

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 - Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Dynamika fosforečnanů a dusičnanů ve vodních soustavách  
(Liderovice, Radimovice u Tábora, Košín a Jordán)

Vedoucí diplomové práce: Ing. Václav Nedbal, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Vladimír Kural

České Budějovice, duben 2016

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) 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.

V Českých Budějovicích dne 20. 4. 2016

---

Bc. Vladimír Kural

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu své práce Ing. Václavovi Nedbalovi, Ph.D., za odborné vedení, připomínky, trpělivost a především za ohromnou podporu. Také bych rád poděkoval Ing. Martině Kobesové, za pomoc v laboratoři. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá zhodnocením hladin koncentrací fosforečnanů, dusičnanů a dalších parametrů (pH, vodivosti, nerozpuštěné látky, alkalita, celkový uhlík, anorganický uhlík, celkový organický uhlík a celkový dusík) v rybníčních soustavách na Táborsku. Dále byl zohledněn rozdíl hodnot v závislosti na stáří soustav a zemědělské činnosti v jejich okolí. Vzorky byly odebírány v sezóně 2015 v Líderovické rybníční soustavě (2 odběrová místa v horní části soustavy, 1 odběrové místo na odtoku ze soustavy), Radimovické rybníční soustavě (1 odběrové místo v horní části soustavy, 1 odběrové místo na odtoku ze soustavy) a Jordán (1 odběrové místo na odtoku z nádrže). Nejvyšší rozdíly byly zjištěny u hodnot konduktivity od  $279 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $1230 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , hodnot celkového uhlíku od  $18,75 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  do  $67,33 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , hodnot nerozpuštěných látek od  $1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  do  $117,33 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Postupný nárůst hodnot  $\text{NO}_3\text{-N}$  a  $\text{PO}_4\text{-P}$  byl zaznamenán v průběhu sezóny u Jordánu. Na základě výsledků lze tvrdit, že starší (Radimovická soustava) vykazovala vyšší hodnoty celkového uhlíku a mladší (Líderovická soustava) vykazovala vyšší hodnoty  $\text{NO}_3\text{-N}$  v závislosti na využití půdy v jejím okolí.

### **Klíčová slova:**

Táborsko, Líderovice, Radimovice u Tábora, Jordán, fosforečnany, dusičnany, eutrofizace

## **Abstract**

This thesis deals with the evaluation of concentration levels of phosphates, nitrates and other parameters (pH, conductivity, suspended solids, alkalinity, total carbon, inorganic carbon, total organic carbon and total nitrogen) in fishpond systems at Tabor. Further was to consider the difference in value depending on the age of the systems and agricultural activities in their vicinity. Samples were taken in season 2015 Lideřovické pond system (2 sampling points at the top of the system, one sampling point in the outflow from the system), Radimovická pond system (one sampling point at the top of the systém, one sampling point at the outlet of the system) and Jordan ( one sampling point at the outfall of the pond). The highest differences were found in the values of conductivity from 279  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  to 1230  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , the values of total carbon from 18.75  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  to 67.33  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , and the values of suspended solids from 1  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  to 117.33  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . The gradual increase in the value of  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{PO}_4\text{-P}$  was registered during the season with Jordan. Based on the results we can say that the older (Radimovická system) showed higher levels of total carbon and younger (Lideřovická system) showed higher  $\text{NO}_3\text{-N}$  depending on land use in the surrounding area.

### **Key words:**

Táborsko, Lideřovice, Radimovice u Tábora, Jordán, phosphates, nitrates, eutrophication

## Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>2 Voda a její vlastnosti.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Hydrologický cyklus.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Druhy vod.....</b>	<b>15</b>
2.2.1 Atmosférická voda.....	15
2.2.2 Podzemní voda.....	15
2.2.3 Povrchová voda.....	16
<b>2.3 Fyzikální a chemické vlastnosti.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Rozpuštěné a nerozpuštěné látky.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5 Anorganické látky.....</b>	<b>20</b>
2.5.1 Anionty.....	20
2.5.2 Kationty.....	22
2.5.3 Další látky.....	23
<b>3 Metodika.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1 Popis zájmového území.....</b>	<b>26</b>
<b>3.2 Liderovická soustava.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3 Radimovická soustava.....</b>	<b>30</b>
<b>3.4 Jordán.....</b>	<b>32</b>
<b>3.5 Metody vlastní práce.....</b>	<b>35</b>
<b>3.6 Základní chemické parametry.....</b>	<b>35</b>
<b>3.7 Stanovení uhlíku a celkového dusíku.....</b>	<b>36</b>
3.7.1 Stanovení množství celkového uhlíku.....	36
3.7.2 Stanovení množství anorganického uhlíku.....	36
3.7.3 Stanovení celkového dusíku.....	37
<b>3.8 Průtoková injekční analýza se spektrofotometrickou detekcí (FIA).....</b>	<b>37</b>

3.8.1 Stanovení dusičnanového dusíku .....	37
3.8.2 Stanovení fosforečnanového fosforu .....	38
<b>3.9 Statistické zpracování dat .....</b>	<b>38</b>
<b>4 Výsledky .....</b>	<b>39</b>
4.1 Výsledky měření základních parametrů v zájmových oblastech .....	39
4.2 Sezónní průběh vybraných parametrů na jednotlivých soustavách .....	41
<b>5 Diskuze .....</b>	<b>45</b>
<b>6 Závěr.....</b>	<b>55</b>
<b>7 Seznam použité literatury .....</b>	<b>56</b>
<b>8 Přílohy .....</b>	<b>61</b>

**Seznam zkratk:**

pH – vodíkový exponent

NL<sub>105</sub> – obsah nerozpuštěných látek

KNK<sub>4,5</sub> – kyselinová neutralizační kapacita

TC – celkový uhlík

IC – anorganický uhlík

TOC – celkový organický uhlík

TN – celkový dusík

GF/C – tato přípona značí, že byl vzorek přefiltrován



# 1 Úvod

Voda jako jeden z nejcennějších a nezastupitelných přírodních zdrojů je předpokladem vzniku a fungování veškerého organického života na zemi. Voda je podstatnou surovinou pro naplňování nezbytných potřeb člověka, pro umělé zavlažování v zemědělství, pro výrobu elektrické energie, průmysl, rybářství atd. Voda je dále jedním z objektů zájmu mnoha vědních oborů, zejména biologie, meteorologie, ekologie, pedologie, hydrauliky aj.

S extrémním nárůstem lidské populace dochází ke zvýšeným nárokům na spotřebu vody. Lidská činnost způsobuje výrazné znečištění vodních zdrojů. Jako majoritní zdroj znečištění můžeme uvést zemědělskou výrobu, ta má za následek ve většině případů erozi, která vede ke znečištění splachem průmyslových hnojiv, v podobě dusičnanů a fosfátů do povrchových vod. Dále způsobuje značné znečištění vody těžba nerostných surovin a průmyslová výroba. Zvýšená koncentrace dusičnanů a fosfátů značně napomáhá nepřírozené eutrofizaci stojatých vod, kde je přítomnost těchto látek nejčastěji způsoben nadměrným používáním hnojiv a překračováním limitů hnojení v zemědělském sektoru. Vliv těchto látek může u člověka ve zvýšených koncentracích způsobovat vážné zdravotní problémy, v některých případech i smrt.

Právě proto je tato diplomová práce zaměřena na zkoumání změn koncentrací  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  a dalších podstatných parametrů spojených s kvalitou vody jako jsou pH, vodivost, nerozpuštěné látky ( $\text{NL}_{105}$ ), kyselinová neutralizační kapacita ( $\text{KNK}_{4,5}$ ), celkový obsah uhlíku (TC), celkový obsah anorganického uhlíku (IC), celkový obsah organického uhlíku (TOC) a celkový obsah dusíku (TN). Téma této práce jsem si vybral na základě svého zájmu o historii vodní soustavy v okolí vodní nádrže Jordán, která si v minulých letech prošla mnohými změnami. V praktické části budou zhodnoceny koncentrace těchto látek v lokalitách Liderovické soustavy rybníků, Radimovické soustavy rybníků a rybníku Jordán.

Cílem mé práce je zhodnocení hladin koncentrací fosforečnanů, dusičnanů a dalších parametrů (pH, vodivosti,  $NL_{105}$ ,  $KNK_{4,5}$ , TC, IC, TOC a TN ve zmíněných soustavách.

Dílními cíli práce jsou:

- Posouzení změny hodnot jmenovaných parametrů při průtoku vody jednotlivými soustavami.
- Porovnání hodnot jmenovaných parametrů v odtékající vodě z jednotlivých soustav a z rybníku Jordán.
- Posouzení sezónních průběhů jmenovaných parametrů v sezóně roku 2015.
- Statistické zpracování těchto dat.

### **Pracovní postup:**

- Seznámení s problematikou dynamiky  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_3^-$  a dalších parametrů
- Vypracování literární rešerše k tématu
- Odběry v zájmových územích a laboratorní zpracování vzorků
- Analýza získaných dat pomocí statistických funkcí
- Interpretace výsledků

## 2 Voda a její vlastnosti

Modrá planeta, pojmenování, které Země dostala, je víc než výstižné a to díky vodě. Ta je základním médiem pro umožnění vzniku života. Voda pokrývá 70,8 % celkového zemského povrchu (Kunský et al., 1964). Množství celkové vody na planetě Zemi je odhadováno na 1,38 miliard km<sup>3</sup>. Majoritní podíl tvoří voda slaná (moře, oceány, slaná jezera). Sladká voda tvoří jen nepatrný zlomek 2,6 % (Kalač, 2010). Tab. 1 zobrazuje rozdělení světových zásob vody, jejich objem a průměrnou dobu zadržení v jednotlivých částech biosféry.

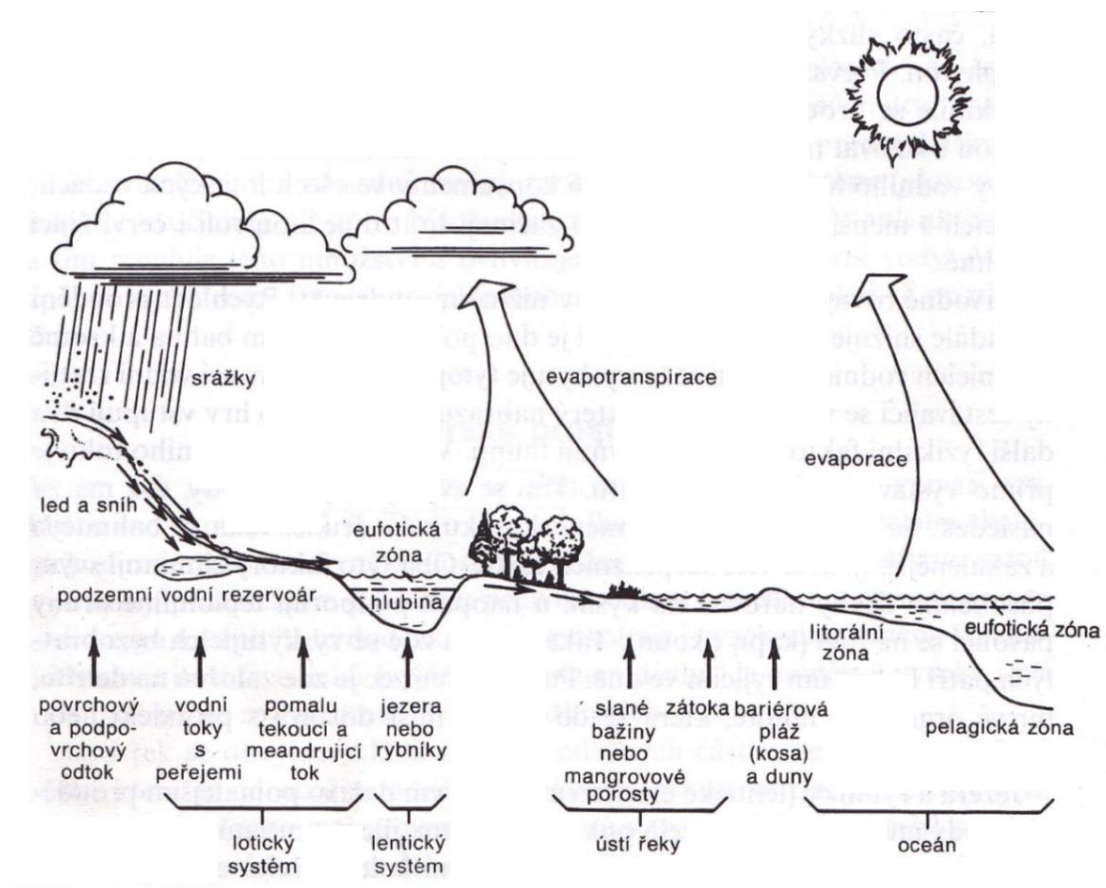
Tab. 1: Cyklus a rozdělení světových zásob vody (Polášková et al., 2011)

<b>Zásobník</b>	<b>Objem (km<sup>3</sup>)</b>	<b>%</b>	<b>Průměrná doba zadržení</b>
oceány	1370	97,25	37 000 let
ledovce	29	2,05	16 000 let
spodní voda	4	0,29	300 let
sladkovodní jezera	0,125	0,009	1 - 100 let
slaná jezera	0,104	0,008	10 - 1000 let
půdní vlhkost	0,067	0,005	280 dní
atmosféra	0,013	0,0009	9 dní
vodoteče	0,0017	0,0001	
biosféra	0,0006	0,00004	

S měnícími se klimatickými poměry a stále se zvyšujícími nároky lidské populace vzrůstá význam sladké vody, zejména pitné (Polášková et al., 2011). Vzhledem ke své geografické poloze patří Česká republika k jedné ze zemí s omezeným zdrojem pitné vody. V 80. letech 20. století průměrná denní spotřeba vody na obyvatele činila přibližně 300 litrů. V dnešní době, kdy je kladen dost silný důraz na úsporná opatření a šetrné jednání vůči životnímu prostředí, celková spotřeba vody člověka denně klesla na 140 litrů (Kalač, 2010), z tohoto množství jsou 2-3 litry využity jako voda pitná (Polášková et al., 2011).

