

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí



Makrozoobentos acidifikovaných přítoků a odtoků šumavských jezer

Macrozoobenthos of acidified tributaries and outflows of lakes

in the Šumava Mts.

Bc. Takaaki Senoo

Diplomová práce

Školitel: Doc. RNDr. Evžen Stuchlík, CSc.

Praha, 2009

Prohlašuji, že jsem tuto magisterskou práci vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré informace budou řádně citovány.

Praha, září 2009

Takaaki Senoo

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Takaaki Senoo', written in a cursive style.

Poděkování

Předkládaná práce vznikla v průběhu magisterského studia na Ústavu životního prostředí Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze. Práce byla podporována finančními prostředky projektu 6. RP EU EURO-LIMPACS a prostředky poskytnutými Českou geologickou službou v Praze k zabezpečení účasti České republiky v programech UN ECE ICP Waters a ICP IM.

Na tomto místě bych rád poděkoval svému školiteli **Doc. RNDr. Evženu Stuchlíkovi, CSc.** za všestrannou podporu při vzniku a dokončení práce, spolupráci při odběrech vzorků, provedení chemické analýzy a poskytnutí cenných informací, materiálu a rad pro tuto práci.

Mgr. Janu Ruckému děkuji za věnovaný čas, osobní přístup, veškerou pomoc s odběry a určováním vzorků a další rady a podporu.

Je na místě také poděkovat těmto odborníkům za pomoc s určováním a revizí materiálu: **Mgr. Petr Pařil** (Masarykova Univerzita, Brno), **RNDr. Pavel Chvojka** (Entomologické oddělení Národního muzea, Praha), **Mgr. Jan Špačka, Ph.D.** (Povodí Labe, Hradec Králové), **Prof. RNDr. Tomáš Soldán DrSc.** (Biologické centrum AV ČR, Entomologický ústav, České Budějovice), **Prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc.** (Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích), **Mgr. Martin Fikáček** a **Mgr. Jiří Hájek** (Entomologické oddělení Národního muzea, Praha).

Děkuji **Prof. Ing. Jiřímu Kopáčkovi, Ph.D.** (Biologické centrum AV ČR, Hydrobiologický ústav, České Budějovice) za poskytnutí dat o chemismu a spoustu dalších užitečných informací a rad. Děkuji také **Doc. RNDr. Jaroslavu Vrbovi, CSc.** (Biologické centrum AV ČR, Hydrobiologický ústav, České Budějovice) a **Prof. RNDr. Peteru Bitušfkovi, CSc.** (Fakulta přírodních věd, Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica) za spolupráci při odběrech vzorků, různé studijní materiály a rady.

Mgr. Josefu Novotnému, Ph.D. děkuji za pomoc se statistickou analýzou výsledků, četné konzultace a věnovaný čas.

Nesmím zapomenout poděkovat také řádně těmto nejbližším kolegům, především těmto: **Mgr. Jolaně Tátošové Ph.D.**, **Mgr. Davidu Hardekopfovi Ph.D.**, **RNDr. Jakubovi Horeckému, Ph.D.**, **Bc. Lence Ungermanové** a **Bc. Janě Svobodové** za jejich kolegiální přístup, spolupráci při odběrech vzorků, četné konzultace, všestrannou pomoc s dokončením této práce a veškerou podporu.

Jeden z největších díků patří mým rodičům, prarodičům a **Bc. Kateřině Charvátové** za jejich neomezenou podporu a trpělivost během celého studia.

Abstrakt:

Odběry vzorků makrozoobentosu a chemismu vod z přítoků a odtoků osmi antropogenní acidifikací postižených jezer na české i bavorské straně Šumavy byly provedeny v květnu a v říjnu 2007. Vzorky byly odebrány ze všech nalezených tekoucích přítoků. O oživení mnohých z nich dosud neexistovaly žádné údaje.

Výzkum byl proveden v době, kdy se začaly v jezerech projevovat první známky zotavení společenstva z acidifikace (recovery). Tento pozitivní trend byl více zřetelný u méně acidikovaných jezer (pH~5,0), tj. Prášilské j., Laka, Kleiner Arbersee a Grosser Arbersee. Nalezly se v nich druhy známé jako méně acidotorelantní např.: *Diura bicaudata*, *Siphonoperla torrentium* a *Pisidium casertanum* (Mollusca). Ukázalo se, že na těchto jezerech probíhá intenzivnější biologické zotavování než u silně acidifikovaných jezer (pH pod 4,5): Čertovo j., Černé j., Plešné j. a Rachelsee. Pozitivní korelace počtu nalezených taxonů s hodnotou pH na hlavních přítocích byla patrná. Avšak i u těchto silně acidifikovaných jezer se objevilo několik náznaků biologického zotavování např. na hlavním přítoku Plešného jezera byly nalezeny acidotolerantní druh pošvatky *Diura bicaudata* a acidosenzitivní ploštěnka *Crenobia alpina*.

Klíčové slovo: *acidifikace, makrozoobentos, zotavování*

Abstract:

This thesis contains a limnological survey of the tributaries and outflows of eight glacial lakes on both the Czech and German sides of the Bohemian Forest (Šumava, Böhmerwald) that have been affected by anthropogenic acidification. Samples of macrozoobenthos and water chemistry were taken in May and October 2007 from all flowing tributaries found, for many of which there had been no previous biological data.

The survey was performed during the period when the first signs of recovery from acidification of these lakes had been detected. This positive trend was more clear at less-acidified lakes (pH ~5.0) such as Prášilské lake, Laka, Kleiner Arbersee and Grosser Arbersee. Species known as being acidotolerant were found in these lakes, e.g. *Diura bicaudata*, *Siphonoperla torrentium* and the mollusk *Pisidium casertanum*. This reflects a more advanced stage of biological recovery in these lakes compared with the heavily acidified lakes (pH under 4.5) Čertovo lake, Černé lake, Plešné lake a Rachelsee. A positive correlation between numbers of taxa and pH values was clear. However, some indications of biological recovery in these heavily acidified lakes were seen as well. For instance, acidotolerant species like *Diura bicaudata* and acidosensitive *Crenobia alpina* were found in the main tributary of Plešné jezero.

Key words: Acidification, macrozoobenthos, lake recovery.

Obsah:

1. ÚVOD	1
2. TEORETICKÝ ÚVOD	3
3. METODYKA	8
3.1. Studované lokality	8
3.1.1. Popis potoků.....	9
3.2. Odběry vzorků v terénu a jejich zpracování v laboratoři.....	15
3.2.1. Odběry makrozoobentosu.....	15
3.2.2. Zpracování biologických vzorků.....	16
3.2.3. Odběry vody a její laboratorní zpracování.....	17
3.3. Analýza výsledků.....	19
3.3.1. Metodické poznámky	19
3.3.2. Chemická data	21
3.3.3. Biologická data	21
4. VÝSLEDKY	22
4.1. Chemismus vod	22
4.2. Výsledky makrozoobentosu	24
4.2.1. Hlavní přítoky	24
4.2.2. Odtoky.....	25
4.2.3. Silně acidifikované potoky.....	28
4.2.4. Méně acidifikované potoky	33
4.3. Výsledky analýzy.....	37
4.3.1. Simpsonův a Shannon-Wienerův index.....	37
4.3.2. Statistické vztahy mezi chemickými parametry lokalit.....	37
a počtem nalezených taxonů	
4.4. Shluková analýza	39
4.4.1. Založená na Jaccardově míře druhové podobnosti	40
4.4.2. Shluková analýza na základě chemických parametrů.....	40
4.5. Znázornění pomocí síťového grafu.....	41
5. DISKUSE	44
6. ZÁVĚRY	54
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	56
8. SEZNAM ZKRAT	62
PŘÍLOHY	

1. Úvod

Od konce 70. let dvacátého století je antropogenní atmosférická acidifikace pokládána za jeden z nejzávažnějších problémů životního prostředí. V mnoha oblastech střední a severní Evropy a severovýchodní Ameriky došlo k narušení struktury celého akvatického společenstva. Nejvýznamnější příčinou antropogenní acidifikace povrchových vod je kyselá atmosférická depozice vodíku, oxidů síry, dusíku a amoniaku. Hlavní anionty, které se podílejí na snížení pH srážek v Evropě jsou zpravidla sulfáty a nitráty. Dominantním zdrojem emisí ve střední Evropě byl tepelné elektrárny (S) a doprava (NO_x) a zemědělství (NH₃) (Schindler 1988, Moldan a Schnoor 1992, Prechtel 2001, Evans a kol. 2001,).

Emise acidifikujících látek ve střední a východní Evropě po r. 1989 významně poklesly a to zejména z důvodu ekonomické restrukturalizace. Snížení emisí v západní Evropě souvisí především se změnami ve využívání paliv, odsířením a denitrifikací spalin a zavedení třícestných katalyzátorů u aut. V důsledku významného snížení zatížení emisemi u většiny (více než 90 %) evropských ekosystémů již nedochází k další acidifikaci, zůstává však řada rizikových (hot-spot) oblastí zejména ve střední Evropě (Prechtel a kol. 2001, Evans a kol. 2001, EEA 2003).

V posledních letech bylo prokázáno (chemické) zotavování akvatických ekosystémů z acidifikace v důsledku redukce emisí síry a dusíku (Kopáček a kol. 1998; 2002). Tento proces označovaný jako „recovery“ však ve všech oblastech neprobíhá se stejnou intenzitou a na jeho zpomalení (hysterezi) má vliv zejména akumulace síry v půdě a saturace půdy dusíkem v povodí jezer (Kopáček a kol. 2002).

V rámci předložené práce byla studována šumavská jezera, která byla v minulém století silně acidifikována působením kyselých srážek a acidifikace způsobila na konci 70. let významné změny chemizmu a oživení těchto lokalit (Fott a kol. 199). Důsledkem okyselení bylo snížení druhové diverzity zooplanktonu, makrozoobentosu a vyhynutí ryb (Vrba a kol. 2003). Šumavská jezera představují unikátní lokality pro limnologický

výzkum hned z několika důvodů. Geologické podloží (krystalické horniny a půdy s nízkým obsahem bazických kationtů) a poloha Šumavy vzhledem ke vzdálenosti od emisních zdrojů síry a dusíku spolupůsobily při výrazném okyselení jezerních vod (Vrba a kol. 2009). Saturace jezerních povodí dusíkem a vysoké koncentrace toxických forem hliníku (Al^{3+}) v jezerní vodě řadí Šumavu mezi imisemi nejpostiženější regiony v Evropě (Kopáček a kol. 2002; Majer a kol. 2003). Zároveň existují dlouhodobé údaje o oživení jezer, které dokumentují pokles biologické rozmanitosti vlivem atmosférické acidifikace (Vrba a kol. 2002; Vrba a kol. 2009). Současný strmý pokles koncentrací síranů, dusičnanů, toxických forem hliníku a nárůst kyselinové neutralizační kapacity a pH jezerní vody je unikátní v celosvětovém měřítku a Šumava se stala jedinečnou lokalitou umožňující studium vývoje, kdy a jak rychle dojde také k biologickému zotavení jezer (lake recovery) (Vrba a kol. 2009).

Předložená práce je zaměřená na studium makrozoobentosu silně acidifikovaných potoků s nízkým obsahem rozpuštěných organických i anorganických látek a součástí české účasti v projektech ICP Waters (monitoring vlivu acidifikace).

Cílem práce je:

- získat originální a komplexní údaje o současném složení makrozoobentosu hlavních přítoků a odtoků všech osmi šumavských jezer
- poukázat na hlavní rozdíly v oživení mezi rychle se zotavujícími a stále silně acidifikovanými lokalitami, a navíc mezi hlavními přítoky a odtoky těchto lokalit
- získat historicky první biologická data na dosud nesledovaných vedlejších přítocích některých jezer
- získat nové a zkompletovat starší poznatky o hydrobiologických parametrech vybraných povrchových vod na Šumavě v návaznosti na předchozí výzkum z let 1999, 2000, 2002 a 2004.
- naznačit možný směr předpokládaného biologického zotavení silně acidifikovaných lokalit na základě zjištěných rozdílů v oživení a výsledků již publikovaných prací.

2. Teoretický úvod

Šumavská jezera jsou studována již přes 130 let řadou vědců z různých hledisek. Avšak s projevením vlivu acidifikace způsobené kyselou atmosférickou depozicí se změnil směr výzkumu na těchto lokalitách především na monitoring projevů antropogenní acidifikace a v posledních letech na proces zotavování z acidifikace. Silné působení acidifikace v České republice trvalo několik desítek let od druhé světové války až do konce 80. let minulého století (Kopáček a Vrba 2006). Od výrazného poklesu acidifikujících depozic, již uplynulo téměř 20 let a my se nyní nacházíme v ideálním období, kdy můžeme sledovat zotavování jezerních ekosystémů všech osmi ledovcových jezer na Šumavě (Vrba a kol. 2009).

Studiem chemismu a oživení šumavských jezer se nesoustavně již více než sto let zabývala celá řada vědeckých skupin. Výsledky těchto výzkumů shrnuje například v r. 1994 Veselý a 2000 Vrba a kol. (Kopáček a kol. 2001). Od roku 1979 jsou tato jezera systematicky sledována s ohledem na vliv antropogenní acidifikace několika výzkumnými týmy v ČR. Nejvýznamněji se v současnosti na jejich sledování podílí Hydrobiologický ústav BC AV ČR v Českých Budějovicích, dále Česká geologická služba (Soldán, nepublikované údaje) a v neposlední řadě instituce, která po letech obnovila v roce 1979 výzkum šumavských jezer a tou je Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze (Fott a kol. 1994; Veselý 1994; Veselý a kol. 1998; Stuchlík a kol. 2004). Jednotlivá jezera jsou studována s různou intenzitou. Největší množství dat existuje o chemismu a makrozoobentosu z pre- a po-acidifikačního období z Černého jezera (Vrba a kol. 2001). V posledních letech se nejintenzivněji sleduje mezi těmito jezery Čertovo j. a Plešného j. (Kopáček a Vrba 2006; Nedbalová a kol. 2006).

2.1. Současný trend chemismu vod

Šumava tak jako ostatní podobné oblasti už přešla období s nejvyšší acidifikací a nyní se nachází ve fázi „recovery“, tj. zotavování se z acidifikace. Nejvýznamnějšími změnami jsou setrvalé snižování koncentrací síranů i dusičnanů, a pokles koncentrací toxických forem Al a H^+ v jezerních vodách (Kopáček a kol. 1998; Veselý a kol. 1998). Rychlost změn v chemismu vody však značně zaostává za rychlostí změn poklesu emisí polutantů v důsledku retenční schopnosti půd (Kopáček a kol. 1999 a 2000). Zatímco ještě v nedávné minulosti to byla depozice síry, která hrála dominantní úlohu v acidifikaci prostředí, její koncentrace však již značně klesly a do popředí vystoupil

vliv depozice dusíku, která má naopak stoupající tendenci (Hrkal a Zelinka 2004), (Obr. 1.1.). Povodí šumavských jezer byla během atmosférické acidifikace saturována dusíkem (Kopáček a kol. 2002; Majer a kol 2003). Proto i po výrazném poklesu imisní zátěže z povodí často odtéká více dusíku než odpovídá jeho současnému ročnímu přísunu atmosférickou depozicí. Ukázalo se, že může docházet k akumulaci dusíku ve svrchních půdních horizontech, izolovaných sněhovou pokrývkou a po jejím tání pak dochází ke zvýšenému vyplavování NO_3^- do jezer (Vrba a kol. 2009).

Po odlesnění povodí Prášílského jezera a poškození lesa kůrovcovou kalamitou v povodí Rachelsee to byla tato dvě jezera, která vykazala nárůst koncentrací dusičnanů a to i přes jejich obecný pokles v povrchových vodách Šumavy (Veselý a kol. 1998, Schaumburg 2000). Podobné události tak povedou k dalšímu významnému snižování obsahu bazických kationtů v půdách (Kopáček a kol. 2001a). Také zvýšení teploty pravděpodobně povede k vyšší mineralizaci a nitrifikaci značného množství v půdách nakumulovaného N a tím k dalšímu okyselování půd i ke zvýšení transportu dusičnanů do jezer (Kopáček a kol. 2001a)

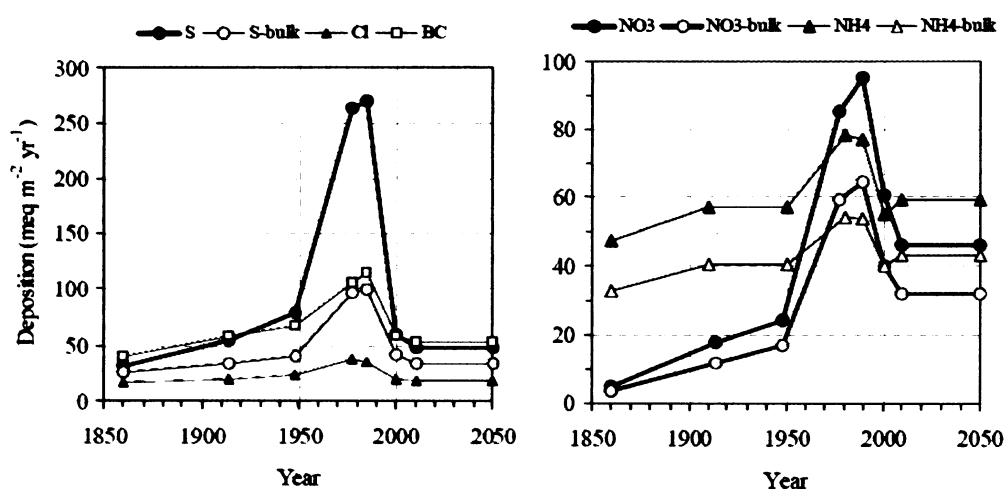
Acidita již naakumulovaná v půdě bude tedy trvale odpovědná za pokračující enviromentální problémy. Zotavení bude často velmi pomalé a může někdy dokonce trvat sto let i více (Nagel a Becker 2005). Díky stále rostoucímu vlivu depozici dusíku v tomto regionu může dokonce hrozit nebezpečí, že Šumavu potká podobný osud jako Krušné hory, jen s tím rozdílem, že původce depozice bude jiný - automobilová doprava (Hrkal a Zelinka 2004).

Stále vysoké odtoky SO_4^{2-} a NO_3^- z půd jsou také hlavní příčinou vysokých koncentrací Al ve většině šumavských jezer (kromě jezera Laka, Prášílského j. a Grosser Arbersee). Prostorová variabilita koncentrací Al závisí především na odnosu síranů, zatímco sezónní variabilita koncentrací Al v jednotlivých přítocích úzce souvisí s odnosy dusičnanů a vykazuje maxima v zimních měsících a minima během vegetační sezóny (Kopáček a kol. 2000). Současná úroveň emisí S a N v ČR dosáhla prahu, pod který již zřejmě dále nebude výrazně klesat. Pro další snižování koncentrací Al v jezerech budou proto mít klíčový význam procesy řídící transport síranů a dusičnanů z půd. (Kopáček a kol. 2001a). Pokles silných aniontů v jezerních vodách byl kompenzován především poklesem koncentrací silně toxického iontového hliníku. Avšak koncentrace Al závisí také na teplotě (Veselý a kol. 1998, 2003).

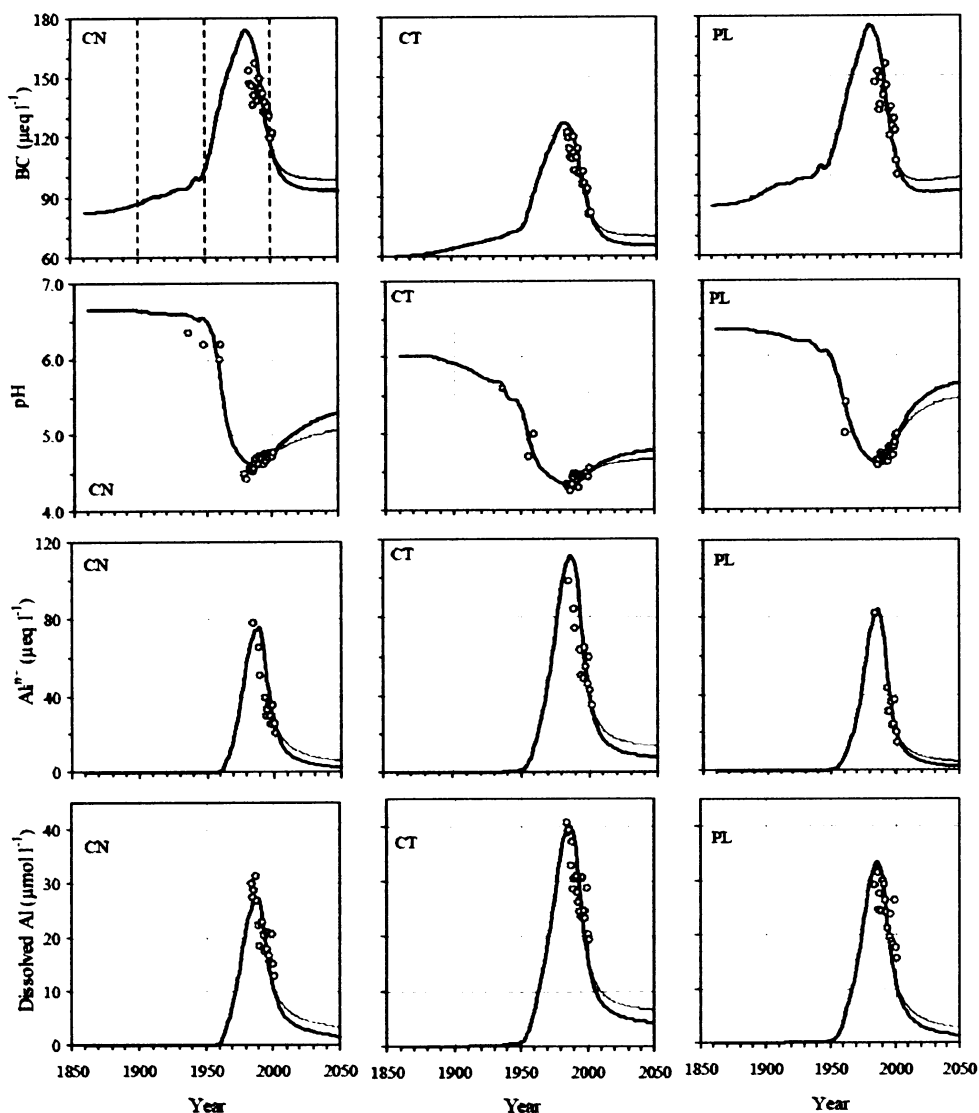
Významným důsledkem trvale nízkého pH jsou zvýšené koncentrace reaktivního hliníku R-Al (Hermann 1987). Koncentrace RAL jsou tedy úměrné pH, ale také jsou

ovlivněny geologickým podmínkami v povodí, což vysvětluje rozdíly v koncentracích mezi jednotlivými lokalitami (Horecký 2003, Rucki 2007).

Zdokumentované výrazné změny jezerního chemismu ve druhé polovině 20.století umožnily dobře nakalibrovat model MGIC 7 (Obr. 1.2.) a modelovat kvalitu šumavských vod od předindustriálního období do budoucnosti. Předpokládané scénáře dalšího vývoje emisí do r. 2050 ovšem nedávají naději, že by mohlo dojít k úplnému obnovení původního chemismu šumavských jezer (Majer a kol. 2003, Vrba a kol. 2009). Výrazný pokles imisní zátěže (N a S) Šumavy způsobil, že chemismus některých šumavských jezer už dovoluje obnovu uhličitanového pufrčního systému (Nedbalová a kol 2006).



Obr 1.1. Dlouhodobý trend celkové atmosférické depozice hlavních emisních látek (SO₄-S a NO₃-N) podle modelu MAGIC 7 na území Šumavy (Majer a kol. 2003)



Obr. 1.2. Modelované (čáry) trendy hlavních kationtů šumavských jezer (CN-Černé, CT-Čertov a PL-Plešné jezero) na období 2000-2050. BC - bazické kationty ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+$), Al^{3+} - pozitivně nabitý iont hliníku. (Majer a kol. 2003).

2.2 Historie výzkumu makrozoobentosu šumavských jezer

První údaje o makrozoobentosu na šumavských jezer pochází z r. 1871 (Frič a Hellich). Výzkumné práce Friče a Vávry, prováděné na Černém a Čertově jezeře v letech 1892-1896, byly zaměřeny především na zooplankton, ale přinášely také zprávy o přítomnosti několika druhů hmyzu (Frič a Vávra 1898, Vrba a kol. 2003). Hydrobiologická laboratoř ČSAV iniciovala v letech 1959 až 1961 čtyři jednorázové odběry a analýzy vod pěti českých šumavských jezer zaměřené na studium chemismu. Bentos byl odebrán pouze jednou, a to v roce 1961 (Procházková a Blažka 1999). V roce 1996 Soldán shrnuje dosavadní nálezy pošvatek a jepic na Šumavě a doplňuje je současným výskytem zjištěným v letech 1975 až 1993. Obecně popisuje aktuální a

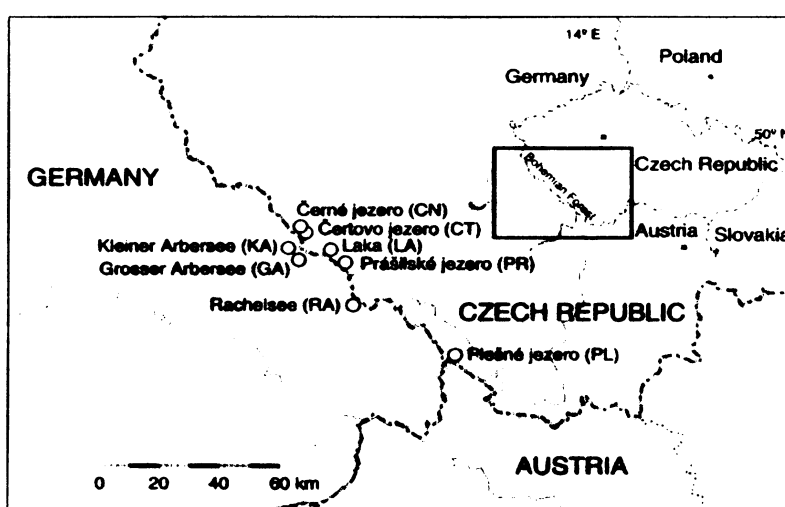
dřívější nálezy Klapálka (1905, 1909), Šámala (1920), Winklera (1956) a Křelinové (1962) pro jednotlivé druhy. Situace na německé straně byla téměř neznámá až do r. 2003, kdy proběhla první kompletní výzkumná práce, zahrnující všech osmi jezer (Vrba a kol. 2003), avšak tato práce zahrnovala pouze dva řády Ephemeloptera a Plecoptera. Další taková práce byla publikována v r. 2006 (Nedbalová a kol.). Přinesla podrobnější informace o dalších řádech hmyzu, ale práce byla zaměřena pouze na litorální části.

Co se týká údajů o makrozoobentosu hlavních přítoků (pouze Čertova a Černého jezera), tak ty pochází až z r. 1999, 2000 a 2004 (Horecký 2003, Stuchlík a kol. 2004). Předložená práce je v současnosti první prací zahrnující všechny hlavní přítoky a odtoky osmi šumavských jezer.

3. Metodika

3.1. Studované lokality

Všech osm studovaných jezer se nachází v nadmořské výšce 918 - 1096 m n. m., na území Českého lesa ležící na česko-německém pohraničí (Šumava, německy Böhmerwald). Na české straně to jsou jezera Černé, Čertovo, Plešné, Prášílské a Laka. Zbývající tři leží na bavorském území – Rachelsee (Roklanské j.), Grosser Arbersee (Velké Javorské j.), Kleiner Arbersee (Malé Javorské j.). Velikost plochy jezer se pohybuje v rozmezí od 2,78 do 18,43 ha, plocha povodí od 0,54 do 2,79 ha a hloubka jezer od 3,9 do 39,8 m. Černé, Prášílské, Plešné jezero a jezero Laka spadají do povodí Labe, ostatní jezera patří k povodí Dunaje (Hruška 1979, Vlček a kol. 1984).



