

BP 177

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

ÚSTAV PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

KAROLINA SLÁMOVÁ

CHEMISMUS VYBRANÝCH STOJATÝCH
VOD NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Obor: Ekologie a ochrana životního prostředí

Akademický rok: 2006/2007

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Evžen Stuchlík, CSc.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala pod vedením doc.RNDr. Evžena Stuchlíka, CSc. samostatně a uvedla jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Praze dne 28.8. 2007

Ulamova

Obsah:

1. Úvod	3
2. Klasifikace stojatých vod, údolní nádrže	4
3. Metodika	5
4. Zpracování dat	9
5. Diskuze	15
6. Závěr	20
7. Literatura	22

1. Úvod

Chemismus stojatých vod je důležitým parametrem, který podává informace o stavu a vývoji povrchových vod a jejich povodí.

Chemické složení vod umožňuje klasifikovat nádrže na sladkovodní, nádrže s vodou braktickou (minerální) či slanou. Chemické složení je však odlišné i u nádrží lišících se svým původem. Například chemické parametry rašelinných jezírek se budou výrazně lišit od parametrů údolních nádrží a to především svým pH, které je velmi nízké, ale i nedostatkem minerálních látek.

Práce shrnuje poznatky o chemismu vybraných stojatých vod v České republice a jeho ovlivnění přirozenými i antropogenními změnami ve využití krajiny. Cílem práce je klasifikace vybraného souboru vodárenských nádrží na území České republiky právě na základě jejich chemických parametrů. Práce se snaží uspořádat data z obsáhlé databáze výsledků chemických analýz vody provedených vedoucím práce Doc. E. Stuchlíkem v rámci různých projektů v průběhu posledních deseti let.

Ke klasifikaci jsou vybrány čtyři hlavní chemické parametry: *specifická vodivost, alkalita, koncentrace vápníku a hořčíku, pH a anorganický dusík*. Práce ukazuje, co nám vlastně vybrané chemické parametry říkají o stavu vody, jaký význam mají vysoké nebo naopak nízké hodnoty.

Dále se zabývá faktory, které dané chemické parametry ovlivňují. Těmito faktory jsou především zemědělství, které je hlavní příčinou eutrofizace, znečištění ovzduší projevující se v citlivých oblastech hlavně acidifikací doprovázenou mobilizací těžkých kovů v povodích a konečně globální oteplování s jeho mnohostrannými důsledky včetně vlivu na výše uvedené procesy.

Klasifikace nádrží je doplněna dalšími daty jako jsou údaje o geografické poloze, objemu, zatopené ploše a ploše povodí.

2. Klasifikace stojatých vod, údolní nádrže

Jaké stojaté vody můžeme považovat za jezera?

Odpověď na tuto prostou otázku není vůbec jednoduchá, zvláště považujeme-li za jezera i vodní plochy vzniklé činností člověka. Termín „jezero“ je pro vodní akumulace antropogenního původu diskutabilní. Jánský (2003) zařazuje mezi antropogenní jezera všechny vodní akumulace, které nelze vypustit a odlišuje je tak od přehradních nádrží a rybníků.

Jezera lze klasifikovat podle způsobu vzniku jezerní pánve, tzv. genetickou klasifikací. Podle této klasifikace se dělí jezera na území ČR na glaciální, fluviální, krasová, jezera hrazená sesuvem, organogenní a antropogenní. Antropogenními jezery jsou všechny vodní plochy vzniklé v důsledku lidské činnosti. Jde o vodní díla vybudovaná za účelem určitého využití či jezera vzniklá jako důsledek těžební činnosti.

Vodní nádrž je umělý prostor, vytvořený přehradní stavbou. Prostor vodní nádrže je tvořen údolím řeky až po nejvyšší vodní hladinu, která vznikla vzdutím původní hladiny v řece. Povrchová vodní nádrž se zřizuje převážně v údolí po obou stranách řeky (tzv. údolní nádrž), méně často se vyskytuje boční nádrž (Kratochvíl, 1964).

Vodní nádrže budujeme pro tyto účely:

1. k využití energie ve špičkových, průtočných přečerpávacích vodních elektrárnách;
2. k získání zdroje pitné vody pro hromadné zásobování obyvatelstva a zdroje užitkové vody pro průmyslovou výrobu;
3. jako zásobu pitné vody pro závlahy zemědělských pozemků;
4. jako ochranu proti škodlivým přívalům za povodní;
5. k vyrovnání průtoků v řece, aby se zvýšily malé průtoky a snížily katastrofální průtoky (také za účelem zlepšení čistoty vody v řece);
6. k zásobování průplavů a vodních cest vodou
7. k získání plavební části vodních cest
8. pro hospodářské potřeby venkova

9. pro chov ryb

10. pro obecnou užitečnost-rekreace, zlepšení hygienických poměrů, zásoba vody pro požární účely; (Kratochvil, 1961).

Samotné přehrady lze dělit podle různých kritérií, nejčastěji podle druhu materiálu, z něhož byla přehrada postavena (hráze zemní, kamenné, betonové) a podle jejich konstrukce (např. sypané, gravitační, klenbové). Údolní nádrže se na území České republiky začaly budovat především v 2.pol. 20. století. V roce 1945 bylo v Československu 41 nádrží, v roce 1975 se jejich počet zvýšil na 100 jen v České republice. V současnosti se v ČR nachází asi 115 velkých vodních nádrží (Jánský,2003)

Přehradní nádrže mají až na výjimky široké spektrum využití a téměř vždy slouží několika účelům najednou. Mezi nejdůležitější patří zásobování obyvatelstva (Švihov) a průmyslu (Hněvkovice) vodou, výroba vodní energie (Orlík), zachytávání povodní (Šance), vyrovnávání a nadlepšování průtoků, vytváření zásob pro závlahy (Rozkoš) a další (Kříž, 1996). Dále se mohou využívat k chovu ryb, pro lodní dopravu a v neposlední řadě i k rekreaci a sportovnímu využití. Poslední, avšak neméně důležitou funkcí, je samotná retenční funkce vody v krajině.

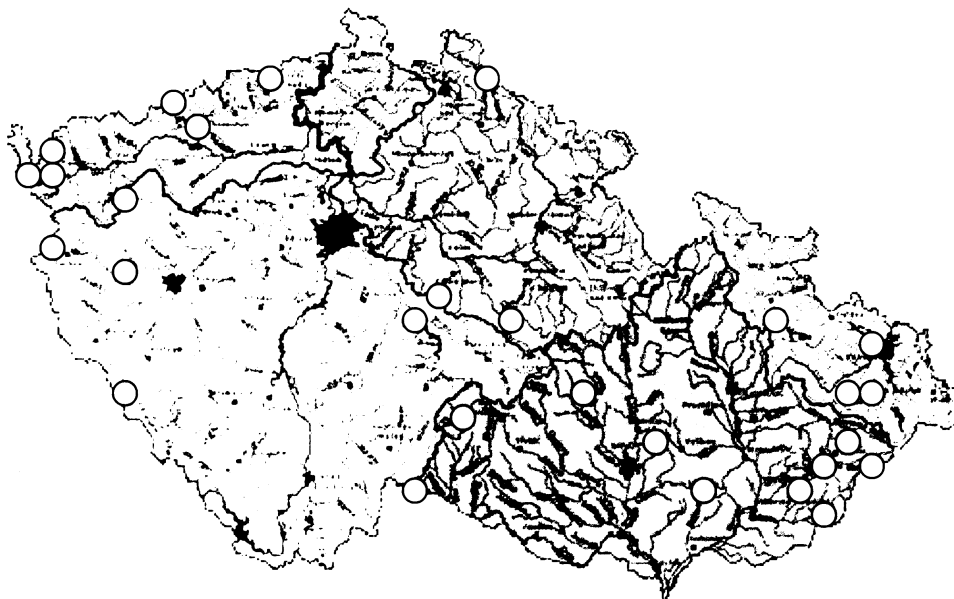
Jako příklad poslouží tři čísla, která nejlépe prezentují velikost našich vodních děl. Největší údolní nádrž v České republice je podle plochy Lipno I. S rozlohou 4 870 ha, největší objem 716,5 mil.m³ zaujímá nádrž Orlík a nejvyšší přehradou je 99,5 m vysoká kamenná hráz vodního díla Dalešice.

