hor byla zpracována data ze srážkoměrné stanice ve Starých Hutích (nadmořská výška – 792 m n. m.) a v Pohorské Vsi (nadmořská výška – 773 m n.m). Měsíční srážkové úhrny v milimetrech na metr čtvereční z těchto srážkoměrných stanic jsou zobrazeny v grafech č. 2 a 3.



Graf č. 2 – Měsíční srážkové úhrny (mm) v roce 2018 ve Starých Hutích

Z prezentovaných grafů je zřejmé, že srážkové úhrny a rozložení srážek během roku v horských a podhorských oblastech Novohradských hor je odlišné od nižších oblastí českobudějovické pánve. V horských a podhorských oblastech byly celkové srážkové úhrny v roce 2018 cca o 200-250 mm vyšší než v nižších oblastech, např. v okolí měst České Budějovice nebo Trhové Sviny. Také rozložení srážek a maximální denní úhrny se liší. Zatímco nejvyšší denní úhrn srážek v horské oblasti (stanice Staré Hutě) byl v červnu 62 mm, ve stanici České Budějovice to bylo v květnu 43 mm. Další zajímavou skutečností, která z porovnání dat vyplývá je, že zatímco v nižších polohách byly některé měsíce prakticky beze srážek (např. duben a říjen), v horských a podhorských oblastech i v těchto měsících spadly nějaké srážky, byť ne nijak významné.



Graf č. 3 – Měsíční srážkové úhrny (mm) v roce 2018 v Pohorské Vsi

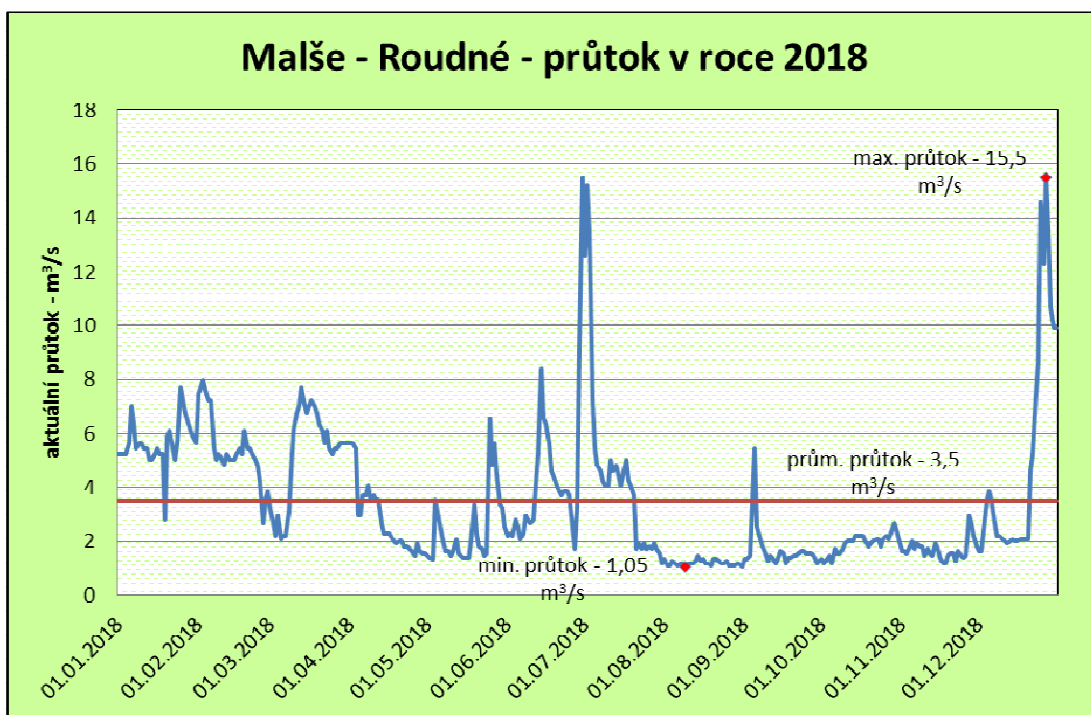
Grafy srážkových úhrnů z ostatních srážkoměrných stanic v povodí řeky Malše jsou uvedeny v příloze č. 1.

5.1.2 Vyhodnocení průtoků

V povodí řeky Malše byly pro vyhodnocení údajů o odtokových poměrech vybrány následující limnigrafické stanice: Malše – Roudné, Malše – Římov, Malše – Pořešín, Malše – Kaplice, Stropnice – Pašínovice a Černá – Líčov. Na uvedených limnigrafických stanicích probíhá kontinuální záznam stavu (výšky hladiny) a průtoku vody v korytě vodního toku. Pro vyhodnocení odtokových poměrů na řece Malši a jejích dvou nejvýznamnějších přítoků (Stropnice, Černá) byly zpracovány grafy průběhu průtoku v denních údajích vždy k sedmé hodině ranní. Dále byl spočítán průměrný roční průtok a maximální a minimální průtoky v roce 2018.

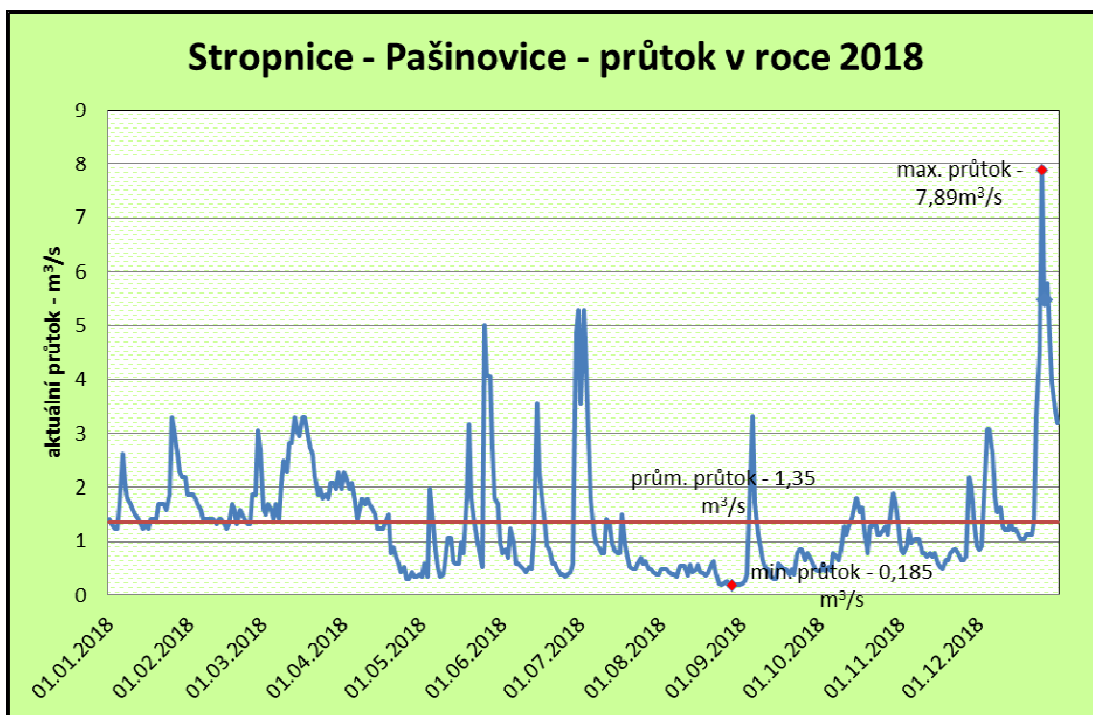
Z grafu průtoku v profilu Malše – Roudné za rok 2018 vyplývá, že se v daném roce průtoky nejčastěji pohybovaly mezi 1 a 7 m³/s. Maximální zaznamenaný průtok byl dne 30. 6. a 27. 12. (shodně 15,5 m³/s) a další vysoké průtoky byly dne 2. 7. (15,2 m³/s) a 25. 12. (14,6 m³/s). Vysoké červnové a červencové průtoky odpovídají předchozím vyšším srážkám v povodí, stejně tak i vysoké prosincové průtoky. Na zvýšených prosincových průtocích se také podílelo zvýšení teplot a tzv. vánoční obleva. Průměrný průtok v řece Malši v profilu Roudné byl v roce 2018 3,5 m³/s.

Tato hodnota je v porovnání s dlouhodobým průměrným průtokem $7,26 \text{ m}^3/\text{s}$, který udává ČHMÚ, ani ne poloviční. I zde se tedy ukazuje, že rok 2018 byl velmi suchým rokem. Zvláště období v průběhu srpna, kdy se hodnoty průtoků pohybovaly kolem $1 \text{ m}^3/\text{s}$ patřilo k těm nejsušším v celém roce. Konkrétní průběh průtoků v řece Malši v profilu Roudné, včetně vyznačení průměrného ročního průtoků, maximálních a minimálních hodnot průtoků je zpracován do následujícího grafu č. 4.



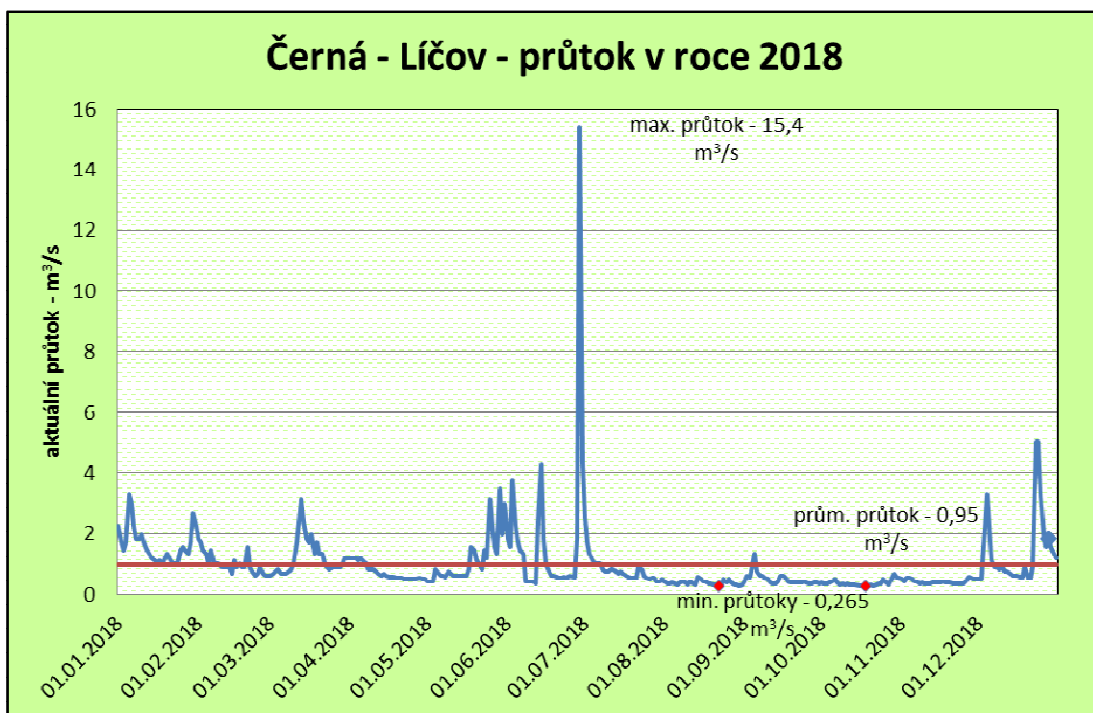
Graf č. 4 – Průběh průtoků v roce 2018 v profilu Malše – Roudné

