GEOGRAFICKÝ VÝZKUM ČESKÝCH JEZER

Miroslav Šobr[1], Bohumír Janský[1], Tomáš Hrdinka[2], Julius Česák[1], Jan Kocum[1]

Abstrakt

Na území České republiky se nevyskytují velká jezera jako v jiných částech Evropy. Je zde však zastoupeno několik genetických typů jezer, jejichž pánve byly vytvořeny rozmanitými přírodními procesy ale též činností člověka. Podle původu vzniku dělíme jezera v ČR na ledovcová, fluviální, rašeliništní, krasová, hrazená sesuvem a antropogenní, přičemž poslední zmiňovaná dále členíme podle typu nerostné suroviny, kterou je v současné době tvořena jezerní pánev. Z limnologického hlediska byla věnována pozornost zejména jezerům v pánvích po těžbě nerostných surovin. Tato jezera vykazují ve srovnání s jezery přírodního původu řadu zajímavých fenoménů, které jsou dány jak odlišnou morfologií jezerní pánve, tak často specifickými chemickými a biologickými vlastnostmi jejich vody. U některých jezer dochází k tzv. permanentní meromixii, kdy se voda v období homotermie nepromíchává až do dna, ale pouze do určité hloubky.

Klíčová slova: jezero, genetické typy jezer, limnologické charakteristiky

1. Úvod

V České republice, v porovnání např. s územím Evropy, se nachází velmi málo jezer přírodního původu. Nemáme vysoké hory se sítí glaciálních jezer ani plošně rozsáhlé nížiny severského typu s jezerními oblastmi. Nejsou zde žádné rozsáhlé, plnohodnotně rozvinuté krasové oblasti, žádné aktivní vulkanické oblasti ani mořské pobřeží. Na druhou stranu územím České republiky prochází hlavní evropské rozvodí a pramení zde evropsky významné řeky. Na poměrně krátké vzdálenosti zde dochází k významné změně sklonu koryta toku a tím je vytvořen předpoklad pro proces meandrování vodního toku s následným vznikem fluviálních jezer, která jsou jedním z nejčetnějších typů jezer na našem území. Se vznikem rozsáhlé nivy a následnou těžbou štěrkopískových náplavů souvisí výskyt dalšího typu jezer, kterým jsou jezera antropogenní. Ta jsou též velmi četná v oblastech těžby hnědého uhlí a dalších nerostných surovin. A konečně posledním početnějším typem jezer jsou menší vodní plochy v rašelinných a slatinných oblastech, které jsou roztroušeny téměř po celém horském hraničním pásmu [6].

Naše jezera jsou vzhledem ke světovým jezerům daleko menších plošných a objemových dimenzí. Vyskytují se převážně v chráněných územích přírody – národních parcích, chráněných krajinných oblastech a přírodních rezervacích. Pozornost zasluhují zejména s ohledem na zachování ekologické stability chráněného území, zachování charakteristických biotopů, geobiocenóz apod. Proto zpravidla představují mimořádně cenné a jedinečné přírodní útvary [7]. Jedním z cílů výzkumu bylo provést detailní genetickou klasifikaci jezer České republiky v kontextu klasifikace jezer ve světové literatuře. Zvláštní zřetel byl kladen na podrobnější rozdělení jezer antropogenního původu podle typu nerostné suroviny, která se na místě současného jezera dříve těžila.

2. Definice jezera

„Jako jezero je označována stojatá stagnující vodní hmota, která se nachází v prohlubni zemského povrchu, na všech stranách uzavřené a nemající spojení s mořem.“ Takto široce definuje jezero významný německý limnolog F. A. Forel v roce 1901 [1]. Podle této definice lze za jezero považovat každou vodní plochu (louže, rybníky, močály), která nemá spojení s mořem bez ohledu na její velikost. Po rozboru další limnologické literatury [5, 11, 8] jsme s přihlédnutím na specifické podmínky Česka formulovali vlastní definici jezera [7] : „Jezero je přírodní či antropogenní deprese na zemském povrchu nebo pod ním, trvale nebo

dočasně vyplněna vodou. Oproti rybníkům a vodním nádržím se jezera nedají jednoduchým způsobem vypustit.“.