Kromě velkých údolních nádrží se v Česku vyskytují i vodní nádrže menších rozměrů, sloužící specifickým účelům, např. dnes již nefunkční nádrže na plavení dřeva (klauzy) v Moravskoslezských Beskydech a na Šumavě či četné víceúčelové nádrže protipožární ochrany v sídlech.

3. Metodika

Pro klasifikaci bylo vybráno 28 údolních nádrží na území České republiky ze všech povodí. Nejvíce vodních nádrží bylo vybráno z povodí Moravy (Landštejn, Hubenov, Vír I, Koryčany, Opatovice, Ludkovice, Slušovice, Bojkovice, Bystřička, Karolinka). Dále z povodí Ohře 6 údolních nádrží (Skalka, Horka, Jesenice, Přísečnice, Nechanice, Fláje), z povodí Vltavy 5 (Lučina, Žlutice, Nýrsko,

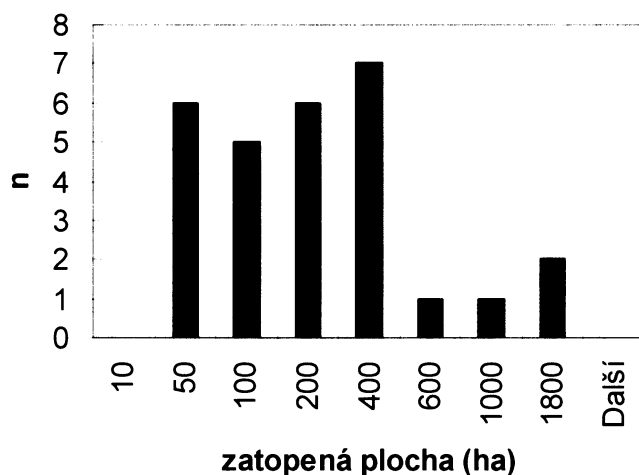
Hracholusky, Švihov), z povodí Odry 4 (Kružberk, Šance, Žermanice, Morávka) a z povodí Labe 3 údolní nádrže (Seč, Vrchlice, Souš).



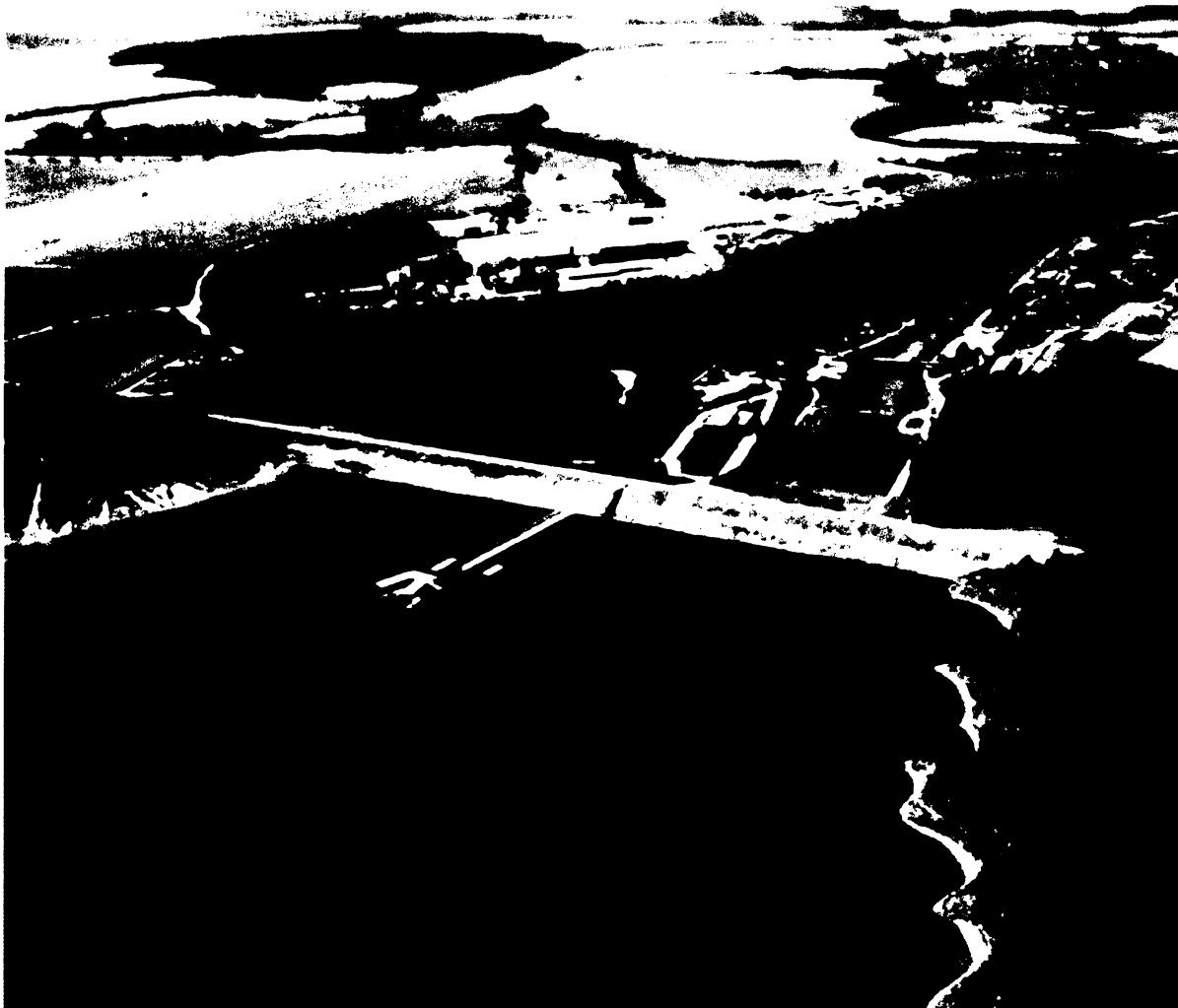
Obr. č.1: Mapa údolních nádrží použitých ke klasifikaci (Vodohospodářský informační portál).

Histogram znázorňuje rozdělení jednotlivých údolních nádrží do skupin dle rozlohy zatopené plochy.

Největší z nádrží je vodní nádrž Švihov s rozlohou 1 670 ha, využívaná pro vodárenství a chov ryb, nejmenší Ludkovice s pouhými 12, 4 ha.



Graf č.1: Klasifikace vodních nádrží do tříd dle velikosti zatopené plochy (Vlček, 1984).



Obr. č. 2: Vodní nádrž Švihov (portál povodí Vltavy)

Data využitá ke klasifikaci chemismu nádrží byla získána z obsáhlé databáze chemických analýz vody provedených Doc. E. Stuchlíkem v rámci různých projektů v průběhu dvanácti let. Analýzy proběhly ve dvou obdobích: první měření bylo mezi roky 1994-1995, druhé pak mezi roky 2003-2006. Pro tuto práci jsou využita data z první kampaně, která byla zaměřená na analýzu údolních nádrží.