Obr. 3.1. Geografické rozmístění šumavských jezer (Nedbalová a kol. 2006)

Tab.3.1. Vybrané charakteristiky sledovaných potoků a jejich povodí. (Nedbalová a kol. 2006, upravené)

	CN	CT	RA	PL	KA	PR	GA	LA
Zeměpisná šířka (N)	49°11'	49°10'	48°58'	48°47'	49°08'	49°05'	49°06'	49°07'
Zeměpisná délka (E)	13°11'	13°12'	13°24'	13°52'	13°09'	13°24'	13°07'	13°20'
Plocha povodí (ha)	124	89	58	67	279	65	258	102
Plocha jezera (ha)	18.8	10.7	5.7	7.6	9.4	4.2	7.7	2.6
Objem (10 ³ m ³)	2920	1850	180	620	250	349	450	50
Nadm.výška povodí	1008-1343	1030-1343	1071-1212	1090-1378	918-1348	1080-1314	935-1456	1096-1336
Vegetace v povodí	smrk	smrk	smrk	smrk	smrk, buk	smrk	smrk, buk	smrk
Geologické podloží v povodí	svor, pararula	svor, pararula, kvarcít	svor	granit	svor	svor, žula	svor	svor

Vznik těchto jezer spadá do období würmského zalednění (tj. na konec poslední doby ledové asi před 12 000 lety), kdy malé svahové ledovce vytvořily kary a morénové valy, za nimiž se zadržela voda z roztátých ledovců (Hruška 1979). Následné zanášení jezer sedimenty způsobilo zánik mělčích karů. Co se týká jezer nacházejících se na české straně, všechny jejich pánve byly částečně vyhloubeny malými karovými ledovci a částečně byly zahrazeny morény (Rubín a kol. 2006). Důležitou roli hraje geologické podloží, které je tvořeno krystalickými horninami proterozoického stáří (hlavně ruly a svory), do nichž v mladších prvohorách pronikly intruze hlubinných vyvřelin, zejména žul a granodioritů (Rubín a kol. 2006). Geologické podloží Černého a Čertova jezera tvoří muskovitické ruly, Plesné jezero leží na granitu, Prášilské jezero částečně na granitu a břidlici a konečně horninové prostředí jezera Laka tvoří muskoviticko-biotitické ruly. Bavorská jezera mají dna shodně tvořena rulou. Všechny výše citované horniny reagují s kyselou atmosférickou depozicí, což přispělo k okyselování všech těchto jezer v minulém století a dodnes mají stále vyčerpaný uhličitánový pufrační systém nebo nízkou kyselinovou neutralizační kapacitu (ANC) (Kopáček a Vrba 2006).

Povodí jezer je tvořeno kyselou surovou půdou, podzoly či kambizemí, která leží hlavně na příkrých svazích (Kopáček a Vrba 2006). Téměř celá povodí pokrývá vegetace, v níž převládají 80-150ti leté smrky a roztroušeně se vyskytuje jedle a buk. Smrková monokultura, která je na kyselé deště nejnáchylnější, má původ v 19. století, kdy původní porost zničila bouře. Avšak druhové složení v povodí Černého a Čertova jezera se začalo měnit již ve 13. století a od 16. století byl les intenzivně využíván místními hutěmi a sklářskými dílnami. Jako chráněné území byly tyto dvě lokality vyhlášeny v roce 1911 (Kopáček, Vrba, 2006).

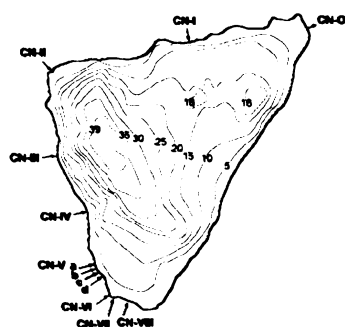
3.1.1. Popis lokalit

Studované potoky je možné charakterizovat jako toky prvního (hlavní a vedlejší přítoky jezer) a druhého řádu (odtoky + hlavní přítok Kleiner Arbersee a Grosser Arbersee). Šířka hlavního přítoku jezer se pohybuje v rozmezí 0,4 - 2,0 m a odtoků až do 4,0 m, hloubka toků za normálních průtoků kolísá od několika centimetrů do 0,8 m v tůních. Základní průtok se pohybuje v jednotkách litrů za sekundu, aktuální průtok kolísá od hodnot na úrovni $0,5 \text{ l s}^{-1}$ až po 25 l s^{-1} a v odtocích dosahuje až přes 100 l s^{-1} (např. v době tání sněhu). Dno všech sledovaných toků se vyznačuje střídáním úseků s kamenitým až balvanitým charakterem, přes šterkovité a písčité až po úseky tvořené jemným sedimentem. Dále uvádím další údaje o charakteru odběrových míst

jednotlivých lokalit, která jsem stanovil na místě odběru. Zohlednil jsem rovněž průtoky stanovené při odběrech monitoringu chemismu vody z jiných období (Kopáček nepublikované), abych získal reprezentativní hodnoty průtoků. Frakcionaci substrátu jsem hodnotil podle **Encyklopedie geologie** (Petránek 1993). Uvedené bathymetrické mapy s vyznačením míst přítoků a odtoků byly poskytnuty **Doc. RNDr. Jaroslavem Vrbovou, CSc.** (Biologické centrum AV ČR, Hydrobiologický ústav, České Budějovice).

Černé jezero

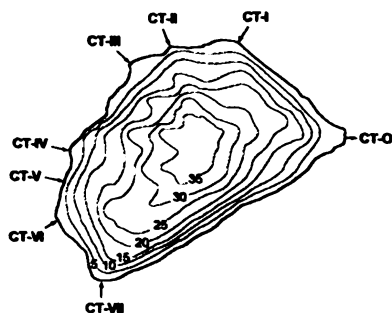
Hlavní přítok (CN-VII): Potok se nachází pod jižní jezerní stěnou a je mírně strmý.



Vzorek se odebíral v úseku zhruba 300 m od pramene. Průměrný průtok je zhruba 5 l s^{-1} . Šířka toku je mezi 20 – 80 cm a hloubka v proudovém úseku měří 5 cm a v tůňích do 25 cm. Dno koryta je převážně kamenité, silně porostlé mechem, na dolním úseku přechází ve štěrkovité. Místy je ve vodě napadané dřevo. Proudění má charakter střídajících se peřejí a tůň

Čertovo jezero

Hlavní přítok (CT-II): Mírně strmý, menší potok, jehož průměrný průtok je cca.



10 l s^{-1} , maxima v době tání však dosahují až 80 l s^{-1} . Místo odběru se nachází cca 300 m od pramene. Šířka koryta je 20 (horní úsek) až 80 (dolní úsek) cm a hloubka v proudu cca 5 cm, v tůňích 45 cm. Na dolním úseku na dně koryta převládá štěrk a kameny, které doplňuje písek a jemný sediment. Na horním úseku, kde jsou malé peřeje a tůňky, je substrát pokryt hustými mechovými porosty.

Odtok (CT-O): Průměrný průtok je kolem 40 l s^{-1} . Několik metrů od výtoku jezera převládají balvany a velké kameny, poté se šířka koryta zmenšuje na cca 80 cm s hloubkou 10 cm, zde substrát koryta tvoří jemný sediment, kameny, písek a menší počet balvanů porostlých sporadicky mechem a řasami.

Vedlejší přítoky: Čertovo jezero má kromě hlavního přítoku dalších šest vedlejších přítoků. Tyto přítoky mají výrazně menší průtok než hlavní přítok. Jejich průtoky se pohybují mezi 0,5 až 2,0 l s⁻¹, šířka koryta mezi 10 až 50 cm (v tůňkách) a hloubka koryta od 1 do 20 cm (v tůňkách). Charakter substrátu jednotlivých potoků je uveden níže.

CT-I: jemný sediment, organický materiál 30%, balvany 20%, štěrk 10%, kameny 40%

CT-III: hlína + jemný sediment 85%, kameny 10%, štěrk + písek 5%

CT-IV: balvany 60%, štěrk 15%, OM 25%

CT-V: OM 80%, kameny 10%, písek 10%

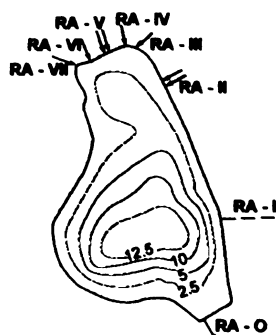
CT-VI: balvany 30%, štěrk 10%, kameny 10%, OM 45%, písek 5%

CT-VII: OM 50%, písek 30%, balvany 10%, kameny 10%

Rachelsee

Hlavní přítok (RA-VII): Průtok tohoto toku je mimo období tání 1 - 10 l s⁻¹. Potok leží

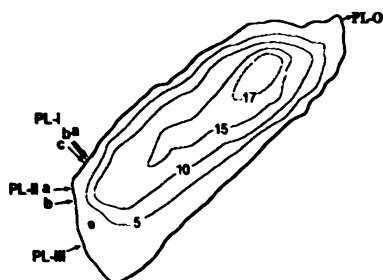
na strmém svahu a má bahnitě koryto vyplněné kameny, štěrkem a v menším množství pískem. Charakter proudění je peřejovitý, skrápěné balvany, jsou silně porostlé mechem. Tok se člení na četné peřeje a mělké tůňky, hloubka koryta se zde pohybuje od 5 do 25 cm (v tůňkách), jeho šířka pak zhruba od 20 do 60 cm. Vegetaci podél toku tvoří smíšený les s převahou listnatých stromů.



Odtok (RA-O): Průtok tohoto toku se v době odběru pohyboval mezi 3 a 5 l s⁻¹, podrobnější hydrologická data nejsou k dispozici. Břehy potoka jsou částečně zpevněné (v minulosti byl používán jako náhon pro plavení dřeva). V nezpevněné části je charakter toku peřejovitý s tůňkami. Šířka koryta je zhruba 60-100 cm a substrát koryta tvoří převážně balvany porostlé mechem, kámen a štěrk.

Plešné jezero

Hlavní přítok (PL-III): Je to pramenný potok, místo odběru bylo cca 50 m od pramene. Průměrný průtok je nízký cca 4 l s^{-1} , maxima v době tání však dosahují až 50 l s^{-1} . V tomto pramenném potoku je voda velmi chladná (kolem 5°C). Šířka koryta je 50 cm a hloubka koryta se pohybuje od 2 do 30 cm. Koryto je tvořeno převážně pískem, ale ten je zcela pokryt organickým materiálem, především větvemi, dřevem a kůrou.



Odtok (PL-O): Odtok Plešného jezera má průměrný průtok 30 l s^{-1} . Šířka koryta je 70 cm a hloubka koryta se pohybuje od 5 do 30 cm (v průměru 10 cm). Dno koryta tvoří převážně kameny, štěrk a částečně i písek a bahno. Koryto doprovází listnaté stromy a keře.

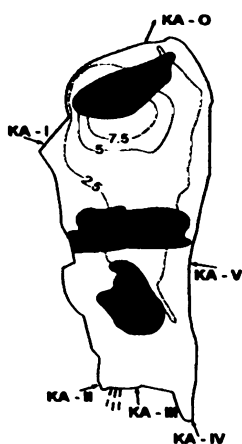
Vedlejší přítoky: Plešné jezero má kromě hlavního přítoku další dva vedlejší přítoky. Oba přítoky jsou velmi malé, jejich průtok kolísá mezi $0,15 - 1,0 \text{ l s}^{-1}$. Šířka koryta je v průměru 20 cm a hloubka od 1 do 15 cm (v tůních). Jak je znázorněno na mapě malým písmenkem a, b a c, oba přítoky jsou rozděleny na dvě až tři menší ramena. Substrát dna koryta:

PL-I: písčité 70 %, kamenité 20 %, bahno a detritus 10 %

PL-II: bahnopísčité 70 %, detritus 30 %

Kleiner Arbersee

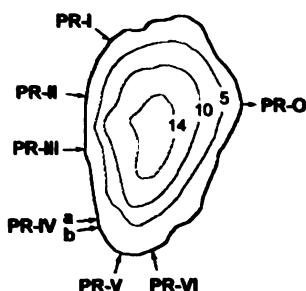
Hlavní přítok (KA-IV): Tento přítok představuje potok druhého řádu. Má čtyři pramenné toky, které pramení v místě vzdáleném více než 1,2 km od jezera a stékají se v jeden potok zhruba 400 m od jezera. Průtok se pohybuje mezi $15 - 20 \text{ l s}^{-1}$. Charakter toku je převážně peřejovitý, ale blízko jezera se mění na více proudový typ. Šířka koryta měří od 0,8 m až do 2 m (u ústí jezera) a hloubka je kolem 8 cm až 25 cm (v tůních). Substrát koryta tvoří hlavně štěrk, kameny a balvany porostlé mechem. U ústí jezera je koryto více bahnité.



Odtok (KA-O): Tento potok je strmý a balvanitý. Balvany doplňují kameny a štěrk v menší míře písek. Balvany jsou porostlé mechem. V době odběru byl průtok kolem 20 l s^{-1} . Proudění je peřejovité a střídá se s tůňkami. Koryto je 1 - 2 m široké a hluboké 10 - 20 cm v tůňkách.

Prášilské jezero

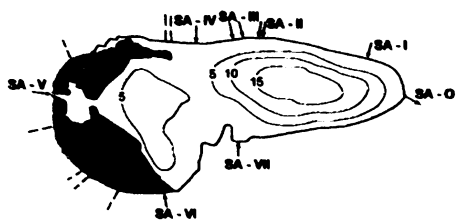
Hlavní přítok (PR-V): Tento přítok teče po mírném svahu, který je však v části bezprostředně nad jezerem strmý a proud zde má peřejovitý charakter. Průtok je poměrně velký, pohybuje se mezi 5 až 30 l s^{-1} . Šířka koryta je přibližně 50 cm, ale na dolním úseku u ústí do jezera až kolem 1,5 m a jeho hloubka je mezi 3-15 cm. Dno koryta tvoří z naprosté většiny balvany, kameny a štěrk. Písek se zde nachází v menším množství.



Odtok (PR-O): Průtok je v rozmezí $20-40 \text{ l s}^{-1}$ (kromě období tání a přívalových dešťů), spád toku je strmý. Šířka koryta se pohybuje od 50 cm do 200 cm a hloubka od 10 do 25 cm. Substrát koryta je tvořen převážně balvany, kameny a štěrkem. Kameny jsou z velké části porostlé řasami a z menší části mechem.

Grosser Arbersee

Hlavní přítok (GA-VI): Jedná se o potok 2. řádu, jehož nejvzdálenější pramen (z pěti) se nachází přibližně 1 km od jezera. Čtyři potoky z pěti se postupně stékají do jednoho toku (cca 150 m od jezera), pátý potok se vlévá do hlavního přítoku cca 20 m od jezera. Tento poslední pátý potok je úzký zhruba 30 cm a koryto má hluboké 15 - 20 cm, voda teče velmi pomalu a substrát koryta je výhradně písčité až bahňitý. Kdežto druhé rameno, kterým protéká voda ze čtyř výše položených potoků, má koryto široké kolem 2 m a hloubku cca 10 cm, jeho průtok je větší-pohybuje se okolo 20 l s^{-1} . Substrát dna je výhradně štěrkokamenitý. Charakter toku je proudový. Břehy jsou porostlé trávou a mechem. Vzorek makrozoobentosu jsem odebíral v místě posledního soutoku dvou ramen a z každého ramena zvlášť.



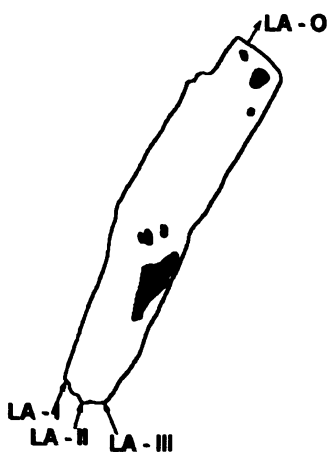
Odtok (GA-O): Průtok v době odběru byl 20-30 l s⁻¹, dno tvoří převážně kameny a štěrk, místy jsou balvany. Šířka koryta dosahuje až 3 m u výtoku a poté se zužuje na 1 m. Hloubka se pohybuje mezi 5 - 10 cm. Proudění má charakter střídavě peřejovitý a proudový. Kameny jsou porostlé mechem, vyskytují se zde i vláknité řasy. Tok doprovází listnaté stromy.

Jezero Laka

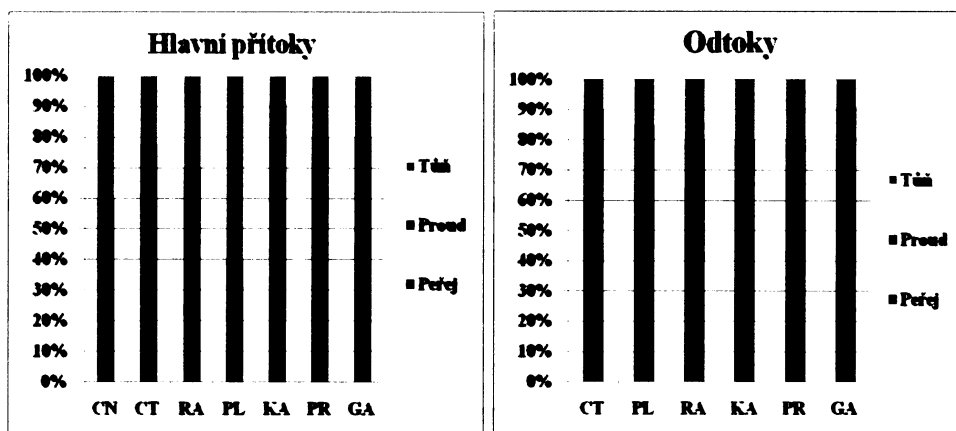
Hlavní přítok (LA-I): Tento poměrně velký potok má průtok 5 - 10 l s⁻¹. Na horním

úseku je potok mírně strmý, peřejovitý, ale směrem k ústí na travinaté rovině se proudění mění na proudový typ. Šířka koryta se na horním úseku pohybuje kolem 1 m, ale na spodním úseku se zužuje na přibližně 50 cm. Hloubka koryta v horní části toku je kolem 5 - 8 cm, kdežto v dolní části hloubka dosahuje až 60 cm. Substrát koryta se v horní a dolní části toku také liší.

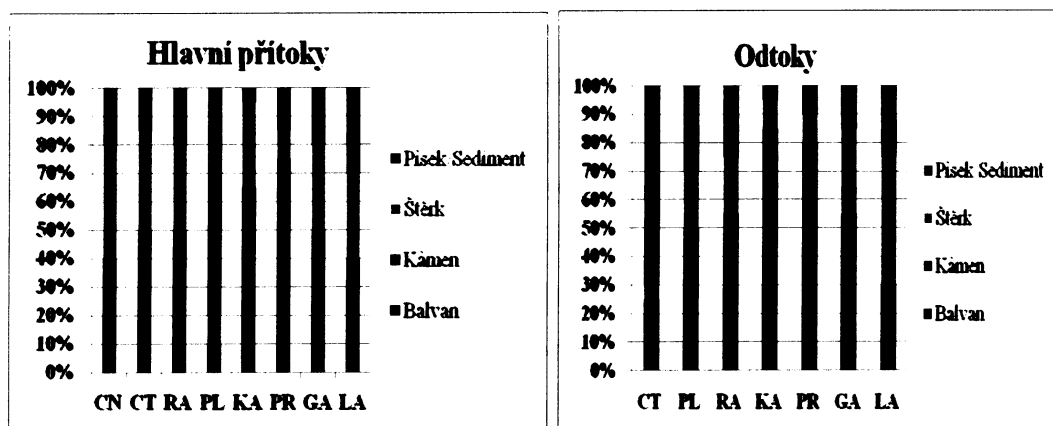
Balvany, kameny a štěrk porostlé řasami a mechem převažovaly v horní části a v dolní převažovalo bahno a písek. Po celé délce toku jsou spadané větve, kmeny stromů a kameny porostlé mechem.



Odtok (LA-O): Průtok tohoto potoku se v době odběru pohyboval mezi 10 a 20 l s⁻¹, podrobnější hydrologická data nejsou k dispozici. Koryto je široké od 1 do 2 m (nejširší je u výtoku z jezera) a hloubka je v rozsahu od 10 do 25 cm. Polovina substrátu koryta představuje štěrk, druhá polovina balvany a kameny, které jsou hustě porostlé vláknitými řasami a mechy. Zhruba prvních 10 m od výtoku je proud peřejovitý a poté se mění na klidnější, proudový typ.



Obr. 3.2. Substrát koryta hlavních přítoků a odtoků



Obr. 3.3. Charakter proudění hlavních přítoků a odtoků

3.2. Odběry vzorků v terénu a jejich zpracování v laboratoři

3.2.1. Odběry makrozoobentosu

Odběry vzorků probíhaly na jaře roku 2007, kdy byly odebrány vzorky ze všech přítoků, včetně vedlejších (pokud nebyly vyschlé), a odtoků pěti jezer na české straně Šumavy (Laka, Plešné, Prášílské, Čertovo a Černé jezero) a na podzim stejného roku, kdy byla navíc vzorkována také tři jezera na straně německé tj. Rachelsee, Kleiner Albersee. a Grosser Albersee s výjimkou odtoku Černého jezera, kde nebylo možné odebírat vzorky kvůli vybetonovanému kanálu k vodní elektrárně.

Makrozoobentos byl odebírán časově definovanou metodou „kicking“ (Frost 1971) (semikvantitativní odběr) sítím o světlosti ok 500 µm, na 25 - 50 m dlouhém úseku s celkovou dobou odběru 3 min (6 náhodných habitatů po 30 s). Odběry na hlavních přítocích byly provedeny cca 10 m od jezera až 50 m výše proti proudu a na odtocích proběhly v úseku hned od výtoku jezera až cca 50 m dál po proudu. Aby byl vzorek co nejreprezentativnější, byla v rámci každého habitatu věnována dostatečná pozornost všem mikrohabitatům a síto bylo pravidelně vyprazdňováno. Nasbíraný materiál ze všech habitatů byl sloučen do jednoho vzorku, dekantován, abychom se zbavili větších kamenů a písku, a poprán od drobného sedimentu na sítu 300 µm. Dekantovaný materiál byl ještě před vyhozením prohlédnut, zda v něm nezůstali schránkatí chrostíci či jiné těžší organismy. Podzimní vzorky byly navíc doplněny zhruba dvaceti minutovou kvalitativní metodou, tzn. individuálním sběrem organismů z kamenů a ponořených předmětů apod. Tato metodika odpovídá požadavkům specifikovaným v programovém manuálu projektu ICP Waters.

Některé vedlejší přítoky Čertova a Plešného jezera byly natolik malé, že standardní provedení metody nebylo možné a z těchto lokalit byl tedy získán jen kvalitativní metodou za 3 min. Takto připravený vzorek byl na místě fixován 80% denaturovaným etanolem. Následující den byl každý vzorek ještě prefixován stejným způsobem.

3.2.2. Zpracování biologických vzorků

Bentické organismy jsem vybíral kvantitativně na Petriho misce vždy z celého odebraného vzorku a určoval pokud možno až na rodovou nebo druhovou úroveň. Určení jedinci byli dle taxonů a lokalit rozděleni do skleněných epruvet naplněných 96% etanolem

K determinaci byla využita následující literatura – Reynoldson (1978), Richoux (1982), Rozkošný (1980), Reusch a Oosterbroek (1997), Waringer a Graf (1997), Beran (1998), Krno (1998), Bauernfeind a Humpesch (2001), Schenková a Pižl (2002), Kohl (2003), Rozkošný a Vaňhara (2004), Kment (nepublikováno) a Špaček (nepublikováno).

Na revizi vzorků se podíleli **Mgr. Jan Rucki** (Povodí Vltavy, České Budějovice) - máloštětinatci, pijavice, chrostíci, pošvatky a dvoukřídlí, **Mgr. Petr Pařil** (Masarykova Univerzita, Brno) - dvoukřídlí, **RNDr. Pavel Chvojka** (Entomologické oddělení Národního muzeum v Praze) – chrostíci, **Mgr. Jan Špaček, PhD.** (Povodí Labe, Hradec Králové) - střechatky, pošvatky, a vážky, **prof. RNDr. Tomáš Soldán DrSc.** (Biologické centrum AV ČR, Entomologický ústav, České Budějovice) - jepice, **prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc.** (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích) - ploštice a **Mgr. Martin Fikáček** a **Mgr. Jiří Hájek** (Entomologické oddělení Národního muzea v Praze) - brouci.

Kvůli časové náročnosti zpracování všech cca 70 odebraných vzorků, jsem upřednostnil vzorky z hlavních přítoků a odtoků všech jezer, které nejlépe reprezentují charakter povodí svého jezera a navíc jsem zpracoval vzorky ze všech vedlejších přítoků Čertova a Plešného jezera, která jsou v současné době v popředí zájmu řady našich kolegů (Veselý, Kopáček, Stuchlík, Fott a Kohout). Kromě toho jsem zpracoval starší vzorky z hlavních přítoků a odtoku Čertova a Černého jezera, které byly odebírány v r. 2005 a 2006 v rámci limnologického kurzu UK v Praze (Stuchlík a Horecký). Tedy dohromady jsem zpracoval pro tuto práci 48 odebraných vzorků. Zbývající nezpracované vzorky z vedlejších přítoků ostatních šesti jezer budou zpracovány v rámci mého doktorského studia.

Čeď Chironomidae nebyla zpracována detailně z důvodu časové a determinační náročnosti, ale byl pouze spočítán počet jedinců, pro zjištění celkové abundance této čeledi. Avšak tento fakt nepovažuji pro danou práci za podstatný z následujících důvodů. Údajů o čeledi Chironomidae z vybraných lokalit z preacidifikačního období, který by mi posloužily k porovnání, existuje doposud velmi málo (např. Táťosová 2006). Chironomidae se do podčeledí určují poměrně snadno, avšak determinace na této úrovni dává velmi málo ekologických údajů (Rucki, 2007). Do druhové úrovně se larvy určují s velkou obtíží a vyžadují značné zkušenosti. Materiál je deponován s ostatními determinovanými vzorky v depozitáři Ústavu pro životní prostředí UK a zpracovávat tyto chybějící údaje bude jeden z hlavních úkolů během mého doktorského studia.

Máloštetnatci (Oligochaeta) byli kvůli nevhodnému fixování v lihu často znehodnoceni, tzn. že jejich těla byla velice křehká a přebírání ze vzorků bylo velmi obtížné. Přes tuto komplikaci mi tuto skupinu v rámci možností determinoval kolega **Mgr. J. Rucki** a to alespoň do čeledí. Údaje o máloštetnatcích jsem uvedl pouze na začátku kapitoly Výsledky a do analýzy nejsou Oligochaeta zahrnuta. Konkrétní jejich nalezené taxony a početnosti najdete Tab. 12 – 15 v přílohách.

3.2.3. Odběry vody a její laboratorní zpracování

Vzorky vody pro chemické rozborby byly odebírány do vymytých PET lahví vždy před odběrem makrozoobentosu, aby nedošlo k případné kontaminaci vody a narušení iontové bilance. Přímó na lokalitě byly přefiltrovány přes uhelónové síto o světlosti ok 40 μm a až do zpracování uchováány v lednici. Dále se na lokalitách měřila teplota vody a průtok (l s^{-1}).

Vzorky z vybraných potoků byly analyzovány v laboratoři Hydrobiologického ústavu AV ČR v Českých Budějovicích pod vedením Prof. Ing. Jiřiho Kopáčka a v laboratoři Hydrobiologické stanice Univerzity Karlovy Velký Pálenec pod vedením Doc. RNDr. Evžena Stuchlíka, CSc. a na jejich provedení se kromě něj podílela zejména laborantka Edita Šípková. Laboratoře se pravidelně úspěšně účastní mezinárodních interkalibrací, mezi jinými interkalibrace v rámci projektu ICP WATERS.

Stanovení pH, alkalinity a specifické vodivosti bylo z důvodu vyloučení vlivů vzniklých skladováním vzorků obvykle prováděno co nejdříve (většinou následující



den) po odběru. Hodnota pH byla měřena buď pomocí kombinované pH elektrody připojené k pH metru, nebo pomocí systému skleněné a referenční elektrody připojené k automatickému titrátoru, ve vzorcích ponechaných přes noc při laboratorní teplotě blízké 20 °C. Měřicí systém byl vždy kalibrován dvěma certifikovanými pufrů (pH 7 a 4) a kontrolován laboratorním standardem s vlastnostmi podobnými vzorkům (specifická vodivost menší než 20 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH \approx 5,5).

Alkalinita byla analyzována po měření pH pomocí Granovské titrace (Mackereth a kol. 1978) za použití 0,01 N HCl většinou s pomocí automatického titrátoru. Ke kontrole stanovení byl používán identický laboratorní standard jako pro měření pH.

Hodnota specifické vodivosti byla stanovována konduktometrem ve vzorcích vytemperovaných na 25 °C a to i v případě automatické kompenzace teploty.

Anionty byly analyzovány výhradně metodou iontové chromatografie s konduktometrickou nebo UV detekcí. Stanovení hlavních kationtů bylo provedeno metodou iontové chromatografie s konduktometrickou detekcí. Uvedené metody jsou doporučeny jako nejvhodnější programovými manuály projektů ICP Waters a ICP IM.

Celkový a organický dusík byl analyzován na automatickém TC/TN analyzátoru firmy Skalar (Holandsko) nebo spektrofotometricky jako Kjeldahlský dusík.

Koncentrace reaktivního hliníku (R-Al) a monomerního labilního hliníku (L-Al) byly stanoveny spektrofotometricky metodou z pyrokatecholovou violetí podle Driscolla (1984).

