

TOMÁŠ HRDINKA

ANTROPOGENNÍ JEZERA ČESKA

T. Hrdinka: *Anthropogenic Lakes in Czechia*. – Geografie–Sborník ČGS, 110, 3, pp. 210–228 (2005). – Anthropogenic lakes constitute one of the most significant genetic groups of lakes in Czechia. The water quality of these lakes formed through flooding of mined-out pits can be influenced by a number of factors such as physical and chemical properties of exploited rock, characteristics of the mine surroundings, secondary anthropogenic interference and time elapsed since their flooding. The quality of water determines their potential utilization, such as in water supply, agriculture, industry, recreation, nature preservation, etc. This article compares five anthropogenic lakes in mining pits after exploitation of different kind of rocks and on the basis of lake basin characteristics and physical and chemical analysis of water formulates the possibilities of their potential utilization in the context of the local landscape.

KEY WORDS: lake classification – water quality – mining areas – anthropogenic processes

Článek vznikl za finanční podpory grantu GAČR „Atlas jezer České republiky“ (205/03/1264).

1. Úvod

Antropogenní jezera tvoří vedle fluvialních jezer nejpočetnější genetickou skupinu jezer v Česku. V nejširším slova smyslu lze jimi označit veškeré vodní plochy vzniklé v důsledku geomorfologické činnosti člověka, včetně rybníků a údolních přehradních nádrží. V užším pojetí lze jako antropogenní označit pouze ta jezera, která vznikla v souvislosti s těžbou nerostných surovin, jako např. jezera v opuštěných dolech a lomech, vodní plochy na přidružených výsypkách, v poklesových kotlinách apod. Oproti uměle hrazeným nádržím se totiž tato jezera nedají běžnými prostředky ani vypustit, ani nijak regulovat (Janský, Šobr 2003; Hrdinka 2004).

Na morfometrii jezerní pánve a kvalitu vody má zásadní vliv druh těžené horniny. Samotné fyzikálně-chemické vlastnosti vody jsou pak dále ovlivněny řadou dalších faktorů, z nichž nejdůležitější jsou rozloha a hloubka jezera, charakter bezprostředního okolí, druhotné antropogenní ovlivnění a stáří jezera. Z hlediska druhu těžené horniny lze antropogenní jezera rozdělit na jezera vzniklá po těžbě: 1. písku a šterkopiesku, 2. kaolinu, 3. hnědého a černého uhlí, 4. vápence, břidlice a droby, 5. žuly, dioritu a čediče, 6. cihlářské hlíny a jílu a 7. jiných nerostných surovin.

Cílem autora bylo porovnat pět vybraných antropogenních jezer vzniklých po těžbě různých nerostných surovin, a to z hlediska kvality jezerní vody a posoudit vliv těžené horniny a druhotné vnější zátěže (zemědělství, odpady, rekreace) na její fyzikální a chemické vlastnosti. Na základě dosažených výsledků pak následně zhodnotit stav jejich současného využití a navrhnout případné potenciální využití v regionu místní krajiny (zemědělství, průmysl, pitná voda, rekreace, ochrana přírody).

Studium antropogenních jezer bylo prováděno v rámci řešení grantových projektů GAUK „Jezera České republiky“ a GAČR „Atlas jezer České republiky“ (Janský, Šobr a kol. 2003), jejichž hlavním řešitelem byl B. Janský.

2. Výběr jezerních lokalit

Antropogenní jezera se obvykle vyznačují vysokou mírou variability, v níž hraje roli řada faktorů. Chceme-li provést objektivní srovnání kvality vody v několika náhodně vybraných jezerech vzniklých v souvislosti s těžbou nerostných surovin, je třeba při jejich výběru zajistit, aby si druhotné faktory byly co nejvíce podobné. Pro účely této práce se hlavními kritérii výběru staly různý druh těžené horniny, podobná rozloha jezera, podobné stáří jezera (tj. doba od zatopení vytěžené prostory) a podobný druh současného využití. Na základě klasifikace antropogenních jezer bylo stanoveno pět druhů hornin, na jejichž tradiční oblasti těžby pak byla soustředěna pozornost. Z mapových podkladů KČT 1 : 50 000 pak bylo z jednotlivých oblastí vytipováno několik potenciálních jezer, které se svou velikostí řádově shodovaly. Terénním průzkumem na místě pak došlo k ověření skutečné velikosti a zjištění současného stavu využití jezer. Na místě bylo rovněž posouzeno stáří jezer, a to podle fyziognomie jezerní vody (míra eutrofizace), charakteru okolí jezera (velikost a množství porostů) a ústních sdělení lidí žijících v okolí. Posouzením všech kritérií bylo následně vybráno pět reprezentativních jezer, která byla podrobena dalšímu výzkumu.

3. Metodika měření a zpracování dat

3.1. Morfometrie jezerní pánve

Vyměření polygonu jezera bylo provedeno pomocí totální geodetické stanice Leica TCR 705 záměrami na odrazné hranoly rozestavované po břehové čáře v odstupech 1–5 m v závislosti na konkrétní velikosti, tvaru a charakteru břehové čáry jezera. Měření hloubek bylo prováděno na základě metodiky užívané kolektivem řešitelů "Atlas jezer České republiky" (Janský, Šobr a kol. 2003). Hloubka byla stanovena každých 5 m pomocí echolotu Garmin 240 připevněného na gumovém člunu, který se pohyboval podél ocechovaného lanka spojujícího dva profilové body na břehové čáře. Naměřená data byla podle metodiky vypracovaná na katedře fyzické geografie a geoekologie PřF UK ve spolupráci s J. Česákem dále zpracována v programech MapInfo 7.0 a Surfer 8.0, čímž vznikly výsledné batymetrické mapy jezer. Pomocí jednoduchých softwarových nástrojů byly vypočteny základní morfometrické charakteristiky jezerní pánve.

3.2. Fyzikální vlastnosti jezerní vody

Pro měření základních fyzikálních vlastností vody bylo použito měřicích přístrojů firmy Gryf (teploměr, konduktometr a oxymetr), Secchio desky a Forel-Uleovy barevné stupnice. Čidla pro stanovení teploty vody a vodivosti zavěšená na 40 m dlouhých kabelech umožnila získat kompletní profil vodním sloupcem nad nejhlubším místem jezera, a to většinou v kroku 0,5 m. Měření kyslíku bylo provedeno ve stejném kroku do hloubky max. 10 m. Průhlednost vody se posuzovala proti Secchio desce spuštěné ze zastíněného boku lodi na hranici viditelnosti, barva jezerní vody podle Forel-Uleovy

stupnice proti Secchio desce ponořené do poloviny hloubky průhlednosti. K výsledkům byly připojeny informace o čase měření a aktuálním stavu počasí.

3.3. Chemismus jezerní vody

Vzorky pro chemický rozbor byly odebírány nad nejhlubším místem jezera vždy z hloubek 0,3 m pod hladinou (povrch) a přibližně 1–2 m nade dnem (hloubka). Hlubinný odběr byl proveden pomocí Van Dornova odběrného válce zavěšeném na ocejchovaném lanku. Vzorky vody byly přes jemné síto přelity do plastových nádob vymytých deionizovanou vodou a zakonzervovány.

Měření fyzikálních vlastností jezerní vody se stejně jako odběr vzorků pro chemický rozbor uskutečnilo čtyřikrát v průběhu 12 měsíců tak, aby reprezentovalo vlastnosti vody měnící se v průběhu čtyř ročních období. Odběry byly prováděny přibližně s měsíčním zpožděním za slunovraty a rovnodennostmi (polovina července, října, ledna a dubna), a to vždy ve dvou až třech po sobě následujících dnech. Posléze byly stabilizované vzorky převezeny k laboratornímu rozboru.

4. Výsledky výzkumu vybraných jezer

Na základě výše uvedených kritérií byly vybrány a výzkumu podrobeny následující lokality: jezero v hnědouhelném dole na lokalitě Lom u Litvínova, jezero v kaolinovém dole na lokalitě Čankov u Karlových Varů, jezero v pískovém dole na lokalitě Březhrad u Hradce Králové, jezero ve vápencovém lomu na lokalitě Amerika u Berouna a jezero v žulovém lomu na lokalitě Srní u Hlinska.

