

## Chemismus a oživení šumavských jezer na počátku 60-tých let

### Chemistry and biology of the Bohemian Forest lakes in the early 1960s

Lidmila Procházková<sup>1)</sup> & Pavel Blažka<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup>Hydrobiologický ústav AV ČR, Na Sádkách 7, CZ–370 05 České Budějovice

<sup>2)</sup>Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, Branišovská 31,  
CZ–370 05 České Budějovice

#### Abstract

The chemical and biological data from Šumava (Bohemian Forest) lakes sampled occasionally in the beginning of the 60s are critically summarized. Increase of nitrate concentration and drop of pH relative to pre-war values suggest beginning of acidification of these lakes. Analytical methods used then are compared with presently used ones. For nitrate and pH, which are important for evaluation of acidification, the data were well comparable, for the nitrate analytical method satisfactory results of international intercalibration tests are included. The beginning of acidification is also indicated by a lower variability of zooplankton compared to pre-war reports.

*Key words:* glacial lakes, Šumava, acidification, nitrates, pH

#### Úvod

V tomto příspěvku chceme zhodnotit výsledky čtyř jednorázových odběrů a analýz vody šumavských jezer provedených v období 1959–1961, iniciovaných J. Hrbáčkem. Vzhledem k tomu, že se Hydrobiologická laboratoř ČSAV postupně soustředila především na výzkum údolních nádrží, ve sledování šumavských jezer se již nepokračovalo. Proto jsme tyto rozsahem omezené výsledky z dále nesledovaných lokalit nepovažovali za dosti významné pro publikování.

V průběhu dalších let však došlo, především vlivem kyselých spadů, k podstatným změnám hodnot pH, koncentrací síranů, dusičnanů a také biologického oživení tatranských i šumavských jezer (VESELÝ & MAJER 1992, FOTT & al. 1994). Tím vyvstala i důležitost srovnání nastalé situace (zejména v 80. a 90. letech) s údaji z minulosti. Proto i ojedinělé historické údaje o chemismu či oživení šumavských jezer, jako například FRIC (1872), FRIC & VAVRA (1898), JIROVEC & JIROVCOVÁ (1937), ŠRÁMEK–HUŠEK (1942) či WEISER (1947), slouží jako cenné hodnoty pro odhad pozadí. V podobném duchu nyní vnímáme i naše data z počátku 60. let. Některé hodnoty, především pokles pH a signifikantní nárůst koncentrace dusičnanů, které již zřetelně dokumentují počátky okyselování jezerních vod, byly poskytnuty pro publikace autorů, kteří se šumavskými jezery začali systematicky zabývat v 80. a 90. letech (např. VESELÝ & MAJER 1992, Veselý 1994, FOTT & al. 1994, VESELÝ & al. 1998, KOPÁČEK & al. 1998, HEJZLAR & al. 1998). Vzhledem ke značnému využívání těchto dat považujeme za nutné upřesnit podmínky odběru a analýz vzorků.

Cílem tohoto sdělení je uvést všechna tehdy získaná data a zhodnotit jejich vypovídací hodnotu z hlediska současných metod.

## Odběr vzorků vody a použité analytické metody

Vzorky vody byly odebírány Friedingerovým sběračem z gumového člunu přibližně nad nehlubším místem jezera. Pro chemická stanovení byly na místě filtrovány přes fosforbronzové síto s oky o straně 40  $\mu\text{m}$  s výjimkou kyslíku, pH a barvy.