Hlubinný odběr byl proveden pomocí Van Dornova sběrače zavěšeného na ocechovaném lanku. Vzorky vody byly přes síto s velikostí ok 40 μm přelity do plastových nádob a uchovávány v chladu a temnu. Zpracování vzorků bylo provedeno v laboratořích Přírodovědecké fakulty UK na Hydrobiologické stanici „Velký Pálenec“ u Blatné. Hodnota pH byla získána měřením na automatickém titrátoru TIM 900 (Radiometer Analytical SAS, Francie) společně s hodnotou alkality dle Grana. Použitá skleněná elektroda byla od firmy Radiometer a referenční kalomelová elektroda od firmy Russell (UK). Specifická vodivost byla měřena na laboratorním konduktometru od firmy Radiometer vybaveném vodivostní celou

s automatickou kompenzací teploty. Stanovení hlavních iontů bylo provedeno na iontovém chromatografu s konduktometrickým detektorem od firmy TSP (USA) vybaveném kolonovým systémem od firmy Dionex (USA) umožňujícím automatickou elektrochemickou supresi vodivosti.

Další tabulka uvádí základní údaje o údolních nádržích. V tabulce je uvedena velikost vodní plochy nádrže (A), plocha povodí (A¹), podíl velikosti vodní plochy k ploše povodí (A/A¹), maximální a průměrnou hloubku (z_{max}, z_{mean}), nadmořskou výšku, datum dokončení stavby, dobu zdržení a objem nádrže.

	Name	A ha	A' km ²	A/A' %	z _{max} m	z _{mean} m	altitude m	year of constr.	retention days	volume mil.m ²
1	Skalka	385,0	672,0	0,6	14,0	5,1	444	1964	37	19,55
2	Horka	130,4	70,0	1,9	39,7	16,4	507	1970	348	21,35
3	Jesenice	746,0	407,0	1,8	18,1	8,0	441	1961	212	60,15
4	Lučina	80,0	104,9	0,8	22,0	6,5	534	1974	30	2,62
5	Přísečnice	364,0	46,2	7,9	47,0	15,1	734	1976	976	54,69
6	Žlutice	161,5	215,8	0,7	23,0	9,0	510	1968	153	9,51
7	Nýrsko	148,0	80,9	1,8	34,0	14,1	524	1969	181	16,14
8	Hracholusky	470,0	1610,0	0,3	31,4	12,1	357	1964	77	36,04
9	Nechranice	1338,0	3590,0	0,4	46,0	21,5	273	1968	108	287,63
10	Fláje	149,0	43,1	3,5	47,0	15,0	737	1960	405	23,10
11	Švihov- Želivka	1670,0	1178,0	1,4	55,0	17,9	379	1976	483	245,16
12	Landštejn	39,7	12,7	3,1	21,0	7,9	574	1973	401	3,26
13	Vrchlice	102,0	100,6	1,0	33,0	9,6	325	1970	257	9,79
14	Hubenov	47,5	18,9	2,5	19,0	7,1	253	1971	326	3,39
15	Seč	220,0	216,0	1,0	34,0	10,0	490	1935	109	22,10
16	Vir	223,6	414,0	0,5	66,0	25,2	469	1958	176	56,19
17	Opatovice	70,5	43,7	1,6	35,6	14,0	334	1972	637	9,87
18	Koryčany	35,3	27,1	1,3	18,7	7,3	308	1959	185	2,56
19	Kružberk	287,0	557,0	0,5	31,5	12,4	432	1958	69	35,50
20	Ludkovice	12,4	13,1	0,9	14,5	5,6	285	1968	81	0,69
21	Slušovice	77,7	42,8	1,8	26,0	12,8	318	1975	230	9,95
22	Bojkovice	15,4	14,1	1,1	15,2	6,2	322	1966	111	0,97
23	Bystřička	38,0	64,0	0,6	27,0	13,1	386	1912	68	4,59
24	Karolínka	50,5	23,2	2,2	36,7	15,0	521	1985	231	7,65
25	Šance	335,0	146,0	2,3	62,0	19,1	507	1970	238	61,80
26	Žermanice	248,0	45,4	5,5	28,0	10,2	294	1962	255	25,30

Tab.č.1 : Základní parametry údolních nádrží (Vlček, 1984; portál správců vodních toků)

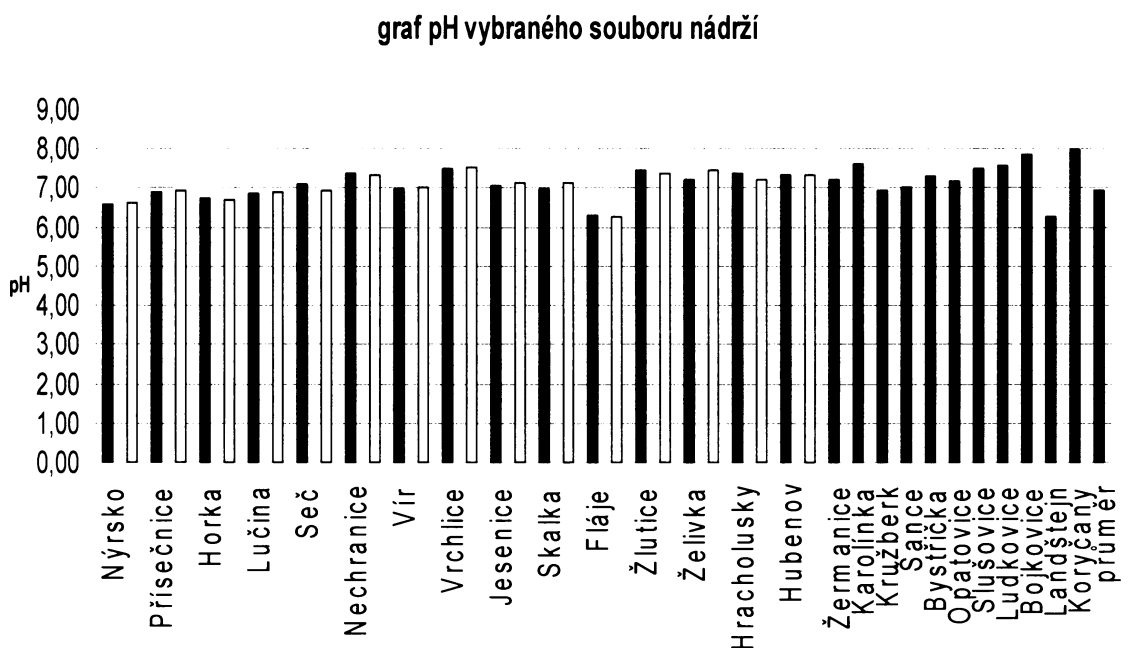
4. Zpracování dat

pH

Graf porovnává pH údolních nádrží. Modrou barvou jsou v grafu vyznačeny hodnoty pH naměřené na hladině nádrže, žlutá barva označuje hodnoty naměřené na dně nádrže. Červený sloupec je průměrná hodnota pH.

Průměrná hodnota pH ve vybraném souboru nádrží je 6,9. Byla spočítána z odlogaritmovaných hodnot pH a následně znovu zlogaritmována. V grafu je vyznačena červeně.

Nejvyšší hodnotu pH má nádrž Koryčany (7,96). Naopak nízké pH bylo naměřeno v údolních nádržích Fláje a Landštejn. Obě mají shodné pH 6,28.