Stanovení celkového fosforu (TP) bylo provedeno metodou s molybdenanem po oxidaci kyselinou chloristou podle Kopáčka a Hejzlara (1993).

Koncentrace reaktivního hliníku a monomerního labilního hliníku byly stanoveny spektrofotometricky metodou z pyrokatecholovou violetí podle Driscolla (1984).

Stanovení celkového fosforu bylo provedeno metodou s molybdenanem po oxidaci kyselinou chloristou podle Kopáčka a Hejzlara (1993).

3.3. Analýza výsledků

Jelikož se hlavní přítoky a odtoky jezer značně liší svými vlastnostmi toku, které se odráží na oživení makrozoobentosu, vyhodnocoval jsem je zvlášť. Například odtoky mají vyšší průtok, teplotu vody, pH a více organických látek. Ke klasifikaci lokalit jsem využíval data jen z podzimního odběru v r. 2007, z něhož mám k dispozici data ze všech potoků k porovnání mezi sebou. Pro základní charakteristiku lokalit jsem si vybral následující chemické parametry (viz Obr.4.1. a 4.2.), které používají také další autoři (Fott 1994, Horecký 2006 a Rucki 2007): počet taxonů (druhová bohatost), relativní početnost jednotlivých skupin, hodnota pH, R-Al (koncentrace reaktivního hliníku).

3.3.1. Metodické poznámky

Pro výpočty a grafické zobrazení výsledků byly využity programy MICROSOFT OFFICE STUDENT 2007, SPSS a CYTOSCAPE. Pro hodnocení druhové, resp. taxonové diverzity a podobnosti byly využity některé z obvykle používaných jednoduchých indexů.. Výpočty pro síťové grafy a manipulace s programem Cytoskype mi provedl kolega J. Novotný (UK v Praze Přírodovědecká fakulta, katedra Geografie).

Konkrétně byl použit Simpsonův index diverzity počítaný jako:

$$D_{ss} = \sum (n / N)^2$$

kde n je počet jedinců určitého taxonu na sledované lokalitě a N je počet všech jedinců na této lokalitě. Dále byl pak vypočten i Shannon-Wienerův index diverzity a to jako:

$$D_{sw} = \sum (n/N) * \ln(n/N)$$

Výše uvedené indexy ukazují taxonomickou diverzitu jednotlivých lokalit „neadresně“ – tzn. neumožňují specifické porovnání podobnosti dvou konkrétních lokalit. Pro tyto účely hodnotíme taxonomickou podobnost dvou lokalit (např. m a n) jednak prostřednictvím obvyklého Jaccardova indexu, který byl vypočítán jako podíl počtu společných taxonů lokalit m a n ku počtu všech taxonů vyskytujících se na těchto lokalitách, tedy jako:

$$J_{m,n} = \frac{N(m \cap n)}{N(m \cup n)}$$

Nevýhodou Jaccardova indexu je, že nebere v úvahu rozdílné abundance jednotlivých taxonů. Proto byl s pomocí kolegy J. Novotného (katedra sociální

geografie PFF UK) navržen a využit i ukazatel „druhové blízkosti“ $B_{m,n}$. Jde v podstatě o minimální párovou podmíněnou pravděpodobnost, že se určitý taxon i vyskytuje na lokalitě m , když se zároveň vyskytuje i na lokalitě n (obdobné postupy bývají používány v rámci tzv. affinity analysis). Formálně tento index můžeme zapsat jako:

$$B_{m,n} = \min\{P(RA_{Ni,m} | RA_{Ni,n}), P(RA_{Ni,n} | RA_{Ni,m})\}$$

přičemž, $RA_{m,i}$ měří relativní početnost taxonu i mezi ostatními taxony na lokalitě m vzhledem k relativní početnosti tohoto taxonu mezi všemi taxony celkem (tj. na všech sledovaných lokalitách dohromady), což lze formálně napsat jako:

$$RA_{m,i} = \left(\frac{N(m,i)}{\sum_i N(m,i)} \right) / \left(\frac{\sum_m N(m,i)}{\sum_{m,i} N(m,i)} \right)$$

Za účelem omezení vlivu extrémních hodnot přitom bylo pro výše uvedené výpočty použito výchozích dat (tj. početností v jednotlivých taxonech) transformovaných čtvrtou odmocninou.

Výpočty korelačních koeficientů byly použity pro indikaci párových statistických vztahů mezi chemickými a biologickými charakteristikami lokalit. Použit byl obvyklý Personův korelační koeficient. Jelikož tento korelační koeficient je citlivý k existenci odlehlých hodnot v pozorováních, byly zjištěné významné statistické vztahy pro kontrolu ověřeny i neparametrickým Spearmanovým koeficientem korelace pořadí. K indikaci statistických vztahů mezi kategoriálními a spojitými proměnnými byla použita jednoduchá (jednocestná) ANOVA. Je nutno připomenout, že vypovídací schopnost těchto ukazatelů párových statistických asociací je v této práci pochopitelně omezena počtem sledovaných jednotek.

K analýze podobnosti lokalit podle jejich chemických parametrů (využití chemická data jsou uvedena v přelohách Tab. 1.) bylo využito shlukové analýzy provedené ve statistickém programu SPSS. Byla přitom použita metoda hierarchického shlukování lokalit na základě „Between Groups - Average Linkage“. Pro shlukovou analýzu lokalit na základě jejich druhové podobnosti byla zvolena metoda sledování Jaccardových vzdáleností.

Výsledky byly v případech jednotlivých analýz znázorněny obvyklými způsoby (např. dendrogram u shlukové analýzy atp.). Pro souhrnná znázornění několika typů výsledků pak byly vytvořeny síťové grafy, které znázorňují sítě lokalit a jejich

vzájemných vztahů (podobnosti). Tento postup umožňuje souběžně analyzovat podobnosti jednotlivých míst na základě chemických a biologických dat, když jsou v jednom obrázku (síťovém grafu) znázorněny nody odpovídající jednotlivým lokalitám a vazby mezi nimi.

3.3.2. Chemická data

Měl jsem komplikaci s chybějícími daty pro základní zhodnocení chemismu, neboť neproběhly některé chemické analýzy u podzimních vzorků podle plánu. Jako kompromis nedostatku dat tj. DOC, TP, R-Al a L-Al, jsem používal data z odběrů ze září r. 2007, které byly provedeny v rámci pravidelného monitoringu chemismu vod šumavských jezer. Tato data o chemismu byla poskytnuta **Prof. Ing. Jiřím Kopáčkem, PhD.** V podkapitole 4.1. Chemismus vod, jsou také zohledněny hodnoty pH a R-Al stanovené při odběrech monitoringu chemismu vody z jiných období (Kopáček nepublikovaná data), aby byly uváděny reprezentativnější hodnoty.

3.3.3. Biologická data

Pro statistickou porovnatelnost jsem používal data z odběrů z hlavních přítoků Čertova a Černého jezera, kde bylo vzorkováno v r. 2005 (v květnu) a 2006 (v červnu a červenci), pouze jako doplňující informace pro sledování trendu zotavování z acidifikace. Zpracovaná data z odběrů z vedlejších přítoků Čertova a Plešného jezera jsem používal pouze pro zjištění, jak se liší oživení makrozoobentosu od jejich hlavních přítoků a jako cenná data přinášející vůbec první poznatky o makrozoobentosu z těchto lokalit.

Larvy a imága brouků jsou sčítány dohromady, stejně tak larvy a kukly chrostíků, střechatek a dvoukřídých. Hlístice (Nematoda) se našli v počtu pouhých 4 jedinců na dvou lokalitách a proto jsem do analýzy tuto skupinu nezahrnoval, stejně jako Oligochaeta. Zde poznamenávám, že jsem v této práci nevěnoval velkou pozornost sezónním změnám ve složení makrozoobentosu, protože vzorky byly odebírány dvakrát (na jaře a podzim) jen z české strany. Více jsem se soustředil na celkové hodnocení pomocí nalezených taxonů.

4. Výsledky

4.1. Chemismus vod

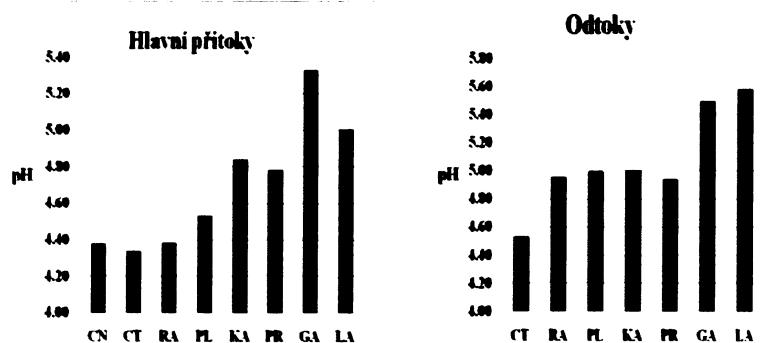
Studované lokality se rozdělily podle hodnot pH hlavních přítoků na dvě skupiny tj. silně acidifikovaná jezera, která se vyznačují pH nižší než 4,5 (Černé J., Čertovo j., Rachelsee a Plešné j.) a méně acidifikovaná s hodnotou pH vyšší než 4,7 (Prášilské j., Kleiner Arbersee., Grosser Arbersee a jezero Laka). Přičemž poslední dvě jmenovaná jezera lze považovat za velmi slabě acidifikovaná, neboť bylo pH jejich hlavních přítoků kolem 5,0. Konkrétní hodnoty pH pro jednotlivé lokality byly: u Černého j. kolem 4,4 (litorál 4,7 - 4,9), u Čertova j. 4,2 - 4,4 (odtok 4,5 - 4,7), u Plešného j. 4,4 - 4,5 (odtok 4,8 - 5,0) a u Rachelsee kolem 4,3 (odtok 4,9). U čtyř zbývajících jezer, která byla méně postižená acidifikací, byly naměřeny hodnoty pH od 4,7 do 5,3; u Prášilského j. 4,7 - 4,8, (odtok kolem 4,9), u jezera Laka 4,9 - 5,1 (odtok 5,6 - 5,8), u Kleiner Arber see 4,7 - 4,8 (odtok 5,0 - 5,5), u Grosser Arbersee 5,3 - 5,5 (odtok 5,5 - 5,9).

Hodnotám pH odpovídají hodnoty R-Al (Total Reactive Aluminium). V r. 2007 se hodnoty R-Al pohybovaly u silně acidifikovaných lokalit v rozmezí 400 - 900 $\mu\text{g l}^{-1}$ a nejvyšší hodnoty byly naměřeny u Plešného j. 650 - 900 $\mu\text{g l}^{-1}$, dále u Černého j. kolem 600 $\mu\text{g l}^{-1}$, u Čertova j. 400 - 600 $\mu\text{g l}^{-1}$ a u Rachelsee 550 $\mu\text{g l}^{-1}$. U méně acidifikovaných jezer byly tyto hodnoty výrazně nižší: U Prášilského j. a jezera Laka kolem 150 $\mu\text{g l}^{-1}$, u Kleiner Arbersee 200 $\mu\text{g l}^{-1}$ a u Grosser Arbersee 120 $\mu\text{g l}^{-1}$. Hodnota R-Al na odtocích silně acidifikovaných jezer byla výrazně nižší než na hlavních přítocích, tj. u Černého j. (litorál) 250 $\mu\text{g l}^{-1}$, u Čertova j. 350 $\mu\text{g l}^{-1}$, u Plešného j. 500 - 600 $\mu\text{g l}^{-1}$ a u Rachelsee kolem 260 $\mu\text{g l}^{-1}$. U méně acidifikovaných jezer se tato hodnota skoro nelišila od přítoků tj. u Prášilského j. kolem 150 $\mu\text{g l}^{-1}$, u j. Laka 100 - 150 $\mu\text{g l}^{-1}$, u Kleiner Arbersee a Grosser Arbersee kolem 150 $\mu\text{g l}^{-1}$.

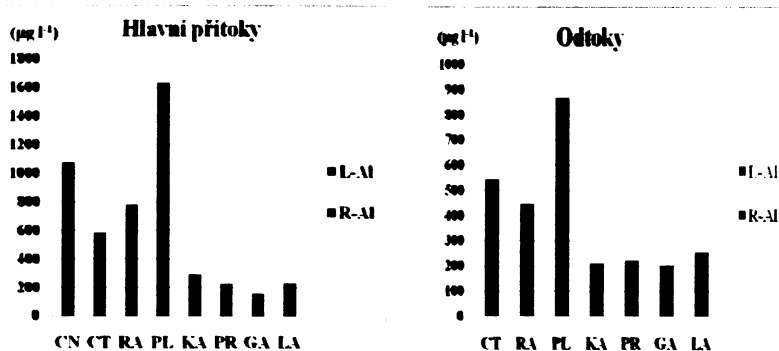
Hodnoty DOC byly naměřeny na hlavních přítocích v rozmezí 3,2 - 10,6 $\mu\text{g l}^{-1}$, nejnižší hodnota byla naměřena na hlavním přítoku Černého jezera a nejvyšší na hlavním přítoku jezera Laka. Na odtocích se hodnoty pohybovaly v poměrně úzkém intervalu od 3,2 (na odtoku Rachelsee) po 5,9 $\mu\text{g l}^{-1}$ (na odtoku jezera Laka) a rozdělila jezera na dvě skupiny. Do první skupiny se zařadili Čertovo j., Rachelsee, Plešné j., Kleiner Arbersee a Grosser Arbersee, kde byly hodnoty mezi 3,2 - 4,2 $\mu\text{g l}^{-1}$ a druhou skupinu vytvořili Prášilské j. a Laka, kde tato hodnota přesahovala 5,5 $\mu\text{g l}^{-1}$.

Co se týká koncentrace celkového fosforu (TP) nejvyšší hodnota byla naměřena u Plešného jezera $24 \mu\text{g l}^{-1}$ na hlavním přítoku a $15 \mu\text{g l}^{-1}$ na odtoku. Na všech ostatních potocích byly koncentrace výrazně pod $10 \mu\text{g l}^{-1}$. Hodnoty kationtu Ca^{2+} se skoro nelišily mezi hlavním přítokem a odtokem a pohybovaly se od $0,24 - 0,74 \text{ mg l}^{-1}$. Na vápník bohatší lokality byly Plešné j., Kleiner Arbersee, Grosser Arbersee a Laka s hodnotami mezi $0,6 - 0,7 \text{ mg l}^{-1}$. Hodnoty Mg^{2+} byly na hlavních přítocích v intervalu $0,14$ (Plešné j.) - $0,48$ (Černé j.) mg l^{-1} , kdežto na odtocích v užším rozmezí tj. $0,16$ (Plešné j.) - $0,39$ (Laka) mg l^{-1} .

Co se týče chemismu vody vedlejších přítoků Čertova a Plešného jezera, hodnoty pH se pohybovaly na PL-I a PL-II kolem $4,0 - 4,2$ a u Čertova j. $4,1 - 4,6$. Naměřené hodnoty R-Al byly u Plešného j. na obou potocích podobné a rozkolísanost těchto hodnot byla po celý rok velká, pohybovala se zhruba mezi $700 \mu\text{g l}^{-1}$ až přes $1300 \mu\text{g l}^{-1}$ (Kopáček, nepublikované údaje), kdežto u Čertova j. tyto hodnoty byly výrazně menší tj. $250 - 600 \mu\text{g l}^{-1}$. Základní fyzikálně-chemické parametry vody sledovaných potoků jsou uvedeny v přílohách Tab. 1 a Tab. 2 a níže uvádím grafy základních chemických parametrů. Níže jsou uvedeny grafické znázornění pH (Obr. 4.1.) a poměr R-Al a L-Al (Obr.4.2.) z podzimního odběru hlavních přítoků a odtoků.



Obr. 4.1. Porovnání pH hlavních přítoků (vlevo) a odtoků (vpravo) v r. 2007, podzimní odběr



Obr. 4.2. Porovnání množství R-Al a L-Al hlavních přítoků (vlevo) a odtoků jezer (vpravo) v září 2007

4.2. Výsledky makrozoobentosu

Makrozoobentických organismů bylo odebráno celkem 87 261 (včetně vzorků z r. 2005 a 2006) a nalezeno 93 taxonů ze 13 řádů, 41 čeledí, 79 rodů a 71 druhů (5 cf.). V Tab. 4.2. jsou uvedeny všechny nalezené taxony na všech lokalitách v této práci a kompletní výsledky ze všech odběrů makrozoobentosu včetně jejich početností jsou uvedeny na Tab. 11.-14. v přílohách. Přehled počtů nalezených taxonů a jejich relativních početností jsou uvedeny v Tab. 4.1 a Obr. 4.7.

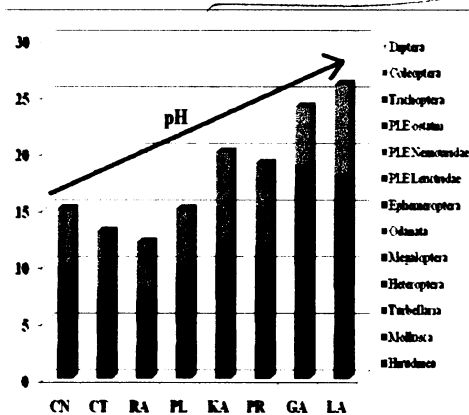
4.2.1. Hlavní přítoky

V hlavních přítocích jezer byl jednoznačně nejpočetnější skupinou hmyz (Insecta); Plecoptera 74%, Diptera 19% (z toho 15,7% Chironomidae), Trichoptera 4,7%, Ephemeroptera 0,35%, Coleoptera 0,02%, Megaloptera 0,03% a Odonata 0,03%.

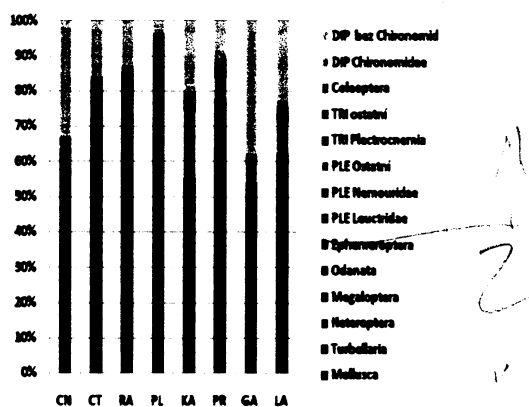
Tyto skupiny dohromady tvořily více než 98% všech odebraných organismů.

Z ostatních skupin se ojediněle vyskytovaly ploštěnky (Turbellaria 0,03%), máloštětinatci a hlístice (Oligochaeta a Nematoda 1,4%). Vedle juvenilních stádií taxonů ze všech jmenovaných řádů byla zaznamenána také imága několika druhů brouků (Coleoptera) a ploščic (Heteroptera). Taxonomicky nejbohatšími skupinami se ukázal řád Diptera (17 taxonů, z toho například z Pediciidae 4 taxony, 3 taxony Limoniidae a Empididae), dále Trichoptera (16 taxonů, z toho 12 druhů z čeledí Limnephilidae), Plecoptera (15 taxonů, z toho 7 druhů z Nemouridae a 6 druhů z Leuctridae) a čtvrtým nejbohatším řádem byl řád Coleoptera (9 taxonů, z toho 7 druhů z čeledí Dytiscidae). V nejkyselějších hlavních přítocích (CN, CT, RA a PL) bylo nalezeno do 15 taxonů, kdežto v méně acidifikovaných (KA a PR) kolem 20 a ve slabě acidifikovaných kolem 25 taxonů (Obr. 4.3.). Mezi všemi hlavními přítoky se výrazně

nelišila skladba makrozoobentosu (Obr.4.4.).



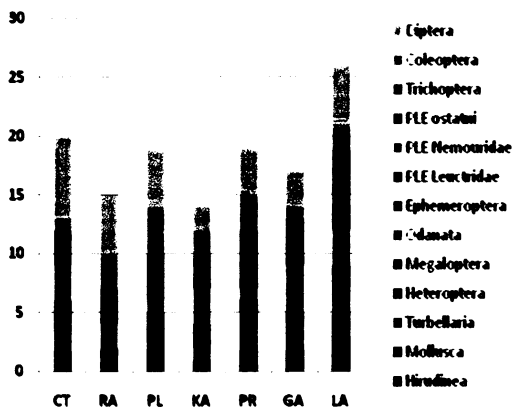
Obr. 4.3. Počet zjištěných taxonů makrozoobentosu na hlavních přítocích (2007 podzim)



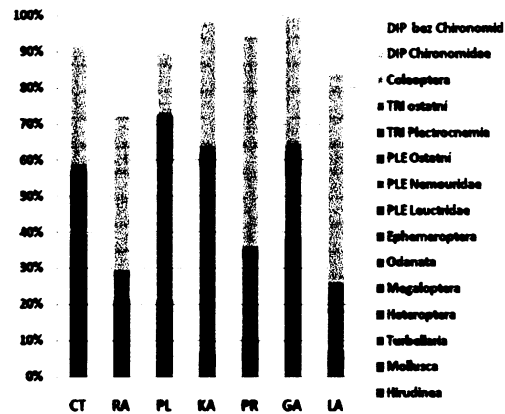
Obr. 4.4. Relativní zastoupení makrozoobentosu na hlavních přítocích (2007 podzim)

4.2.2. Odtoky

V odtocích dominoval v celkové početnosti řád Diptera, konkrétně přes 51% (z toho 38% čeledí Chironomidae). Plecoptera tvořily téměř 30 % všech jedinců. Ve větší míře než v hlavních přítocích byly nalezeny Ephemeroptera (Leptophlebia vespertina) kolem 9 %, Trichoptera 7,2 %, Odonata 0,3 % a Megaloptera 0,4 %. Z ostatních skupin se ojediněle vyskytovaly skupiny Heteroptera (0,07%), Hirudinea (0,01 %) a Mollusca (0,02 %). Kromě jezera Laka, počet nalezených taxonů byl kolem 15 – 20 (Obr. 4.5.). Na odtocích byla skladba makrozoobentosu různorodější než na hlavních přítocích (Obr. 4.6.)



Obr. 4.5. Počet zjištěných taxonů v odtocích (2007 podzim)



Obr. 4.6. Relativní zastoupení makrozoobentosu v odtocích (2007 podzim)

Tab. 4.1.

Počet nalezených taxonů jednotlivých skupin na všech přítocích a odtocích ze všech odběrů

	Přítoky	Odtoky	Přítoky + Odtoky
Hirudinea	0	1	1
Mollusca	1	0	1
Turbellaria	1	0	1
Heteroptera	0	5	5
Megaloptera	2	2	2
Odonata	2	6	6
Ephemeroptera	1	1	1
Plecoptera	15	10	18
Trichoptera	16	11	22
Coleoptera	9	8	10
Diptera	17	13	19
Oligo + Nema	7	4	7
SUMA	71	61	93

Obr.4.7. Relativní zastoupení makrozoobentosu na všech hlavních přítocích a odtocích ze všech odběrů (včetně starších vzorků z r. 2005 a 2006)

Pokračování Tab. 4.2.

			Hlavní příznaky						Odkazy							
			CN	CT	FL	RA	KA	FR	GA	LA	CT	FL	RA	KA	FR	GA
TRI	Odontoceridae	<i>Odontocernum albicorne</i> (Scopoli, 1763)														+
TRI	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> sp. juv.	+	+			+			+	+		+	+	+	+
TRI	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila obliterata</i> McLachlan, 1863								+						
TRI	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila praemorsa</i> McLachlan, 1879		+				+					+			+
TRI	Leptoceridae	<i>Mystacides azurea</i> (Linnaeus, 1761)														+
TRI	Molannidae	<i>Molannodes tinctus</i> (Zetterstedt, 1840)														+
TRI	Molannidae	<i>Molanna nigra</i> Zetterstedt, 1840														+
TRI	Limnephilidae	<i>Limnephilus</i> sp.			+			+								+
TRI	Limnephilidae	<i>Limnephilus rhombicus</i> (Linnaeus, 1758)														+
TRI	Limnephilidae	<i>Pseudopsilopteryx zimmeri</i> (McLachlan, 1876)		+	+											
TRI	Limnephilidae	<i>Hydatophylax infumatus</i> (McLachlan, 1865)								+	+					+
TRI	Limnephilidae	<i>Potamophylax</i> g. sp.								+	+					+
TRI	Limnephilidae	<i>Micropterna</i> sp.														+
TRI	Limnephilidae	<i>Micropterna nycterobia</i> McLachlan, 1875														
TRI	Limnephilidae	<i>Anitella obscurata</i> (McLachlan, 1876)														
TRI	Limnephilidae	<i>Chaetopterygini</i> g. sp.														
TRI	Limnephilidae	<i>Chaetopterygopsis macclachlani</i> Stein, 1874		+	+											
TRI	Limnephilidae	<i>Chaetopteryx villosa</i> (Fabricius, 1798)		+						+	+					
TRI	Limnephilidae	<i>Chaetopteryx</i> g. sp.		+												+
TRI	Limnephilidae	<i>Drusus discolor</i> (Rambur, 1842)		+	+					+	+					
TRI	Limnephilidae	<i>Drusus annulatus</i> (Stephens, 1837)								+	+					
TRI	Ptilocolepidae	<i>Ptilocolepus granulatus</i>														
TRI	Phryganeidae	<i>Oligotricha striata</i> (Linnaeus, 1758)		+		+										+
TRI	Phryganeidae	<i>Phryganea bipunctata</i> Retzius, 1783														+
COL	Coleoptera	<i>Agabus guttatus</i> (Paykull, 1798)	+	+	+	+				+	+	+				+
COL	Dytiscidae	<i>Deronectes planynotes</i> (Germar, 1834)		+						+	+					+
COL	Dytiscidae	<i>Deronectes latus</i> (Stephens, 1829)	+							+	+	+	+			+
COL	Dytiscidae	<i>Nebrioporus assimilis</i> (Paykull, 1798)														+
COL	Scirtidae	<i>Eloeds marginata</i> cf. larva/imago														+
COL	Scirtidae	<i>Hydrocyphon dellexicollis</i>														
COL	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.														+
COL	Dytiscidae	<i>Hydroporus palustris</i> (Linné, 1761)			+											
COL	Dytiscidae	<i>Hydroporus memnonius</i> (Nicolai, 1822)				+										+
COL	Dytiscidae	<i>Hydroporus ferrugineus</i> Stephens, 1828	+													
COL	Hydraenidae	<i>Hydraena</i> sp.	+													+
COL	Hydrophilidae	<i>Anacaena globulus</i> (Paykull, 1798)		+												
DIP	Chironomidae	<i>Anacomidae</i> g. sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
DIP	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
DIP	Simuliidae	<i>Prosimulium</i> sp.	+	+					+							+
DIP	Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.	+	+	+						+	+				
DIP	Tipulidae	<i>Dolichopeza albipes</i>	+	+						+	+					
DIP	Muscidae	<i>Limnophora</i>														+
DIP	Pediciidae	<i>Pedicia</i> (P.) sp.	+	+	+											+
DIP	Pediciidae	<i>Eloeophila</i> sp.														+
DIP	Pediciidae	<i>Dicranota</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+
DIP	Limoniidae	<i>Euphytidorea + philidorea</i> sp.		+												+
DIP	Limoniidae	<i>Euphytidorea meigeni</i> cf.			+											
DIP	Limoniidae	<i>Limoniidae</i> sp.														
DIP	Empididae	<i>Wiedemannia</i> sp.	+	+	+											
DIP	Empididae	<i>Chelifera</i> sp.	+	+		+										+
DIP	Empididae	<i>Climocera</i> sp.	+				+									+
DIP	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogonidae</i> g. sp.	+	+	+											+
DIP	Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i>		+						+	+					+
OLI	Lumbriculidae	<i>Lumbriculidae</i> sp.	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
OLI	Lumbriculidae	<i>Stydrithus heringiensis</i>														+
OLI	Lumbriculidae	<i>Lumbriculidae</i> g. sp.	+													+
OLI	Enchytraeidae	<i>Enchytraeidae</i> g. sp.		+		+	+	+	+	+						+
OLI	Tubificidae	<i>Tubificidae</i> g. sp.		+						+						+
OLI	Tubificidae	<i>Spirosperma ferox</i>														+
NEM	Nematoda	<i>Nematoda</i>	+	+												

4.2.3. Silně acidifikované potoky

Černé jezero

Hlavní přítok: Jarní vzorek (1825 jedinců) byl početnější než podzimní (1352 jedinců), dohromady bylo odebráno celkem 3 177 jedinců a determinováno 22 taxonů. Nejpočetnějšími skupinami byly: Leuctridae g. sp. 32 % (z toho *Leuctra nigra* 26%, *L. handlirschi* 4,2 % a *L. rauscheri*, *L. pseudosignifera* a *L. major* do 1%), Nemouridae g. sp. 30 % (z toho *Nemurella pictetii* 2,5% a *Protonemoura* sp. 5,6 %) a Chironomidae g. sp. 30%. Tyto 3 čeledi tvořily 92% celkové početnosti. Zbývajících 8 % se rozdělilo mezi řády Trichoptera, Coleoptera a Diptera.