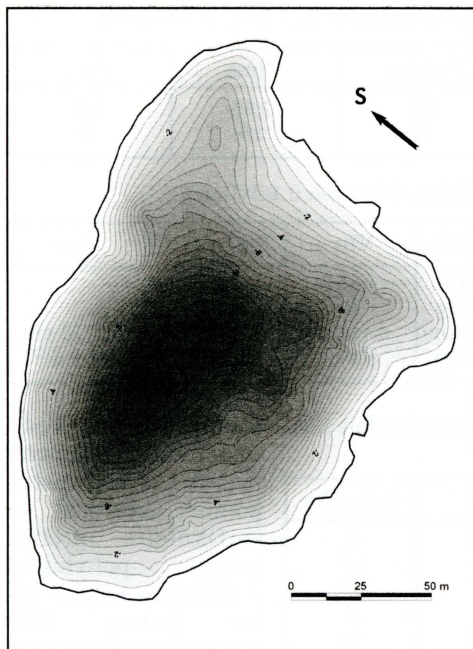
4.1. Jezero v hnědouhelném dole u Litvínova

4.1.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby a morfometrie jezerní pánve

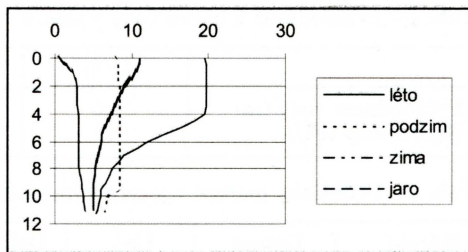
Jezero se nachází v bývalém povrchovém hnědouhelném dole Clement I. 2,5 km SV od Litvínova na zem. souřadnicích 50° 36' 32" severní šířky a 13° 38' 36" východní délky. Těžní jáma leží při severním okraji Mostecké pánve na úpatí Krušných hor ve výšce 360 m n. m. Okraje těžní jámy lemuje širší pás odrostlých bříz, pokrývající i bývalé výsypky (J a V část). Okolí dolu je tvořeno pozemky zemědělské půdy (J), rekreačního areálu (SZ) a rekreačně-obytné zástavby (V). Zdejší povrchová těžba navázala na hlubinnou těžbu hnědého miocénního uhlí v nedalekém dole Vilém, těženém v letech 1896–1926. Dnes zatopený důl Clement I. je výsledkem povrchové těžby na výchozech hnědouhelné sloje mocné 10–20 m. Těžba byla ukončena patrně koncem 60. let 20. století (Martinovská 1995). Jezero nepravidelného tvaru, protažené v delší ose ve směru Z–V, vyplňuje jezerní pánev vyhloubenou v měkkých štěrkopískových souvrstvích protknutých uhelnou slují. Jedná se o pánev s pozvolna se svažujícím dnem bez etážových stupňů s největší hloubkou při severním okraji jezera.

4.1.2. Fyzikálně-chemické vlastnosti jezerní vody

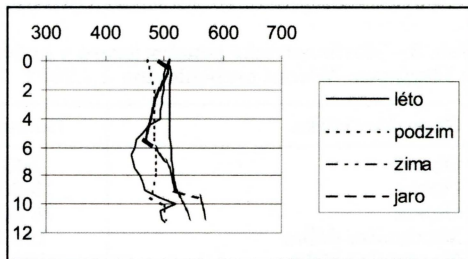
Z obrázků 1–6 a tabulek 1–3 je patrné, že se jedná o středně hluboké, oligotrofní, holomiktní jezero s výměnou vody v celém vodním sloupci. Výraznému



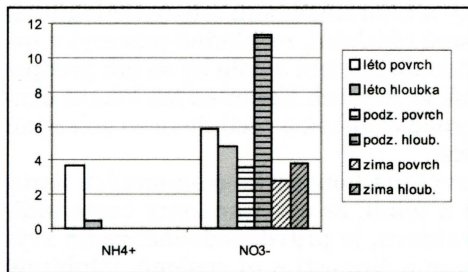
Obr. 1 – Batymetrická mapa jezera v hnědouhelném dole Lom u Litvínova



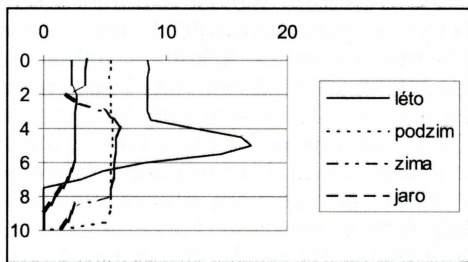
Obr. 2 – Teplotní poměry jezera v hnědouhelném dole Lom u Litvínova. Osa x – teplota ($^{\circ}\text{C}$), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



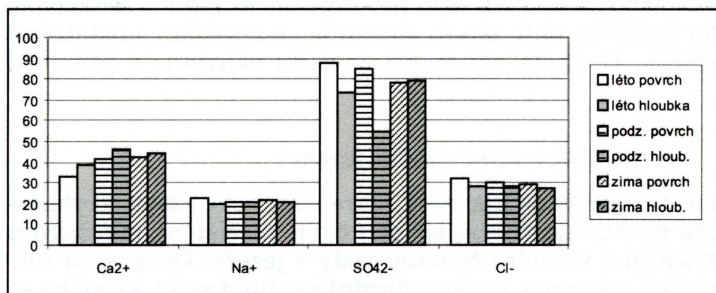
Obr. 3 – Vodivost v jezeři v hnědouhelném dole Lom u Litvínova. Osa x – konduktivita ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



Obr. 5 – Koncentrace iontů dusíku v hnědouhelném dole Lom u Litvínova. Osa y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Vysvětlivky: a – léto povrch, b – léto hloubka, c – podzim povrch, d – podzim hloubka, e – zima povrch, f – zima hloubka.



Obr. 4 – Kyslíkové poměry jezera v hnědouhelném dole Lom u Litvínova. Osa x – koncentrace rozpuštěného kyslíku ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



Obr. 6 – Koncentrace dalších vybraných iontů v hnědouhelném dole Lom u Litvínova. Osa y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Vysvětlivky: a – léto povrch, b – léto hloubka, c – podzim povrch, d – podzim hloubka, e – zima povrch, f – zima hloubka.

Tab. 1 – Průhlednost a barva vody v jezeře v hnědouhelném dole Lom u Litvínova

	Léto	Podzim	Zima	Jaro
Průhlednost vody (m)	4,0	2,7	7,85	5,4
Barva vody (FU)	15	10	15	10

Tab. 2 – Podmínky měření v jezeře v hnědouhelném dole Lom u Litvínova

Měření	Datum	Čas	Oblačnost	Vítr	Teplota (°C)	Jiné
Léto	4.7.03	7:30	polojasno	slabý	16,5	
Podzim	20.10.03	9:00	zataženo	slabý	3,7	
Zima	12.1.04	9:30	skoro jasno	čerstvý	2,8	led 15 cm
Jaro	19.4.04	9:30	zataženo	slabý	10,1	slabý déšť

Tab. 3 – Morfometrické poměry jezera v hnědouhelném dole Lom u Litvínova. Měření proběhlo dne 4.7.2003.

Charakteristika	Hodnota	Jednotka
Obvod	543	m
Plocha	16 200	m ²
Objem	76 500	m ³
Maximální délka	194,1	m
Maximální šířka	124,8	m
Maximální hloubka	11,9	m
Střední volumetrická hloubka	4,7	m

promíchávání vody napomáhají poměrně vyrovnané vodivostní poměry, které se ve vertikálním profilu jezera pohybující v průběhu celého roku kolem 500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (přepočteno na stand. teplotu 25 °C). Jezero je

v průběhu celého roku dobře prokysličené téměř v celém vertikálním profilu, výkyvy v nasycení souvisí se změnou teploty a nahromaděním fotosyntetizujících či kyslík spotřebovávajících mikroorganismů (dýchání, rozkladné procesy) v určité hloubce jezera. Ačkoliv se jedná o hnědouhelný lom a dalo by se tak předpokládat, že průhlednost vody bude omezená, je ze všech zkoumaných lokalit druhá nejvyšší. Zabarvení vody během roku značně kolísá a osciluje mezi zelenými a žlutými tóny podle Forel-Uleovy stupnice.

Z iontové analýzy nápadně vybočuje zvýšená koncentrace amonných iontů v letním povrchovém odběru. Vzhledem k tomu, že amonné ionty často indikují čerstvé znečištění organického charakteru, je pravděpodobné, že na zvýšení měla vliv především masová rekreace a činnosti s ní spojené. Hlubinné vzorky pak vykazují zvýšený obsah dusičnanů při současném malém množství amonných iontů. To je typický obraz pro holomiktní jezera, kdy s promícháváním vody dochází za spoluúčasti nitrifikačních bakterií k oxidaci amonných iontů vznikajících při rozkladu odumřelé organické hmoty. Zajímavé je, že koncentrace dusičnanů při povrchu nepřevyšují 6 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, přičemž norma na pitnou vodu (Vyhláška MZ č. 376/2000 Sb.) povoluje až 50 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Ačkoliv se jedná o bývalou těžbu hnědého uhlí, obsah síranů je ve srovnání s ostatními lokalitami druhý nejnižší. Hodnota pH se při povrchu pohybuje v průměru okolo 7,8.