V dalším grafu je zpracován průtoků v řece Stropnici v profilu Pašínovice, včetně vyznačení průměrného ročního průtoků, maximálních a minimálních hodnot průtoků. Maximální průtoky se vyskytují koncem května a v červnu a koncem června. Tyto hodnoty opět korespondují se zaznamenanými srážkami v daném období. Vůbec nejvyšší průtok byl zaznamenán dne 25. 12. 2018 a opět souvisí s vyšším množstvím srážek v prosinci a také s výraznějším oteplením v druhé půlce prosince. Průměrný průtok v řece Stropnici v profilu Pašínovice byl v roce 2018 $1,35 \text{ m}^3/\text{s}$. Tato hodnota je opět velmi nízká v porovnání s průměrnou dlouhodobou hodnotou $2,45 \text{ m}^3/\text{s}$, kterou udává ČHMÚ. S tímto údajem korespondují také nejnižší zaznamenané průtoky (mezi $0,19$ a $0,40 \text{ m}^3/\text{s}$), které se vyskytovaly také v srpnu, stejně jako na Malši. Dalším obdobím s nízkými průtoky bylo také jaro (konec dubna).



Graf č. 5 – Průběh průtoku v roce 2018 v profilu Stropnice – Pašinovice

Posledním grafem je průběh průtoku v řece Černá v profilu Líčov za loňský rok. Údaje jsou zpracovány do následujícího grafu č. 6.



Graf č. 6 – Průběh průtoku v roce 2018 v profilu Černá – Líčov

V grafu č. 6 je zajímavým momentem náhlé zvýšení průtoku v rádech hodin dne 29. 6. 2018 na hodnotu 15,4 m³/s. Tento vzestup průtoku souvisí zřejmě s vydatnou srážkou zaznamenanou dne 28.6. a 29.6. na srážkoměrné stanici Staré Hutě, kde během 24 hodin spadlo 62 mm. Jinak se v průtocích opět projevují důsledky velmi suchého roku 2018 s významně podprůměrnými srážkami.

5.2 Vyhodnocení údajů o jakosti ve vodním toku Malše



Obr. č. 12 – Profil jakosti Malše Roudné, ř.km 5,6 (foto: autor, 2018)

Pro vyhodnocení jakosti ve vodním toku Malši byly využity ukazatele, které vyjadřují obsah živin v povrchové vodě. Jednalo se o obsah fosforu, dusíku a jeho forem. Původcem tohoto znečištění jsou jednak bodové zdroje, nejčastěji komunální čistírny odpadních vod a pak také zdroje plošné, zejména zemědělské hospodaření.

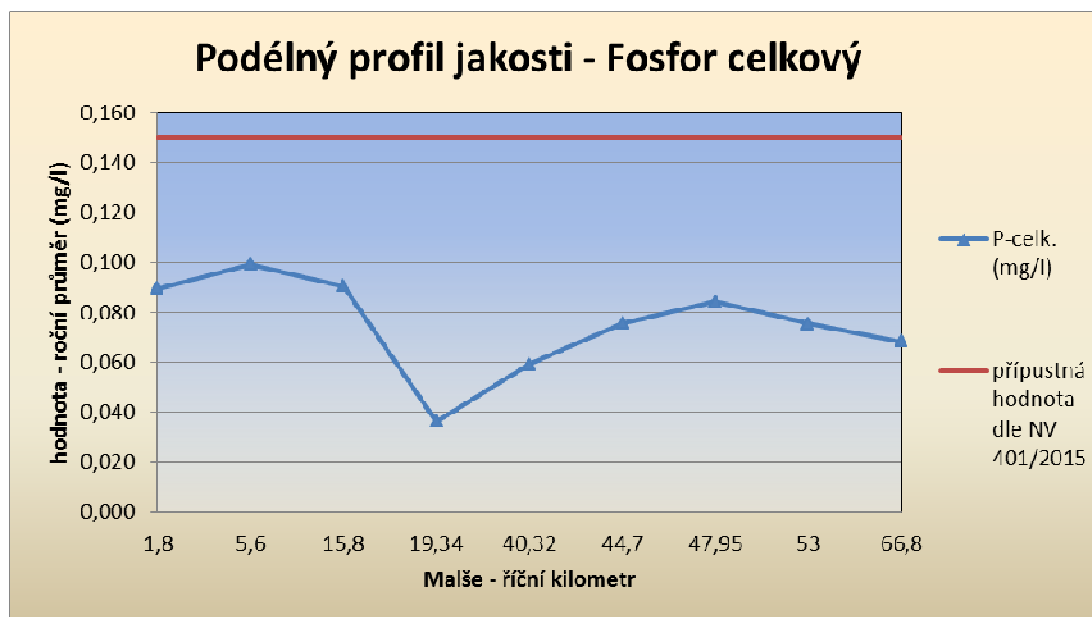
Prvním ukazatelem, který byl hodnocen, je celkový fosfor (P-celk.). Jednotlivé hodnoty ročních průměrů ve sledovaných profilech jsou uvedeny v tabulce č. 7 na následující stránce.

Vodní tok	Profil jakosti	ř.km	Fosfor celkový	
			roční průměr (mg/l)	přípustné znečištění - roční průměr (mg/l)*
Malše	České Budějovice	1,80	0,090	0,150
Malše	Roudné	5,60	0,099	0,150
Malše	Straňany (Doudleby)	15,80	0,091	0,150
Malše	Římov pod	19,34	0,036	0,150
Malše	Pořešín	40,32	0,059	0,150
Malše	Blansko (Kaplice pod)	44,70	0,076	0,150
Malše	Kaplice nad	47,95	0,084	0,150
Malše	u Kovářů	53,00	0,075	0,150
Malše	Dolní Dvořiště	66,80	0,068	0,150

* hodnota přípustného znečištění dle příl. č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Tabulka č. 7 – Průměrné hodnoty celkového fosforu v podélném profilu Malše

Konkrétní hodnoty – roční průměry obsahu celkového fosforu byly statisticky zpracovány do grafu č. 7.



Graf č. 7 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro celkový fosfor v roce 2018

Na základě výsledků z výše uvedeného grafu lze konstatovat několik závěrů. Obsah fosforu v celé délce toku Malše nepřekračuje hodnotu přípustného znečištění podle přílohy č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Nejvyšších hodnot, blízcích se k 0,1 mg/l, dosahuje ukazatel celkového fosforu v dolní části toku před soutokem s Vltavou. Vyšší hodnoty se vyskytují také v profilech kolem města Kaplice. Nízká hodnota v profilu Římov pod (ř.km 19,34) souvisí zřejmě s tím, že se jedná o vodu

vypouštěnou z VD Římov z větší hloubky, která má díky specifickým hydrochemickým procesům jiné složení.

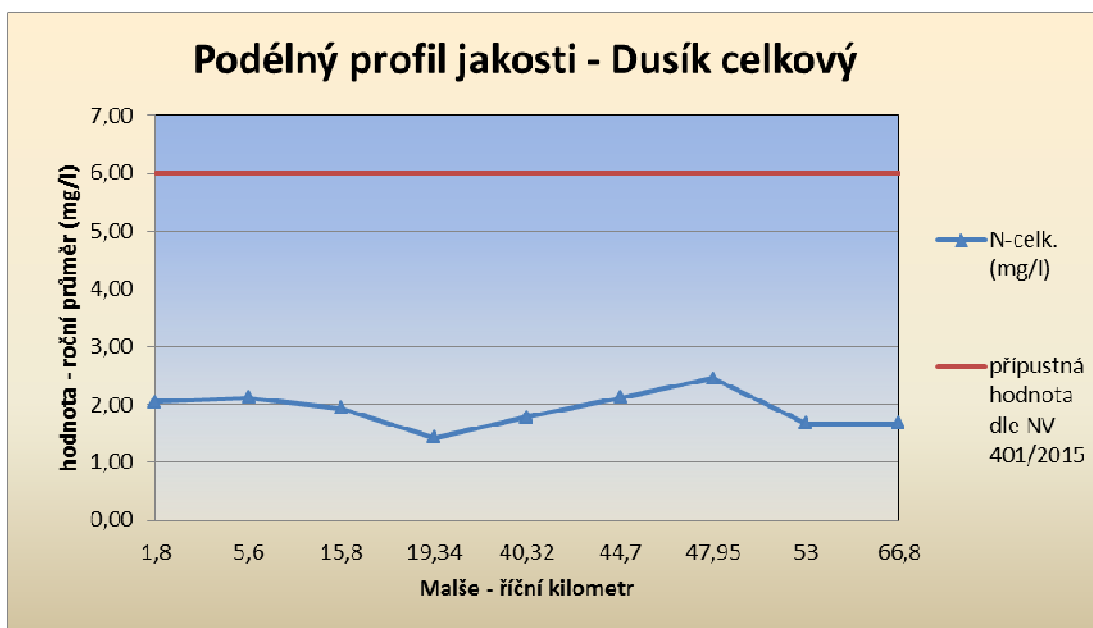
Dalšími ukazateli, které vyjadřují obsah nutrientů v toku, jsou celkový dusík (N-celk.), amoniakální dusík (N-NH₄) a dusičnanový dusík (N-NO₃). Jednotlivé hodnoty ročních průměrů jsou uvedeny v následující tabulce č. 8.

