

**BOHUMÍR JANSKÝ, MIROSLAV ŠOBR,  
JAN KOCUM, JULIUS ČESÁK**

## **NOVÁ BATYMETRICKÁ MAPOVÁNÍ GLACIÁLNÍCH JEZER NA ČESKÉ STRANĚ ŠUMAVY**

B. Janský, M. Šobr, J. Kocum, J. Česák: *New bathymetric mapping of the Bohemian Forest glacial lakes.* – Geografie–Sborník ČGS, 110, 3, pp. 176–187 (2005). – The article gives a historical overview of bathymetric measurements of glacial lakes in the Bohemian Forest in the course of the 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> centuries. A special attention is paid to Václav Švambara's works from the beginning of the 20<sup>th</sup> century. These works are confronted with results of the latest measurements made by workers of the Department of Physical Geography and Geocology of the Faculty of Science, Charles University, with the help of advanced equipments.

**KEY WORDS:** glacial lakes – history of morphometric measurements – bathymetric maps – bathymetric curves – morphometry of lake basins.

Článek vznikl za finanční podpory grantu GAČR „Atlas jezer České republiky“ (205/03/1264) a výzkumného záměru MŠM 0021620831 „Geografické systémy a rizikové procesy v kontextu globálních změn a evropské integrace“.

### **1. Úvod**

Výzkum jezer na území bývalého Československa má dlouhou tradici. Postupně se jím zabývala celá řada geografů i dalších přírodovědců. Zvláště mezi geografy, ať byli národnosti české či německé, byl tento badatelský směr velmi oblíben. Zatímco se geografové z německé části pražské univerzity věnovali spíše jezerům ve Vysokých Tatrách – např. J. Schaffer, F. Stummer nebo K. A. Sedlmeyer, čeští geografové se především zasloužili o výzkum jezer na české i německé straně Šumavy. Zakladatelem systematického geografického výzkumu šumavských glaciálních jezer byl profesor Václav Švambara, který provedl jejich komplexní sledování již na počátku 20. století. V jeho šlépějích kráčeli poté mnozí další badatelé – A. Reissinger, K. Kuchař, J. Kůnský a jiní (Janský 1996).

Při novém batymetrickém mapování jezer na české straně Šumavy jsme se pokusili na tuto tradici navázat a porovnat tehdejší mapy a další podklady s nejnovějšími výsledky, dosaženými pomocí nejmodernějších přístrojů při terénním mapování (viz kapitola 2). Nejpřesnější výměření jezerních pánví uskutečnil na počátku 20. století Švambara. Jeho výsledky byly v minulosti hojně přejímány a poměrně často citovány. Sám Švambara své následovníky nabádal k opakování batymetrických měření šumavských jezer z důvodu sledování jejich zanášení (Kuchař 1947). Jeho přání plníme po více než sto letech, která uplynula od jeho prvních výzkumů.

## 2. Historie batymetrických měření šumavských jezer

První ojedinělá měření hloubek šumavských jezer započala již ve druhé polovině 19. století. Systematickým měřením šumavských jezer se postupně zabývali Bayberger (1886), Wagner (1897), Černé a Čertovo jezero zkoumal Frič a Vávra (1898), Plešné potom Frejlach (1898). Měření Švambery (1912, 1913, 1914a-c) v letech 1903 a 1906–11 byla doplněna a zpřesněna při dalších exkurzích v letech 1919, 1921, 1922, 1928 a 1938 (Švambers 1939, Kuchař 1947). Na Černém jezeře prováděl hloubková měření z ledu v prosinci 1926 a lednu 1927 Reissinger. Historie batymetrických měření je shrnuta v tabulce 1.

### 2.1. Přehled měření do počátku 20. století

První batymetrickou mapu Černého jezera nakreslil Bayberger v měřítku 1 : 6 000. Ten provedl v roce 1884 na Černém jezeře 25 hloubkových měřeních na jednom podélném a jednom příčném profilu. Daleko kvalitnější a správně lokalizovaná hloubková měření provedl v letech 1893–95 Vávra. Jako vůbec první badatel rozpoznal nápadný rozdíl reliéfu dna v přední a zadní části jezera. V roce 1896 prováděl hloubková měření Wagner, který sestavil mapu v měřítku 1 : 5 000.

První přesnější data o Čertově jezeře poskytli Sommer (1841) a Krejčí (1857). V Řivnáčově průvodci nalezneme údaj o maximální hloubce 35 m (Anonymus 1882). Bayberger (1886) zde v roce 1884 provedl 30 měření hloubek ve dvou na sebe kolmých profilech. Obrysy jeho mapy jezera jsou ale značně zkreslené. Naměřil největší hloubku 33 m při stavu vody 1–1,5 m pod maximální úrovní jezera. Vávra zde v letech 1893–1895 provedl na několika profilech celkem 61 hloubkových měření a našel největší hloubku 35 m. Wagner uskutečnil v 9 profilech 72 hloubkových měření a udává největší hloubku uprostřed jezera 36 m.

První pokusy o změření Plešného jezera proběhly již v 16. století na panství Rožmberků a k jejich opakování došlo v 18. století na panství Schwarzenberků. Poté následovala měření Friče a Baybergera. První relativně přesné měření hloubek učinil v srpnu 1894 Frejlach. Svá měření zanesl do katastrální mapy, která ale nebyla dostatečně přesná. O dva roky později prováděl svá měření Wagner. Jako podklad použil lesní mapu v měřítku 1 : 5 760.