Z řádu Trichoptera byly zaznamenány druhy: *Plectrocnemia conspersa* a *Chaetopteryx villosa* a ve starších vzorcích *Plectrocnemia geniculata* (2005), *Rhyacophila* sp. (2005), *Drusus discolor* (2005) a z řádu Coleoptera *Agabus guttatus* (i v r. 2005, 2006), *Deronectes latus* (i v r. 2005 a 2006) a *Hydroporus ferruginenus* (jen v r. 2006). Kromě čeledi Chironomidae jsem z řádu Diptera našel celkem 8 taxonů z 6 čeledí: *Simulium* sp., *Prosimulim* sp., *Tipula* sp., *Dolichopesa albipes*, *Pedicia* sp., *Dicranota* sp., *Wiedmannia* sp., *Chelifera* sp., *Clinocera* sp. a *Ceratopogonidae* g. sp. Zmíním, že byl nalezen v jarním vzorku jeden jedinec jepice *Leptophlebia vespertina*.

Čertovo jezero

Hlavní přítok: V r. 2007 bylo odebráno celkem 2 653 jedinců a nalezeno 27 taxonů. Jednoznačně nejpočetnější skupinou byl řád Plecoptera tvořící přes 65 % v těchto podflech: 26,3 % *Leuctra nigra*, 25,6 % *Nemurella pictetii* (+ Nemouridae g. sp. juv.) a 14,9 % *Protonemura auberti* (+ *Protonemura* g. sp. juv.). Druhá nejpočetnější byla čeleď Chironomidae z řádu Diptera (16,7 %). Dále se našel v celkem hojném počtu dravý druh chrostíka *Plectrocnemia conspersa* (5,1 %).

V jarním vzorku bylo nalezeno několik jedinců druhů pošvatek *Leuctra handlirschi* a *Leuctra major*. Čeleď chrostíků *Limnephilidae* g.sp. byla nalezena pouze v jarním vzorku (23 jedinců).

V podzimním vzorku bylo 50 jedinců chrostíka *Ptilocolepus granulatus*. Z řádu Coleoptera byl nalezen jediný druh *Agabus guttatus*, a to jak imága tak i larvy. V jarním odběru z r. 2007 se našel jeden jedinec jepice *Leptophlebia vespertina*, který dosud nebyl na této lokalitě zaznamenán. V témže odběru bylo nalezeno 8 juvenilních jedinců

zimního druhu *Capnia* sp., který byl naposled zaznamenán v září r. 1999.

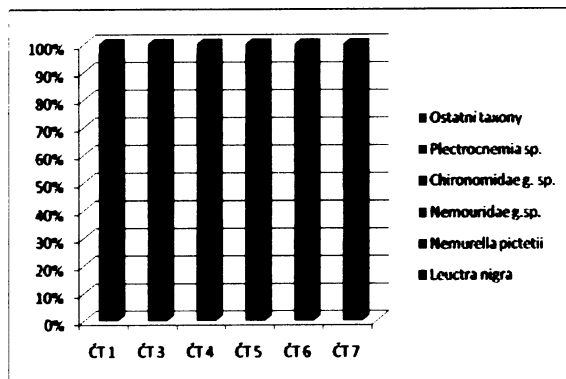
Z řádu *Diptera* jsem kromě *Chironomidae* g. sp. zaznamenal nejvíce muchniček *Simulium* sp. (24 jedinců) a bahnomilek *Dicranota* sp. (21 jedinců), dále bylo nalezeno několik jedinců pakomárců *Ceratopogonidae* g. sp., *Tipula* sp., *Pedicia* (sg. *Crunobia*) sp. a *Euphyllidorea* sp. / *Phyllidorea* sp., *Wiedmannia* sp. a *Chelifera* sp.

Ve vzorku z r. 2005 byly nalezeny následující druhy chrostků: *Pseudopsilopteryx zimmeri*, *Drusus discolor* a *Plectrocnemia geniculata* a v r. 2006 *Chaetopterygopsis maclachlani* a *Rhyacophila praemorsa*.

Odtok: Na této lokalitě bylo odebráno celkem 1 359 jedinců, determinováno 25 taxonů. Nejpočetněji byla zastoupena čeleď *Chironomidae* (39%) a následovaná druhem pošvatky *Leucta nigra* (19% z toho 99 % jedinců bylo nalezeno v podzimním vzorku). Dále byl v zastoupení 12 % nalezen druh chrostíka *Plectrocnemia conspersa* (+*Plectrocnemia* g. sp. juv.) a se stejným počtem procent čeleď *Simuliidae*. Další zástupci z řádu *Plecoptera* se našli v celkové početnosti 7 %, konkrétně se jednalo o *Nemoura* sp. 3 %, *N. cambrica* společně s *N. avicularis* 2 % a *Nemouridae* g. sp. juv. 2 %. Navíc bylo nalezeno několik jedinců *Amphinemura* sp., *Protonemura montana* a *Leuctra major*. Ostatní nalezené druhy chrostků byly: *Rhyacophila oblitterata* (kukla), *Mystacides azurea*. V menším podílu (2,3 %) se objevil jediný druh jepice *Leptophlebia vespertina*. Z řádu *Megaloptera* byly nalezeny dva druhy, *Sialis fuliginosa* a *S. lutaria*, z řádu *Odonata* *Pyrrhosoma nymphula* a *Aeschna viridis* a z řádu *Heteroptera* byl nalezen pouze druh *Notonecta glauca*. Z řádu *Coleoptera* byly nalezené druhy *Deronectes platynotus* a *D. latus* a z řádu *Diptera* *Dicranota* sp, *Eloeophila* sp., *Wiedmannia* sp. a *Ceratopogonidae* g. sp. Nalezené taxony máloštětnatců byli zástupci čeledi *Lumbriculidae* a *Enchytraeidae*.

Vedlejší přítoky: Na tomto místě uvádím vůbec první údaje o makrozoobentosu z šesti vedlejších přítoků Čertova j. Celkem jsem odebral 10 826 jedinců. Na každé lokalitě bylo nalezeno 10 až 15 taxonů. Tyto lokality měly velmi nízký index diverzity (Shannon-Wiernerův index). Na všech potocích převládaly v celkové abundanci 75 až 96 % *Chironomidae* g. sp. společně s pošvatkami: *Leuctra nigra*, *Nemurella pictetii* (+ *Nemouridae* g. sp.). Na všech lokalitách se vyskytovali chrostíci *Plectrocnemia* sp. (*P. conspersa*) a *Limnephilidae* g. sp., z řádu *Coleoptera* *Agabus guttatus* a z řádu *Diptera*

Wiedmannia sp., avšak tyto taxony tvořily vždy jen jednotky procent z celkové abundance. Jejich jednotlivé abundance jsou uvedeny na Obr. 4.8.



Obr.4.8. Relativní zastoupení makrozoobentosu vedlejších přítoků Čertova jezera

Byly nalezeny také další druhy pošvatek, chrostíků a střechatek: *Nemoura avicularis* (ČT 1), *Sialis* sp. (ČT 4) a *Leuctra rauscheri* (ČT 6), *Leuctra handlirschi* (ČT 7), *Chaetopterygopsis maclachlani* (ČT 4), *Parachiona picicornis* (ČT 5) a *Rhadicoleptus alpestris* a *Protonemura auberti* (ČT 1, 6 a 7), *Limnephilus coenosus* (ČT 1, 3, 4 a 5), *Limnephilus rhombicus* (ČT 4) *Chaetopteryx villosa* (ČT 4, 5, 6 a 7), *Ptilocolepus granulatus* (ČT 1, 6 a 7). *Deronectes latus* (ČT 5), *Hydroporus ferrugineus* (ČT 1, 3 a 5). Z dvoukřídlých byly kromě pakomárů nalezeny muchničky rodu *Simulium*, i *Prosimulium*.

Rachelsee

Hlavní přítok: Tato lokalita byla taxonomicky nejchudší ze všech hlavních přítoků. Odebráno bylo 876 jedinců a nalezeno jen 12 taxonů. Více než 70 % celkové abundance tvořili zástupci pošvatek tj. *Leuctra nigra* (29 %), *Nemouridae* g. sp. (32 %), *Nemurella pictetii* (1,2 %), *Protonemoura* g. sp. (8,9 %) a *P. montana* (2,7 %). Další hojně zastoupenou skupinou byli na této lokalitě *Chironomidae* g. sp. (10 %), dále jepice *Leptophlebia vespertina* a chrostík *Plectrocnemia conspersa*, každý kolem 6%. Dalším druhem chrostíka byl již pouze *Ptilocolepus granulatus*. Ostatní nalezené taxony byly: imága brouka *Agabus guttatus*, střechatka *Sialis* sp. a dvoukřídlí *Simulium* sp., *Dicranota* sp. a *Wiedmannia* sp.

Odtok: Na tomto potoku bylo nalezeno 1 603 jedinců patřící do 15 taxonů. Ve srovnání s podzimními vzorky všech odtoků byl nejchudší lokalitou. Nejvíce jedinců bylo nalezeno ze dvou čeledí dvoukřídlých, *Chironomidae* 42% a *Simuliidae* (*Simulium* sp.)

27%. Na této lokalitě bylo nalezeno velké množství jepice *Leptophlebia vespertina* (337 jedinců, 21% zastoupení). Pošvatky tvořily jen 6,8 %: *Nemouridae* g. sp. 5,8 %, *Nemurella pictetii* 0,3 %, *Leuctra nigra* 0,5 % a také byl překvapivě zaznamenán jeden jedinec z čeledi *Chloroperlidae*, konkrétně méně acidotorelantní druh *Siphonoperla torrentium*.

Z chrostíků jsem našel jen *Plectrocnemia conspersa* a *Rhyacophila* sp., z brouků *Agabus guttatus*, *Deronectes platynotus* a *D. latus*. Zbylé nalezené taxony z řádu dvoukřídlých byly *Dicranota* sp. a *Chelifera* sp. a *Ceratopogonidae* g. sp.

Plešné jezero

Hlavní přítok: Tento potok byl početně nejbohatší ze všech lokalit a zároveň jeho index diverzity byl nejnižší. Na jaře jsem odebral 2542 jedinců a na podzim 1580, tedy celkem 4132 živočichů a zaznamenáno bylo 26 taxonů. 84% celkové početnosti tvořila čeleď *Nemouridae* (*Nemouridae* g. sp. 69%, *Nemurella pictetii* 8,7%, *Nemoura cinerea* 2,9%, *Protonemoura* sp. 3,6%). Na jiných lokalitách velmi početná čeleď *Leuctridae* se vyskytovala jen v 9 % se zástupci *Leuctra nigra*, *L. teriolensis*, *L. rauscheri* a *L. pseudosiginifera*. Také byl nalezen v podzimním vzorku jeden jedinec dravého druhu pošvatky *Diura bicaudata*, který jsem zaznamenal v dalších vzorcích pouze na méně acididifikovaných lokalitách. Z řádu *Trichoptera* byly zjištěny *Limnephilus* sp., *Pseudopsilopteryx zimmeri*, *Mycropterna nycterobia*, *Annitella obscurata* a druhy z tribu *Chaetopterygini*. Z brouků byly nalezeny 3 druhy z čeledi *Dytiscidae*: *Agabus guttatus*, *Hydroporus palustris* a *H. memnonius*.

Chironomidae g. sp. se v tomto potoku nacházeli velmi málo, přesněji jen 132 jedinců (3%). Z dalších taxonů řádu *Diptera* jsem zaznamenal rody *Tipula* sp., *Pedicia* sp., *Dicranota* sp., *Euphyllidorea* sp./*Phyllidorea* sp., *Wiedmannia* sp. a zástupce čeledi *Ceratopogonidae*. Na této lokalitě byl zaznamenán jediný nález ploštěnek *Crenobia alpina*, který je typickým obyvatelem pramenných úseků potoků. Nalezen byl také druh jepice *Leptophlebia vespertina* (pouze jeden jedinec).

Odtok: Celkem jsem na této lokalitě odebral 3 001 živočichů, ale pozoroval jsem patrný rozdíl v počtech odebraných jedinců na jaře a podzim. Na podzim jsem odebral 2 422 jedinců, tj. zhruba 4 krát více jedinců než na jaře (579 jedinců). V jarním vzorku jsem objevil 14 taxonů a 19 taxonů v podzimním, dohromady 24 taxonů.

Největší abundanci tvořili opět zástupci ze dvou čeledí pošvatek, *Nemouridae* g. sp. 31 % (včetně 1,2 % *Nemoura cinerea*) a *Leuctra nigra* 24 %, tvořily tedy spolu 55 % abundance. Dalšími hojně zastoupenými taxony byli *Chironomidae* g. sp. s podílem 19 % a *Plectrocnemia* sp. s 13 %. Mezi jinými taxony chrostíků byly nalezeny druhy *Molanodes tinctus*, *Limnephilus rhombicus*, *Micropterna* sp. a *Oligotricha striata*. Druh jepice *Leptophlebia vespertina* byl nalezen v počtu 33 jedinců (cca 1% abundance).

Další taxony byly determinovány následovně: z řádu *Heteroptera* tři druhy: *Glaenocorixa propingua* (1♀), *Sigara nigrolineata* (2♂) a hladinová ploštice *Velia caprai* (1♀), z ř. *Megaloptera* dva druhy, *Sialis fuliginosa* a *S. lutaria* a z ř. *Coleoptera* čtyři druhy: *Agabus guttatus*, *Deronectes latus* a *Hydroporus palustris* a *Hydroporus memnonius*. Poměrně hojně (v 8% abundanci) jsem našel muchničky *Simulium* sp. (včetně jejich kukel) a další taxony z řádu *Diptera*: *Limnophora* sp., *Pedicia* sp., *Euphyllidorea* sp./*Phyllidorea* sp. a *Ceratopogonidae* g. sp.

Vedlejší přítoky: Zde uvádím první informace o makrozoobentosu z těchto dvou vedlejších přítoků Plešného j. Na PL - I bylo odebráno 1 706 jedinců ze 17 taxonů a na PL - II 854 jedinců z 22 taxonů. Na obou lokalitách se vyskytovalo nejvíce zástupců pošvatek čeledi *Nemouridae* a *Leuctridae*, avšak v každém potoce v jiném podílu. Na PL-I byl podíl těchto dvou čeledí celkem vyrovnaný. *Nemouridae* g. sp. bylo 45% abundance (40 % *Nemouridae* g. sp. juv, 2,4 % *Nemurella pictetii* a zbytek *Nemoura* sp., *N. cinerea*, *Protonemura* sp. a *P. auberti*) a *Leuctridae* g. sp. 35 %, konkrétně *Leuctra nigra* 30% a zbytek *Leuctra* sp., *L. handlirshi* a *L. pseudosignifera*. Na PL-II bylo velmi málo *Leuctridae* g. sp. tj. jen přes 3 % (převážně *Leuctra nigra*) a *Nemouridae* g. sp. 79 % (z toho *Nemouridae* g. sp. juv. 66%, *Nemurella pictetii* 7 % a zbytek bylo *Nemoura* sp. *N. cinerea* a *Protonemura* sp.).

V obou vzorkách byly nalezeny pouze 2 druhy chrostíků. V PL-I *Plectrocnemia conspersa* a *Limnephilus coenosus* a v PL-II *Limnephilus coenosus* a *Micropterna* sp. Co se týká nálezů druhů brouků *Agabus guttatus*, byl nalezen na obou potocích a na PL-I byl nalezen navíc *Deronectes latus* a *Hydroporus memnoui*, na PL-II *Hydroporus ferrugineus*.

Čeď *Chironomidae* tvořila na PL-I 17 % abundance a u PL-II 9,5 %. Další taxony z řádu *Diptera* nalezené na PL-I byly *Simulium* sp., *Pedicia* sp., *Dicranota* sp. a *Ceratopogonidae* g. sp. Lokalita PL-II byla vůbec nejbohatší na taxony dvoukřídlého

hmyzu (12 taxonů a 7 % abundance) ze všech potoků. Nalezeny byly tyto taxony: *Tipula* sp., *Pedicia* (P.) sp., *Euphyllidorea* cf. *meigeni*, *Elephantomyia* sp., *Ormosia* sp., *Brachylimnophila* cf. *nemoralis*, *Wiedemannia* sp., *Chelifera* sp., *Clinocera* sp., *Rhagio* sp., *Atrichopogon* sp. a *Ceratopogonidae* g. sp.

4.2.4. Méně acidifikované potoky

Kleiner Arbersee

Hlavní přítok: Na podzim r. 2007 jsem odebral 947 jedinců a našel 20 taxonů. Taxonomicky nejbohatší byly řády Plecoptera s 9 taxony a Diptera s 8 taxony. 74 % celkové početnosti tvořily pošvatky, nejvíce byly zastoupeny následující tři taxony: 18% *Leuctra nigra*, 16 % *Capnia bifrons* a 15 % *Protonemoura* sp. (včetně 0,3% *P. auberti* a 0,4% *P. montana*). Dalšími nalezenými taxony pošvatek byly *Amphinemura* sp., (8 %), *Nemouridae* g.sp. (7 %), *Leuctra* sp. (3 %), *L. major* (4 %), *L. pseudosignifera* (0,3%) a *Diura bicaudata* (2 %). Z řádu Diptera byly nejpočetnější *Chironomidae* g.sp. (11%), *Simulium* sp.(3%), *Wiedmannia* sp. (3%) a *Dicranota* sp.(2,1%). Dále bylo nalezeno také pár jedinců *Pedicia* sp., *Eloeophila* sp. *Clinocera* sp. a *Ceratopogonidae* g. sp. Chrostíci *Plectrocnemia conspersa* tvořili celkem 6 % z celkové početnosti a nalezen byl i rod *Rhyacophila*. Co se týče brouků, našel jsem pouze druh *Deronectes platynotus*.

Odtok: Na tomto potoku bylo odebráno 1224 jedinců a nalezeno 14 taxonů. Potok byl taxonomicky nejchudší v rámci podzimního vzorkování odtoků. *Chironomidae* g.sp. tvořili 34 % početnosti, pošvatek bylo 53 %. Z toho 32 % *Protonemoura* sp. a 16 % *Amphinemura* sp., zbytek podílu tvořili *Siphonoperla* sp. (2 %), *Nemouridae* g.sp. (1,3 %), *Nemoura* sp. (0,2 %), *N. avicularis* (0,6 %) a *Leuctra nigra* (0,08 %). Poměrně hojně se vyskytovala *Leptophlebia vespertina* (7 %). Zaznamenal jsem také dva druhy chrostíků - *Plectrocnemia conspersa* (2,4 %) a *Rhyacophila praemorsa* (1,7 % včetně *Rhyacophila* sp.), dva druhy brouků *Deronectes platynotus* a *Hydroporus memnonius* a střechatku *Sialis fuliginosa*. Z řádu Diptera byly na tomto potoku nalezeny kromě pakomárů jen larvy muchniček *Simulium* sp.

Prášilské jezero

Hlavní přítok: V jarním vzorku jsem zaznamenal 2 136 jedinců, tj. zhruba dvakrát více organismů než v podzimním (968 jedinců) a dohromady bylo tedy odebráno 3 092 jedinců. Determinováno bylo 31 taxonů (v jarním vzorku 26 a v podzimním 19). Tato lokalita byla jedinečná tím, že zde bylo zaznamenáno 5 čeledí pošvatek. Zároveň byly pošvatky dominantní skupinou v tomto potoku co do počtu. Tvořily přes 80 % početnosti - *Protonemoura* sp. (včetně *P. auberti*) 39%. *Nemouridae* g.sp. (včetně *Nemurella pictetii* 1,6 %) 20%, *Leuctra nigra* 16%, *L. handlirschi* 2,6%, *L. major* 2,4% a *L. teriolensis* 0,03%. Z ostatních čeledí pošvatek byly nalezeny *Capnia* sp., *Diura bicaudata* a *Brachyptera seticornis*, která byla zaznamenána jenom na této lokalitě.

Druhově hojní byli i chrostíci (*Plectrocnemia conspersa*, *P. geniculata*, *Rhyacophila permorsa*, *Limnephilus* sp., *Chaetopteryx villosa*, *Drusus discolor* a *D. annulatus*). Dohromady těchto 7 druhů tvořilo 4,3 % všech nalezených jedinců. Z řádu *Diptera* byly nejhojnější *Chironomidae* g.sp. a *Simulium* sp. v zastoupení téměř 5 %, dalšími nalezenými taxony byly *Dolichopesa albipes*, *Pedicia* (P.) sp., *Eloeophila* sp., *Wiedmannia* sp., *Chelifera* sp., *Ceratopogonidae* g. sp. a *Dicranota* sp., který byl nalezen v relativně hojném počtu (76 jedinců tj. 2,5% abundance). Z brouků jsem zaznamenal tři taxony: *Agabus guttatus*, *Deronectes latus* a *Anacaena* sp.

Odtok: Odloveno bylo 2 670 jedinců z toho na jaře 913 jedinců a na podzim 1 722. Nalezl jsem celkem 28 taxonů. Zde dominovali *Chironomidae* g. sp. s 50% zastoupením. Pošvatky tvořily druhou nejpočetnější skupinu a jejich složení bylo: *Nemouridae* g. sp. 14 % a v mnohem menší míře (dohromady 2 %) *Nemoura* sp., *N. cinerea*, *Leuctra nigra*, *Protonemoura montana* a *Siphonoperla torrentium*. Další početné taxony byly muchničky *Simulium* sp. 11 %, *Prosimulium* sp. 5% a jepice *Leptophlebia vespertina* 9 %. Chrostíků bylo nalezeno málo (2,8%), avšak ze 6 taxonů: *Plectrocnemia conspersa*, *Rhyacophila* sp., *Molanna nigra*, *Limnephilus rhombicus*, *Oligotricha striata* a *Phryganea bipunctata*.

Na této lokalitě jsem zaznamenal velmi významný druh brouka *Nebrioporus assimilis* (*Dytiscidae*). Jedná se o první nález tohoto severského potápníka v České republice. Kromě tohoto druhu byly nalezeny ještě *Agabus guttatus* a *Deronectes latus*.

Zástupci ploštic, střechatek a vážek tvořily zhruba 2,5 % početnosti a byly nalezeny tyto taxony: *Notonecta glauca* a *Glaenocoris propinqua cavifrons*

(Heteroptera), *Sialis fuliginosa* a *S. lutaria* (Megaloptera) a *Pyrrhosoma nymphula*, *Somatochlora metalis* a *Aeschna cinerea* (Odonata). Z dvoukřídých jsem ještě našel bahnomilky *Pedicia* (P.) sp. a *Eloeophila* sp.

Grosser Arbersee

Hlavní přítok: Odebráno bylo 806 jedinců a nalezeno 24 taxonů. Dominantní skupinou s 35 % všech jedinců byla čeleď Chironomidae g. sp., následovaná pošvatkou *Leuctra nigra* (32 %). Taxonomicky nejhojnější skupinou byly pošvatky, z nichž byly kromě *L. nigra* zaznamenány: *Nemouridae* g. sp. (7 %), *Nemurella pictetii* (1 %), *Nemoura avicularis* (1 %), *Protonemoura* sp. (7 %), *P. montana* (1 %), *Amphinemoura* sp. (1 %), *Leuctra* sp. (3 %), *L. pseudosignifera* (0,1 %), *L. teriolensis* (0,5 %), *Capnia* sp. (3 %), *Diura bicaudata* (2 %), *Siphonoperla* sp. (0,1 %) a *S. montana* (0,1 %). Chrostík rodu *Plectrocnemia conspersa* tvořil více než 1 % abundance, dále bylo nalezeno jen několik jedinců *Rhyacophila obliterateda*, *Hydatophylax infumatus* a *Potamophylax* sp. Z řádu Odonata, Megaloptera a Coleoptera byli nalezeni: *Somatochlora* cf. *metalica*, *Sialis fuliginosa*, *Agabus guttatus* a *Hydrocyphon* sp. Zbytek nalezených taxonů tvořili dvoukřídí *Simulium* sp., *Pedicia* (P.) sp., *Eloeophila* sp. a *Dicranota* sp.

Odtok: Nalezl jsem 813 živočichů ze 17 taxonů. Byl to jediný potok, kde kvantitativně dominovala jepice *Leptophlebia vespertina* (37 %) a na této lokalitě byla také nalezena jediná pijavice druhu *Helobdella stagnalis*. Čeleď Chironomidae tvořila druhou nejvíce zastoupenou skupinu (35 %). Taxonomicky nejbohatší byly pošvatky s celkem 24% zastoupením a to v tomto podílu: 13 % *Nemouridae* g. sp., 4 % *Amphinemoura* sp., 6 % *Siphonoperla torrentium*, *Nemoura* sp. (0,3 %), *N. avicularis* (0,1 %) a *Protonemoura montana* (0,3 %). Z řádu Trichoptera byly nalezeny pouze tři druhy, tj. *Plectrocnemia conspersa*, *Rhyacophila praemorsa* a *Mystacides azurea*, a dohromady tvořily 3% podíl. Z vážek se vyskytovaly *Ischnura* cf. *elegans* a *Coenagrion* cf. *hastulatum*, ze střechatek *Sialis lutaria* a z brouků *Cyphon* sp. Dále bylo nalezeno několik jedinců z řádu muchničků *Simulium* sp. a pakomárců *Ceratopogonidae* g. sp.

Jezero Laka

Hlavní přítok: Na tomto potoku bylo odloveno 1 691 jedinců a determinováno 31 taxonů (na jaře 17 a podzim 26). Tato lokalita byla taxonomicky nejbohatší v rámci

přítoků všech jezer.

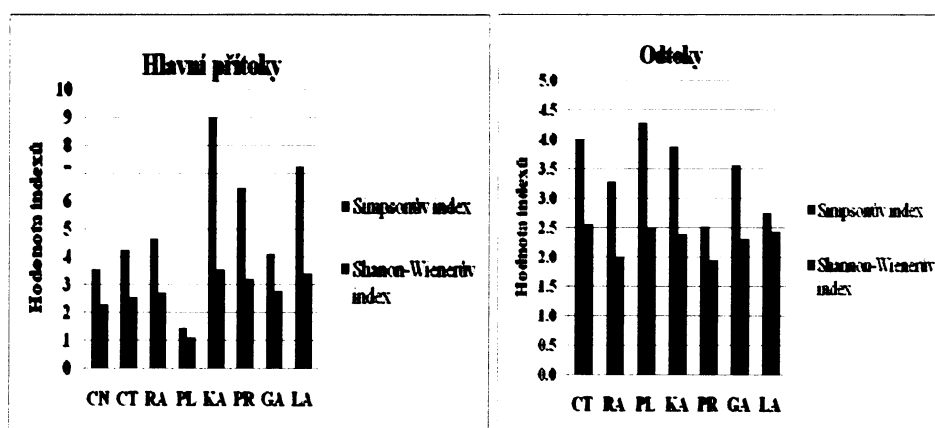
Nejpočetnější skupinou byly pošvatky s 54% zastoupením a pakomáři s 35 %. Pošvatky byly také taxonomicky nejpestřejší skupinou. Nalezl jsem 11 taxonů, jejichž zastoupení bylo následující: *Protonemoura* sp. (17 %) a *Leuctra nigra* (16 %), *Leuctra* sp. (5 %), *L. teriorenensis*, *L. major* (0,7 %), *Nemouridae* g.sp. (4 %), *Nemurella pictetii* (1 %), *Nemoura* sp., *Protonemoura auberti* (1 %), *P. montana* (0,6 %), *Capnia* sp. (2,5 %) a *Diura bicaudata* (2 %). Z řádu *Trichoptera* bylo nalezeno 8 taxonů a tvořily 4,5 % jedinců. Nejpočetnější byl rod *Plectrocnemia*., Další taxony byly nalezeny jen v několika exemplářích, jmenovitě *Rhyacophila* sp., *Hydatophylax infumatus*, *Potamophylax* sp., *Chaetopteryx villosa*, *Drusus discolor*, *D. annulatus* a *Ptilocolepus granulatus*. Z řádu *Diptera* bylo kromě pakomárů nalezeno nejvíce jedinců *Dicranota* sp. (3 %) a *Simulium* sp. (2 %). Nepatrné zastoupení měly tyto taxony: *Tipula* sp., *Dolichopeza albipes*, *Pedicia* (P.) sp., *Eloeophila* sp., *Euphyllidorea/Phyllidorea* sp., *Wiedemannia* sp. a *Chelifera* sp. Z řádu *Coleoptera* jsem našel *Agabus guttatus* a *Deronectes platynotus*. Zaznamenal jsem také mlže *Pisidium casertanum*.