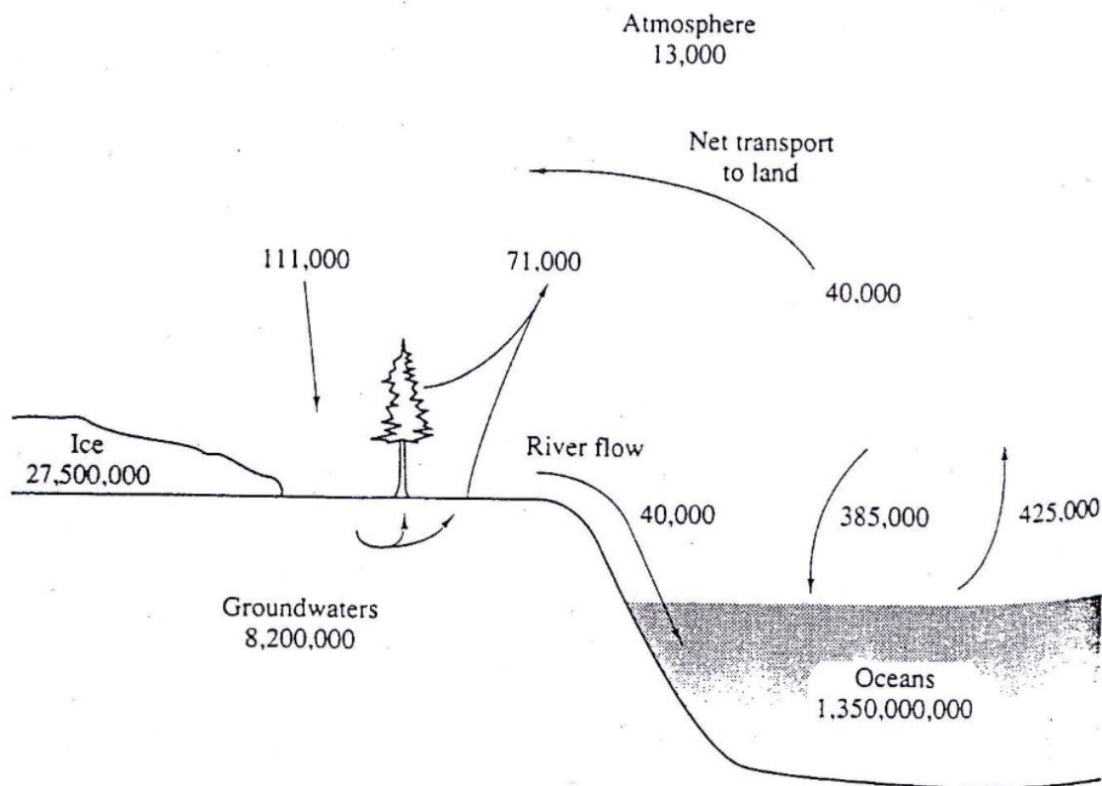
## 2.1 Hydrologický cyklus

Hydrologický cyklus je periodicky opakující se děj, při kterém povrchová a podzemní voda mění skupenství v jednotlivých vrstvách zemské sféry. Tento jev je zapříčiněn vzájemným působením slunce, měsíce, vegetace, proudění vzduchu i zemské gravitace. Jsou známy dva typy hydrologického cyklu: malý a velký. U velkého probíhá výpar vody z hladiny oceánů a zemského povrchu do vzduchu, ve vyšších sférách atmosféry se kondenzuje a padá na povrch země v podobě srážek (Obr. 1). Ty jsou dále svedeny do potoků a řek. Tímto způsobem se voda navrací zpět do oceánu (Forman and Godron, 1993). U malého je tento cyklus omezen pouze na oblast nad vodní plochou oceánů nebo určitou omezeně velkou oblast, nacházejících se na pevnině (Hornberger et al., 1998).



Obr. 1: Hydrologický cyklus (Forman a Godron, 1993)

Údaje uvedené na Obr. 2. navazují na Obr. 1. Pro představu jsou doplněny hodnoty celkového objemu vody v globálním koloběhu.



Obr. 2: Globální cyklus vody, objem udán v km<sup>3</sup> (Schlesinger, 1991)

## 2.2 Druhy vod

Vodu rozdělujeme podle výskytu na atmosférickou, podzemní a povrchovou. U vody můžeme z limnotypologie rozlišovat původ, stáří, dále chemické, fyzikální a biologické parametry (Ambrožová, 2003).

### 2.2.1 Atmosférická voda

Atmosférickou vodou je chápána celková voda v ovzduší bez ohledu na skupenství, ve kterém se nachází. Bod přeměny vody v atmosféře z fáze plynné do fáze kapalné charakterizuje tzv. rosný bod. Ten je charakterizován jako teplota, při níž se vzduch následkem izobarického ochlazování stane nasyceným, aniž mu byla dodána vodní pára z vnějšího prostředí. Při poklesu teploty pod teplotu rosného bodu obvykle dochází ke kondenzaci vodní páry (Sobíšek et al., 1993). Pozorujeme ji v podobě srážek kapalných (děšť, rosa, mlha) a tuhých (sníh, kroupy, námraza) (Pitter, 1999).

### 2.2.2 Podzemní voda

Podzemní vodou je chápána veškerá voda ve všech skupenstvích nacházející se pod povrchem, tedy v půdě, v horninovém prostředí i v puklinách. Podzemní vody se dělí podle celkového chemického složení na vody prosté a na vody minerální. Prostá voda má nízký obsah rozpuštěných látek a nesplňuje tak žádné z kritérií pro minerální vodu. Pokud prostá voda překročí limitní koncentrace vybraných složek, stává se z ní voda minerální. Podle ČSN 86 8000 patří mezi složky, které definují minerální vodu: celková mineralizace, volný  $\text{CO}_2$ , veškerá  $\text{S}^{-II}$ , Fe, I, As a Rn (Pitter, 1999). Zásoby podzemní vody mohou být doplňovány převážně infiltrací z povrchu, kondenzací v půdě (Bumerl, 2003).

### **2.2.3 Povrchová voda**

Povrchovou vodu můžeme klasifikovat jako veškerou vodu nacházející se na zemském povrchu. Dělí se na vody kontinentální a vodu mořskou. Kontinentální vody zahrnují jednak lotické (tekoucí), v nichž není např. tak výrazná teplotní stratifikace a nedochází k jarní a podzimní cirkulaci a jednak lentické (stojaté), nebo jen velmi pomalu tekoucí - rybníky, jezera a jiné vodní nádrže (Pitter, 1999).

Povrchové vody využívané člověkem lze rozdělit na zdroje: pitné, využívané k průmyslovým účelům, zemědělství, rekreační, dopravní a další. Zmíněný druh vody má nezastupitelnou krajino tvornou funkci (Polášková et al., 2011).

#### **Stojaté vody (lentické)**

Lentické vody jsou charakteristické značnou sedimentací, zarůstáním vegetací a hromaděním živin. Z hlediska stability můžeme lentické prostředí dělit na eustatické (stabilní) jako jsou jezera a na astatické (nestabilní) jako jsou rybníky, rašeliniště, menší toky a tůně (Ambrožová, 2003).

#### **Tekoucí vody (lotické)**

Mohou být charakterizovány mimo jiné jako tekoucí voda, která se nevsákne do půdního prostředí a nevypaří se do prostoru, nebo není zachycena vegetací (Lellák and Kubíček, 1992).

Hlavní charakteristikou povrchových vod je jejich dynamika a značná proměnlivost chemického složení v čase. U lotického biotopu můžeme pozorovat v kratším časovém horizontu prohlubování koryta, rozšiřování příčného průřezu, tvorbu meandrů, erozi a vyrovnávání dna (Ambrožová, 2003).

## 2.3 Fyzikální a chemické vlastnosti

### Konduktivita

Jedná se o základní vlastnost roztoků elektrolytů. Konduktance (elektrická vodivost), měřená v jednotkách siemens [S] je chápána jako převrácená hodnota rezistence (elektrického odporu) roztoku, měřeného v jednotkách *ohm* [ $\Omega$ ]. Konduktivita (měrná elektrická vodivost) je konduktance vztažená na jednotku délky, její jednotkou je [ $S\ m^{-1}$ ] (Horáková et al., 1989; Pitter, 1999).

Roztok získává schopnost vést elektrický proud na základě přítomnosti rozpuštěných minerálních látek. Konduktivita roztoku závisí na množství rozpuštěných látek disociovaných v ionty. Jako téměř nevodivý roztok je brána destilovaná (upravena destilací vodovodní vody) nebo deionizovaná (upravena měniči iontů) voda právě na základě odstranění většiny minerálních rozpuštěných látek a organických nerozpuštěných látek (Lellák and Kubíček, 1992).

V elektrolytech jsou disociovány ionty, které dokáží přenášet elektrický proud.

Vodivost roztoků závisí na:

- koncentraci a disociačním stupni elektrolytů
- nábojovém čísle iontů
- pohyblivosti iontů v elektrickém poli
- teplotě roztoku

(Horáková et al., 1989)



## pH

Podle Brönstedovy teorie, která platí v libovolném prostředí, můžeme charakterizovat látky kyselé jako ty, které dokáží uvolňovat proton (vodíkový kationt) a látky zásadité, které ho dokáží přijmout (Horáková et al., 1989). Pro vyjádření kyselé nebo alkalické reakce je využíván tzv. vodíkový exponent pH (Lallák and Kubiček, 1992). Jelikož pH značně ovlivňuje biochemické a chemické procesy ve vodě, je tak jeho stanovení zcela nezbytnou součástí každého chemického rozboru vody (Pitter, 1999). pH je definováno jako záporně vzatý dekadický logaritmus koncentrace oxoniových kationtů:  $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ , (Monk, 2004). Hodnoty pH mají značný vliv na fyzikálně – chemický režim vod a zásadně ovlivňují rozpustnost jednotlivých látek ve vodě (Heteša and Kočková, 1997).

### Neutralizační kapacita

Neutralizační kapacitou vody se označuje schopnost vody vázat určité látkové množství kyseliny (kyselinová neutralizační kapacita) nebo zásady (zásadová neutralizační kapacita) do zvolené hodnoty pH. Je vyjádřena integrálem tlumivé kapacity v určitém rozmezí pH. Pro stanovení titrací vody jsou použity silné kyseliny nebo zásady. V případě stanovení kyselinové neutralizační kapacity jde o ekvivalentní spotřebu jednosytné kyseliny a v případě stanovení zásadové neutralizační kapacity o ekvivalentní spotřebu jednosytné zásady při titraci 1000 ml vody do požadované hodnoty pH. Výsledná hodnota je uváděna  $\text{mmol.l}^{-1}$  (Horáková et al., 1989).

## **2.4 Rozpuštěné a nerozpuštěné látky**

Přítomnost složek vody ve vzorku lze rozdělit z fyzikálního hlediska na látky rozpuštěné a nerozpuštěné. Součet těchto dvou základních skupin můžeme označit jako látky veškeré. Jejich stanovení patří mezi základní ukazatele chemických vlastností vody (Horáková, 2003).

### **Nerozpuštěné látky**

Informace o množství organických i minerálních (anorganických) látek suspendovaných ve vodě nám udává veličina, která se nazývá obsah nerozpuštěných látek ( $NL_{105}$ ). Stanovit je lze na základě jejich zachycení ze známého množství zhomogenizovaného nebo rozmíchaného vzorku na membránovém filtru a následném sušení při 105 °C do konstantní váhy a zvažení (Heteša and Kočková, 1997).

### **Rozpuštěné látky**

Rozpuštěné látky se určují odpařením filtrovaného vzorku vody a sušením odparku při 105 °C. Tyto látky nazýváme rozpuštěné látky sušené. Zvolená velikost pórů filtru je rozhodujícím faktorem v rozlišování rozpuštěných a nerozpuštěných látek (Pitter, 1999).

## 2.5 Anorganické látky

### 2.5.1 Anionty

#### Fosforečnany ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Fosfor se v povrchových vodách vyskytuje převážně ve formě fosforečnanů. Je významným biogenním prvkem, který ovlivňuje biologickou produkci povrchových vod. Rozpuštěnost fosforečnanů je závislá na formě iontů, ve které se vyskytuje ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), druhu kationtu a reakci vody (Hartman et al., 2005).

Zdrojem anorganicky vázaného fosforu ve vodách mohou být minerály, například apatit, fosforit, kaolinit. Ve velmi nízkých koncentracích se vzhledem k jeho snadné zadržitelnosti v půdách (tisíciny miligramu) vyskytuje fosfor v podzemních vodách. V nádržích a vodních tocích se fosfor vyskytuje v různých formách buď jako rozpuštěný, nebo nerozpuštěný (suspendovaný). Nerozpuštěný anorganický fosfor je tvořen fosfáty, které jsou chemicky vázané na hlinitokřemičitany. Rozpuštěný fosfor se může vyskytovat jako ortofosforečnany, lineární kondenzované fosforečnany, cyklické kondenzované ortofosforečnany a organicky vázaný fosfor, polyfosforečnany a metafosforečnany (Heteša and Kočková, 1997).

#### Dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ )

Dusičnany můžeme označit za konečný produkt mineralizace organicky vázaného dusíku. Za oxických podmínek zůstávají stabilní, za anoxických podmínek podléhají denitrifikaci, při které vznikají dusitany, případně další formy redukováného dusíku. (Pitter, 1999). Dusičnany patří mezi čtyři hlavní anionty vod a vyskytují se tak ve všech druzích vod v různých koncentracích: ve srážkových vodách od desetin do  $x$  jednotek  $\text{mg.l}^{-1} \text{NO}_3^-$ , v podzemních a povrchových vodách od jednotek do  $x$  desítek  $\text{mg.l}^{-1} \text{NO}_3^-$  a až po stovky  $\text{mg.l}^{-1} \text{NO}_3^-$  v některých odpadních průmyslových vodách (Horáková, 2003).

## **Dusitany ( $\text{NO}_2^-$ )**

Dusitany se vyskytují ve všech typech vod. Koncentrace dusitanů v povrchových a podzemních vodách bývá menší (desetiny až setiny  $\text{mg.l}^{-1}$ ), než v odpadních splaškových vodách (řádově jednotky až desítky  $\text{mg.l}^{-1}$ ). Z důvodu jejich vzniku při biochemické redukci dusičnanů nebo při biochemické oxidaci amoniakálního dusíku patří dusitany mezi významné indikátory fekálního znečištění přírodních vod, podobně jako amoniakální dusík (Horáková et al., 1989).

## **Amoniakální dusík ( $\text{NH}_4^+$ , $\text{NH}_3$ )**

Amoniakální dusík vzniká jako hlavní produkt rozkladu organických dusíkatých látek živočišného nebo rostlinného původu. Jednoduché amonné soli se ve formě minerálů v přírodě nevyskytují a nejsou tedy ve vodách přírodního původu přítomny. Mezi antropogenní zdroje amoniakálního dusíku organického původu patří především splaškové odpadní vody a odpady ze zemědělských výroby. Jako zdroj antropogenního amoniakálního dusíku anorganického původu slouží dusíkatá hnojiva, která se infiltrací a splachem ze zemědělsky obdělávaných ploch dostávají do podzemních a povrchových vod (Pitter, 1999).