První zmínka o Prášílském jezeře se nachází v Josefinském katastru. Jezero na Prášílském panství geometricky změřil 16. srpna 1785 nadporučík Pemler. Uvedená plocha jezera  $5\,526\frac{1}{2}$  čtverečných sáhů (cca 1,987 ha) je však příliš malá, než aby se dalo toto měření pokládat za správné. Je možné, že hladina jezera byla před umělou úpravou odtoku v 19. století nižší než dnes, ale plocha nemohla klesnout na polovinu dnešní (Švambers 1914). Schematicky a beze jména je jezero zakresleno pod nejmenovanou horou na mapě Kreybichově (1831). V určitých obrysech se Prášílské jezero objevuje na katastrální mapě vyhotovené geometrem Karlem Struskou roku 1837 (Stabilní katastr 1837). Na známé mapě Müllerově z počátku 18. století po něm ještě není stopy (Švambers 1914b). Určitou zprávu o jezeře přináší Sommer (1841), který píše, že se jezero nachází ve skalní kotlině, má plochu 7 jiter a hloubku 9 sáhů (4,02 ha, 17 m hloubky). Autentické zprávy z vlastní návštěvy přináší Hochstetter (1855). Právě na tomto jezeře konstatoval důležitost hranici mezi žulou a rulou. Sdílel také první měření nadmořské výšky jezera a sice 3 352 stop (1 062 m n. m.) jako průměr ze dvou barometrických pozorování. V červnu roku 1871 navštívil jezero Frič (1871), který odhadoval hloubku jezera na

Tab. 1 – Historie batymetrických měření šumavských jezer (upraveno podle Veselý 1994)

Jezero	Rok	Maxim. hloubka (m)	Počet hloubkových měření	Plocha jezera (ha)	Plocha povodí (km <sup>2</sup> )	Objem vody (tis. m <sup>3</sup> )	Zdroj
Černé	1857	14,5		18,16			Krejčí (1857)
	1871	37,9	120				Frič (1872)
	1878	45					Hellich (1884)
	1882	43					Komárek (1882)
	1884	38	25				Bayberger (1886)
	1893-95	40	117	18,46			Frič, Vávra (1898)
	1896	40	103	18,41	1,25	3 240	Wagner (1897)
	1909	39,8	1 473	18,43	1,29	2 878	Švambers (1939)
	1926-27	40,2	618	18,1		2 979	Reissinger (1930)
	1981	39		17,00		2 100	Vodohospodářská mapa 1 : 50 000
1985	39,5	20				Veselý (1987)	
2003	40,1	4 815	18,79	1,24	2 924,8	Janský, Šobr, Kocum, Česák (2003)	
Čertovo	1841			11,35			Sommer (1841)
	1857			11,35			Krejčí (1857)
	1882	35					Anonymous (1882)
	1884	34,5	30				Bayberger (1886)
	1893-95	35	61				Frič, Vávra (1898)
	1896	36	72	10,01	1,05	1 426	Wagner (1897)
	1909	36,5	931	10,33	0,875	1 852	Švambers (1912, 1939)
	1986	36	10				Veselý (1987)
	2003	35,3	2 746	10,74	0,894	1 859	Janský, Šobr, Kocum, Česák (2003)
Plešné	1872	16,9					Frič (1873)
	1894	18,5	150	10,00			Frejlach (1898)
	1896	18,5	54	6,06	0,64	420	Wagner (1897)
	1903	18,3	555	7,48	0,67	617	Švambers (1939)
	1985	17 ?	15				Veselý (1987)
	1999	18,7		7,643	0,6668	614	Vránek (1999)
Prášilské	1785			1,99			Josefínský katastr (1786)
	1837			3,86			Katastrální mapa (1837)
	1841	16,5		1,99			Sommer (1841)
	1896	15	28	3,58	0,5	217	Wagner (1897)
	1906	15,9	258	3,72-2,9	0,524	270-310	Švambers (1914b, 1939)
	1981	15,4		4,20		300	Vodohospodářská mapa 1 : 50 000
	1985	15	12				Veselý (1987)
	1994	17,2	1 095	4,2044	0,6474	350	Zbořil (1994)
Laka	1837			2,83			Katastrální mapa (1837)
	1871	2,5-3,2					Frič (1872)
	1896	3,8-4,3		2,53	1,3	51	Wagner (1897)
	1907	3,9		2,78	1,35	40	Švambers (1914c, 1939)
	1981	5 ?		3,60			Vodohospodářská mapa 1 : 50 000
	1985	3,5					Veselý (1987)
	1999	3,5	563	2,577	1,02	49	Šobr (1999)

15 stop (4,75 m). Následuje nové mapování Vojenského geografického ústavu ve Vídni roku 1878. Na starší speciální mapě v měřítku 1 : 144 000 bylo ještě jezero naznačeno schematicky, nyní už správně a s udáním nadmořské výšky 1 079 m (Švambers 1914b). V srpnu 1896 měřil na Prášilském jezeře Wagner

Tab. 2 – Výsledky měření Wagnera (Wagner 1897)

Jezero	Černé	Čertovo	Plešné	Prášilské	Laka	Velké Javorské	Malé Javorské	Roklan-ské
Plocha (ha)	18,414	9,7157	6,055	3,5757	2,532	4,325	2,4525	3,7485
Maximální hloubka (m)	40	36	18,5	15,6	4	15	6?	13,5
Střední hloubka (m)	17	14,7	6,9	6	2	6,1	3	4,4
Objem (km <sup>3</sup> )	3,24	1,43	0,42	0,22	0,05	0,27	0,06	0,16
Nadmořská výška hladiny (m n. m.)	1 008	1 030	1 090	1 079	1 096	934	925	1 050
Vrchol jezerní stěny (m)	1 343	1 343	1 378	1 314	1 346	1 345	1 391	1 300
Výška jezerní stěny (m)	335	313	288	235	250	411	456	396
Délka (m)	662	432	435	290	374	441	165	285
Šířka (m)	465	260	176	175	86	144	135	195
Orientace	V	V	SV	V	SV	V	S	JV

(1897), který upozornil na depresi „Alte Schwelle“ (Stará jímka) a soudil, že zde bývalo jezero související s Prášilským. Výsledky jeho výzkumů jsou seřazeny v tabulce 2.

Plochu jezera Laka poprvé udává Stabilní katastr (2,8294 ha). Různí autoři pak prezentují různé, někdy značně nadsazené hodnoty plochy a hloubky jezera: Willkom (1878) 4 ha, Möchel (1878) 12 ha, hloubku 20 m, Řivnáčův průvodce po království Českém (1882) 3,5 ha, Detterův průvodce (1906) 3 ha, hloubku 16 m. Frič odhadnul největší hloubku v roce 1871 na 8–10 stop (2,4–3 m). Jezero Laka bylo asi nejvíce využíváno pro potřeby místních obyvatel. Jeho hráz byla uměle zvýšena poprvé kolem roku 1730, později byla znovu upravena v roce 1888 (Švambers 1914c). Jezero bylo upraveno na rybník za účelem chovu pstruhů, pomocí stavidla jej bylo možné zcela vypustit. Jezero bylo občas zbavováno sedimentů z důvodu zvýšení objemu zadržované vody. Wagner (1897) prováděl svá měření právě v době, kdy bylo jezero zcela vypuštěno za účelem výlovu pstruhů (14.8.1896).