Odtok: Na jaře bylo naloveno pouze 276 jedinců, na podzim 1040. V jarním vzorku jsem našel 15 taxonů a v podzimním 26, celkem tedy 28 taxonů. Na této lokalitě bylo nejvíce *Chironomidae* g.sp. (55%) a muchniček *Simulium* sp. (16% + 1,4 % kukly *Simulidae* g.sp.). 8 nalezených taxonů pošvatek tvořilo dohromady 13 % všech jedinců. Z toho 5,3 % *Nemouridae* g.sp., 0,7 % *Nemoura* sp., 0,5 % *N. avicularis* , 3 % *Amphinemura* sp. (včetně *A. sulcicollis*), 2 % *Leuctra* sp., *L. nigra* (0,7 %), *Siphonoperla torrentium* (0,3 %) a *Diura bicaudata* (0,2 %). Z řádu *Trichoptera* se vyskytovali celkem hojně zástupci rodu *Rhyacophila* sp., kdežto rod *Plectrocnemia* (*conspersa*) byl nalezen jen v počtu několika jedinců (0,6 %). Stejně tak ostatní 3 nalezené taxony *Odontocerum albicorne*, *Hydatophylax infumatus* a *Potamophilax* g.sp. Z řádu *Odonata* byly nalezeny *Pyrrhosoma nymphula* a *Somatochlora metalica*, ze střechatek *Sialis fuliginosa* a *S. lutaria* a z brouků *Agabus guttatus*, *Deronectes platynotus*, *Hydraena* sp. a *Elodes* sp. Z řádu *Diptera* byly nalezeny i *Eloeophila* sp., *Dicranota* sp. a *Clinocera* sp. Druh jepice *Leptophlebia vespertina* tvořila 4 % celkové početnosti a stejně jako na hlavním přítoku byl nalezen druh měkkýše *Pisidium casertanum* (3 jedinci).

4.3. Výsledky analýzy

4.3.1. Simpsonův a Shannon-Wienerův index

Podle výpočtů Simpsonova indexu mezi hlavními přítoky, Kleiner Arbersee byl jednoznačně druhově nejbohatší a za ním následovali Laka a Prášilské j. Tedy jediné Grosser Arbersee neměl pestrá diverzitu mezi méně kyselými přítoky. Podle Shannona-Wienerova indexu, který bere v úvahu i vyrovnanost diverzity, bohatost bentosu se mezi všemi potoky výrazně nelišila, s výjimkou hlavního přítoku Plešného j., který měl oba indexy jednoznačně nejnižší. Naopak odtok Plešné j. měl dokonce nejvyšší Simpsonův index a také Shannon-Wienerův index vykazoval těsně druhou nejvyšší hodnotu za odtokem Čertova j. Obecně byly u odtoků tyto indexy víceméně vyrovnanější než mezi hlavními přítoky. Na níže uvedených obrázcích (Obr. 4.8.) jsou znázorněny vypočítané indexy v grafickém formě a konkrétní hodnoty indexy jsem uvedl do Příloh viz Tab. 3.



Obr. 4.9. Simpsonův index (diverzity) a Shannon- Wienerův index hlavních přítoků (nalevo) a odtoků (napravo)

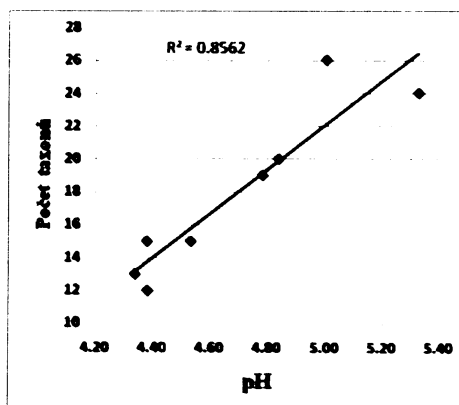
4.3.2. Statistické vztahy mezi chemickými parametry lokalit a počtem nalezených taxonů

Pomocí Pearsonova korelačního koeficientu jsem zkoumal, jaké naměřené chemické parametry statisticky souvisí s počtem nalezených taxonů (dále jen TAX) na dané lokalitě. U hlavních přítoků se ukázala silný vztah mezi pH a TAX, kdy Pearsonův korelační koeficient odpovídal 0,92 a byl statisticky signifikantní na 99 % hladině. Velmi podobný vztah existoval i mezi TAX a alkalitou jednotlivých lokalit, což ukazuje zřejmou souvislost mezi pH a alkalitou lokalit. Dále mi vyšla poměrně vysoká negativní závislost ve vztahu mezi R-Al a TAX, kde byl korelační koeficient - 0,7 (byl signifikantní na hladině 95 %). Na druhé straně u odtoků vyšel signifikantní korelační

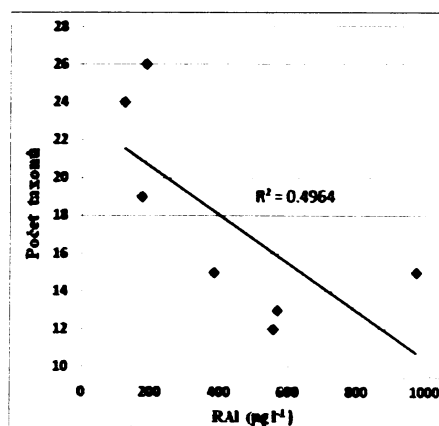
koeficient mezi TAX a chemickými parametry pouze u Na^+ ($r = 0,79$) a Cl^- ($r = 0,77$), oba byly signifikantní na 95% hladině.

Dále jsem analyzoval soubor přítoků i odtoků dohromady. Nejdříve byla provedena jednocestná ANOVA, která měla poukázat na to, zda u jednotlivých chemických parametrů existují signifikantní rozdíly v průměrných charakteristikách přítoků a odtoků. Statisticky signifikantní rozdíl byl v tomto ohledu potvrzen u vodivosti (Cond) (na nižší 95% hladině) a dále u $\text{NH}_4\text{-N}$ a alkality (ALK). U ostatních chemických parametrů nelze na obvyklých hladinách statistické významnosti potvrdit hypotézu o odlišnosti průměrných hodnot přítoků a odtoků. Výsledky této analýzy jsou v přílohách Tab.9.

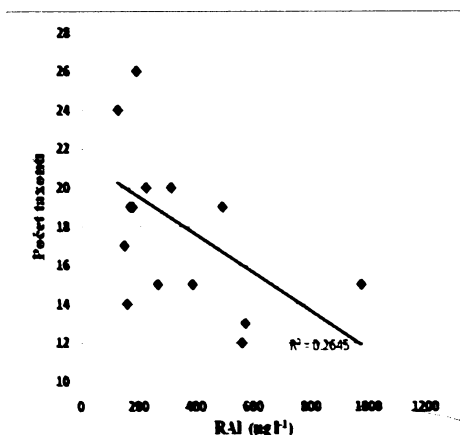
Při korelační analýze společného souboru přítoků a odtoků dohromady se mi podařilo najít signifikantní korelaci mezi TAX a pH, kde korelační koeficient odpovídal 0,63 (signifikantní na 95% hladině). Opět jako u hlavních přítoků bylo dosaženo velmi podobného výsledku při sledování vztahu s alkalitou ($r = 0,62$). Dále byla potvrzena negativní korelace (na 95% hladině) s Cond. ($r = - 0,53$), SO_4^{2-} ($r = - 0,68$), R-Al ($r = - 0,51$) a pozitivní u NA^+ ($r = 0,54$) a především u L-Al ($r = 0,95$). Níže uvádím regresní grafy mezi počtem taxonů a pH a R-Al viz Obr.4.10. – 4.13. Všechny zjištěné výsledky statistických vztahů mezi chemickými parametry lokalit a počtem nalezených taxonů jsou uvedeny v přílohách Tab. 6. – 8.



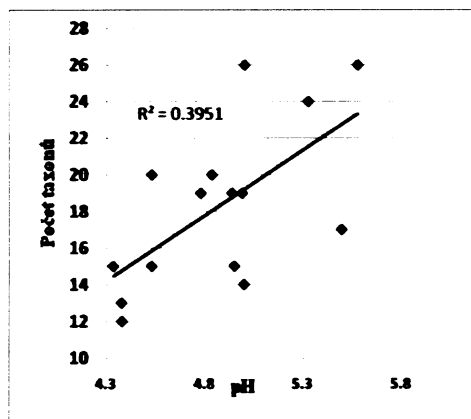
Obr. 4.10. Závislost mezi pH a počtem taxonů hlavních přítoků (2007 podzim)



Obr. 4.11. Závislost mezi pH a počtem taxonů na hlavních přítocích (2007, podzim)



Obr. 4.12. Závislost mezi pH a počtem taxonů hlavních přítocích a odtocích (2007, podzim)

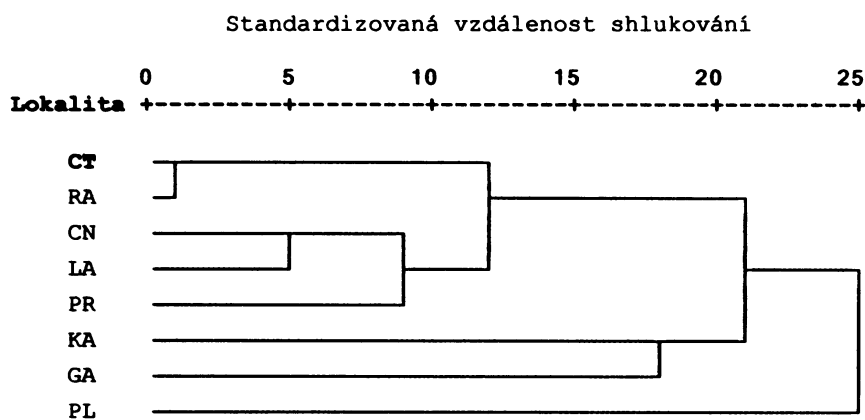


Obr. 4.13. Závislost mezi pH a počtem taxonů na hlavních přítocích a odtocích (2007, podzim)

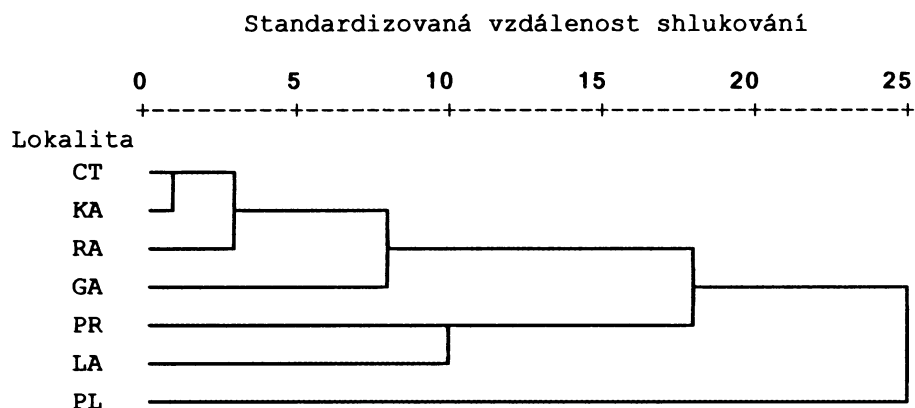
4.4. Shluková analýza

4.4.1. Založená na Jaccardově indexu druhové podobnosti

Nejdříve byla porovnávána vzájemná podobnost lokalit na základě jejich taxonomického složení. Výsledky jsou prezentovány v dendrogramech (Obr. 4.12 a 4.13.) a víceméně odpovídají také matici Jaccardových indexů v Tab. 4 a 5 viz přílohy (dvojice jezer s vysokými hodnotami indexu jsou v dendrogramu shlukovány dohromady). Silně acidifikované hlavní přítoky Čertova j. a Rachelsee byly velmi blízké, ale u ostatních jezer se neprojevila taková blízkost. Hlavní přítoky Grosser Arbersee, Kleiner Arbersee a zejména Plešného j. byly vyděleny od ostatních jezer. Odtoky si byly nejpodobnější u Čertova j. a Kleiner Arbersee a dále se k těmto dvěma jezerům přiblížilo Rachelsee. Opět jednoznačně bylo vyděleno Plešné j. od všech dalších lokalit.



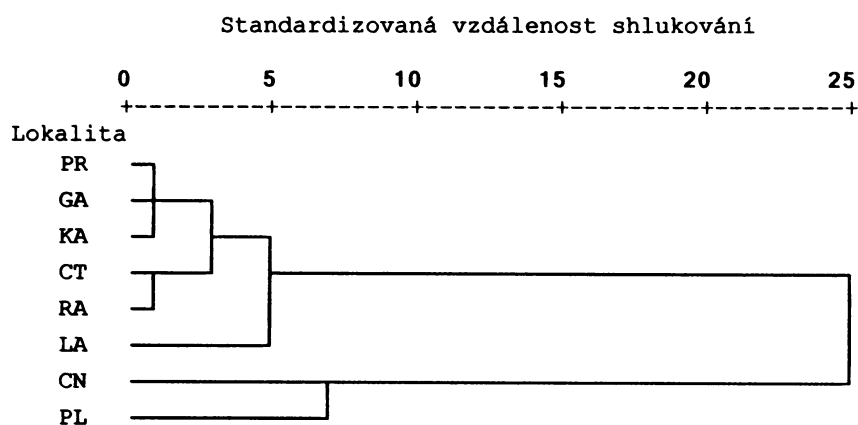
Obr. 4.14. Dendrogram založen na Jaccardově indexu na hlavních přítocích (Data: podzimní odběr 2007)



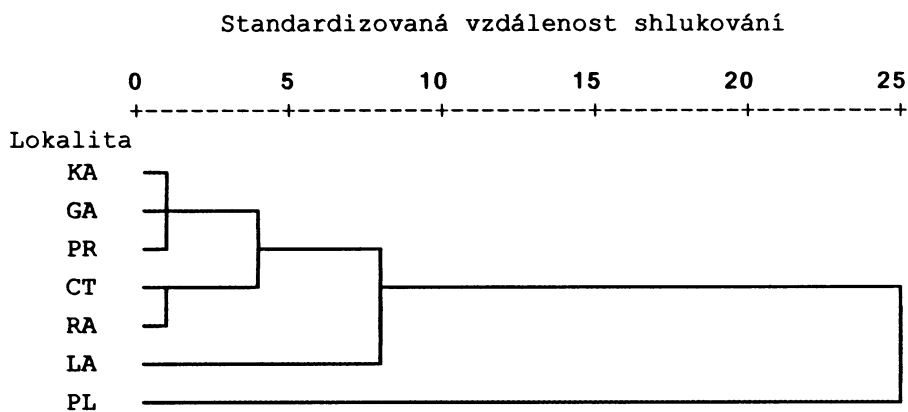
Obr. 4.15. Dendrogram založen na Jaccardově indexu na odtocích (Data: podzimní odběr 2007)

4.4.2. Shluková analýza na základě chemických parametrů

Dále byla podobnost lokalit studována na základě jejich chemických parametrů. Níže jsou uvedeny dendrogramy Obr. 4.16 a 4.17. Shlukové analýzy opět nejdříve hlavních přítoků a poté odtoků. Sledované chemické parametry jsou uvedeny v přílohách (Tab.1 v příloze). Na obou dendrogramech vyšly velmi podobné seskupení, s tím rozdílem, že u odtoků chybí Čertovo jezero. Shluková analýza naznačila existenci dvou skupin velmi blízké podobnosti a to: (1) Méně kyselá jezera Prášilské j., Grosser Arbersee a Kleiner Arbersee a (2) Čertovo j. a Rachelsee. Zde se ukázala znovu velká odlišnost Plešného jezera od všech ostatních.



Obr.4.16. Dendrogram na základě chemických parametrů hlavních přítoků (Data: podzimní odběr 2007)



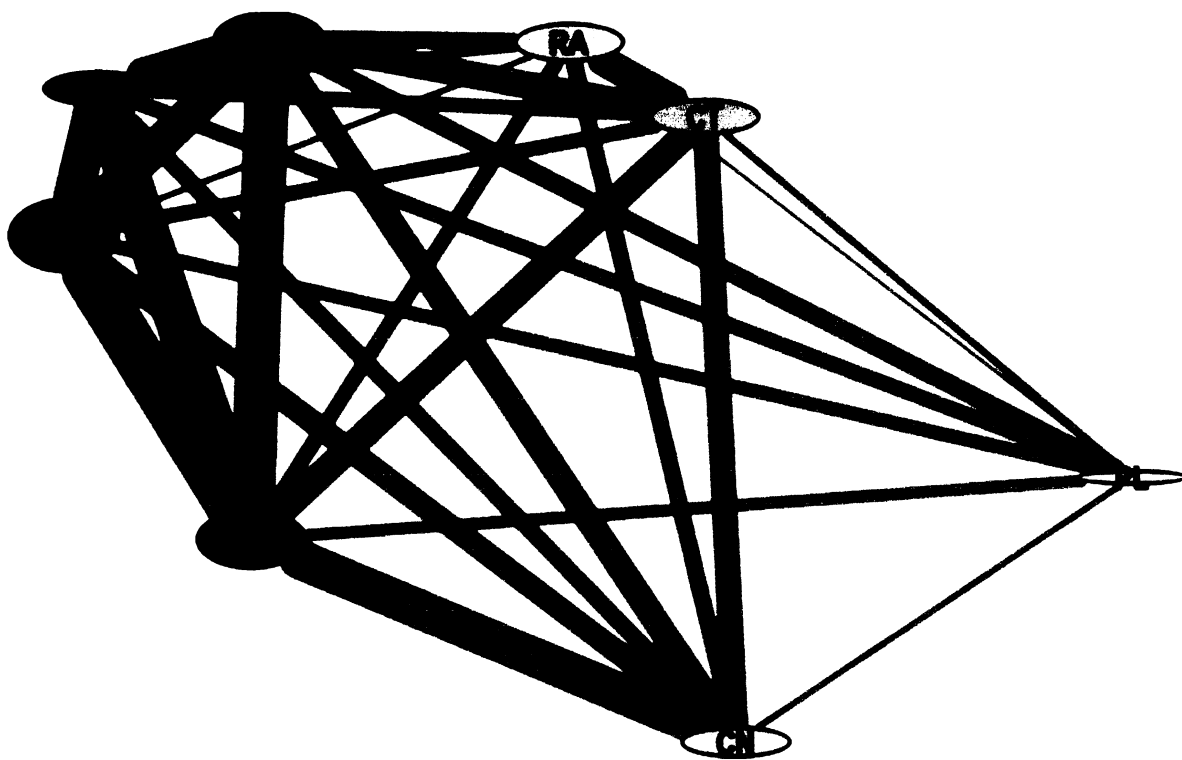
Obr.4.17. Dendrogram na základě chemických parametrů odtoků (Data: podzimní odběr 2007)

4.5. Znázornění pomocí síťového grafu

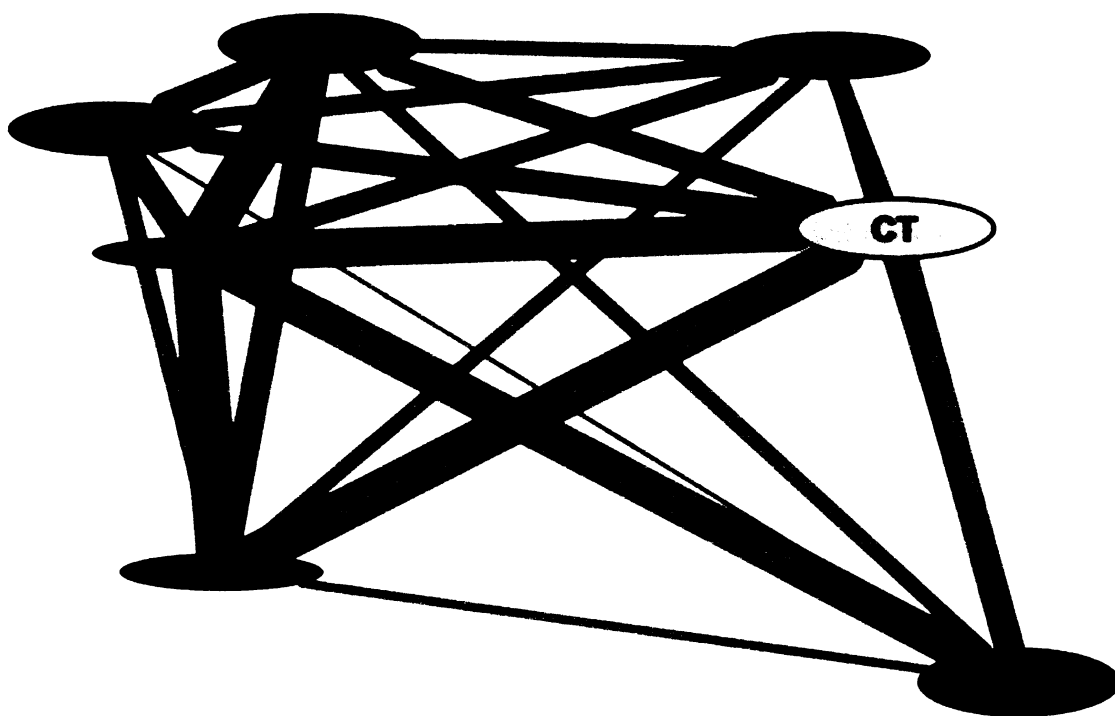
V dalším kroku jsme se pak pokusili pomocí síťových grafů znázornit souběžně výše analyzované aspekty. To umožňuje zhodnocení vztahů mezi „biologickou“ a „chemickou“ podobností lokalit. Na obrázcích (síťových grafech, Obr. 4.18 a Obr. 4.19) je znázorněno:

- Rozmístění nódů odpovídá podobnosti lokalit podle jejich chemických parametrů. Tzn. nódy jsou rozmístěny na základě výsledků příslušné shlukové analýzy (nutně jen přibližně, neboť jde pouze o rozmístění v 2-rozměrném prostoru)
- Barva nódů odpovídá škále lokalit podle jejich pH (čím tmavší barva, tím vyšší pH lokality).
- Výška nódů odpovídá Simpsonovu indexu diverzity (čím vyšší nód, tím vyšší index).
- Šířka spojnic mezi nódy pak odpovídá jejich „druhovému blízkosti“ $B_{m,n}$, která byla vypočítána postupem popsaným v metodice (tzn. biologická podobnost zde není hodnocena na základě Jaccardových vzdáleností ale pomocí navrženého indexu, který zohledňuje i abundance v jednotlivých taxonech).

Dodejme, že škály hodnot u jednotlivých atributů (síla vazeb, vzdálenost, barva a výška nódů) nejsou mezi dvěma níže uvedenými obrázky vzájemně porovnatelné (byly specifikovány podle variačního rozpětí daného atributu).



Obr. 4.18. Síťový graf hlavních přítoků (Data: Podzimní odběr)



Obr. 4.19. Síťový graf odtoků (Data: Podzimní odběr)

Jak u hlavních přítoků tak u odtoků se podle chemických parametrů rozmístily nody (lokality) na dvě skupiny, na levé straně silně acidifikovaná jezera (CN, CT, RA a PL) a na pravé straně méně acidifikovaná (PR, LA, KA a GA). Rozmístění nódů v obou obrázcích odpovídá výsledkům výše uvedené shlukové analýzy na základě chemických parametrů, přičemž zde ještě navíc můžeme zhodnotit význam pH (barva nódů). Zejména u hlavních přítoků a méně u odtoků se podle chemických parametrů rozmístily nody (lokality) na dvě skupiny, na levé straně silně acidifikované (CN, CT, RA a PL) a na pravé straně méně acidifikované (PR, LA, KA a GA). Zde lze konstatovat, že jsou hlavní přítoky čtyři méně kyselých jezer spojeny velmi silnou spojinicí, tzn. mají vysokou biologickou podobnost (podle používaného výpočtu $B_{m,n}$), kdežto acidifikované přítoky mají slabší vazby, což platí zejména u Plešného jezera, které mělo velmi slabou spojitost (biologickou podobnost) se všemi lokalitami a zároveň jednoznačně nejnižší hodnotu indexu diverzity (nejnižší výška nódu). Až na Grosser Arbersee měly hlavní přítoky méně kyselých jezer výrazně vyšší index diverzity (výška nódů) než u silně acidifikovaných.

Co se týče síly vazeb u odtoků, podle používaného výpočtu celkově vyšly (zhruba o 1/3) nižší hodnoty než u hlavních přítoků (viz Tab.10 a 11 v přílohách). Nejsilnější vazby byly zjištěny mezi odtoky Prášilského j., j. Laka a Čertova j. Kdežto Plešné j. mělo nejslabší spojnici se všemi lokalitami, nikoliv ovšem nejnižší diverzitu. U odtoků je také dobře vidět na barvách nódů, že jedině odtok Čertova jezera měl velmi nízké pH (světlá barva nódu). Na rozdíl od hlavních přítoků, mezi odtoky mělo nejnižší index diverzity Prášilské jezero a hned za ním bylo jezero Laka.

5. Diskuse

Již po prvním kompletním výzkum všech osmi jezer na Šumavě v r. 1999 byla jezera rozdělena na základě chemismu přítoků a jezerních vod do tří skupin: (1) silně acidifikovaná (Černé j., Čertovo j., Rachelsee a Plešněj.), (2) mírně acidifikovaná (Kleiner Arbersee a Prášílské j.) a (3) slabě postižená (Grosser Arbersee a Laka) (Vrba a kol. 2000). Další odběr všech osmi jezer v září 2003 opět potvrdil oprávněnost takového rozdělení a ve všech třech skupinách doložil postupný zvrát jezerního chemismu (Nedbalová a kol. 2006). I podle získaných výsledků z analýz chemismu s kombinací počtů nalezených taxonů na hlavních přítocích z našich odběrů v r. 2007 lze toto rozdělení potvrdit. V říjnu 2007 se hodnoty pH hlavních přítoků silně acidifikovaných jezer držely pod hranicí 4,5 (pod 15 taxonů), mírně acidifikovaných jezer (Prášílské j. a Kleiner Arbersee) nad 4,7 (kolem 15 – 20 taxonů) a slabě acidifikovaných v rozsahu 5,0 (jezero Laka) - 5,3 (Grosser Arbersee) (kolem 25 taxonů). Jeden z nejstarších údajů o chemismu vod všech osmi jezer z doby vrcholné acidifikace pochází z r. 1985 (německá jezera) a 1986 (česká jezera) (Fott a kol., 1987). Tehdy naměřené hodnoty pH jezerních vod byly v poměrně úzkém intervalu 4,2 – 4,7 s výjimkou jezera Laka. Zde byla i v roce 1986 zjištěna vyšší hodnota (pH 5,5) a toto jezero je výjimečné v tom, že je jezero mělké (max. hloubka 3 m), má největší plochu povodí a nejkratší doba zdržení vody. Reprezentuje určitou výjimku mezi studovanými jezery na Šumavě, protože bylo acidifikováno pouze mírně (na jaře), bez jasných trendů v chemismu vody (Vrba a kol. 2000).

Je zřejmé, že téměř 20 let po ukončení zvýšené kyselé antropogenní depozice zůstávala čtyři jezera pořád silně postižená, kdežto další čtyři jezera (včetně jezera Laka) se s různou intenzitou zotavují. Čertovo j. (pH 4,3 - 4,5) zůstávalo nejkyseljším jezerem jak z hlediska hlavního přítoku tak i odtoku. Nejlépe na tom byly z hlediska zotavení jezera Grosser Arbersee (pH nad 5,5) a jezero Laka (pH ~ 5,0)

Na dendrogramech Obr. 4.16. a 4.17 a také na síťových grafech Obr. 4.16. a 4.17 se jezera rozdělila poněkud jinak než jen na základě hodnot pH, jelikož do shlukové analýzy vstupují další chemické parametry. Obecně se liší chemismus vod u jednoho jezera mezi hlavním přítokem a odtokem (Stuchlík a kol. 2007) v různých parametrech (pH, RAI, DOC apod.), avšak oba dendrogramy (hlavních přítoků a odtoků) ukazují velmi podobné seskupení. Analýzy jednocestné ANOVA potvrdily, že se signifikantně liší podskupiny hlavních přítoků a odtoků pouze v parametru vodivosti, koncentrace amoniakálního dusíku ($\text{NH}_4\text{-N}$) a alkalitě. V dendrogramech byla samostatně vydělena tři jezera – Plešné, Laka a Černé (hlavní přítok). Zejména chemismus vod Plešného jezera je odlišný v několika parametrech. Důvodem je zřejmě geologické položení povodí tohoto jezera, které je výhradně tvořeno žulou u ostatních jezer převažuje svor (Veselý 1994, Kopáček a kol. 2001a). Nejvýznamnějším rozdílem mezi žulami a svory z hlediska chemismu a oživení jezer je vyšší obsah a výrazně vyšší rychlost vyluhování fosforu (zvláště v kyselém prostředí) ze žul. Koncentrace rozpuštěného fosforu se v přítocích Plešného jezera pohybuje mezi 4 – 30 $\mu\text{g l}^{-1}$, zatímco v přítocích ostatních jezer je většinou pod mezí detekce ($< 1 \mu\text{g l}^{-1}$) (Kopáček a kol. 2000a). Pro povodí Plešného jezera je důležitá také nižší celková fosfátová sorpční kapacita povodí, způsobena nižší koncentrací oxidů železa v půdě a v neposlední řadě i zvýšená mikrobiální činnost (Kopáček a Vrba 2006). Protože primární produkce šumavských jezer je limitována fosforem, je Plešné jezero výrazně produktivnější a související biochemické procesy výrazněji ovlivňují chemické složení jeho vod v porovnání s ostatními jezery (Kopáček a kol. 2001a).