*Dusičnany* – Ke stanovení  $\text{NO}_3\text{-N}$  byla použita redukce síranem hydrazinu na  $\text{NO}_2\text{-N}$  v silně alkalickém prostředí (PROCHÁZKOVÁ 1959). U všech vzorků bylo použito vnitřních standardů a nebyly zjištěny žádné interference. Všechny naměřené koncentrace byly dostatečně vysoké v porovnání s detekčním limitem metody (0.005  $\text{mg l}^{-1}$   $\text{NO}_3\text{-N}$ ). Správnost námi použité metody byla navíc dodatečně ověřována při interkalibračních testech v letech 1993–1997 (AQUACON 1993–1997, NIVA 1994–1997). Ve všech případech tato kolorimetrická metoda dávala hodnoty dobře odpovídající koncentracím v kontrolních vzorcích (Obr. 1.). V roce 1998 bylo provedeno paralelní stanovení vzorků šumavských jezer touto kolorimetrickou metodou a iontovou chromatografií (Thermo Separation Products, USA). Z výsledku na Obr. 2. je patrná shoda mezi oběma metodami. Výsledky stanovení dusičnanů z 60. let je tedy možno považovat za zcela spolehlivé a srovnatelné se současnými analytickými postupy.

*Organický dusík a  $\text{NH}_4\text{-N}$*  – V 60. letech nebyla k dispozici spolehlivá metoda stanovení  $\text{NH}_4\text{-N}$  použitelná přímo v terénu a destilační stanovení v laboratoři po několika dnech by poskytl zcela nereálné výsledky. Z tohoto důvodu byl stanoven pouze součet organického a amoniakálního dusíku pomocí Kjeldahlovy metody: destilačně po mineralizaci s čerstvě destilovanou  $\text{H}_2\text{SO}_4$  za přidání chloridových iontů k potlačení interference nitrátů (PROCHÁZKOVÁ 1960). Tato metoda není příliš citlivá (detekční limit  $\sim 0.05$   $\text{mg l}^{-1}$  N) a proto její výsledky v oblasti nízkých koncentrací jsou pouze orientační.

*Celkový fosfor* – Vzorky pro stanovení P byly mineralizovány kyselinou chloristou (HANSEN & ROBINSON 1953) a uvolněný  $\text{PO}_4\text{-P}$  byl stanoven extrakční metodou (n-butanol) podle PROCTORA & HOODA (1954). Tato metoda dává spolehlivé výsledky, její detekční limit je kolem 0,3  $\mu\text{g. l}^{-1}$  P). Porovnání tohoto postupu s jinými metodami stanovení celkového P (POPOVSKÝ 1970, KOPÁČEK & al. 1995) prokázalo dobrou shodu. Dostatečná citlivost metody byla zajištěna odpařením 100 ml vzorku. Nalezené hodnoty celkového P lze proto považovat za spolehlivé a porovnatelné se současnými analytickými postupy.  $\text{PO}_4\text{-P}$  v jezerní vodě nebyl stanovován ze stejného důvodu jako  $\text{NH}_4\text{-N}$ .

*Síraný* – Koncentrace  $\text{SO}_4^{2-}$  jsme stanovili kolorimetrickou metodou s chloranilátem barnatým (PROCHÁZKOVÁ 1961). Tato metoda dává spolehlivé výsledky při koncentracích vyšších než 10  $\text{mg. l}^{-1}$   $\text{SO}_4^{2-}$ . Protože koncentrace síranů nalezené v šumavských jezerech byly nižší, lze tyto hodnoty považovat pouze za přibližné.

*pH* – Hodnoty pH jsme měřili na místě komparátorem Lovibond. Tato kolorimetrická metoda může dát spolehlivé výsledky, jsou-li dodrženy tyto zásady: a) Roztoky indikátorů musí mít pH barevného přechodu (není-li tomu tak, je třeba je opatrně vytitrovat slabou kyselinou nebo zásadou). Toto opatření je zejména nutné v málo pufovaných vodách mezi něž šumavská jezera patří. b) Intenzita srovnávaných zabarvení musí být shodná (úprava koncentrace případně objemu přidávaného indikátoru). c) Krajní hodnoty na kotoučku musí být ověřeny indikátorem sousedního rozsahu pH. Při dodržení těchto zásad je shoda s potenciometrickým měřením dobrá, jak prokázalo opakované měření v roce 1998 (Obr. 3.). Extremně nízké hodnoty pH dne 28. 6. 1961 (4,1 na Prášilském a Plešném jezeře) byly patrně způsobené kontaminací (okyselením) roztoku indikátoru během transportu mezi odběry na jezerech Černém a Laka a výše uvedených jezerech a jedná se tak pravděpodobně o chybné údaje. Tomu nasvěd-

čují i o 1–1,5 jednotky vyšší hodnoty pH, které jsme na těchto jezerech naměřili v předešlém roce i v témže roce o dva měsíce později.