Vodní tok	Profil jakosti	ř.km	Dusík celkový		Dusík amoniakální		Dusík dusičnanový	
			roční průměr (mg/l)	příp. zneč. - roční prům. (mg/l)*	roční průměr (mg/l)	příp. zneč. - roční prům. (mg/l)*	roční průměr (mg/l)	příp. zneč. - roční prům. (mg/l)*
Malše	České Budějovice	1,80	2,05	6,0	0,06	0,23	1,31	5,40
Malše	Roudné	5,60	2,12	6,0	0,09	0,23	1,30	5,40
Malše	Straňany (Doudleby)	15,80	1,94	6,0	0,09	0,23	1,15	5,40
Malše	Římov pod	19,34	1,43	6,0	0,07	0,23	0,94	5,40
Malše	Pořešín	40,32	1,78	6,0	0,06	0,23	1,32	5,40
Malše	Blansko (Kaplice pod)	44,70	2,12	6,0	0,07	0,23	1,61	5,40
Malše	Kaplice nad	47,95	2,45	6,0	0,12	0,23	1,86	5,40
Malše	u Kovářů	53,00	1,67	6,0	0,04	0,23	1,30	5,40
Malše	Dolní Dvořiště	66,80	1,67	6,0	0,08	0,23	1,28	5,40

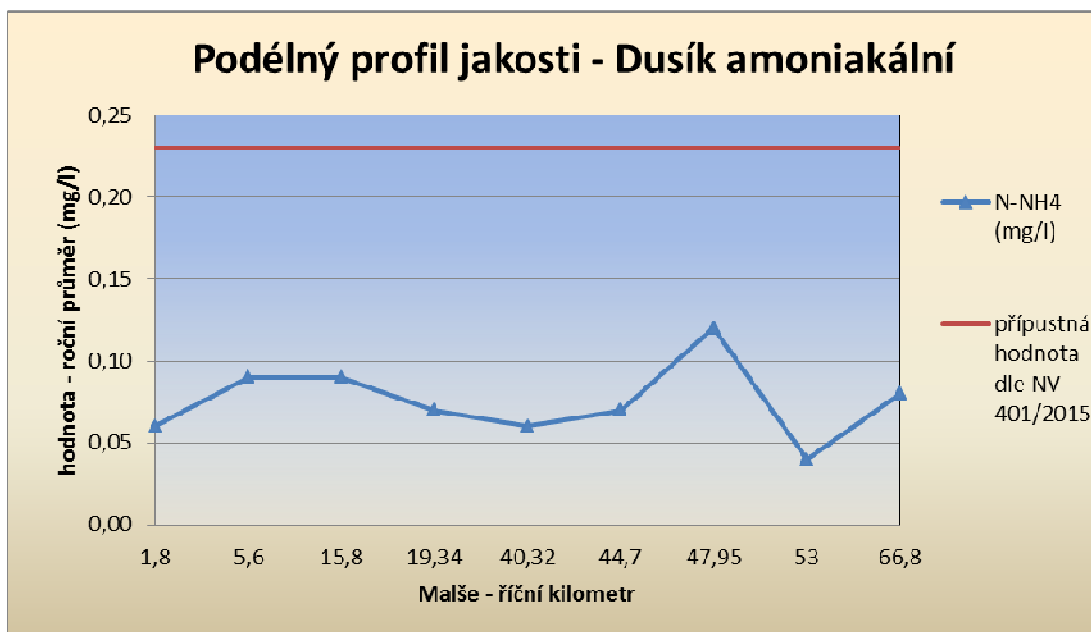
* hodnota přípustného znečištění dle příl. č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Tabulka č. 8 – Průměrné hodnoty N-celk., N-NH₄ a N-NO₃ v podélném profilu Malše

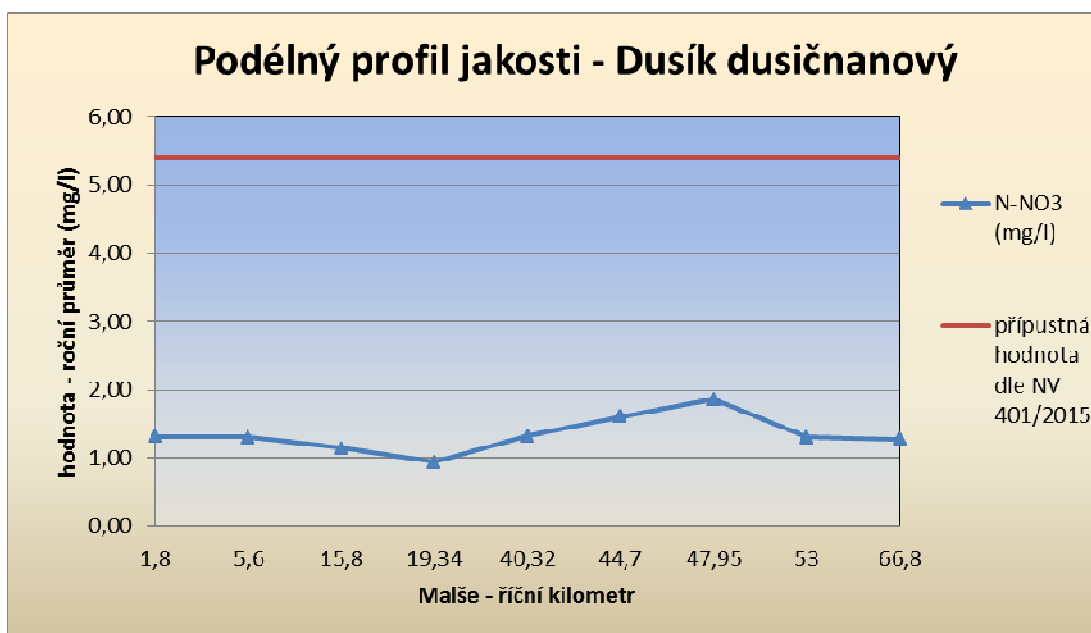
Hodnoty obsahu dusíku a jeho forem byly statisticky zpracovány do grafu č. 8, 9 a 10. Opět byl spočítán roční průměr v každém profilu a do grafů byla také vynesena vždy příslušná hodnota přípustného znečištění dle příl. č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.



Graf č. 8 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro celkový dusík v roce 2018



Graf č. 9 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro amoniakální dusík v roce 2018



Graf č. 10 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro dusičnanový dusík v roce 2018

Na základě statisticky zpracovaných výsledků je možno konstatovat, že hodnoty celkového dusíku se v celé délce toku pohybují mezi 1,43 mg/l a 2,45 mg/l, tedy hluboko pod přípustnou hodnotou (dle příl. č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.), která je 6 mg/l. Vyšší hodnoty byly zaznamenány v profilu „Kaplice nad“ a „Kaplice pod“, což je dáno zřejmě tím, že profil „Kaplice nad“ se nachází pod soutokem

s Novodomským potokem a ten přináší určité znečištění. Profil „Kaplice pod“ leží pod ČOV Kaplice a proto jsou hodnoty o něco vyšší. Obdobný průběh jako celkový dusík má graf č. 10 (dusičnanový dusík). Je to dáno zejména tím, že dusičnanový dusík představuje v celkovém obsahu dusíku procentuální zastoupení pohybující se mezi 60 až 75 %. Tento poměr vyplývá ze srovnání hodnot dusičnanového dusíku a celkového dusíku v tabulce č. 8.

Hodnoty amoniakálního dusíku se pohybují mezi 0,04 mg/l a 0,12 mg/l. Tyto hodnoty jsou opět pod přípustnou hodnotou (dle příl. č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.), která je 0,23 mg/l. Maximum amoniakálního dusíku se nachází v profilu „Kaplice nad“. Zdrojem tohoto znečištění může být již zmiňovaný přítok (Novodomský potok). Zvýšené množství amoniakálního dusíku může mít původ v organických dusíkatých látkách, které mohou pocházet z hnojiv, splašků anebo mohou vznikat při rozkladu (tlení) biomasy.

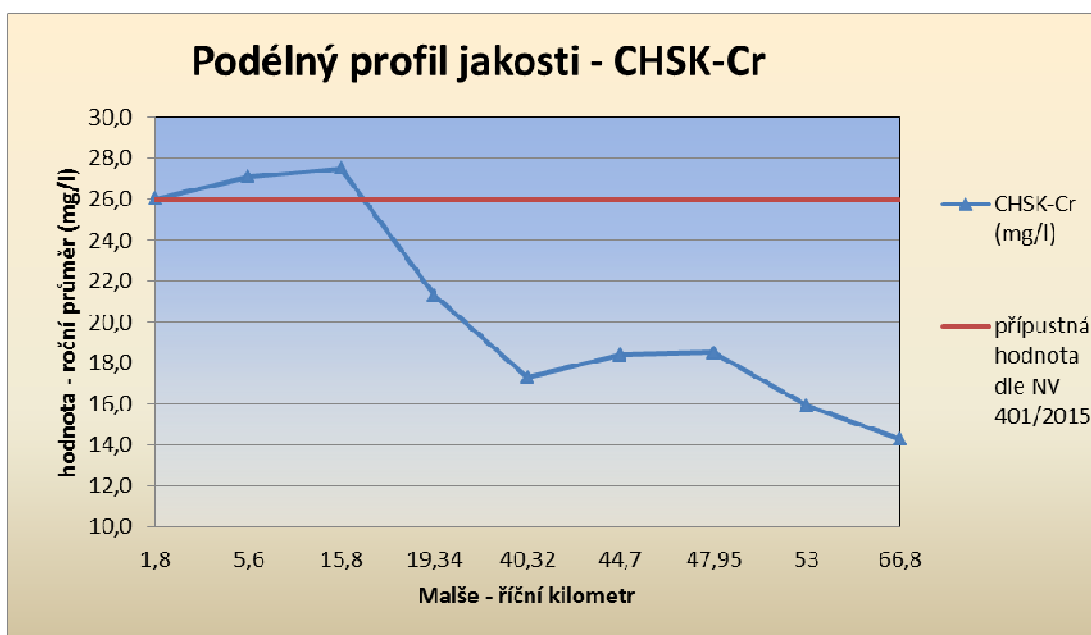
Další hodnocenou skupinou ukazatelů byly ukazatele vyjadřující tzv. organické znečištění, kterými jsou CHSK-Cr, TOC a BSK-5. Hodnoty ročních průměrů v jednotlivých profilech jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Vodní tok	Profil jakosti	ř.km	CHSK-Cr		TOC		BSK-5	
			roční průměr (mg/l)	příp. zneč. - roční prům. (mg/l)*	roční průměr (mg/l)	příp. zneč. - roční prům. (mg/l)*	roční průměr (mg/l)	příp. zneč. - roční prům. (mg/l)*
Malše	České Budějovice	1,80	26,0	26,0	10,27	10,0	3,05	3,8
Malše	Roudné	5,60	27,1	26,0	10,97	10,0	3,29	3,8
Malše	Straňany (Doudleby)	15,80	27,5	26,0	11,02	10,0	3,13	3,8
Malše	Římov pod	19,34	21,3	26,0	8,64	10,0	2,26	3,8
Malše	Pořešín	40,32	17,3	26,0	6,94	10,0	2,15	3,8
Malše	Blansko (Kaplice pod)	44,70	18,4	26,0	7,10	10,0	2,51	3,8
Malše	Kaplice nad	47,95	18,5	26,0	7,10	10,0	2,71	3,8
Malše	u Kovářů	53,00	15,9	26,0	6,17	10,0	1,99	3,8
Malše	Dolní Dvořiště	66,80	14,3	26,0	5,90	10,0	1,98	3,8