Mezi hlavními přítoky jsem zaznamenal více taxonů makrozoobentosu u méně kyselých jezer. Tato skutečnost, tedy pokles druhové diverzity v acidifikovaných tocích, patří k základním projevům acidifikace tekoucích vod a je dobře dokumentován mnoha autory (Økland a Økland 1986, Muniz 1991, Szczyński 1998, Braukmann 2001, Horecký 2003, Rucki 2007). Na obr. 4.3 a 4.10. je dobře vidět závislost mezi pH a počtem

nalezených taxonů na hlavních přítocích, jejichž korelace byla prokázána vysokou hodnotou korelačního koeficientu ($r = 0,919$ na 99% hladině). Avšak u odtoků tomu tak nebylo. Důvodem zřejmě byl to, že odtoky mají obecně vyšší pH (až na Čertovo jezero s pH kolem 4,5) a neliší se (pH mezi 4,9 – 5,6) tak výrazně jako u hlavních přítoků. Když jsem vypočítal korelační koeficient mezi počtem taxonů a pH pro hlavní přítoky a odtoky dohromady, vyšla opět signifikantní korelace (0,629 na 95% hladině). Zajímavý se jeví výsledek velmi nízkého počtu nalezených taxonů v odtoku Grosser Arbersee, jehož pH bylo nejvyšší (pH 5,5), kde jsem však našel jen 17 taxonů. Podobně i ve vzorku z odtoku Klener Arbersse, kde bylo naměřeno pH 5,0, jsem našel pouhých 14 taxonů. To naznačuje důkazy o tom, že kromě pH silně působí další jiné faktory na druhovou rozmanitost. Jelikož vzorky makrozoobentosu byly odebrány na německé straně pouze jednou (v říjnu 2007), kvůli nedostatku dat jsem nedokázal odhalit případné skryté faktory, které by také hrály důležitou roli v druhové diverzitě zejména v méně kyselých potocích.

Závislost mezi početností organismů a nízkým pH vody již tak jednoznačně prokázána není (Hermann a kol. 1993), neboť v acidifikovaných tocích může dojít k růstu početností acidotolerantních druhů (Szczyński 1998), které se často vyznačují širokou ekologickou valencí a při vyšším pH jsou méně konkurenceschopné než druhy acidosenzitivní. V podstatě jde o to, že při nižším pH mohou být ze hry vyřazeny určité trofické skupiny a acidotolerantní druh přijde o konkurenta nebo predátora a proto může dojít ke zvýšení jeho abundance (Nejdůležitější aspekty acidifikace zahrnují biotické změny. Není jasné, zda změny pozorované ve společenstvech acidifikovaných jezer jsou způsobené přímým následkem pH (tolerance) a nebo jsou způsobeny malými změnami v biotických interakcích. Např. struktura společenstva může být změněna posuny v kompetitivních/konkurenčních vztazích řas nebo vymizením klíčového druhu (Eriksson 1980, Lampert a Sommer 1997). Na značnou proměnlivost početnosti makrozoobentosu ve vztahu k acidifikaci ukázaly i získané výsledky.

Hodnoty vypočtených ekologických indexů, které kombinují početnost jedinců a jejich druhovou pestrost, lze mezi různými studii jen těžko porovnávat, protože výsledek je do značné míry ovlivněn úrovní determinace (Rucki 2007). Můžeme ale konstatovat, že potoky postižené acidifikací mají spíše vyšší index dominance než neacidifikované toky a naopak Shannon-Wienerův index diverzity bývá vyšší na neacidifikovaných lokalitách (Scheibová a Helešic 1999, Fricová 2005, Rucki 2007), stejně tomu bylo i u prezentovaných výsledků viz Tab.3. v přílohách.

V této práci jsem také zkoumal jaké další chemické parametry ovlivňují biologickou diverzitu (počet taxonů) makrozoobentosu a to použitím korelačního koeficientu. Vyšel mi jediný parametr, který neměl signifikantní závislost s žádným jiným analyzovaným parametrem, byl to DOC. Pokud je ve vodách dostatek rozpuštěného organického uhlíku, toxický iontový hliník je vyváznán do komplexů (Havas a Rosseland 1995) a dochází k podstatnému snížení jeho toxicity (Fott a kol. 1994). Na sledovaných lokalitách se tento proces zřejmě nemohl výrazněji uplatnit, neboť i nejvyšší zaznamenané koncentrace DOC byly nižší než uváděná hladina biotické odpovědi (Kullberg 1992).

Vedle pH jsou považovány za nejdůležitější chemické parametry, umožňující zhodnocení zasažení tekoucích vod atmosférickou antropogenní acidifikací: alkalita, koncentrace reaktivního hliníku a dalších těžkých kovů a koncentrace síranů (Braukmann 2001). Na všech studovaných lokalitách, kromě odtoku jezera Laka byla alkalita, tedy schopnost neutralizovat přísun kyselých iontů, záporná. To ukazuje na vyčerpanou neutralizační kapacitu. Takové toky jsou považované za trvale silně acidifikované (Braukmann 2001). Významným důsledkem trvale nízkého pH jsou zvýšené koncentrace reaktivního hliníku (Hermann 1987). Koncentrace reaktivního hliníku v tocích jsou jednak úměrné pH (Kulina 2000), což je zřetelné i při srovnání hodnot dílčích odběrů na jednotlivých lokalitách, ale také jsou ovlivněny geologickým podmínkami v povodí (Horecký 2003, Rucki 2007), což vysvětluje rozdíly v

koncentracích mezi jednotlivými lokalitami. U silně acidifikovaných jezer se na odtocích naměřily hodnoty R-Al výrazně menší (až poloviční) než na hlavních přítocích. Tuto skutečnost vysvětluje srážení přebytečného R-Al s organickými látkami v jezeře, kdežto u méně kyselých jezer, kde je výrazně méně R-Al než u silně acidifikovaných se tento proces neprojevuje tak výrazně. (Kopáček a kol. 2000)

Makrozoobentos v přítocích a odtocích šumavských jezer

Vybrané potoky představují jen zlomek acidifikací postižených lokalit na území ČR. Důsledky acidifikace byly na přítocích jezer ještě drastičtější (nižší pH, více R-Al) než v jezerech (Stuchlík a kol. 2004) a navíc většinou zcela chybí údaje o oživení v období před acidifikací s výjimkou jepic a pošvatek (Soldán a kol. 1998), takže rozsah vymizení druhů není možné přímo posoudit. Vzhledem k tomu, že mnohé druhy obývajících horské potoky se mohou vyskytovat i v horských jezerech, je možné zrekonstruovat preacidifikační složení makrozoobentosu na základě historických údajů z jezer. Co se týče rekonstrukce makrozoobentosu v odtocích, můžeme přímo využívat historických dat z jezerních částí, neboť je jejich složení organismu často velmi podobné (Nedbalová a kol. 2006, Stuchlík a kol. 2004). K naznačení původního oživení silně acidifikovaných toků, respektive cílového stavu zotavení makrozoobentosu těchto lokalit, můžeme využít výsledků získaných na lokalitách jezera Laka, které nikdy nebylo silně postiženo acidifikací (Vrba a kol. 2000) a považovat ho jako referenční lokalitu pro silně acidifikované potoky, i když každá lokalita má svoje jedinečné podmínky života pro organismy (geologické podloží, charakter potoku apod.). V případě růstu pH na sledovaných silně acidifikovaných lokalitách na hodnoty kolem 5,0 lze očekávat návrat typických druhů slabě mineralizovaných horských toků, které byly nalezeny na méně acidifikovaných lokalitách tj. jezero Laka a Grosser Arbersee. Mezi takové patří především pošvatky *Diura bicaudata* a *Siphonoperla* sp., chrostík *Hydatophylax infumatus* a měkkýš *Pisidium casertanum*. Jak naznačují výsledky

dynamického modelování (MAGIC 7) vývoje acidifikace (Majer a kol. 2003), hodnoty pH při zachování současného způsobu lesního hospodaření a intenzity kyselé atmosférické depozice ani v delším časovém horizontu nepřekročí hranici potřebnou pro návrat citlivějších druhů jako jsou jepice čeledi Baetidae či Siphonuridae, koryši a měkkýši (Hruška a Krám 2003, Hardekopf a kol. 2007).

Základ makrozoobentosu všech sledovaných lokalit tvořily pošvatky *Leuctra nigra*, *Nemurella pictetii*, *Protonemoura auberti*, jepice *Leptophlebia vespertina*, chrostík *Plectrocnemia conspersa*, pakomáři Chironomidae g. sp., bahnomilka *Dicranota* sp., muchnička *Simulium* sp. a brouk *Agabus* sp. Tyto taxony jsou známé svou širokou ekologickou valencí spojenou s tolerancí vůči nízkému pH a vysoké koncentraci reaktivního hliníku, a proto jsou hojně nacházené nejen v přirozeně či antropogenně acidifikovaných vodách, ale zároveň i v neacidifikovaných potocích (Horecký 2003, Stuchlík a kol. 2004, Rucki 2007). Pošvatky obvykle tvoří v horských potocích, zvláště v těch acidifikovaných, dominantní skupinu (Guérol a kol. 1995, Szczęsny 1998). Tak tomu bylo na studovaných potocích, především na hlavních přítocích. Vedle hojných zástupců čeledí Nemouridae a Leuctridae (zejména *Leuctra nigra*), je značně odolná vůči acidifikaci i dravá pošvatka *Diura bicaudata* (Braukmann 2001). Tu jsem našel jenom u méně acidifikovaných jezer s výjimkou Plešného jezera.

Chrostíci se obecně řadí k acidotolerantním organismům, jejichž výskyt je dán spíše typem lokality a potravní nabídkou. Z chrostíků se vedle extrémně acidotolerantního druhu *Plectrocnemia conspersa* (Scheibová a Helešic 1999) v acidifikovaných tocích častěji vyskytují i zástupci čeledi Limnephilidae (Guérol a kol. 1995, Braukmann 2001). Zvláště některé druhy z tribus Chaetopterigini, Stenophylacini jsou velmi odolné vůči nízkému pH. (Szczęsny 1998, Horecký 2003), např. *Chaetopteryx villosa*, *Chaetopterygopsis maclachlani*, *Limnephilus coenosus* a *Micropterna nycterobia*. Čeď Rhyacophilidae se uvádí také jako acidotolerantní (Braukmann 2001), což mé výsledky potvrdily.

Na většině sledovaných lokalit tvořily významnou složku makrozoobentosu larvy pakomárů. Pakomáři reagují na změnu kyselosti vod změnou druhového složení (Orendt 1999), což ovšem při determinaci do podčeledí nelze zaznamenat (Rucki 2007). Obecně se pakomáři řadí mezi dobré indikační organismy, protože jsou citliví ke změnám v koncentracích kyslíku, v kvalitě potravy a i v jiných faktorech spojených s trofickými systémy ve vodách (Bitušik a Svitok 2006). Historická data o této skupině chybějí a ani při tvorbě této diplomové práce nebylo pakomárům věnováno mnoho pozornosti. Bezesporu je to však skupina významná a málo prozkoumaná, proto bude v následujícím studiu i tato skupina detailně determinována.

Z brouků nejsou zvláště imága, vzhledem k tomu, že přijímají vzdušný kyslík a jsou chráněna pevnými krovkami, projevy acidifikace příliš zasažena (Havas a Rosseland 1995). Jejich distribuce v tocích je závislá spíše na potravní nabídce či vhodných habitatech (M. Fikáček – osobní sdělení). Braukmann (2001) považuje za méně odolný rod *Elodes*, který jsem našel jen na odtoku z jezera Laka (pH 5,6)

Řády Megaloptera, Heteroptera a Odonata, které se vyskytují obvykle v stojatých vodách, avšak část jejich populace může pronikat z jezer do odtoků “driftem“ (Eugene 2003), nejsou obecně považovány za acidosenzitivní. Vzhledem k jejich dravému způsobu života je jejich výskyt pravděpodobně určován převážně přítomností vhodné potravy a vyšších predátorů.

Z hlediska biologického zotavování z acidifikace byl učiněn zajímavý nález na hlavním přítoku Plešného jezera. Na tomto poměrně malém potoce, kde se pH pohybuje kolem hodnoty 4,5, jsem našel dravou pošvatku *Diura bicaudata*. Tento druh je často uváděn jako acidotolerantní (Horecký 2003, Fjellheim a Raddum 1990), avšak mizící, pokud pH vody klesá pod 4,5 (Horecký 2003, Rucki). Tento druh se vyskytuje u všech méně acidifikovaných šumavských jezer, mezi silně acidifikovanými byl zaznamenán pouze na jezeře Plešném. Byl nalezen pouze jeden jedinec v podzimním vzorku, avšak

zdá se, že je to typický vodní organismus pro méně kyselé nebo zotavující se lokality. Překvapivým nálezem byl výskyt ploštěnky *Crenobia alpina* (Ploštěnka horská). Jedná se to typický studenomilný, pramenný druh, který je např. v Tatrách považován za silně acidosenzitivní druh (Krno, 2006). Tuto ploštěnku jsem našel opět pouze v hlavním přítoku Plešného jezera, kde pH vody bylo nízké (kolem 4,5) a hodnota R-Al byla velmi vysoká (kolem 800 – 1000 $\mu\text{g/l}^{-1}$). Tento potok je zároveň známý tím, že zde teče velmi studená voda (3,5 – 5 °C) po celý rok (Kopáček osobní sdělení). Pravděpodobně by se mohlo jednat o nějaký jiný poddruh, který snáší dobře nízké pH a vysoké koncentrace iontového Al a jeden z hlavních faktorů ovlivňující její výskyt je konstantně nízká teplota vody. Tento druh není schopen přežít ve vodách s teplotou vyšší než 10 °C (Pivnička 1986). Plešné jezero bylo jedno z nejvíce acidifikací zasažených jezer na Šumavě, ale v posledních letech se na tomto jezeře začalo projevovat několik významných jevů svědčící o nastartování procesu biologického zotavování. Kromě mých nálezů se jedná o zvýšenou abundanci planktonních vířníků (Nedbalová a kol. 2006) nebo úspěšnou reintrodukci zooplanktonního druhu *Cyclops abyssorum* (Kouhout a Fott 2006). Proto se zdá být velmi smysluplné pokračovat v biologickém sledování se stejnou intenzitou a případně potvrdit zlepšující se trend dalšími nálezy méně acidotolerantních živočichů.

Na hlavním přítoku Čertova, Černého a Plešného jezera jsem zaznamenal vždy po jednom exempláři, silně acidotolerantní druh jepice *Leptophlebia vespertina*. Jedná se o spíše litorální druh, který je schopen tolerovat pH od 4,0 (Egblom a Lindell 1983) a v litorální zóně těchto jezer přežil i doby vrcholné acidifikace (Vrba a kol. 2003). Tento severo-evropský druh (jinak ojedinělý nebo dokonce vzácný ve střední Evropě obecně) přežil ve všech studovaných jezerech, avšak jeho populace byla očividně stresovaná acidifikačním procesem (viz nižší plodnost samic sbíraných v roce 1975 a 1982). V současné době populační hustota tohoto druhu podstatně vzrostla ve všech pěti českých jezerech (Vrba a kol. 2003).

Další pozoruhodný nález byla pošvatka *Siphonoperla torrentium*, která nepřežívá ve vodách s pH dlouhodobě nižším než 5 (Braukmann 2001, Raddum a kol. 1988, Scheibová a Helešic 1999). Byla nalezena jen v odtocích Laka, Prášílského j., Grosser Arbersee, Kleiner Arbersee a Rachelsee.

Na hlavním přítoku a odtoku jezera Laka jsem našel vodního měkkýše, mlže *Pisidium casetanum*. Tento druh je považován za nejvíce acidotolerantního měkkýše a vyskytuje se ve vodách s nízkým obsahem vápníku (Horsák a Hájek 2003). Ovšem na těchto lokalitách koncentrace iontů vápníku zdaleka nedosahovala minimální hladiny ($2,7 \text{ mg l}^{-1} \text{ Ca}^{2+}$), při které je schopen přežít tento do určité míry kalcifugní druh. U jezera Laka byly hodnoty Ca^{2+} naměřeny mezi $0,6 - 0,7 \text{ mg l}^{-1}$ a srovnatelně vysoká hodnota byla zaznamenána také u přítoků méně kyselých jezer Kleiner Arbersee a Grosser Arbersee. Je možné, že se již dnes vykytují i na potocích u těch dvou jezer. Dokonce byl tento druh zaznamenán (v říjnu r. 2007) ve vzorku z litorální části Grosser Arbersee (Ungermanová 2009). Kromě tohoto nálezu jsem zjistil, že co se týče pH, jsou výrazné rozdíly mezi hlavním přítokem jezera Laka (pH ~ 5,0) a jeho druhým největším přítokem (LA-III, pH ~ 6) (Kopáček nepublikovaná data). Bylo by velmi zajímavé detailně prozkoumat v dalším doktorském studiu rozdíly oživení makrozoobentosu mezi těmito dvěma potoky, které leží vedle sebe, a zároveň se hodnoty pH liší skoro o jednu jednotku.

Významný byl nález potápníka *Nebrioporus assimilis* v Prášílském jezeře. Je to druh severní a střední Evropy zasahující až do Alp a bývalé Jugoslávie, který upřednostňuje jezera a řeky s písčítým dnem a minimální vegetací. Z ČR byl jediný nález z okolí Příbrami (pravděpodobně z Brd, ale nebyla zaznamenána přesná lokalizace) a to již před rokem 1961. Výskyt tohoto druhu se podle Katalogu vodních brouků České republiky (Boukal a kol. 2007) u nás považuje za možný a dokud nebude ověřen dalšími nálezy, je řazen *N. assimilis* mezi druhy v ČR regionálně vymizelé (Boukal a kol. 2007). Tento významný záznam tedy představuje jediný recentní nález (a

vlastně jediný pořádně lokalizovaný nález vůbec) tohoto druhu v ČR (Hájek, písemné sdělení).

Detailní porovnání makrozoobentosu sledovaných potoků zároveň ukazuje mnohé rozdíly mezi těmito lokalitami, které mohou být způsobeny rozdíly v chemizmu, geografickou polohou, teplotním a hydrologickým režimem toku i celého povodí, charakterem dna a prosvětlením lesa v povodí (Stuchlík a kol. 2004). Různá intenzita výzkumu provedeného na jednotlivých lokalitách však mnohdy znemožňuje statistické vyhodnocení průkaznosti těchto rozdílů, jelikož mnohé druhy se vyznačují sezónním výskytem a to, že na lokalitě nebyly zaznamenány, ještě neznamená, že zde nežijí. Z uvedených důvodů je obtížné k posouzení vlivu acidifikace na společenstvo využít i takový významný parametr, jakým je počet zjištěných taxonů. Od začátku výrazného zotavení chemisum vod na studovaných lokalitách již uplynulo skoro 20 let (Kopáček a kol. 2001, 2002) a ani v době mého výzkumu se nepotvrdil výskyt acidosenzitivních taxonů makrozoobentických organismů např. měkkýši, korýše, jepice a některé pošvatky. Avšak zdá se, že jsou především u nejméně acidifikovaných jezer tj. Grosser Arbersee a jezero Laka, podmínky pro výskyt takových druhů připravené z hlediska jejich chemických parametrů. Ale i u ostatních jezer zejména na odtocích, kde je pH výrazně vyšší než na přítocích, může brzo dojít k návratu některých acidosenzitivních druhů.

6. Závěry

1. Předkládaná práce se zabývá výzkumem makrozoobentosu a chemizmu vod hlavních a vedlejších přítoků a odtoků všech osmi antropogenní acidifikací postižených jezer na české i bavorské straně Šumavy. Z vedlejších přítoků doposud neexistují žádné údaje o oživení makrozoobentosu. Odběry vzorků probíhaly v květnu (jen na české straně) a říjnu (i na německé straně) 2007. Vzorky makrozoobentosu byly odebrány časově definovanou metodou „kicking“ (semikvantitativní odběr) doplněnou individuálním sběrem (kvalitativní odběr).
2. Díky tomuto rozsáhlému výzkumu jsem získal detailní a cenný přehled o druhovém složení makrozoobentosu na přítocích a odtocích všech osmi jezer na Šumavě. Makrozoobentických organismů bylo odebráno celkem 87 261 jedinců a nalezeno 93 taxonů, z toho 13 řádů, 41 čeledí, 79 rodů a 71 druhů.
3. Na všech lokalitách byly nejpočetnějšími skupinami pošvatky čeledi Nemouridae a Leuctridae a pakomáři (Chironomidae). Téměř u všech jezer se vyskytují larvy silně acidotolerantních druhů: střechatka *Sialis* sp., jepice *Leptophlebia vespertina* (především v odtocích), pošvatky *Nemurella pictetii*, *Nemoura* sp., *Leuctra nigra* a *Protonemura auberti*; chrostíci *Plectronemia conspersa* a druhy čeledi Limnephilidae; z brouka *Agabus* sp. a larvy několika čeledí dvoukřídých (Simuliidae, Pediciidae, Limoniidae či Empididae).
4. V menší míře, především u jezer acidifikací méně postižených (Laka, Prášílské, Velké a Malé Javorské), jsem zaznamenal druhy všeobecně považované za méně acidotolerantní (např. pošvatky *Diura bicaudata*, *Siphonoperla torrentium*, chrostík *Hydatophylax infumatus*). Kromě jezera Laka (nález mlže *Pisidium casertanum*) chybí stále u ostatních jezer typické acidosenzitivní taxony (měkkýši, korýši a jepice).
5. Studované lokality byly rozděleny podle hodnot pH hlavních přítoků na dvě skupiny tj. silně acidifikovaná jezera, která se vyznačují pH nižší než 4,5 (Černé J., Čertovo j.,

Rachelsee a Plešné j.) a méně acidifikovaná s hodnotou pH vyšší než 4,7 (Prášilské j., Kleiner Arbersee., Grosser Arbersee a jezero Laka). Přičemž poslední dvě jmenovaná jezera lze považovat za velmi slabě acidifikovaná, neboť pH jejich hlavních přítoků neklesá pod 5,0.

6. Mezi počtem nalezených taxonů a pH byla získána u hlavních přítoků významná pozitivní korelace ($r = 0,91$), avšak u odtoků se tuto závislost nepodařilo prokázat, zřejmě kvůli malému rozdílu pH mezi odtoky.
7. Významné nálezy byly zjištěny na hlavním přítoku Plešného jezera. Jde o ploštěnku *Crenobia alpina*, kterou uvádí jiní autoři jako acidosenzitivní druh a acidotolerantní druh pošvatky *Diura bicaudata*, který jsem nenalezl na žádném dalším potoku silně acidifikovaných jezer.
8. Díky provedení shlukové analýzy (dendrogram, sítěvé grafy) byl prokázána zvláštnost charakteru Plešného jezera, jak na chemismu vody tak na složení makrozoobentosu.
9. V Prášilském jezeře byl nalezen severský druh *Nebrioporus assimilis* z čeledi Dytiscidae, jenž byl do současnosti považován pro ČR za regionálně vymizelý druh.
10. Po začátku výrazného zotavení chemismu vod na studovaných lokalitách již uplynulo skoro 20 let a ani v době mého výzkumu se nepotvrdil na žádném lokalitě výskyt typických acidosenzitivních taxonů makrozoobentosu jako jsou např. měkkýši, koryši, jepice a některé druhy pošvatek. Avšak zdá se, že především u nejméně acidifikovaných jezer tj. Grosser Arbersee a jezero Laka, jsou současné podmínky chemickým parametrů přítoků a odtoků pro výskyt takových druhů vhodné. Také zejména na odtocích ostatních jezer, kde je pH výrazně vyšší než na jejich přítocích, můžeme brzy očekávat návrat některých acidosenzitivních druhů.



7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Bauernfeind E. a Humpesch U. H. 2001: Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta: Ephemeroptera): Bestimmung und Ökologie. Wien: Verlag des Naturhistorischen Museums Wien, 239 s.
- Beran L. 1998: Vodní měkkýši ČR. Vlašim: ZO ČSOP, 113 s.
- Bitušík, P. & Svitok, M. 2006. Structure of chironomid assemblages along environmental and geographical gradients in the Bohemian Forest lakes (Central Europe): An exploratory analysis. *Biologia Bratislava* 61, Suppl. 20: S467-476.
- Boukal, D. S., Boukal, M., Fikaček, M., Hájek, J., Klečka, J., Skalický, S., Šťastný, J., Trávníček, D. 2007. Katalog vodních brouků České republiky. *Klapalekiana* Vol. 43, Supplementum, Česká společnost entomologická, Praha.
- Braukmann U. 2001: Stream acidification in South Germany - chemical and biological assessment methods and trends. *Aquatic ecology* 35: 207-232.
- Dangles, O., Guérol, J. 2000. Structural and functional responses of benthic macroinvertebrates to acid precipitation in two forested headwater streams (Vosges Mountains, northeastern France). *Hydrobiologia* 418: 25-31.
- EEA (2003): Europe's environment: the third assessment. EEA, Copenhagen
- Egblom E, Lindell PE. Usefulness of the bottom fauna as pH indicator. *Entomol Fennica* 1983;4:213-222.
- Eriksson M. O. G., Henrikson L., Nilsson B. I., Nyman G., Oscarson H. G., Stenson A. E. and Larsson K. (1980): Predator-prey relations important for the biotic changes in acidified lakes. *Ambio* 9, 248 - 249.
- Eugene, A. 2003: Ecology of stress and rivers.. Science Publishers, Inc.
- Evans, C.D., Cullen, J.M., Alewell, C., Marchetto, A., Moldan, F., Kopáček, J., Prechtel, A., Rogora, M., Veselý, J. and Wright, R.F., 2001. Recovery from acidification in European surface waters. *Hydrological Earth Syst. Sci.*, 5, 283-297.
- Fjellheim A. a Raddum G. G. 1990: Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. *Sci. Total. Environ.* 96: 57-66.
- Fott, J., Stuchlík, E., Stuchlíková, Z. 1987. Acidification of lakes in Czechoslovakia. Extended abstracts of the International workshop on geochemistry and monitoring in representative basins. Geological Survey, Prague: 77-79.
- Fott J., Pražáková M., Stuchlík E. a Stuchlíková Z. 1994: Acidification of lakes in Šumava (Bohemia) and in the High Tatra Mountains (Slovakia). *Hydrobiologia* 274: 37-47.
- Frič, A. a Vávra, V., 1898: Výzkum dvou jezer šumavských, Černého a Čertova [Research of two Bohemian Forest lakes, Černé and Čertovo]. *Archív pro přírodovědný výzkum Čech*, Praha, 10: 66 pp. (in Czech).
- Frič, A. 1872. Über die Fauna der Böhmerwaldseen. *Sitzungsbericht der Königlichen böhmischen gesellschaft der Wissenschaften*, Prag 1: 3-12.