**CHSK<sub>C</sub>** – Hodnota chemické spotřeby kyslíku byla stanovena dichromanovou metodou (HRBAČEK & al. 1959). Metoda byla vypracována pro vody s vyšším obsahem organických látek a v oblasti pod 10 mg l<sup>-1</sup> poskytuje hodnoty jen orientační.

**Vodivost** – Hodnoty vodivosti byly měřeny při 20 °C na Conductometru (Labora). Odečítání hodnot na tomto přístroji je poněkud obtížné a naměřené hodnoty mají větší rozptyl než u současných přístrojů. Získané hodnoty lze proto považovat pouze za orientační.

**Rozpuštěný kyslík** – Koncentrace O<sub>2</sub> byla stanovena Winklerovou titrační metodou (HRBAČEK & al. 1974), která je v čistých vodách spolehlivá a dává hodnoty srovnatelné s měřením elektrometrickým (BLAŽKA, nepublikované údaje). Uvedené hodnoty lze proto považovat za správné a srovnatelné se současnými daty.

**Průhlednost** byla stanovena pomocí Secchiho desky (HRBAČEK & al. 1974).

**Barva** – Hodnota barvy vody byla vyjadřována v mg Pt · l<sup>-1</sup> a k jejímu stanovení byly použity barevné kotoučky fy Hellige. Porovnatelnost tohoto stanovení s měřením hodnot absorbance vody při různých vlnových délkách jsme netestovali.

**Teplota** – K měření teploty byly použity kalibrované teploměry a měření bylo prováděno ve Friedingerově sběrači (tj. v dostatečně velkém objemu vody) ihned po jeho vytažení.

**Vápník a hořčík** – Koncentrace Ca<sup>2+</sup> a Mg<sup>2+</sup> byly stanoveny titračně roztokem EDTA za indikace eriochromovou černí (suma Ca<sup>2+</sup> a Mg<sup>2+</sup>) a murexidu (jen Ca<sup>2+</sup>) podle HRBAČKA & al. (1974). Barevný přechod murexidu je méně ostrý a proto může být chyba spíše ve vzájem-