## 2.2. Mapování Václava Švambery

Švambersův výzkum šumavských glaciálních jezer (viz tabulka 3) započal v září a říjnu 1903 na Plešném jezeře. Hloubková a půdorysná měření byla prováděna v rámci univerzitního geografického semináře. Velké rozdíly v naměřených hodnotách hloubek oproti předchozím pracím vedly Švambersu k pokračování na ostatních šumavských jezerech (Švambers 1939). Další mapování provedl Švambers koncem srpna a v první polovině září roku 1906 na Prášilském jezeře. Uskutečnil celkem 258 hloubkových měření v deseti profilech. Na základě vlastního měření vytvořil plán jezera v měřítku 1 : 1 000, jež odpovídal tehdejšímu stavu vody 1,5 m pod úrovní hráze (Švambers 1914b).

Na jezeře Laka prováděl morfometrická měření od 25.7. do 27.7.1907, tedy rok po tom, co bylo jezero zbaveno nánosů sedimentů. Vzhledem k spíše parkovému charakteru jezera Švambers neprováděl batymetrická měření pomocí hloubkových profilů jako na ostatních jezerech, ale změřil hloubky pouze na několika místech. Maximální hloubku 3,9 m našel poblíže výtoku (Švambers

Tab 3 – Výsledky měření Švambery (Švambers 1939)

Jezero	Černé	Čertovo	Plešné	Prášilské	Laka	Velké Javorské	Malé Javorské	Roklan-ské
Plocha (ha)	18,47	10,33	3,72	7,48	2,78	7,02	2,73	3,41
Maximální hloubka (m)	39,8	36,5	14,9	18,3	3,9	16	7,3	13,5
Střední hloubka (m)	15,6	17,9	7,3	8,2	1,4	5,9	4,7	3,9
Objem (tis. m <sup>3</sup> )	2 878	1 852	274	617	40	415,9	127,9	131,7
Obvod břehové linie (m)	1 809	1 363	730	1 242	870	1 622	880	880
Střední sklon dna	13°10′	17°53′	11°28′	11°45′	–	11°21′	6°58′	8°17′
Nadmořská výška hladiny (m n. m.)	1 008	1 030	1 079	1 090	1 096	934	925	1 050

1914c). V jeho mapě nejsou tedy zakresleny žádné hloubnice, pouze místo maximální hloubky. Hodnotu objemu vody v jezeře pouze odhadl.

Měření Čertova jezera prováděl Švambers ve dnech 3. až 23. srpna 1909 na 14 příčných a podélných profilech. Celkem zde bodově změřil 880 hloubek. V zadní části jezera změřil pak dodatečně v jednom profilu ještě 51 hloubek, přičemž počet stanovených hodnot tak vzrostl na 931. Na Čertově jezeře dosáhl přitom Švambers nejvyšší hustoty měřených hloubek ze všech jeho měření na šumavských jezerech (Jedno hloubkové měření připadlo na 104 m<sup>2</sup>).

Hlavní hloubková měření na Černém jezeře prováděl Švambers v období od 27. srpna do 12. září 1909 a svá měření doplnil ještě v letech 1922 a 1928. Jisté pochybnosti v měření odstranil ještě Kuchař opakovaným měřením v roce 1938. Na přelomu let 1926–27 prováděl měření ze zamrzlé hladiny Reissinger. Výsledkem jeho práce byla mapa v měřítku 1 : 4 325, která se až na malé detaily shoduje se Švambersovou (Švambers 1939). Kunský (1933) přitom považuje Reissingerovu mapu vzhledem k použité metodice za přesnější.

### 2.3. Nejnovější batymetrická mapování

Švambersova měření byla v meziválečném období následována mapováním Černého jezera (Reissinger 1930, 1931). Poté nebyl batymetrický výzkum šumavských jezer po několik desítek let prováděn. Hlavním důvodem byla zřejmě nepřístupnost jezer, která se nacházela v hraničním pásmu s tehdejší Německou spolkovou republikou poblíže linie tak zvané železné opony, na hranici mezi dvěma odlišnými politickými systémy. Až v osmdesátých letech začíná výzkum acidifikace jezerních ekosystémů, v jehož rámci provedl hloubková měření Veselý (1987). Jak je patné z tabulky 1, jednalo se pouze o několik bodových měření.

Nejnovější etapu systematického výzkumu šumavských glaciálních jezer inicioval a dále organizoval Bohumír Janský, přednášející hydrologie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Jednotlivá jezera byla postupně zpracována jeho diplomanty. Podrobná měření půdorysu a morfometrických poměrů jezerních pánví započal v roce 1994 Zbořil, který zmapoval Prášilské jezero. Při porovnání nejnovějších a Švambersových výsledků, nalezneme největší rozdíly právě na Prášilském jezeře, kde například rozdíl v maximální změřené hloubce činí 2 m. Je to zřejmě důsledek toho, že Švambers měřil za nižšího stavu vody (Švambers 1939). V roce 1999 byly dokončeny práce na Plešném jezeře (Vránek 1999) a na jezeře Laka (Šobr 1999). Šobr byl

vůbec první, kdo provedl podrobné vyměření jezera Laka a vytvořil jeho batymetrickou mapu s vykreslenými hloubnicemi (viz výše). V září roku 2003 byla kolektivem pražských fyzických geografů dokončena poslední batymetrická měření šumavských jezer na Černém a Čertově jezeře (Janský, Šobr, Kocum, Česák 2003 a Kocum 2004). V rámci batymetrických mapování bylo s výjimkou Prášílského jezera provedeno přesné zaměření nadmořské výšky hladin pomocí nivelačních pořadů (viz tab. 4). Údaj o nadmořské výšce hladiny Černého jezera byl odečten při okamžitém stavu 84 cm na vodočtu, hodnota u Prášílského jezera byla určena ze Základní mapy 1 : 10 000 (Zbořil 1994). Nadmořské výšky hladin Čertova jezera, Plešného jezera a jezera Laka jsou vztaženy k průměrným ročním vodním stavům (tab. 4). Vodní stavy byly kontinuálně odečítány v době sledování jezer v rámci diplomových prací (Vránek 1999, Šobr 1999, Kocum 2004).