## 2.5.2 Kationty

### Vápník ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Vápník se objevuje jako jednoduchý kationt  $\text{Ca}^{2+}$ , je základním prvkem pro rostliny a formy živočišného života a je významnou složkou rozpuštěných i nerozpuštěných látek ve většině přírodních vod (Hem, 1985).

Společně s  $\text{CO}_2$  ovlivňuje ve vodách pH, neutralizační kapacitu, tvrdost vody aj. Vápník je významný biogenní prvek podílející se na stavbě rostlinných buněk, schránek korýšů, dalších bezobratlých i těl ryb. V povrchových vodách zastává funkci biokatalyzátoru, který urychluje mineralizační procesy neživých organických látek a přispívá k ozdravení vodního prostředí (Hartman et al., 2005).

Vyskytuje se převážně ve formě jednoduchého kationtu  $\text{Ca}^{2+}$ . Další formy jsou iontové asociáty, například  $[\text{CaCO}_3(\text{aq})]^0$ ,  $[\text{CaHCO}_3]^+$ ,  $[\text{CaSO}_4(\text{aq})]^0$  a  $[\text{CaOH}]^+$  (Tölgyessy, 1993). V podzemních a povrchových vodách se koncentrace vápníku pohybuje od desítek až do několika set  $\text{mg.l}^{-1}$  (Pitter, 1999).

### Hořčík ( $\text{Mg}^{2+}$ )

Hořčík se také objevuje jako jednoduchý kationt  $\text{Mg}^{2+}$ . V přírodních vodách je obvykle menší množství hořčíku než vápníku. Poměr Ca:Mg se pohybuje od 4:1 do 2:1 (Tölgyessy, 1993). Následkem rozpuštění dolomitů a jiných hornin se hořčík dostává do vody. Rozpustnost  $\text{MgCO}_3$  je značně vyšší než u  $\text{CaCO}_3$ . V silněji mineralizovaných vodách, hořčík nad vápníkem výrazně převyšuje, jelikož rozpustnost sulfátu a hydrogenuhličitanu hořčíku dosahuje vyšších hodnot než u obdobných solí vápníku. Vysoký obsah hořčíku může negativně působit na ryby a jejich přirozenou potravu, bývá však většinou fyziologicky zneškodňován přítomným vápníkem. Koncentrace hořčíku v pitné vodě je limitována hodnotou  $125 \text{ mg.l}^{-1}$ , hodnoty nad  $250 \text{ mg.l}^{-1}$  se mohou projevit hořkou chutí (Heteša and Kočková, 1997).

### **2.5.3 Další látky**

#### **Celkový uhlík (TC)**

Udává se jako součet koncentrace organicky a anorganicky vázaného a elementárního uhlíku přítomného ve vodě (ČSN EN 1484, 75 7515, 7/1998).

#### **Anorganický uhlík (IC)**

Je vyjádřen jako součet koncentrací elementárního uhlíku, všech forem oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého, kyanidů, kyanátů a thiokyanátů. Analyzátory TOC zaznamenávají jako IC většinou jen uhlík obsažený v CO<sub>2</sub>, hydrogenuhličitanech a uhličitanech (ČSN EN 1484, 75 7515, 7/1998).

#### **Celkový organický uhlík (TOC)**

Je vyjádřen jako součet koncentrací organicky vázaného uhlíku přítomného ve vodě v rozpuštěné nebo nerozpuštěné formě. Spolu se stanoví také kyanatany, elementární uhlík a thiokyanaty (ČSN EN 1484, 75 7515, 7/1998).

#### **Celkový dusík (TN)**

Celkový dusík je jedním ze základních ukazatelů týkajících se odpadních vod a jejich vypouštění do vod povrchových. Celkový dusík je součtem všech forem anorganicky a organicky vázaného dusíku. Jde především o dusík amoniakální, dusitanový, dusičnanový a organický (ČSN EN 12260, 75 7524, 3/1995).

## 2.6 Eutrofizace vod

Eutrofizace je přirozený proces (Sharma, 2005), při kterém dochází k obohacení vody živinami (Roberts et al., 2000). Důsledkem je zvýšení primární produkce biomasy ve všech typech povrchových vod. Při eutrofizaci dochází k přesycování prostředí minerálními látkami, hlavně dusičnany a fosfáty (Šafaříčková and Pešata, 2006). Důležitý faktor pro vznik eutrofizačních procesů je výskyt dusíku a fosforu (Tlapák et al., 1992). S eutrofizací se můžeme setkat na řekách, rybnících nebo vodních nádržích. Bývá následkem znečištění odpadními vodami a splachy hnojiv (Moldan, 2009). Eutrofizaci můžeme označit jako jednu z nejviditelnějších zátěží pro povrchové vody (Polášková et al., 2011). Povrchový splach v důsledku vodní eroze je jeden z nejvýznamnějších faktorů, které nadměrně obohacují vody o živiny (Holoubek and Komárek, 1982). Zdrojem jsou především hnojiva. Vodní erozí je ohrožena více jak polovina plochy zemědělské půdy na území České republiky (Kvítek and Tipl, 2003).

Trofie, též nazývaná úživnost, charakterizuje biologii vodních ekosystémů, v nichž probíhá určitý hydrochemický režim. Udává se jako hodnota základních živin, které se účastní biohydrogeochemického cyklu. Ukazatele, pomocí nichž je možno zařadit vody do základních trofických stupňů (oligotrofie, mezotrofie, eutrofie, slabá hypertrofie a silná hypertrofie) jsou uvedeny v Tab. 2. (Hartman et al., 2005). Mimo toto rozdělení byly popsány další typy trofie. Např. stav tzv. dystrofie, kdy je voda zbarvena do žluta až hněda, následkem vysokého obsahu huminových kyselin a nízkého obsahu rozpuštěného fosforu. Za těchto podmínek je omezen rozvoj fytoplanktonu, zooplanktonu i zoobentosu a znemožňuje rozkladné procesy. To má za následek zanášení dna organickou hmotou. Dystrofie je typická pro rašeliniště (Hartman et al., 2005).

Eutrofizaci můžeme rozdělit na přirozenou a umělou (kulturní, indukovanou). Přirozená eutrofizace je způsobena výskytem sloučenin fosforu a dusíku, které pocházejí z půdy a sedimentů ze dna. Tento proces nelze ovlivnit. Umělé eutrofizaci dal vznik civilizační proces (Pitter, 1999). Za následek ji má především používání dusičnanů a fosforečnanů v zemědělství, průmyslu i domácnostech (Polášková et al., 2011). Antropogenní eutrofizace způsobuje narušení biologické rovnováhy ve vodě, které má za následek nárůst biomasy řas, sinic a vodních rostlin (Kalač, 2010). Vypouštěním nevyčištěných splašků a vyplavováním nadbytečných živin ze suchozemského prostředí dochází k přirozenému koloběhu fosforu a dusíku a jejich následnému hromadění v podzemních i povrchových vodách.

K porušení přirozeného koloběhu přispívá i odstraňování vegetace a odvodňování. Podíl má v neposlední řadě i dokrmování ryb v chovných rybnících (Šafaříčková and Pešata, 2006). Zdrojem jsou zde použita organická hnojiva (Kalač, 2010).

Tab. 2: Ukazatele trofie vodních nádrží (Hartman et al., 2005).

Trofie	Oligotrofie	Mezotrofie	Eutrofie	Slabá hypertrofie	Silná hypertrofie
P-celkový (µg/l)	< 15	15-50	50-200	200-800	> 800
chlorofyl <i>a</i> (µg/l)	< 3	3-7	7-30	30-500	> 500
průhlednost (m)	> 5	2-5	0,5-2	0,2-0,5	< 0,2



### 3 Metodika

Zkoumal jsem vybrané hydrochemické parametry vodních nádrží na Táborsku:

- 1) Liderovickou soustavu
- 2) Radimovickou soustavu
- 3) Jordán, do něhož ústí obě výše uvedené soustavy

#### 3.1 Popis zájmového území

Soustava rybníků na Táborsku je co do rozlohy jednou z nejrozsáhlejších v České republice a dotýká se správního území okresů Tábor, Milevsko, Pelhřimov, Písek a Jindřichův Hradec (Generel RaN, 1998). Plocha povodí je 1654,94 km<sup>2</sup> (Zítek et al., 1965). Z geologického pohledu se soustava nachází na rozhraní středočeského plutonu a českého moldanubika. Jihovýchodní část je tvořena zejména granitem a syenitem, zasahuje do oblasti středočeského plutonu (Mísař, 1983). Převážná část Táborské soustavy má pahorkatinný ráz. Z geomorfologického hlediska většina území spadá do celků Táborská pahorkatina a Středočeská pahorkatina (Demek, Mackovčín et al., 2006). Podle Ambrožové (2003) můžeme Táborskou soustavu řadit jak do nádrží nížinných (0 m n. m. – 500 m n. m.), tak do nádrží vysočiny a úpatí hor (500 m n. m. - 1000 m n. m.). Nejvýše položeným bodem v soustavě na Táborsku je se svou výškou 723 m n. m. Javorová skála. Nejnižším bodem s výškou pouhých 348 m n. m. je soutok řeky Lužnice s Vltavou. Průměrné teploty na Táborsku se v zimním období pohybují mezi -2 až -4 °C, v letním období 16 – 18 °C. Celkový průměr je nad hranicí 10 °C. Průměrný roční srážkový úhrn kolísá mezi hodnotami 400 až 450 mm (Quitt, 1970).

### 3.2 Liderovická soustava

Liderovická soustava je tvořena kaskádou rybníků (Tab. 3) v katastrálním území obce Liderovice na Kosteleckém potoce a jeho pravostranném přítoku – Radkovském potoce.

Odběry vzorků vody byly provedeny v místech rybníků Návesný (LID 1), Záchytný (LID 2) a Košín I (KOŠ) (Obr. 3).

Tab. 3: Popis jednotlivých rybníků v soustavě (manipulační řád jednotlivých rybníků, 2003, 2004)

Název rybníku	rozloha (ha)	přibližné stáří
Záchytný (LID 2)	0,9	80. léta 20. století
Podlesek	0,85	80. léta 20. století
Podedvorný	1,15	80. léta 20. století
Návesný (LID 1)	1,13	50. léta 20. století
Velký Liderovický	1,62	80. léta 20. století
Košín III (Ministerský)	1,2	70. léta 20. století
Košín II (Utopený)	0,98	70. léta 20. století
Košín I (KOŠ)	17	80. léta 20. století

Tato soustava zahrnuje rybníky Záchytný, Podlesek, Podedvorný, Návesný, Velký Liderovický, Košín III. (Ministerský) a Košín II. (Utopený). Realizace staveb těchto rybníků se datuje před rok 1955 a 80. letech 20. století byla ukončena výstavba celé soustavy (Manipulační řád – rybník Sudoměřický, 2003). Průměrný roční úhrn srážek na tomto území činí 633 mm.



průchod velkých vod. Celková plocha povodí rybníků zabírá 7,78 km<sup>2</sup> (Manipulační řád – rybník Podlesek, 2004).

**Rybník záchytný (LID 2)** je hlavní vodní plochou Liderovické soustavy, která má sedimentační funkci. Kvůli své velikosti s ním není počítáno pro retardaci povodňové vlny. Bezpečnostní přeliv je budován standardně na úroveň  $Q_{100}$ , která v tomto případě odpovídá průtoku 9,7 m<sup>3</sup>/s.

Dále po proudu leží na Kosteleckém potoce dvě nádrže vybudované v 70. letech 20. století – **Košín II** a **Košín III**. Soustava tří Košínských nádrží vytváří vedle Jordánu druhé nejvýznamnější vodní dílo. Byla vystavěna následkem narůstajících nároků na odběr vody a zachycení sedimentů (Kolektiv autorů, 2007). Košín II a III plní převážně rybochovnou funkci. Kaskáda Košín I, Malý Jordán a Jordán leží na Košínském potoce, do kterého ústí Kostelecký potok.

### **Košín I (KOŠ)**

Nádrž Košín byla vystavěna mezi lety 1975-1978 společně s nádržemi Košín II a III. Mezi funkce Košínské nádrže patří zejména chov ryb, regulace průtoku v kaskádě nádrží nad Jordánem a zlepšení průtoku pro Malý i Velký Jordán. S ohledem na velikost plochy nádrže má nezastupitelnou protipovodňovou funkci sloužící k retardaci povodňové vlny (Manipulační řád – nádrž Košín I, 2004). Dále má pozitivní vliv na omezení zanášení Jordánu splaveninami. Podle dat získaných od ČHMÚ průměrný dlouhodobý roční průtok činí 259 l/s a průměrná dlouhodobá roční výška srážek na povodí je 647 mm. Minimální odtok z nádrže je 29 l/s. Košín I disponuje spodní výpustí, která je při  $Q_{\max}$  (2,5 m<sup>3</sup>/s) schopna vypustit nádrž za 2,8 dne. Vypouští se však pouze při neškodném průtoku  $Q_{\text{nešk}}$  (1,6 m<sup>3</sup>/s), což odpovídá době 4,5 dne, s ohledem na kapacitu Košínského potoka pod hrází. Bezpečnostní přeliv nádrže je standardně koncipován na  $Q_{100}$ , který odpovídá 33 m<sup>3</sup>/s (Manipulační řád – nádrž Košín I, 2004).

### 3.3 Radimovická soustava

V rámci soustavy v povodí Košínského potoka patří Radimovická soustava mezi nejstarší rybníční soustavy. Nachází se 7 km severoseverozápadně od města Tábora, na katastrálním území obcí Radimovice u Tábora a Nasavrky (Hubková, 2008). Tuto soustavu vytváří kaskáda osmi rybníků na Radimovickém potoce (Tab. 4), který je pravostranným přítokem Košínského potoka. Odběry vzorků vody byly provedeny v místech rybníků Praporka (RAD 1) a Návesný (RAD 2) viz (Obr. 4). Povodí soustavy má plochu 1,6 km<sup>2</sup>. Průměrný dlouhodobý roční srážkový úhrn na povodí činí 614 mm a průměrný roční průtok činí 21,60 l/s (ČHMÚ, 2003).