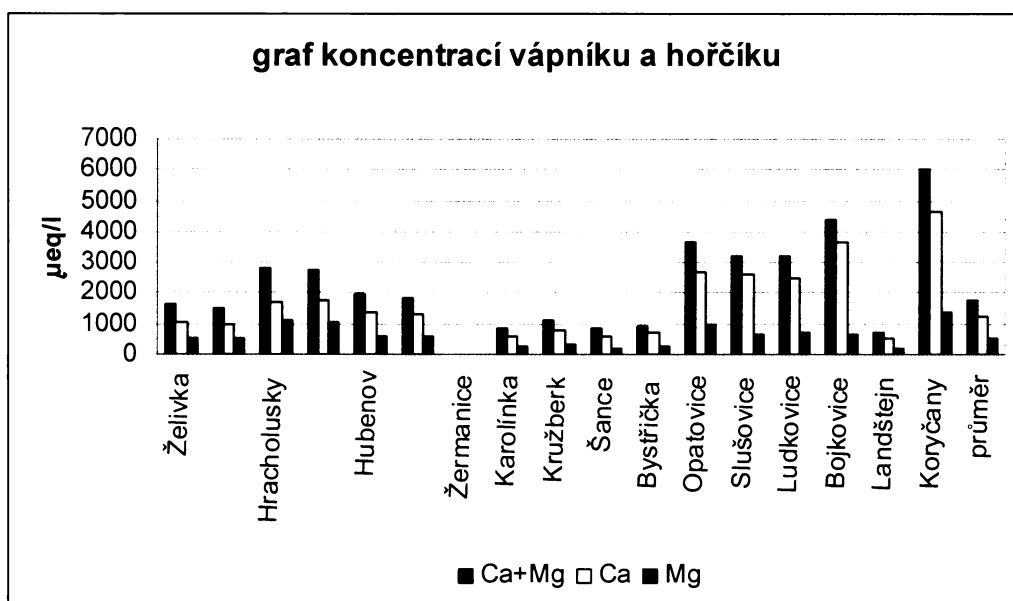
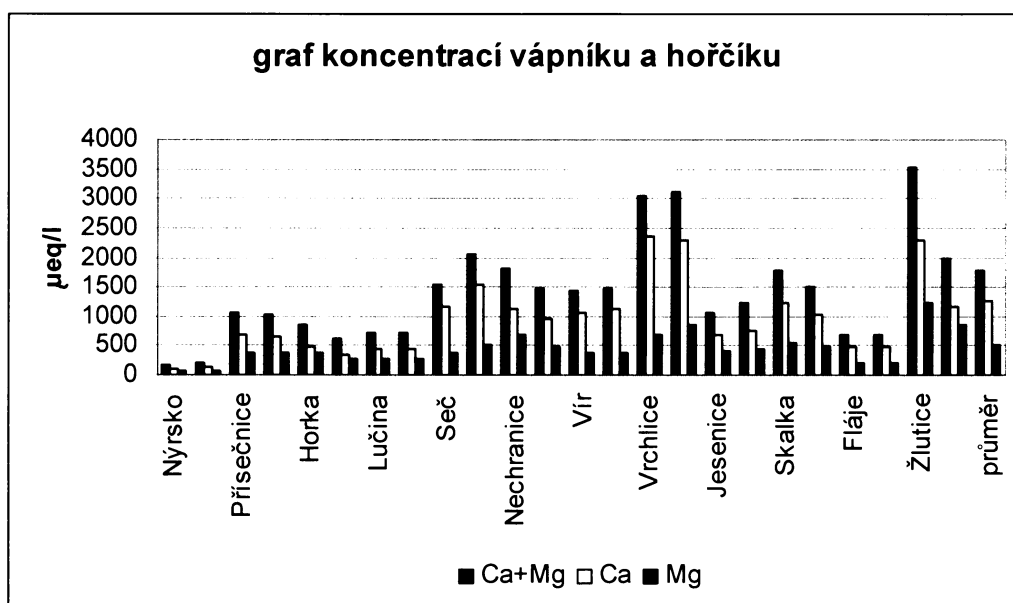
Graf č.2: Porovnání hodnot pH naměřených u hladiny a na dně vybraného souboru nádrží (databáze PrF UK, 1994-1995)

Koncentrace vápníku a hořčíku

Pro klasifikaci údolních nádrží dle koncentrace Ca a Mg je využit graf č. 3. V grafu jsou uvedeny jak hodnoty sumy koncentrace Ca a Mg, tak jednotlivé koncentrace těchto prvků. Poslední hodnota v grafu je hodnota průměrné koncentrace

sumy Ca a Mg ($1781 \mu\text{eq l}^{-1}$), průměrné koncentrace Ca ($1260 \mu\text{eq l}^{-1}$) a Mg ($521 \mu\text{eq l}^{-1}$).

Vysoké hodnoty sumy Ca a Mg byly naměřeny v nádrži Koryčany ($6021 \mu\text{eq l}^{-1}$), Bojkovice ($4354 \mu\text{eq l}^{-1}$), Opatovice ($3641 \mu\text{eq l}^{-1}$) a Žlutice ($3514 \mu\text{eq l}^{-1}$ na hladině). Naopak nízké koncentrace má vodní nádrž Nýrsko ($174 \mu\text{eq l}^{-1}$ na hladině) a Fláje ($699 \mu\text{eq l}^{-1}$ na hladině).

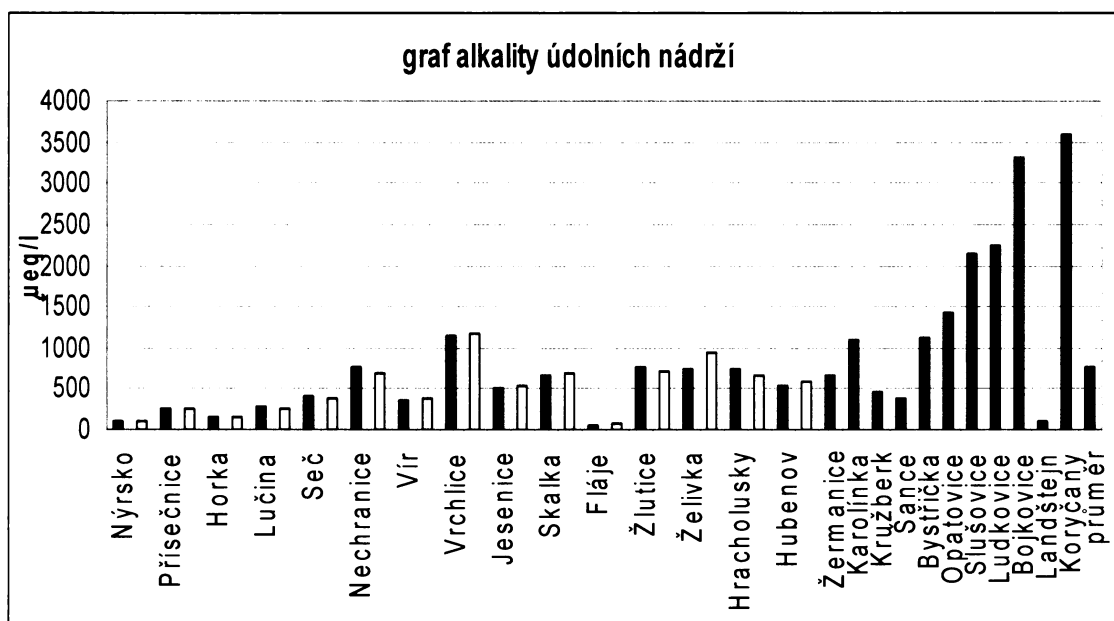


Graf č.3:4: Porovnání koncentrací vápníku, hořčíku a sumy Ca a Mg ve vybraném souboru údolních nádrží (databáze PŘF UK, 1994-1995).