4.1.3. Potenciální využití jezera

Jezero je v současnosti využíváno hlavně k rekreačním aktivitám a rybaření. Vzhledem k vysoké návštěvnosti jsou břehy i okolí znečištěny množstvím odpadků, které kontrastují s vizuální čistotou vody v jezeře. Dosavadní rozborů potvrdily, že se jedná o jezero s nadstandardní kvalitou vody, které by se

po zavedení určitých opatření mohlo zjevně vodohospodářsky využívat k místnímu zásobování pitnou, popř. velmi kvalitní užitkovou vodou. Důležitým limitujícím faktorem by se případně mohly stát dodatečné rozborů zaměřené na specifické organické sloučeniny, obsah těžkých kovů či mikrobiologické znečištění. Z dosavadních výsledků se tak určitým problémem jeví pouze přechodné nadlimitní zvýšení obsahu amonných iontů, které by se dalo řešit např. omezením rekreace. Vzhledem k nízkému obsahu nerozpuštěných látek by se voda z jezera dala dobře využít i k místním závlahám v zemědělství či sadařství, popřípadě i v menší průmyslové výrobě.

4.2. Jezero v kaolinovém dole u Karlových Varů

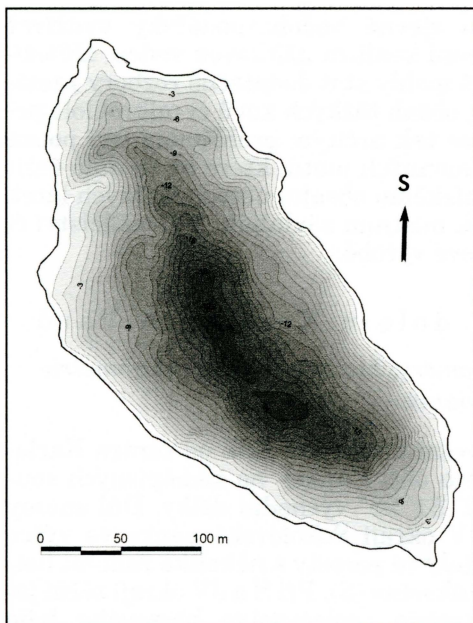
4.2.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby a morfometrie jezerní pánve

Jezero se nachází v bývalém kaolinovém dole 4 km SSZ od centra Karlových Varů mezi městskou částí Otovice a obcí Čankov na zeměpisných souřadnicích 50° 15' 19" severní šířky a 12° 51' 28" východní délky. Důl známý pod názvem Jáma či Šachta leží na JV okraji Sokolovské pánve ve výšce 405 m n. m. Okraje těžní jámy lemují břehové porosty s několika řadami listnatých stromů, v mělké části přistupují rákosiny (S). Při S a JV okraji těžní jámy se na rozsáhlých výsypkách vytvořilo společenstvo březového háje s hustým keřovým podrostem (ostružiník). Nejbližší okolí jezera je intenzivně zemědělsky obhospodařováno. Na několika místech je patrné sesouvání neuzpevněných břehových partií. Již v roce 1844 zde byla započata těžba hnědouhelné sloje Antonín. V podloží hnědouhelné formace se až do ukončení těžby v roce 1949 těžil kaolin vzniklý tropickým zvětráním žulového podloží (Macháček 1965). Jezero oválného tvaru, protažené ve směru SZ–JV, plně odpovídá způsobu těžby měkkého kaolinu, kdy dno ve všech směrech plynule poklesává až k samotnému středu těžní jámy, kde nalezneme největší hloubky.

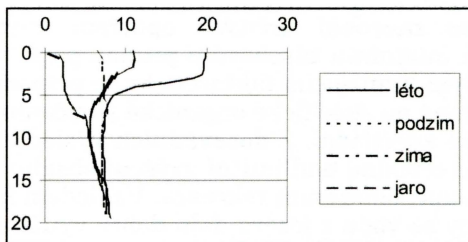
4.2.2. Fyzikálně-chemické vlastnosti jezerní vody

Z obrázků 7–12 a tabulek 4–6 je patrné, že se jedná o poměrně hluboké, meromiktické jezero s výměnou vody pouze do určité hloubky, kde změny v průběhu teplot během roku úzce souvisí s naměřenou vodivostí. Pro toto jezero se jako zlomové jeví hloubky 7 a 14 m, kde se náhle zvyšuje konduktivita, čímž je omezen až znemožněn proces vertikální výměny vody během roku. Od těchto hloubek se stírají rozdíly u jednotlivých teplotních profilů a rovněž zde dochází k pozvolnému nárůstu teploty. Tento jev souvisí podle Wetzela (2001) s poklesáváním teplejší, avšak minerálně nasycenější příbřežní vody ke dnu jezera, kde se vytváří tzv. monimolimnion (stabilní vrstva se zvýšenou salinitou) s hodnotami vodivosti až 1800 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (tj. vůbec nejvyšší zaznamenaná). Na zvyšování teploty směrem ke dnu jezera se spolupodílí i činnost mikroorganismů. Letní křivka grafu kyslíkových poměrů opět ukazuje na přechodné zvýšení nasycení vody kyslíkem na hranici metalimnionu, celkově jsou však kyslíkové poměry poměrně nepříznivé. Průhlednost vody je vzhledem k povaze kaolinu (nezpevněná hornina) celoročně omezená, zbarvení vody se pohybuje v žlutých až hnědožlutých tónech podle Forel-Uleovy stupnice.

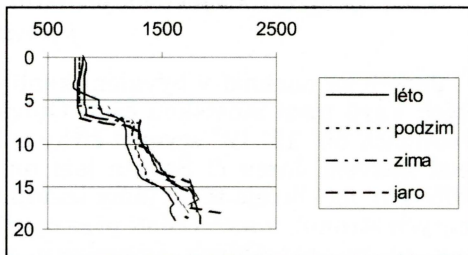
S anoxickým prostředím u dna souvisí nadměrné koncentrace amonných iontů, které téměř padesátinásobně převyšují normu na pitnou vodu (Vyhláš-



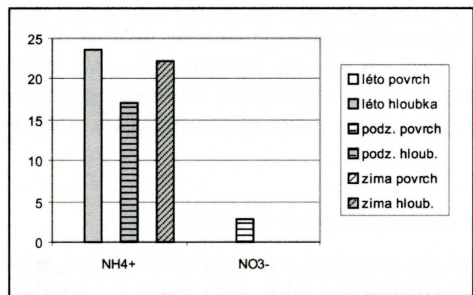
Obr. 7 – Batymetrická mapa jezera v kaolínovém dole Čankov u Karlových Varů



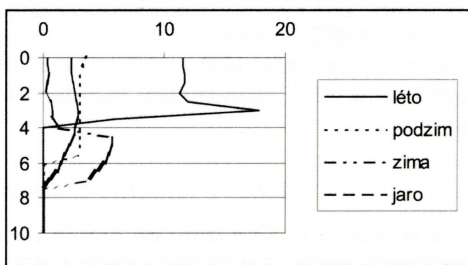
Obr. 8 – Teplotní poměry jezera v kaolínovém dole Čankov u Karlových Varů. Osa x – teplota ($^{\circ}\text{C}$), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



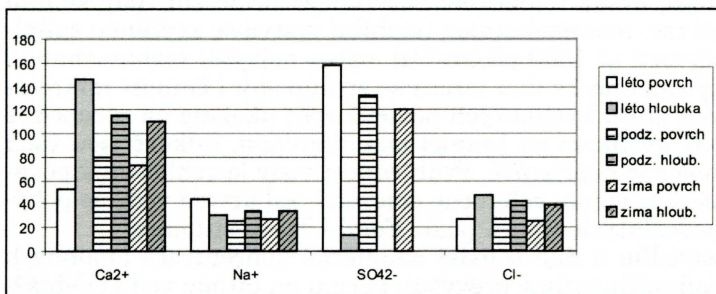
Obr. 9 – Vodivost v jezeře v kaolínovém dole Čankov u Karlových Varů. Osa x – konduktivita ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



Obr. 11 – Koncentrace iontů dusíku v kaolínovém dole Čankov u Karlových Varů. Osa y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Vysvětlivky: a – léto povrch, b – léto hloubka, c – podzim povrch, d – podzim hloubka, e – zima povrch, f – zima hloubka.



Obr. 10 – Kyslíkové poměry jezera v kaolínovém dole Čankov u Karlových Varů. Osa x – koncentrace rozpuštěného kyslíku ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



Obr. 12 – Koncentrace dalších vybraných iontů v kaolínovém dole Čankov u Karlových Varů. Osa y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Vysvětlivky: a – léto povrch, b – léto hloubka, c – podzim povrch, d – podzim hloubka, e – zima povrch, f – zima hloubka.

Tab. 4 – Průhlednost a barva vody v kaolínovém dole Čankov u Karlových Varů

	Léto	Podzim	Zima	Jaro
Průhlednost vody (m)	2,3	0,35	1,85	1,5
Barva vody (FU)	18	18	15	17

Tab. 5 – Podmínky měření v jezeře v kaolínovém dole u Karlových Varů

Měření	Datum	Čas	Oblačnost	Vítr	Teplota (°C)	Jiné
Léto	4.7.03	14:00	oblačno	slabý	19,5	po dešti
Podzim	20.10.03	13:00	zataženo	slabý	3,5	po dešti
Zima	12.1.04	12:30	oblačno	slabý	4,0	led 13 cm
Jaro	19.4.04	13:30	zataženo	slabý	7,9	

Tab. 6 – Morfometrické poměry jezera v kaolínovém dole u Karlových Varů. Měření proběhlo dne 23.6.2003.