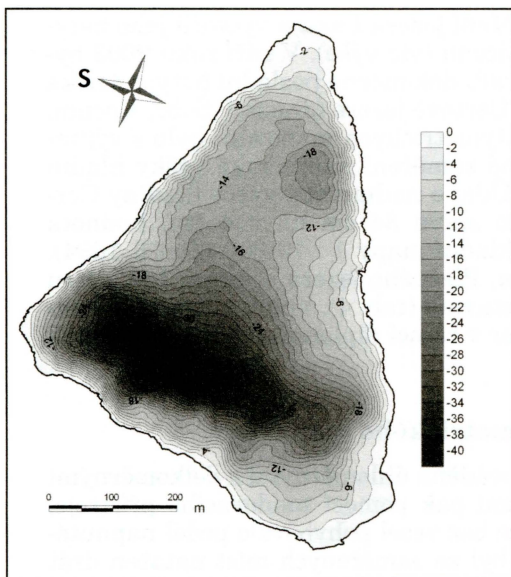
### 3. Použité metody batymetrického mapování

Přesná Švambersova mapování byla prováděna úhломěrnými a délkoměrnými přístroji (břehové linie), hloubková měření pak pomocí sondovacího přístroje, který byl umístěn na plavidle. Plavidlo se bez vesel pohybovalo podél napnutého konopného provazu, souběžně s ním byl ze zaměřených míst natažen drát s dřevěnými značkami v intervalu 10 m. Závaží bylo spouštěno vždy v místě značky, kde byla odečtena hloubka. Tato metoda se jevila Švambersovi nejvíce vhodná, dokonce méně pracná než pozdější Reissingerovo sondování ze zamrzlé hladiny Černého jezera (Švambers 1939). Vysokou přesnost jeho měření dokládají nejnovější měření provedená v posledních 10 letech pomocí nejmodernějších přístrojů. Tato přesnost měření byla motivována doporučením Wagnera, že opakovaním měření hloubek jezer v intervalu 10 let by bylo možné zjistit, jak rychle dochází k zanášení jezerních pánví. Vzhledem k menší přesnosti Wagnerových měření Švambers konstatoval, že tak malá doba mezi měřeními nemůže sloužit jako bezpečný podklad pro určení rychlosti zanášení (Švambers 1912). Proto nabádal své následovníky k pokračování přesných měření hloubek jednotlivých jezer, aby bylo možné rychlost sedimentace stanovit (Kuchař 1947).

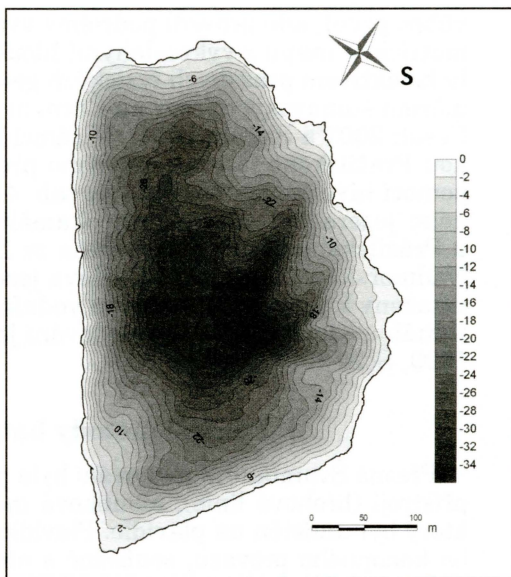
Mapování půdorysů Prášílského jezera, Plešného jezera a jezera Laka byla prováděna ortogonální metodou pomocí uzavřeného polygonového pořadu. Vodrovnné úhly byly měřeny teodolitem, všechny vzdálenosti pomocí pásma. Půdorys Černého a Čertova jezera byl již vyměřen pomocí totální geodetické stanice firmy Leica TCR 705. Hloubky na všech jezerech byly měřeny stejnou metodou pomocí echolotu Garmin Fishfinder 240 rovněž s využitím napnuté kevlarové šňůry. Jedinou výjimkou bylo mělké jezero Laka, kde z důvodu výskytu vodního rostlinstva musela být použita cejchovaná lať. Vzdálenosti mezi měřenými hloubkami byly zmenšeny na 5 m, čímž se zvýšila celková přesnost měření. Blíže o metodice batymetrického mapování jezer viz Česák a Šobr v tomto čísle Geografie.

### 4. Morfometrické charakteristiky šumavských jezer

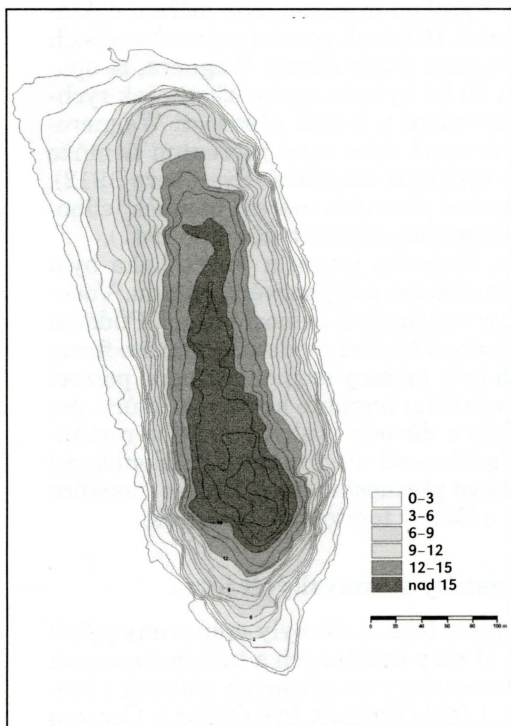
Z vyhotovených batymetrických map jezer (obr. 1–5) byly stanoveny jejich základní morfometrické charakteristiky. U map kreslených a interpolovaných ručně byly všechny hodnoty měřeny kartometricky na přesných plánech v měřítku 1 : 500 (Prášílské a Laka) resp. 1 : 1 000 (Plešné). Pro Černé a Čertovo jezero byly všechny morfometrické charakteristiky určeny přímo v programech MapInfo a Surfer. U všech jezer byly zjištěny plochy a objemy jednotlivých hloubkových stupňů, na jejichž základě byly vytvořeny batymetrické