Alkalita

Vysoká hodnota alkality byla naměřena především v nádrži Koryčany (3584 $\mu\text{eq l}^{-1}$), která je oproti průměrné hodnotě souboru vybraných nádrží (772 $\mu\text{eq l}^{-1}$) téměř pětinasobná. Dalšími nádržemi s vysokou hodnotou alkality jsou také nádrž Bojkovice, Ludkovice a Slušovice.

Velmi nízké hodnoty alkality má vodní nádrž Fláje (62 $\mu\text{eq l}^{-1}$), Nýrsko (101 $\mu\text{eq l}^{-1}$ na hladině) a Landštejn (112 $\mu\text{eq l}^{-1}$).



Graf č.4: Porovnání hodnot alkality vybraného souboru údolních nádrží s průměrnou hodnotou (databáze PřF UK, 1994-1995).

Specifická vodivost

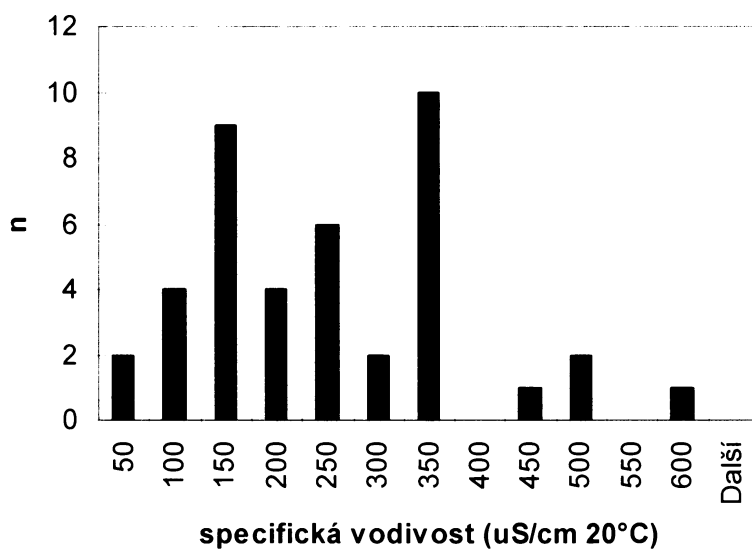
Graf č.4 ukazuje klasifikaci údolních nádrží podle velikosti specifické vodivosti. Údolní nádrže jsou rozděleny do 12 skupin lišících se svojí specifickou vodivostí vzestupně o 50 $\mu\text{S/cm } 20^\circ\text{C}$. Nejpočetnější skupina má 10 členů a obsahuje nádrže se specifickou vodivostí mezi 300- 350 $\mu\text{S/cm } 20^\circ\text{C}$. Sem patří například největší údolní nádrž ze souboru Švihov (dno i hladina), dále pak například Nechranice, Žlutice a Hracholusky. Velmi početná je i skupina se specifickou

vodivosti mezi 100-150 $\mu\text{S}/\text{cm } 20^\circ\text{C}$, kam je zařazena například nádrž Karolínka nebo Kružberk.

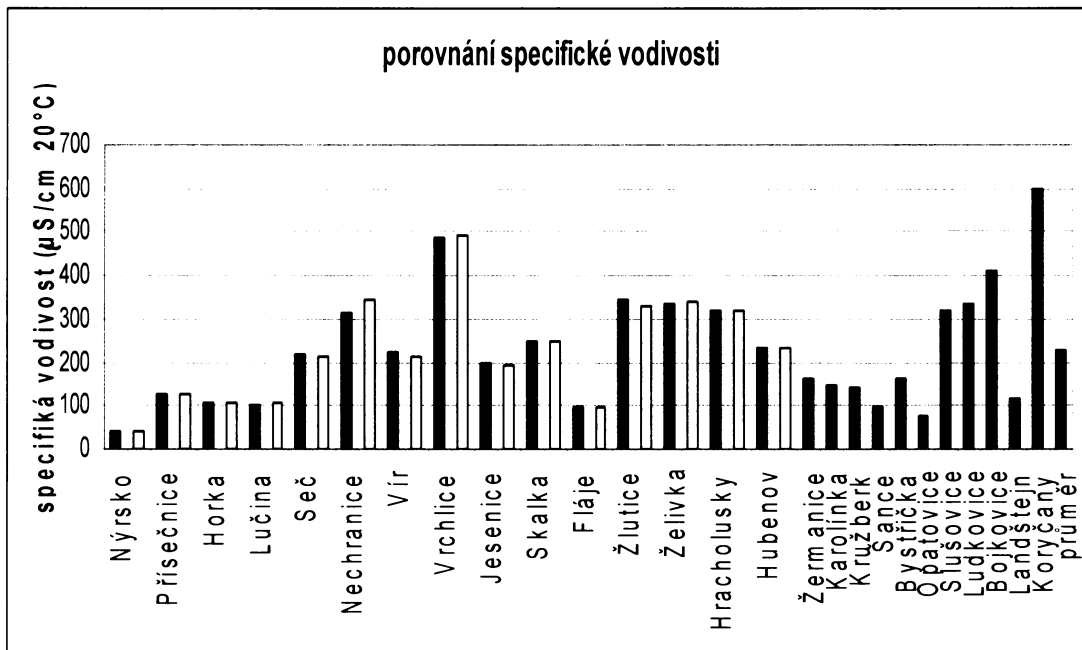
Další graf (č.5) porovnává hodnoty specifické vodivosti nádrží s aritmetickým průměrem. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v nádrži Koryčany (598 $\mu\text{S}/\text{cm } 20^\circ\text{C}$), specifická vodivost této nádrže odpovídá více než dvojnásobku průměrné hodnoty všech nádrží (228,5 $\mu\text{S}/\text{cm } 20^\circ\text{C}$). Koryčany se velikostí specifické vodivosti výrazně odlišují od ostatních nádrží, většina nádrží má hodnotu specifické vodivosti do 350 $\mu\text{S}/\text{cm } 20^\circ\text{C}$.

Naopak nádrž Nýrsko má hodnoty nejnižší. Specifická vodivost v této nádrži byla naměřena 42,8 $\mu\text{S}/\text{cm } 20^\circ\text{C}$ na hladině a 41,3 $\mu\text{S}/\text{cm } 20^\circ\text{C}$ u dna.

Nádrž Žermanice nebyla do hodnocení zahrnována, protože data o specifické vodivosti této nádrže v databázi chybí.



Graf č.4: Klasifikace vodních nádrží do tříd dle velikosti specifické vodivosti (databáze PřF UK, 1994-1995)



Graf č.5: Porovnání hodnot specifické vodivosti naměřených u dna a na hladině vybraného souboru nádrží (databáze PFF UK, 1994-1995).

Anorganický dusík

V tabulce jsou uvedeny hodnoty anorganického dusíku v údolních nádržích. Dále je uveden aritmetický průměr ($285 \mu\text{eq l}^{-1}$), vypočítaný jednak ze sumy $\text{NH}_4\text{-N}$ a $\text{NO}_3\text{-N}$ a také jednotlivě z hodnot $\text{NH}_4\text{-N}$ ($53 \mu\text{eq l}^{-1}$) a $\text{NO}_3\text{-N}$ ($232 \mu\text{eq l}^{-1}$). V tabulce jsou uvedeny hodnoty naměřené na hladině i hodnoty naměřené u dna nádrže.