Charakteristika	Hodnota	Jednotka
Obvod	950	m
Plocha	44 780	m ²
Objem	361 500	m ³
Maximální délka	385,9	m
Maximální šířka	167,7	m
Maximální hloubka	19,2	m
Střední volumetrická hloubka	8,1	m

ka MZ č. 376/2000 Sb.). Podobně zvýšené koncentrace nalezneme i u ostatních iontů, zejména pak u iontů vápníku (kaolinické zvětrání Ca-živců) a síry (méně kvalitní hnědouhelné nadloží). Anoxické prostředí v mo-

nimolimnionu prezentují prakticky nulové koncentrace síranových a dusičnanových iontů v hlubinných vzorcích. Obecně lze zhodnotit toto jezero jako nejvíce mineralizované ze všech zkoumaných lokalit. Hodnota pH se při povrchu pohybuje v průměru okolo 7,5.

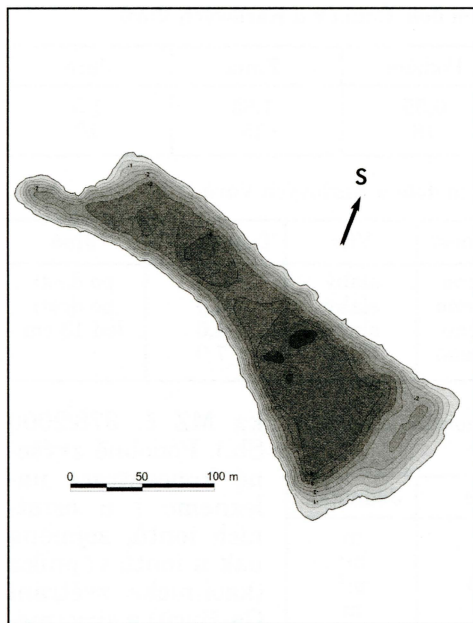
4.2.3. Potenciální využití jezera

Jezero je v současnosti využíváno převážně k rekreačně-sportovním aktivitám (triatlon) a vzhledem k vyšší eutrofizaci vody (poloha uprostřed polí, hustá doprovodná vegetace) též k poměrně intenzivnímu rybaření. V kontrastu s předešlým jezerem však není voda z tohoto jezera vhodná k žádným jiným účelům (kvalita vody se ve vertikálním směru vlivem permanentní anoxie značně zhoršuje) a jako efektivní se jeví pouze pokračování ve využití stávajícím.

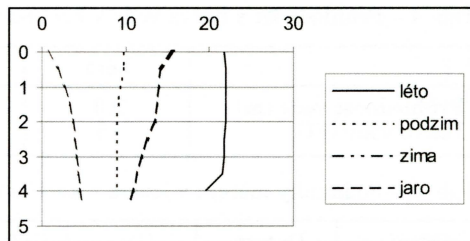
4.3. Jezero v pískovém dole u Hradce Králové

4.3.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby a morfometrie jezerní pánve

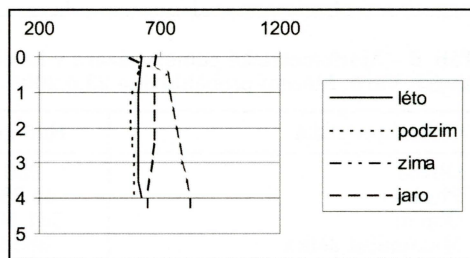
Jezero se nachází v bývalém pískovém dole 3 km JV od centra Hradce Králové mezi městskou částí Pražské předměstí a obcí Březhrad na zeměpisných souřadnicích 50° 11' 26" severní šířky a 15° 47' 48" východní délky. Důl leží ve východní části Východolabské tabule na labské terase ve výšce 230 m n. m. Okraje těžní jámy lemují břehové porosty s olšemi, břízami a rozsáhlými porosty rákosin. Jižní okolí jezera pokrývá dubohabrový les s příměsí břízy, východní přístupová část je tvořena listnatým hájem na hrubém písčitém podkladu. Nejbližší okolí severní části jezera je intenzivně zemědělsky využívá-



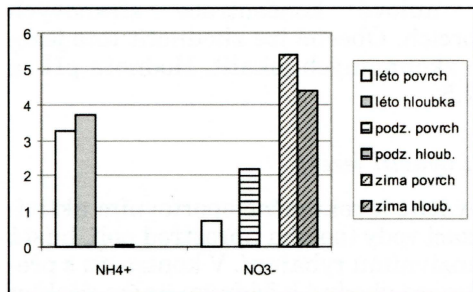
Obr. 13 – Batymetrická mapa jezera v pískovém dole Březhrad u Hradce Králové



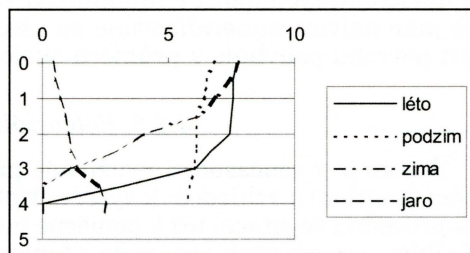
Obr. 14 – Teplotní poměry jezera v pískovém dole Březhrad u Hradce Králové. Osa x – teplota (°C), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



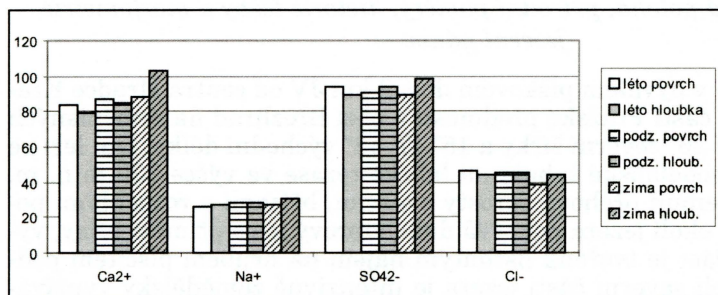
Obr. 15 – Vodivost v jezeře v pískovém dole Březhrad u Hradce Králové. Osa x – konduktivita ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



Obr. 17 – Koncentrace iontů dusíku v pískovém dole Březhrad u Hradce Králové. Osa y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Vysvětlivky: a – léto povrch, b – léto hloubka, c – podzim povrch, d – podzim hloubka, e – zima povrch, f – zima hloubka.



Obr. 16 – Kyslíkové poměry jezera v pískovém dole Březhrad u Hradce Králové. Osa x – koncentrace rozpuštěného kyslíku ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



Obr. 18 – Koncentrace dalších vybraných iontů v pískovém dole Březhrad u Hradce Králové. Osa y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Vysvětlivky: a – léto povrch, b – léto hloubka, c – podzim povrch, d – podzim hloubka, e – zima povrch, f – zima hloubka.

Tab. 7 – Průhlednost a barva vody v pískovém dole Březhrad u Hradce Králové

	Léto	Podzim	Zima	Jaro
Průhlednost vody (m)	1,8	1,5	3,25	2,6
Barva vody (FU)	15	18	15	11

Tab. 8 – Podmínky měření v jezeře v pískovém dole u Hradce Králové

Měření	Datum	Čas	Oblačnost	Vítr	Teplota (°C)	Jiné
Léto	3.7.03	14:00	zataženo	čerstvý	16,0	děšť
Podzim	17.10.03	17:00	jasno	slabý	10,5	
Zima	14.1.04	13:30	polojasno	čerstvý	3,1	led 13 cm
Jaro	22.4.04	12:00	jasno	bezvětří	18,8	

Tab. 9 – Morfometrické poměry jezera v pískovém dole u Hradce Králové. Měření proběhlo dne 4.4.2004.

Charakteristika	Hodnota	Jednotka
Obvod	899	m
Plocha	24 510	m ²
Objem	66 000	m ³
Maximální délka	344,3	m
Maximální šířka	127,2	m
Maximální hloubka	4,7	m
Střední volumetrická hloubka	2,7	m

no. Těžený materiál tvořily kvartérní fluvialní štěrkopísky kryté asi metrovou vrstvou vátých písků. Intenzivní těžba byla pravděpodobně ukončena v 50. letech 20. století, kdy bylo dosaženo hladiny spodní vody (Inventarizace ložisek stavebních nerostných surovin 1968). Jezero obdélníkového tvaru, protažené ve směru SZ–JV, vyplňuje morfometricky jednoduchou pánev s téměř plochým dnem lemovaným poměrně příkrými svahy.