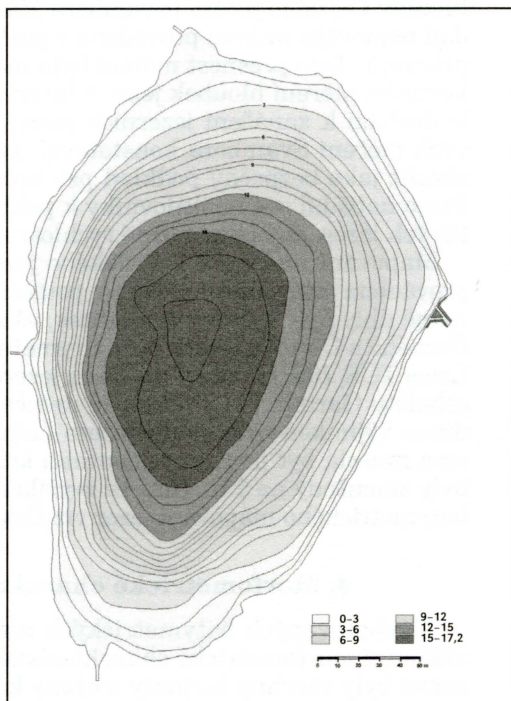
Obr. 1 – Batymetrická mapa Černého jezera (hloubka v metrech). Zdroj: Janský, Šobr, Kocum Česák (2003).



Obr. 2 – Batymetrická mapa Čertova jezera (hloubka v metrech). Zdroj: Kocum (2004).

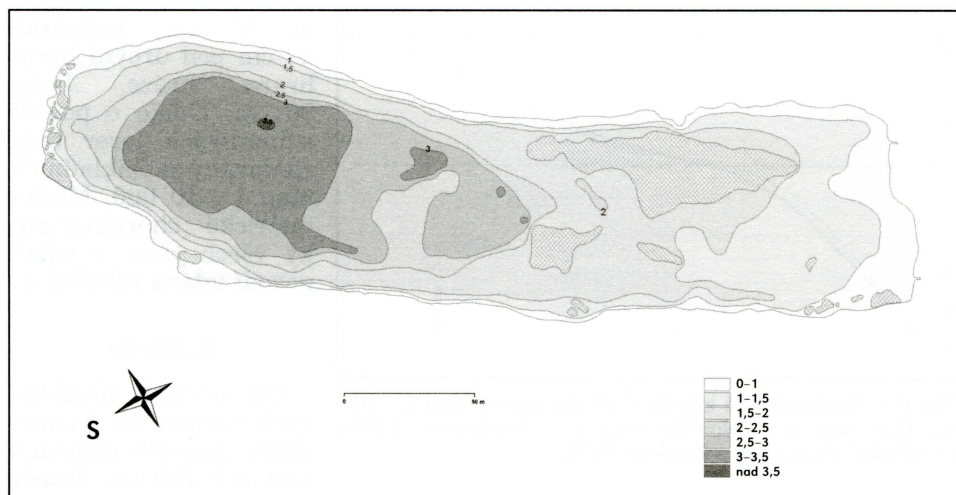


Obr. 3 – Batymetrická mapa Plešného jezera (hloubka v metrech). Podle měření T. Vránka sestavil M. Šobr (2003).



Obr. 4 – Batymetrická mapa Prášílského jezera. Hloubka v metrech, vpravo betonové stavidlo. Podle měření A. Zbořila sestavil M. Šobr (2003).





Obr. 5 – Batymetrická mapa jezera Laka. Hloubkové stupně v metrech, světle jsou vyznačeny plovoucí ostůvky. Podle měření v červnu 1999 sestavil M. Šobr (2003).

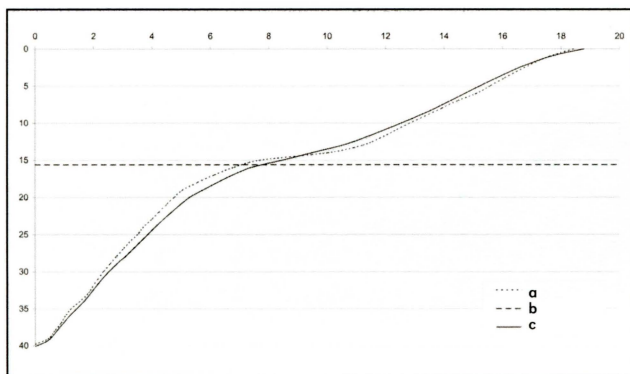
Tab. 4 – Morfometrické charakteristiky pánvi šumavských jezer a jejich povodí (podle Zbořil 1994, Šobr 1999, Vránek 1999, Janský, Šobr, Kocum, Česák 2003, Kocum 2004)

Charakteristika a jednotka	Černé	Čertovo	Plešné	Prášílské	Laka
Plocha jezera (P, ha)	18,79	10,74	7,643	4,2044	2,57705
Objem jezera (V, tis. m <sup>3</sup> )	2924,8	1859	614,3	349,9	48,8
Obvod břehové linie jezera (O, m)	2110,7	1466,3	1320	819	817,5
Délka jezera (L, m)	693,1	498	514	306	345,4
Největší šířka jezera (B <sub>max</sub> , m)	459,3	306,4	183	204	95,2
Průměrná šířka jezera (B <sub>prům</sub> , m) <sup>1</sup>	271,2	215,7	148,7	137,4	74,6
Stupeň členitosti břehové čáry <sup>2</sup>	1,37	1,26	1,35	1,1267	1,4366
Maximální hloubka jezera (h <sub>max</sub> , m)	40,1	35,4	18,7	17,2	3,5
Střední volumetrická hloubka jezera (h <sub>s</sub> , m) <sup>3</sup>	15,57	17,31	8,04	8,32	1,89
Hloubkový koeficient <sup>4</sup>	0,39	0,49	0,43	0,48	0,54
Relativní hloubkový koeficient <sup>5</sup>	0,093	0,108	0,068	0,084	0,022
Střední sklon dna (I, stupně)	14°20′	16°59′	14°23′	13°00′43″	3°35′20″
Nadmořská výška hladiny jezera (m n. m.)	1007,513	1027,206	1087,164	1079	1084,547
Plocha povodí jezera (P, km <sup>2</sup> )	1,241	0,894	0,6668	0,6474	1,020025
Výška jezerní stěny (h, m)	335,9	316,2	290,8	236	251,1
Délka rozvodnice (L <sub>r</sub> , km)	4,68	3,7	3,24	3,72	4,1
Koeficient vývoje rozvodnice <sup>6</sup>	3,77	4,14	4,86	5,75	4,02
Graveliův koeficient <sup>7</sup>	1,185	1,104	1,119	1,304	1,145
Délka hlavní údolnice (l, m)	1229	1013,7	730	1200	650
Střední šířka povodí (š, m) <sup>8</sup>	1009,5	881,8	913,4	539	1569
Koeficient protažení povodí <sup>9</sup>	0,821	0,870	1,25	0,449	2,414
Podíl plochy jezera na ploše povodí (%) <sup>10</sup>	15,15	12,02	13,97	6,49	2,65
Střední nadmořská výška povodí (m n. m.)	1144,6	1144,0	1213,5	1199,1	1186,5
Střední sklon povodí (I, stupně)	25°22′	21°26′	27°47′	17°20′	12°06′
Povodí	Úhlava	Regen	Vltava	Otava	Otava