- Fricová K. 2005: Ekologie makrozoobentosu vybraných toků povodí Vydry a Křemelné. Diplomová práce. Praha: Universita Karlova v Praze. 59 s.
- Frost S. 1971: Evaluation of kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Can. J. Zool.* 49: 167-173.
- Guérol F., Vein D., Jacquemin G. a Pihan J. C. 1995: The macroinvertebrate communities of streams draining a small granitic catchment exposed to acidic precipitations (Vosges Mountains, northeastern France). *Hydrobiologia* 300/301: 141-148.
- Hardekopf, D., Horecký, J., Kopáček, J., Stuchlík, E. 2007: Predicting long-term recovery of a strongly acidified stream using MAGIC and climate models (Litavka, Czech Republic). *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12, 479–490, 2008
- Havas M. a Rosseland B. O. 1995: Response of zooplankton, benthos, and fish to acidification: an overview. *Water, Air, and Soil Pollution* 85: 51-62.
- Hermann J. 1987: Aluminium Impact on freshwater invertebrates at low pH: a review. S.: 157-175. In. Landner L. (ed.): *Speciation of Metals in Water, Sediment and Soil Systems*. Berlin: Springer-Verlag, 1987, 376 s.
- Horecký, J. 2003 Zhodnocení vlivu kyselá atmosférické depozice na chemismus a oživení horských potoků v ČR. PFF UK v Praze.
- Horecký, J., Stuchlík, E., Chvojka, P., Hardekopf D.W., Mihaljevič, M., Špaček, J. 2006. Macrovertebrata community and chemistry of the most atmospherically acidified streams in the Czech Republic. *Water, Air, and Soil Pollution*, 173: 261–272.
- Horsák M. a Hájek M. 2003: Composition and species richness of mollusc communities in relation to vegetation and water chemistry in the Western Carpathian spring fens: the poor-rich gradient. *J. Moll. Stud.* 69: 349-357.
- Hrkal, Z., Zelinka, Z. 2004. Jde Šumava ve stopách Krušných hor? Srovnání vlivu acidifikace. *Silva Gabreta*, vol.10, p.151-164, Vimperk.
- Hruška, V.1979: Šumavská jezera a některé kapitoly z jejich výzkumu.-*Živa*, 27: 124 - 126
- Hruška J. a Krám P. 2003: Modelling of long-term changes of streamwater chemistry in two catchments with contrasting vulnerability to acidification. *Hydrology and Earth System Sciences* 7: 525-539.
- Kment Petr. Vodní plošnice: Heteromorpha: Nepomorpha, Gerromorpha. nepublikováno, 25 s.
- Kullberg A. 1992: Benthic macroinvertebrate community structure in 20 streams of varying pH and humic content. *Environmental Pollution* 78: 103-106.
- Kohl S. 2003: Určovací klíč exuvií evropských druhů vážek (Odonata) podřádu Anisoptera. *Vlašim: Český svaz ochránců přírody*, 30 s.
- Kohout L., Fott J. 2006: Restoration of zooplankton in a small acidified mountain lake (Plešné Lake, Bohemian Forest) by reintroduction of key species. *Biologia* 61, Suppl. 20: S 477-S483

- Kopáček, J., Hejzlar, J., Stuchlík, E., Fott, J., Veselý, J. 1998. Reversibility of acidification of mountain lakes after reduction in nitrogen and sulphur emissions in Central Europe. *Limnol. Oceanogr.* 43(2), 357-36.
- Kopáček, J., Hejzlar, J., Borovec, J., Porcal, P., Kotorová, I. 2000. Phosphorus inactivation by aluminum in the water column and sediments: Lowering of in-lake phosphorus availability in an acidified watershed-lake ecosystem. *Limnol. Oceanogr.*, 45(1), 212-225.
- Kopáček, J., Hejzlar, J., Kaňa, J., Porcal, P. 2001a. Faktory ovlivňující chemismus šumavských jezer. *Aktuality šumavského výzkumu*, s.63-66.
- Kopáček J, Veselý J, Stuchlík E. 2001b: Sulphur and nitrogen fluxes and budgets in the Bohemian Forest and Tatra Mountains during the industrial revolution (1850-2000). *Hydrol Earth Syst Sci*, 5:391-405.
- Kopáček, J., Stuchlík, E., Veselý, J., Schaumburg, J., Anderson, I.C., Fott, J., Hejzlar, J., Vrba, J. 2002. Hysteresis in reversal of Central European mountain lakes from atmospheric acidification. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus 2*: 91-114.
- Kopáček, J. & Vrba, J. 2006. Integrated ecological research of catchment-lake ecosystems in the Bohemian Forest (Central Europe): A preface. *Biologia Bratislava* 61, Suppl. 20: S363-370.
- Krno I. 1998: Pošvatky (Plecoptera) Slovenska. S: 34-62 In: Makovinská J., Tóthová L., Elexová E. a Živičová Z. (eds.): Zborník z hydrobiologického kurzu '98. Bratislava: VÚVH v Bratislavě, 78 s.
- Krno, I., Šporka, F., Galas, J., Hamerlík, L., Zařovičová, Z., Bitušík, P. 2006. Littoral benthic macroinvertebrates of mountain lakes in the Tatra Mountains (Slovakia, Poland). *Biologia, Bratislava*, 61/Suppl.:S147-S166, 2006.
- Kullberg A. 1992: Benthic macroinvertebrate community structure in 20 streams of varying pH and humic content. *Environmental Pollution* 78: 103-106.
- Lampert W. a Sommer U. 1997: *Limnoecology: the ecology of lakes and streams*. New York: Oxford Univ. Press, 382 s.
- Mackereth F. J. H., Heron J. a Talling J. F. 1978: *Water analysis: Some revised methods for limnologists*. FBA Scientific publication no. 36. 120 s.
- Mejer, V., Bernard, J. Cosby, Kopček, J., Veselý, J. 2003. Modelling reversibility of Central European mountain lakes from acidification: Part I- The Bohemian Forest. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7(4), 494-509.
- Moldan, B. and Schnoor, J.: Czechoslovakia: examining a critically ill environment, *Environ. Sci. Technol.*, 26, 14-21, 1992.)
- Muniz I. P. 1991: Freshwater acidification: its effects on species and communities of freshwater microbes, plants and animals. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* 97B: 227-254.
- Nagel, H.D., Becker, R. 2005. Acidification and recovery in German forest ecosystems. *Sborník z konference Acid rain, Praha*.

- Nedbalová, L., Vrba, J., Fott, J., Kohout, L., Kopáček, J., Macek, M., and Soldán, T. 2006. Biological recovery of the Bohemian Forest lakes from acidification. *Biologia* 61/Suppl. 20:S453-S466.
- Orendt C. 1999: Chironomids as Bioindicators in Acidified Streams: a Contribution to the Acidity Tolerance of Chironomid Species with a Classification in Sensitivity Classes. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 84: 439-449.
- Petránek, J. 1993. *Encyklopedie geologie: Nakladatelství JIH České Budějovice*
- Pivnička, K. 1986: *Ekologie (Skrypta), Státní pedagogické nakladatelství Praha*
- Prechtel, A., Alewell, C., Armbruster, M., Bittersohl, J., Cullen, J.M., Evans, C.D., Helliwell, R., Kopáček, J., Marchetto, A., Matzner, E., Meesenburg, H., Moldan, F., Moritz, K., Veselý, J. and Wright, R.F., 2001. Response of sulphur dynamics in European catchments to decreasing sulphate deposition. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 5, 311–325.
- Procházková, L. a Blažka, P. *Chemismus a oživení šumavských jezer na počátku 60-tých let IN Silva Gabreta 3. Sborník vědeckých prací ze Šumavy Vimperk, SNPŠ, 1999, s.65-72, 4 obr., 4 tab., lit.23.*
- Raddum G. G., Fjellheim A. a Hesthagen T. 1988: Monitoring of acidification by use of aquatic organisms. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 23: 2291-2297.
- Reusch H. a Oosterbroek P. 1997: *Diptera Limoniidae and Pediciidae. S.: 105-132. In: Nilsson A. (ed.): The aquatic insects of North Europe 2. Stenstrup: Apollo Books, 440 s.*
- Reynoldson T. B. 1978: *A key to the british species of Freshwater Triclad. Kendal: Titus Wilson&Son Ltd., 28 s.*
- Richoux P. 1982: *Coléoptères aquatiques. Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon* 51: 1-55.
- Rozkošný R. a Vaňhara J. 2004: *Diptera (mimo Ceratopogonidae, Chironomidae a Simuliidae). Brno: VÚV Praha a MU v Brně, 65 s.*
- Rozkošný Rudolf (ed.) 1980: *Klíč vodních larev hmyzu. Praha: Academia, 524 s.*
- Rubín, J., Balatka, B., Hendrich, R., Chlupáč, I., Kouřimský, J., Plesník, J. 2006. *Přírodní klenoty České republiky. Nakladatelství Academia, Praha 2. str. 318*
- Rucki, J. 2007. *Makrozoobentos dlouhodobě sledovaných toků s různým stupněm ovlivnění kyselou atmosferickou depozicí. Diplomová práce, PFF UK v Praze.*
- Schaumburg, J.: 2000, 'Long-term trends in biology and chemistry of the acidified Bavarian Forest lakes', *Silva Gabreta* 4, 29–40.
- Scheibová D. a Helešic J. 1999: *Hydrobiological assessment of stream acidification in the Czech-moravian highland, Czech Republic. Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun.* 25: 13-32.
- Schenkova J. a Pižl V. 2002: *Aphanoneura a Oligochaeta: Determinační kurz makrozoobentosu. Brno: VÚV Praha a Masarykova universita v Brně, 27 s.*
- Schindler, D. W. 1988. *Effects of acid-rain on freshwater ecosystems. Science* 239:

- Šobr, M. Nová bathymetrická měření šumavských jezer 2003. Geomorfologický sborník 2 ČAG, ZČU v Plzni, 2003
- Soldán T, Zahrádková S, Helešic J, Dušek V, Landa V. 1998: Distributional and quantitative patterns of Ephemeroptera and Plecoptera in the Czech Republic: a possibility of detection of long-term environmental changes of aquatic biotopes. *Folia Facultatis scientiarum naturalium Universitatis Masarykianae brunensis. Biologia*;98:306 pp.
- Špaček Jan. Klíč k určování larev rodu *Sialis* v ČR: předběžná verze. nepublikováno, 4 s.
- Stuchlík, E., Chvojka, P., Kopáček, J., Rucki, J., Ungermanová, L., Senoo, T., Bitušík, P., Hardekopf, D., Horecký, J., Soldán, T., Tátosová, J., Vrba, J. 2007. Oživení vod sledovaných rámci projektů ICP na území ČR- závěrečná práce.
- Stuchlík, E., Horecký, J., Kopáček, J., Vrba, J. 2004. Vyhodnocení a vývoj hydrobiologických parametrů na vybraných lokalitách povrchových vod, včetně lokalit sledovaných v rámci ICP pro povrchové vody- závěrečná zpráva.
- Szczygły B. 1998: Benthic macroinvertebrates in the acidified headstreams of the Vistula River. *Studia Naturae* 44: 145-170.
- Tátosová, J., Veselý, J., Stuchlík, E., 2006. Holocene subfossil chironomid stratigraphy (Diptera: Chironomidae) in the sediment of Plešné Lake (the Bohemian Forest, Czech Republic): Palaeoenvironmental implications. *Biologia*, Volume 61, Supplement 20. S 401-411.
- Ungermanová L. 2009: Makrozoobentos litorální zóny acidifikovaných šumavských jezer. Diplomová práce, PFF UK v Praze
- Veselý J., Hruška J., Norton S. A. a Johnson C. E. 1998: Trends in water chemistry of acidified Bohemian lakes from 1984 to 1995: I. Major solutes. *Water Air Soil Pollut.* 108: 107-127.
- Veselý, J. Investigation of the nature of the Šumava lakes: a review. *Časopis Národního muzea, Praha. Řada přírodovědná* 1994. 163,103 –120.
- Veselý, J., Majer, V., Kopáček, J., Norton, S.A. 2003. Increasing temperature decreases aluminum concentrations in Central European lakes recovering from acidification. *Limnol. Oceanogr.*, 48(6), 2346–2354.
- Vlček, V. 1984: Vodní toky a nádrže. *Zemepisný lexikon CSR*. Praha, Academia, 315 s.
- Vrba J, Fott J, Kopáček J. 2000: Long-term limnological research of the Bohemian Forest lakes and their recent status. *Silva Gabreta*, 4:7 –28.
- Vrba, J., Fott, J., Kopáček, J., Nedbalová, L., Nedoma, J. 2001. Dlouhodobý limnologický výzkum šumavských jezer a jejich současný stav. *Aktuality šumavského výzkumu*, s. 56–57.
- Vrba, J., Kopáček, J., Fott, J., Kohout, L., Nedbalová, L., Pražáková, M., Soldán, T., Schaumburg, J. 2002. Long-term studies (1871–2000) on acidification and recovery of lakes in the Bohemian Forest (central Europe). *The Science of the Total Environment* 310, 73–85.

- Vrba, J., Fott, J., Kopáček, J., Nedbalová, L., Čtvrtlíková, M., Šantrůčková, H. 2009. Deset let komplexního výzkumu zotavování šumavských jezer a jejich povodí z acidifikace. Sborník příspěvků 15.konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti, Třeboň.
- Waringer J. a Graf W. 1997: Atlas der österreichischen Köcherfliegenlarven unter Einschluss der angrenzenden Gebiete. Wien: Facultas Universitätsverlag, 286 s.

8. Seznam používaných zkratk

Lokality :

1. CN: Černé jezero,
2. CT: Čertovo jezero,
3. RA: Rachelsee,
4. PL: Plešné jezero,
5. KA: Kleiner Albersee,
6. PR: Prášílské jezero,
7. GA: Grosser Albersee,
8. LA: Jezero Laka
9. HL: Hlavní přítok
10. OD: Odtok

Chemické parametry:

11. R-Al: Celkový reaktivní hliník
12. L-Al: Labilní hliník
13. DOC: Rozpuštěný organický uhlík
14. Alk: Alkalita

Taxonomické jednotky:

15. TRI: Trichoptera (chrostík)
16. PLE: Plecoptera (pošvatka)
17. HIR: Hirudinea (píjavnice)
18. MOL: Mollusca (Měkkýš)
19. MEG: Megaloptera (Střechatka)
20. ODO: Odonata (vážka)
21. EPH: Ephemeroptera (jepice)
22. COL: Coleoptera (brouk)
23. DIP: Diptera (dvoukřídle)
24. OLI: Oligochaeta (máloštětnatec)
25. NEM: Nematoda (hlístice)



PŘÍLOHY

- Tab. 1:** Základní fyzikálně-chemické parametry vody hlavních přítoků a odtoků
- Tab. 2:** Základní fyzikálně-chemické parametry vody vedlejších přítoků Čertova j. a Plešného j.
- Tab.3:** Simpsonův index a Shannon- Wienerův index odtoků hlavních přítoků a odtoků
- Tab. 4:** Matice Jaccardových indexů hlavních přítoků
- Tab. 5:** Matice Jaccardových indexů odtoků
- Tab. 6:** Pearsonovy korelační koeficienty mezi chemickými parametry a počtem nalezených taxonů v souboru hlavních přítoků a odtoků dohromady
- Tab. 7:** Pearsonovy korelační koeficienty mezi chemickými parametry a počtem nalezených taxonů v souboru hlavních přítoků
- Tab. 8:** Pearsonovy korelační koeficienty mezi chemickými parametry a počtem nalezených taxonů v souboru odtoků
- Tab. 9:** Výsledky jednocestné analýzy rozptylu (ANOVA) hodnotící rozdíly mezi skupinami přítoků a odtoků z hlediska jejich průměrných chemickými parametrů a počtů nalezených taxonů
- Tab. 10:** Matice indexů biologické podobnosti $B_{m,n}$ hlavních přítoků
- Tab. 11:** Matice indexů biologické podobnosti $B_{m,n}$ odtoků
- Tab.12:** Početnosti makrozoobentosu na hlavních přítocích Černého a Čertova jezera v jednotlivých termínech odběrů (v r. 2005, 2006 a 2007)
- Tab.13:** Početnosti makrozoobentosu na vedlejších přítocích Čertova jezera v r. 2007
- Tab.14:** Početnosti makrozoobentosu na hlavních přítocích Rachelsee, Plešného j., Kleiner Arbersee, Prášilského j., Grosser Arbersee aj. Laka a vedlejších Plešného j. v r. 2007
- Tab.15:** Početnosti makrozoobentosu na odtocích Čertova j. Rachelsee, Plešného j., Kleiner Arbersee, Grosser Arbersee a j. Laka v r. 2007 květnu a říjnu (na Čertovu j. i v r. 2005)

Tab. 1: Základní fyzikálně-chemické parametry vody hlavních přítoků a odtoů (v řínu 2007): DOC, TP, RAL a LAL jsou z odběru ze září r. 2007

Code	CN		CT			RA		PL		KA		PR		GA		LA	
	HL	HL	HL	OD	HL	HL	OD	HL	OD	HL	OD	HL	OD	HL	OD	HL	OD
pH	4.38	4.34	4.53	4.38	4.95	4.53	4.99	4.84	5.00	4.78	4.94	5.33	5.50	5.00	5.58		
Cond.	3.74	3.17	2.40	3.07	1.78	3.66	2.34	2.10	1.88	1.89	1.49	1.80	1.59	2.08	1.84		
NH ₄ -N	14.00	14.39	53.28	0.00	87.97	0.00	305.71	0.00	89.44	83.77	101.27	0.00	85.24	9.33	0.00		
Ca ²⁺	0.41	0.24	0.24	0.34	0.50	0.74	0.72	0.58	0.62	0.34	0.30	0.68	0.63	0.67	0.58		
Mg ²⁺	0.48	0.36	0.30	0.20	0.35	0.14	0.16	0.28	0.28	0.47	0.37	0.28	0.26	0.43	0.39		
Na ⁺	0.72	0.79	0.56	0.56	0.56	1.16	0.82	0.92	0.65	0.77	0.62	0.91	0.65	0.98	1.15		
K ⁺	0.36	0.19	0.25	0.26	0.45	0.49	0.62	0.15	0.22	0.22	0.24	0.19	0.22	0.44	0.48		
Alk	-51.63	-56.29	-35.92	-53.81	-11.53	-36.91	-8.39	-17.70	-11.45	-20.39	-13.98	-4.29	4.36	-14.54	9.55		
SO ₄ ²⁻	4.29	4.09	3.65	4.02	2.73	3.76	3.05	3.75	3.03	1.99	1.85	2.88	2.60	1.63	1.66		
NO ₃ -N	1349.74	613.75	434.34	629.80	470.43	1813.79	957.72	418.33	371.68	509.61	226.11	554.91	312.23	1003.75	738.47		
TP	1.90	2.00	2.60	6.60	7.00	24.70	14.90	3.40	5.70	4.10	5.80	3.10	4.70	3.60	7.20		
Cl ⁻	0.74	0.70	0.57	0.34	0.40	0.52	0.59	0.68	0.60	0.80	0.60	0.58	0.53	0.75	0.76		
F ⁻	41.00	35.00	38.00	36.00	38.00	136.40	117.75	34.50	37.50	37.50	37.00	31.50	33.00	42.50	28.50		
DOC	3.21	6.79	3.51	10.55	3.16	8.17	3.69	5.04	4.23	6.75	5.46	3.41	3.45	6.74	5.93		
RAL	569	384	309	557	264	973	487	222	157	175	167	124	147	187	188		
LAL	510	204	237	226	183	664	383	71	55	54	57	37	55	48	69		

Tab. 2: Základní fyzikálně-chemické parametry vody vedlejších přítoků Čertova j. a Plešného j. (v říjnu 2007); DOC, TP, RAL a LAL jsou z odběrů ze září r. 2007

Code		CT-I	CT-III	CT-IV	CT-V	CT-VI	CT-VII	PL-I	PL-II
pH		4.33	4.16	4.18	4.15	4.56	4.57	4.03	4.10
Cond.	mS/m 25°C	2.76	4.06	4.11	3.89	2.75	2.42	6.57	6.14
NH ₄ -N	µgN/l	12.83	17.11	80.81	12.44	9.33	80.42	0.00	0.00
Ca ²⁺	mg/l	0.06	0.12	0.12	0.09	0.34	0.23	0.54	0.61
Mg ²⁺	mg/l	0.23	0.30	0.35	0.30	0.48	0.42	0.13	0.15
Na ⁺	mg/l	0.76	0.75	0.90	0.74	0.98	0.95	1.26	1.35
K ⁺	mg/l	0.09	0.08	0.29	0.07	0.20	0.25	1.20	0.89
Alk	µeq/l	-58.42	-63.09	-71.08	-62.31	-33.58	-32.73	-73.60	-68.00
SO ₄ ²⁻	mg/l	3.71	5.75	4.90	4.72	4.73	3.51	3.50	3.37
NO ₃ -N	µg/l	0.00	135.27	232.75	148.99	521.30	453.24	2616.18	2769.48
TP	µg/l	4.90	2.60	2.50	1.40	1.70	1.70	63.70	44.20
Cl ⁻	mg/l	0.72	0.64	0.69	1.01	0.79	0.83	0.66	0.73
F ⁻	µg/l	38.00	32.00	69.00	41.50	44.00	38.50	92.50	98.50
DOC	mg C/l	9.54	9.37	9.00	7.52	3.25	3.26	17.90	12.38
RAL	µg/l	265	390	430	437	260	304	1276	1151
LAL	µg/l	95	167	210	241	160	195	812	784

Tab.3: Simpsonův index a Shannon- Wienerův index hlavních přítoků (nalevo) a odtoků (napravo)

	Simpsonův index	Shanon-Wienerův index
CN	3.56	2.29
CT	4.25	2.57
RA	4.64	2.71
PL	1.46	1.12
KA	9.02	3.56
PR	6.50	3.22
GA	4.12	2.80
LA	7.24	3.41

	Simpsonův index	Shannon-Wienerův index
CT	4.01	2.56
RA	3.28	2.01
PL	4.29	2.51
KA	3.88	2.40
PR	2.53	1.96
GA	3.57	2.32
LA	2.77	2.44

Tab.4: Matice Jaccardových indexů hlavních přítoků (Data: podzimní odběr 2007)

	CN	CT	PL	PR	LA	RA	KA
CT	0.591						
PL	0.286	0.296					
PR	0.500	0.464	0.400				
LA	0.548	0.469	0.297	0.500			
RA	0.435	0.600	0.269	0.444	0.406		
KA	0.375	0.344	0.333	0.343	0.474	0.281	
GA	0.333	0.306	0.297	0.375	0.364	0.324	0.400

Tab.5: Matice Jaccardových indexů odtoků (Data: podzimní odběr 2007)

	CT	PL	RA	PR	LA	KA
PL	0.333					
RA	0.407	0.310				
PR	0.382	0.343	0.323			
LA	0.405	0.209	0.314	0.375		
KA	0.429	0.333	0.417	0.303	0.333	
GA	0.387	0.194	0.370	0.314	0.275	0.393

Tab. 6: Pearsonovy korelační koeficienty mezi chemickými parametry a počtem nalezených taxonů v souboru hlavních přítoků a odtoků dohromady (Data: podzimní odběr 2007)

	Correlations																
	PH	Cond.	NH4-N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	ALK	SO4 ²⁻	NO3-N	TP	Cl ⁻	F ⁻	DOC	NAL	TAX	LAL
PH	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	1,000 15	1,74 15	0,64* 15	-0,08 15	2,71 15	1,18 15	0,88** 15	-0,28 15	-0,341 15	-0,048 15	1,18 15	-0,188 15	-0,388 15	-0,222 15	0,228 15	-0,768 15
Cond.	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	1,000 15	0,01 15	0,54 15	-0,73** 15	1,000 15	0,01 15	1,000 15	0,02 15	0,02 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15
NH4-N	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	1,74 15	1,000 15	-0,278 15	0,313 15	1,000 15	0,422 15	0,284 15	0,182 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15
Ca ²⁺	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	0,64* 15	-0,278 15	1,000 15	-0,431 15	0,687* 15	0,486 15	0,238 15	0,004 15	0,023 15	0,023 15	0,023 15	0,023 15	0,023 15	0,023 15	0,023 15	0,023 15
Mg ²⁺	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	-0,08 15	1,000 15	-0,431 15	1,000 15	-0,04 15	-0,04 15	1,000 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15
NH4 ⁺	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	2,71 15	1,000 15	0,687* 15	0,687* 15	1,000 15	0,371 15	0,371 15	0,371 15	0,371 15	0,371 15	0,371 15	0,371 15	0,371 15	0,371 15	0,371 15	0,371 15
K ⁺	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	1,18 15	0,01 15	0,422 15	-0,73** 15	0,01 15	1,000 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15
ALK	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	0,88** 15	1,000 15	0,238 15	-0,28 15	0,238 15	1,000 15	1,000 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15
SO4 ²⁻	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	-0,28 15	1,000 15	-0,431 15	1,000 15	-0,04 15	-0,04 15	1,000 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15
NO3-N	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	-0,341 15	0,01 15	0,001 15	-0,73** 15	0,001 15	1,000 15	0,001 15	0,001 15	1,000 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15
TP	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	0,048 15	0,01 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	1,000 15	0,001 15	0,001 15	1,000 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15
Cl ⁻	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	1,18 15	0,01 15	0,422 15	-0,73** 15	0,01 15	1,000 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	1,000 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15	0,01 15
F ⁻	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	-0,188 15	1,000 15	0,023 15	-0,04 15	0,023 15	0,023 15	1,000 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	1,000 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15
DOC	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	-0,388 15	0,01 15	0,001 15	-0,73** 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	1,000 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15
NAL	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	-0,222 15	1,000 15	0,023 15	-0,04 15	0,023 15	0,023 15	1,000 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	1,000 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15	-0,04 15
TAX	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	0,228 15	0,01 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15	1,000 15	0,001 15	0,001 15	0,001 15
LAL	Person Correlation Sig. (2-tailed) N	-0,768 15	1,000 15	0,023 15	-0,04 15	0,023 15	0,023 15	0,023 15	0,023 15	0,023 15	0,023 15	0,023 15	0,023 15	1,000 15	0,023 15	0,023 15	0,023 15

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Tab. 7: Pearsonovy korelační koeficienty mezi chemickými parametry a počtem nalezených taxonů v souboru hlavních přítoků (Data: podzimní období 2007)

		Correlations																	
		PH	Cond.	NH4-N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	AlK	SO4 ²⁻	NO3-N	TP	Cl ⁻	F ⁻	DOC	NAL	TAX	LAL	
PH	Pearson Correlation	1,000																	
	Sig. (2-tailed)																		
Cond.	Pearson Correlation		1,000																
	Sig. (2-tailed)																		
NH4-N	Pearson Correlation			1,000															
	Sig. (2-tailed)																		
Ca ²⁺	Pearson Correlation				1,000														
	Sig. (2-tailed)																		
Mg ²⁺	Pearson Correlation					1,000													
	Sig. (2-tailed)																		
Na ⁺	Pearson Correlation						1,000												
	Sig. (2-tailed)																		
K ⁺	Pearson Correlation							1,000											
	Sig. (2-tailed)																		
AlK	Pearson Correlation								1,000										
	Sig. (2-tailed)																		
SO4 ²⁻	Pearson Correlation									1,000									
	Sig. (2-tailed)																		
NO3-N	Pearson Correlation										1,000								
	Sig. (2-tailed)																		
TP	Pearson Correlation											1,000							
	Sig. (2-tailed)																		
Cl ⁻	Pearson Correlation												1,000						
	Sig. (2-tailed)																		
F ⁻	Pearson Correlation													1,000					
	Sig. (2-tailed)																		
DOC	Pearson Correlation														1,000				
	Sig. (2-tailed)																		
NAL	Pearson Correlation															1,000			
	Sig. (2-tailed)																		
TAX	Pearson Correlation																1,000		
	Sig. (2-tailed)																		
LAL	Pearson Correlation																	1,000	
	Sig. (2-tailed)																		

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Tab. 8: Pearsonovy korelační koeficienty mezi chemickými parametry a počtem nalezených taxonů v souboru nalezených odtoků (Data: podzimní odběr 2007)

	Correlations																	
	PH	Cond	NH4-N	Ca2+	Mg2+	Na+	K+	ALK	SO4-	NO3-N	TP	Cl-	F-	DOC	RAI	TAX	LAL	
PH	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	1,000 .223 7	-.224 .828 7	0,14 1,42 7	1,40 7,66 7	0,78 0,04 7	1,48 7,61 7	0,70 ^{**} 0,00 7	-.041 0,062 7	1,69 7,733 7	1,53 7,76 7	3,86 3,76 7	-.184 0,77 7	0,01 3,73 7	-.119 3,46 7	3,52 4,59 7	-.438 2,70 7	
Cond	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	1,000 .223 7	-.224 .828 7	0,14 1,42 7	1,40 7,66 7	0,78 0,04 7	1,48 7,61 7	0,70 ^{**} 0,00 7	-.041 0,062 7	1,69 7,733 7	1,53 7,76 7	3,86 3,76 7	-.184 0,77 7	0,01 3,73 7	-.119 3,46 7	3,52 4,59 7	-.438 2,70 7	
NH4-N	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	-.224 .828 7	1,000 .223 7	-.395 .981 7	0,07 0,99 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7
Ca2+	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	0,14 1,42 7	1,40 7,66 7	1,000 .223 7	-.395 .981 7	0,07 0,99 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7
Mg2+	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	1,40 7,66 7	7,66 42,1 7	1,000 .223 7	-.395 .981 7	0,07 0,99 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7
Na+	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	0,78 0,04 7	0,04 0,97 7	-.100 0,90 7	1,000 .223 7	-.395 .981 7	0,07 0,99 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7
K+	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	1,48 7,61 7	4,21 3,47 7	0,99 0,90 7	1,000 .223 7	-.395 .981 7	0,07 0,99 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7
ALK	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	0,70 ^{**} 0,00 7	0,23 0,29 7	-.072 0,78 7	0,99 0,86 7	1,000 .223 7	-.395 .981 7	0,07 0,99 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7
SO4-	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	-.041 0,062 7	0,74 0,98 7	0,32 0,44 7	-.07 0,90 7	1,000 .223 7	-.395 .981 7	0,07 0,99 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7
NO3-N	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	1,69 7,33 7	0,19 0,19 7	0,24 0,22 7	0,49 0,42 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7
TP	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	1,53 7,76 7	0,312 0,48 7	0,87 ^{**} 0,19 7	0,45 1,16 7	-.04 0,04 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7	0,04 0,03 7
Cl-	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	3,86 3,76 7	0,78 0,86 7	-.229 0,822 7	0,94 0,41 7	1,000 .223 7	-.395 .981 7	0,07 0,99 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7
F-	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	-.184 0,77 7	0,73 0,178 7	0,67 ^{**} 0,01 7	0,58 0,028 7	1,000 .223 7	-.395 .981 7	0,07 0,99 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7
DOC	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	0,01 3,73 7	0,41 0,431 7	-.367 0,7 7	-.123 0,793 7	0,99 0,103 7	1,000 .223 7	-.395 .981 7	0,07 0,99 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7
RAI	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	-.119 3,46 7	0,97 ^{**} 0,40 7	0,77 ^{**} 0,40 7	1,68 0,91 7	-.042 0,119 7	1,000 .223 7	-.395 .981 7	0,07 0,99 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7
TAX	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	3,52 4,59 7	1,61 0,99 7	-.267 0,82 7	-.119 0,799 7	0,94 0,318 7	1,000 .223 7	-.395 .981 7	0,07 0,99 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7
LAL	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	-.438 2,70 7	0,231 0,66 7	0,742 0,06 7	1,27 0,787 7	-.049 0,119 7	1,000 .223 7	-.395 .981 7	0,07 0,99 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7	-.100 0,90 7

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Tab. 9: Výsledky jednocestné ANOVA mezi chemickými parametry a počtem nalezených taxonů na hlavních přítocích a odtocích.