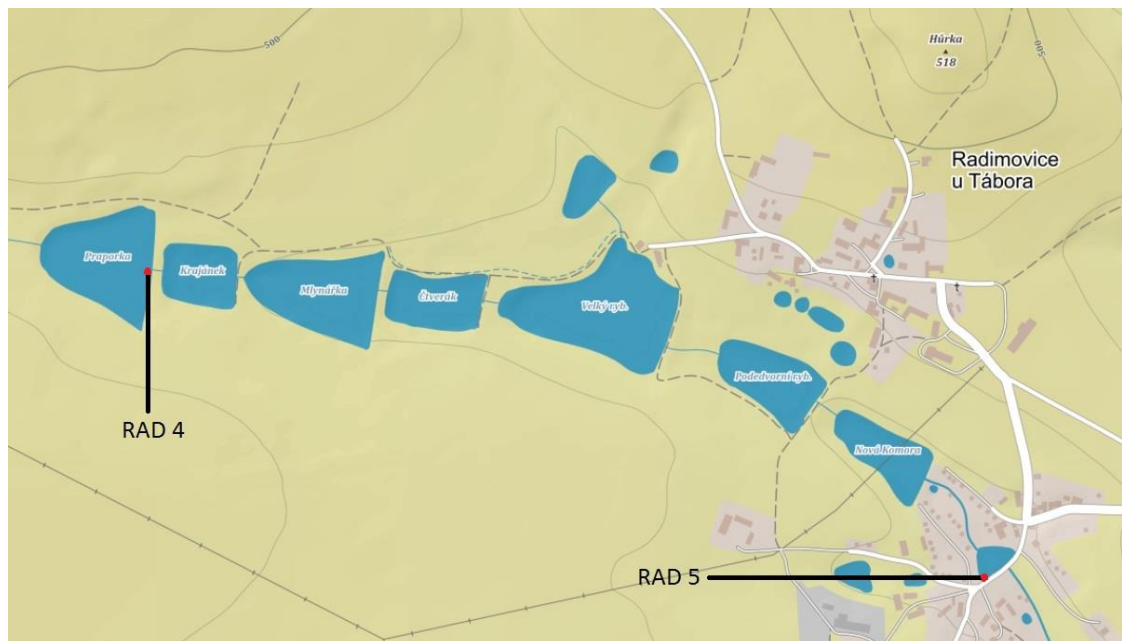
Tab. 4: Popis jednotlivých rybníků v soustavě (manipulační řád jednotlivých rybníků, 2003, 2004)

Název rybníku	rozloha (ha)	přibližné stáří
Praporka (RAD 1)	2,19	1764-1768
Krajánek	0,84	1764-1768
Mlynářka	1,87	1764-1768
Čtverák	1,38	1764-1768
Velký	3,11	1764-1768
Podedvorný	0,9	1764-1768
Nová Komora	1,01	1764-1768
Návesný (RAD 2)	0,204	1764-1768

Všechny rybníky jsou majetkem Místní organizace Českého rybářského svazu v Táboře (MO ČRS Tábor) a správcem je Český rybářský svaz v Táboře.

Vedle vlastních výpustních zařízení mají všechny rybníky bezpečnostní přelivy, které jsou převážně tvořeny betonem se splavem do obtokové stoky. Obtoková stoka vede od přelivu rybníka **Praporka (RAD 1)** po levém břehu soustavy a pak pod rybníkem Nová Komora, zakončená nejmenším rybníkem **Návesný (RAD 2)**, který ústí do Radimovického potoka. Rybník Praporka, první rybník v kaskádě, byl v roce 2011 vypuštěn, protože v roce 2002 byla silně poškozena jeho hráz při povodních a rekonstrukce se vzhledem k finančním nákladům protáhla. Byl vypracován projekt na její opravu a v rámci tohoto projektu probíhá odbahňování dna a oprava bezpečnostního přelivu hráze. Primárním účelem jednotlivých rybníků je rybochovná

funkce. Kromě rybníků Podedvorný a Nová Komora, které jsou loveny ve dvouletých intervalech, probíhá na rybnících každoroční výlov. Mezi další funkce soustavy patří protipovodňová funkce a ochranný vliv. Soustava jako celek slouží ke zmírnění povodňových účinků na povodí Radimovického potoka a tím následně na povodí usazovací nádrže Malý Jordán (Hubková, 2008).



Obr. 4: Mapa Radimovické soustavy s označením odběrových míst (<https://mapy.cz>)

### 3.4 Jordán

**Malý Jordán** byl vystavěn za účelem omezit zanášení níže položené vodárenské nádrže Jordán splaveninami. Jeho další funkce spočívají v chovu ryb a schopnosti regulace průtoku v kaskádě nádrží na Košínském potoce. Z hlediska retardace povodňové vlny je však tato funkce omezená s ohledem na objem vody (Kolektiv autorů, 2007). Průměrný roční úhrn srážek na tomto území činí 638 mm (ČHMÚ, 2003).

**Jordán (JOR)** představuje největší a nejvýznamnější nádrž v rámci Košínské kaskády i celé Táborské rybníční soustavy (Tab. 5). Odběry vzorků vody byly provedeny v místě jordánského vodopádu (JOR) (Obr. 5).

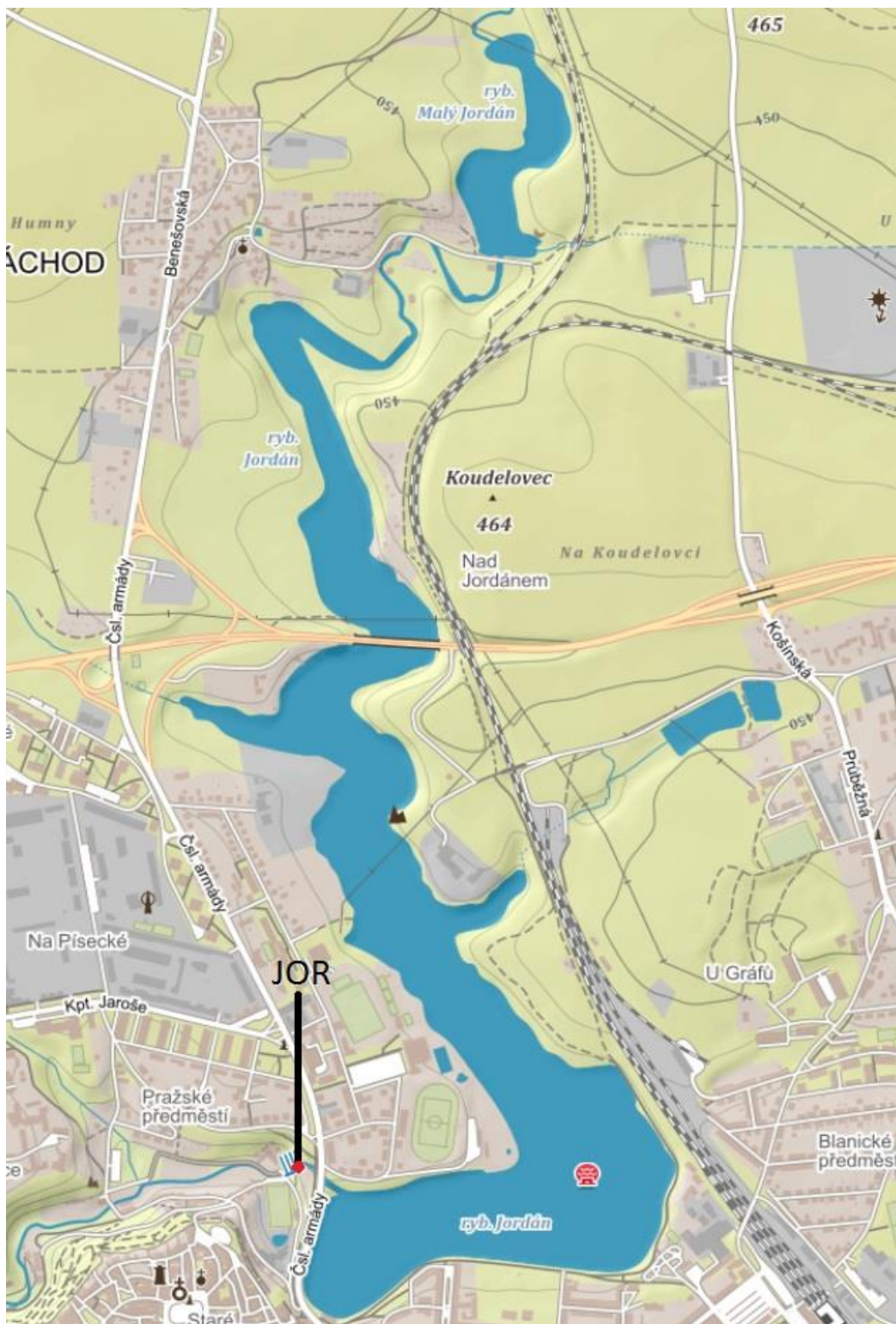
Jeho primárním účelem bylo zásobení středověkého města pitnou vodou. Tuto funkci zastává i v dnešní době, i když je obyvatelstvo města z větší části zásobeno z Jihočeské vodárenské soustavy (Manipulační řád – nádrž Jordán, 2004). Z jeho dalších funkcí můžeme vyjmenovat sportovní rybaření, rekreační využití, zdroj vody pro technologické účely (Kolektiv autorů, 2007). V roce 2002 se významně podílel na snižování následků průchodu povodňových vln. Jordán zaujímá plochu přes 50 ha, má délku 3 km a nejvyšší hloubka je 15 m (Randová et al., 2006). Plocha povodí nádrže je 80,02 km<sup>2</sup>. Průměrný dlouhodobý roční srážkový úhrn na povodí činí 646 mm a průměrný dlouhodobý roční průtok činí 401 l.s<sup>-1</sup> (Hydrobiologická ročenka ČR, 2002).

Tab. 5: Popis jednotlivých rybníků v soustavě (manipulační řád jednotlivých rybníků, 2003, 2004)

Název rybníku	rozloha (ha)	přibližné stáří
Malý Jordán	4,82	1952-1954
Jordán (JOR)	50	1492

Hráz nádrže disponuje třemi základními funkčními objekty. Tím prvním je spodní výpusť, avšak moderní spodní výpusť nádrži chybí. V roce 1830 byly naposledy použity dřevěné výpustě při výlovu, v tomto roce jejich funkce zanikla a nebyla obnovena. Následkem toho má Jordán velmi omezené možnosti vypouštění a je tak beze zbytku nevypustitelný. Neexistuje žádná dokumentace potvrzující přítomnost vlastního výpustního zařízení a jeho situování (Randová et al., 2006). Druhým objektem je boční hrazený bezpečnostní přeliv, který prošel v roce 2003 rozsáhlou rekonstrukcí (Broža et al., 2005). Posledním je odběrné potrubí pro sádky, ležící pod hrází nádrže (Manipulační řád – nádrž Jordán, 2004).





Obr. 5: Mapa Jordánské soustavy s označením odběrového místa (<https://mapy.cz>)

### 3.5 Metody vlastní práce

Výběr lokalit byl provedený tak, aby reprezentoval podobná území se shodnými geologickými, klimatickými, pedologickými a hydrologickými charakteristikami. Byly sledovány hydrochemické parametry pH, vodivost,  $\text{KNK}_{4,5}$ ,  $\text{NL}_{105}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{TC-GF/C}$ ,  $\text{IC-GF/C}$ ,  $\text{TOC-GF/C}$ ,  $\text{TN-GF/C}$ ). Vzorčky byly odebírány v sezóně 2015 v lokalitách Liderovice (2 odběrová místa - LID 1 a LID 2 v horní části soustavy, 1 odběrové místo - KOŠ na odtoku ze soustavy), Radimovice u Tábora (1 odběrové místo v horní části soustavy - RAD 1, 1 odběrové místo na odtoku ze soustavy - RAD 2) a Jordán (1 odběrové místo na odtoku z nádrže - JOR). V jednotlivých odběrových místech se vzorčky odebíraly 1x za měsíc, ve stejný den, do polyethylenových láhví o objemu 1000 ml a následně byly laboratorně zpracovány. Odběry byly provedeny v termínech (Tab. 6).

Tab. 6: Termíny odběrů provedené v odběrové sezóně 2015

Číslo odběru	Datum odběru
1	21. 6. 2015
2	26. 7. 2015
3	23. 8. 2015
4	27. 9. 2015
5	25. 10. 2015
6	22. 11. 2015
7	10. 12. 2015

### 3.6 Základní chemické parametry

Ve vzorcích vody byla stanovena vodivost, hodnota pH a kyselinová neutralizační kapacita ( $\text{KNK}_{4,5}$ ) potenciometrickou titrací 0,1 M kyselinou chlorovodíkovou. K měření byly použity přístroje WTW (MultiLab P5,P4 a 720), které umožňují zároveň s pH měřit vodivost. Vzorčky vody byly následně přefiltrovány na předváženém filtru Whatman GF/C ze skleněných vláken o průměru

55 mm a propustností 0,45  $\mu\text{m}$ . Tento filtr dokáže zachytit částice o velikosti 1,2  $\mu\text{m}$ . Následně byl určený obsah nerozpuštěných látek zachycených během filtrování jako sušina při 105 °C (NL<sub>105</sub>).

### **3.7 Stanovení uhlíku a celkového dusíku**

Ve zpracovaných vzorcích byly měřeny hodnoty celkového uhlíku (TC) a anorganického uhlíku (IC). Hodnoty byly stanoveny pomocí přístroje FORMACSHT TOC/TN ANALYZER; fa Skalar – CARBON Instruments s.r.o. Celkový organický uhlík (TOC) je počítán z rozdílů TC a IC měřených při nízké a vysoké teplotě.

#### **3.7.1 Stanovení množství celkového uhlíku**

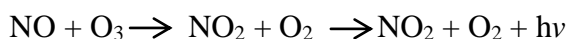
Vzorek vody je nastříknutý pomocí integrovaného dávkovače do vysokoteplotního reaktoru. V reaktoru je při 950 °C (kobaltový katalyzátor) veškerý organický a anorganický uhlík oxidovaný na plynný CO<sub>2</sub>. Katalyzátor zabezpečuje úplnou oxidaci. Proud vzduchu nese tyto produkty do infračerveného detektoru, kde je stanoven spektrofotometricky CO<sub>2</sub>.

#### **3.7.2 Stanovení množství anorganického uhlíku**

Druhý nástřik vzorku se provede do nízkoteplotního kapalinového reaktoru, v kyselém prostředí (2 % kyselina fosforečná), při laboratorní teplotě je veškerý anorganický uhlík převedený na CO<sub>2</sub>. Proud vzduchu transportuje oxid uhličitý do detektoru pro měření.

### 3.7.3 Stanovení celkového dusíku

Vzorek vody je nastříknut pomocí integrovaného dávkovače do vysokoteplotního reaktoru. V reaktoru při vysoké teplotě 950 °C (kobaltový katalyzátor) je veškerý chemicky vázaný dusík konvertován na oxid dusný (NO). Katalyzátor zabezpečuje, aby oxidace byla úplná. Proud vzduchu nebo kyslíku (nebo dusíku) nese tyto produkty do detektoru. Kyslík potřebný pro oxidaci se bere z proudu vzduchu nebo v případě proudu dusíku se bere ze vzorku. Produkty jsou nejprve vedeny do infračerveného detektoru, kde je stanoven oxid uhličitý. Následně jsou produkty vedeny do detektoru ND 10, kde je stanoven oxid dusnatý. V tomto chemiluminiscenčním detektoru je míchán plyn se vzorkem s ozónem v reakční komoře, aby se vytvořil excitovaný dusík ve formě oxidu dusičitého.