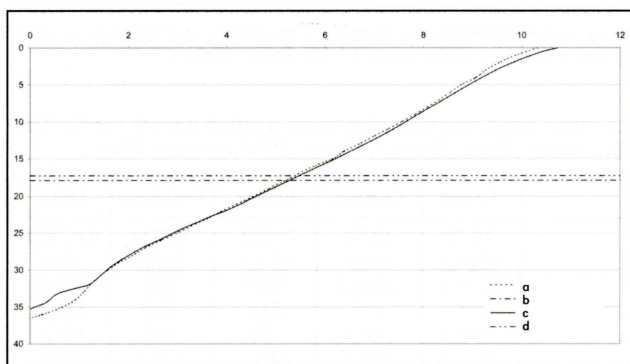
Vysvětlivky: <sup>1</sup>  $B_{prům} = P_1 / L$ ; <sup>2</sup>  $R = O / 2\sqrt{P}\pi$ ; <sup>3</sup>  $h_s = V / P_j$ ; <sup>4</sup>  $h_s / h_{max}$ ; <sup>5</sup>  $h_{max} / \sqrt{P_j}$ ; <sup>6</sup>  $k_v = L_r / P_j$ ; <sup>7</sup>  $K_G = L_r / 2\sqrt{P}\pi$ ; <sup>8</sup>  $\bar{s} = \bar{P} / l$ ; <sup>9</sup>  $k_p = \bar{s} / l^{10} P_j / P \cdot 100$

křivky, viz obr. 6–11. Veškeré zjištěné hodnoty se vztahují k následujícím okamžitým vodním stavům v době měření: Černé 84 cm, Čertovo 22 cm, Pleš-

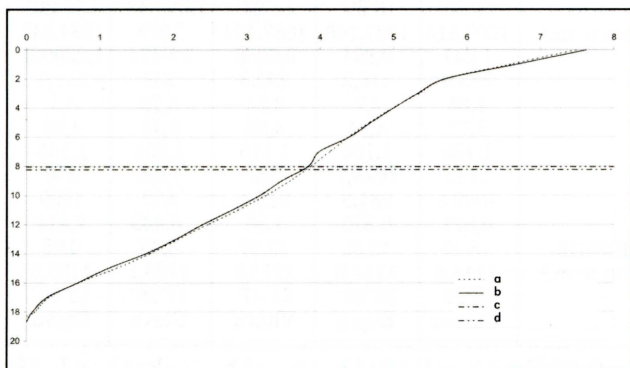




Obr. 6 – Batymetrické křivky Černého jezera. Osa x – plocha (ha), osa y – hloubka (m). a – Švambers (1909), b – střední hloubka, c – kolektiv 2003.



Obr. 7 – Batymetrické křivky Čertova jezera. Osa x – plocha (ha), osa y – hloubka (m). a – Švambers (1909), b – střední hloubka Švambers (1909), c – Kocum (2004), d – střední hloubka Kocum (2004).

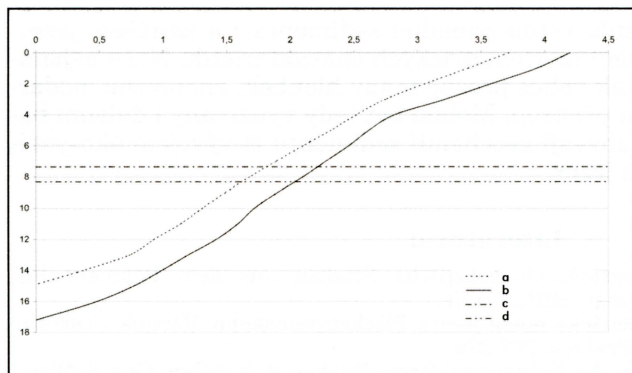


Obr. 8 – Batymetrické křivky Plešného jezera. Osa x – plocha (ha), osa y – hloubka (m). a – Švambers (1909), b – Vránek (1999), c – střední hloubka Švambers (1909), d – střední hloubka Vránek (1999).

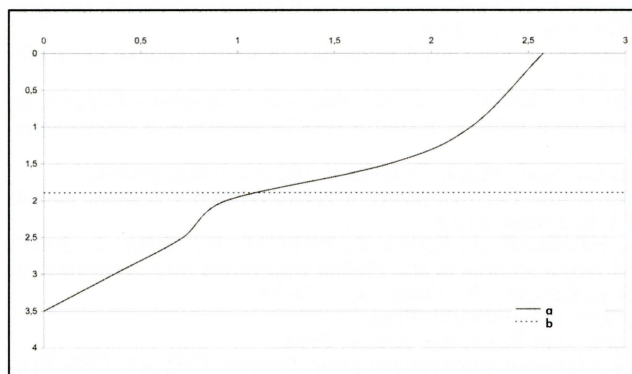
né 68 cm, Prášilské 47 cm pod úrovní horní hrany hráze, Laka 99 cm. Údaje o povodí jednotlivých jezer byly zjišťovány ze Základních map 1 : 10 000. Morfometrické charakteristiky všech jezer a jejich povodí udává tabulka 4.