**Tabulka 1.** – Výsledky chemických analýz – hladinové vzorky.

**Table 1.** – Results of chemical analyses – surface samples.

jezero, datum lake, date	NO <sub>3</sub> -N mg.l <sup>-1</sup>	N <sub>org</sub> +N H <sub>4</sub> -N mg.l <sup>-1</sup>	P <sub>celk</sub> μg.l <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg.l <sup>-1</sup>	CHSK COD mg O.l <sup>-1</sup>	vodivost conduct. μS.cm <sup>-1</sup>	pH	průhled. transpar. m	teplota °C	O <sub>2</sub> mg.l <sup>-1</sup>	barva colour mgPt.l <sup>-1</sup>
<b>Černé j.</b>											
29. 5. 1959	0,55	0,09	-		1,4	22,7					
22. – 24. 8. 1960	0,47	0,06	4	3	2,0	22,5	6,0	14	16,5	9,9	<5
27. – 28. 6. 1961	0,52	0,18	4	2	10	24,4	5,4	8	15,5	9,0	<5
29. – 30. 8. 1961	0,45	0,10	2		3	25,3	6,2	12,5	14,3	10,1	5
<b>Čertovo j.</b>											
22. – 24. 8. 1960	0,24	0,08	5	4	18	27,7	5,0		14,5	9,9	<5
<b>Laka</b>											
22. – 24. 8. 1960	0,37	0,16	9	2	12	16,6	5,8	2,8	14,8	9,5	12
27. – 28. 6. 1961	0,51	0,14	9	0,6	14	17,0	5,6	3	18,0	11,7	5
29. – 30. 8. 1961	0,35	0,18	11		6	17,1	6,0	2,5	15,5	9,5	25
<b>Prášílské j.</b>											
22. – 24. 8. 1960	0,18	0,14	6	3	8	19,2	5,3	8	16,5	9,5	<5
27. – 28. 6. 1961	0,24	0,18	7	1,3	17	21,5	(4,1)	4	20,0	9,0	5
29. – 30. 8. 1961	0,08	0,28	10		7	18,9	5,7	3,5	18,5	10,9	15
<b>Plešné j.</b>											
29. 5. 1959	0,58	0,29			8,5	29,9					
22. – 24. 8. 1960	0,42	0,25	9	5	10	32,6	5,0	2	15,3	9,9	5
27. – 28. 6. 1961	0,27	0,33	11	1,3	3	31,8	(4,1)	1,7	19,0	9,1	8
29. – 30. 8. 1961	0,14	0,27	7		6	29,0	5,4	1,5	15,8	9,8	10

**Tabulka 2.** – Zonace pH, kyslíku a teploty v šumavských jezerech 29. – 30. 8. 1961.**Table 2.** – Stratification of pH, oxygen and temperature in the Šumava lakes on 29 and 30 Aug. 1961.

m	Černé jezero			Prášílské jezero			Plešné jezero			Laka		
	pH	O <sub>2</sub> mg.l <sup>-1</sup>	°C	pH	O <sub>2</sub> mg.l <sup>-1</sup>	°C	pH	O <sub>2</sub> mg.l <sup>-1</sup>	°C	pH	O <sub>2</sub> mg.l <sup>-1</sup>	°C
0	6,2	10,1	14,3	5,7	10,9	18,5	5,4	9,8	15,8	6,0	9,5	15,5
1	-	-	-	-	-	-	5,8	9,9	15,3	6,0	10,6	12,1
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	10,8	10,9
3	-	-	-	5,9	11,3	13,3	5,5	10,4	13,5	6,0	10,9	10,9
5	6,0	10,2	12,7	6,0	11,3	12,2	5,2	10,8	11,2			
7	-	-	-	5,5	9,5	8,5	-	-	-			
10	6,0	10,6	12,3	5,5	5,7	8,6	5,2	6,9	8,1			
13	-	-	-	-	-	-	5,2	6,2	7,6			
15	6,1	10,9	10,1	5,3	0 <sup>1)</sup>	4,5						
20	6,1	10,8	6,0									
30	5,6	8,3	5,2									

Vysvětlivky: <sup>1)</sup> zápach H<sub>2</sub>S

ném poměru obou kationtů, protože koncentrace Mg<sup>2+</sup> byla určena z rozdílu obou stanovení. Naměřené hodnoty (Ca<sup>2+</sup> ~1,5 mg.l<sup>-1</sup>, Mg<sup>2+</sup> ~1 mg.l<sup>-1</sup>) byly na spodním okraji oblasti citlivosti metod, nicméně jsou zřetelně vyšší, než data z 80. a 90. let (viz např. VESELY & al. 1998).

*Chloridy* – Koncentrace Cl<sup>-</sup> byly stanoveny titrací roztokem dusičnanu rtuťatého o koncentraci 0.014 mol l<sup>-1</sup>, indikátorem byl difenylkarbazid (HRBAČEK & al. 1974). Pro jezerní vody byla tato metoda málo citlivá a barevný přechod nastal první kapkou titračního činidla. Koncentrace Cl<sup>-</sup> ve všech jezerech tak byly nižší než mez detekce (0.5–1.0 mg l<sup>-1</sup>).