Rychlý rozpad  $\text{NO}_2$  produkuje světlo, jehož intenzita je měřena fotonásobičem (PMT). Elektrický signál z PMT je zesílen a přenesen do kontrolního počítače, v němž je vyhodnocen.

## 3.8 Průtoková injekční analýza se spektrofotometrickou detekcí (FIA)

Ve zpracovaných vzorcích byly měřeny hodnoty dusičnanového dusíku a fosforečnanového fosforu. Hodnoty byly stanoveny metodou průtokové injekční analýzy s využitím automatického analyzátoru FIAstar 5000 Foss-Tecator. Jedná se o metodu s plynulým tokem všech roztoků, která je založená na vstříkávání vzorku do proudu jednotlivých reagentů. Vzniklý roztok je v konečné fázi detekován na fotometrickém detektoru při 540 nm pro  $(\text{NO}_3^-)\text{-N}$  720 nm pro  $(\text{PO}_4^{3-})\text{-P}$ .

### 3.8.1 Stanovení dusičnanového dusíku

Průtokové injekční analýze je vzorek přiváděn do plynule protékajícího tlumivého roztoku (nosný proud) vstříkovacím ventilem. Dusičnany ve vzorku jsou redukovány kovovým kadmiem na dusitany. Dusitany vzniklé po redukci dusičnanů diazotují sulfanilamid v kyselém roztoku na diazoniovou sůl, která je následně

kopulována s N-(1-naftyl)ethylendiaminem. Hmotnostní koncentrace ve zkoušeném roztoku se zjistí z naměřené hodnoty získané z kalibrační křivky dle rovnice:

$$\rho_N = \frac{y - a}{b}$$

$y$  = naměřená hodnota vyjádřená jednotkami odezvy přístroje

$b$  = směrnice kalibrační funkce vyjádřená jednotkami odezvy přístroje násobenými litry na miligram

$\rho_N$  = hmotnostní koncentrace dusitanového (N), nebo dusitanového a dusičnanového (N) v miligramech na litr

$a$  = hodnota průsečíku na ose pořadnic vyjádřená jednotkami odezvy přístroje

### 3.8.2 Stanovení fosforečnanového fosforu

Vzorek vody je nastříknutý do plynule protékajícího tlumivého roztoku (destilovaná voda). Vzniklý roztok je nastříknutý do roztoku reagentu molybdenanu amonného za vzniku molybdofosforické heteropolykyseliny. Kyselina je v další fázi redukována druhým reagentem, chloridem cínatým, na fosfomolybdenan. V poslední fázi vstupuje vzorek do detektoru, kde je detekována intenzivní modrá barva vytvořených heteropolykyselin při 720 nm.

## 3.9 Statistické zpracování dat

Pro každé odběrové místo byly stanoveny hodnoty centrálních statistik (medián a směrodatná odchylka). Výsledky byly zpracovány T-testem a vícerozměrnou analýzou rozptylu (ANOVA) na hladině významnosti  $p = 0,05$ . V případě ANOVY byly při průkazně rozdílných výsledcích hodnoty dále testovány pomocí Tukeyho post-hoc testu. Výsledky byly zpracovány v programu Statistica CZ 12.

## 4 Výsledky

### 4.1 Výsledky měření základních parametrů v zájmových oblastech

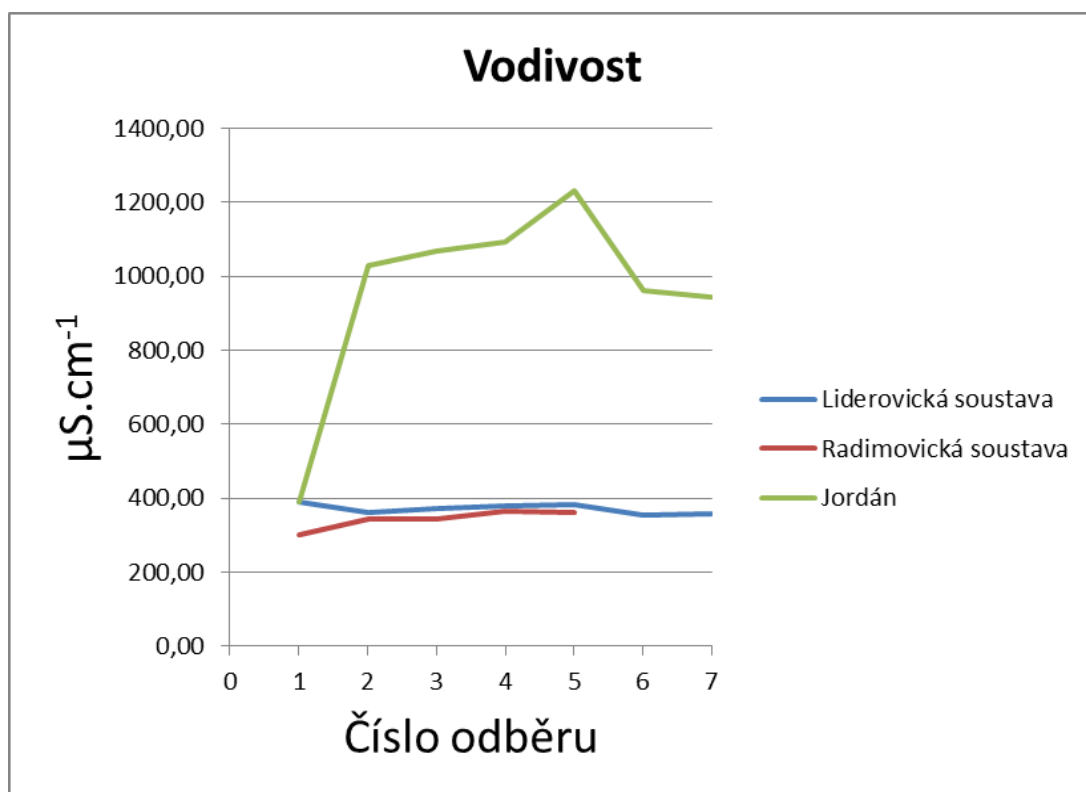
V celé odběrové sezoně se průměrné hodnoty konduktivity pohybovaly od 340,14 do 959,57  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Nejvyšší hodnota 1230  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  byla naměřena v lokalitě Jordánu. Průměrné hodnoty pH se v průběhu odběrového období pohybovaly v rozmezí 6,75 až 7,40, při čemž nejvyšší kolísání pH bylo zjištěno v odběrové lokalitě RAD 1. Zde byla naměřena jak nejnižší hodnota 6, tak nejvyšší hodnota 8,4. Průměrné hodnoty nerozpuštěných látek ( $\text{NL}_{105}$ ) látek se pohybovaly v rozmezí 5,14 až 42,78  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v lokalitách RAD 1 a RAD 2, kde se hodnoty pohybovaly od 50 do 117,33  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Nejvyšší hodnoty dusičnanového dusíku ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) byly naměřeny v lokalitě LID 1, zde hodnoty dosahovaly 7,94  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Průměrné hodnoty celkového uhlíku se pohybovaly v rozmezí 29,10 až 51,09  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , při čemž nejvyšší hodnoty 67,33  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  byly naměřeny v lokalitě Jordánu. Průměrné hodnoty celkového organického uhlíku (TOC) se pohybovaly v rozmezí 10,14 až 21,67  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , nejvyšší hodnota 33,21  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  byla zjištěna v lokalitě RAD 1. Průměrné hodnoty celkového dusíku (TN) se pohybovaly v rozmezí 1,75 až 5,61  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , nejvyšší hodnota 8,50  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  byla zjištěna v lokalitě LID 2. Nejvyšší průměrné hodnoty  $\text{PO}_4\text{-P}$  byly naměřeny v odběrové lokalitě LID 2, zde hodnoty dosahovaly 4,16  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Nejvyšší průměrné hodnoty  $\text{KNK}_{4,5}$  a IC byly naměřeny v odběrové lokalitě Jordán, hodnoty  $\text{KNK}_{4,5}$  zde dosahovaly 2,73  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  a hodnoty IC zde dosahovaly 35,82  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Průměrné hodnoty parametrů ve sledovaném období uvádí Tab. 7.

Tab. 7: Aritmetické průměry  $\pm$  směrodatné odchytky sledovaných parametrů v posuzovaném období roku 2015.

Odběrové místo	vodivost $\mu\text{S.cm}^{-1}$	pH bezrozm.	KNK <sub>4,5</sub> $\text{mmol.l}^{-1}$	NL <sub>105</sub> $\text{mg.l}^{-1}$	NO <sub>3</sub> -N $\text{mg.l}^{-1}$	PO <sub>4</sub> -P $\text{mg.l}^{-1}$	TC $\text{mg.l}^{-1}$	IC $\text{mg.l}^{-1}$	TOC $\text{mg.l}^{-1}$	TN $\text{mg.l}^{-1}$
LID 1	428,14 $\pm$ 26,33	6,78 $\pm$ 0,61	1,58 $\pm$ 0,56	5,33 $\pm$ 5,90	3,76 $\pm$ 2,92	0,03 $\pm$ 0,05	29,10 $\pm$ 6,84	18,02 $\pm$ 6,51	11,08 $\pm$ 1,05	4,68 $\pm$ 2,83
LID 2	373,14 $\pm$ 30,50	7,09 $\pm$ 0,59	1,70 $\pm$ 0,21	7,29 $\pm$ 3,49	4,16 $\pm$ 2,28	0,41 $\pm$ 0,29	32,04 $\pm$ 3,26	21,90 $\pm$ 3,20	10,14 $\pm$ 1,16	5,61 $\pm$ 2,83
KOŠ	371,14 $\pm$ 14,27	6,75 $\pm$ 0,39	1,68 $\pm$ 0,31	6,38 $\pm$ 3,73	0,55 $\pm$ 0,77	0,01 $\pm$ 0,008	35,74 $\pm$ 5,53	21,71 $\pm$ 3,72	14,03 $\pm$ 1,94	2,06 $\pm$ 0,65
RAD 1	340,14 $\pm$ 61,24	7,17 $\pm$ 0,85	1,52 $\pm$ 0,52	42,78 $\pm$ 43,70	1,71 $\pm$ 2,82	0,09 $\pm$ 0,10	40,44 $\pm$ 13,93	18,77 $\pm$ 6,68	21,67 $\pm$ 7,84	3,82 $\pm$ 1,73
RAD 2	342,60 $\pm$ 26,58	7,40 $\pm$ 0,50	2,41 $\pm$ 0,23	30,47 $\pm$ 17,39	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	47,34 $\pm$ 10,36	27,90 $\pm$ 7,56	19,43 $\pm$ 2,95	1,75 $\pm$ 0,42
JOR	959,57 $\pm$ 268,47	7,36 $\pm$ 0,53	2,73 $\pm$ 0,79	5,14 $\pm$ 2,58	1,29 $\pm$ 1,00	0,02 $\pm$ 0,03	51,09 $\pm$ 15,45	35,82 $\pm$ 12,98	15,27 $\pm$ 2,90	2,25 $\pm$ 0,93

## 4.2 Sezónní průběh vybraných parametrů na jednotlivých soustavách

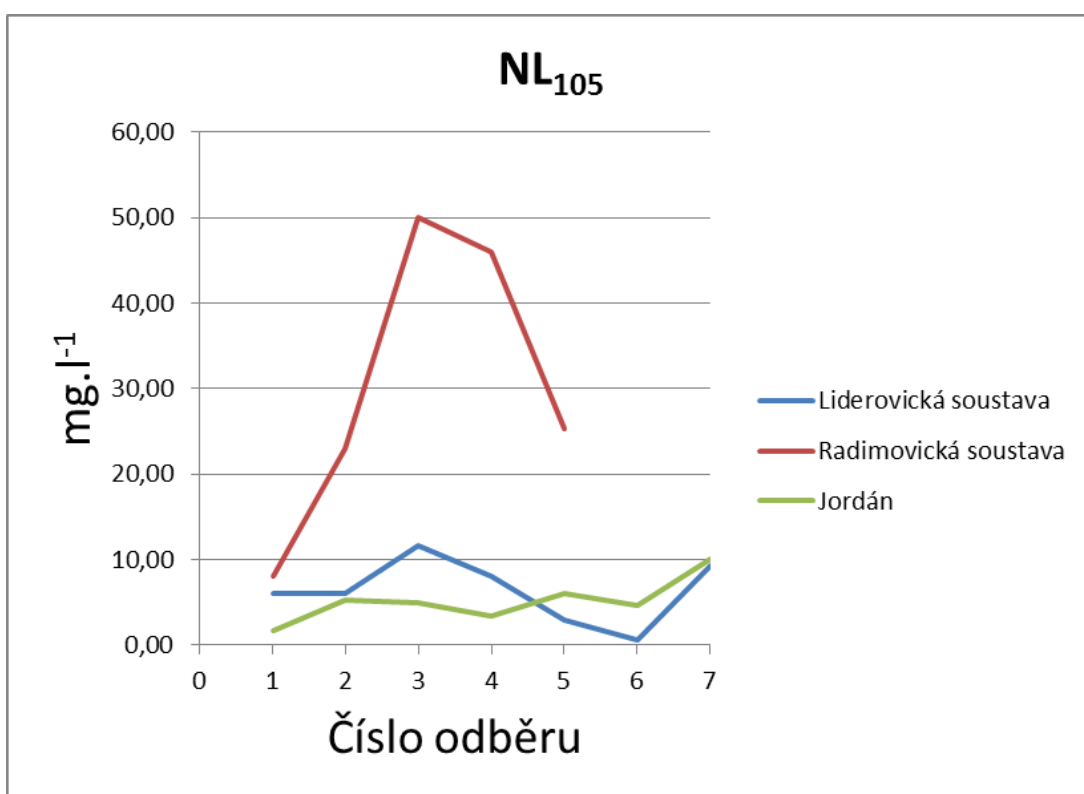
U vybraných parametrů byl zjištěn charakteristický sezónní průběh. Rozsah hodnot vodivosti u Liderovické a Radimovické soustavy byl v průběhu sezóny velice podobný, vodivost zde nabývala hodnot pohybujících se od 299 do 402  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Zcela odlišný průběh hodnot vodivosti v průběhu sezóny byl naměřen v lokalitě Jordán. Hodnoty vodivosti se v průběhu vegetační sezóny od června do července zvýšily z 390 až nad 1000  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , vysoké zůstaly až do konce kalendářního roku (Obr. 6).