## 5. Závěr

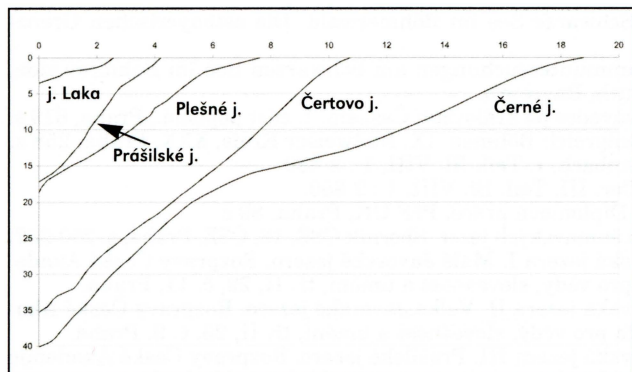
Od prvních hloubkových měření na šumavských jezerech uplynulo více než 150 let. Téměř sto let byly citovány především práce Václava Švambers. Jeho měření, byť byla prováděna na počátku 20. století, se ukázala jako velmi přesná. Bohužel od doby Švambersových měření byly hráze některých jezer opětovně upravovány, tudíž došlo ke změně střední výšky jejich hladiny. Navíc na jezerech nebyly instalovány přesně výškově zaměřené vodočty, jako tomu bylo při našich posledních výzkumech. Geodeticky přesně určenou nadmořskou výšku hladiny nemá dosud stanovenou pouze Prášilské jezero. Na základě porovnání hloubkových poměrů nelze tedy vyhodnotit dynamiku zanášení šumavských jezer. Nově vytvořené mapy však umožňují detailní analýzu morfologie dna jezerních pánví. Porovnat lze i batymetrické křivky, které dovolují zhodnocení vývoje objemu vody v pánvích jednotlivých jezer.



Obr. 9 – Batymetrické křivky Prášilského jezera. Osa x – plocha (ha), osa y – hloubka (m). a – Švambers (1906), b – Zbořil (1999), c – střední hloubka Švambers (1906), d – střední hloubka Zbořil (1999).



Obr. 10 – Batymetrická křivka jezera Laka. Osa x – plocha (ha), osa y – hloubka (m). a – Šobr (1999), b – střední hloubka.



Obr. 11 – Batymetrické křivky šumavských glaciálních jezer. Osa x – plocha (ha), osa y – hloubka (m).

Jezero Laka bylo změněno vůbec poprvé a lze konstatovat, že maximální hloubka se zmenšila z 3,9 m na 3,5 m. Batymetrické křivky Prášilského jezera mají stejný průběh, jsou pouze odlišné v zobrazených hodnotách, což je dáno rozdíly v hladinách jezer v době měření (2 m). V podstatě shodné objemové charakteristiky najdeme u Plešného jezera, batymetrické křivky si v podstatě odpovídají, mapa podle měření Vránka však zobrazuje mnohem členitější dno. To je dáno menší hustotou Švamberských hloubkových měření. Bohužel až po Vránkových měřeních proběhla konečná úprava odtoku z Plešného jezera, takže údaj o nadmořské výšce jezera vztahovaný ke střednímu vodnímu stavu za 1,5 roku pozorování nevystihuje úplně přesně současný stav. Rovněž vzhledem k výše zmíněnému problému s různou výškou hladin v době měření, nelze prokázat rychlost zanášení Plešného jezera, která je podle práce Kopáček, Brzáková, Hejzlar, Kaňa, Porcal, Vrba (2003) nejvyšší ze všech šumavských jezer. Úpravy hráze Čertova jezera ve 30. letech 20. století mají za následek menší naměřenou maximální hloubku. Mapy i batymetrické křivky Černého jezera si téměř odpovídají, naprosto shodná je střední volumetrická hloubka.

Nová měření tedy potvrdila velmi pomalou sedimentaci a zanášení jezer. Došlo ke zpřesnění a doplnění morfometrických charakteristik. Naše nejznámější přírodní jezera mají tak velice přesné mapy hloubek, zhotovené moderními metodami a kvalitními přístroji. Mohou být tedy využívány i dalšími badateli, kteří se například zabývají geochemií sedimentů či vývojem ekosystémů šumavských glaciálních jezer.

### Literatura:

- BAYBERGER, F. (1886): Geographisch-geologische Studien aus dem Böhmerwalde. Erghft., č. 81, Petermanns Geogr. Mitt., Gotha.
- FREJLACH, J. (1898): Bathymetrická mapa jezera Plöckensteinského. Věstník Československé akademie nauk 4, 7, Praha s. 267-270.
- FRÍČ, A. (1871): Über die Fauna der Böhmerwaldseen. Sitzber. d. k. böhm. Ges. d. Wiss., II., Praha, s. 6, 9, 10.
- FRÍČ, A., VÁVRA, K. (1898): Výzkumy zvířeny ve vodách Českých. III. Výzkumy dvou jezer šumavských, Černého a Čertova jezera. Archiv pro přírodní výzkum Čech, X, č. 3, Praha.
- HOCHSTETTER, F. (1855): Aus dem Böhmerwald. Beilage zu Nr. 220 der Allg. Zeitung, 8. August 1855, s. 3515.
- JANSKÝ, B. (1996): Tradice geografických výzkumů jezer na Karlově univerzitě. Geografie-Sborník ČGS, 101, č. 1, ČGS, Praha, s. 59-63.
- JANSKÝ, B., ŠOBR, M. a kol. (2003): Jezera České republiky. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 216 s.
- JANSKÝ, B., ŠOBR, M., KOCUM, J., ČESÁK, J. (2003): Mapování Černého a Čertova jezera. Manuskript výsledků terénních měření. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha.
- Josefínský katastr (1786). Dominium Stubenbach. Položka č. 162 a zvláštní protokol.
- KOCUM, J. (2004): Limnologická studie Čertova jezera a režim odtoků v českém povodí Řezné. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 210 s.
- KOPÁČEK, J., BRZÁKOVÁ, M., HEJZLAR, J., KAŇA, J., PORCAL, P., VRBA, J. (2003): Maas balance of nutrients and major solutes in the Plešné watershed-lake ecosystem in the 2001 hydrological year. Silva Gabreta, 9., Vimperk, s. 33-52.
- KREJČÍ, J., WENZIG, J. (1860): Der Böhmerwald. Prag.
- KREYBICH, F. J. H. (1831): Charte vom Prachiner Kreise, Prag.
- KUCHAŘ, K. (1939): Příspěvky k výzkumu šumavských jezer. Sborník ČSZ, 45, ČSZ, Praha, s. 87-90.
- KUCHAŘ, K. (1947): Mapy šumavských jezer podle měření prof. V. Švambery. Kartografický přehled, II, č. 3-4, Praha s. 41-42.
- KUNSKÝ, J. (1933): Zalednění Šumavy a šumavská jezera. Sborník ČSZ, 39, ČSZ, Praha, s. 1-6, 33-40.
- REISSINGER, A. (1930): Der Schwarze See im Böhmerwald. Die ostbayerischen Grenzmarken, Passau.
- REISSINGER, A. (1931): Schlammuntersuchungen am Schwarzen See im Böhmerwalde, Naturwiss. Gesellsch. Bayreuth, Bayreuth.
- ŘIVNÁČ, F. (1882): Řivnáčův průvodce po království Českém. 1. část popisná., Praha, 619 s.
- SOMMER, J. G. (1841): Das Königreich Böhmen. IX. Budweiser Kreis, XXX, Praha, 258 s.
- Stabilní katastr, (1837) a. Stubenbach. I. Teil. Bl. VIII, 1 : 2 880.
- Stabilní katastr, (1837) B. Stadler. III. Teil. Bl. VIII, 1 : 2 880.
- ŠOBR, M. (1999): Jezero Laka. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 89 s.
- ŠVAMBERA, V. (1912): Výzkum šumavských jezer. Sborník ČSZ, 18, ČSZ, Praha, s. 250-257.
- ŠVAMBERA, V. (1913): Šumavská jezera I. Malé Javorské jezero. Rozpravy České Akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění, tř. II, 22, č. 11, Praha.
- ŠVAMBERA, V. (1914a): Šumavská jezera II. Velké Javorské jezero. Rozpravy České Akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění, tř. II, 23, č. 9, Praha.
- ŠVAMBERA, V. (1914b): Šumavská jezera III. Prášilské jezero. Rozpravy České Akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění, tř. II, 23, č. 16, Praha.
- ŠVAMBERA, V. (1914c): Šumavská jezera IV. Laka. Rozpravy České Akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění, tř. II, 23, č. 20, Praha.
- ŠVAMBERA, V. (1939): Jezera na české straně Šumavy. Sborník ČSZ, 45, č. 1, ČSZ, Praha, s. 15-23.