*Alkalita (KNK<sub>4,5</sub>)* – Alkalita byla stanovena titračně s 0,1 N HCl na bromfenolovou modř s korekcí na destilovanou vodu (HRBAČEK & al. 1974). Tato metoda je pro šumavská jezera na rozdíl od nyní používaných metod (např. Granova titrace) málo citlivá. Nicméně, zjištěné hodnoty 0.04–0.1 mmol l<sup>-1</sup> naznačují, že uhlíčitánový pufrací systém jezerních vod nebyl v té době ještě zcela vyčerpán.

*Zonace pH, kyslíku a teploty* – Během letní teplotní stratifikace byla měřena zonace pH, kyslíku a teploty ve všech českých šumavských jezerech s výjimkou Čertova. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 2.

Z Tabulky 2 a Obr. 4 vyplývá, že zonace pH v hlubších jezerech, tedy s výjimkou jezera Laka, na počátku 60-tých let byly charakterizovány nejnižšími hodnotami pH u dna, což ještě odpovídá klasickému průběhu v jezerech (WETZEL 1983).

Naproti tomu v acidifikovaných jezerech v 80–90-tých letech je nejnižší pH u hladiny (Obr. 4). Zonace pH z období 1960–61 tedy dokumentuje počáteční stadium acidifikace, stejně jako údaje o koncentraci dusičnanů.

## Biologická data

*Bakterie* – vzorky pro stanovení jejich koncentrace byly odebírány z člunu do sterilních lahví upevněných na delším drátěném závěsu. Pro vyhodnocení byla použita metoda přímých počtů, filtry byly barveny erythrosinem (Tabulka 3).

**Tabulka 3.** – Počty bakteriálních buněk ( $10^6 \text{ ml}^{-1}$ ) v povrchové vodě jezer.

**Table 3.** – Direct counts of bacterial cells (milions per ml) in surface water of the Šumava lakes.

datum	Černé j.	Čertovo j.	Laka	Prášílské j.	Plešné j.
22.- 24.8.1960	0,479	0,618	0,478	0,263	3,494

**Tabulka 4.** – Biomasa zooplanktonu (vertikální tahy, síť cca 200  $\mu\text{m}$ ).

**Table 4.** – Biomass of zooplankton (vertical net hauls, 200  $\mu\text{m}$  mesh).

datum date	jezero lake	Odebraný sloupec (m) column sampled (m)	biomasa biomass (mg N. $\text{dm}^{-2}$ )
27.-28. 6. 1961	Černé	30	0,05
	Prášílské	12	0,03
	Plešné	5	0,05
		11	0,15
29.-30. 8. 1961	Černé	5	0,04
		25	0,37
	Prášílské	12	0,15
	Plešné	12	0,18

*Zooplankton* byl odebírán vertikálními tahy planktonních sítí vybavených plátěným Apsteinovým nástavcem. Pro kvalitativní vzorky byla použita síť o hustotě č. 13 (cca 100  $\mu\text{m}$ ), pro kvantitativní č. 8 (cca 200  $\mu\text{m}$ ). Biomasa byla stanovována Kjeldahlovou metodou (Tabulka 4). Kvalitativní údaje o zooplanktonu: v Černém jezeře byly v letech 1960–61 zjištěny druhy *Ceriodaphnia quadrangula* a *Cyclops sp.*, *Acroperus harpae* a *Alonopsis elongata*. V Plešném jezeře byl rovněž *Cyclops sp.* V ostatních jezerech byly zachyceny jen ojedinělé organismy.

*Bentos* byl odebírán Friedingerovým bentickým sběračem z člunu. Dne 27. 6. 1961 bylo v Černém jezeře nalezeno hojně: *Procladius*, *Tanypodinae*, *Tubificidae*, časté: *Stempelinella*, *Chironominae*, řídké: *Heterotrisocladius gr. marcidus*, *Psectrocladius*, ojedinělé: *Ostracoda g.sp.*, *Alona quadrangularis*, v detritu: cf. *Microtendipes* (hlav. kapsuly), cf. *Tanytarsus*, *Tanypodinae typ cf. Ablabesmyia*.