Vedle jezer přírodního původu se v Česku vykytují rovněž četné stojaté vodní akumulace v prostorách po těžbě nerostných surovin. Vzhledem k malému počtu přírodních jezer mají pro naši zemi význam a je třeba jim věnovat pozornost v rámci badatelského výzkumu. Jeho poznatky mohou napomoci úvahám o jejich racionálním budoucím využití, ať už v rámci záměrů ochrany přírody a krajiny, k vodohospodářským účelům či rekreačnímu využití. Vodní akumulace vzniklé těžební činností člověka označujeme jako jezera antropogenní. Název „jezera“ přitom užíváme i přes to, že nevznikla přírodními procesy. Mnohá z nich však přírodní jezera vlastnostmi svých vod připomínají. Zvláště ta antropogenní jezera, která vznikla po dávné těžební činnosti, vytvářejí často cenné přírodní ekosystémy, jež je třeba zachovat pro budoucí generace.

3. Genetické typy jezer na území Česka

Jezera ledovcového původu nalezneme na Šumavě. Jedná se o pět jezer (Černé, Čertovo, Plešné, Prášilské a Laka), která leží v karech hrazených morénami Würmských ledovců. Kromě jezera Laka, jehož hráz byla uměle zvýšena, se vyznačují velkou hloubkou. V Krkonoších nalezneme malé ledovcové jezírko ležící v moréně pod Kotelními jamami, které se nazývá Mechové.

Fluviální jezera se nacházejí na dolních a středních tocích našich řek. Jsou svědectvím dřívějšího vývoje říční sítě. Mnoho těchto „mrtvých ramen“ bylo odškrceno uměle při rekultivacích vodních toků. Vyskytují se zejména podél toků Labe, Moravy, Dyje, Lužnice, Orlice a Odry.

Krasová jezera vznikají akumulací srážkové či podzemní vody v dutinách či depresích krasových hornin, jsou tedy vázána na vápencové případně dolomitické oblasti. Drobná krasová jezírka se vyskytují prakticky v každé české krasové oblasti. Většími krasovými vodními plochami jsou jezera na dnech propastí - Macocha a Hranická propast.

Nejmladším českým jezerem je Mladotické (Odlezelské) jezero, vzniklé zahrazením údolí Mladotického potoka v roce 1872. Menší sesuvem hrazená jezera se nacházejí také v moravských flyšových pohořích.

Jezera organogenního původu vznikají nadržením srážkové či podzemní vody v mělkých depresích za spoluúčasti procesů rašelinění či tvorby slatin. Rašelinná jezera jsou obecně malých rozměrů a vyskytují se téměř ve všech našich pohraničních pohořích. Nejvíce se jich nachází v chráněném území Modravské slatě v centrální části Šumavy.

Antropogenní jezera lze rozdělit na tři základní skupiny. Rybníky, vodní nádrže a vodní plochy vzniklé v souvislosti s těžební činností člověka. Jak plyne z naší upravené definice pro česká jezera, zajímají nás antropogenní jezera vzniklá po těžbě nerostných surovin. Dělíme je podle druhu nerostné suroviny, po jejíž těžbě jsou pozůstatkem. Jedná se o: 1) písek a štěrkopísek, 2) kaolin, 3) hnědé a černé uhlí, 4) vápenec, břidlice a droby, 5) žulu, diorit a čedič, 6) cihlářskou hlínu, jíl a 7) jiné nerostné suroviny [3, 6, 7, 9].