Nejvyšší hodnotu anorganického dusíku má údolní nádrž Vrchlice ($405 \mu\text{eq l}^{-1}$ na hladině, $614 \mu\text{eq l}^{-1}$ u dna). Tato hodnota je dána především vysokým zastoupením $\text{NO}_3\text{-N}$ iontů, jejichž množství je silně nadprůměrné a je druhé nejvyšší z celého souboru. Vyšší hodnoty koncentrace $\text{NO}_3\text{-N}$ má jen údolní nádrž Želivka ($600 \mu\text{eq l}^{-1}$ na hladině), která má druhou nejvyšší hodnotu anorganického dusíku souboru údolních nádrží. Vysoké hodnoty anorganického dusíku byly dále naměřeny v nádrži Hracholusky, kde jsou nadprůměrné obě hodnoty $\text{NH}_4\text{-N}$ iontů i $\text{NO}_3\text{-N}$ iontů jak na hladině tak i u dna nádrže.

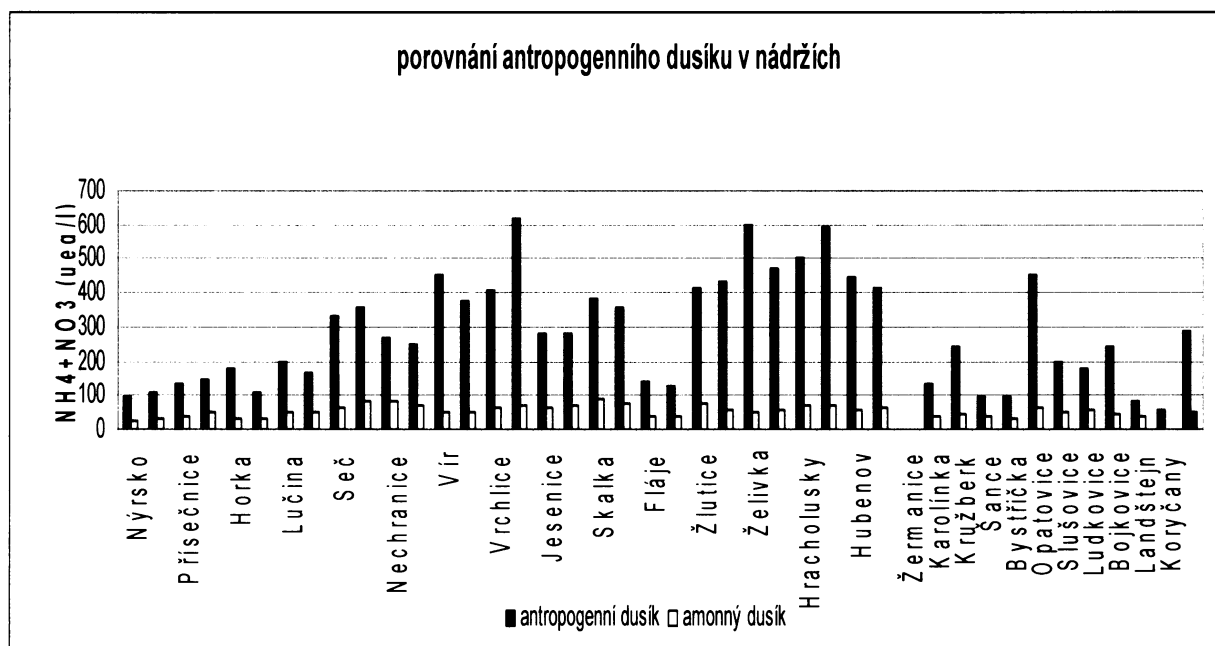
Dále byly vysoké koncentrace naměřené v nádržích Opatovice, Žlutice, Vír a Hubenov.

Naopak nejnižší hodnoty se vyskytují v nádrži Nýrsko. Zde je množství anorganického dusíku na hladině $92 \mu\text{eq l}^{-1}$ a u dna $111 \mu\text{eq l}^{-1}$.

U nádrže Žermanice chybí v databázi údaje o koncentraci amonného i dusičnanového dusíku, proto nejsou v tabulce uvedeny. Výpočty aritmetických průměrů jsou počítány bez této nádrže.

Kód	Jméno údolní nádrže		NH ₄ -N+NO ₃ -N μeq l ⁻¹	NH ₄ -N μeq l ⁻¹	NO ₃ -N μeq l ⁻¹
454	Nýrsko	hladina	92	24	68
455	Nýrsko	dno	111	29	82
456	Přísečnice	hladina	132	36	96
457	Přísečnice	dno	147	53	94
458	Horka	hladina	181	34	147
459	Horka	dno	108	32	77
460	Lučina	hladina	196	48	148
461	Lučina	dno	168	48	119
462	Seč	hladina	331	62	270
463	Seč	dno	356	81	276
464	Nechranice	hladina	270	84	185
465	Nechranice	dno	248	71	177
466	Vír	hladina	449	49	399
467	Vír	dno	373	51	322
468	Vrchlice	hladina	405	64	341
469	Vrchlice	dno	614	72	542
470	Jesenice	hladina	278	62	217
471	Jesenice	dno	282	69	214
472	Skalka	hladina	383	91	292
473	Skalka	dno	356	78	279
474	Fláje	hladina	142	40	102
475	Fláje	dno	124	36	88
476	Žlutice	hladina	413	78	336
477	Žlutice	dno	435	56	379
478	Želivka	hladina	600	51	550
479	Želivka	dno	474	55	419
480	Hracholusky	hladina	505	67	438
481	Hracholusky	dno	589	73	516
482	Hubenov	hladina	445	54	390
483	Hubenov	dno	412	67	346
484	Žermanice				
485	Karolínka		136	41	95
486	Kružberk		241	47	193
487	Šance		94	38	56
488	Bystřička	hladina	98	35	63
489	Opatovice		450	63	387
490	Slušovice		197	51	146
491	Ludkovice		177	56	121
492	Bojkovice		243	46	197
493	Landštejn		82	37	45
494	Koryčany		58	0	58
	Aritmet. průměr		285	53	232

Tab. č.2: Anorganický, amonný a dusičnanový dusík u vybraného souboru nádrží (databáze PŘF UK, 1994-1995)



Graf č.6: Porovnání hodnot anorganického a amonného dusíku ve vybraném souboru údolních nádrží s průměrnou hodnotou (databáze PřF UK, 1994-1995)

5. Diskuze

Koncentrace rozpuštěných minerálních a organických látek má zcela zásadní vliv na povahu vody. Minerální látky, které jsou většinou ve vodě disociovány jako kladné či záporné ionty, se v určitém množství nacházejí v jakékoliv přírodní povrchové i podzemní vodě bez ohledu na její původ. Tyto látky se do vody dostávají nejčastěji reakcí s geologickým podložím, vymýváním půdy a atmosféry a prostřednictvím rozkladu odumřelé organické hmoty rostlinného i živočišného charakteru. S rostoucím zatížením přírody člověkem se pak k přírodním vlivům přidává i nemalý vliv antropogenní, přímý i zprostředkovaný (Hrdinka, 2004).

pH

Kyselost vodných roztoků je způsobena nadbytkem vodíkových iontů H^+ , zásaditost nadbytkem iontů OH^- . Jakákoliv změna v koncentraci jednoho, má za následek změnu koncentrace druhého. Pro vyjádření kyselé či alkalické reakce vody se používá tzv. vodíkového exponentu pH (Lellák, Kubíček, 1992).

Přírodní vody představují roztoky různých látek proměnlivých koncentrací. Jejich reakce kolísá od pH 3 v kyselých rašelinných vodách po pH 10 ve vodách s vysokým obsahem uhličitánů a bohatými porosty vegetace. Větší odchylky hodnoty pH vody od neutrálního stavu naznačují zatížení vody nečistotami (Netopil a kol., 1984).