4.3.2. Fyzikálně-chemické vlastnosti jezerní vody

Z obrázků 13–18 a tabulek 7–9 je patrné, že se jedná o mělké, holomiktní jezero bez vyvinuté teplotní stratifikace. S vyrovnanými teplotními poměry a cirkulací vody v celém profilu jezera souvisí i vyrovnaná vodivost, která se pohybuje kolem 750 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Vzhledem k malé průměrné hloubce a vyšší povrchové teplotě vykazuje toto jezero pokročilý stupeň eutrofizace, který je ve svých důsledcích patrný z grafu kyslíkových poměrů (obr. 16). Až na podzimní a jarní vyrovnanou bilanci zde dochází k výraznému poklesu rozpuštěného kyslíku směrem ke dnu jezera s počátkem anoxie již 1 m nade dnem, kde je kyslík spotřebováván k rozkladu odumřelého organického materiálu. Vyšší nasycení vody kyslíkem v zimní sezóně bylo způsobeno prosekáváním otvorů do ledu místními rybáři kvůli chovu ryb. Průhlednost je vlivem vyšší eutrofizace mírně omezena, zabarvení vody se v průběhu roku značně měnilo od žluté až po žlutohnědou.

Z hlediska chemismu stojí za povšimnutí překročení limitní hodnoty (0,5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) v případě amonných iontů z letního odběru, které souvisí se zvýšeným metabolismem vodní bioty v jezeře a jeho značným zatížením rekreační činností. Vysoký obsah vápenatých iontů by pak vzhledem ke geografické poloze jezera mohl pocházet z přimíšené sprašové frakce. Zvýšené množství dusičnanů u zimního odběru je patrné důsledkem nahromadění dusíku z podzimních smyvů z okolní zemědělské půdy v kombinaci s přechodně příznivými kyslíkovými podmínkami v jezeře. Na této lokalitě byl rovněž zaznamenán nejvyšš-

ší obsah chloridových aniontů, který však nepřevyšuje stanovenou normu pro pitnou vodu, která činí 100 mg.l^{-1} . Poměrně vysoká hodnota pH se u hladiny pohybuje v průměru okolo 7,9.

4.3.3. *Potenciální využití jezera*

Jezero u Březhradu je vzhledem ke své poloze v bezprostřední blízkosti velkoměsta patrně rekreačně nejvíce vytíženým jezerem ze všech popisovaných lokalit. Vzhledem k bezprostřednímu okolí jezera (orná půda, rákosiny), malé nadmořské výšce, malé průměrné hloubce a masovému rekreačnímu využívání je rovněž nejvíce eutrofizované a také nejvíce zarybněné. Řízené využití jezera k chovu ryb potvrzuje prosekávání otvorů do ledu v zimních měsících. Výše uvedené charakteristiky neumožňují u tohoto jezera jiné potenciální využití, než je stávající. Jistou alternativou by mohla být ochrana pozvolna zarůstajícího písničku jako refugia ptačí fauny a obojživelníků, což by se však neslučovalo s masovým rekreačním využitím.

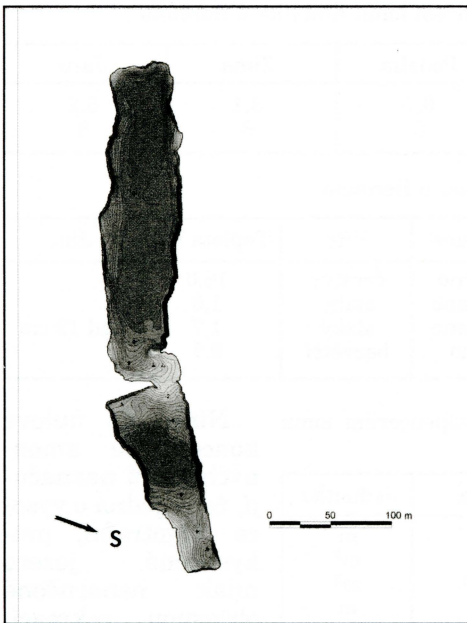
4.4. Jezero ve vápencovém lomu u Berouna

4.4.1. *Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby a morfometrie jezerní pánve*

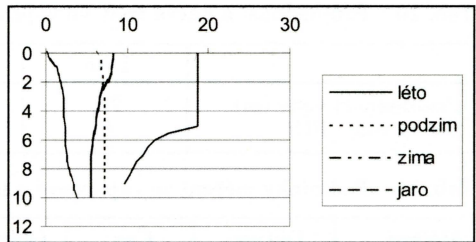
Jezero se nachází v bývalém jámovém vápencovém lomu 8,5 km V od centra Berouna mezi obcemi Mořina a Kozolupy na zeměpisných souřadnicích $49^\circ 57' 32''$ severní šířky a $14^\circ 11' 44''$ východní délky. Lom, zvaný Velká Amerika, leží v severní části Hořovické pahorkatiny ve výšce 410 m n. m. Břehy jezera lemují náletové dřeviny s převahou břízy, přičemž převážnou část břehů tvoří holá hornina bez vegetace. Okraje lomu lemují husté keřovité porosty, které jej oddělují od zemědělsky intenzivně využívaných ploch v bezprostředním okolí. Na lokalitě byly těženy devonské a silurské vápence koněpruského a sliveneckého souvrství. Těžba, započatá kolem roku 1900, byla ukončena po zřícení části jižní stěny v roce 1963 (Krottil 2001). Morfometrie jezera značně protaženého ve směru SV–JZ, je typickým příkladem povrchové těžby pomocí odstřelů bloků horniny v jednotlivých etážích. V současnosti zatopená, jámovitě zahloubená dvojetáž s plochým dnem a kolmými stěnami, se nachází na dně hlavní těžní jámy hluboké kolem 70 metrů.

4.4.2. *Fyzikálně-chemické vlastnosti jezerní vody*

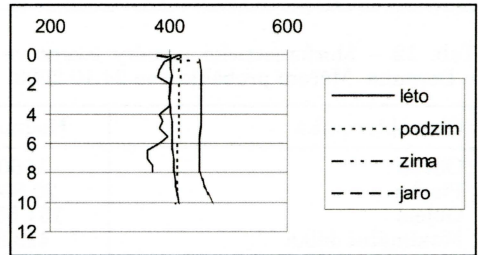
Z obrázků 19–24 a tabulek 10–12 je zřejmé, že se jedná o vysoce oligotrofní, holomiktní jezero s velmi čistou vodou s výrazným teplotním režimem (letní epilimnion s izotermií teploty do hloubky 5 m, podzimní homoternie s amplitudou teploty do 1°C). Předpokladem výrazné cirkulace vody jsou vyrovnané křivky vodivosti, které se v průměru pohybují kolem $420 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$. Z grafu kyslíkových poměrů (obr. 22) je zřetelně patrný průběh izográdní křivky nasycení vody kyslíkem při letní stratifikaci, kdy s prudkým poklesem teploty v metalimnionu dochází v oligotrofních jezerech k razantnímu zvýšení rozpuštěného kyslíku na relativní hodnoty kolem 100 %. Jezero se v průběhu celého roku vyznačuje mimořádnou průhledností, zabarvení vody se vlivem rozpuštěných HCO_3^- iontů pohybuje v modrozelených až zelených odstínech podle Forel-Uleovy stupnice.



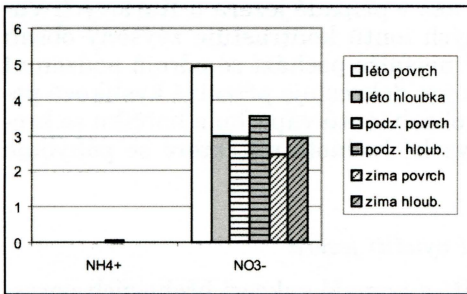
Obr. 19 – Batymetrická mapa jezera ve vápencovém lomu Amerika u Berouna



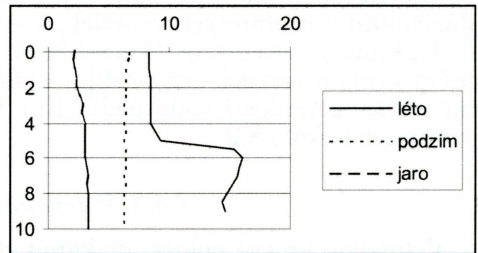
Obr. 20 – Teplotní poměry jezera ve vápencovém lomu Amerika u Berouna. Osa x – teplota (°C), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



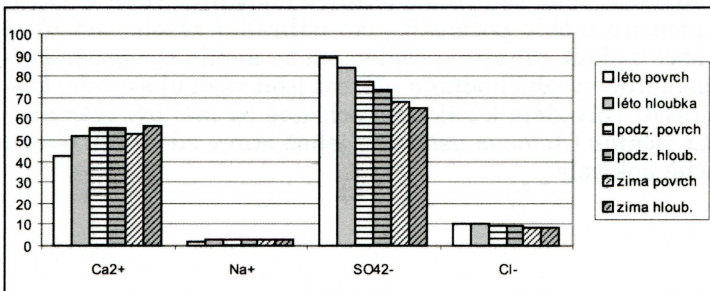
Obr. 21 – Vodivost v jezeře ve vápencovém lomu Amerika u Berouna. Osa x – konduktivita ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



Obr. 23 – Koncentrace iontů dusíku ve vápencovém lomu Amerika u Berouna. Osa y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Vysvětlivky: a – léto povrch, b – léto hloubka, c – podzim povrch, d – podzim hloubka, e – zima povrch, f – zima hloubka.