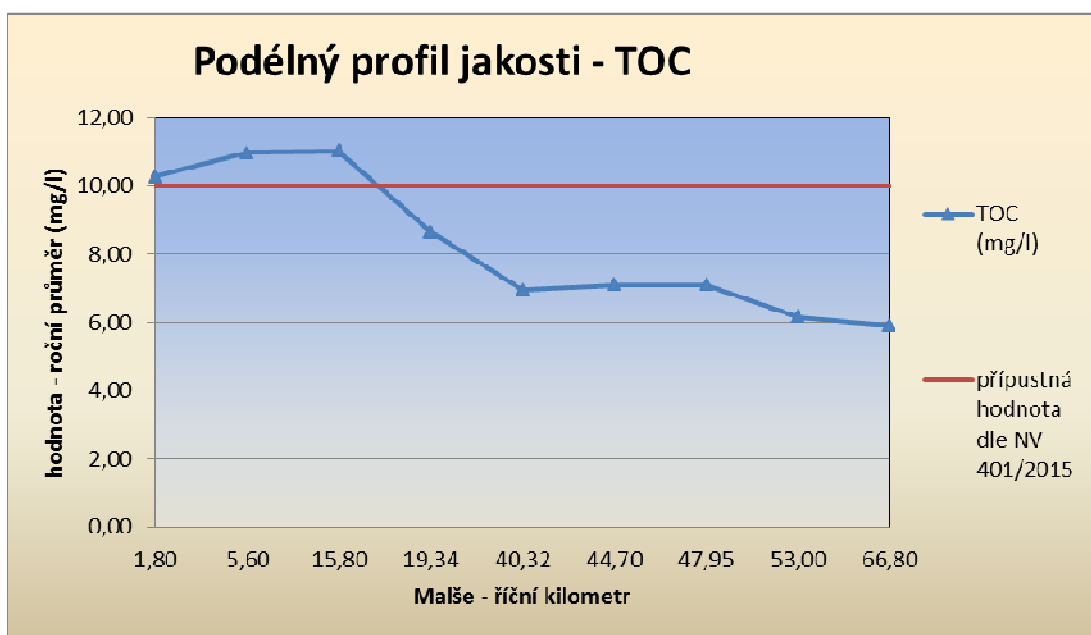
* hodnota přípustného znečištění dle příl. č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Tabulka č. 9 – Průměrné hodnoty CHSK-Cr, TOC a BSK-5 v podélném profilu Malše

Hodnoty jednotlivých ukazatelů v podélném profilu řeky Malše byly stejným způsobem, jako předchozí ukazatele vyjadřující znečištění živinami statisticky zpracovány do následujících grafů č. 11, 12 a 13.



Graf č. 11 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro CHSK-Cr v roce 2018

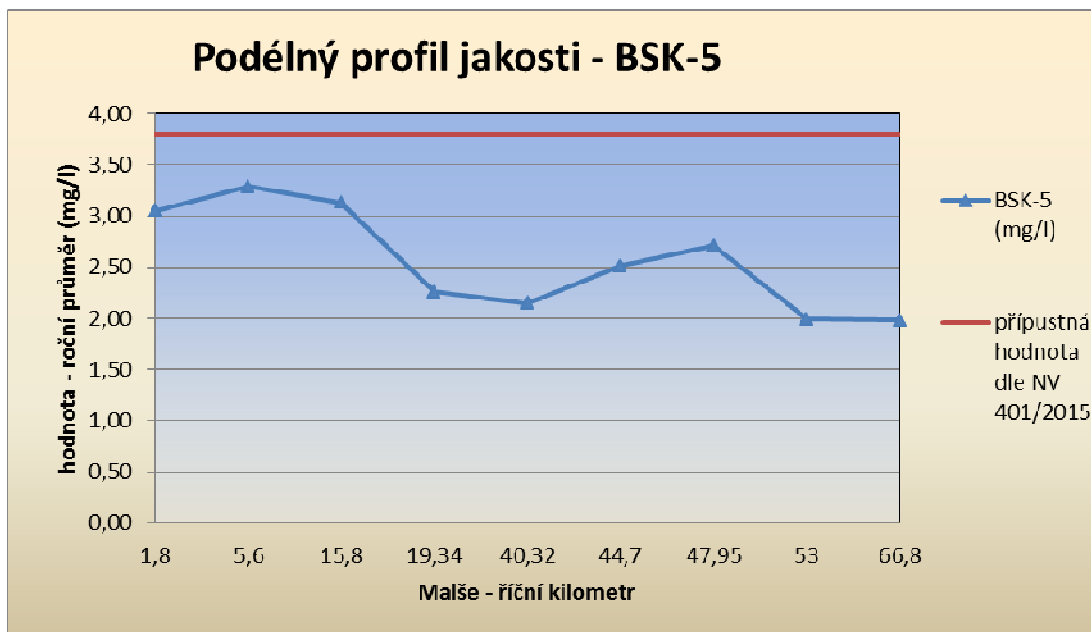


Graf č. 12 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro TOC v roce 2018

Z prezentovaných grafů jasně vyplývá, že mezi ukazateli CHSK-Cr a TOC existuje určitá závislost. Oba ukazatele v podstatě vyjadřují obsah organických látek (uhlíku) ve vodě a zahrnují v sobě látky biologicky rozložitelné a biologicky nerozložitelné. BSK-5 potom vyjadřuje obsah biologicky rozložitelných organických látek. Ukazatel

CHSK-Cr i ukazatel TOC byl překročen v profilech na dolním toku Malše. Z grafu dále vyplývá, že znečištění organickými látkami v podélném profilu od horního úseku řeky směrem k soutoku postupně narůstá. Organické znečištění zřejmě nebude mít významný původ v zemědělském plošném znečišťování, ale spíše v bodových zdrojích reprezentovaných komunálními čistírnami odpadních vod.

Graf č. 13 vyjadřuje organické znečištění v podélném profilu řeky Malše, vyjádřené jako ukazatel BSK-5.

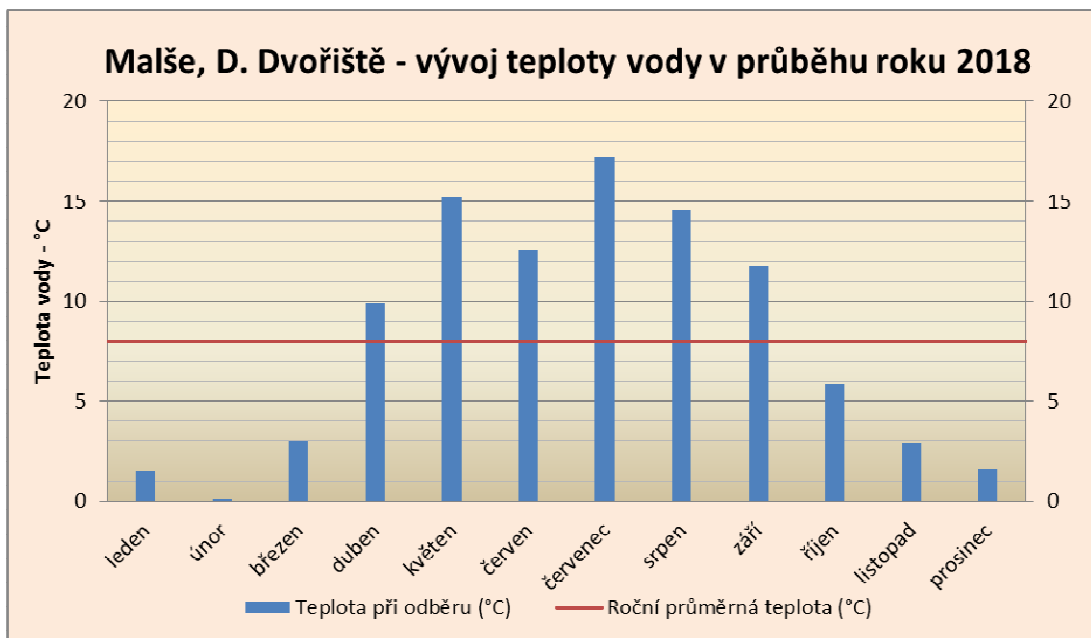


Graf č. 13 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro TOC v roce 2018

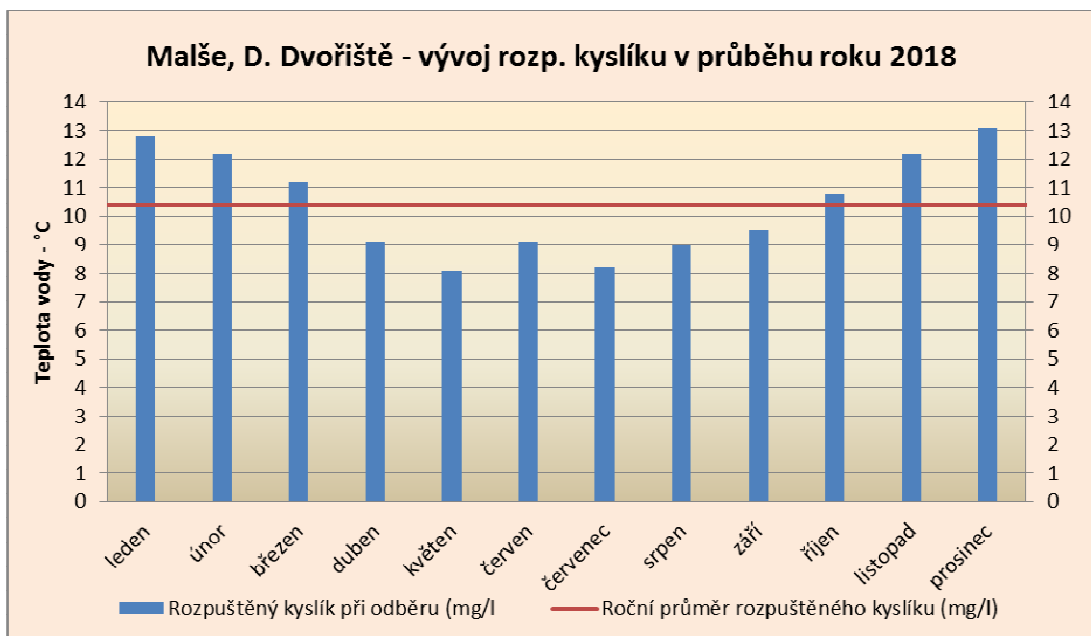
Z tohoto grafu je zřejmé, že v žádném profilu nebyla překročena hodnota přípustného znečištění pro BSK-5 (dle příl. č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.), která je 3,8 mg/l. O něco vyšší hodnoty jsou v dolním úseku toku a také v úseku kolem města Kaplice (ř.km 47,95). Při porovnání výsledků BSK-5 a amoniakálního dusíku se můžeme domnívat, že zvýšené hodnoty v profilu „Kaplice nad“ spolu mohou souviset a mohou např. znamenat původ znečištění nějakými biologicky rozložitelnými organickými látkami.

Mezi hodnocené ukazatele patřil také zástupce tzv. těžkých kovů – kadmium (Cd) a olovo (Pb). V žádném ze sledovaných profilů nebyly nalezeny měřitelné koncentrace kadmia ani olova a všechny hodnoty byly pod mezí stanovitelnosti (<0,05 µg/l pro Cd a <0,5 µg/l pro Pb).