4. Fyzikálně-limnologické charakteristiky zkoumaných jezer

4.1. Glaciální jezera

Glaciální jezera jsou vzhledem k morfometriím svých pánví holomiktická s vyvinutým hypolimniem. Výjimku tvoří mělká jezera Laka a Mechové. Velmi podstatná je pro formování fyzikálních vlastností vysoká nadmořská výška, která ovlivňuje klimatické charakteristiky v oblastech výskytu těchto jezer. Oproti níže ležícím jezerům je zde daleko menší průměrná teplota vzduchu a vyšší množství srážek, takže dochází k posunu období jarního promíchávání na pozdější dobu, naopak podzimní promíchávání nastává dříve. Šumavská jezera jsou i přes rapidní pokles atmosférických depozicí síry stále acidifikována (Čertovo,

Černé a Plešné lze označit za silně acidifikovaná, Prášilské a Laka jsou ovlivněna méně), což mělo v minulosti za následek výrazný úbytek zooplanktonu a vymizení ryb [2]. Barvu a průhlednost vody výrazně ovlivňují sezónní změny výskytu fytoplanktonu a zooplanktonu. Většinou mají jezera barvu hnědo-zelenou, výjimku tvoří Plešné jezero, které má vodu zeleně zakalenou, což je dáno nejvyšší biomasou fytoplanktonu ze všech šumavských jezer [10]. Hodnoty konduktivity a množství rozpuštěného kyslíku byly sledovány pouze ve vodě Černého a Čertova jezera. Nízké hodnoty konduktivity ukazují na velmi malé množství rozpuštěných látek ve vodách glaciálních jezer. Pro málo produktivní jezera, jako jsou Černé a Čertovo jezero, je typická přibližně ortográdní distribuce rozpuštěného kyslíku s mírným poklesem obsahu směrem ke dnu. U Černého jezera byla v době vrcholného léta nalezena pozitivní heterográdní distribuce kyslíku ve vertikálním sloupci, u Čertova jezera tomu bylo naopak, zde byla naměřena negativní heterográdní distribuce kyslíku.

4.2 Fluviální jezera

Fyzikálně-limnologické parametry fluviálních jezer jsou rovněž dány morfologií jejich pánví. Všechny zkoumané lokality jsou velmi mělké, hodnoty maximálních hloubek nebyly u žádné lokality vyšší než 3 m. Teplotní režim těchto jezer je ovlivněn jejich nižší nadmořskou výškou, takže období zámrzu těchto jezer je v porovnání s ostatními typy nejkratší. Vzhledem k malé hloubce není u jezer vyvinuta typická letní stratifikace s metalimniem a hypolimniem. Povrchové teploty dosahují v letním období hodnot kolem 23–25 °C, u dna se pohybují nejčastěji kolem 18 °C. Většinou se jedná o eutrofní jezera, fytoplanktonní a zooplanktonní organismy ovlivňují jednak produkci a spotřebu kyslíku, rovněž mají za následek nejnižší průhlednost ze zkoumaných jezer, která nebyla vyšší než 1 m. Barva vody zkoumaných fluviálních jezer je bez výjimky zeleno-hnědá. Kyslíkové poměry fluviálních jezer jsou typické klinográdním průběhem vertikálního profilu. Hodnoty konduktivity se na sledovaných lokalitách pohybovaly v rozmezí 400-2200 $\mu S.cm^{-1}$.

4.3 Jezera hrazená sesuvem

Sesuvem hrazené Mladotické (Odlezelské) jezero lze charakterizovat jako holomiktické jezero, ve kterém podobně jako u jezer fluviálních není vzhledem k malé maximální hloubce vyvinut metalimnion a hypolimnion. Zde je však na rozdíl od fluviálních (ale i dalších genetických typů) jezer potřeba hledat příčinu i v relativně vysoké průtočnosti jezera a s tím související kratší dobou zdržení vody. Teplota u dna se v době letní stagnace pohybuje kolem 11 °C, v zimním období je teplota vody při dně 3,7 °C. Kyslíkové poměry lze charakterizovat klinográdní vertikální stratifikací, u dna panují anoxické podmínky. Podmínky pro průhlednost a barvu vody jsou ovlivňovány jako na ostatních jezerech oživením vody, zde však vstupuje do hry ještě další významný faktor a tím je zákal nerozpuštěnými látkami, který lze pravidelně pozorovat v souvislosti se zvýšeným průtokem vody na přítoku do jezera. Jezero vlivem tohoto zákalu dostává krátkodobě oranžovo-hnědou barvu vody.