Ryby – lesní personál nám v r. 1960 sdělil recentní nález živého sivena v jezeře Laka a uhybnulého sivena v Prášílském j.

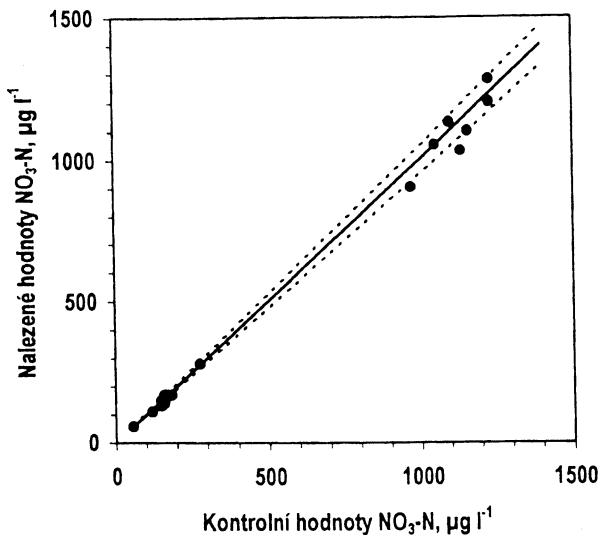
## Závěr

Výsledky z počátku 60. let jsou cenné především pro dokumentování počátku acidifikace horských jezer vzestupem koncentrace dusičnanů a poklesem pH. Příslušné metody byly prověřeny a data lze považovat za spolehlivá. Ke spolehlivým patří také údaje o koncentraci celkového fosforu, kyslíku a průhlednosti. Za orientační považujeme součet organického a amoniakálního dusíku, CHSK, sírany, vápník a hořčík. Pro malou citlivost nepovažujeme údaje o alkalitě ( $\text{KNK}_{4,5}$ ) a chloridy za použitelné ke kvantitativním závěrům.

**Poděkování.** Děkujeme všem dalším účastníkům odběrů, kteří přispěli svými daty: J. Hrbáčkovi (zooplankton, stanovení celkového P), M. Straškrabovi (kvantita zooplanktonu), V. Straškrabové (údaje o bakteriích), V. Hruškovi (zastoupení bentických organismů). Dále zejména děkujeme J. Kopáčkovi za poskytnutí nepublikovaných dat pro srovnání tehdy použitých metod stanovení pH a dusičnanů se současnými.