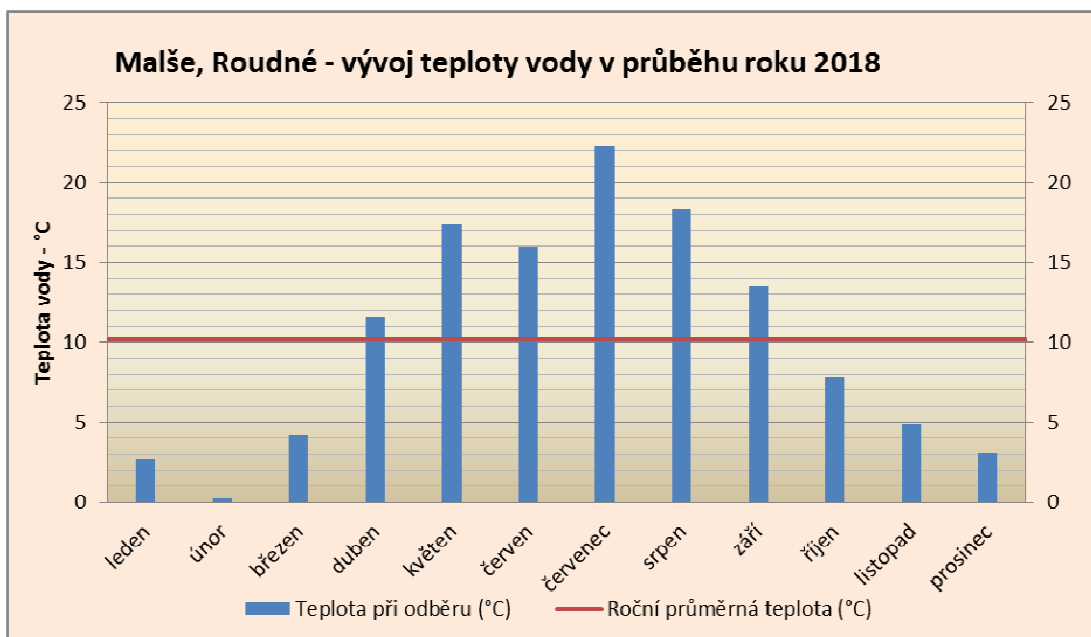
Dalšími ukazateli, které byly hodnoceny, jsou rozpuštěný kyslík a teplota vody. Pro tento účel byly vybrány dva profily na Malši, z nichž jeden reprezentuje horní úsek toku (Dolní Dvořiště) a druhý dolní úsek před soutokem s Vltavou (Roudné).



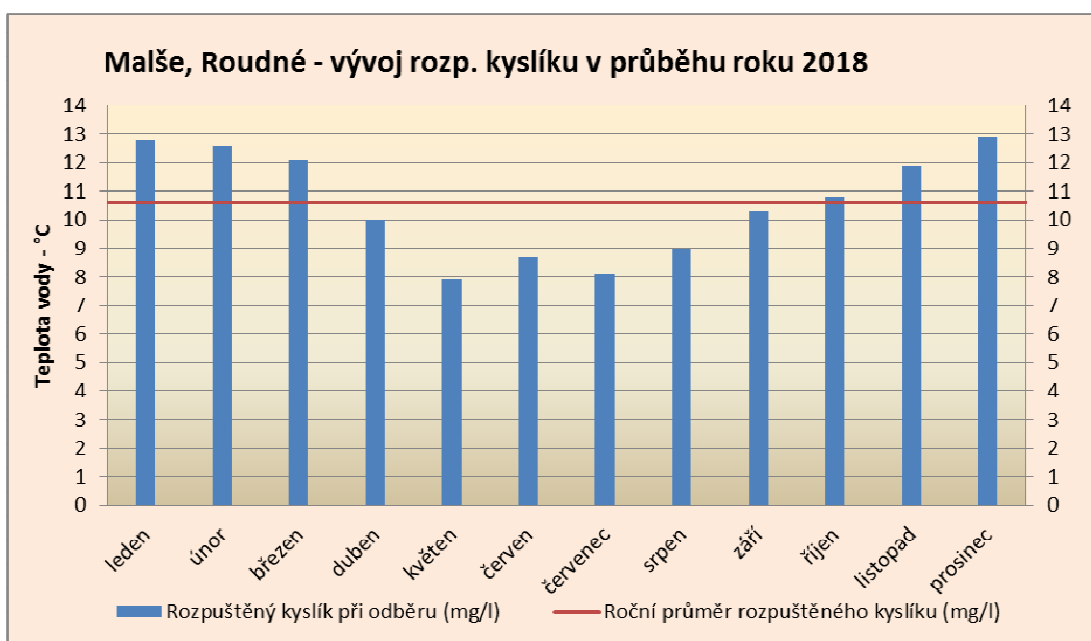
Graf č. 14 – Vývoj teploty vody v průběhu roku 2018 v profilu Malše – Dolní Dvořiště



Graf č. 15 – Vývoj rozpuštěného kyslíku v průběhu roku 2018 v profilu Malše – D. Dvořiště



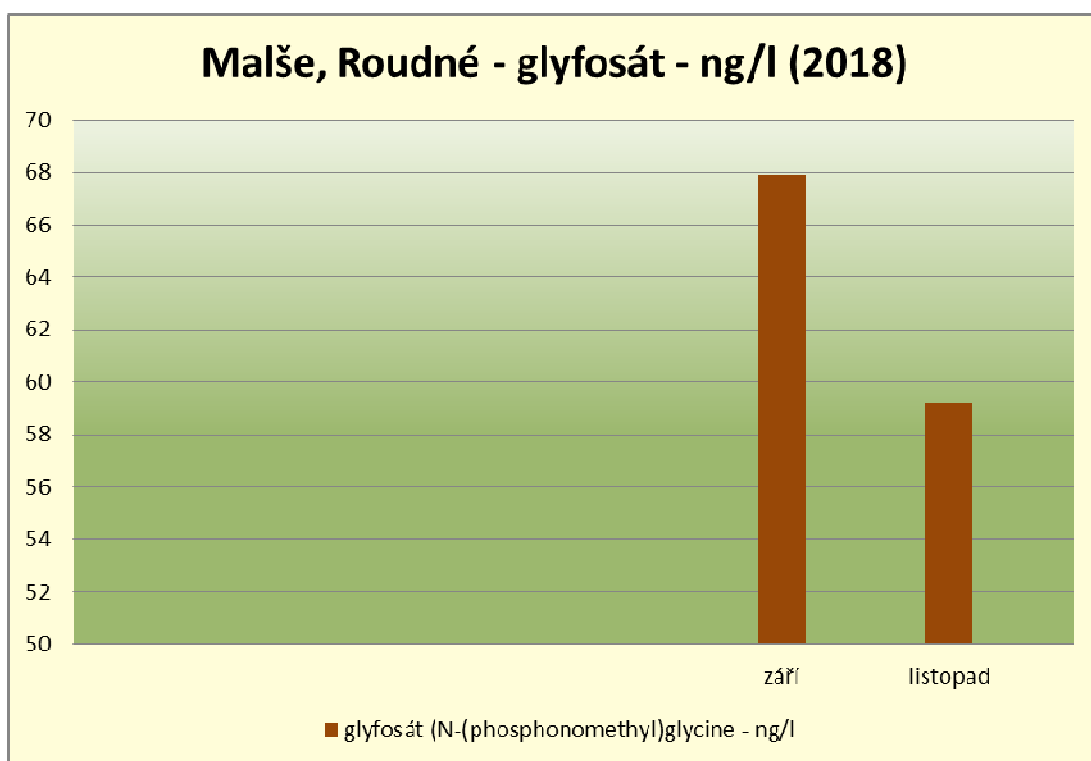
Graf č. 16 – Vývoj teploty vody v průběhu roku 2018 v profilu Malše – Roudné



Graf č. 17 – Vývoj rozpuštěného kyslíku v průběhu roku 2018 v profilu Malše – Roudné

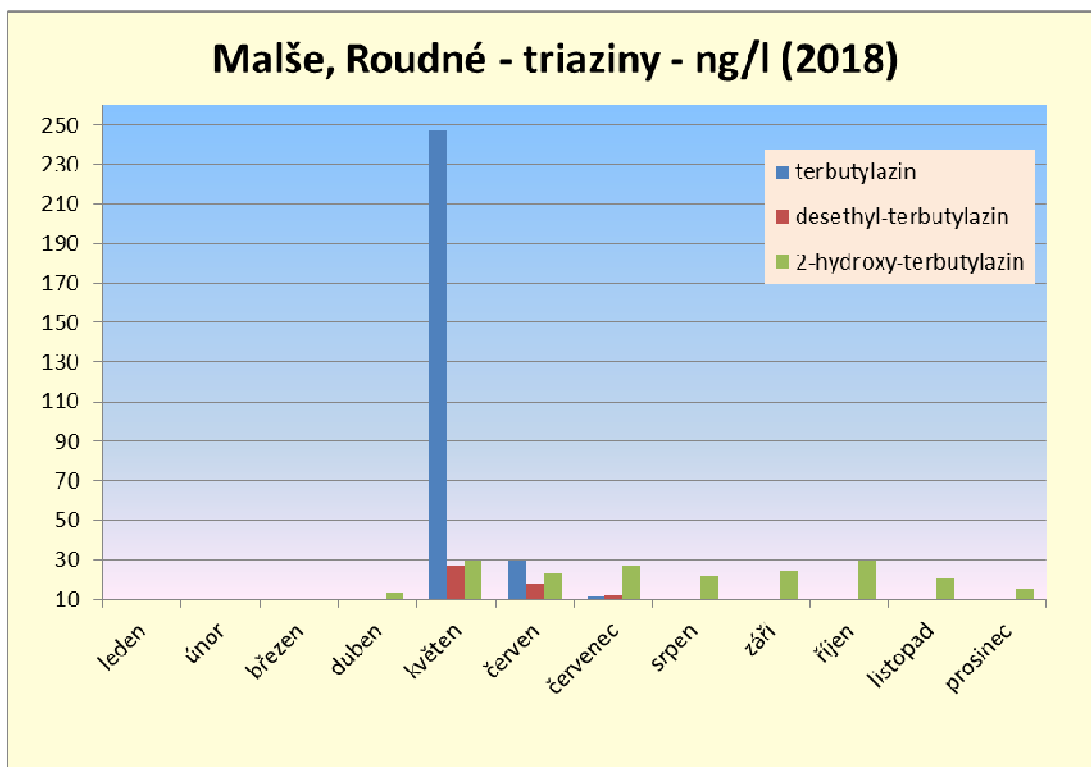
Na základě výsledků, které dokumentují vývoj teploty vody, a obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě v daných profilech, lze vysledovat určitou závislost mezi stoupající teplotou a klesajícím obsahem kyslíku a naopak.