Pro povrchové vody využívané jako zdroj pitné vody se připouští rozmezí pH 6,5-8,5. O udržení pH v těchto mezích rozhoduje především dostatečné množství $Ca(HCO_3)_2$, který společně s H_2CO_3 brání většímu kolísání pH.

Nízké pH bývá nejčastěji tam, kde je ve vodě málo vápníku a kde se rozkládá velké množství organických látek. Snížené pH povrchových vod bývá často způsobeno kyselými odpadními vodami nebo kyselými dešti.

Zvýšené pH je nejčastěji způsobeno intenzivní fotosyntetickou činností vodních rostlin, sinic a řas.

Průměrná hodnota pH v souboru údolních nádrží byla vypočítána na 6,9. Vyšší hodnoty pH nádrží Koryčany, Bojkovice, Ludkovice a Slušovice je pravděpodobně způsoben vyšší tvrdostí vody a zvýšenou fotosyntetickou činností v nádržích.

Nízké hodnoty pH (6,28) byly naměřeny v nádržích Fláje a Landštejn. Tato hodnota opět koreluje s nízkou hodnotou koncentrací vápníku a hořčíku a alkalitou.

Koncentrace vápníku a hořčíku

Ve vodě je vápník a hořčík přítomen obvykle ve formě iontů a dostává se do ní především vyluhováním z podloží. Ve vodních ekosystémech se pak uplatňuje zejména v pufracním vlivu uhličitánů na pH vody, který však může být potlačen intenzivní fotosyntetickou činností fytoplanktonu.

Vápník, pH a vodivost jsou ve vzájemných vztazích-z vysokých koncentrací vápníku vyplývá vysoká tvrdost a vyšší pH vody (Jánský, 2003).

Vápník se do vody dostává především vyluhováním dolomitů, vápenců, sádrovců a dalších minerálů. Větší množství vápníku ve vodách je dáno obsahem rozpuštěného CO₂, který výrazně zvyšuje rozpustnost látek na bázi uhličitánů. Umělým zdrojem vápníku jsou odpadní vody z provozů, kde dochází k neutralizaci vápnem či vápencem.

Hořčík se vyskytuje často ve spojitosti s vápníkem, s nímž má podobné chemické vlastnosti. Do vody se uvolňuje především vyluhováním dolomitů, magnezitů a dalších minerálů. Jeho rozpustnost ve vodě je dána obsahem CO₂. Umělým zdrojem hořčíku ve vodách jsou opět odpadní vody z provozu, kde dochází k odkyselování vody filtrací různými alkalickými hmotami.

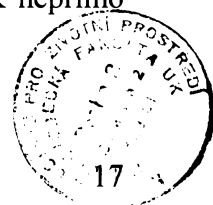
Jako prvek limitující růst planktonních řas se může uplatnit pouze ve vodách s mimořádně vysokým obsahem sodíku (Hrdinka, 2004).

V souboru údolních nádrží nejsou koncentrace vápníku a hořčíku vysoké. Voda ve vodních nádržích je v hodnocení tvrdosti převážně vodou velmi měkkou či měkkou.

Koncentrací vápníku a hořčíku se od ostatních vodních nádrží odlišují Koryčany, kde je suma vápníku a hořčíku rovna 6021 µeq l⁻¹. Voda v této nádrži je podle tabulek tvrdosti vody hodnocena jako voda tvrdá (2,51-3,75 mmol/l). Zvýšenému množství vápenatých a hořečnatých kationtů odpovídá i zvýšená alkalita a hodnota pH této nádrže. Tyto hodnoty jsou ovšem stále v normě, která stanovuje pro vodárenské toky maximální hodnotu Ca²⁺ 200 mg/l a pro Mg²⁺ maximální hodnotu 100 mg/l.

Alkalita

Alkalita nebo-li kyselinová neutralizační kapacita (KNK) je mírou stability pH. Jde o schopnost vody vázat určité množství kyseliny při udržení konstantní hodnoty pH. Čím vyšší je tento parametr, tím má voda (a látky v ní rozpuštěné) větší schopnost neutralizovat kyselinu, která je do vody přidána. Hodnota KNK nepřímo informuje o množství rozpuštěného vápníku a hořčíku ve vodě.



Celková alkalita v přirozených vodách je dána především koncentrací hydrogenuhličitanů. Ovšem u silně znečištěných vod a vod odpadních mohou hrát stejně významnou či dokonce dominující roli i jiné přítomné látky kyselé či zásadité povahy. Stabilnímu pH vody odpovídají hodnoty KNK nad 5 mmol/l.

Průměrná hodnota alkality vybraného souboru vodních nádrží byla spočítána na 772 $\mu\text{eq l}^{-1}$. Vysoké hodnoty alkality se objevují u vodních nádrží, kde byly také naměřeny vysoké koncentrace vápníku a hořčíku. Výrazně se svojí hodnotou alkality odlišují od ostatních údolních nádrží Koryčany a Bojkovice. Alkalita těchto nádrží přesahuje 3000 $\mu\text{eq l}^{-1}$. Charakteru značně oživené stojaté vody odpovídají i vysoké hodnoty pH těchto nádrží, zvýšeným především vyčerpáním CO_2 .

Naopak nízká alkalita byla naměřena v nádrži Fláje a Nýrsko, hodnota alkality opět koreluje s nízkou koncentrací vápníku a hořčíku i s nižší hodnotou pH.

Specifická vodivost

Stanovení vodivosti (konduktivity) nám dává informaci o koncentraci kationtů a aniontů ve rozpuštěných ve vodě, ovšem bez možnosti určení jejich druhu (Jánský, 2003). Vodivost závisí na koncentraci a disociačním stupni elektrolytů, nábojovém čísle iontů, pohyblivosti iontů v elektrickém poli a teplotě vody. Změna teploty o 1°C vyvolá změnu vodivosti o 2%. Proto má temperování při stanovení vodivosti velký význam. V této práci ke klasifikaci použita vodivost při 20°C.

U přirozených vod je konduktivita vody tvořena hlavně sumou vápenatých a hořečnatých hydrogenuhličitanů a síranů. Na konduktivitě se v malé míře podílí i sloučeniny sodíku a draslíku spolu s dusičnany respektive fosfáty. Konduktivita přirozených povrchových vod se pohybuje mezi 50-500 $\mu\text{S/cm}$ 20°C.

Průměrné zastoupení disociovaných látek ve vybraném souboru údolních nádrží je určen hodnotou specifické vodivosti 228,5 $\mu\text{S/cm}$ 20°C. Ta ukazuje spíše nižší obsah kationtů a aniontů v nádržích. Výrazně nadprůměrné hodnoty mají především nádrže Koryčany, Vrchlice a Bojkovice. Tyto hodnoty jsou pravděpodobně způsobeny hlavně vysokou koncentrací vápníku a hořčíku v nádržích, u nádrže Vrchlice i vysokou koncentrací dusičnanů.

Nízké hodnoty specifické vodivosti byly naměřeny především v nádrži Nýrsko (42,8 $\mu\text{S/cm}$ 20°C na hladině a 41,3 $\mu\text{S/cm}$ 20°C u dna). Nádrž Nýrsko se

vyznačuje velmi čistou vodou bez řas a sinic, která se snadno upravuje na vodu pitnou (online:www.pvl.cz).

Anorganický dusík

Dusík je spolu s uhlíkem, kyslíkem a vodíkem jedním z hlavních biogenních prvků. Organismy přijímají dusík ve většině případů pouze v anorganických (amoniak, dusitany, dusičnany) nebo organických sloučeninách (močovina, proteiny, nukleové kyseliny).