Obr. 22 – Kyslíkové poměry jezera ve vápencovém lomu Amerika u Berouna. Osa x – koncentrace rozpuštěného kyslíku ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



Obr. 24 – Koncentrace dalších vybraných iontů ve vápencovém lomu Amerika u Berouna. Osa y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Vysvětlivky: a – léto povrch, b – léto hloubka, c – podzim povrch, d – podzim hloubka, e – zima povrch, f – zima hloubka.

Tab. 10 – Průhlednost a barva vody ve vápencovém lomu Amerika u Berouna

	Léto	Podzim	Zima	Jaro
Průhlednost vody (m)	7,2	6,7	8,1	5,2
Barva vody (FU)	6	6	6	8

Tab. 11 – Podmínky měření ve vápencovém lomu u Berouna

Měření	Datum	Čas	Oblačnost	Vítr	Teplota (°C)	Jiné
Léto	3.7.03	19:00	oblačno	čerstvý	18,0	
Podzim	24.10.03	12:30	zataženo	slabý	1,6	
Zima	13.1.04	10:30	zataženo	slabý	1,7	led 12 cm
Jaro	21.4.04	10:00	jasno	bezvětrí	9,7	

Tab. 12 – Morfometrické poměry jezera ve vápencovém lomu u Berouna. Měření proběhlo dne 24.10.2003.

Charakteristika	Hodnota	Jednotka
Obvod	1060	m
Plocha	20 860	m ²
Objem	151 500	m ³
Maximální délka	413,8	m
Maximální šířka	67,6	m
Maximální hloubka	11,0	m
Střední volumetrická hloubka	7,3	m

Nízké až nulové koncentrace amon-ných iontů naznačují, že se jedná o vysoce oligotrofní, prokysličené jezero nijak nenarušené občasnou rekreací. Poměrně vysoký obsah iontů vápníku vyplývající z chemické

povahy těžené horniny je však nižší, než v případě jezera u Karlových Varů. Se zanedbatelným obsahem amon-ných iontů kontrastuje zvýšený obsah dusičnanů v hlubinných vzorcích, který nejspíše pochází ze zdrojů podzemní vody, které jezero dotují (Wetzel 2001) a jen dokresluje příznivé kyslíkové poměry v celém vertikálním profilu. Vyšší obsah iontů vápníku a hořčíku se kromě zvýšené tvrdosti vody podílí i na vysoké hodnotě pH, které se pohybuje v průměru okolo 8,2.

4.4.3. Potenciální využití jezera

Vzhledem ke své poloze, nízkému stáří a pomalé sukcesi břehových porostů je voda tohoto jezera jednou z neoligotrofnějších a nejčistších v České republice. Vstup do lomu není dovolen, nepovolené rekreační aktivity vedly zejména ve 2. polovině 90. let ke snížení kvality vody, rozvoji řas a ke znečištění bezprostředního okolí jezera odpadky. V současnosti se stav jezera také dílem důmyslného uzavření lomu opět zlepšil. Z hlediska základních chemických a fyzikálních vlastností vody se jedná o jezero s nadstandardně kvalitní vodou, které by v budoucnu mohlo posloužit jako náhradní zásobovací zdroj pitné vody pro malé obce v okolí. Menším problémem by mohla být pouze zvýšená tvrdost vody a poměrně vysoká hodnota pH, což jsou však ukazatele, které se dají snadno upravit. Důvodem k zákonné ochraně by měl být četný výskyt ohroženého raka říčního (*Astacus astacus*), jehož stavy zde v 90. letech vlivem rekreace značně poklesly.

4.5. Jezero v žulovém lomu u Hlinska

4.5.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby a morfometrie jezerní pánve

Jezero se nachází v bývalém, pův. asi 50 m hlubokém jámovém žulovém lomu 2 km SZ od centra Hlinska na katastru obce Srní na zem. souřadnicích 49° 46' 38" severní šířky a 15° 52' 54" východní délky. Bývalý lom leží v jižní části Sečské vrchoviny ve výšce 630 m n. m. Skalnaté břehy jezera lemují při Z okraji husté náletové porosty s dominantním smrkem a vtroušenou borovicí, severní a východní část na rozsáhlých skrývkách uzavírá březový háj. Vzdálenější okolí jezera je tvořeno zemědělskou půdou, vybíhající k okrajům lomu zvláště v jižní, přístupové části. Těžil se zde jemnozrnný, světle šedý biotitický granodiorit (tzv. hlinecká žula) pro výrobu dlažebních kostek a obrubníků. Těžba, započatá koncem 19. stol. ve dvou jámových lomech, které se postupně spojily v jeden, byla ukončena v roce 1968. V roce 1969 byl lom částečně zaplaven a okolní areál posléze využíván Sběrnými surovinami (Průzkum ložiska granodioritu 1961; Šrainer, Sládek 2005). Dno jezera nepravidelného oválného tvaru, s hlavní osou protaženou ve směru Z-V, je dalším příkladem etážové těžby sestávající z několika kolmých stupňů oddělených jednotlivými terasami.

4.5.2. Fyzikálně-chemické vlastnosti jezerní vody

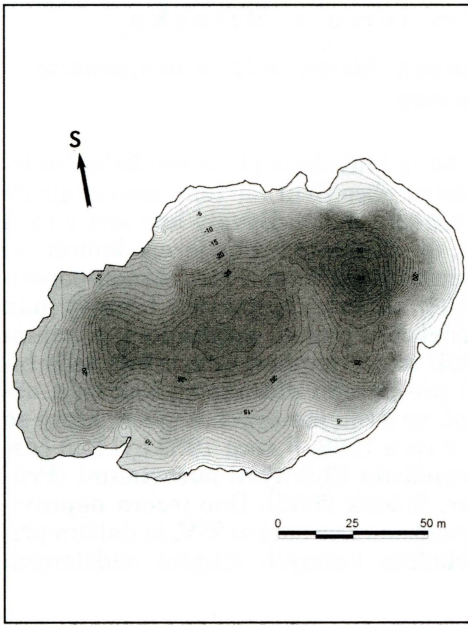
Z obrázků 25–30 a tabulek 13–15 zjistíme, že se jedná o velice hluboké, striktně meromiktní jezero s výměnou vody pouze do poloviční hloubky jezera, kde je spodní a stabilní monimolimnion ohraničen nápadným vzestupem konduktivity v hloubkách 18–21 metrů. Podobně jako tomu bylo v případě jezera u Karlových Varů, je i zde od této hloubky zaznamenán pozvolný nárůst teploty s hloubkou až ke dnu jezera bez výraznějších rozdílů v rámci jednotlivých ročních období. Ve svrchní, promíchávané vrstvě (tzv. mixolimnion) byly zjištěny vyrovnané vodivostní poměry s hodnotami jen 170 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, což je nejméně ze všech srovnávaných lokalit. U kyslíkových poměrů je zajímavý náhlý pokles rozpuštěného kyslíku u podzimního profilu v hloubce 9 m v kontrastu s poklesem teploty ve stejné hloubce. Na obsah rozpuštěného kyslíku zde tedy měla patrně zásadní vliv spotřeba kyslíku nahromaděnými mikroorganismy. V průběhu roku byla na lokalitě naměřena proměnlivá průhlednost vody s proměnlivým zabarvením s odstíny od modrozelené po žlutou podle Frel-Uleovy stupnice.

Anoxické prostředí při dně jezera potvrzují vysoké koncentrace amonných iontů, které dvacetinásobně převyšují normu na pitnou vodu. Mírně nadlimitní byla i koncentrace v přepovrchové vrstvě z letního odběru, způsobená patrně opět zvýšenou rekreační zátěží.

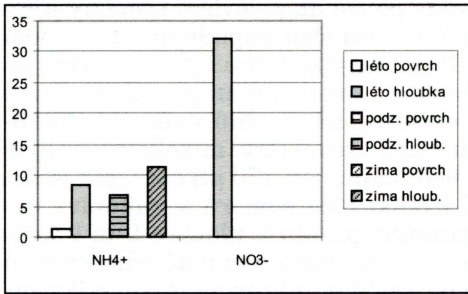
Nejzajímavější zjištěním je však fakt, že koncentrace ostatních iontů jsou absolutně nejnižší ze všech sledovaných lokalit, což je dáno zejména malou rozpustností samotné horniny, poměrně velkým objemem a prozatím malou vnější zátěží. Hodnota pH se u hladiny pohybuje v průměru okolo 7,9.