- VESELÝ, J. (1987): Development of acidification of the lakes in Bohemia. In: Moldan, B., Pačes, T. (eds.): Proc. Geomon. Geologická služba, Praha, s. 80-82.
- VESELÝ, J. (1994): Investigation of the nature of the Šumava Lakes: a review. Časopis Národního muzea, řada přírodovědná, 163, č. 1-4, Praha, s. 103-120.
- VRÁNEK, T. (1999): Plešné jezero. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 96 s.
- WAGNER, P. (1897): Die Seen des Böhmerwaldes. Leipzig, s. 54.
- Základní vodohospodářská mapa 1 : 50 000. Český úřad geodetický a kartografický, Praha 1989.
- ZBORIL, A. (1994): Prášílské jezero. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 94 s.

## S u m m a r y

### NEW BATHYMETRIC MAPPING OF THE BOHEMIAN FORESTS GLACIAL LAKES

Many geographers and other natural scientists have already been concerned in research of lakes on the territory of the former Czechoslovakia. Professor Václav Švampera was the founder of a systematic geographical research of the Bohemian Forest glacial lakes. He made their complex monitoring already at the beginning of the 20<sup>th</sup> century. During the new bathymetric mapping of lakes in the Bohemian Forest, the team of authors of this article linked up to this tradition and compared previous Švampera's maps and other basic documents with the latest results reached by means of state-of-the-art technology by landscape mapping. The admeasurement of ground plans of Prášílské, Plešné and Laka Lakes was made by the orthogenic method through close polygonal traverse. The total geodetic station Leica TCR 705 was used for Černé and Čertovo Lakes. The depths of all lakes were measured by the same method using Garmin Fishfinder 240 echo-sounder. Besides this method, we present a complete overview of the history of bathymetric measurements of glacial lakes in the Bohemian Forest.

For the first time, we bring the complete overview of all morphometric characteristics of basins and catchments of the Bohemian Forest glacial lakes (Tab. 4), which could be used by other researchers from the field of natural sciences.

- Fig. 1 – Bathymetric map of the Černé Lake (depth in metres). After: Janský, Šobr, Kocum, Česák (2003).
- Fig. 2 – Bathymetric map of the Čertovo Lake (depth in metres). After: Kocum (2004).
- Fig. 3 – Bathymetric map of the Plešné Lake (depth in metres). According to measurements by T. Vránek compiled by M. Šobr (2003).
- Fig. 4 – Bathymetric map of the Prášílské Lake. Depth in metres, a concrete floodgate on the right. According to measurements by A. Zbořil compiled by M. Šobr (2003).
- Fig. 5 – Bathymetric map of the Laka Lake. Depth in metres, floating islands are light-coloured. According to measurements done in June 1999 compiled by M. Šobr (2003).
- Fig. 6 – Bathymetric curves of the Černé Lake. Axis x – surface (ha), axis y – depth (m). a – Švampera (1909), b – mean depth, c – team 2003.
- Fig. 7 – Bathymetric curves of the Čertovo Lake. Axis x – surface (ha), axis y – depth (m). a – Švampera (1909), b – mean depth Švampera (1909), c – Kocum (2004), d – mean depth Kocum (2004).
- Fig. 8 – Bathymetric curves of the Plešné Lake. Axis x – surface (ha), axis y – depth (m). a – Švampera (1909), b – Vránek (1999), c – mean depth Švampera (1909), d – mean depth Vránek (1999).
- Fig. 9 – Bathymetric curves of the Prášílské Lake. Axis x – surface (ha), axis y – depth (m). a – Švampera (1906), b – Zbořil (1999), c – mean depth Švampera (1906), d – mean depth Zbořil (1999).
- Fig. 10 – Bathymetric curve of the Laka Lake. Axis x – surface (ha), axis y – depth (m). a – Šobr (1999), b – mean depth.
- Fig. 11 – Bathymetric curves of the Bohemian Forest glacial lakes. Axis x – surface (ha), axis y – depth (m).

*(Pracoviště autorů: katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2; e-mail: jansky@natur.cuni.cz, sobr@natur.cuni.cz, kocum1@natur.cuni.cz, julekc@natur.cuni.cz.)*

*Do redakce došlo 29. 6. 2005*