Dusičnany (NO_3^-) jsou v malém množství vždy ve vodě přítomny, jejich velké množství indukuje možné bakteriologické znečištění. V povrchových vodách podporují rozvoj fytoplanktonu a vodních rostlin, které využívají dusičnany přímo jako živiny. Spolu s fosforem tak zapříčiňují vznik eutrofizace. Koncentrace dusičnanů ve vodách je mírou zemědělského ovlivnění povodí údolní nádrže.

Primární producenti využívají dusík spíše v anorganické formě - dusičnanech, planktonní řasy ve formě amoniaku, který vzniká hnitím organických dusíkatých látek bez dostatečného přístupu kyslíku. Volný dusík jsou schopny vázat bakterie a sinice (Netopil a kol., 1984).

Amonné ionty (NH_4^+) ve vodě jsou primárním následkem rozkladu odumřelé organické hmoty heterotrofními bakteriemi v kombinaci s produkty zvýšeného metabolismu v době vyšší teploty vody (Wetzel, 2001). Amonné ionty však také mohou indikovat čerstvé znečištění organického charakteru.

Vysoké hodnoty anorganického dusíku byly naměřeny především v nádržích Vrchlice a Želivka. Obě tyto nádrže mají v porovnání s ostatními údolními nádržemi vysoké hodnoty dusičnanového dusíku, nádrž Vrchlice navíc i vysoké hodnoty amoniakálního dusíku.

Nadprůměrné hodnoty dusičnanového dusíku jsou pravděpodobně způsobeny hlavně zemědělskou činností (splachy ze zemědělsky obhospodařované půdy, odpady ze zemědělské výroby).

Dusičnany ve vodách v důsledku vyplavování půdním profilem nebo erozí a povrchovým odtokem způsobují kontaminaci hydrosféry a spolu s fosforem zapříčiňují vznik eutrofizace. Antropogenní eutrofizace vod vzniká především smýváním dusíkatých a fosforečných hnojiv z polí, splaškovými vodami a fekáliemi.

V eutrofizované vodě dochází k masovému rozvoji řas a sinic, jejichž hromadění při hladině se označuje jako vodní květ (Kvítek , Tippl, 2003).

Zvýšené koncentrace amoniakálního dusíku, které byly naměřeny především v nádržích Skalka, Seč a Nechranice, indikující mimo jiné i čerstvé znečištění organického charakteru, budou pravděpodobně způsobeny masovou rekreací a činnostmi s ní spojenou.

6. Závěr

Práce klasifikovala vybraný soubor údolních nádrží na základě chemismu vod. Ke klasifikaci bylo vybráno pět hlavních parametrů: pH, alkalita, suma koncentrace vápníku a hořčíku, specifická vodivost a koncentrace anorganického dusíku. Tyto parametry podávají základní informace o stavu a kvalitě vody v nádržích.

Specifická vodivost je mírou množství rozpuštěných látek ve vodě . Alkalita a suma koncentrace vápníku a hořčíku informuje o pufrční schopnosti vody v nádrži a o ovlivnění vody geologickým podložím v povodí. Koncentrace anorganického dusíku (suma $\text{NO}_3\text{-N}$ a $\text{NH}_4\text{-N}$) podává informaci o zemědělském ovlivnění nádrže a také o znečištění organického charakteru. Hodnoty parametru pH závisí na chemickém a biologickém znečištění a fotosyntetické činnosti v nádrži.

Ke klasifikaci vodních nádrží byly použity základní statistické metody a tabulkový program Excel ve kterém byla zpracovávána data z databáze výsledků chemických analýz.

Průměrné zastoupení disociovaných látek ve vybraném souboru údolních nádrží je určen hodnotou specifické vodivosti $228,5 \mu\text{S/cm}$ 20°C . Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v údolní nádrži Koryčany, nejnižší v nádrži Nýrsko.

Průměrná hodnota alkality vybraného souboru vodních nádrží je $772 \mu\text{eq l}^{-1}$. Od ostatních údolních nádrží se vysokou alkalitou odlišují nádrže Koryčany a Bojkovice. Nízké hodnoty byly neměřeny v nádržích Fláje a Nýrsko.

Suma koncentrace vápníku a hořčíku koreluje s hodnotami pH a vodivosti. Vysoké koncentrace byly naměřeny opět v Koryčanech. Voda v této nádrži je hodnocena podle tabulek jako voda tvrdá, má vyšší pH i alkalitu.

Anorganický dusík je sumou koncentrací dusičnanů a amoniakálního dusíku. Průměrná hodnota v souboru údolních nádrží byla spočítána na $285 \mu\text{eq l}^{-1}$.

Nejvyšší hodnoty byly naměřeny především v nádržích Želivka a Vrchlice, které mají nadprůměrné hodnoty především dusičnanového dusíku. Naopak nízká koncentrace anorganického dusíku je charakteristická pro vodní nádrž Landštejn.

Z klasifikace tohoto souboru údolních nádrží bych chtěla vycházet ve své diplomové práci. Ta by se měla týkat nejen klasifikace údolních nádrží, ale i zatopených lomů a přírodních nádrží (jezer) na území České republiky.

7. Použitá literatura

- HRBÁČEK, J., 1981: Produkční vztahy, výchozí struktura pro posuzování eutrofizace údolních nádrží. Academia, Praha, s. 7- 17.
 - HRDINKA, T., 2004: Antropogenní jezera České republiky, Diplomová práce PřF UK, Praha, s. 115-118.
 - JÁNSKÝ, B. a kol., 2003: Jezera České republiky. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha, s. 18-19.
 - JÁNSKÝ, B., 1989: Bajkal- perla Sibíře. Panorama, Praha, s. 57-59.
 - KOBUTOVÁ, M., 1983: Metody chemické analýzy přírodních vod, Ústřední ústav geologický, Praha, s. 27-30.
 - KOSUR, D., 2006: Hodnocení jakosti vody vodárenských nádrží a jejich přítoků z období 2005-2006
 - KŘÍŽ, V., 1996: Vodní nádrže a jezera České republiky, SPN, Praha, s.7-9.
 - KŘÍŽ, V., 1998: Hydrometrie. 1 vyd. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, s. 176.
 - KRATOCHVIL, S., 1961: Vodní nádrže a přehrad. Academia, Praha, s. 39-42.
 - KVÍTEK, T.- TIPPL, M., 2003: Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, s. 9-13.
 - LELLÁK, J.- KUBÍČEK, F., 1992: Hydrobiologie. Karolinum, Praha, s. 260.
 - NETOPIL, R. a kol., 1984: Fyzická geografie I., SPN, Praha, s. 273-275.
 - ŠOBR, M., 2007: Jezera České republiky: fyzicko-geografické a fyzikálně-limnologické poměry, Disertační práce PřF UK, Praha, s. 130-140.
 - VLČEK, V. a kol., 1984: Vodní toky a nádrže. Academia, Praha.
 - WETZEL, R.G., 2001: Limnology. Academic Press, San Diego, s. 1006.
-
- Povodí Labe, státní podnik (online). (cit.2007-08-16). <[http:// www.pla.cz/](http://www.pla.cz/) >
 - Povodí Odry, státní podnik (online). (cit. 2007-08-16). < <http://www.pod.cz/> >
 - Povodí Ohře, státní podnik (online). (cit. 2007-08-16). < <http://www.poh.cz/> >
 - Povodí Vltavy, státní podnik (online). (cit. 2007-08-16). < <http://www.pvl.cz/> >
 - Povodí Moravy, státní podnik (online). (cit. 2007-08-16). < <http://www.pmo.cz/> >
 - Vodohospodářský informační portál (online). (cit. 2007-08-16). < <http://voda.gov.cz/portal/cz> >