4.4 Organogenní jezera

Fyzikálně-limnologické poměry organogenních jezer jsou opět dány jejich morfometrickými parametry, způsobem a místem jejich vzniku. Vysoká nadmořská výška značně ovlivňuje teplotní režim těchto jezer, zvláště pak období, kdy jsou jezera ukryta pod velmi mocnou vrstvou sněhu a ledu, která může dosahovat i několika metrů (v zimním období 2004 byla na jezeru v Úpském rašeliništi naměřena mocnost sněhu 1,5 m a tloušťka vrstevnatého ledu byla 0,7 m). Některé mělčí vodní plochy mohou zamrzat až do dna. Vody rašelinných jezírek jsou velmi slabě mineralizované, jejich konduktivita je společně s glaciálními jezery nejnižší ze všech genetických typů. Velmi významný je roční chod konduktivity, který je závislý na objemu vody v jezeře, ten je zpravidla nejvyšší na jaře po odtání sněhové pokrývky, kdy je konduktivita na svém ročním minimu. Průhlednost vody dosahuje zpravidla až na dno, výjimkou je pouze jezero v Chalupské slati, kde se hodnoty průhlednosti pohybovaly kolem 0,5 m. Organogenní jezera jsou vlivem obsahu huminových látek typická barvou akumulované vody. Podle Forel-Uleovy stupnice se vždy jednalo o odstíny 19–21, což jsou světle až tmavě hnědé odstíny stupnice. Vzhledem k tmavé barvě vody dochází k pohlcování

tepla a teplota vody v letním období je vyšší než 20 °C prakticky v celém vodním sloupci, který není výrazně teplotně stratifikovaný. S relativně vysokou teplotou vody a spotřebou rozpuštěného kyslíku na chemickou oxidaci souvisí celkově malé koncentrace O_2 ve vodě. Organogenní jezera charakterizuje klinográdní distribuce rozpuštěného kyslíku.

4.5 Antropogenní jezera

Nejvíce rozmanité vlastnosti akumulovaných vod mají jezera antropogenní. Rovněž zde se uplatňuje vliv morfometrie jezerní pánve, dalším velmi důležitým faktorem je původně těžená surovina (geologické podloží). Drtivá většina antropogenních jezer je zásobována pouze podzemní a srážkovou vodou, trvalé povrchové přítoky pro tento typ jezer nejsou typické. Závislost některého ze zkoumaných ukazatelů na stáří jezera nebyla zjištěna. Stáří jezera hraje roli spíše v biologické sukcesi jezera, přičemž některá jezera se stala chráněnými územími s refugii pro nejrůznější druhy rostlin a živočichů. Mnoho lokalit antropogenních jezer by bylo možno pro jejich vysokou kvalitu vody využít jako potenciální zdroj pitné vody.

Antropogenní jezera jsou stejně jako ostatní genetické typy českých jezer dimiktická, na rozdíl od jezer přírodního původu zde nalezneme lokality, které nejsou holomiktické, tj. nepromíchávají se v celém vodním sloupci, ale pouze do určité hloubky (jezera meromiktická). Hlavní příčinou vzniku meromixie je přítomnost specifického geologického podloží, kdy druh těžené horniny ovlivňuje množství rozpuštěných látek ve vodě. U některých jezer je meromixie způsobena převážně specifickými morfometrickými podmínkami jezerní pánve, ostatní faktory se uplatňují sekundárně (např. před větrem chráněná poloha Hromnického jezera) [4].