4.5.3. Potenciální využití jezera

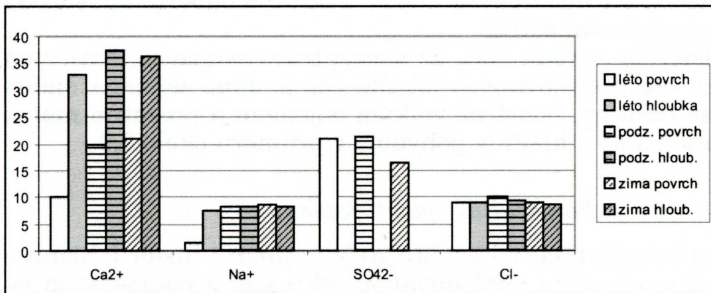
Jezero je vzhledem k nadprůměrné kvalitě vody, zajímavé historii, hloubce a výhodné poloze v zázemí města vyhledávanou rekreační a potápěčskou lo-



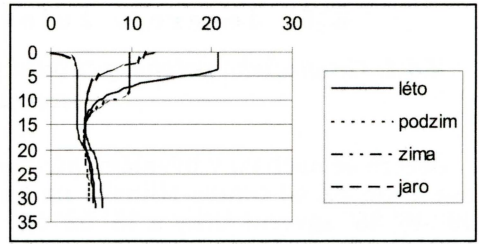
Obr. 25 – Batymetrická mapa jezera v žulovém lomu Srní u Hlinska



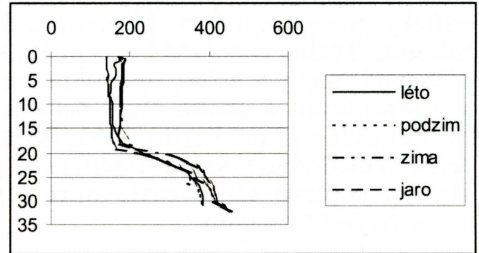
Obr. 29 – Koncentrace iontů dusíku v žulovém lomu Srní u Hlinska. Osa y – mg.l^{-1} . Vysvětlivky: a – léto povrch, b – léto hloubka, c – podzim povrch, d – podzim hloubka, e – zima povrch, f – zima hloubka.



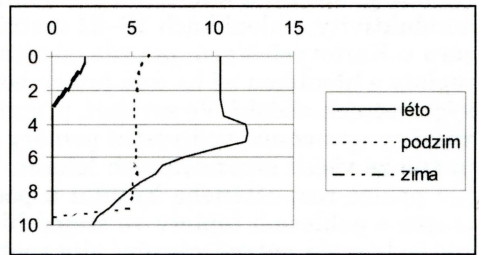
Obr. 30 – Koncentrace dalších vybraných iontů v žulovém lomu u Srní Hlinska. Osa y – mg.l^{-1} . Vysvětlivky: a – léto povrch, b – léto hloubka, c – podzim povrch, d – podzim hloubka, e – zima povrch, f – zima hloubka.



Obr. 26 – Teplotní poměry jezera v žulovém lomu Srní u Hlinska. Osa x – teplota ($^{\circ}\text{C}$), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



Obr. 27 – Vodivost v jezeře v žulovém lomu Srní u Hlinska. Osa x – konduktivita ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.



Obr. 28 – Kyslíkové poměry jezera v žulovém lomu Srní u Hlinska. Osa x – koncentrace rozpuštěného kyslíku (mg.l^{-1}), osa y – hloubka (m). Vysvětlivky: a – léto, b – podzim, c – zima, d – jaro.

Tab. 13 – Průhlednost a barva vody v žulovém lomu Srní u Hlinska

	Léto	Podzim	Zima	Jaro
Průhlednost vody (m)	2,9	5,5	4,0	3,5
Barva vody (FU)	8	13	10	14

Tab. 14 – Podmínky měření v žulovém lomu Srní u Hlinska

Měření	Datum	Čas	Oblačnost	Vítr	Teplota (°C)	Jiné
Léto	3.7.03	10:00	polojasno	slabý	21,2	
Podzim	17.10.03	10:30	jasno	bezvětří	8,6	
Zima	14.1.04	11:00	oblačno	čerstvý	0,4	led 12 cm
Jaro	22.4.04	15:30	jasno	bezvětří	23,0	

Tab. 15 – Morfometrické poměry jezera v žulovém lomu Srní u Hlinska. Měření proběhlo dne 17.10.2003.

Charakteristika	Hodnota	Jednotka
Obvod	485	m
Plocha	11 510	m ²
Objem	189 500	m ³
Maximální délka	162,5	m
Maximální šířka	98,6	m
Maximální hloubka	33,0	m
Střední volumetrická hloubka	16,5	m

kalitou. Vzhledem k anoxickému prostředí a vysokému obsahu amonných iontů v monimolimnionu (voda z hlubších vrstev značně zapáchá) není možné využít jezero k vodárenským účelům. Na druhou stranu velice

slabá mineralizace mixolimnionu, nízký obsah nerozpuštěných látek a dostatečná rozloha umožňují potenciální využití povrchové vody pro různorodé účely, jako je tomu v případě dolu u Litvínova (například budoucí lokální průmysl na pozemku bývalých Sběrných surovin). Další rozvoj rekreace by měl patrně negativní vliv na výskyt zajímavé a v Česku poměrně vzácné medúzy sladkovodní (*Craspedacusta sowerbyi*), jejíž přítomnost by mohla být důvodem k zákonné ochraně.

5. Závěr

Dosavadní výsledky výzkumu provedeného na výše zmíněných lokalitách vzniklých v souvislosti s těžbou nerostných surovin potvrzují, že nejdůležitějšími faktory ovlivňující kvalitu jezerní vody jsou vedle chemické a fyzikální povahy těžené suroviny zejména druhotné antropogenní ovlivnění rekreační činností a specifické rozměry jezerní pánve (zejména značná hloubka jezera), které v případě lokalit Čankov u Karlových Varů a Srní u Hlinska brání lepší cirkulaci a okysličení jezerní vody. Tento jev je navíc umocněn faktem, že u hlubších jezer dochází s rostoucí hloubkou ke zvyšování obsahu rozpuštěných minerálních látek a tím ke zvyšování hustoty vody nad úroveň hustoty čisté vody při 4 °C. V takovémto prostředí pak dochází k anaerobnímu rozkladu organických zbytků za vzniku nepříznivých chemických látek (metan, sulfan, amonné ionty).

Jako nevyhovující se z hlediska kvality vody ukázaly pouze nadlimitní hodnoty u amonných iontů (Vyhláška MZ č. 376/2000 Sb.), které byly naměřeny na třech lokalitách v letním povrchovém odběru a jsou patrně následkem přechodně zvýšeného rekreačního zájmu. Měla-li by se však posuzovat kvalita vody v celém vodním sloupci, a to jak z hlediska chemických, tak i fyzikálních charakteristik, byly by pro potenciální vodárenské využití vhodné pouze lo-

kalitý Amerika u Berouna a Lom u Litvínova, přičemž na lokalitě u Litvínova by muselo dojít k zabezpečení jezera před nežádoucím vlivem rekreace. V případě definitivního posouzení by byly nutné další rozbory (mikrobiologická aktivita, specifické organické látky, těžké kovy). Voda z lokality Litvínov by mohla být navíc využita k lokálním závlahám v místní zahrádkářské kolonii. Minerálně nejvíce chudá voda na lokalitě Srní u Hlinska pak předurčuje potenciální využití přípovrchových vrstev jezera k průmyslovým účelům v případě obnovení hospodářské činnosti v areálu zaniklých Sběrných surovin. Jezero na lokalitě Březhrad u Hradce Králové nemá vzhledem k vyšší eutrofizaci a malému objemu potenciál k jinému využití než je stávající rekreační s doprovodným chovem ryb. Podobně je na tom objemem sice největší, ale nejvíce mineralizované jezero na lokalitě Čankov u Karlových Varů, kde k nepříznivým fyzikálně-chemickým poměrům vody ve vertikálním profilu přistupuje i největší koncentrace nerozpuštěných látek daná charakterem těžené horniny. Z hlediska potenciální ochrany přírody se vymykají pouze lokality Amerika u Berouna (naleziště raka říčního) a Srní u Hlinska (naleziště medúzky sladkovodní).