Obr. 6: Průběh hodnot vodivosti na sledovaných soustavách v odběrové sezóně 2015

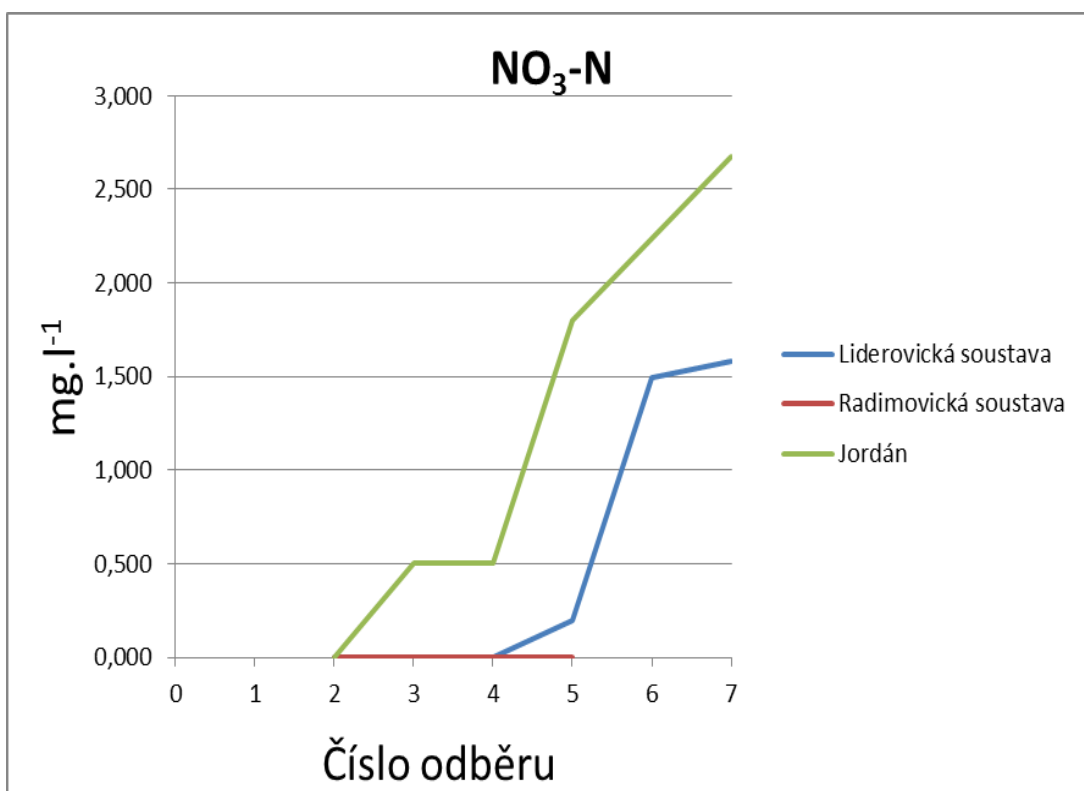


U Liderovické soustavy a Jordánu se hodnoty  $NL_{105}$  v průběhu odběrové sezóny pohybovaly v rozmezí 1,67 až 11,67  $mg.l^{-1}$ , zatímco v odběrové lokalitě odtoku Radimovické soustavy byl zjištěn postupný nárůst hodnot v průběhu sezóny od 8,00 až po naměřené maximum 50,00  $mg.l^{-1}$  (Obr. 7).



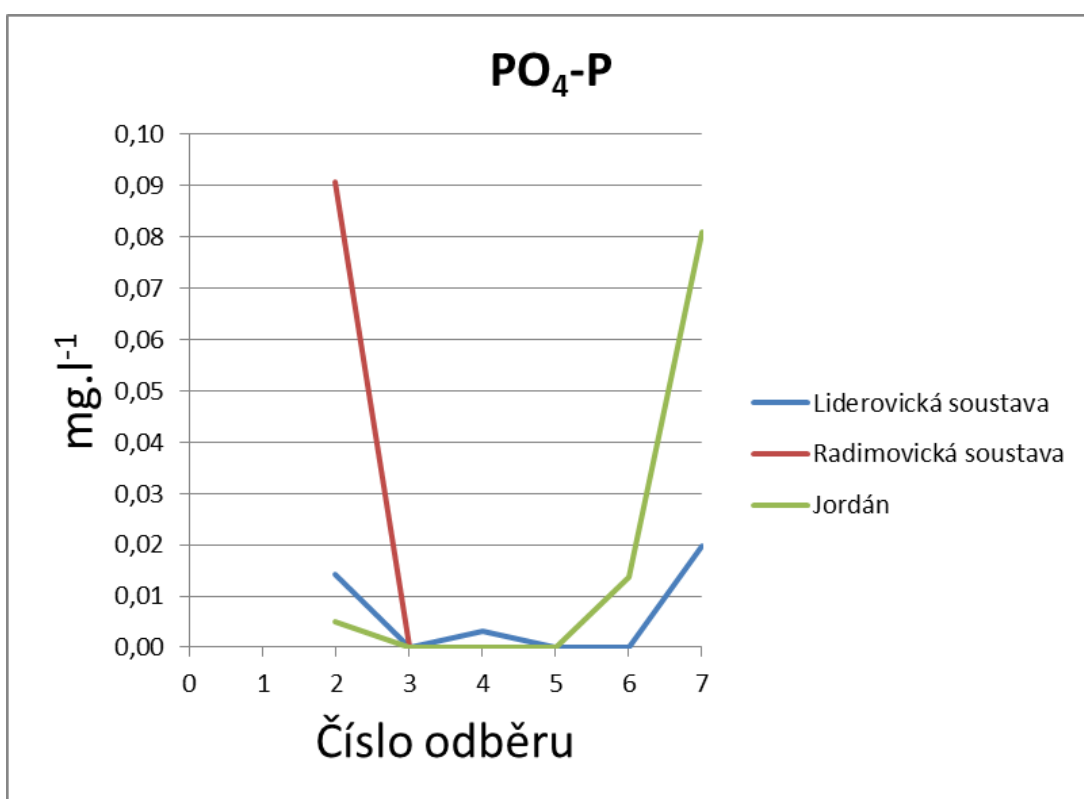
Obr. 7: Průběh hodnot vodivosti na sledovaných soustavách v odběrové sezóně 2015

Hodnoty  $\text{NO}_3\text{-N}$  na odtoku z Radimovické soustavy byly po celé sledované období nulové. Na odtoku z Liderovické soustavy však hodnoty  $\text{NO}_3\text{-N}$  vzrostly z téměř nulových srpnových hodnot k hodnotám kolem  $1,5 \text{ mg.l}^{-1}$  na konci sledovaného období. Také v odběrové lokalitě Jordán byl v průběhu odběrové sezóny zaznamenán nárůst hodnot  $\text{NO}_3\text{-N}$  z nulových červnových hodnot k hodnotám okolo  $2,5 \text{ mg.l}^{-1}$  na konci sledovaného období. (Obr. 8).



Obr. 8: Průběh hodnot  $\text{NO}_3\text{-N}$  na sledovaných soustavách v odběrové sezóně 2015

Hodnoty  $\text{PO}_4\text{-P}$  na odtoku z Liderovické soustavy byly po celé sledované období téměř nulové. Na odtoku Radimovické soustavy byl na začátku sezóny zaznamenán postupný pokles, který se v polovině sezóny propadl až do minusových hodnot. Naprosto opačný průběh hodnot byl zaznamenán v odběrové lokalitě Jordánu, zde byly hodnoty na začátku sezóny téměř nulové. Od září však začaly rapidně narůstat a dosáhly tak podobných hodnot jako na začátku sezóny u Radimovické soustavy (Obr. 9).



Obr. 9: Průběh hodnot  $\text{PO}_4\text{-P}$  na sledovaných soustavách v odběrové sezóně 2015

U ostatních sledovaných parametrů nebyl zjištěn nějak charakteristický sezónní průběh naměřených hodnot, ze kterého by se dala usuzovat závislost či určitý trend.

## 5 Diskuze

Vodní toky jsou nejvíce ovlivňovány působením člověka, především zemědělskou činností (Kvasničková, 2001). Majoritní podíl povrchových vod se nachází v zemědělsko-lesní krajině a největší ohrožení představují v této krajině právě dusičnany a fosforečnany (Kvítek et al., 2005).

### Porovnání v rámci Liderovické soustavy

Na Liderovické soustavě byl zaznamenán podstatný rozdíl v hodnotách konduktivity mezi jejími dvěma přítoky. U horního přítoku (LID 1) byl průměr konduktivity  $428 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , zatímco u druhého přítoku (LID 2) byl průměr  $373 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . U odtoku z Liderovické soustavy (KOŠ) byla naměřena průměrná hodnota konduktivity  $371 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Tab. 7). Statisticky se tak liší konduktivita na odtoku ze soustavy (KOŠ) od přítoku LID 1, nikoliv však od LID 2 (Tab. 8). Jako běžné hodnoty konduktivity u povrchových vod jsou brány hodnoty v rozmezí 50 až  $500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Pitter, 1999). Naměřené hodnoty tedy nevybočují z normálu. Statisticky významný rozdíl je také v parametru  $\text{NO}_3\text{-N}$ , kdy je tento na odtoku ze soustavy (KOŠ) významně nižší než na obou přítocích. V odběrových profilech se také mezi sebou liší hodnoty celkového dusíku (Tab. 8). Hodnota  $\text{NO}_3\text{-N}$  v této lokalitě nebyla překročena. Průměrná hodnota  $\text{NO}_3\text{-N}$  v průběhu sezóny byla okolo  $4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , na odtoku ze soustavy dokonce jen  $0,55 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (Tab. 7), při čemž maximální povolený limit je  $5,4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Ani povolená maximální přípustná hodnota celkového dusíku ( $6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) podle nařízení vlády nebyla překročena.

Poslední měřenou hodnotou na Liderovické soustavě, která vykazuje statisticky významný rozdíl na měřených profilech, je TOC, jehož koncentrace jsou na odtoku významně vyšší než na obou přítocích (Tab. 8). Bylo zjištěno překročení limitů u hodnot (TOC). Hodnoty (TOC) byly překročeny na všech třech odběrových lokalitách na Liderovické soustavě - LID 1, LID 2 i KOŠ (Tab. 7), přípustný limit je dle nařízení vlády do  $10 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ .

V průběhu sezóny byla téměř trojnásobně překročena přípustná hodnota parametru celkový fosfor podle nařízení vlády. Hodnota  $\text{PO}_4\text{-P}$  u profilu LID 2 činila  $0,41 \text{ mg.l}^{-1}$  (Tab. 7). Na odtoku ze soustavy (KOŠ) však již byly průměrné hodnoty fosfátů téměř nulové. Průměrná roční hodnota obsahu fosforu v povrchových tekoucích vodách se pohybuje okolo  $0,07 \text{ mg.l}^{-1}$ . Obsah fosforu ve vodách se mění v závislosti na znečištění, především odpadními vodami a znečištěním vod způsobené zemědělstvím (Lellák and Kubíček, 1992).

Z popsaných výsledků je patrné, že Liderovická soustava sbírá vody z povodí, které ani v důsledku zemědělské činnosti pravděpodobně nepředstavuje s možnou výjimkou fosfátů, zásadní zdroj znečištění povrchových vod podle nařízení vlády. Fosfáty navíc může tato soustava pravděpodobně spíše akumulovat ve svém sedimentu a jejich koncentrace na odtoku pak může být i nižší než na vstupech vody do soustavy. Pravděpodobně však bude docházet k jejich masivnímu uvolňování se sedimentem během vypouštění rybníků v soustavě, především nádrže Košín. Tento jev je obvyklý a může periodicky způsobovat velké výkyvy znečištění vod fosfáty.

Tab. 8: Mediány sledovaných parametrů na přítocích (LID 1, LID 2) a odtoku (KOŠ) z Liderovické soustavy. Hodnoty jsou zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Shodná malá písmena označují statisticky neprůkazné rozdíly mezi odběrovými místy na hladině významnosti  $p \geq 0,05$ . Tyto rozdíly byly hodnoceny analýzou variance (ANOVA) a v případě průkazných rozdílů Tukeyho testem (TUK). Pokud data neměla normální distribuci, byla před testem logaritmována (LOG).

odběrové místo	ANOVA		ANOVA		ANOVA		ANOVA		LOG		LOG		ANOVA		ANOVA		ANOVA		LOG	
	TUK		TUK		TUK		TUK		ANOVA		ANOVA		TUK		TUK		ANOVA		TUK	
	vodivost		pH		KNK <sub>4,5</sub>		NL <sub>105</sub>		NO <sub>3</sub> -N		PO <sub>4</sub> -P		TC		IC		TOC		TN	
	$\mu\text{S.cm}^{-1}$		bezrozm.		$\text{mmol.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$	
LID 1	428,00	a	6,79	a	1,69	a	4,33	a	2,18	a	0,07	a	30,06	a	19,19	a	10,87	a	3,33	ab
LID 2	381,00	b	7,00	a	1,62	a	6,00	a	5,03	a	0,43	a	33,05	a	22,83	a	10,00	a	6,75	a
KOŠ	371,00	b	6,80	a	1,64	a	6,00	a	0,10	b	0,01	a	37,23	a	22,71	a	14,32	b	2,18	b

## Porovnání v rámci Radimovické soustavy

Na Radimovické soustavě byl zaznamenán velký rozdíl v hodnotách ( $NL_{105}$ ) mezi přítokem a odtokem (Tab. 9). U horního přítoku (RAD 1) byl průměr ( $NL_{105}$ )  $42,78 \text{ mg.l}^{-1}$  zatímco u odtoku ze soustavy (RAD 2) byl průměr ( $NL_{105}$ )  $30,47 \text{ mg.l}^{-1}$  (Tab. 7). Tedy v obou případech byla překročena přípustná hodnota  $NL_{105}$  ( $20 \text{ mg.l}^{-1}$ ) podle nařízení vlády.

V odběrových profilech se mezi sebou liší hodnoty celkového dusíku (Tab. 9). U horního přítoku (RAD 1) byla průměrná hodnota (TN)  $3,82 \text{ mg.l}^{-1}$  zatímco u odtoku ze soustavy (RAD 2) byla naměřena průměrná hodnota  $1,75 \text{ mg.l}^{-1}$  (Tab. 7). V tomto případě nebyla překročena povolená maximální přípustná hodnota celkového dusíku ( $6 \text{ mg.l}^{-1}$ ) podle nařízení vlády.

Na Radimovické soustavě byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi přítokem (RAD 1) a odtokem (RAD 2) u hodnot  $KNK_{4,5}$ . Na přítoku (RAD 1) byly hodnoty  $KNK_{4,5}$   $1,52 \text{ mmol.l}^{-1}$ , zatímco na odtoku  $2,41 \text{ mmol.l}^{-1}$  (Tab. 9).