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PH	Between Groups	.519	1	.519	4.100	.064
	Within Groups	1.646	13	.127		
	Total	2.166	14			
Cond.	Between Groups	2.297	1	2.297	5.653	.033
	Within Groups	5.282	13	.406		
	Total	7.580	14			
NH4-N	Between Groups	28967.542	1	28967.542	6.218	.027
	Within Groups	60560.403	13	4658.493		
	Total	89527.945	14			
Ca2+	Between Groups	8.185E-04	1	8.185E-04	.024	.879
	Within Groups	.442	13	3.399E-02		
	Total	.443	14			
Mg2+	Between Groups	3.569E-03	1	3.569E-03	.315	.584
	Within Groups	.147	13	1.133E-02		
	Total	.151	14			
Na+	Between Groups	6.991E-02	1	6.991E-02	1.852	.197
	Within Groups	.491	13	3.775E-02		
	Total	.561	14			
K+	Between Groups	1.726E-02	1	1.726E-02	.834	.378
	Within Groups	.269	13	2.069E-02		
	Total	.286	14			
ALK	Between Groups	1860.521	1	1860.521	5.801	.032
	Within Groups	4169.407	13	320.724		
	Total	6029.928	14			
SO42-	Between Groups	1.576	1	1.576	2.020	.179
	Within Groups	10.144	13	.780		
	Total	11.720	14			
NO3-N	Between Groups	484217.8	1	484217.803	3.008	.107
	Within Groups	2093040	13	161003.088		
	Total	2577258	14			
TP	Between Groups	1.665	1	1.665	.044	.838
	Within Groups	497.212	13	38.247		
	Total	498.877	14			
Cl-	Between Groups	1.343E-02	1	1.343E-02	.765	.398
	Within Groups	.228	13	1.755E-02		
	Total	.242	14			
F-	Between Groups	17.952	1	17.952	.016	.902
	Within Groups	14654.022	13	1127.232		
	Total	14671.974	14			
DOC	Between Groups	16.909	1	16.909	4.520	.053
	Within Groups	48.637	13	3.741		
	Total	65.546	14			
RAL	Between Groups	87740.744	1	87740.744	1.689	.216
	Within Groups	675338.6	13	51949.122		
	Total	763079.3	14			
LAL	Between Groups	22901.186	1	22901.186	.607	.450
	Within Groups	490183.2	13	37706.401		
	Total	513084.4	14			
TAX	Between Groups	1.219	1	1.219	.057	.815
	Within Groups	277.714	13	21.363		
	Total	278.933	14			

Tab. 10: Matice výpočtu indexů biologické podobnosti $B_{m,n}$ mezi dvojicem hlavních přítoků (odpovídá tloušťce vazeb mezi nody na Obr. 4.18)

	CN	CT	PL	PR	LA	RA	KA
CT	10.471						
PL	6.123	6.289					
PR	10.227	9.646	8.316				
LA	11.971	10.152	7.103	14.328			
RA	8.542	10.322	5.574	7.877	8.012		
KA	9.242	7.554	7.407	11.646	14.907	5.981	
GA	8.225	7.465	7.681	11.113	14.004	6.540	13.064

Tab. 11: Matice indexů biologické podobnosti $B_{m,n}$ mezi dvojicem odtoků (odpovídá tloušťce vazeb mezi nody na Obr. 4.19)

	CT	PL	RA	PR	LA	KA
PL	8.612					
RA	7.172	6.366				
PR	10.056	9.992	7.491			
LA	10.686	5.565	6.480	11.108		
KA	7.838	6.544	6.376	11.108	8.548	
GA	7.940	4.829	6.978	8.363	6.852	8.376

Tab.12: Početnosti makrozoobentosu na hlavních přítocích Černého a Čertova jezera v jednotlivých termínech odběrů (v r. 2005, 2006 a 2007)

		18.5.2005	6.7.2005	2.7.2006	16.5.2007	12.10.2007	19.05.2005	6.7.2005	2.7.2006	15.5.2007	10.11.2007
		CT-HL	CT-HL	CT-HL	CT-HL	CT-HL	CN-HL	CN-HL	CN-HL	CN-HL	CN-HL
ODO	Cordulidae g. sp. juv.				1						
EPH	<i>Leptophlebia vespertina</i> (Linnaeus, 1758)				1					1	
PLE	<i>Capnia</i> sp. juv.				8						11
PLE	<i>Leuctra</i> spp.	4	1	13	1	14	139	9	30		28
PLE	<i>Leuctra rauscheri</i> Aubert, 1957						30				
PLE	<i>Leuctra handlirschi</i> Kempny, 1898				19					133	
PLE	<i>Leuctra pseudosignifera</i> Aubert, 1954									1	
PLE	<i>Leuctra major</i> Brinck, 1949				5					17	6
PLE	<i>Leuctra nigra</i> (Olivier, 1811)	94	448	117	290	408	148	417	520	303	526
PLE	Nemouridae g. sp. juv.	117	96	45	135	544	328	395	213	475	232
PLE	<i>Nemurella pictetii</i> Klapálek, 1900	30	14	17	31	7	39	36	36	75	6
PLE	<i>Nemoura</i> sp.			1			1			28	
PLE	<i>Protonemura auberti</i> Illies, 1954	14	14	18	52	37	66	5	5	5	5
PLE	<i>Protonemura</i> sp. juv.	267	365	110	225	83	192	175	57	116	63
TRI	<i>Plectrocnemia</i> sp. juv.	10	35	20	15	76	7	18	5	25	16
TRI	<i>Plectrocnemia conspersa</i> (Curtis, 1834)	8	10	10	15	32	12	2	13	16	12
TRI	<i>Plectrocnemia geniculata</i> McLachlan, 1871	3				1	3	1			
TRI	<i>Rhyacophila</i> sp. juv.	1					7				
TRI	<i>Rhyacophila praemorsa</i> McLachlan, 1879			1							
TRI	Limnephilidae g. sp. juv.	30			23		55	9	10	79	
TRI	<i>Pseudopsilopteryx zimneri</i> (McLachlan, 1876)		7								
TRI	<i>Chaetopterygopsis macLachlani</i> Stein, 1874			7			10	8	6		
TRI	<i>Chaetopteryx villosa</i> (Fabricius, 1798)							2			2
TRI	<i>Chaetopteryx</i> g. sp.							1			
TRI	<i>Drusus discolor</i> (Rambur, 1842)		1					1			
TRI	<i>Ptilocolepus granulatus</i> (Pictet, 1834)					50					
COL	<i>Agabus guttatus</i> (Paykull, 1798) larva/imago	3/0	6/0	2/0	3/1	1/0	4/3	5/0	4/1	3/3	6/0
COL	<i>Deronectes platynotes</i> (Germar, 1834) larva/imago			0/1					0/1	0/6	0/1
COL	<i>Deronectes latus</i> (Stephens, 1829) larva/imago						0/1				
COL	<i>Hydroporus ferrugineus</i> Stephens, 1828 larva/imago								0/1		
COL	<i>Hydraena</i> sp. larva/imago								1/0		
COL	<i>Anacaena globulus</i> cf. (Paykull, 1798) larva/imago	1/0									
DIP	Chironomidae g. sp.	125	283	41	234	205	529	386	189	511	421
DIP	Kukla pakomara		7		6		2	25	31	33	
DIP	<i>Simulium</i> sp.	23	10	2	13	10	40	21	10	2	13
DIP	Simuliidae g. sp. kukla	8		2	1			2	1		
DIP	<i>Prosimulium</i> sp.	1					6		2		
DIP	<i>Tipla</i> sp.		1		1	1				1	
DIP	<i>Dolichopeza albipes</i> (Ström, 1768)			1					1	1	1
DIP	<i>Limnophora</i> sp.										
DIP	<i>Pedicia</i> (P.) sp.	1			1		1			1	
DIP	<i>Dicranota</i> sp.	4			5	16	2			1	6
DIP	<i>Euphyllidorea</i> sp. / <i>Philidorea</i> sp.		1		1						
DIP	<i>Wiedemannia</i> sp.	1	2		6	1	4		5		4
DIP	<i>Chelifera</i> sp.				1	4	3		1		
DIP	<i>Climocera</i> sp.									1	
DIP	Ceratopogonidae g. sp.				2		2				
DIP	<i>Atrichopogon</i> sp.		2								
OLI	Lumbricidae g. sp.	50	36	13	67			5		20	64
OLI	Lumbricidae g. sp.							1			
OLI	Enchytraeidae g. sp.	1	3			4					
OLI	Tubificidae g. sp.			1							
NEM	Nematoda g. sp.					1					3
	Celkový počet jedinců	796	1342	422	1163	1496	1634	1524	1143	1857	1426

Tab.13: Početnosti makrozoobentosu na vedlejších přítocích Čertova jezera v r. 2007

	16.5.2007		12.10.2007		16.5.2007		12.10.2007		16.5.2007		12.10.2007		16.5.2007		12.10.2007	
	CT I	CT III	CT IV	CT V	CT VI	CT VII										
MEG <i>Statis</i> sp. jv.					1	1										
ODO <i>Cordulidae</i> g. sp. jv.	10				1											
FLE <i>Leuctra</i> spp.			1							39						
FLE <i>Leuctra ranscheri</i> Aubert, 1957										4						
FLE <i>Leuctra handlirachi</i> Kempny, 1896														1		
FLE <i>Leuctra nigra</i> (Olivier, 1811)	137	459	42	32	470	325	600	321	310	221	230	394				
FLE <i>Nemouridae</i> g. sp. jv.	42	488	27	15	100	622	68	201	110	194	233	255				
FLE <i>Nemoura pictetii</i> Klugek, 1900	105	47	5	6	27	67	38	31	16	42	45	107				
FLE <i>Nemoura</i> sp.		5	11		8			7								
FLE <i>Nemoura avicularis</i> Martin, 1894	9															
FLE <i>Protonemura auberti</i> Ilies, 1954										4	4	8				
FLE <i>Protonemura</i> sp. jv.	13				1					18	45	45				
TRI <i>Plectrocnemia</i> sp. jv.	6	103	8	4	28	41	1	1	8	9	14	41				
TRI <i>Plectrocnemia conspersa</i> (Curtis, 1834)	49	35	5	9	23	15	1	1	7	8	14	17				
TRI <i>Limnephilidae</i> g. sp. jv.	2		5	2	4	3		5	10		5					
TRI <i>Limnephilus coenozus</i> Curtis, 1834	1		4			4		6								
TRI <i>Limnephilus rhombicus</i> (Linnaeus, 1758)						2										
TRI <i>Chaetopterygopsis maclochiani</i> Stein, 1874						2										
TRI <i>Chaetopteryx villosa</i> (Fabricius, 1796)					1					1		1				
TRI <i>Chaetopteryx</i> g. sp.					1											
TRI <i>Parachiona picicornis</i> (Pictet, 1834)								1								
TRI <i>Rhadicoleptus alpestris</i> (Koloman, 1848)								2								
TRI <i>Drusus annulatus</i> (Stephens, 1837)								1								
TRI <i>Philocolepus granulatus</i> (Pictet, 1834)		1							7	62		8				
COL <i>Agabus guttatus</i> (Paykull, 1798) larva/imago	1/0	3/0	5/1	1/0	4/4	12/1	2/3	4/2	1/0	5/2	2/1	9/0				
COL <i>Deronectes latus</i> (Stephens, 1829) larva/imago								0/1								
COL <i>Hydroporus farrugineus</i> Stephens, 1828 larva/imago	0/1		0/2			0/1	0/6									
DIP <i>Chironomidae</i> g. sp.	358	457	68	81	109	600	23	49	302	192	693	388				
DIP <i>Kukla palomara</i>	9		12		16							10				
DIP <i>Simulium</i> sp.									20	25	70	50				
DIP <i>Simulidae</i> g. sp. kukla										2		6				
DIP <i>Prosimulium</i> sp.												2				
DIP <i>Tipula</i> sp.	1		5	4	1											
DIP <i>Pedicia (P.)</i> sp.	1	2			2					2	2	1				
DIP <i>Pedicia (crumibia)</i>			1													
DIP <i>Dicranota</i> sp.		3						3	4	12	1	2				
DIP <i>Ephyridorea</i> sp. / <i>Phlebotorea</i> sp.						1										
DIP <i>Ephyridorea meigenii</i> cf. (Verrill, 1887)					3											
DIP <i>Wiedemannia</i> sp.	1	1	1	4	6	3	3	1	3			2				
DIP <i>Chelifera</i> sp.	1	10						1		1		4				
DIP <i>Chimocera</i> sp.	1				1	13										
DIP <i>Ceratopogonidae</i> g. sp.						4						1				
OLI <i>Lumbricidae</i> g. sp.	36	16			17			1								
OLI <i>Enchytraeidae</i> g. sp.	3				7			7								
	CELKOVÝ POČET JEDINEC	787	1630	202	157	835	1717	745	646	863	827	1373	1286			

Tab.14: Početnost makrozoobentosu na hlavních přítocích Rachelsee, Plešného j. Kleiner Arbersee, Prášílského j., Grosser Arbersee a j. Laka v r. 2007

	9.10.2007	17.5.2007 & 10.2007	17.5.2007 & 10.2007	17.5.2007 & 10.2007	17.5.2007 & 10.2007	10.10.2007	16.5.2007 10.12.2007	10.10.2007	15.5.2007 11.10.2007
	RA HL.	PL HL.	PL I	PL II	PL III	KA HL.	PR HL.	GA HL.	LA HL.
MOL <i>Glossophontinae</i> (Poh, 1791)									9
TUR <i>Cressobola alpina</i> (Dana, 1766)		7							
MEG <i>Stalio sp. jv.</i>	2								
MEG <i>Stalio fuliginosa</i> Pictet, 1836								3	
ODO <i>Cordulella g. sp. jv.</i>								4	
ODO <i>Stenochloa metallica</i> cf. (Vander Linden, 1825)								1	
EPH <i>Lepidobolia vesperina</i> (Linnaeus, 1758)	52	1					6		
PLE <i>Copina sp. jv.</i>							27	21	42
PLE <i>Copina bifrons</i> (Newman, 1839)						155			
PLE <i>Leuctra</i> sp.		13	45		1	32		25	84
PLE <i>Leuctra handlirschi</i> Kompay, 1898			40				83		
PLE <i>Leuctra pseudosignifera</i> Aubert, 1954			1	5		3		1	
PLE <i>Leuctra teriolema</i> Kompay, 1900		155						4	
PLE <i>Leuctra major</i> Brinck, 1949						34	16	60	5
PLE <i>Leuctra nigra</i> (Olivier, 1811)	253	63	139	359	153	29	170	338	161
PLE <i>Nemoura</i> g. sp. jv.	285	1550	1300	185	511	32	533	65	342
PLE <i>Nemoura pictata</i> Klapálek, 1900	11	359	3	11	30		63	41	8
PLE <i>Nemoura</i> sp.				30		11			
PLE <i>Nemoura caesia</i> (Retzius, 1783)		120		2		31		22	
PLE <i>Nemoura ovicularis</i> Morton, 1894								7	
PLE <i>Protonemura suberbi</i> Illies, 1954		6	57	1			3	70	64
PLE <i>Protonemura montana</i> Kinnison, 1941	24						4		7
PLE <i>Protonemura</i> sp. jv.	78	68	20	11		4	139	862	225
PLE <i>Amphitetrasura</i> sp. jv.							77		6
PLE <i>Sphaenoperla</i> sp. jv.							2		1
PLE <i>Sphaenoperla montana</i> (Pictet, 1841)									1
PLE <i>Dura bicolorata</i> (Linnaeus, 1758)			1				20	1	29
PLE <i>Brachyptera seticornis</i> (Klapálek, 1902)								1	
TRI <i>Plectrocnemia</i> sp. jv.	43			4	3		42	14	12
TRI <i>Plectrocnemia comperae</i> (Curtis, 1834)	7			6			12	17	15
TRI <i>Plectrocnemia gemiculata</i> McLachlan, 1871								6	
TRI <i>Rhyacophila</i> sp. jv.							1		
TRI <i>Rhyacophila obliterata</i> McLachlan, 1863									1
TRI <i>Rhyacophila praevaria</i> McLachlan, 1879									2
TRI <i>Limnephila</i> g. sp. jv.		90	2	5	3	3		12	14
TRI <i>Limnephila</i> sp.		1	1					1	
TRI <i>Limnephila coenocera</i> Curtis, 1834					1	2	1		
TRI <i>Pseudopteryx zimmeri</i> (McLachlan, 1876)		4							
TRI <i>Hydropteryx infumatus</i> (McLachlan, 1865)									2
TRI <i>Poanopteryx</i> sp.									1
TRI <i>Aficropterus</i> sp.						1			
TRI <i>Aficropterus nycetobis</i> McLachlan, 1875		1							
TRI <i>Anisella obscurata</i> (McLachlan, 1876)		2							
TRI <i>Chaetopteryx</i> g. sp.		2							
TRI <i>Chaetopteryx villosa</i> (Fabricius, 1798)								30	
TRI <i>Chaetopteryx</i> sp.									7
TRI <i>Drusus discolor</i> (Rambur, 1842)								1	
TRI <i>Drusus annulatus</i> (Stephan, 1837)								1	10
TRI <i>Palaeolopus granulatus</i> (Pictet, 1834)	9								
COL <i>Agabus putatus</i> (Paykull, 1798) larva/imago	4/0	0/1	7/0	5/5	8/0	0/2	24/0		24
COL <i>Deronectes plagiatus</i> (Germar, 1834) larva/imago								0/2	
COL <i>Deronectes latus</i> (Stephan, 1829) larva/imago								0/1	
COL <i>Deronectes</i> sp. / <i>Nebrioporus</i> sp. larva/imago								1/0	
COL <i>Hydrophilus apiculatus</i> (P.Wal. 1848; 1821) larva/imago									1/0
COL <i>Hydrophilus</i> sp. larva/imago						15/0			
COL <i>Hydrophilus pubescens</i> (Linné, 1761) larva/imago		0/1							
COL <i>Hydrophilus monachus</i> (Nicolai, 1822) larva/imago		0/1		0/1					
COL <i>Hydrophilus ferrugineus</i> (Stephan, 1828) larva/imago						0/1			
COL <i>Anacarsus globatus</i> cf. (Paykull, 1798) larva/imago									2
DIP <i>Chironomus</i> g. sp.	91	89	36	201	84	67	9	102	126
DIP <i>Kallia palustris</i>		5	2	4		6		2	1
DIP <i>Simulium</i> sp.	12			7				29	122
DIP <i>Simulium</i> g. sp. larva								2	1
DIP <i>Procladius</i> sp.									1
DIP <i>Tipula</i> sp.		8				2			
DIP <i>Dolichopeza albipes</i> (Ström, 1768)								1	
DIP <i>Pedicia</i> (P.) sp.			2	1	2	1		1	1
DIP <i>Etoleophila</i> sp.								1	1
DIP <i>Dicranota</i> sp.	8		4		1			20	16
DIP <i>Ephydriidae</i> sp. / <i>Phlebotomus</i> sp.							7		
DIP <i>Ephydriidae variegatus</i> cf. (Votrál, 1887)		1	4			6	1		
DIP <i>Elephantomyia</i> sp. cf.						2			
DIP <i>Oreocera</i> sp.						2			
DIP <i>Limnobia</i> g. sp. jv.		3	1			11	1		
DIP <i>Neolimnobia nemoralis</i> cf. (Steiger, 1818)						11			
DIP <i>Wiedemannia</i> sp.			1			4	1	29	3
DIP <i>Chelydra</i> sp.	1					2		1	1
DIP <i>Chocorea</i> sp.						1		1	
DIP <i>Rhygus</i> sp.						3			
DIP <i>Coratopogon</i> g. sp.			1	1		4		1	2
DIP <i>Atrichopogon</i> sp.						2		1	
OLI <i>Limbicidius</i> g. sp.	6			2	22	27	14	22	8
OLI <i>Synedrillus herzogianus</i> Chagnon, 1862									1
OLI <i>Enchytraeus</i> g. sp.	5			15	11			1	10
OLI <i>Tubificoides</i> g. sp.									6
OLI <i>Spiranema ferax</i> (Eaton, 1879)									3
Cellulový počet jedinec	891	2545	1588	944	809	215	730	964	2178

Tab.15: Početnosti makrozoobentosu na odtocích Čertovaj., Rachelsee, Plešného j. Kleiner Arbersee, Prášilského j., Grosser Arbersee a j. Laka v r. 2007 (na Čertovu j. v r. 2005)

	18.5.2005	16.5.2007	12.10.2007	9.10.2007	17.5.2007	8.10.2007	10.10.2007	16.5.2007	12.10.2007	10.10.2007	15.5.2007	11.10.2007
	CT-OD			RA-OD	PL-OD	KA-OD	FR-OD	GA-OD	LA-OD			
HET <i>Notobolus stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)								1				
MOL <i>Glossophoridae</i> (Poř, 1791)												3
HET <i>Notonecta glauca</i> Linnaeus, 1758		2						1				
HET <i>Glossocoris propinquus</i> (Fieber, 1860)					1							
HET <i>Glossocoris cavifrons</i> (Thomson, 1869)							1					
HET <i>Sigara nigrolucata</i> (Fieber, 1848)					2							
HET <i>Velia caprai</i> Turchetti, 1947				1								
MEO <i>Stalis</i> sp. juv.								12				
MEO <i>Stalis laticornis</i> (Linnaeus, 1758)			1		2			2	2			4
MEO <i>Stalis fuliginosa</i> Fictet, 1836	2	3	11		1	1	1	1				5
ODO <i>Coemagrionidae</i> g. sp. juv.		3						4	2		6	2
ODO <i>Pyrrhosoma nymphula</i> (Sulzer, 1776)			2					1				2
ODO <i>Ischnura elegans</i> cf. (Vander Linden, 1820)										2		
ODO <i>Coemagrion hastulatum</i> cf. (Charpentier, 1825)										1		
ODO <i>Coruliidae</i> g. sp. juv.		1						1				2
ODO <i>Samostichus metallicus</i> cf. (Vander Linden, 1825)									4		2	1
ODO <i>Aeschna viridis</i> Eversmann, 1836		2										
ODO <i>Aeschna cyanea</i> cf.								1				
EPH <i>Lepidophlebia vespertina</i> (Linnaeus, 1758)	45	22	11	337	33		83	75	169	300	1	51
FLE <i>Leuctra</i> sp.												27
FLE <i>Leuctra major</i> Bruck, 1949			1									
FLE <i>Leuctra nigra</i> (Olivier, 1811)	53	7	262	8	201	516	1	4			1	8
FLE <i>Nemoura</i> sp. juv.	166	17	10	94	19	922	16		367	103	9	62
FLE <i>Nemoura pictetii</i> Klaptok, 1900												
FLE <i>Nemoura</i> sp.		44		6			2	16		2	10	
FLE <i>Nemoura canabrica</i> Stephens, 1836		15										
FLE <i>Nemoura cinerea</i> (Retzius, 1783)	20				37			26				
FLE <i>Nemoura avicularis</i> Morton, 1894		15					7			1	7	
FLE <i>Protonemura amberti</i> Min, 1954												
FLE <i>Protonemura montana</i> Kimmis, 1941			2						5	2		
FLE <i>Protonemura</i> sp. juv.							400				1	10
FLE <i>Amphinemura sulcicollis</i> (Stephens, 1836)											7	
FLE <i>Amphinemura</i> sp. juv.			1				200			35		34
FLE <i>Siphonoperla</i> sp. juv.							25					
FLE <i>Siphonoperla torrentium</i> (Fictet, 1841)				1					1	48		4
FLE <i>Siphonoperla montana</i> (Fictet, 1841)												
FLE <i>Diura bimaculata</i> (Linnaeus, 1758)												3
TRI <i>Plectrocnemia</i> sp. juv.	21	35	60	20	52	92	8	3	27	7	1	2
TRI <i>Plectrocnemia conspersa</i> (Curtis, 1834)	32	13	57	9	23	230	21	10	20	4	2	4
TRI <i>Odontocnemus albicornis</i> (Scopoli, 1763)												3
TRI <i>Rhyacophila</i> sp. juv.	3	3	1	1			11	1	9	4	2	59
TRI <i>Rhyacophila obliterata</i> McLachlan, 1863			1									
TRI <i>Rhyacophila proserpina</i> McLachlan, 1879							10			3		
TRI <i>Austrocladius azurea</i> (Linnaeus, 1761)	4	7	12							7		
TRI <i>Adolomodes rinctus</i> (Zetterstedt, 1840)					5	4						
TRI <i>Adolomodes nigra</i> Zetterstedt, 1840	1											
TRI <i>Limnephilidae</i> g. sp. juv.	17				2					1		12
TRI <i>Limnephilus</i> sp.										1		
TRI <i>Limnephilus rhombicus</i> (Linnaeus, 1758)							1		2			
TRI <i>Hydropsyche bifurcata</i> (McLachlan, 1865)												1
TRI <i>Potamopylax</i> sp.												1
TRI <i>Micropoterna</i> sp.					1							
TRI <i>Oligotricha striata</i> (Linnaeus, 1758)						2		1				
TRI <i>Pteronarcys bipunctata</i> Retzius, 1783 larva/imago								1				
COL <i>Agabus guttatus</i> (Paykull, 1798) larva/imago	3/0			1/0	5/0	1/0		0/1	0/1		0/1	
COL <i>Deronectes platynotus</i> (Germar, 1834) larva/imago	0/2		0/2	0/2							4/6	0/5
COL <i>Deronectes latus</i> (Stephens, 1829) larva/imago		0/5		0/4	0/3	0/4	0/1	2/40	0/3			
COL <i>Deronectes</i> sp. / <i>Nelrioporus</i> sp. larva/imago		9/0										
COL <i>Nelrioporus annulatus</i> (Paykull, 1798) larva/imago									0/5			
COL <i>Eledus marginatus</i> cf. Eschscholtz 1833 larva/imago												1/0
COL <i>Cyphon</i> sp. larva/imago										1/0		
COL <i>Hydroporus</i> sp. larva/imago	0/2											
COL <i>Hydroporus palustris</i> (Linné, 1761) larva/imago						0/2						
COL <i>Hydroporus mammosus</i> (Nicolai, 1822) larva/imago						0/6	0/1					
COL <i>Hydrasema</i> sp. larva/imago											1/0	
DIP <i>Chironomidae</i> g. sp.	78	311	236	681	169	400	421	349	1000	281	128	600
DIP <i>Kukh palcomera</i>	3	10			14	2		43				
DIP <i>Stenothus</i> sp.	188	73	42	443	9	117	15	198	82	2	72	139
DIP <i>Simuliidae</i> g. sp. kukh	20	45	6		7	124	3	45	13		6	13
DIP <i>Protonothus</i> sp.								132				
DIP <i>Tipula</i> sp.			1									
DIP <i>Limnophora</i> sp.						1						
DIP <i>Pedicia</i> (P.) sp.						2			1			
DIP <i>Elosophiella</i> sp.			1						1			3
DIP <i>Dicranota</i> sp.			1	1							1	1
DIP <i>Ephyllidorea</i> sp. / <i>Phitidorea</i> sp.					1							
DIP <i>Wiedemannia</i> sp.		1										
DIP <i>Chelyfera</i> sp.				1								
DIP <i>Climocera</i> sp.												11
DIP <i>Rhagio</i> sp.												
DIP <i>Ceraticopogonidae</i> g. sp.			11	1	5	3				2		
DIP <i>Atrichopogon</i> sp.												
OLI <i>Lumbricidae</i> g. sp.	1		42	13	4		5	7	9	7		4
OLI <i>Echytracidae</i> g. sp.			1	18	2					2		
OLI <i>Tubificidae</i> g. sp.								2		2		
OLI <i>Spinosperma ferax</i> (Eaton, 1879)								12	1			
Cellulový počet jedinců	661	643	775	1641	593	2435	1231	959	1741	825	289	1050