Dalšími látkami, jejichž výskyt v Malši byl předmětem práce, jsou pesticidy. Prvním ze zkoumaných pesticidů byl herbicid známý pod obchodním označením „Roundap“. Chemicky se jedná o N-(phosphonomethyl)glycine, neboli glyfosát. Ve sledovaných profilech byl změřen jen v jednom – Malše, Roudné, což je předposlední profil před soutokem s Vltavou. V tomto profilu byly zaznamenány dva výskyty, a to v září a v listopadu. Ostatní měsíce nebyla přítomnost glyfosátu prokázána, respektive byla pod mezí stanovitelnosti příslušné laboratorní metody, které je 50 ng/l. Výsledky jsou zaznamenány v grafu č.18.



Graf č. 18 – Zaznamenané výskyty glyfosátu v profilu Malše – Roudné

Druhým zástupcem pesticidů byl triazinový herbicid terbutylazin a jeho transformační produkty 2-hydroxy-terbutylazin a desethyl-terbutylazin. Tyto látky byly nalezeny opět pouze v jednom ze sledovaných profilů – Malše, Roudné. Nejvyšší změřené množství terbutylazinu přesáhlo 240 ng/l v květnovém odběru. Při tomto odběru byl také zaznamenán nejvyšší obsah desethyl-terbutylazinu (téměř 30 ng/l) a 2-hydroxy-terbutylazinu (také téměř 30 ng/l). Výsledky rozborů terbutylazinu a jeho transformačních produktů jsou prezentovány v grafu č. 19.



Graf č. 19 – Zaznamenané výskyty triazinů v profilu Malše – Roudné

V měsících leden, únor a březen nebyly zaznamenány žádné výskyty terbutylazinu, 2-hydroxy-terbutylazinu ani desethyl-terbutylazinu, respektive výsledky byly pod mezí stanovitelnosti příslušné analytické metody.

Terbutylazin byl kromě vysoké koncentrace v květnovém odběru zaznamenán též v odběru červnovém a červencovém. Výsledky červnového a červencového odběru však byly řádově nižší. Naopak transformační produkty terbutylazinu se vyskytovaly i v následujících odběrech po zbytek roku 2018.

6. Diskuze

6.1 Nutrienty

Dle Klíra (2005) musí být ve zranitelných oblastech v rámci zemědělského podniku k dispozici dostatečná kapacita pro uskladnění statkových hnojiv v období zákazu hnojení a v období, kdy nelze hnojit s ohledem na půdně-klimatické podmínky. S tímto tvrzením lze souhlasit, jelikož v zájmovém území se zranitelné oblasti nacházejí. Dle Svobody a Wollnerové (2015) lze k výběru vhodného umístění polního hnojiště využít Registr půdy - LPIS (Land Parcel Identification System), což je geografický informační systém, který je primárně tvořen evidencí využití zemědělské půdy, s čímž souhlasím.

Dále pokud se jedná o speciální ochranu vod, pak velká část území v povodí VN Římov se nachází v ochranném pásmu vodního zdroje, přičemž v jeho I. stupni je mimo jiné zakázáno jakékoliv hnojení pozemků a skladování a nakládání s hnojivem. V ochranném pásmu II. stupně je kromě jiných činností zakázána aplikace kejdy a silážních šťáv na zemědělské půdě, zakázaná aplikace průmyslových a statkových hnojiv na zemědělské půdě v období od 1. 12. do 28. 2. a dále na zamrzlou půdu a půdu se sněhovou pokrývkou, zakázáno pěstování širokořádkových plodin na orné půdě a umístování hnojišť a zařízení pro skladování siláže (Krajský úřad Jihočeského kraje, 2007). Tato opatření jsou dle získaných výsledků o obsahu fosforu a dusíku v povodí Malše účinná. Na základě zpracovaných dat je možné konstatovat, že pokud se týká obsahu živin ve vodním toku Malše, potvrdila se velmi dobrá kvalita povrchové vody.

Obsah celkového fosforu v celém podélném profilu toku se pohyboval mezi 0,036 mg/l a 0,099 mg/l. Tyto hodnoty jsou hluboko pod limitem přípustného znečištění (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.), který je pro celkový fosfor 0,150 mg/l. Dle Pittera (2009) má fosfor klíčový význam pro eutrofizaci povrchových vod. K tomuto jevu v důsledku nízkého obsahu fosforu však na Malši prakticky nedochází.

Pokud se týká dusíku, tak jeho nejčastější formou jsou rozpustné dusičnany. Dle Mládka et al. (2006) mají trvalé travní porosty dobrou schopnost zamezit promývání škodlivých látek (např. dusičnanů) do podzemních vod a snižují smyv živin do povrchových vodních zdrojů a omezují tak jejich eutrofizaci. S tímto tvrzením lze souhlasit a potvrdilo se i v případě velmi nízkých hodnot celkového dusíku v řece Malši. Hodnoty celkového dusíku se pohybovaly v rozmezí 1,43 mg/l – 2,45 mg/l, což jsou hodnoty velice nízko pod 6,0 mg/l, který je limitem přípustného znečištění (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.). Rozsáhlé plochy v horním úseku řeky Malše jsou buď v lesním území, nebo jsou zde právě pastviny s extenzivním chovem skotu, zpravidla v režimu ekologického zemědělství. Právě tento způsob péče o krajinu je vhodný z hlediska ochrany vod.

V případě obsahu živin ve vodním toku můžeme také konstatovat, že čistírny odpadních vod v povodí Malše se na znečištění nijak významně nepodílejí. Všechny větší ČOV (např. Dolní Dvořiště, Kaplice) jsou vybaveny srážením fosforu a odstraňování dusíku zde probíhá klasickým uspořádáním nitrifikace-denitrifikace.

6.2 Organické znečištění

Dle Pittera (2009) mohou být organické látky ve vodách původu buď přírodního, nebo antropogenního. Mezi přírodní organické znečištění lze zařadit výluhy z půdy a sedimentů (půdní a rašelinný humus, výluhy z listí a tlejícího dřeva) a produkty životní činnosti rostlinných a živočišných organismů a bakterií. Organické znečištění antropogenního původu pochází ze splaškových a průmyslových vod a ze zemědělství. S tímto tvrzením lze souhlasit a z výsledků, které vyjadřují obsah organických látek jako CHSK-Cr vyplývá, že v podélném profilu Malše narůstá významně obsah těchto látek až pod VN Římov. V úseku toku nad nádrží se ukazatel CHSK-Cr pohybuje v rozmezí 14,3 mg/l (horní úsek nad Dolním Dvořištěm) až 18,5 mg/l. Zde hodnota CHSK-Cr nepřekračuje limit přípustného znečištění (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.), který je 26 mg/l. V dolním úseku řeky Malše je již hodnota přípustného znečištění překročena, ale nijak dramaticky – 27,5 mg/l.

Zajímavé je srovnání obsahu organických látek vyjádřených jako celkový organický uhlík (TOC) v případě Malše a Černé v místě soutoku pod Blanskem. Průměrná

roční hodnota TOC v profilu Malše Blansko (Kaplice pod) je 7,1 mg/l, což je poměrně nízká hodnota vzhledem k tomu, že tento profil je umístěn pod vyústěním ČOV Kaplice. Naopak v profilu Blansko na řece Černé (před soutokem s Malší) je průměrná hodnota TOC 8,39 mg/l a pokud nepočítáme drobné zdroje znečištění (domovní ČOV), tak nejbližší čistírna odpadních vod je více než 14 km proti proudu (ČOV Benešov nad Černou). V povodí Černé se nenacházejí ani žádné velké zemědělské provozy a více než polovina délky toku prochází lesními úseky. Zdroj organického znečištění může být přírodního původu. Zřejmě se jedná o humínové látky, které mají původ v rašeliništích Novohradských hor, kde říčka Černá a její přítoky (např. Pohořský potok) pramení. Huminové látky se dle Pittera (2009) projevují barvou a tvoří hlavní podíl organických látek mimo jiné v povrchových vodách jižních Čech, s čímž lze souhlasit. Rozdíl barvy vody Malše a Černé je názorně vidět na následující fotografii (obr. č. 13), pořízené na soutoku těchto řek. Zleva přitéká Černá, ze shora pak Malše.



Obr. č. 13 – Soutok Černé a Malše pod Blanskem (foto: autor, 2019)

6.3 Těžké kovy

Podle Tlapáka (1992) je problematickou oblastí při aplikaci průmyslových hnojiv skutečnost, že některá z nich, převážně fosforečná hnojiva, obsahují těžké kovy, zejména kadmium, které se dostává do půdy a následně i do podzemních a povrchových vod, s čímž souhlasím, ale hodnoty výskytu těžkých kovů (kadmia) v řece Malší nebyly zaznamenány. Dle Pittera (2009) se kadmium vyskytuje v povrchových vodách (Labe v profilu Děčín) v průměrné koncentraci 0,13 µg/l. Ve sledovaných profilech na řece Malší nebyla nikde překročena hodnota 0,05 µg/l, která je i mezi stanovitelnosti dané laboratorní metody.

Také v případě olova nebyla ve sledovaných profilech zaznamenána žádná měřitelná množství tohoto kovu. Všechny výsledky se pohybovaly pod mezí stanovitelnosti laboratorní metody (0,5 µg/l).

6.4 Teplotní a kyslíkový režim

Jak uvádí Pitter (2009), množství rozpuštěného kyslíku ve vodě úzce souvisí s teplotou. Se vzrůstající teplotou vody klesá obsah rozpuštěného kyslíku a naopak. Tato skutečnost se jednoznačně prokázala na obou sledovaných profilech (Roudné, Dolní Dvořiště). Hodnoty teploty vody byly nižší v horním úseku řeky v podhorské krajině, a naopak vyšší v dolním úseku před soutokem s Vltavou. Obsah rozpuštěného kyslíku i v letních měsících, kdy teplota vody dosahovala 22°C neklesl pod 7,9 mg/l.

6.5 Pesticidy

Jak uvádí Hofman (2018) patří glyfosát spolu s acetochlorem, S-metolachlorem a terbutylazinem k nejvíce používaným herbicidům pro kukuřici, s čímž lze souhlasit. Dle Hrušky (2017) je glyfosát také masivně používán pro předsklizňovou desikaci mnoha plodin, zejména řepky, ale i kukuřice, slunečnice, obilovin a brambor. Tento fakt může být příčinou nálezu glyfosátu v povrchové vodě. Vzhledem k tomu, že uvedené nálezy byly zaznamenány v měsících září a listopad, lze se domnívat, že zvýšené hodnoty obsahu glyfosátů souvisí pravděpodobně s použitím herbicidních přípravků při desikaci porostů zemědělských plodin. Glyfosát se potom do toku

Malše mohl dostat při významnějších srážkových událostech, které proběhly v měsíci září, a to při povrchovém splachu z polí v okolí řeky Malše.