Byl zjištěn rozdíl průměrných hodnot během odběrové sezóny mezi přítokem (RAD 1) a odtokem (RAD 2), byť tento rozdíl není statisticky průkazný. Na přítoku (RAD 1) byly naměřeny vyšší hodnoty  $NO_3-N$  a  $PO_4-P$  než na odtoku (RAD 2). Hodnoty  $NO_3-N$  naměřené na přítoku byly  $1,71 \text{ mg.l}^{-1}$  a hodnoty  $PO_4-P$  byly  $0,09 \text{ mg.l}^{-1}$  (Tab. 7), při čemž na odtoku (RAD 2) byly oba tyto parametry téměř nulové (neměřitelně malé). U těchto parametrů nebyla tedy překročena maximální přípustná hodnota  $NO_3-N$  ( $5,4 \text{ mg.l}^{-1}$ ) a parametru celkový fosfor ( $0,15 \text{ mg.l}^{-1}$ ) podle nařízení vlády (Tab. 7).

Další hodnotu na měřených profilech je TOC, jehož koncentrace jsou téměř shodné jak s přítokem (RAD 1), tak odtokem (RAD 2) (Tab. 9). Bylo zjištěno překročení limitů u hodnot (TOC). Hodnoty (TOC) byly překročeny na obou dvou odběrových lokalitách na Radimovické soustavě - RAD 1 a RAD 2 (Tab. 7), přípustný limit je podle nařízení vlády do  $10 \text{ mg.l}^{-1}$ .

Z popsaných výsledků je patrné, že přítok do Radimovické soustavy (RAD 1) může být do jisté míry postižen zemědělskou činností v okolí. Je pravděpodobné, že vysoký nárůst hodnot  $NL_{105}$  a TOC může být způsoben erozí zemědělské půdy v okolí přítoku (Tab. 9). Jak uvádí Fučík et al. (2014), je prokázán rozdíl mezi koncentracemi  $NO_3-N$  v závislosti na vegetaci a způsobu hospodaření v dané krajině. Byl prokázán značný pokles koncentrace  $NO_3-N$  v místech, kde se nachází v okolí vodních toků pastviny a trvalý travní porost. Je zřejmé a obvyklé, že se fosfáty v nádržích soustavy ukládají v sedimentu, vysvětluje se tím nulová hodnota na odtoku ze soustavy. U snížení (již tak nízké) koncentrace dusičnanového dusíku je pravděpodobné, že je způsobena jeho spotřebou fytoplanktonem v průběhu sezóny.



Tab. 9: Mediány sledovaných parametrů na přítoku (RAD 1) a odtoku (RAD 2) z Radimovické soustavy. Hodnoty jsou zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Shodná malá písmena označují statisticky neprůkazné rozdíly mezi odběrovými místy na hladině významnosti  $p \geq 0,05$ . Tyto rozdíly byly hodnoceny T-testem (T test). Pokud data neměla normální distribuci, byla před testem logaritmována (LOG).

odběrové místo	T - test		T - test		T - test		T - test		T - test		T - test		T - test		T - test		LOG			
	vodivost		pH		KNK <sub>4,5</sub>		NL <sub>105</sub>		NO <sub>3</sub> -N		PO <sub>4</sub> -P		TC		IC		TOC		TN	
	$\mu\text{S.cm}^{-1}$		bezrozm.		$\text{mmol.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$	
RAD 1	303,00	a	6,91	a	1,29	a	18,67	a	0,09	a	0,07	a	37,20	a	16,87	a	20,36	a	3,53	a
RAD 2	344,00	a	7,30	a	2,47	b	25,33	a	0,00	a	0,00	a	51,56	a	30,35	a	20,52	a	1,59	b

## Porovnání odtoků Radimovické a Liderovické soustavy a nádrže Jordán

Zásadní k porovnání parametrů a jejich vývoji je nutné zohlednit průměrný roční průtok na jednotlivých soustavách. Na Liderovické soustavě u jejího odtoku (KOŠ) byl naměřena hodnota průměrného ročního průtoku na 259 l/s. Na Radimovické soustavě u jejího odtoku (RAD 2) je hodnota průměrného ročního průtoku 12x nižší, činí 21,6 l/s. Z této skutečnosti můžeme do jisté míry vyvozovat vliv jednotlivých soustav na celkové koncentrace sledovaných prvků u přehradní nádrže Jordán.

V odběrové lokalitě Jordán byl zjištěn prokazatelný statistický rozdíl v hodnotách konduktivity v porovnání s ostatními soustavami. Medián konduktivity za odběrovou sezónu byl 1030  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  s maximem 1230  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , zatímco medián na Liderovické soustavě činil 371  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a na Radimovické soustavě 344  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Tab. 10). Podle těchto výsledků je nepravděpodobné, že by zdrojem volných iontů mohla být Liderovická nebo Radimovická rybníční soustava. Jednou z eventualit je, že zdroj znečištění se nachází někde mezi úsekem, který nebyl monitorován tj. Košínský potok, Radimovický potok a rybník Malý Jordán (Tab. 10). Je tedy vysoká pravděpodobnost, že hodnota je způsobena i splachem iontů do vlastní nádrže Jordán.

V lokalitě Radimovické soustavy byl zjištěn statisticky prokazatelný rozdíl v koncentraci  $\text{NL}_{105}$ . Medián zde byl 25,33  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , přesto v závislosti na malém průtoku v soustavě tato hodnota neměla znatelný vliv na změnu koncentrace  $\text{NL}_{105}$  v odběrové lokalitě Jordán, kde byl medián 5  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ .

V průběhu odběrové sezóny byl zaznamenán postupný nárůst hodnot  $\text{NO}_3\text{-N}$  na Liderovické soustavě i na Jordánu, tam však s dvouměsíčním zpožděním (Obr. 13). Je zřejmé, že vzhledem k tomu, že koncentrace  $\text{NO}_3\text{-N}$  na Jordánu rostla již o dva měsíce dříve než na Liderovické soustavě, neměla na toto zvýšení zásadní vliv, přestože k němu mohla přispět. Je pravděpodobné, že největší podíl na zvýšení hodnot v Liderovické soustavě i Jordánu přispívá především přímý splach z jejich povodí. U hodnot  $\text{PO}_4\text{-P}$  byl ke konci sezóny zaznamenán prudký nárůst. Ten mohl být způsoben přítokem Liderovické soustavy (Tab. 8). Dále výplachem sedimentu

z Radimovické soustavy v období před 6. odběrem. V tomto období byl poslední rybník v Radimovické kaskádě vypuštěn (RAD 2). Jedná se sice o relativně krátké období, každopádně bylo prokázáno, že právě v tomto období po vypuštění posledního rybníka Radimovické soustavy dochází u rybníku Jordán ke zvýšené koncentraci celkového fosforu a nerozpuštěných látek. V tomto období dále může docházet k masivnímu výplachu bahna a v něm vázaného fosforu (Potužák and Duras, 2013).

V odběrové lokalitě Jordán byl překročen maximální přípustný limit pouze u jednoho parametru a tím je TOC. Průměrné hodnoty TOC byly  $15,27 \text{ mg.l}^{-1}$ , při čemž limit je ( $10 \text{ mg.l}^{-1}$ ) (Tab. 7).

V závislosti na stáří soustav můžeme sledovat statisticky prokazatelný rozdíl v průběhu celé odběrové sezóny. Radimovická soustava založená v letech 1764-1768 oproti mladší Liderovické založené v 50. až 80. letech 20. století vykazuje vyšší naměřené hodnoty pH,  $\text{KNK}_{4,5}$ ,  $\text{NL}_{105}$ , TC a TOC. Nicméně na Liderovické soustavě byly naměřeny vyšší hodnoty  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  a TN. Vysoké hodnoty celkového organického a anorganického uhlíku bych přisuzoval stáří soustavy v závislosti na množství usazenin, které mohou být ze soustavy postupně uvolňovány. U Liderovické soustavy je to naopak. Nižší hodnoty celkového organického a anorganického uhlíku naznačují na menší stáří soustavy, menší zanesení usazeninami. Vyšší koncentrace  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  a TN přisuzují intenzivnímu obhospodařování půdy a s tím je spojená větší eroze.

Tab. 10: Mediány sledovaných parametrů v odběrovém období červen až prosinec 2015 na odtocích z Liderovické a Radimovické soustavy a z nádrže Jordán. Hodnoty jsou zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Shodná malá písmena označují statisticky neprůkazné rozdíly mezi odběrovými místy na hladině významnosti  $p \geq 0,05$ . Tyto rozdíly byly hodnoceny analýzou variance (ANOVA) a v případě průkazných rozdílů Tukeyho testem (TUK). Pokud data neměla normální distribuci, byla před testem logaritmována (LOG). Pokud ani pak nebyl splněn předpoklad normality, byla data hodnocena neparametrickým Kruskal-Wallisovým testem (KW) a vícenásobným porovnáním (VIC)

Odběrové místo	KW VIC		ANOVA		LOG ANOVA TUK		LOG ANOVA TUK		ANOVA		LOG ANOVA		ANOVA		ANOVA TUK		ANOVA			
	vodivost		pH		KNK <sub>4,5</sub>		NL <sub>105</sub>		NO <sub>3</sub> -N		PO <sub>4</sub> -P		TC		IC		TOC		TN	
	$\mu\text{S.cm}^{-1}$		bezrozm.		$\text{mmol.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$		$\text{mg.l}^{-1}$	
Liderovická soustava (KOŠ)	371	a	6,8	a	1,64	a	6,00	a	0,10	a	0,01	a	37,23	a	22,71	a	14,32	a	2,18	a
Radimovická soustava (RAD 2)	344	a	7,3	a	2,47	b	25,33	b	0,00	a	0,00	a	51,56	a	30,35	a	20,52	b	1,59	a
Jordán (JOR)	1030	b	7,5	a	2,79	b	5,00	a	1,15	a	0,009	a	53,78	a	38,28	a	15,54	ab	2,53	a

## Porovnání hodnot v lokalitách LID 1 a KOŠ mezi roky 2014 - 2015

Srovnání hodnot vodivosti v lokalitě Liderovice 1 na začátku odběrové sezóny 2014 a druhé poloviny odběrové sezony 2015 zřetelně ukazuje dost značný rozdíl v hodnotách. V roce 2014 se hodnoty vodivosti pohybovaly v rozmezí 258 až 369  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , zatímco se hodnoty v roce 2015 pohybovaly v rozmezí o dost vyšším 398 až 478  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Hodnoty  $\text{NO}_3\text{-N}$  byly v roce 2015 diametrálně vyšší oproti roku 2014, kde nejvyšší hodnota za rok 2014 byla 1,40  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  a v roce 2015 byla naměřena nejvyšší hodnota 8,50  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Hodnoty TN měly podobný průběh jako  $\text{NO}_3\text{-N}$  v roce 2015, byly diametrálně vyšší oproti roku 2014, kde nejvyšší hodnota za rok 2014 byla 2,29  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  a v roce 2015 byla naměřena nejvyšší hodnota 7,94  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (přílohy Tab. 12).

Hodnoty vodivosti v lokalitě Košín na začátku odběrové sezóny 2014 a druhé poloviny odběrové sezony 2015 zřetelně ukazují dost značný rozdíl v hodnotách. V roce 2014 se hodnoty vodivosti pohybovaly v rozmezí 273 až 327  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , zatímco se hodnoty v roce 2015 pohybovaly v rozmezí o dost vyšším 357 až 391  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . V hodnotách  $\text{NO}_3\text{-N}$  už nebyl tak znatelný rozdíl jako v případě odběrové lokality Liderovice 1. V roce 2014 se hodnoty pohybovaly v rozmezí 0,008 až 1,31  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  a podobný průběh byl naměřen v roce 2015, kde se hodnoty pohybovaly v rozmezí 0 až 1,58  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Naměřené hodnoty TN se v roce 2014 pohybovaly v rozmezí 0,31 až 1,25  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . V roce 2015 byly naměřené hodnoty vyšší, pohybovaly se v rozmezí 1,14 až 2,97  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (přílohy Tab. 12).

## 6 Závěr

Hlavním cílem mé diplomové práce bylo zhodnocení hladin koncentrací fosforečnanů, dusičnanů a dalších parametrů (pH, vodivosti,  $NL_{105}$ ,  $KNK_{4,5}$ , TC, IC, TOC a TN) ve zmíněných soustavách na Tábořsku. V rámci povodí byly vybrány dvě dílčí soustavy, které ústí do přehradní nádrže Jordán (Radimovická a Liderovická soustava). Pro přesnější srovnání byla odběrová území zvolena na přítoku a odtoku soustav. Dále měl být zohledněn rozdíl hodnot v závislosti na stáří soustav a zemědělské činnosti v jejich okolí. Liderovická soustava byla založena v polovině 20. století, Radimovická soustava ve druhé polovině 18. století a přehradní nádrž Jordán koncem 15. století. Jordán si mezi lety 2011 – 2015 prošel vypuštěním a celkovou rekonstrukcí. Každá ze sledovaných soustav se nacházela v jinak obhospodařované krajině. Povodí Liderovické soustavy se z velké části nachází v oblasti s převahou orné půdy. Povodí Radimovické soustavy mezi kulturou trvalých travních porostů. Z výsledků lze konstatovat, že zvýšená koncentrace  $NO_3^-$  N na Liderovické soustavě může být způsobena intenzivní zemědělskou činností v okolí. U Radimovické soustavy může za vyšší koncentrace celkového uhlíku právě nános usazenin, který je spojený se stářím soustavy. V lokalitě Jordán může být vysoká hodnota konduktivity způsobena provedenou rekonstrukcí.

Jako možné řešení v případě Liderovické soustavy bych navrhoval převod orné půdy na trvalý travní porost. Dalším východiskem by mohlo být vysazení druhů rostlin, které fungují jako přirozený filtr vody např. Rákos obecný (*Phragmites australis*), Orobinec (*Typha*), Chrastice rákosová (*Phalaris arundinacea*), Zblochan vodní (*Glyceria maxima*), Skřípinec jezerní (*Schoenoplectus lacustris*), Zevar vzpřímený (*Sparganium erectum*), Sítina rozkladitá (*Juncus effusus*) a další. V případě Radimovické soustavy bych doporučoval revitalizaci říčního koryta a celkové odbahnění rybníků.

## 7 Seznam použité literatury

**Ambrožová J.** (2003): Aplikovaná a technická hydrobiologie. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 31, 38 – 39 s.

**Broža V. et al.** (2005): Přehrady Čech, Moravy a Slezska. Liberec, KNIHY 555, 256 s.

**Borkovcová A.** (2013): Rybníky Táborska - fungování významného krajinného prvku z hlediska retence vody a živin. Diplomová práce. České Budějovice: JU, nepublikováno.