Literatura:

- HRDINKA, T., JANSKÝ, B., ŠOBR, M. (2003): Genetická klasifikace jezer České republiky. In: Janský, B., Šobr, M. a kol.: Jezera České republiky. PřF UK, katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha, s. 12-23.
- HRDINKA, T. (2004): Antropogenní jezera České republiky. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 115 s.
- CHYBÍK, J., NOVÁK, V., NOVOTNÁ, M., Zahrádková, A., Železný, M. (1963): Zpráva k výpočtu zásob silničních a stavebních vápenců lokality Mořina. Železnorudné doly a hrdkovny, Nučice.
- Inventarizace ložisek stavebních nerostných surovin na listu mapy M-33-68B. Geofond, Praha 1968.
- JANSKÝ, B., ŠOBR, M. a kol. (2003): Jezera České republiky. Monografie. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 216 s.
- Klasifikace jakosti povrchových vod. Hodnocení jakosti vody podle ČSN 75 7221, www.monet.cz/zp/rocenk98/kap_021.htm.
- KROTIL, K. a kol. (2001): Lomy Mořina 1891-2001. Lomy Mořina, Mořina, 60 s.
- LELLÁK, J., KUBÍČEK, F. (1992): Hydrobiologie. Karolinum, Praha, 260 s.
- MACHÁČEK, V., OPAVSKÁ, I. (1965): Výpočet prognózních zásob kaolinu u Otovic. Ústřední ústav geologický, Praha.
- MARTINOVSKÁ, I., ZELENKA, O. (1995): Dílčí zpráva ke 2. etapě prací na úkolu Klasifikace a kategorizace ploch severočeské hnědouhelné pánve postižených poklesy terénu po hlubinné těžbě uhlí. Geologické služby s. r. o., Chomutov.
- Průzkum ložiska granodioritu – 1960 Srní. Geologický průzkum, Brno 1961.
- ŠRAINER, Z., SLÁDEK, T. (2005): Strany potápěčské, www.stranypotapecske.cz.
- ŠTÝS, S. a kol. (1981): Rekulтивace území postižených těžbou nerostných surovin. SNTL-Nakladatelství technické literatury, Praha, 680 s.
- Vyhláška MZ č. 376/2000 Sb., kterou se stanoví požadavky na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly, www.ecmost.cz/ver_cz/voda/pitna_voda/vyhlaska.htm.
- WETZEL, R. G. (2001): Limnology. Academic Press, San Diego, 1006 s.

S u m m a r y

ANTHROPOGENIC LAKES IN CZECHIA

This article compares water quality and possible utilization of lakes in mining pits in the following localities: Lom near Litvínov (brown coal), Čankov near Karlovy Vary (kaolin), Březhrad near Hradec Králové (gravel sand), Amerika near Beroun (limestone) and Srní near Hlinsko (granodiorite). These anthropogenic lakes seem to be quite heterogeneous.

The most important factors affecting the quality of lake water are physical and chemical properties of the exploited rock, secondary anthropogenic interference mainly through recreation and specific proportions of lake basins (considerable maximum depth). The great depth of these lakes alone prevents in some cases (e.g. Čankov near Karlovy Vary and Srní near Hlinsko) a better circulation and oxygenation of the entire water column. In the lower strata of these lakes there are usually concentrated dissolved mineral substances that increase the water density up to the density of clear water at 4 °C. It forms a stable layer (monimolimnion) with no circulation of water over the year. In this layer, there are concentrated unfavourable chemical compounds generated by anaerobic decomposition of dead organic materials such as methane, sulphane, ions of ammonia, etc.

Due to their water quality in the whole water column, the lakes in localities Amerika near Beroun and Lom near Litvínov are potentially suitable for local water supply. Some small problems with over limit concentration of ammonia ions (from fresh organic pollution) in Litvínov locality could be solved by restriction of recreation activities. For a definitive assessment, it would be necessary to conduct further analyses (microbiological activity, specific organic compounds and heavy metals). The water from the locality Litvínov could also be used for irrigation of gardens in the adjacent recreation area, in contrast to the locality Amerika with quite hard mineral water. Water poor in minerals from the upper strata in the locality Srní near Hlinsko could be potentially used in future local industry in the territory of the mining area. On the other hand, the water from the locality Březhrad near Hradec Králové has no other potential utilization given its higher eutrophication and small volume of the basin. What appears as best is the current utilization for mass recreation (location near a large town) combined with an intensive fish breeding. It is similar to the lake in the locality Čankov near Karlovy Vary, the water of which has the highest concentration of dissolved and suspended minerals (because of the kaolin characteristics) with anoxic conditions in the bottom strata (deep water stinks). As to nature preservation there are two especial localities: Amerika near Beroun (crayfish *Austacus austacus* habitat) and Srní near Hlinsko (jellyfish *Craspedacusta sowerbyi* habitat).

- Fig. 1 – Bathymetric map of the lake in the brown-coal mine in Lom near Litvínov.
 Fig. 2 – Temperature conditions of the lake in the brown coal mine in Lom near Litvínov. Axis x – temperature (°C), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
 Fig. 3 – Conductivity in the lake in the brown coal mine in Lom near Litvínov. Axis x – conductivity ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
 Fig. 4 – Oxygen conditions of the lake in the brown coal mine in Lom near Litvínov. Axis x – concentration of dissolved oxygen ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
 Fig. 5 – Concentration of nitrogen ions in the brown coal mine in Lom near Litvínov. Axis y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Key: a – summer surface, b – summer depth, c – autumn surface, d – autumn depth, e – winter surface, f – winter depth.
 Fig. 6 – Concentration of other selected ions in the brown coal mine in Lom near Litvínov. Axis y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Key: a – summer surface, b – summer depth, c – autumn surface, d – autumn depth, e – winter surface, f – winter depth.
 Fig. 7 – Bathymetric map of the lake in the kaolin mine in Čankov near Karlovy Vary.
 Fig. 8 – Temperature conditions of the lake in the kaolin mine in Čankov near Karlovy Vary. Axis x – temperature (°C), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
 Fig. 9 – Conductivity in the lake in the kaolin mine in Čankov near Karlovy Vary. Axis x – conductivity ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
 Fig. 10 – Oxygen conditions of the lake in the kaolin mine in Čankov near Karlovy Vary. Axis x – concentration of dissolved oxygen ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
 Fig. 11 – Concentration of nitrogen ions in the kaolin mine in Čankov near Karlovy Vary. Axis y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Key: a – summer surface, b – summer depth, c – autumn surface, d – autumn depth, e – winter surface, f – winter depth.
 Fig. 12 – Concentration of other selected ions in the kaolin mine in Čankov near Karlovy Vary. Axis y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Key: a – summer surface, b – summer depth, c – autumn surface, d – autumn depth, e – winter surface, f – winter depth.

- Fig. 13 – Bathymetric map of the lake in the gravel sand mine in Březhrad near Hradec Králové.
- Fig. 14 – Temperature conditions of the lake in the gravel sand mine in Březhrad near Hradec Králové. Axis x – temperature ($^{\circ}\text{C}$), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
- Fig. 15 – Conductivity in the lake in the gravel sand mine in Březhrad near Hradec Králové. Axis x – conductivity ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
- Fig. 16 – Oxygen conditions of the lake in the gravel sand mine in Březhrad near Hradec Králové. Axis x – concentration of dissolved oxygen ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
- Fig. 17 – Concentration of nitrogen ions in the gravel sand mine in Březhrad near Hradec Králové. Axis y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Key: a – summer surface, b – summer depth, c – autumn surface, d – autumn depth, e – winter surface, f – winter depth.
- Fig. 18 – Concentration of other selected ions in the gravel sand mine in Březhrad near Hradec Králové. Axis y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Key: a – summer surface, b – summer depth, c – autumn surface, d – autumn depth, e – winter surface, f – winter depth.
- Fig. 19 – Bathymetric map of the lake in the limestone quarry Amerika near Beroun.
- Fig. 20 – Temperature conditions of the lake in the limestone quarry Amerika near Beroun. Axis x – temperature ($^{\circ}\text{C}$), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
- Fig. 21 – Conductivity in the lake in the limestone quarry Amerika near Beroun. Axis x – conductivity ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
- Fig. 22 – Oxygen conditions of the lake in the limestone quarry Amerika near Beroun. Axis x – concentration of dissolved oxygen ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
- Fig. 23 – Concentration of nitrogen ions in the limestone quarry Amerika near Beroun. Axis y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Key: a – summer surface, b – summer depth, c – autumn surface, d – autumn depth, e – winter surface, f – winter depth.
- Fig. 24 – Concentration of other selected ions in the limestone quarry Amerika near Beroun. Axis y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Key: a – summer surface, b – summer depth, c – autumn surface, d – autumn depth, e – winter surface, f – winter depth.
- Fig. 25 – Bathymetric map of the lake in the granodiorite quarry in Srní near Hlinsko.
- Fig. 26 – Temperature conditions of the lake in the granodiorite quarry in Srní near Hlinsko. Axis x – temperature ($^{\circ}\text{C}$), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
- Fig. 27 – Conductivity in the lake in the granodiorite quarry in Srní near Hlinsko. Axis x – conductivity ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
- Fig. 28 – Oxygen conditions of the lake in the granodiorite quarry in Srní near Hlinsko. Axis x – concentration of dissolved oxygen ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), axis y – depth (m). Key: a – summer, b – autumn, c – winter, d – spring.
- Fig. 29 – Concentration of nitrogen ions in the granodiorite quarry in Srní near Hlinsko. Axis y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Key: a – summer surface, b – summer depth, c – autumn surface, d – autumn depth, e – winter surface, f – winter depth.
- Fig. 30 – Concentration of other selected ions in the granodiorite quarry in Srní near Hlinsko. Axis y – $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Key: a – summer surface, b – summer depth, c – autumn surface, d – autumn depth, e – winter surface, f – winter depth.

(Pracoviště autora: katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2; e-mail: tomashrdinka@centrum.cz)