Poměrně zajímavé jsou výsledky uváděné u triazinových herbicidů, konkrétně jejich zástupce terbutylazinu a jeho transformačních produktů. Významná koncentrace terbutylazinu, která dosahovala téměř 250 ng/l v květnovém odběru, může mít souvislost s významnějšími srážkami v tomto měsíci na daném území, jak je patrné z grafu č.1. Při tomto odběru byla také zaznamenána nejvyšší koncentrace desethyl-terbutylazinu a 2-hydroxy-terbutylazinu (cca 30 ng/l). V dalších měsících pak klesal obsah mateřské látky (terbutylazinu) a naopak se udržoval obsah transformačního produktu 2-hydroxy-terbutylazinu v rozmezí hodnot 15 – 30 ng/l. To je dáno tím, že mateřský produkt (terbutylazin) se v průběhu času rozkládá a přeměňuje se na transformační produkt (2-hydroxy-terbutylazin). Jak uvádí Hofman (2018), půda se stává sekundárním plošným zdrojem znečištění povrchových a podzemních vod, kdy dochází k povrchovému odtoku látek rozpustných, vázaných na koloidy i na větší erodované částice, s čímž lze souhlasit.

7. Závěr

Na základě hydrologických údajů z roku 2018 lze konstatovat, že tento rok, pokud se týká srážek byl velmi podprůměrný. Toto tvrzení je podloženo konkrétními daty ze srážkoměrných stanic v povodí řeky Malše a odpovídá to i celkovému srážkovému úhrnu v rámci celé ČR.

S množstvím srážek také souvisí množství vod ve vodních tocích. I zde se potvrdilo, že průtoky v řece Malši a jejích významných přítocích byly v loňském roce přibližně na polovině dlouhodobého ročního průměrného průtoku.

Pokud se týká jakosti povrchových vod v řece Malši, bylo zjištěno, že ačkoliv byly významně nižší průtoky, tak na jakosti se tento negativní fakt nijak významně neprojevil. V případě nutrientů (dusík, fosfor) je kvalita vody v řece Malši na velmi dobré úrovni. V těchto ukazatelích nebyla nikde překročena hodnota přípustného znečištění dle příl. č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

V případě zatížení organickými látkami je situace o něco horší, protože byly překročeny hodnoty přípustného znečištění v případě ukazatele CHSK-Cr a TOC, ale

pouze v dolním úseku toku. V horním úseku toku nad VN Římov je jakost i v těchto ukazatelích na velice dobré úrovni.

S organickým zatížením souvisí i obsah rozpuštěného kyslíku v povrchových vodách. Zde bylo zjištěno, že koncentrace rozpuštěného kyslíku, která je nutným předpokladem pro život vodních organismů a pro celou řadu aerobních pochodů, je na úrovni velmi čistých řek a procesy samočištění zde fungují.

Z vybraných pesticidů byly v toku Malše zaznamenány obsahy glyfosátu a některé triazinové herbicidy (terbutylazin a jeho transformační produkty). Tyto látky byly zjištěny pouze v jednom profilu na dolním toku řeky Malše.

V případě vlivu plošných a bodových zdrojů znečištění jej lze v případě povodí Malše obtížně identifikovat. Z důvodu existence ochranného pásma vodního zdroje (Římov) je zemědělské hospodaření svázáno mnoha regulacemi a omezeními. Velké množství pozemků v povodí Malše nad VN Římov jsou trvalé travní porosty, což je z hlediska možného odnosu znečišťujících látek ideální stav. Pokud se jedná o bodové zdroje (ČOV), pak i zde je situace poměrně dobrá. ČOV v povodí Malše a zejména v povodí VN Římov jsou v naprosté většině v dobrém technickém stavu a nebylo prokázáno, že by významně negativně ovlivňovaly jakost povrchových vod.

Lze konstatovat, že na velice dobrém chemickém i ekologickém stavu celého vodního útvaru má významný vliv existence ochranného pásma vodního zdroje VN Římov. Celá řeka Malše tak patří k nejčistším řekám v celém dílčím povodí Horní Vltavy.

Literatura

1. ADÁMEK, Zdeněk. Aplikovaná hydrobiologie. 2., rozš. upr. vyd. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 2010. ISBN 9788087437094.
2. BAIER, Jan a Věra BAIEROVÁ. Abeceda výživy rostlin a hnojení. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1985. Rostlinná výroba.
3. CREMLYN, R. J. Pesticidy. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985.
4. CULEK, Martin. Biogeografické regiony České republiky. Brno: Masarykova univerzita, 2013. ISBN 978-80-210-6693-9.
5. DAŇHELKA, Jan a Jan KUBÁT. Sucho v roce 2018 – předběžné hodnocení. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2019.
6. DRAGUS, Adreea. Assessing impacts of triazine pesticides use in agriculture over the well water quality. *Environmental engineering and management journal*. 2012, 11 (2), 319-323. ISSN 1843-3707.
7. CHUDOBA, Jan, Michal DOHÁNYOS a Jiří WANNER. Biologické čištění odpadních vod. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1991. Ochrana životního prostředí. ISBN 80-03-00611-2.
8. KLÍR, Jan. Ochrana vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů: pracovní metodika pro poradce a zemědělce. 2. vyd. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2005. ISBN 80-86555-57-7.
9. KLÍR, Jan, Eva KUNZOVÁ a Pavel ČERMÁK. Rámcová metodika výživy rostlin a hnojení. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2007. ISBN 978-80-87011-14-0.
10. KOLÁŘ, Ladislav, Václav VANĚK a Stanislav KUŽEL: Využití odpadů z bioplynových stanic. Racionální použití hnojiv - sborník z konference. 2009. ISBN 978-80-213-2006-2.
11. KŘIVÁNEK, Jiří. Drobné vodní toky v ČR. Praha: Consult, 2014. 295 s.
12. KUNZOVÁ, Eva. Výživa rostlin a hnojení draslíkem. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2010. ISBN 9788074270666.
13. KVÍTEK, Tomáš, Jiří GERGEL a Gabriela KVÍTKOVÁ. Využití a ochrana vodních zdrojů. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2005. ISBN 80-7040-773-5.

14. KVÍTEK, Tomáš. Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce: význam retence vody na zemědělském půdním fondu pro jakost vody a současně i průvodce vodním režimem krystalinika. Praha: Povodí Vltavy, státní podnik, 2017. ISBN 9788027024889.
15. LANGHAMMER, Jakub. Kvalita povrchových vod a jejich ochrana. Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, 2002.
16. MLÁDEK, Jan, ed. Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích: (metodická příručka pro ochranu přírody a zemědělskou praxi). Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2006. ISBN 8086555763.
17. OPPELTOVÁ, Petra, Jiří NOVÁK a Jana KOTOVICOVÁ. Vzdělávací modul Ochrana životního prostředí voda. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2012. ISBN 978-80-87226-12-4.
18. PITTER, Pavel. Hydrochemie. 4. aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 9788070807019.
19. Povodí Vltavy, státní podnik. PLÁN DÍLČÍHO POVODÍ HORNÍ VLTAVY. Praha. 2016.
20. RICHTER, Rostislav a Jaroslav HLUŠEK.: Výživa a hnojení rostlin (I. obecná část). VŠZ v Brně, 1994, 177 s. ISBN 80-7157-138-5.
21. RICHTER, Rostislav a Jaromír KUBÁT. Organická hnojiva, jejich výroba a použití. [1. vyd.]. Praha: ÚZPI, 2003. ISBN 80-7271-133-4.
22. SVOBODA, Pavel a Jana WOLLNEROVÁ. Metodika řádného způsobu uložení hnoje na zemědělské půdě. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2015. ISBN 978-80-7427-187-8.
23. ŠAFARČÍKOVÁ, Simona a kol. Živiny v krajině: dusík, fosfor, eutrofizace půdy a vody, indikace dusíku. České Budějovice: DAPHNE ČR – Institut aplikované ekologie, 2006.
24. ŠÁLEK, Jan a Václav TLAPÁK. Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2006. Technická knihovna autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-86769-74-7.
25. ŠILAR, Jan. Hydrologie v životním prostředí. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. Phare. ISBN 80-7078-361-3.

26. ŠUTA, Miroslav. Chemické látky v životním prostředí a zdraví. Brno: ZO ČSOP Veronica, 2008. ISBN 9788087308004.
27. TLAPÁK, V. a kol. Voda v zemědělské krajině. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda v Praze ve spolupráci s MŽP ČR, 1992. ISBN 80-209-0232-5.
28. TOLASZ, Radim. Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007. ISBN 978-80-86690-26-1.
29. VANĚK, Václav. Výživa a hnojení polních a zahradních plodin. 3., dopl. vyd. Praha: Ing. Martin Sedláček, 2002. ISBN 80-902413-7-9.
30. VANĚK, Václav. Výživa polních a zahradních plodin. Praha: Profi Press, 2007. ISBN 978-80-86726-25-0.
31. VLČEK, Vítězslav a Miroslav POHANKA: Environmentální aspekty užití organofosforových a karbamátových pesticidů schválených k užití v České Republice. Chemické listy, 105: 908–912. 2011.
32. ZEMÁNEK, Pavel. Biologicky rozložitelné odpady a kompostování. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010. ISBN 978-80-86884-52-3.

Elektronické zdroje

1. HLUŠEK, Jaroslav: Minerální hnojiva. Multimediální učební texty z výživy rostlin [online]. 2004. [cit. 2019-02-28]. Dostupné z WWW: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/mineralni/hnojiva_mineralni.htm>.
2. HOFMAN, Jakub a kol.: Rezidua pesticidů v orných půdách České republiky. Agromanual.cz [online]. 2018 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z WWW: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/rezidua-pesticidu-v-ornych-pudach-ceske-republiky>
3. HYDROCHEMIE. Brno: Mendelova univerzita v Brně. 2019. [cit. 2019-03-20]. Dostupné z WWW: <http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3181&typ=html>
4. MARADA, Petr et al.: Příručka pro nakládání s digestátem a fugátem. Ministerstvo zemědělství. [online]. 2008.[cit. 2019-01-27]. Dostupné z WWW: <http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf>
5. PROKOP, Martin: Přípravky na ochranu rostlin. Agromanual.cz [online]. 2017 [cit. 2019-02-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/pripravky-na-ochranu-rostlin>>.

6. WITTLINGEROVÁ, Zdeňka. *Ochrana životního prostředí*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1999. ISBN 8021305150.
7. <https://arnika.org/glyfosat/>
8. http://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2018_ministerstvo-zemedelstvi-vyrazne-omezi.html
9. <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/>
10. <http://hydro.chmi.cz/hpps/>
11. <http://hydro.chmi.cz/pasporty/>
12. [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/totalni_herbicid_glyfosat/\\$FILE/OOOPK_Herbicid_glyfosat_v_organismech_20171023.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/totalni_herbicid_glyfosat/$FILE/OOOPK_Herbicid_glyfosat_v_organismech_20171023.pdf)
13. <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>
14. <http://www.pvl.cz>

Legislativa ČR

1. Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů
2. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů
3. Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu, ve znění pozdějších předpisů
4. Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
5. Rozhodnutí Krajského úřadu Jihočeského kraje, odboru životního prostředí, zemědělství a lesnictví č.j. KUJCK 30750/2006/49 OZZL Ža, Zam, Hav ze dne 7.6.2007, kterým se stanovují ochranná pásma vodního zdroje VN Římov.