**Bumerl M.** (2003): Hydrologie. SOŠ OTŽP Veselí n. Lužnicí, Veselí n. Lužnicí, 16, 22 s.

**Demek J., Mackovčín P. et al.** (2006): Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČR. Brno, AOPK ČR, 582 s.

**Forman R. T. T., Godron M.** (1993): Krajinná ekologie. Academia, Praha, 583 s.

**Fučík P., Novák P., Žížala, D.** (2014): Combined statistical approach for evaluation of the effects of land use, agricultural and urban activities on stream water chemistry in small tile-drained catchments of south Bohemia, Czech Republic. Environmental Earth Sciences, 72:2195–2216.

**Hartman P. et al.** (2005) Hydrobiologie. Třetí, přepracované vydání. Praha: Informatorium, 359 s.

**Hem J. D.** (1985): Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. U. S. Department of the interior, Virginia, 112, 117 s.

**Heteša J., Kočková, E.** (1997): Hydrochemie. 1. vyd. Praha: MZLU, 95 s.

**Holoubek I., Komárek J.** (1982): Chemie životního prostředí. 1. vyd. Brno, Univerzita J. E. - Purkyně v Brně, Fakulta přírodovědecká, 152 s.

**Horáková M., Lische P., Grünwald A.** (1989): Chemické a fyzikální metody analýzy vod. 2. vyd. Praha, SNTL – Nakladatelství technické literatury n. p., 392 s.

**Horáková M.** (2003): Analytika vod. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 88, 146 s.

**Hornberger G. M., Raffensporger J. P., Wiberg P. L., Eshleman K. N.** (1998): Elements of physical hydrology. The Johns Hopkins University Press, Maryland, 5 – 7 s.

**Hubková A.** (2008): Posouzení soustavy rybníků v Radimovicích u Tábora z hlediska bezpečnosti a provozu. Diplomová práce. Praha: ČVUT.

**Kalač P., Tříška J., Kolář L., Jírovcová E.** (2010): Chemie životního prostředí. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 2. vyd., 171 s.

**Kolektiv autorů** (2007): Životní prostředí na Táborsku 2006. Tábor: MěÚ OŽP, 84 s.

**Kunský J.** (1964): Zeměpis světa. Praha, Orbis, 489 s.

**Kvasničková D.** (2001): Základy ekologie. Praha: Fortuna, 104 s.

**Kvítek T., Tippl M.** (2003) : Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 46 s.

**Kvítek T. et al.** (2005): Využití a ochrana vodních zdrojů. ČB : JU v ČB Zemědělská fakulta, 169 s.

**Lellák J., Kubíček F.** (1992): Hydrobiologie. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 256 s.

**Mísař Z.** (1983): *Geologie ČSSR I.*, Český masív. Praha: SPN, 1983. 333 s.

**Moldan B.** (2009): Podmaněná planeta. 1. vyd. Praha, Karolinum, 419 s.



**Monk M. S.** (2004): Physical chemistry: Understanding our chemical world. Wiley, England, 246 s.

**Pitter P.** (1999): Hydrochemie. 3.vyd. Praha, Vydavatelství VŠCHT, 568 s.

**Polášková A. et al.** (2011): Úvod do ekologie a ochrany životního prostředí. Vyd. 1. Praha, nakladatelství Karolinum, 283 s.

**Potužák J., Duras J.** (2013): Rybníky jako účinný nástroj pro snižování živinového zatížení povodí. Sborník konference Vodárenská biologie, s. 32-40 s.

**Quitt E.** (1970): Mapa klimatických oblastí ČSSR, 1 : 500 000. Praha, Kartografické nakladatelství.

**Randová H. et al.** (2006): Zásady protipovodňové politiky. Cestou opatření k nápravě. Tábor, MěÚ Tábor, 20 s.

**Roberts M., Reiss M., Monger G.** (2000): Advanced biology. Nelson, United Kingdom, 682 s.

**Sharma B. K.** (2005): Water pollution. GOEL Publishing House, Meerut, New Delhi, 105 s.

**Sobíšek B. et al.** (1993): Meteorologický slovník výkladový a terminologický. 1. vydání, Academia, Ministerstvo životního prostředí, Praha, 594 s.

**Šafaříčková S., Pešata M.** (2006): Živiny v krajině: dusík, fosfor, eutrofizace půdy a vody, indikace dusíku. 1. vyd. Č. Budějovice: DAPHNE ČR - Institut aplikované ekologie, 16 s.

**Tlapák V., Šálek J., Legát V.** (1992): Voda v zemědělské krajině. 1. vyd, Praha, Zemědělské nakladatelství Brázda, 320 s.

**Tölgyessy J.** (1993): Chemistry and biology of water, air and soil: Environmental aspects. Elsevier Science Publishers, The Netherland, 69, 77 s.

**Zítek J. et al.** (1965): Hydrologické poměry ČSSR, díl I. Text. Hydrometeorologický ústav, Praha, 414 s.

**Manipulační řády a letáky:**

Manipulační řád – nádrž Jordán. Tábor: MěÚ OŽP Tábor, 2004.

Manipulační řád – nádrž Košín I. Tábor: MěÚ OŽP Tábor, 2004.

Manipulační řád – nádrž Košín II. Tábor: MěÚ OŽP Tábor, 2004.

Manipulační řád – nádrž Košín III. Tábor: MěÚ OŽP Tábor, 2004.

Manipulační řád – nádrž Malý Jordán. Tábor: MěÚ OŽP Tábor, 2004.

Manipulační řád – rybník Návesný. Tábor: MěÚ OŽP Tábor, 2003.

Manipulační řád – rybník Podedvorný. Tábor: MěÚ OŽP Tábor, 2004.

Manipulační řád – rybník Podlesek. Tábor: MěÚ OŽP Tábor, 2004.

Manipulační řád – rybník Sudoměřický. Tábor: MěÚ OŽP Tábor, 2003.

Manipulační řád – rybník Velký Liderovický. Tábor: MěÚ OŽP Tábor, 2003.

Manipulační řád – rybník Záchytný. Tábor: MěÚ OŽP Tábor, 2004.

Hydrologická ročenka České republiky 2002. Praha: ČHMÚ, 2003. 205 s.

**Normy:**

ČSN EN 1484 (757515) - Jakost vod - Stanovení celkového organického uhlíku (TOC) a rozpuštěného organického uhlíku (DOC). Datum vydání: Červenec 1998.

ČSN EN 12260 (75 7524) Jakost vod – Stanovení dusíku – Stanovení vázaného dusíku (TN<sub>b</sub>) po oxidaci na oxidy dusíku. Datum vydání: Březen 1995.

**Elektronické zdroje:**

*Generel rybníků a nádrží ČR 1998* [CD-ROM]. Praha: Hydroprojekt a.s., 1998.

[www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## 8 Přílohy

Tab. 11: Souhrnné hodnoty sledovaných parametrů na všech odběrových lokalitách během odběrové sezóny 2015. Prázdná pole značí neměřenou hodnotu.

č. vzorku	datum	vodivost	pH	KNK <sub>4,5</sub>	NL <sub>105</sub>	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	TC	IC	TOC	TN
		μS.cm <sup>-1</sup>	bezrozm.	mmol.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>
<b>LID 1</b>	21.6.2015	398,00	6,79	2,34	4,33						
<b>LID 1</b>	26.7.2015	408,00	7,10	2,08	1,67	1,73	0,07	27,94	16,60	11,34	3,52
<b>LID 1</b>	23.8.2015	438,00	7,80	1,76	4,33	1,47	0,00	36,66	24,05	12,61	2,24
<b>LID 1</b>	27.9.2015	413,00	6,40	1,69	3,00	1,93	0,00	34,96	24,58	10,38	2,59
<b>LID 1</b>	25.10.2015	478,00	7,10	1,48	1,00	2,44	0,00	32,18	21,78	10,40	3,14
<b>LID 1</b>	22.11.2015	428,00	6,00	0,94	4,67	7,07	0,00	24,12	12,23	11,89	8,07
<b>LID 1</b>	10.12.2015	434,00	6,30	0,80	18,33	7,94	0,10	18,75	8,90	9,85	8,50
<b>LID 2</b>	21.6.2015	381,00	6,76	2,10	6,00						
<b>LID 2</b>	26.7.2015	391,00	7,30	1,88	8,00	4,27	0,54	26,24	15,66	10,58	8,45
<b>LID 2</b>	23.8.2015	378,00	8,10	1,62	12,33	5,79	0,50	32,94	23,53	9,41	6,61
<b>LID 2</b>	27.9.2015	402,00	6,90	1,69	11,67	6,19	0,86	33,35	24,17	9,18	7,63
<b>LID 2</b>	25.10.2015	399,00	7,40	1,47	4,67	6,02	0,37	30,74	21,88	8,86	6,88
<b>LID 2</b>	22.11.2015	335,00	6,20	1,58	4,00	1,63	0,02	35,79	24,02	11,77	2,30
<b>LID 2</b>	10.12.2015	326,00	7,00	1,59	4,33	1,09	0,18	33,16	22,13	11,03	1,80
<b>RAD 1</b>	21.6.2015	286,00	6,91	2,21	2,80						
<b>RAD 1</b>	26.7.2015	279,00	6,90	1,56	70,00	0,00	0,28	30,99	16,13	14,86	2,32
<b>RAD 1</b>	23.8.2015	303,00	8,20	1,25	70,67	0,00	0,08	42,35	17,61	24,74	2,20
<b>RAD 1</b>	27.9.2015	302,00	8,40	1,29	117,33	0,00	0,10	44,82	17,74	27,08	2,29

<b>RAD 1</b>	25.10.2015	428,00	7,20	2,27	18,67	0,17	0,01	65,20	31,99	33,21	4,75
<b>RAD 1</b>	22.11.2015	390,00	6,00	1,04	4,67	4,81	0,00	32,05	16,07	15,98	5,49
<b>RAD 1</b>	10.12.2015	393,00	6,60	1,00	15,33	5,30	0,06	27,22	13,09	14,13	5,87
<b>RAD 2</b>	21.6.2015	299,00	6,82	2,06	8,00						
<b>RAD 2</b>	26.7.2015	342,00	7,30	2,66	23,00	0,00	0,09	31,97	16,89	15,08	2,39
<b>RAD 2</b>	23.8.2015	344,00	8,10	2,47	50,00	0,00	0,00	50,45	29,64	20,81	1,44
<b>RAD 2</b>	27.9.2015	366,00	7,10	2,54	46,00	0,00	0,00	52,66	31,05	21,61	1,55
<b>RAD 2</b>	25.10.2015	362,00	7,70	2,31	25,33	0,00	0,00	54,26	34,03	20,23	1,63
<b>RAD 2</b>	22.11.2015										
<b>RAD 2</b>	10.12.2015										
<b>KOŠ</b>	21.6.2015	391,00	6,74	2,34	6,00						
<b>KOŠ</b>	26.7.2015	360,00	7,20	1,49	6,00	0,000	0,01	28,23	16,20	12,03	2,97
<b>KOŠ</b>	23.8.2015	371,00	7,00	1,64	11,67	0,000	0,00	38,71	23,13	15,58	1,14
<b>KOŠ</b>	27.9.2015	380,00	7,00	1,70	8,00	0,000	0,00	41,04	24,74	16,30	1,49
<b>KOŠ</b>	25.10.2015	384,00	6,80	1,71	3,00	0,195	0,00	40,83	25,64	15,19	2,04
<b>KOŠ</b>	22.11.2015	355,00	6,00	1,44	0,67	1,493	0,00	35,74	22,29	13,45	2,31
<b>KOŠ</b>	10.12.2015	357,00	6,50	1,42	9,33	1,582	0,02	29,92	18,27	11,65	2,39
<b>JOR</b>	21.6.2015	390,00	6,62	1,62	1,67						
<b>JOR</b>	26.7.2015	1030,00	7,50	1,69	5,33	0,00	0,00	23,92	13,84	10,08	2,70
<b>JOR</b>	23.8.2015	1070,00	8,20	2,79	5,00	0,50	0,00	47,12	30,93	16,19	1,11
<b>JOR</b>	27.9.2015	1092,00	7,10	2,68	3,33	0,51	0,00	47,77	31,99	15,78	1,12
<b>JOR</b>	25.10.2015	1230,00	7,50	3,35	6,00	1,80	0,00	60,59	45,29	15,30	2,35
<b>JOR</b>	22.11.2015	961,00	7,70	3,52	4,67	2,24	0,01	67,33	48,29	19,04	2,89
<b>JOR</b>	10.12.2015	944,00	6,90	3,44	10,00	2,68	0,08	59,79	44,56	15,23	3,33

Tab. 12: Souhrnné hodnoty sledovaných parametrů na odběrových lokalitách Liderovice 1 a Košín během odběrové sezóny 2014. Prázdná pole značí neměřenou hodnotu (Borkovcová, 2014: nepublikováno)

č. vzorku	datum	vodivost	pH	KNK <sub>4,5</sub>	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	TC	IC	TOC	TN
		μS.cm <sup>-1</sup>	bezrozm.	mmol.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>
<b>LID 1</b>	21.10.2013				1,401	0,022	35,61	23,04	12,57	2,07
<b>LID 1</b>	1.12.2013	339	6,9	1,61	0,791	0,020	43,84	30,41	13,43	2,29
<b>LID 1</b>	29.1.2014	327	7,2	1,91	0,787	0,015	19,43	11,54	7,89	0,47
<b>LID 1</b>	14.2.2014	258	6,6	1,44	1,125	0,066	18,84	7,63	11,21	0,32
<b>LID 1</b>	22.3.2014	332	7	2,15	0,111	0,017	40,57	29,84	10,73	0,92
<b>LID 1</b>	20.4.2014	369	7,2	2,11	0,0000	0,000	46,25	32,19	14,06	0,88
<b>LID 1</b>	18.5.2014	359	7,1	2,16	0,776	0,000	50,18	33,03	17,15	1,83
<b>KOŠ</b>	21.10.2013				0,074	0,024	36,67	26,37	10,3	1,23
<b>KOŠ</b>	1.12.2013	273	7,2	1,23	0,297	0,178	37,46	24,12	13,34	0,89
<b>KOŠ</b>	29.1.2014	327	7,2	1,45	1,105	0,081	15,27	9,74	5,53	
<b>KOŠ</b>	14.2.2014	283	6,5	1,40	1,31	0,272	19,79	4,52	15,27	0,31
<b>KOŠ</b>	22.3.2014	315	7,5	1,58	0,842	0,197	27,94	21,78	6,16	1,25
<b>KOŠ</b>	20.4.2014	315	8,2	1,26	0,0000	0,000	28,87	17,95	10,92	0,71
<b>KOŠ</b>	18.5.2014	318	7,2	1,53		0,000	34,02	21,49	12,53	0,41