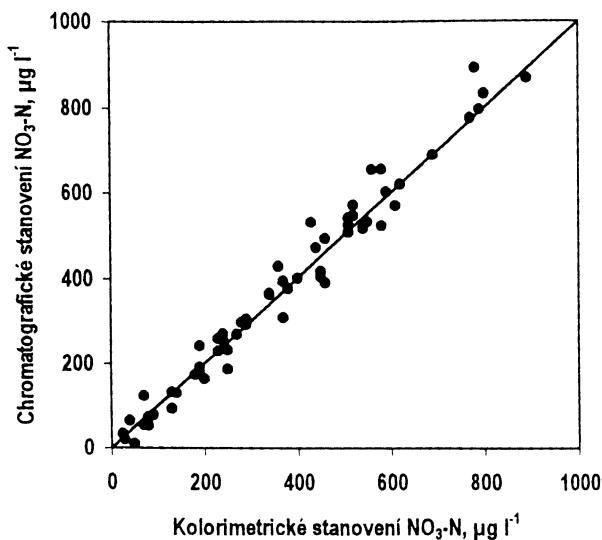
## Literatura

- AQUACON – MED BAS PROJECT, 1993–1997: Subproject No 6: Acid Rain Analysis – Intercomparison.
- FOTT J., PRAŽÁKOVÁ M., STUHLÍK E. & STUHLÍKOVÁ Z., 1994: Acidification of lakes in Šumava (Bohemia) and in the High Tatra Mountains (Slovakia). *Hydrobiologia*, 274: 37–47.
- FRIC A. 1872: Über die Fauna der Böhmerwaldseen. *Sitz. k. böhm. Ges. Wiss. 1*: 3–12.
- FRIC A. & VÁVRA V. 1898: Výzkum dvou jezer šumavských, Černého a Čertova. *Arch. p. přírod. výzkum Čech 10 (3)*: 1–66.
- HANSEN A.L. & ROBINSON R. J. 1953: The determination of organic phosphorus in sea water with perchloric acid oxidation. *J. Mar. Res. 12*: 31–42.
- HEJZLAR J., KOPÁČEK J., VRBA J., ČIŽKOVÁ R., KOMÁRKOVÁ J. & ŠIMEK K., 1998: Limnological study of Plešné Lake in 1994–1995 (Limnologická studie Plešného jezera v letech 1994 až 1995). *Silva Gabreta 2*: 155–174.
- HRBÁČEK J. & al. 1959: Hydrobiologické metody. SPN. Učební texty vysokých škol. 118 pp.
- HRBÁČEK J. & al., 1974: Limnologické metody. *Skripta UK, Praha 208 pp.*
- JÍROVEC O. & JÍROVCOVÁ M., 1937: Chemismus šumavských jezer (Chemistry of the Šumava lakes). *Věstník královské české společnosti nauk, tř. II., 13*: 1–21.
- KOPÁČEK J., HEJZLAR J. & PECHAR L., 1995: Mineralizační postupy pro stanovení celkového fosforu. *Sborník semináře Analytika vody. ČVTVHS, Praha, pp 21–27.*
- KOPÁČEK J., HEJZLAR J., STUHLÍK 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: 357–361.
- NIVA, 1994–1997: Norwegian Institute for Water Research, Intercomparison Project 9408, 9509, 9610, 9711.
- POPOVSKÝ J., 1970: Determination of total phosphorus in fresh waters. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol. 55*: 435–443.
- PROCTOR C. M. & HOOD A. R., 1954: Determination of phosphate in sea water by an iso-butanol extraction procedure. *J. Mar. Res. 13*, 122–132.
- PROCHÁZKOVÁ L., 1959: Bestimmung der Nitrate im Wasser. *Zeitschrift f. analytische Chemie*, 167: 254–260.
- PROCHÁZKOVÁ L., 1960: Einfluss der Nitrate und Nitrite auf die Bestimmung des organischen Stickstoffs und Ammoniums im Wasser. *Arch. f. Hydrobiol 56*: 179–185.
- PROCHÁZKOVÁ L., 1961: Über die Anwendung des Chloranilsäureverfahrens zur colorimetrischen Sulfatbestimmung im Wasser. *Zeitschrift f. analytische Chemie*, 182: 103–107.
- ŠRAMEK–HUŠEK R., 1942: Revize perlooček a buchanek Černého jezera na Šumavě po 66 letech. *Věst. k. spol. nauk tř. II. (IV)*: 1–22.
- VESELÝ J., 1994: Investigation of the nature of the Šumava lakes: A review (Přehled přírodních poměrů šumavských jezer). *Časopis Národního muzea, řada přírodovědná. 163*: 103–120.
- VESELÝ J. & MAJER V., 1992: The major importance of nitrate increase for the acidification of two lakes in Bohemia. *Documenta Ist. Ital. Idrobiol.*, 32: 83–92.
- VESELÝ J., HRUŠKA J., NORTON S. A. & JOHNSON C. E., 1998: Trends in the chemistry of acidified Bohemian lakes from 1984 to 1995: I. Major solutes. *Water, Air, and Soil Pollution*, 108: 107–127.
- WEISER J., 1947: K limnologickým výzkumům na Černém jezeře. *Příroda 40*: 30–31.
- WETZEL R. G., 1983: Limnology (2nd ed.). *Saunders, Philadelphia*, 767 pp.