Legislativa EU

1. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (tzv. Rámcová směrnice o vodách)
2. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a o zrušení směrnic Rady 79/117/EHS a 91/414/EHS.

Seznam obrázků

Obr. č. 1 – Vymezení dílčího povodí Horní Vltavy (zdroj: Povodí Vltavy, 2016)

Obr. č. 2 – Rybník Klášter (foto: autor)

Obr. č. 3 – VD Římov (foto: autor)

Obr. č. 4 – Nevhodně provedené uložení polního hnojiště (foto: autor, 2017)

Obr. č. 5 – Schéma rozdělení pesticidů (zdroj: Prokop, 2017)

Obr. č. 6 – Přeměny anorganických forem dusíku (zdroj: Langhammer, 2002)

Obr. č. 7 – Koloběh fosforu ve vodním ekosystému (zdroj: <http://web2.mendelu.cz>)

Obr. č. 8 – Strukturní vzorec draselné soli glyfosátu (zdroj: <http://hydro.chmi.cz>)

Obr. č. 9 – Mapa s vyznačením sledovaných profilů (zdroj mapy GISyPoNET, popisky a značky-upraveno: autor)

Obr. č. 10 – Mapa s vyznačením srážkoměrných stanic (zdroj www.pvl.cz, popisky a značky – upraveno: autor)

Obr. č. 11 – Mapa s vyznačením umístění limnigrafů (zdroj mapy GISyPoNET, popisky a značky - upraveno autor)

Obr. č. 12 – Profil jakosti Malše Roudné, ř.km 5,6 (foto: autor, 2018)

Obr. č. 13 – Soutok Černé a Malše pod Blanskem (foto: autor, 2019)

Seznam tabulek

Tab. č. 1 – Struktura dílčího povodí (povodí 3. řádu) podle čísla hydrologického pořadí (zdroj: Povodí Vltavy, 2016)

Tab. č. 2 – Rozloha zranitelných oblastí v ČR (zdroj: www.eagri.cz)

Tab. č. 3 – Charakteristické složení splaškové odpadní vody (zdroj: Adámek, 2010)

Tab. č. 4 – Průměrný obsah živin v kejďě v % čerstvé hmoty (zdroj: Šálek a Tlapák, 2006)

Tab. č. 5 – Seznam profilů sledování jakosti (zpracováno autorem)

Tab. č. 6 – Vyhodnocení srážkových úhrnů v roce 2018 (zpracováno autorem)

Tab. č. 7 – Průměrné hodnoty celkového fosforu v podélném profilu Malše (zpracováno autorem)

Tab. č. 8 – Průměrné hodnoty N-celk., N-NH₄ a N-NO₃ v podélném profilu Malše (zpracováno autorem)

Tabulka č. 9 – Průměrné hodnoty CHSK-Cr, TOC a BSK-5 v podélném profilu Malše (zpracováno autorem)

Seznam grafů

Graf č. 1 – Měsíční srážkové úhrny (mm) v roce 2018 v Č. Budějovicích (zpracováno autorem)

Graf č. 2 – Měsíční srážkové úhrny (mm) v roce 2018 ve Starých Hutích (zpracováno autorem)

Graf č. 3 – Měsíční srážkové úhrny (mm) v roce 2018 v Pohorské Vsi (zpracováno autorem)

Graf č. 4 – Průběh průtoku v roce 2018 v profilu Malše – Roudné (zpracováno autorem)

Graf č. 5 – Průběh průtoku v roce 2018 v profilu Stropnice – Pašínovice (zpracováno autorem)

Graf č. 6 – Průběh průtoku v roce 2018 v profilu Černá – Líčov (zpracováno autorem)

Graf č. 7 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro celkový fosfor v roce 2018 (zpracováno autorem)

Graf č. 8 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro celkový dusík v roce 2018
(zpracováno autorem)

Graf č. 9 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro amoniakální dusík v roce 2018
(zpracováno autorem)

Graf č. 10 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro dusičnanový dusík v roce 2018
(zpracováno autorem)

Graf č. 11 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro CHSK-Cr v roce 2018
(zpracováno autorem)

Graf č. 12 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro TOC v roce 2018 (zpracováno autorem)

Graf č. 13 – Podélný profil jakosti v řece Malši pro TOC v roce 2018 (zpracováno autorem)

Graf č. 14 – Vývoj teploty vody v průběhu roku 2018 v profilu Malše – Dolní Dvořiště (zpracováno autorem)

Graf č. 15 – Vývoj rozpuštěného kyslíku v průběhu roku 2018 v profilu Malše – D. Dvořiště (zpracováno autorem)

Graf č. 16 – Vývoj teploty vody v průběhu roku 2018 v profilu Malše – Roudné (zpracováno autorem)

Graf č. 17 – Vývoj rozpuštěného kyslíku v průběhu roku 2018 v profilu Malše – Roudné (zpracováno autorem)

Graf č. 18 – Zaznamenané výskyty glyfosátu v profilu Malše – Roudné (zpracováno autorem)

Graf č. 19 – Zaznamenané výskyty triazinů v profilu Malše – Roudné (zpracováno autorem)

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Profil Malše - Roudné, ř.km 5,6 (foto: autor, 2018)

Příloha č. 2 – Profil Stropnice - Pašínovice, ř.km 3,55 (foto: autor, 2018)

Příloha č. 3 – Profil Malše - Pořešín, ř.km 40,32 (foto: autor, 2018)

Příloha č. 4 – Profil Malše – Blansko (Kaplice pod), ř.km 44,70 (foto: autor, 2018)

Příloha č. 5 – Soutok Malše a Černé (foto: autor, 2018)

Příloha č. 6 – Profil Černá - Blansko, ř.km 1,60 (foto: autor, 2018)

Příloha č. 7 – Hydrologická stanice (limnigraf) Černá - Líčov, ř.km 9,235 (foto: autor, 2019)

Příloha č. 8 – Hydrologická stanice (limnigraf) Černá - Líčov, ř.km 9,235 (foto: autor, 2019)

Seznam zkratk

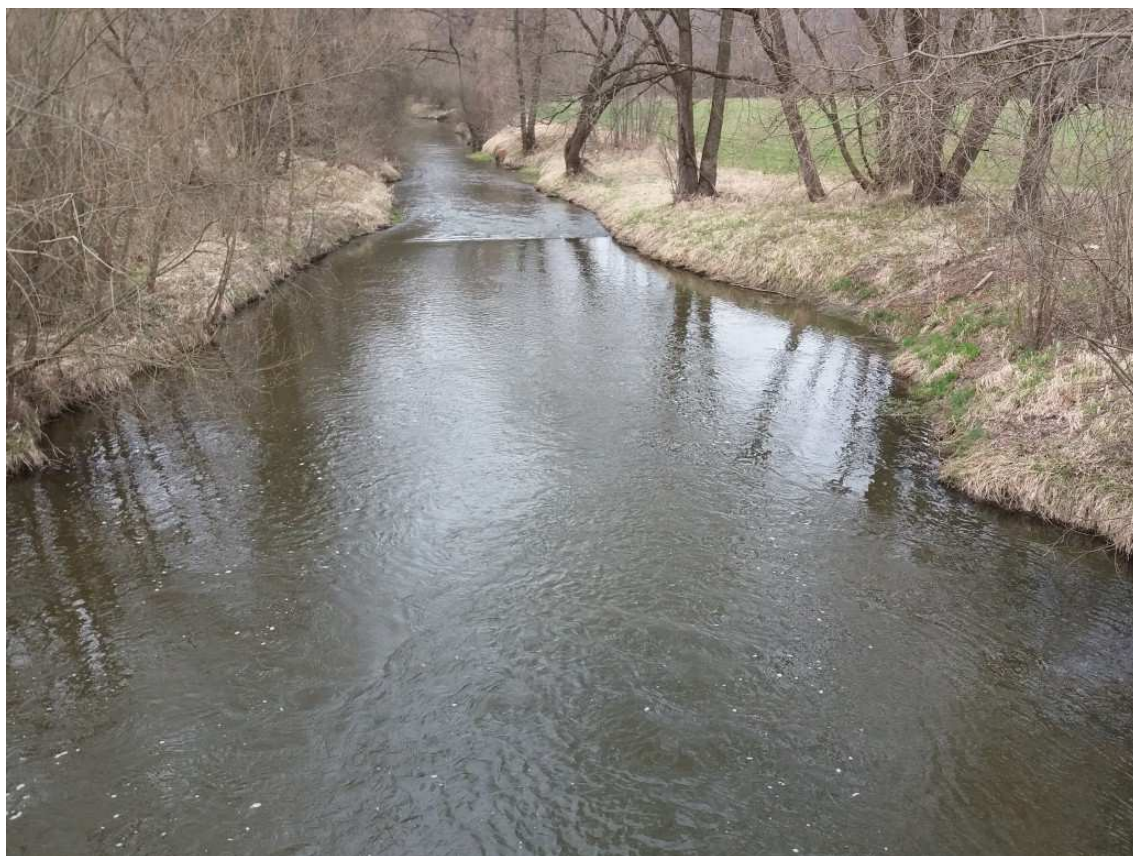
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
EU	Evropská unie
ES	Evropské společenství
FAO	Organizace pro výživu a zemědělství
LPIS	Land Parcel Identification System – Registr půdy
ř.km	říční kilometr (počítá se od soutoku proti proudu)
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
VD	Vodní dílo
VN	Vodní nádrž
ZOD	Zranitelné oblasti dusíkem

Seznam použitých hydrogeologických veličin

- Q_a Dlouhodobý průměrný průtok (charakterizuje průměrnou vodnost toku v daném profilu) – [m³/s]
- q_a Specifický odtok (množství vody odtéká za jednotku času z jednotky plochy povodí) – [l/s/km²]
- Q₁₀₀ maximální průtok s dobou opakování 100 let – [m³/s]
- Q₃₅₅ průměrný denní průtok, který je dosažen nebo překročen průměrně 355 dní v roce - [m³/s]



Příloha č. 1 – Profil Malše - Roudné, ř.km 5,6 (foto: autor, 2018)



Příloha č. 2 – Profil Stropnice - Pašínovice, ř.km 3,55 (foto: autor, 2018)



Příloha č. 3 – Profil Malše - Pořešín, ř.km 40,32 (foto: autor, 2018)



Příloha č. 4 – Profil Malše – Blansko (Kaplice pod), ř.km 44,70 (foto: autor, 2018)



Příloha č. 5 – Soutok Malše a Černé (foto: autor, 2018)



Příloha č. 6 – Profil Černá - Blansko, ř.km 1,60 (foto: autor, 2018)



Příloha č. 7 – Hydrologická stanice (limnigraf) Černá - Líčov, ř.km 9,235 (foto: autor, 2019)



Příloha č. 8 – Hydrologická stanice (limnigraf) Černá - Líčov, ř.km 9,235 (foto: autor, 2019)