Typické letní teplotní zvrstvení je vyvinuto pouze u některých jezer. To, zda se vyvinou typické vrstvy epilimnion, metalimnion a hypolimnion, je závislé na morfometrii jezerní pánve (dostatečná maximální hloubka), v některých případech i na topografii okolního terénu. Například jezera na lokalitách Jílové (u Železného Brodu), Lhotský vrch (u Jesenice na Plzeňsku), Stříbrné j. (u Fulneku) a jezírko u Kyzu (u Churáňova) mají typické letní zvrstvení i přes menší hodnotu maximální hloubky. To je v těchto případech způsobeno polohou jezer v zakrytých místech (vysoké lomové stěny, lesní porost), což má za následek velmi rychlé promíchání vody, které není dostatečně podporováno větrem, k promíchávání tak dochází na velmi krátkou dobu za teplot blízkých 4 °C. Epilimnion těchto jezer je velmi málo mocný, jeho hloubka je obvykle do dvou metrů. U dalších jezer, kde je vyvinuta letní stratifikace, je tato podmíněna velkou maximální hloubkou jezerní pánve, která je obvykle větší než 10 m.

Průhlednost a barva vody úzce souvisí s podložím, ve kterém se nachází pánev antropogenního jezera a s jeho trofií. Nejvyšší hodnoty průhlednosti byly zaznamenány u jezer v lomech po těžbě vápence (Velká Amerika u Mořiny, Jasenice u Valašského Meziříčí), droby (Výkleky u Přerova), břidlice (Svobodné Heřmanice u Opavy) hnědého uhlí (lom u Litvínova) a žuly (Srní u Hlinska). Barva těchto jezer se pohybuje v odstínech od modré po žluto zelenou. Byla nalezena velká závislost na celkovém objemu akumulované vody. Lokality menších objemových parametrů mají průhlednost mnohem menší, barva se stává více zelenou až zeleno hnědou. Průhlednost u ostatních typů jezer se pohybuje průměrně okolo 1-3 m. Roční chod průhlednosti v podstatě kopíruje teoretické poznatky, u většiny lokalit byla nejvyšší průhlednost naměřena na jaře nebo v zimě, případně při podzimním promíchávání vody. Např. u oligotrofního jezera na lokalitě Svobodné Heřmanice se při podzimní homotermii dostává k povrchu čistá voda z hloubky. Minimální průhlednost byla naopak ve většině případů zaznamenána v letním období, což souvisí s rozvojem oživení jezera. Velmi malé hodnoty průhlednosti byly zaznamenány u lokalit v bývalých kaolinových resp. sádrovcových lomech (lokalita Čankov u Karlových Varů a Stříbrné jezero u Opavy), což je důsledkem velkého zákalu, který vzniká na nezpevněných březích jezer jejich omýváním vlnami.

Distribuce kyslíku ve vodách českých jezer je ve většině případů klinográdní, množství kyslíku s hloubkou klesá, ve velkých hloubkách jsou koncentrace velmi nízké, často zde panují anoxické podmínky. Ortográdní distribuce kyslíku byla pozorována ze zkoumaných

jezer na lokalitách Velká Amerika a Výkleky. U některých lokalit byl zaznamenán odklon od klinográdní křivky distribuce kyslíku a byla nalezena metalimnetická maxima, ve kterých jsou nejvyšší koncentrace rozpuštěného kyslíku. Tyto vrstvy jsou způsobené výskytem fotosyntetizujících řas a sinic. Hodnoty průhlednosti u jezer s pozitivní heterográdní distribucí se vždy nacházely těsně nad hranicí maximálního nasycení kyslíkem, stejně tak platí, že se tato vrstva nacházela ve spodní části metalimnia, což plně odpovídá teoretickým poznatkům, tj. že se zde vyskytují druhy organismů, které potřebují chladnější vodu a jsou méně náročné na příjem světelného záření [4].