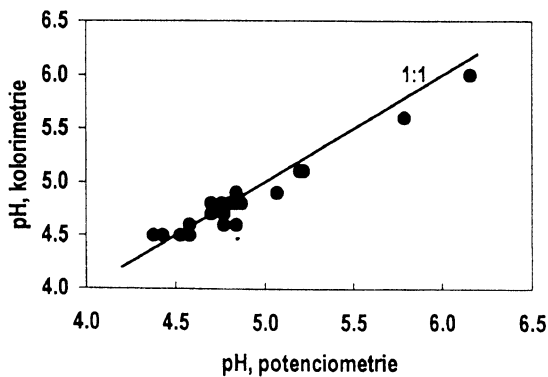
**Obr. 1.** – Výsledky mezinárodních interkalibračních testů pro  $\text{NO}_3\text{-N}$  z období 1993–1997. Plná čára je přímkou ideální shody, zjištěné odchylky jsou v mezích  $\pm 5\%$ .

**Fig. 1.** – The results of international intercalibration tests for nitrate in 1993 – 1997. Full line is for complete coincidence of test samples (x -axis) and values found (y-axis). Deviations are within  $\pm 5\%$ .



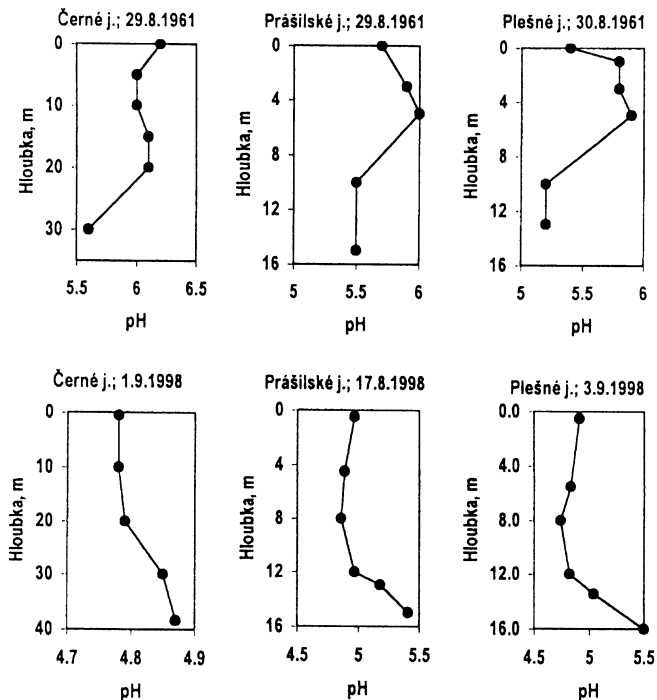
**Obr. 2.** – Srovnání chromatografické a kolorimetrické metody stanovení dusičnanů. Plná čára je přímkou ideální shody, regresní vztah:  $y = -6 + 1,03 x$ ,  $r = 0,99$ .

**Fig. 2.** – Comparison of chromatographic and spectrophotometric methods for assay of nitrate. The full line is for ideal coincidence, the regression equation:  $y = -6 + 1,03 x$ ,  $r = 0,99$ .



**Obr. 3.** – Výsledek paralelních stanovení pH kolorimetrickou a potenciometrickou metodou v r. 1998 na čtyřech sledovaných jezerech.

**Fig. 3.** – Results of parallel determination of pH by the colorimetric and potentiometric methods in 1998 in the four lakes studied.



**Obr. 4.** – Srovnání průběhů zonací pH na třech jezerech v r. 1961 (počátek acidifikace) a v r. 1998.

**Fig. 4.** – Stratification of pH in the three lakes in 1961 (beginning of acidification) and in 1998.