5. Závěr

Pro potřeby geografického výzkumu jezer na území Česka byla na základě studia geografické a limnologické literatury upravena definice jezera. Na základě studia literatury a na základě terénního výzkumu byla provedena genetická klasifikace jezer ČR. Předcházelo jí studium různých genetických klasifikací používaných ve světové literatuře. Zvláštní zřetel byl kladen na doposud neprávem opomíjená antropogenní jezera, která byla podrobně rozdělena do skupin podle druhu nerostné suroviny, která se původně těžila v místě současného jezera a lze u nich předpokládat podobné vlastnosti akumulovaných vod. Morfometrické parametry jezer ale i vodních nádrží a rybníků mají velký význam pro fyzikální, chemické či biologické vlastnosti vody. Pro potřeby výzkumu jezer byla vyvinuta nová metodika, která umožňuje přesnější a rychlejší mapování vodních ploch. Využívají se při ní nejmodernější přístroje, naměřená data jsou kompletně zpracována pomocí počítačů. Na základě hodnocení naměřených hodnot teploty vody, konduktivity, obsahu rozpuštěného kyslíku, průhlednosti a barvy vody ve čtyřech ročních obdobích, byly hodnoceny fyzikální parametry jednotlivých genetických typů jezer. Výsledky všech těchto měření dokumentují rozmanitost fyzikálních vlastností českých jezer. Byla vysledována přímá závislost těchto parametrů na způsobu vzniku jezera resp. na morfometrických poměrech jezera. Jezera byla rozdělena na základě naměřených dat do skupin podle promíchávání vody a podle vertikální distribuce rozpuštěného kyslíku. Velmi podrobně byly zkoumány anomálie meromiktických jezer na lokalitách Srní, Čankov, Hromnické a Zelené jezero.

Poděkování

Příspěvek byl vypracován s finanční podporou výzkumných projektů: výzkumný záměr MŠM 0021620831 „Geografické systémy a rizikové procesy v kontextu globálních změn a evropské integrace“, GAČR : 205/03/1264 “Atlas jezer České republiky – morfometrické, sedimentologické a limnologické poměry jednotlivých genetických typů jezer“.

Literatura

[1] FOREL, F. A., 1901. Handbuch der Seenkunde. Algemeine Limnologie. Stuttgart.

[2] FOTT, J. – KOHOUT, L. – PRAŽÁKOVÁ, M., 2001. Zooplankton šumavských jezer: 130 let změn a perspektivy dalšího vývoje. Aktuality šumavského výzkumu. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, s. 58-59.

[3] HRDINKA, T., 2005. Antropogenní jezera Česka. Geografie, 109, 3, str. 210-228. ISSN 1212-0014.

[4] HRDINKA, T. – ŠOBR, M., 2010. Projevy a příčiny meromixie jezer po těžbě nerostných surovin v Česku. Geografie, 115, č. 1, s. 96-112. ISSN 1212-0014.

[5] HUTCHINSON, E. G., 1957. A Treatise on Limnology. Volume I. Geography, physics and chemistry. John Wiley & Sons, Inc., New York. 1015 pp.

[6] JANSKÝ, B. – ŠOBR, M. et al., 2003. Jezera České republiky. PřF UK, katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha. 216 s. ISBN 80-86561-05-4.

[7] JANSKÝ, B. – ŠOBR, M., 2004. Genetic classification of lakes in the Czech Republic. Geografie, 109, č. 2, ČGS, Praha, s. 117-128. ISSN 1212-0014.

[8] KALFF, J., 2002. Limnology. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 592 pp.

[9] ŠOBR, M., 2007. Jezera České republiky – fyzickogeografické a fyzikálně-limnologické poměry. [Disertační práce]. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha. 235 s.

[10] VRBA, J. – KOPÁČEK, J. – FOTT, J., 2002. Šumavská ledovcová jezera na přelomu tisíciletí. Živa, 6/2002, s. 265-269.

[11] WETZEL, R. G., 2001. Limnology. Lake and River Ecosystems. Third Edition. Academic Press, Elsevier Science (USA), San Diego. 1006 pp.

Kontakty na autora

1 Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřFUK v Praze, e-mail: sobr@natur.cuni.cz, jansky.b@seznam.cz, julekc@natur.cuni.cz, kocum1@natur.cuni.cz

2 VÚV Praha, e-mail: hrdinka@vuv.cz